DATA RAPPORT

ØRN SØ 1993

ÅRHUS AMT
NATUR OG MILJØ

JUNI 1994

REGISTERBLAD

UDGIVER: Århus Amt, Natur- og Miljøkontoret, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg.

TITEL: Ørn Sø 1993.

FORFATTERERE: Helle Jensen, Karen Schacht, Henrik Skovgaard og Peter Holm, Natur- og Miljøkontoret, Århus Amt.

LAYOUT: Bente Rasmussen.

RESUME: Denne rapport indeholder en præsentation af Natur- og Miljøkontorets undersøgelser i Ørn Sø i 1993. Søen er en af de 37 søer på landsplan, der indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Data fra 1994 og de tidligere år vil blive afrapporteret grundigere end niveauet i denne rapport.

Ørn Sø er en relativt lavvandet sø, hvor vandets opholdstid i 1993 var 19,5 døgn. Søen blev i 1993 tilført knap 3,2 tons fosfor, hvilket er en reduktion på 4 tons siden 1989. Reduktionen skyldes mindskede fosforudledninger fra de 11 dambrug langs Funder Å og Sandemandsbækken. Udledningen af fosfor fra dambrugene var i 1993 knap 900 kg og Recipientkvalitetsplanens krav til dambrugene om en maksimal udledning på 2 tons P/år er således opfyldt. Den reducerede fosfortilførsel har dog ikke ført til en reduktion af fosforkoncentrationen i søen, der gennem de fem overvågningsår har haft en sommerkoncentration på 100-110 µg P/l (dog 128 µg P/l i 1991). Dette skyldes, at der tilbageholdes mindre fosfor i søen og dermed, at den interne belastning af søen betyder relativt mere.

Tilførslen af kvælstof var i 1993 knap 45 tons, hvilket er en reduktion på 20 tons siden 1989. Knap halvdelen stammer fra udledning fra dambrugene, mens den anden halvdel kommer fra basisbidraget. Trods reduktionen har sommerkoncentrationen i søen dog ligget meget konstant på 1,3-1,5 mg N/l de sidste fem år. Der blev i 1993 fjernet 7,5 tons kvælstof svarende til 17% af tilførslen. Kvælstoffjernelsen er lav, hvilket skyldes en hurtig gennemstrømning og et lavt kvælstofniveau i søen.

Sommersigtdybden var i 1993 på 1,2 meter, hvilket var lidt mindre end de tidligere år. Den målsatte sommersigtdybde på 1,8 meter var således ikke opfyldt på trods af, at det teoretisk skulle være muligt med den nuværende fosfortilførsel. Årsagen hertil er den interne fosforbelastning af søen.

Fytoplanktonbiomassen var i forår og efterår lavere end tidligere, mens sommerbiomassen var lig tidligere år. Specielt for året var en forekomst af blågrønalger i sensommeren. Zooplanktonbiomasse og -sammensætning var lig de foregående år. Zooplanktonet var til tider begrænsende for fytoplanktonet, men var også i mindre grad udsat for predation fra fiskene. Fiskebestanden i søen er domineret af skalle, aborre og brasen, ligesom der er en god geddebestand. Generelt er fiskebestanden god og artsrig.

EMNEORD: Søer, eutrofiering, vandmiljøplan, fytoplankton, zooplankton.

FORMAT: A4.

SIDETAL: 68.

OPLAG 75.

ISBN: 87-7295-428-0.

TRYK: Århus Amts Trykkeri, juni 1994.

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning

Ørn Sø indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram, og siden 1989 er der hvert år foretaget detaljerede undersøgelser i søen i overensstemmelse med overvågningsprogrammet.

Århus Amts Natur- og Miljøkontor agter ca. hvert tredje år, at foretage en mere detaljeret afrapportering af søen. Dette vil ske næste gang på baggrund af undersøgelserne i 1994. I nærværende rapport er Miljøstyrelsens paradigma for amternes afrapportering for 1993 fulgt i høj grad.

Ørn Sø

Søen er ca. 42 ha. stor, har et volumen på 1,7 x 10 m^3 og en gennemsnitsdybde på 4 meter. Stratifikationen i søen er ikke stabil. Langt den største del af vandtilførslen kommer fra Funder Å, der er grundvandsfødt.

Søen er gennem årene blevet tilført store mængder fosfor via udledninger fra dambrug.

Kemiske forhold i tilløbene

Både i Funder Å og Sandemandsbækken er fosforkoncentrationen reduceret væsentligt gennem de senere år som følge af forbedret rensning på dambrugene og anvendelse af bedre fodertyper. Ligeledes som følge heraf er kvælstofkoncentrationen i Funder Å reduceret væsentligt, mens den i Sandemandsbækken ligger nogenlunde konstant.

Både Funder Å og Sandemandsbækken er stort set grundvandsfødte og som følge heraf varierer vandføringen og dermed kvælstofkoncentrationen kun lidt gennem året, mens der ikke er nogen sammenhæng mellem vandføringen og fosforkoncentrationen.

Med et basisbidrag på 65 µg P/l og 1 mg N/l ville stoftilførslerne til søen for fosfors vedkommende være 55 - 65% af de aktuelle tilførsler og for kvælstofs vedkommende ca. 75%.

Vand- og næringsstofbalance

I 1993 blev der tilført 32,0 mio. m^3 vand, hvormed opholdstiden var på 19,5 døgn. Vandtilførslen gennem året varierer kun lidt og variationen fra år til år er ligeledes begrænset.

De senere år er der sket en væsentlig reduktion af fosfor, total kvælstof, ammonium og BI5 i Funder Å opstrøms søen. I 1993 blev der tilført knap 3,2 tons fosfor til søen, hvilket er en reduktion på ca. 20% i forhold til 1992. Fosfortilbageholdelsen har de sidste tre år været på omkring 20 %, mens der i 1989 og 1990 blev tilbageholdt ca. dobbelt så meget. Denne reduktion i tilbageholdelsen skyldes, at der sker en større nettotransport af fosfor fra sedimentet. Dette medfører igen, at koncentrationen af fosfor i søen ikke er faldet i takt med tilledningen, men derimod har været rimelig konstant gennem flere år.

Forholdet mellem den tilbageholdte mængde jern og fosfor var i 1993 på 23 og er af samme størrelse som forholdet mellem de totale mængder (vægt) i sedimentet. Dette er et højt jern/fosfor forhold, hvilket sandsynligvis betyder, at de tilførte mængder fosfor til søen er bundet rimeligt stabilt i sedimentet.

I 1992 blev der tilført knap 45 tons kvælstof til søen. Dette er en reduktion på 4 tons i forhold til 1992. Siden 1989 er tilførslen dog faldet med ca. 30%. Inden for de sidste fem år er der ikke sket nogen væsentlig reduktion i koncentrationen af kvælstof i søen, men set over en længere årrække, er koncentrationen i søen faldet i takt med tilførslen.

Kvælstoffjernelsen var i 1993 på 17 % og denne har de sidste 4 år varieret mellem 7 og 16 %. Det er en lav kvælstoffjernelse, der skyldes en hurtig vandgennemstrømning og et lavt kvælstofniveau i søen.

Kilder til stoftilførsel

Af de knap 45 tons kvælstof, der blev tilført søen i 1993, kom ca. halvdelen fra basisbidraget, mens dambrugene tegnede sig for lidt mindre. Ca. 60% af de tilledte 3,2 tons fosfor kom fra basisbidraget, mens ca. 25% blev udledt fra dambrugene.

Det er vanskeligt at vurdere, hvorvidt recipientskvalitetsplanen er overholdt for udledningerne fra kloakerede områder og fra den spredte bebyggelse, men kravene for dambrugsudledningerne er overholdte.

Vandkemi i søen

I 1993 var sommergennemsnittet af sigtdybden på 1,2 m, hvilket var lidt mindre end de tidligere år, hvor den har varieret mellem 1,3 og 1,6 meter. Sommergennemsnittet af klorofyl i 1993 var på 64 µg/l, hvilket var lidt højere end de fire tidligere år. Recipientskvalitetsplanens krav om en gennemsnitlig sommersigtdybde på mindst 1,8 meter er jvf. ovennævnte ikke opfyldt.

Sommergennemsnittet af totalfosfor har i de 5 "overvågningsår" ligget mellem 100 og 110 µg/l, dog bortset fra 1991 hvor det var på 128 µg/l. Variationen skyldes sandsynligvis forskelle i nettotransporten af fosfor fra bunden.

Sommergennemsnittet af total kvælstof var i 1993 på 1,3 mg/l. Dette er meget lig resultatet fra de fire tidligere år, men i takt med den faldende kvælstoftilførsel, ses på årsbasis et mindre fald i kvælstofindholdet i søen.

Algevæksten synes hverken at have været begrænset af ammonium/nitrat, eller for kiselalgernes vedkommende af silicium. Orthofosfat kan dog periodeisk have været begrænsende for algevæksten.

Ørn Sø har generelt en lav alkalinitet, der i 1993 svingede mellem 0,75 og 0,9 meq/l.

Effekt af indgreb overfor punktkilder

Gennem årene har dambrugene været den væsentligste kilde til fosfortilførsel til søen. Forbedret rensning, reduktion af foderforbrug og bedre fodertyper har dog nedbragt fosforudledningen betydeligt de senere år.

Den målsatte sommersigtdybde på 1,8 meter skulle teoretisk set kunne opnåes med den nuværende fosfortilførsel, men pga. intern fosforbelastning i søen er søkoncentrationen endnu ikke nedbragt tilstrækkeligt til, at det er tilfældet.

Fytoplankton

Fytoplankton var i 1993 domineret af kiselalger med subdominans af rekylalger. I sensommeren skete der en opblomstring af blågrønalger, som herved blev den dominerende fytoplanktongruppe i en kortere periode. Der blev registreret biomasser mellem 0,10 mg vv/l i december og 20,93 mg vv/l i juni. Kiselalgebiomassen var i april/maj 1993 lavere end i tidligere overvågningsår, og den typiske kiselalgeart under forårskiselalgemaksimum, Stephanodiscus hantzschii, blev i 1993 fortrængt af større kolonidannende kiselalger (bl.a. *Asterionella formosa*) og flagellater (*Cryptomonas*). Et fytoplanktonmaksimum på ca. 20 mg vv/l i sommerperioden 1993 var på niveau med de øvrige overvågningsår med undtagelse af 1990. Derimod sås sommermaksimum tidligere på sommeren i 1993 end i årene 1990-1992, og en efterfølgende markant sensommeropblomstring af blågrønalger (*Aphanizomenon flos-aquae*) er ikke registreret siden 1989-1990. Fytoplankton i Ørn Sø var ikke kvælstof- eller siliciumbegrænset i 1993, mens uorganisk fosfor i kortere perioder om sommeren var så lav, at fytoplankton sandsynligvis blev vækstbegrænset af fosfor.
Der kan anes en sammenhæng mellem fytoplankton og sigtdybde i sommerperioden i Ørn Sø, men der ses betydelig variation, hvilket søges forklaret på grundlag af beregninger, som viser ringe overensstemmelse mellem suspenderet stof og fytoplanktonbiomasse.

Zooplankton

Zooplanktonbiomassen i Ørn Sø i 1993 består hovedsageligt af cladoceer med dafnierne, som den dominerende gruppe. Maximum i maj er fortrinsvis domineret af rotatorien *Asplanchna priodonta* med subdominans af *Daphnia cucullata*. Denne art danner det egentlige cladoceermaximum i juni og et mindre igen i august. Copepodbiomassen er generelt lille i Ørn Sø, men domineret af cyclopoide copepoder. Der synes ikke at være sket væsentlige ændringer i zooplanktonets biomasse og sammensætning, men specielt for 1992 var en stor biomasse af rotatorier i foråret, som ikke er set tilsvarende de øvrige måleår.
Zooplanktonets indvirkning på algebiomassen er meget ens i alle årene og zooplanktonet begrænser de små algers vækst i en stor del af vækstperioden.
Der synes generelt at være en betydelig prædation fra fiskene i Ørn Sø, men i 1993 ser det ud til at prædationen i sommeren er mindre end tidligere.

Fisk

Undersøgelsen af fiskebestanden i Ørn Sø blev foretaget i september måned 1993. Der blev ialt registreret 17 fiskearter ved undersøgelsen. Fiskebestanden er domineret af skalle, aborre og brasen. Antalsmæssigt er aborre den hyppigst forekomne fiskeart i Ørn Sø og udgør næsten 60% af den samlede fangst. Dette skyldes specielt de mange små aborre i bredzonen. Der er en god geddebestand i Ørn Sø, hvorimod antallet af sandart er meget begrænset. Ligeledes er bestanden af ål ikke så stor som tidligere.

Generelt viser fiskeundersøgelsen, at Ørn Sø er hjemsted for en god og artsrig fiskefauna.

Indledning

Ørn Sø indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram.
Århus Amt udfører derfor hvert år detaljerede undersøgelser i søen for at belyse søens forureningstilstand og følge en eventuel ændring i forureningstilstanden.

Natur- og Miljøkontoret agter ca. hvert tredje år at foretage en mere detaljeret afrapportering af søen. Dette vil ske næste gang i 1995 på baggrund af undersøgelserne i 1994.

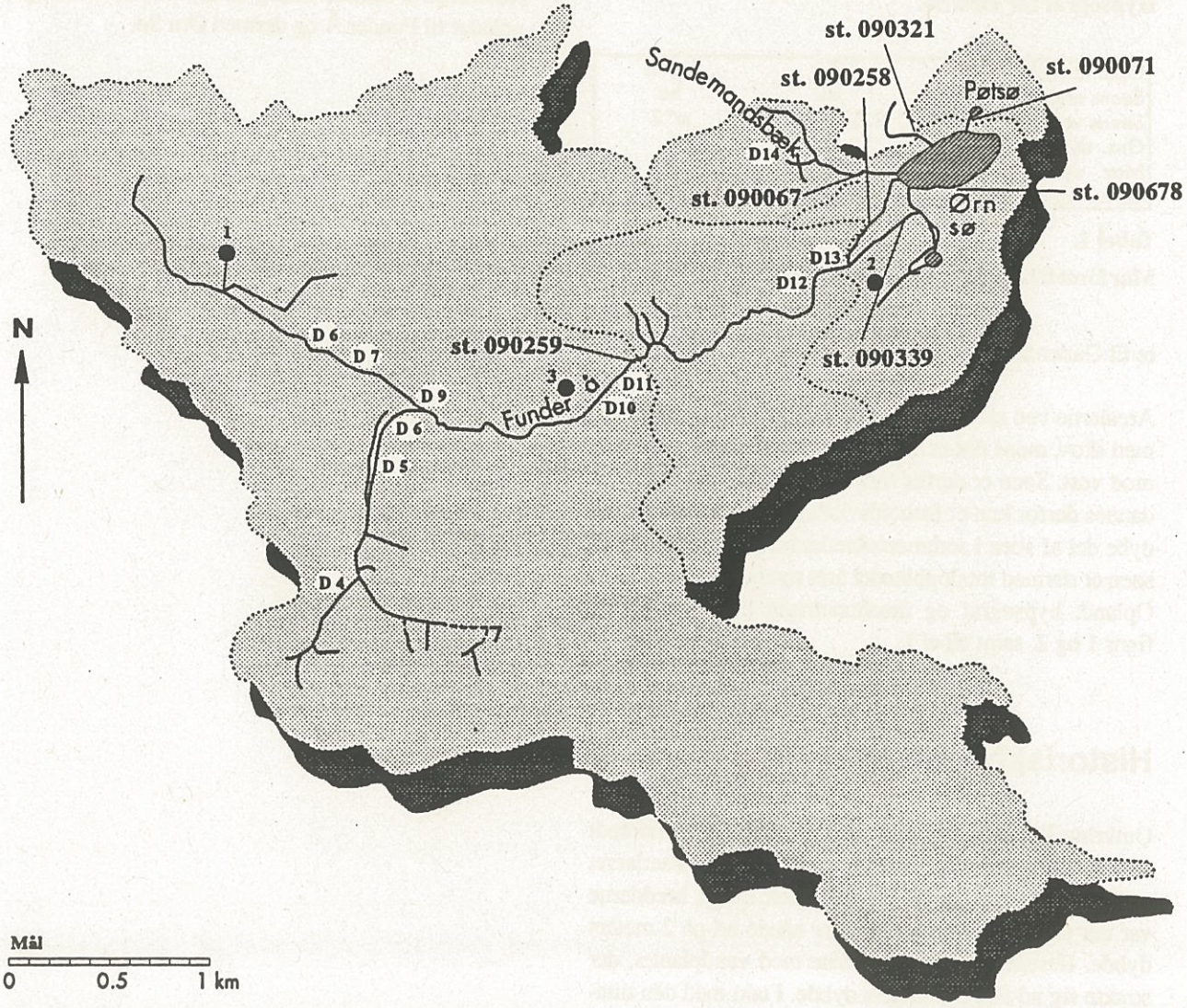
I nærværende rapport præsenteres resultaterne fra 1993, og Danmarks Miljøundersøgelsers forslag til paradigma for amternes rapportering for søer, følges i høj grad.

Beskrivelse af søen

Ørn Sø ligger i det Midtjydske søhøjland umiddelbart vest for Silkeborg. Den største del af søen er relativt lavvandet, dog har søen et mindre og dybere område, hvor den største dybde er på 10,5 meter.

Hovedtilløbet er Funder Å, som strømmer til søen fra vest. Funder Å har sit udspring omkring isens hovedopholdslinie i sidste istid. Herfra løber åen imod øst og afvander dermed et område, hvor jordbunden hovedsagligt består af grovsandet jord og lerblandet sandjord. Ca. halvdelen af det topografiske opland er opdyrket, mens resten består af skov og hede. Jordbunden i området er kalkfattig og en del af det vand, som strømmer til søen er jernholdigt.

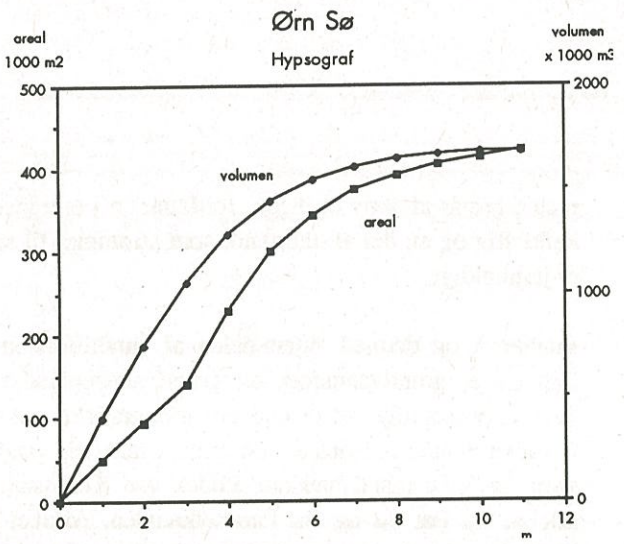
Funder Å og dermed størstedelen af vandtilførslen til Ørn Sø er grundvandsfødt og grundvandsoplandet til søen er væsentligt større end det topografiske opland. Foruden Funder Å ledes der en mindre mængde vand til søen fra Sandemandsbækken, kilden ved Kuranstalten, afløbet fra Pøt Sø og fra Parallelkanalen. Afløbet fra søen er Lysåen, som løber til Silkeborg Langsø og vide-



Figur 1

Topografisk opland, vandløb, prøvetagningsstationer og rensningsanlæg i oplandet til Ørn Sø.

1. Hesselhus, 2. Ridehal, Funderholme, 3. Funder station.



Figur 2.
Hypsograf for Ørn Sø.

Oplandsareal	56	km*2
Søens areal	42	ha
Søens volumen	1,68 x 10*6	m*3
Gns. dybde	4	m
Max. dybde	10,5	m
Opholdstid (1993)	19,5	døgn

Tabel 1.
Morfometriske data for Ørn Sø.

re til Gudenåen.

Arealerne ved søens sydlige og østlige bred er beplantet med skov, mens der er mere åbent imod nord og specielt mod vest. Søen er derfor rimeligt vindeksponeret og der dannes derfor kun et forholdsvist ustabilt springlag i den dybe del af søen i sommermånederne. Den største del af søen er dermed totalopblandet året rundt.
Opland, hypsograf og morfometriske data fremgår af figur 1 og 2, samt tabel 1.

Historiske forhold

Omkring århundredeskiftet var der i Ørn Sø en udbredt undervandsvegetation, der generelt var karakteriseret ved et stort individantal, men få arter. Langs bredderne var der en tæt rørbevoksning, der nåede ud på 2 meters dybde. Herefter forekom et bælte med vandplanter, der strakte sig ud til ca. 3 meters dybde. I takt med den tiltagende forurening af søen er vegetationen mindsket. Ved en undersøgelse midt i 1950'erne blev der ikke fundet nogen undervandsvegetation. En undersøgelse i 1974-75 viste, at rørsumpen kun dækkede en meget beskeden del af søens totale areal, mens der ikke blev registreret nogen undervandsvegetation. Ved en mindre undersøgelse i 1990 ikke blev der heller ikke fundet nogen undervandsplanter.

Før 1950'erne var spildevandstilførslen til Funder Å lille, idet befolkningstætheden var lille og kun en mindre del af arealerne langs åen var/er opdyrkede. I 1950'erne blev der imidlertid langs åen anlagt en række dambrug, der siden har udgjordt den væsentligste forureningskilde til åen og dermed Ørn Sø. I 1977 var der således 12 dambrug i søens opland, mens der i 1993 kun var 11.

Indtil 1977 blev der via Pøt Sø tilledt spildevand til Ørn Sø fra ca. 3000 personer. Afskæringen af den udledning reducerede fosfortilførslen med 2 - 3 tons/år. Af de resterende 6 mindre anlæg er der nu kun 2 tilbage, der udleder til Funder Å og dermed Ørn Sø.

Kemiske forhold i tilløbene

I Funder Å ved Funderholme og Lyså blev der i 1993 taget vandprøver 18 gange, mens der i Sandemandsbæk og kilden ved kuranstalten blev taget prøver hhv. 17 og 3 gange.

De interpolerede årsmedianer af forskellige kemiske parametre for Ørn Sø's tilløb og afløb for alle måleårene fremgår af tabel 2. I bilag 1 er figurer med de kemiske parametre, der er målt i 1993, vist for alle overvågningsårene.

Det fremgår af tabellen, at der i Funder Å ved Funderholme gennem årene er sket en væsentlig reduktion i indholdet af fosfor, total kvælstof og ammonium samt BI5 - en udvikling der fortsatte i 1993. Reduktionerne er en følge af forbedret rensning på dambrugene, bedre foderudnyttelse og anvendelse af mindre fosforholdige fodertyper.

I Sandemandsbæk er fosforkoncentrationen ligeledes blevet reduceret væsentligt, mens kvælstofkoncentrationen ligger nogenlunde konstant. Generelt er koncentrationerne (især fosfor) dog lavere end i Funder Å.

Både Funder Å og Sandemandsbæk er stort set grundvandsfødte og vandføringen varierer derfor kun lidt gen-

Station	År	Total-P µg P/l	PO4-P µg P/l	Total-N mg N/l	NH4-N mg N/l	NO3-N mg N/l	BI5 mg/l	Tot-COD mg/l	Total Fe mg FE/l
Funder Å, Funder Station (090259)	1974	174	66	1,14	0,453	0,386			
	1978	202	54	1,43	0,464	0,461	3	10	
	1979	155	45	1,69	0,268	0,445	2,2	8,1	
	1980	163	45	2,19	0,317	0,61	2,5	10,1	
	1981	190	54	1,92	0,419	0,561	3,9	9,8	
	1982	225	65	2,53	0,458	0,658	3,9	10,8	
	1983	226	73	2,64	0,64	0,743	4,7	13,7	
	1984	285	72	2,29	0,838	0,534	5,9	16,6	
	1985	236	66	2,14	0,691	0,519	4,1	11,7	
	1986	219	69	2,10	0,792	0,54	4,1	12	
	1987	219	51	1,90	0,622	0,47	4,2	12,3	
	1988	202	59	1,89	0,576	0,57	4,2	12,5	
	1991	159			0,287				
	1992	121			0,317				
Funder Å, Funderholme (090258)	1978	230	50	1,78	0,668	0,437	3,5	10,5	
	1985	261	77	2,02	0,698	0,675	4	15	
	1987	246	62	2,12	0,579	0,61	4,6	15	2,18
	1989	220	55	1,80	0,481	0,739	3,5	10	1,79
	1990	158	52	1,50	0,338	0,691	2,7	11,2	1,67
	1991	117	43	1,46	0,337	0,684	2,1	8,8	1,34
	1992	123	39	1,47	0,366	0,689	2,8		1,36
	1993	101	38	1,37	0,336	0,635	2,7		1,47
Parallelkanal (090339)	1989	176	56	1,80	0,59	0,748	3,1	10	1,78
Sandemands Bæk (090067)	1989	103	21	1,22	0,17	0,534	1,8	13,1	1,13
	1990	68	13	1,23	0,13	0,315	1,7	11,1	0,94
	1991	70	18	1,13					1,00
	1992	70	18	1,27					0,94
	1993	60	21	1,12					0,89
Afløb Pøt Sø (090071)	1989	400	189	1,77	0,372	0,383	4,4	29,8	1,62
	1991	420	221	1,92					2,13
Kilde v/Kuranstalt (090678)	1987	31	25	0,55	0,028	0,02		2,6	3,00
	1989	39	32	0,12	0,031	0,02		4	2,90
	1990	33	28	0,10				3	
	1991	33	32	0,49		0,04			3,10
	1992	35	28	0,11		0,029			3,10
	1993	35	28			0,029			2,93
Afløb Ørn Sø, Lyså (090321)	1978	110	27	1,85	0,176	0,553	4,8	11,5	
	1981	110	34	1,84	0,286	0,63	4,4	16,5	
	1984	114	36	1,83	0,426	0,606	4,7	17,9	
	1985	140	36	1,63	0,454	0,58	3,6	13	
	1989	114	35	1,47	0,343	0,559	3,3	12,2	1,29
	1990	102	32	1,50					1,09
	1991	96	23	1,27					0,86
	1992	90	17	1,36					0,97
	1993	83	20	1,22	0,254	0,606			

Tabel 2.

Interpolerede årsmedianer af de kemiske målinger i tilløb og afløb til Ørn Sø.

nem året. Som følge heraf varierer kvælstofkoncentrationen også kun ganske lidt gennem året, mens der ikke er nogen sammenhæng mellem vandføringen og fosforkoncentrationen.

Hvis det antages, at tilløbene til Ørn Sø var helt uden kulturbetingede tilførsler, ville det være rimeligt, at antage en fosforkoncentration på 65 µg P/l i Funder Å, hvilket svarer til den gennemsnitlige fosforkoncentration i kilderne i oplandet til Funder Å (Århus Amtskommune, 1990d). På trods af de sandede jorde er kilderne sandsynligvis ikke påvirket af fosfor fra de dyrkede arealer, da undersøgelser af kilder i områder med varierende jordbundsforhold og varierende dyrkningsgrad ikke viser nogen påvirkning fra dyrkning. I Sandemandsbækken antages en fosforkoncentration på 30 µg P/l, hvilket svarer til fosforkoncentrationen i kilden ved kuranstalten. Det ville ligeledes være rimeligt, at antage en kvælstofkoncentration på 1 mg N/l, hvilket ved en tidligere undersøgelse af kilder (Århus Amtskommune, 1990d) er fundet i kilder i helt udyrkede områder. De beregnede basisbidrag for hhv. Funder Å og Sandemansbæk (tabel 3) viser således, at basisbidraget af kvælstof ville være ca. 25% mindre end de aktuelle tilførsler, mens fosfortilførslen fra Funder Å og Sandemandsbæk ville være hhv. 35 og 45% mindre.

	Ton N/år	Ton P/år
Funder Å		
Transport	40,84	3,041
Basisbidrag	29,73	1,932
Sandemandsbæk		
Transport	3,15	0,132
Basisbidrag	2,28	0,068

Tabel 3.

Den vandføringsvægtede årlig stoftransport og det beregnede basisbidrag i Funder Å og Sandemands Bæk i 1993

Vand- og næringsstofbalance.

Vandføringen i søens hovedtilløb Funder Å blev målt ved en kontinuert vandføringsstation ved Funder Station. I Sandemandsbækken, som er det andet betydende vandløb til Ørn sø, blev vandføringen målt ved en vingemåling 14 gange, og i afløbet, Lyså, 16 gange i løbet af året.

I de små tilløb, Parallelkanalen og afløbet fra Pøt sø blev der ikke målt vandføring. I kilden ved Kuranstalten blev der målt vandføring 3 gange i løbet af året.

Vandprøver til kemisk analyse fra til- og afløb blev taget som nævnt ovenfor. Vand- og næringsstofbalancen for Ørn Sø fremgår af tabel 4.

Station	Oplandsareal km*2	Vand mio. m*3/år	Total kvælstof ton N/år	Total fosfor ton P/år	Orthofosfat ton P/år	Total jern ton Fe/år
Funder Å, Funderholme	48,00	29,73	40,84	3,041	1,191	43,90
Sandemands Bæk	2,00	2,28	3,15	0,132	0,051	2,32
Umålt opland	6,00					
Atmosfære			0,84	0,008		
Total tilførsel	56,00	32,01	44,83	3,181	1,242	46,22
Afløb Ørn Sø		32,01	37,32	2,541	0,684	31,60
Reduktion - % af tilførsel			17	20	45	32
Reduktion - g/m*2 søoverflade/år			17,88	0,15	0,13	34,80

Tabel 4.

Vand- og næringsstofbalance for Ørn Sø 1993.

Vandbalance

Vandbalancen for Ørn Sø er i 1993 beregnet på baggrund af vandføringen i omkringliggende målestationer og søens hypsograf. I beregningen af de fremkomne korrelationer indgår vandføringsmålinger målt ved kontinuerte vandføringsmålinger og med vingemåler fra 1989 og frem.

Ved Funder Å, Funderholme er vandføringen blevet beregnet ud fra følgende korrelation (Hedeselskabet, 1994):

$$Q = 1{,}74 * Q_a - 543$$

hvor Q_a = vandføringen i Funder Å, Funder station i l/s.

Ved Sandemands Bæk er vandføringen beregnet ud fra følgende korrelation:

$$Q = 0{,}2347 * Q_b + 62{,}56$$

hvor Q_b = vandføringen i l/s i Gjelbæk, der er beliggende i Gudenåsystemet.

Kildetilledningen er på baggrund af målinger i perioden 1989 - 1993 fastsat til 9 l/s.

Beregning af vandføringen i afløbet, Lyså ud fra følgende:

$$Q_{ud} = Q_{ind} + Q_{magasinering} + Q_{grundvand}$$

viser, at grundvandsbidraget er på 17 l/s, mens magasineringen er så ubetydelig, at afløbsvandføringen forenkles til:

$$Q_{ud} = Q_{ind} + Q_{grundvand}$$

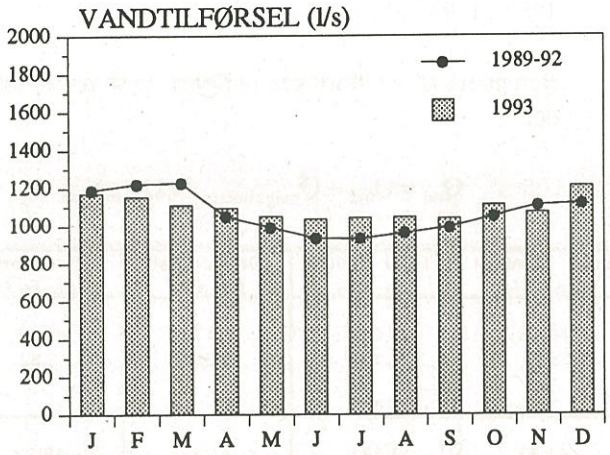
Ved beregning af vandbalancen for Ørn Sø 1993 er der gjort den forudsætning, at nedbøren er lig med fordampningen i søen.

Den samlede vandtilførsel til Ørn sø var i 1993 på 32,0 mio. m3 vand, hvilket betyder at vandets opholdstid i 1993 var på 19,5 dage. Sammenlignet med resultaterne fra 1989 til 1992 er den samlede vandtilførsel gennem årene meget konstant, hvilket betyder, at vandets opholdstid de 4 tidligere år kun har varieret mellem 16 og 19 dage.

Afstrømningshøjden for det topografiske opland var i 1993 på 0,56 meter, hvilket er forholdsvis højt. Dette

skyldes, at grundvandsoplandet til Ørn Sø er betydeligt større end det topografiske opland.

Som nævnt er Funder Å grundvandsfødt, hvilket betyder, at vandføringen i åen svinger forholdsvis lidt gennem året. Således var den gennemsnitlige vandføring gennem året i 1993 på 942 l/s, mens sommergennemsnittet var på 872 l/s. Tilførslen fra Funder Å udgør over 90% af den samlede vandtilførslen til Ørn sø, hvilket betyder, at den samlede vandtilførsel til søen ikke varierer meget gennem året og årene (figur 3).



Figur 3
Den månedlige vandtilførsel til Ørn Sø i 1993 sammenholdt med den gennemsnitlige månedlige tilførsel i perioden 1989-92.

I 1993 sås en lidt mindre vandtilførsel fra februar til juni, mens den resten af året dog undtaget november lå lidt højere end gennemsnittet - et mønster, der afspejler nedbørsforholdene i 1993.

Næringsstofbalance

Næringsstofbalance er beregnet for total fosfor, orthofosfat, total kvælstof og total jern. Dette er gjort vha. de målte og beregnede daglige vandføringer kombineret med de kemiske målinger i til- og afløb. Beregningsmetode og beregninger er angivet i bilag 2 og 3.

I beregningerne er det forudsat, at den atmosfæriske kvælstofdeposition på søens overflade er 20 kg N/ha/år og at fosfordepositionen er 0.2 kg P/ha/år. Stofkoncentrationen i det tilførte grundvand antages at være 30 µg total-P/l, 20 µg PO4-P, 1 mg Fe/l og 1 mg N/l.

Fosfor- og jern

I 1993 blev der tilført 3,18 tons fosfor til Ørn Sø, hvor tilførslen fra Funder Å udgjorde langt den største del, nemlig 95 %. I forhold til søens størrelse er det store mængder fosfor søen tilføres - i 1993 var det 7,6 g P/m2/år. Tilførslen var dog ca. 20% mindre end i 1992, hvilket primært skyldes, at den gennemsnitlige indløbskoncentration af fosfor var faldet fra 120 µg P/l til 99 µg P/l.

I 1993 var der en fosfortilbageholdelse i Ørn Sø på godt 600 kg svarende til 20 %. Fosfortilbageholdelsen var i 1991 og 1992 procentvis af samme størrelse, hvorimod der i 1989 og 1990 procentvis blev tilbageholdt ca. dobbelt så meget. Faldet i fosfortilbageholdelsen indenfor de seneste år vil blive uddybet yderligere under afsnittet om "Sammenhæng mellem søkoncentration og ekstern/intern stoftilførsel".

Ud fra vandets opholdstid i søen i 1993 på 0,054 år kan fosfortilbageholdelsen ud fra Vollenweiders model beregnes til at skulle være ca. 45% (Kristensen et al., 1990c). Den noget lavere tilbageholdelse tyder derfor på, at søen ikke er i ligevægt og at der derfor sker en nettofrigivelse af fosfor fra sedimentet.

Den arealrelaterede fosfortilbageholdelse i Ørn Sø er set i relation til de øvrige danske overvågningssøer stor, (Århus Amt, 1992), hvilket kan tillægges, at der tilføres meget jern til søen.

I 1993 blev der tilledt 46 tons total jern til søen, hvilket var på niveau med tilførslen i 1992 på 44 tons. I 1991 blev der tilledt godt 50 tons, og de to tidligere år var tilledningen ca. 65 tons pr. år. Det fald der ses gennem årene, er sandsynligvis en konsekvens af etablering af bundfældningsbassiner på dambrugene langs Funder Å, idet der her sker en udfældning af bl.a. jern.

Tilbageholdelsen var 14,6 tons/år svarende til 32% af den tilførte mængde, hvilket tidligere har svinget mellem 12 og 22 tons/år.

Forholdet mellem den totale mængde (vægt) jern og fosfor i sedimentet blev i 1991 målt til 15 - 20 (Århus amt, 1991).
Forholdet mellem tilbageholdt jern og tilbageholdt fosfor i søen var i 1993 på 23, mens det de to foregående år var på 15 - 20. Forholdet er således af samme størrelse som mængderne i sedimentet.

Ved et jern/fosfor indhold i sedimentet på 15 og derover er jernmængden så stor, at den kan kontrollere fosfatfrigivelsen fra sedimentet, således at den interne fosforbelastning bliver mindre, end ved et lavere jern/fosfor indhold (Jensen & Andersen, 1990). For Ørn Sø kan dette betyde, at den igennem årene tilførte fosformængde, er bundet så stabilt, at der umiddelbart ikke vil ske en frigivelse heraf, når belastningen af søen nedsættes.

Kvælstof

I 1993 blev der tilført 44,8 tons kvælstof til Ørn Sø, hvilket er ca. 4 tons mindre, end der blev tilført det forrige år. Årsagen hertil er, at koncentrationen af kvælstof i det tilførte vand var mindre end i 1992.

I 1993 blev der afledt godt 37 tons kvælstof fra søen. Dvs. der sker en kvælstoffjernelse på 17 %. Kvælstoffjernelsen har de 4 tidligere "overvågningsår" varieret mellem 7 og 16 %.
Det er en lav kvælstoffjernelse, som skal ses i relation til en hurtig vandgennemstrømning og lave kvælstofkoncentrationer i søvandet.

Under afsnittet "Sammenhæng mellem søkoncentration og ekstern/intern stoftilførsel" behandles fosfor og kvælstof dynamikken gennem året nærmere.

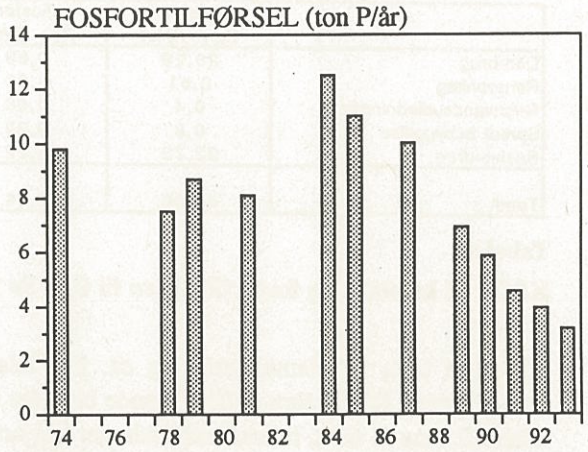
Kilder til stoftilførsel.

Figur 4 og figur 5 viser den totale tilførsel af fosfor og kvælstof gennem måleår siden 1974. For begge parametres vedkommende gælder, at der de senere år er sket et markant fald i tilførslen til Ørn Sø.

Af tabel 5 fremgår, hvor meget fosfor og kvælstof der i 1993 blev tilført Ørn Sø fra de 11 dambrug, hvor de 10 er beliggende langs Funder Å og et (Skovdal) ved Sandemandsbækken. Af tabellen fremgår desuden, hvorledes tallene er fremkommet.

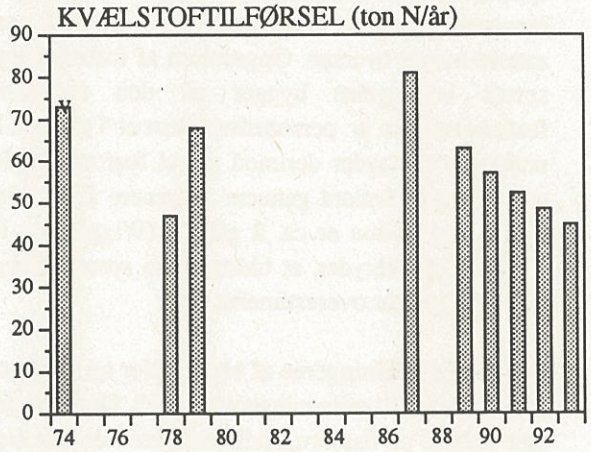
I tabel 6 er bidragene til Ørn Sø samlet. Basisbidraget er fremkommet som en differens mellem det totale målte bidrag af henholdsvis kvælstof og fosfor og bidragene fra de 4 øvrige kilder.

Af tabellen fremgår, at de væsentligste kilder til stoftilførslen er dambrugene og basisbidraget. Der blev samlet tilledt 44,8 tons kvælstof til Ørn Sø, hvoraf knap



Figur 4.

Udviklingen i tilførslen af fosfor til Ørn Sø i perioden 1974-93.



Figur 5.

Udviklingen i tilførsel af kvælstof til Ørn Sø i perioden 1974-93.

Dambrug 1993	Total-N kg/år	Total-P kg/år
Skærskov *	1610	30
Grauenbjerg *	1700	0
Kristianshede	210	18
Hørbylunde	2130	179
Blaksdal	710	60
Kalpendal	1180	97
Funder *	2312	241
Banbjerg *	4120	228
Funderholme *	1540	0
Ørnsø *	4370	0
Skovdal	410	35
Ialt	20292	888

Tabel 5.

Udledning af kvælstof og fosfor fra dambrug til vandløb i Ørn Sø´s opland.

Værdier for dambrug mærket * er målt i 1993, øvrige er beregnet efter miljøstyrelsens retningslinier.

	Kvælstof (ton N/år)	Fosfor (ton P/år)
Dambrug	20,29	0,89
Renseanlæg	0,61	0,06
Regnvandsudledninger	0,4	0,06
Spredt bebyggelse	0,8	0,29
Basisbidrag	22,73	1,82
Total	44,83	3,18

Tabel 6.
Kilder til kvælstof og fosfortilførslen til Ørn Sø 1993.

halvdelen kom fra dambrugene og ca. halvdelen fra basisbidraget. For fosfors vedkommende blev der tilledt knap 3,2 tons til søen, hvoraf basisbidraget udgjorde ca. 60% og dambrugsudledningerne ca. 25%.

Ved sammenligning med sidste års værdier stemmer spildevandsudledningerne fra den spredte bebyggelse og renseanlæggene for både fosfor og kvælstofs vedkommende meget overens. Opgørelsen af fosforbidraget fra spredt bebyggelse bygger på den antagelse, at fosformængden pr. personækvivalent er 4 g/døgn. Nyere undersøgelser tyder derimod på, at fosformængden for en personækvivalent gennem de senere år er faldet og sandsynligvis kun er ca. 2 g/døgn (Wiggers og Moldt, 1994). Dette betyder, at bidraget fra spredt bebyggelse sandsynligvis er overestimeret.

Dambrugsudledningerne af både fosfor og kvælstof svarede stort set til udledningerne i 1992. Der er imidlertid stor forskel på dambrugsudledningerne de seneste to år og tidligere års opgørelser, hvilket tildels hænger sammen med forskellige opgørelses metoder (se Århus Amt, 1993).

Basisbidraget i 1993, der er fremkommet som differencen mellem den totale transport og de øvrige kilder, kan udregnes pr. arealenhed. Dette bliver for fosfors vedkommende 0,34 kg/ha/år. Det er noget højere end forventelig i forhold til andre oplande i Århus Amt. Forklaringen kan være, at vandafstrømningen fra Funder Å's opland, der udgør hovedparten af søens opland, overvejende foregår som grundvandsafstrømning og at grundvandsoplandet er betydeligt større end det topografiske opland. Området har generelt et højt fosforindhold i grundvandet - gennemsnitligt 65 µg P/l (Århus Amt, 1993). Beregnes arealbidraget ud fra dette, fås 0,37 kg/ha/år for hele oplandet.

Recipientskvalitetsplanen opfyldt?

Ifølge Recipientskvalitetsplanen for Århus Amt må der højst tilføres 25 kg fosfor fra kloakerede områder til Ørn Sø pr. år og maksimalt 100 kg fosfor fra spredt bebyggelse. For dambrugenes vedkommende må den samlede udledning fra dambrugene indtil 1995 maksimalt være på 2 tons fosfor. Fra den 1/1 1995 må der maksimalt udledes 1 ton.

Tilledningen af fosfor fra de kloakerede områder og fra den spredte bebyggelse overstiger kravene i Recipientskvalitetsplanen. I vurdering af tilledningerne er der dog indlagt en del skønnede værdier og det er derfor muligt, at Recipientskvalitetsplanen reelt er overholdt.

Udledningerne fra dambrugene er jfr. Recipientkvalitetsplanens nuværende krav om udledning af maksimalt 2 tons fosfor overholdt ligesom det fremtidige krav om udledning af maksimalt 1 ton fosfor er overholdt.

Fysiske og kemiske målinger fra Ørn Sø.

Årstidsvariation

I det følgende præsenteres de fysiske og kemiske resultater af målingerne i overfladevandet i Ørn Sø i 1993. I figur 8 er årstidsvariationerne af de kemiske målinger vist for alle overvågningsårene. De tidsvægtede års- og sommergennemsnit af de fysike og kemiske parametre fremgår for alle undersøgelsesår af tabel 7 og 8.

Temperatur og ilt

Af figur 8 ses, at temperaturen i Ørn Sø begyndte at stige i begyndelsen af april, hvilket også har været tilfældet de tidligere år med undtagelse af 1992, hvor temperaturstigningen kom lidt senere. Årets højeste vandtemperatur på 17,5 ° C blev målt i slutningen af juni. Fra midt i august aftog temperaturen igen gradvist.

	1974	1978 afløb	1979	1981 afløb	1984 afløb	1985 afløb	1987	1989	1990	1991	1992	1993
Temperatur	12,5	9,3	7,9	8,7	9,2	9	8,1	10,4	10,3	9,5	10,2	10,4
Suspenderet tørstof (mg/l)									6,5	9,4	8,7	8,1
Suspenderet glødetab (mg/l)									4,2	4,8	5	5,2
Total COD (mg/l)		11	14,5	15,7	18,2	14,8	12,9	12,7	14,2	14		
Partikulær COD (mg/l)			4	4,6	7,9	4,4	4,7	5,2	4,9	5,5	5,4	6
Klorofyl (µg/l)	52	22		13	69	41	40	30	32	41	39	44
Sigtdybde (m)	1,1		1,4				1,1	1,6	1,7	1,6	1,5	1,3
pH		8,1	7,7	7,5	7,6	7,5	7,7	7,8	7,9	7,9	7,8	7,7
Alkalinitet (mekv/l)	0,77				0,87	0,85	0,87	0,90	0,87	0,85	0,84	0,82
Total N (mg/l)	1,34	1,83	2,26	1,98	1,83	1,63	1,87	1,52	1,48	1,34	1,39	1,30
NH4-N (mg/l)	0,52	0,23	0,24	0,24	0,36	0,42	0,36	0,31	0,27	0,2	0,22	0,16
NO3-N (mg/l)	0,42	0,56	0,43	0,62	0,63	0,57	0,57	0,61	0,55	0,51	0,53	0,48
Total P (µg P/l)	154	113	99	110	114	156	109	107	106	108	112	94
Ortho P (µg P/l)	54	25	38	34	39	35	30	30	34	31	23	18
Opløst silicium (mg Si/l)	6,23		5,72	5,81	5,42	6,27	6,42	6,02	6,79	5,81	5,29	5,50
Total jern (mg Fe/l)							1,03	1,13	1,05	0,81	0,93	0,93

Tabel 7.

Interpolerede årsgennemsnit af fysiske og kemiske variable i overfladevandet i Ørn Sø.

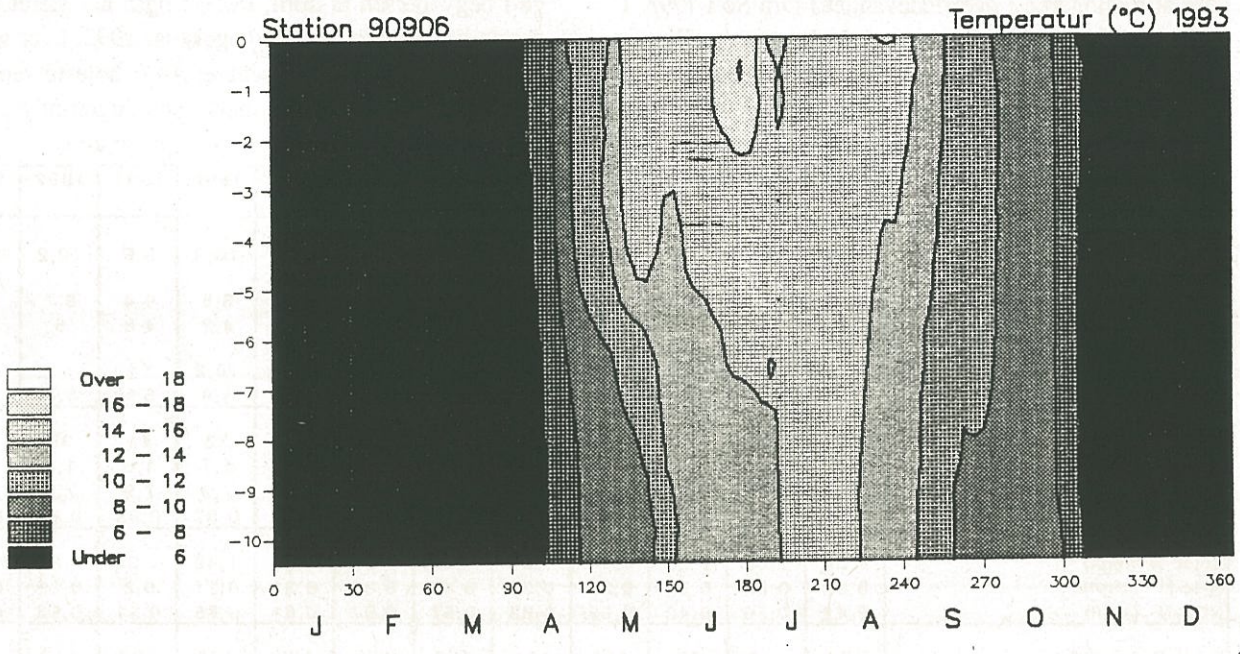
	1974	1978 afløb	1979	1981 afløb	1984 afløb	1985 afløb	1987	1989	1990	1991	1992	1993
Temperatur	13,9	15,9	13,4	14,4	14,5	15	13	16,5	16,4	14,7	16,2	14,3
Suspenderet tørstof (mg/l)									6,6	12,4	12	10,8
Suspenderet glødetab (mg/l)									5	6,9	6,3	7
Total COD (mg/l)		14,4	20	20	19,1	15,3	16,5	14,4	14,9	18		
Partikulær COD (mg/l)			6,6	7,4	14,2	7,4	7,4	7,1	6,5	7,9	7,3	7,7
Klorofyl (µg/l)	85		33	22	128	73	73	50	47	65	56	64
Sigtdybde (m)	0,8		1,1				1	1,5	1,6	1,3	1,3	1,2
pH		8,6	8,1	7,9	8	7,8	8,1	8,1	8,3	8,3	8,1	7,9
Alkalinitet (mekv/l)					0,87	0,83		0,91	0,83	0,84	0,83	0,81
Total N (mg/l)	1,24	1,44	1,90	2,38	1,75	1,59	1,90	1,37	1,46	1,34	1,29	1,34
NH4-N (mg/l)	0,41	0,004	0,1	0,16	0,23	0,28	0,18	0,18	0,14	0,09	0,08	0,09
NO3-N (mg/l)	0,26	0,25	0,25	0,52	0,51	0,43	0,52	0,53	0,43	0,36	0,39	0,42
Total P (µg P/l)	172	128	119	124	116	192	106	112	98	128	116	101
Ortho P (µg P/l)	44	10	33	23	28	28	17	24	27	23	14	12
Opløst silicium (mg Si/l)	5,20		4,29	4,13	3,30	4,93	5,39	5,67	6,60	5,10	3,69	4,69
Total jern (mg Fe/l)							0,67	0,93	0,76	0,86	0,70	0,77

Tabel 8.

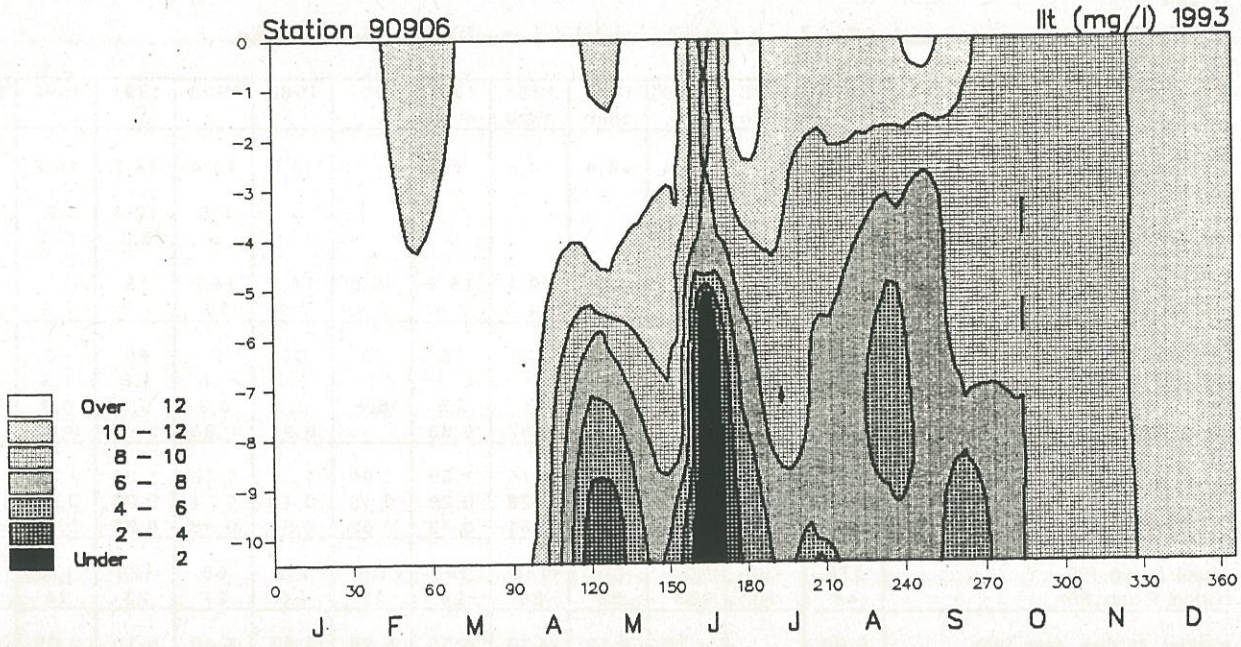
Interpolerede sommergennemsnit af fysiske og kemiske variable i overfladevandet i Ørn Sø.

I den største del af søen er vandtemperaturen stort set konstant ned gennem vandsøjlen, men i den dybeste del af Ørn Sø udvikles der hvert år en mere eller mindre stabil lagdeling i sommermånederne. I 1993 forekom dog kun en kortvarig lagdeling, der begyndte sidst i maj, men allerede var brudt igen i begyndelsen af juni (figur 6).

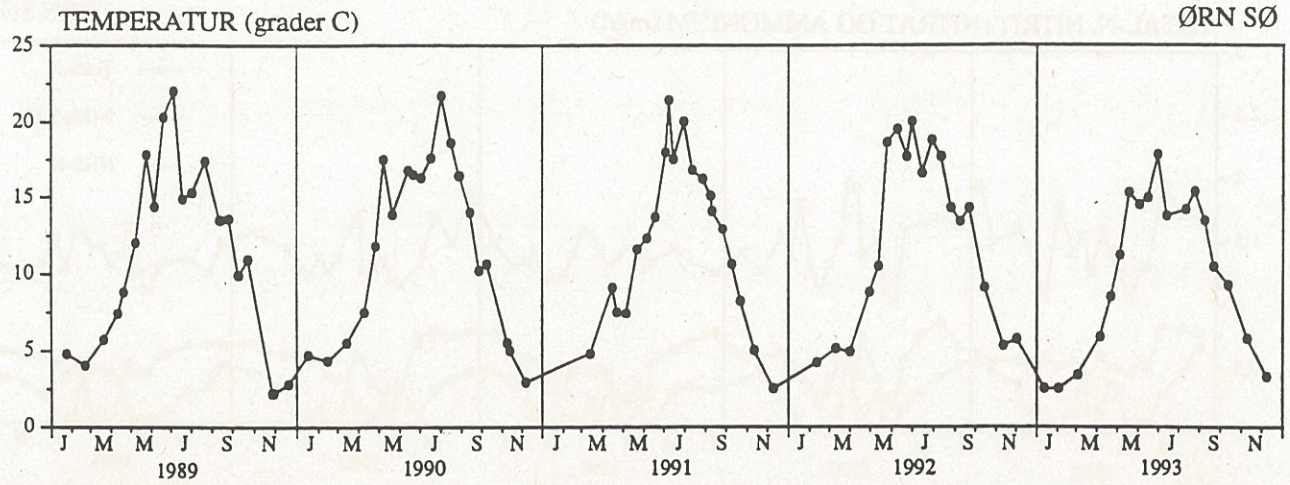
I figur 7 er iltkoncentrationen i vandsøjlen afbilledet. Fra sidst i april til begyndelsen af maj var der en forholdsvis lav iltkoncentration i bundvandet, dog ikke under 2 mg ilt/l, hvilket sandsynligvis var forårsaget af en stor omsætning af sedimenterede alger. Midt i juni var ilten i en kortvarig periode stort set opbrugt fra 5 meters dybde og ned, mens der resten af sommeren var relativt gode iltforhold i bundvandet.

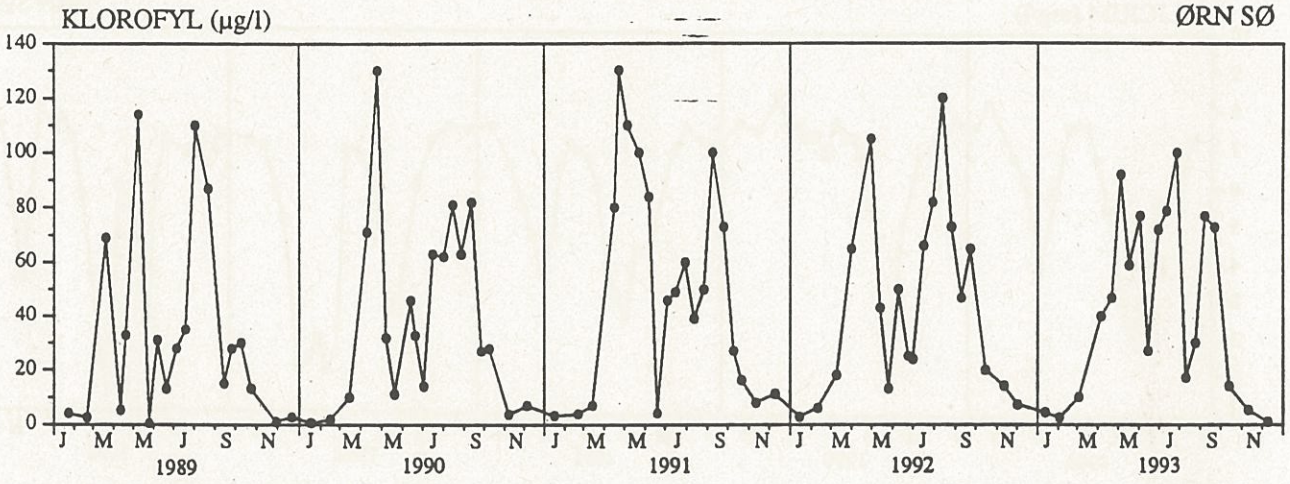


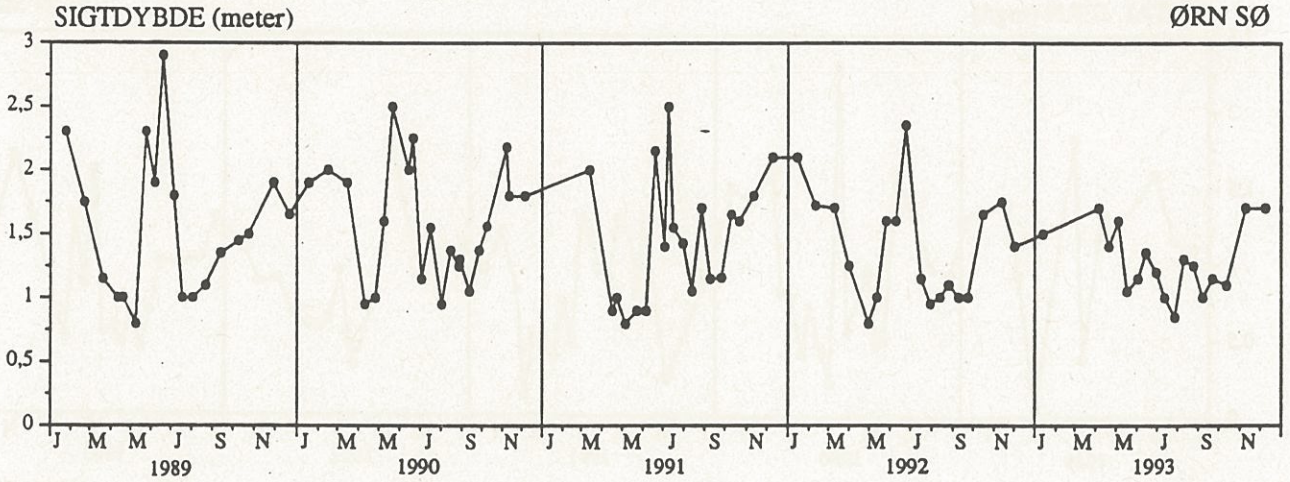
Figur 6.
Temperaturfordelingen i Ørn Sø i 1993 på det dybeste sted i søen (kemistationen).

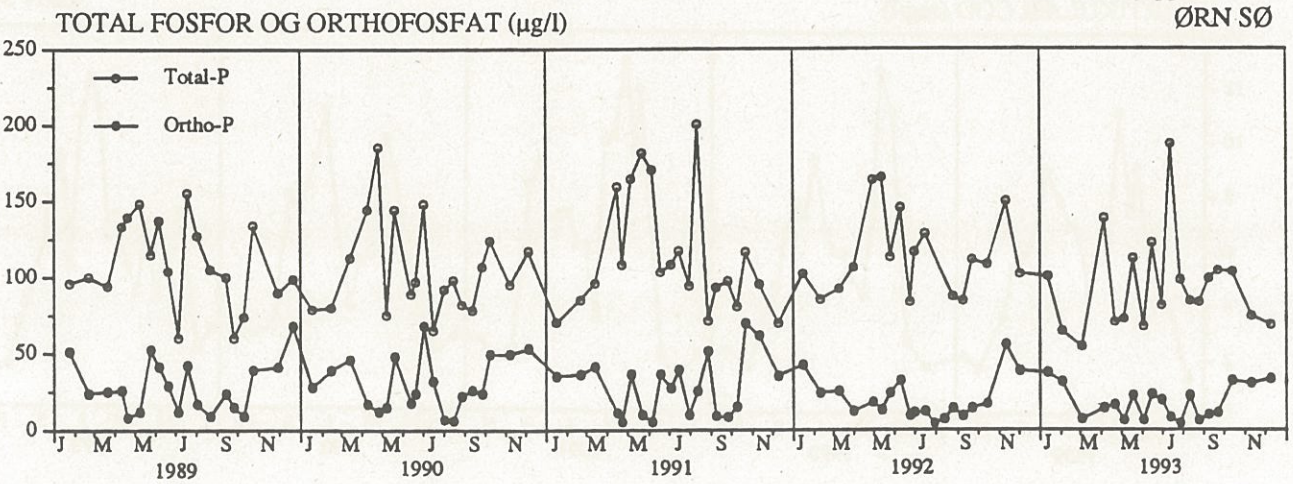


Figur 7.
Iltfordeling i Ørn Sø 1993 på det dybeste sted i søen (kemisstationen).


TEMPERATUR (grader C)
ØRN SØ
25
20
15
10
5
0
J M M J S N J M M J S N J M M J S N J M M J S N J M M J S N
1989
1990
1991
1992
1993

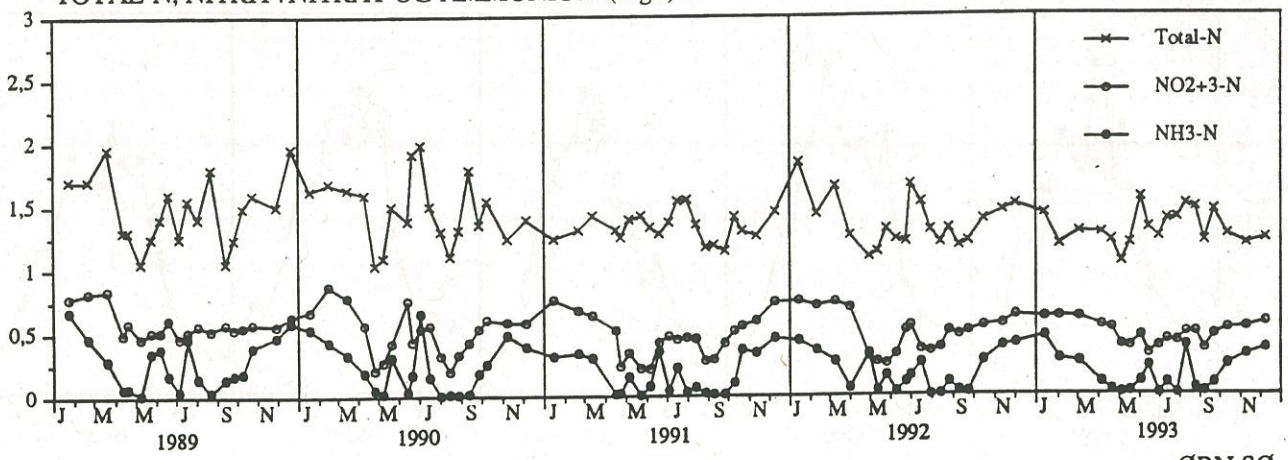

KLOROFYL (µg/l)
ØRN SØ
140
120
100
80
60
40
20
0
J M M J S N J M M J S N J M M J S N J M M J S N J M M J S N
1989
1990
1991
1992
1993


SIGTDYBDE (meter)
ØRN SØ
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
J M M J S N J M M J S N J M M J S N J M M J S N J M M J S N
1989
1990
1991
1992
1993


TOTAL FOSFOR OG ORTHOFOSFAT (µg/l)
ØRN SØ
Total-P
Ortho-P
250
200
150
100
50
0
J M M J S N J M M J S N J M M J S N J M M J S N J M M J S N
1989
1990
1991
1992
1993

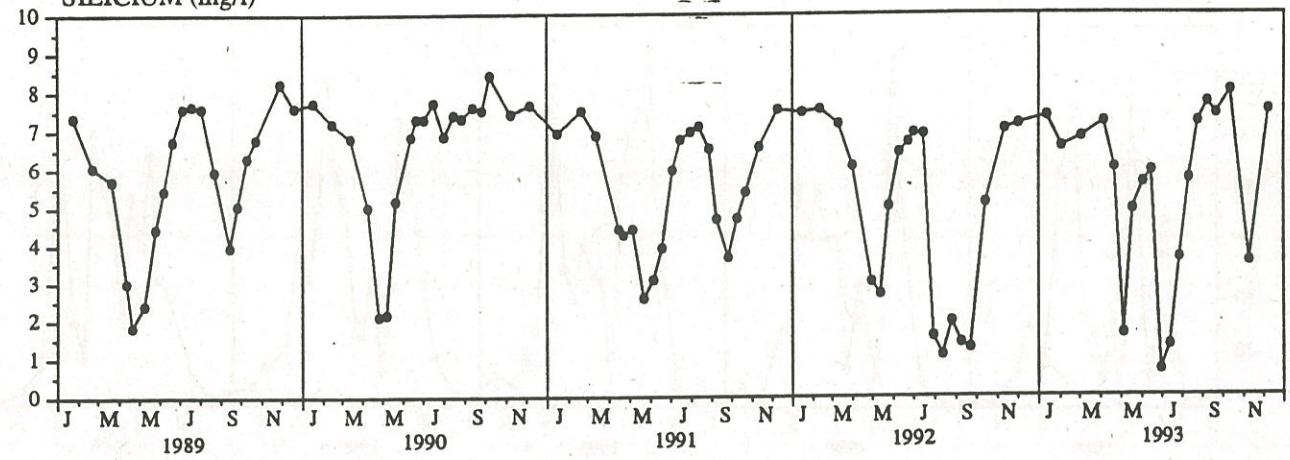
TOTAL-N, NITRIT+NITRAT OG AMMONIUM (mg/l)

ØRN SØ



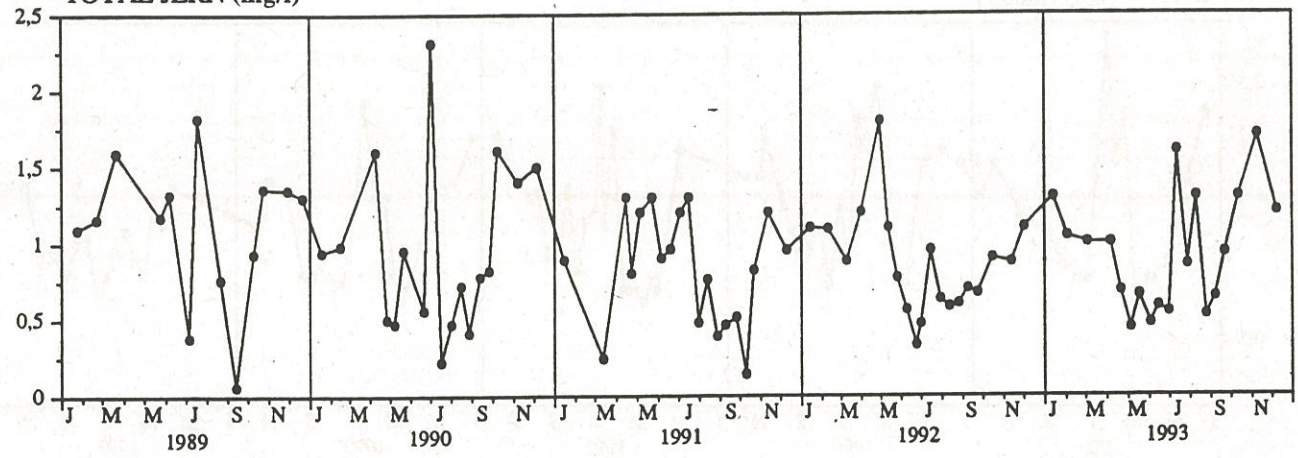
SILICIUM (mg/l)

ØRN SØ



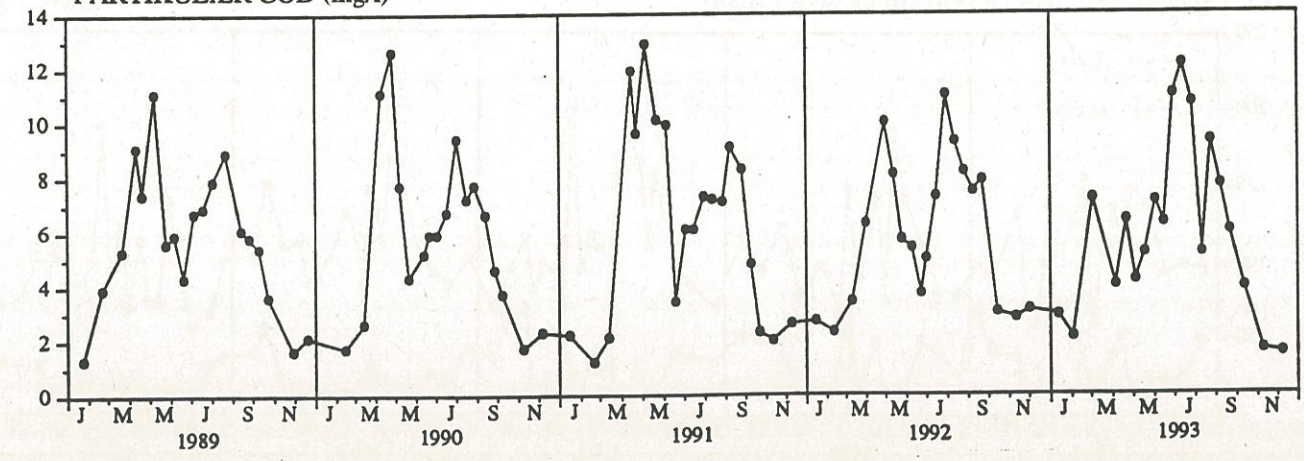
TOTAL JERN (mg/l)

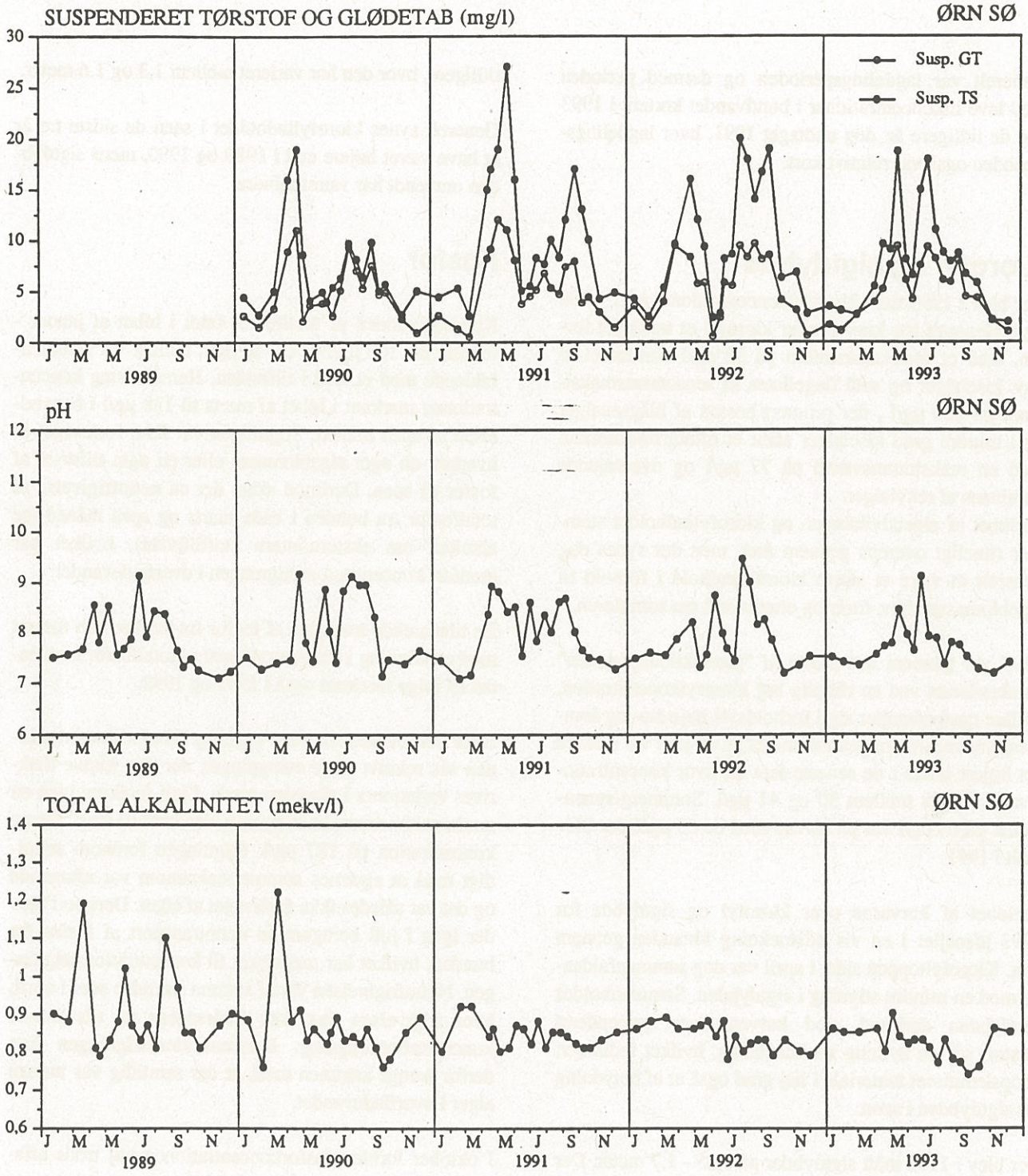
ØRN SØ



PARTIKULÆR COD (mg/l)

ØRN SØ





Figur 8.
Årstidsvariation af forskellige fysiske og kemiske variable i overfladevandet i Ørn Sø i perioden 1989-93.

Generelt var lagdelingsperioden og dermed perioden med lave iltkoncentrationer i bundvandet kortere i 1993 end de tidligere år, dog undtaget 1991, hvor lagdelingsperioden også var relativt kort.

Klorofyl og sigtdybde

Der blev i 1993 målt klorofylkoncentrationer på 1 - 100 µg/l. Generelt har kurven over klorofyl et tretoppet forløb, med et forårsmaksimum på 92 µg/l domineret af hhv. kiselalger og små flagellater, et sensommermaksimum på 100 µg/l , der primært bestod af blågrønalger og i mindre grad kiselalger samt et efterårsmaksimum med en maksimumsværdi på 77 µg/l og overvejende dominans af rekylalger.
Forløbet af algeudviklingen og klorofylindholdet stemmer rimeligt overens gennem året, men der synes dog generelt at være et større klorofylindhold i forhold til algebiomassen hhv. forår og efterår end om sommeren.

1993 var gennem det meste af "produktionsperioden" karakteriseret ved en rimelig høj klorofylkoncentration, hvilket også afspejler sig i forholdsvis høje års- og sommergennemsnit. Årsgennemsnittet på 44 µg/l var således det højest målte i de seneste fem år, hvor koncentrationen har ligget mellem 30 og 41 µg/l. Sommergennemsnittet på 64 µg/l var på niveau med de 65 µg/l, der blev målt i 1991.

Forløbet af kurverne over klorofyl og sigtdybde for 1993 afspejler i en vis udstrækning hinanden gennem året. Klorofyltoppen sidst i april var dog sammenfaldende med en mindre stigning i sigtdybden. Sammenholdes sigtdybden derimod med kurven over suspenderet tørstof, ses en nydelig sammenhæng, hvilket indikerer, at opslemmmet materiale i høj grad også er af betydning for sigtdybden i søen.

Der blev i 1993 målt sigtdybder på 0,85 - 1,7 meter. Der synes generelt ikke at have været de store variationer i sigtdybden gennem året og der forekom således heller ikke nogen decideret klarvandsperiode i forsommeren, som det har været tilfældet de tidligere år. Årsagen hertil er, at der i fytoplanktonet forkom en del store kiselalger, som zooplanktonet på trods af en stor græsningsrate ikke var i stand til at græsse på.

Den mindre årsvariation i sigtdybden gav sig således også udslag i en årssigtdybde på 1,3 meter, hvor den de tidligere år har varieret mellem 1,5 og 1,7 meter. Sommersigtdybden på 1,2 meter var også lidt mindre end tidligere, hvor den har varieret mellem 1,3 og 1,6 meter.

Generelt synes klorofylindholdet i søen de sidste tre år at have været højere end i 1989 og 1990, mens sigtdybden omvendt har været mindre.

Fosfor

Koncentrationen af totalfosfor faldt i løbet af januar - februar fra 100 µg/l til ca. 50 µg/l, hvilket var sammenfaldende med et fald i tilførslen. Herefter steg koncentrationen markant i løbet af marts til 138 µg/l i begyndelsen af april måned. Stigningen var ikke forårsaget af hverken en øget algebiomasse eller en øget tilførsel af fosfor til søen. Derimod skete der en nettofrigivelse af totalfosfor fra bunden i både marts og april måned (se afsnittet om ekstern/intern stoftilførsel), hvilket har medført koncentrationsstigningen i overfaldevandet.

En tilsvarende transport af fosfor fra bunden om foråret med en stigning i koncentrationen af totalfosfor i søvandet til følge forekom også i 1991 og 1992.

Efter den ovenfor nævnte stigning i fosforkoncentrationen sås relativt store svingninger, der dog kunne tilskrives variationer i algebiomassen. I juli forekom igen en markant koncentrationsstigning, der førte til årets største koncentration på 187 µg/l. Stigningen forekom samtidigt med at algernes sommermaksimum var aftagende og det var således ikke forårsaget af alger. Derimod blev der igen i juli beregnet en nettotransport af fosfor fra bunden, hvilket har medvirket til koncentrationsstigningen. Nettofrigivelsen var af samme størrelse som i april, hvor frigivelsen dog ikke forårsagede en tilsvarende koncentrationsstigning. Koncentrationsstigningen kan derfor hænge sammen med, at der samtidig var mange alger i overfladevandet.

I oktober forblev fosforkoncentrationen høj trods aftagende algebiomasse. Årsagen hertil var, at der igen i oktober forekom en nettofrigivelse af fosfor fra sedimentet. Herefter faldt koncentrationen.

Generelt faldt koncentrationen af orthofosfat i marts, hvor produktionen af alger steg, og koncentrationen forblev mere eller mindre lav frem til september måned. Koncentrationen af orthofosfat nåede flere gange i løbet af sommeren ned på relativt lave værdier, men kun kortvarigt. Den laveste koncentration på 4 µg/l blev målt sidst i juli. Hvis orthofosfat har været begrænsende for algernes vækst, har det kun været i kortvarige perioder.

Årsgennemsnittet af totalfosfor har de senere år ligget meget konstant omkring 105 til 110 µg/l, mens det i 1993 kun var 94 µg/l. Sommergennemsnittet på 101 µg/l adskilte sig ikke fra de foregående "overvågningsår", hvor det har ligget omkring 100 til 110 µg/l, bortset fra 1991 hvor det var på 128 µg/l. Variationen kan sandsynligvis tillægges forskelle i nettotransporten af fosfor fra bunden.

Års- og sommergennemsnittet af orthofosfat var i 1993 som i 1992 noget lavere end de 3 tidligere "overvågningsår". Umiddelbart er der ingen grund hertil, men koncentrationerne har varieret en del i løbet af årene, hvilket kan få betydning for gennemsnittene.

Kvælstof

Indholdet af total kvælstof varierede i 1993 mellem 1,0 og 1,6 mg/l og afveg således ikke fra tidligere år. Generelt er det et forholdsvis lavt kvælstofniveau, med en forholdsvis lille variation gennem året.

Nitratkoncentrationen fulgte i store træk algeproduktionen, hvor koncentrationen faldt i løbet af foråret for efter en varierende sommerkoncentration igen at stige i løbet af efteråret. Forløbet var dog ikke så markant som tidligere år, hvilket skyldes en lavere forårs- og efterårsbiomasse af alger. Koncentrationerne var ikke på noget tidspunkt så lave, at de synes at have været begrænsende for algevæksten.

I vintermånederne er ammoniumkoncentrationen generelt relativt høj, hvilket skyldes, at nitrifikationen af udledningerne fra dambrugene foregår langsomt pga. den lave temperatur. Midt i juni og igen midt i august sås en stigning i ammoniumindholdet i søen. Stigningen i juni var sammenfaldende med et meget lavt iltindhold ved bunden, hvilket dog ikke var tilfældet i august. Koncentrationsstigningen her må dog tilskrives omsætning af organisk materiale. Også tidligere år er der i sommermånederne observeret stigninger i ammoniumkoncentrationerne, hvilket oftest har været sammenfaldende med perioder med lave iltkoncentrationer i bundvandet.

Kvælstofkoncentrationen i Ørn Sø har gennem årene været faldende i takt med kvælstoftilførslen til søen gennem årene (se senere). Det er da også en tendens til, at årsgennemsnittet i søen generelt er faldet, mens sommergennemsnittene har været meget ens de seneste tre år.

Silicium

Den opløste silicium fulgte i høj grad udviklingen af kiselalger (se figur 22), hvilket også har været tilfældet de øvrige år. Koncentrationsfaldet i november lader sig ikke forklare, idet der på det tidspunkt ikke var nogen kiselalgebiomasse af betydning, hvilket også underbygges af, at klorofylindholdet var lavt.

Siliciumkoncentrationen har på intet tidspunkt været så lav, at den har været begrænsende for kiselalgernes vækst.

Jern

I løbet af april faldt koncentrationen af total jern fra ca. 1 mg/l til ca. 0,5 mg/l. Koncentrationsfaldet kunne tilskrives et fald i tilførslen af jern. Fra slutningen af juni til midt i juli steg koncentrationen markant fra 0,5 mg/l til 1,6 mg/l.
Stigningen skyldtes ikke forøget tilførsel, men faldt derimod sammen med en nettofrigivelse af jern fra bunden, som igen var sammenfaldende med en nettofrigivelse af fosfor fra bunden.
I løbet af august faldt jernkoncentrationen igen til et niveau på omkring 0,5 mg/l. I oktober forekom igen en markant stigning i jernkoncentrationen, hvilket igen var sammenfaldende med en nettofrigivelse fra bunden.

Års- og sommergennemsnittene af total jern har været ret konstante i de 5 "overvågningsår". Som nævnt tidligere er tilførslen af total jern til Ørn Sø faldet gennem årene. At dette ikke ses som et fald i koncentrationerne af jern i søen, skyldes sandsynligvis, at der tilbageholdes mindre og mindre jern i sedimentet i takt med den mindre tilbageholdelse af fosfor.

Partikulær COD, suspenderet tørstof og suspenderet glødetab

Forløbet af partikulær COD gennem året fulgte i høj grad algemængden. Den første stigning i marts var dog hverken sammenfaldende med en stigning i algebiomasse eller klorofyl. Resuspension fra bunden synes heller ikke at være tilfældet, da der heller ikke sås nogen stigning af suspenderet tørstof. Stigningen er således ikke umiddelbart forklarlig. Års- og sommergennemsnittene de senere år har været meget konstante.

Det suspenderede tørstof og - glødetab fulgte ligeledes i

store træk algemængden i søen.

Siden 1990 er der målt suspenderet tørstof og suspenderet glødetab i Ørn Sø. Års- og sommergennemsnittene af suspenderet glødetab er meget ens de fire år, hvilket stemmer overens med, at den gennemsnitlige biomasse af alger har været tilsvarende konstant.

Års- og sommergennemsnittene af suspenderet tørstof har de seneste tre år været meget ens, mens de i 1990 var noget mindre. Dette hænger sammen med, at algebiomassen det år var noget mindre.

pH og alkalinitet

pH fulgte algeudviklingen i søen, således at pH var høj samtidig med, at der var mange alger tilstede og lav, når algemængden i søen var lav. Årets største pH-værdi på 9,1 blev da også målt sidst i juni, samtidig med årets største algebiomasse.

Total alkaliniteten er pga. en kalkfattig jordbund i oplandet lav i Ørn Sø, og svingede mellem 0,75 og 0,9 meq/l i 1993. Dette er en lille variation, der dog i store træk fulgte algeudviklingen i søen.

Gennemsnittene for både pH og alkalinitet har været meget konstante gennem årene.

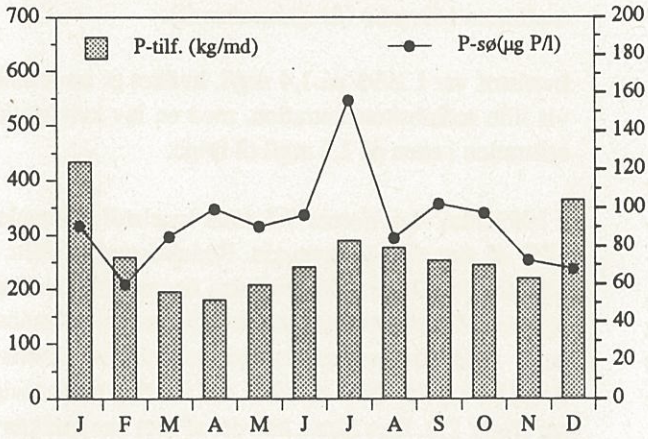
Recipientskvalitetsplan opfyldt?

Ifølge Recipientskvalitetsplanen skal den gennemsnitlige sommersigtdybde være på mindst 1,8 meter. Med en gennemsnitlig sommersigtdybde på 1,2 meter i 1993 er kravet således ikke opfyldt, men det er tidligere vurderet (f.eks. Århus Amt, 1992), at når søen kommer i ligevægt med den forfortilførsel, som Recipientkvalitetsplanen foreskriver, vil sigtdybden nærme sig to meter.

Sammenhæng mellem søkoncentration og ekstern/intern stoftilførsel

Fosfor

I figur 9 er den månedsvise tilførsel af total fosfor til Ørn Sø i 1993 sammenholdt med den gennemsnitlige månedskoncentration af total fosfor i søen. Som det fremgår, er der ikke nogen umiddelbar sammenhæng mellem tilførslen og søkoncentrationen, hvilket indikerer, at der gennem året er interne faktorer i søen, der er af betydning. Sammenholdes den vandføringsvægtede årlige indløbskoncentration af fosfor med den gennemsnitlige årlige søkoncentration (figur 10), ses der heller ikke her nogen sammenhæng, idet koncentrationen af fosfor i søen har ligget meget konstant på et niveau mellem 95 og 115 µg/l, på trods af at indløbskoncentrationen har været faldende gennem årene.

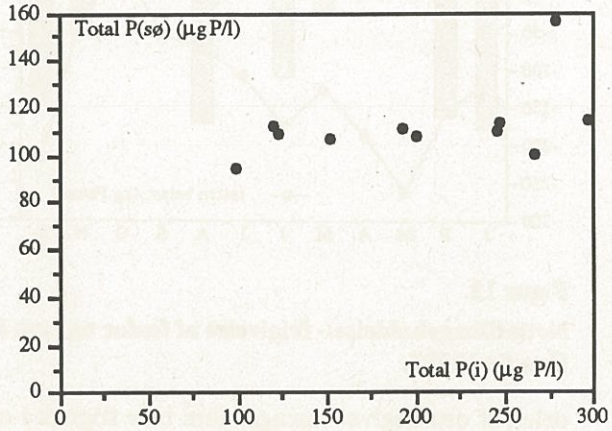


Figur 9.

Den vandføringsvægtede tilførsel af total-fosfor til Ørn Sø 1993 sammenholdt med søkoncentrationen af total-fosfor.

Årsagen hertil er, at der tilbageholdes mindre og mindre mængder forfor i søen i takt med, at der tilføres mindre. I 1989 blev der tilbageholdt ca. 3 tons fosfor, hvilket gennem årene er faldet til ca. 600 kg i 1993, svarende til et fald i tilbageholdelsen fra 43% til 20% af de tilførte mængder.

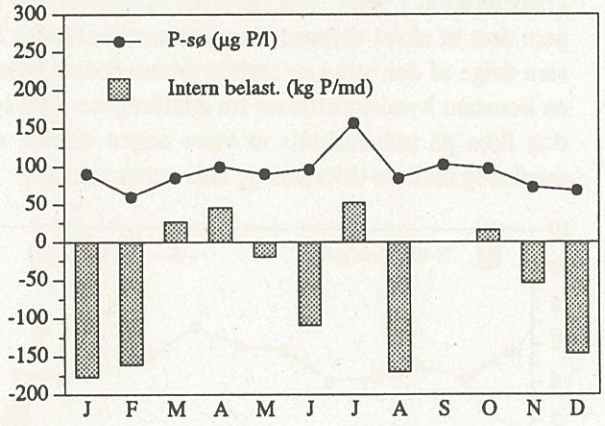
Den mindre tilbageholdelse i søen, giver en større nettotransport af fosfor fra sedimentet. Der er således også blevet registreret en nettotransport af fosfor fra sedimentet de sidste tre år i for- og efterår og i 1993 også i juli, som har medført en stigning af koncentrationen af total fosfor i søen. Det synes sandsynligt, at stigningen i



Figur 10

Sammenhængen mellem den vandføringsvægtede indløbskoncentration af fosfor og fosforkoncentrationen i Ørns Sø (årsgennemsnit)

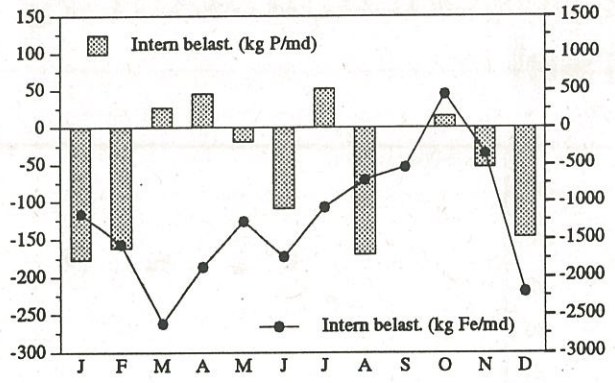
nettotransporten af fosfor fra sedimentet, er en konsekvens af en mindre sedimentation af fosfor i takt med den faldende tilførsel til søen og af en konstant frigivelse af fosfor fra bunden.



Figur 11

Den interne fosforbelastning i Ørn Sø 1993 sammenholdt med den gennemsnitlige månedlige søkoncentration af fosfor.

I 1993 blev der i løbet af året frigivet ca. 140 kg fosfor, der bidrog til en forøgelse af søkoncentrationen (figur 11). I forbindelse med frigivelsen i juli og oktober forekom der også en nettofrigivelse af jern, der samlet beløb sig til ca. 1675 kg (figur 12). Sedimentundersøgelser har tidligere vist et Fe/P-forhold (vægt) på 15 - 20. Største-



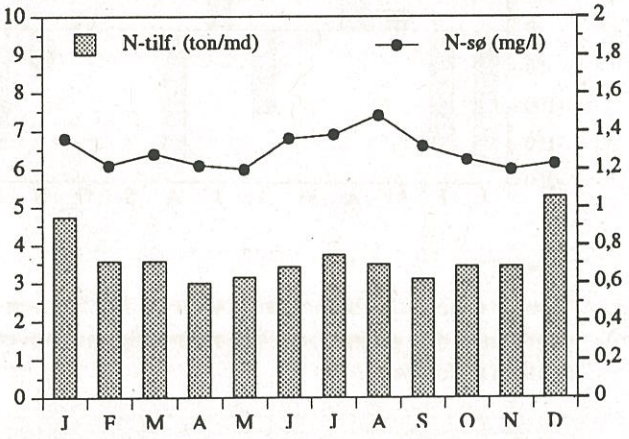
Figur 12.

Nettotilbageholdelse/- frigivelse af fosfor og jern i Ørn Sø i 1993.

delen af den frigivne mængde jern blev frigivet i oktober. I de øvrige perioder med fosforfrigivelse er der kun frigivet lidt eller ingen jern og det er derfor sandsynligt, at den frigivne fosfor her stammer fra den organisk bundne del.

Kvælstof

I figur 13 er kvælstoftilførslen til Ørn Sø i 1993 afbildet månedsvis sammen med den gennemsnitlige månedskoncentration i søen. Det fremgår, at variationen gennem året af såvel tilførsel som søkoncentration er lille, som følge af den store og stabile grundvandstilførsel og en konstant kvælstoftilførsel fra dambrugene. Der synes dog ikke på månedsbasis at være nogen direkte sammenhæng mellem tilførslen og søkoncentrationen.

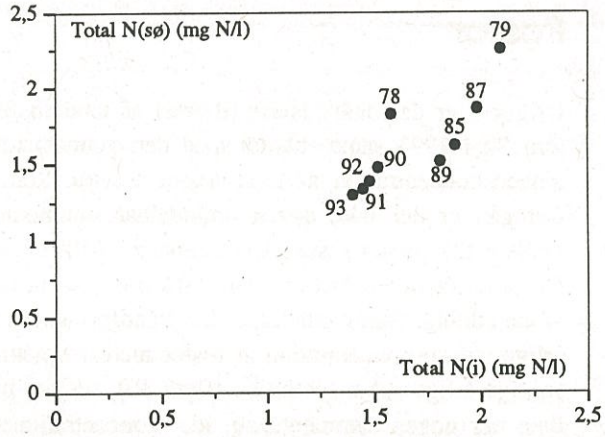


Figur 13.

Den vandføringsvægtede tilførsel af kvælstof til Ørn Sø i 1993 sammenholdt med søkoncentrationen af kvælstof.

Sammenholdes den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof med årsgennemsnittet af total kvælstof, ses dog, at koncentrationen i søen har været svagt faldende med den mindre tilførsel (figur 14).

Den vandføringsvægtede indløbskoncentration af total

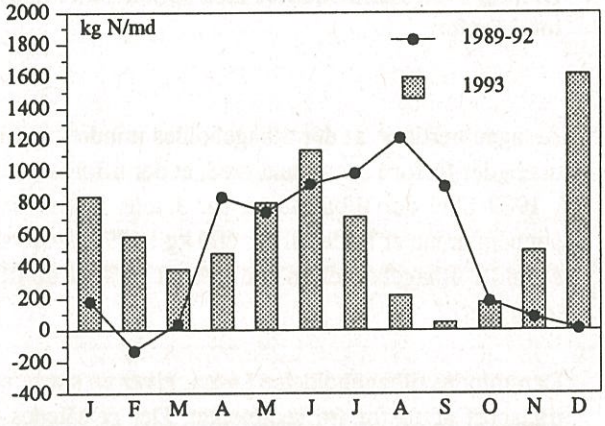


Figur 14.

Sammenhængen mellem den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof og kvælstofkoncentrationen i Ørn Sø (årsgennemsnit).

kvælstof var i 1993 på 1,4 mg/l, hvilket er en forholdsvis lille indløbskoncentration, med en lav kvælstofkoncentration i søen på 1,3 mg/l til følge.

I 1993 blev der fjernet 7,5 tons kvælstof svarende til 17% af den tilførte mængde. Reduktionen adskilte sig ikke fra de tidligere år, hvor den har varieret mellem 7 og 16%. Sammenholdes kvælstoffjernelsen på månedsbasis med den gennemsnitlige månedsvise kvælstoffjernelse i årene 1989 til 1992, ses der dog visse afvigelser (figur 15). Den første halvdel af året var karakteriseret ved en relativt stor kvælstoffjernelse. Fra juli til oktober var reduktionen mindre end de tidligere år,



Figur 15.

Kvælstofreduktionen i Ørn Sø i 1993 sammenholdt med den gennemsnitlige kvælstofreduktion i perioden 1989-92.

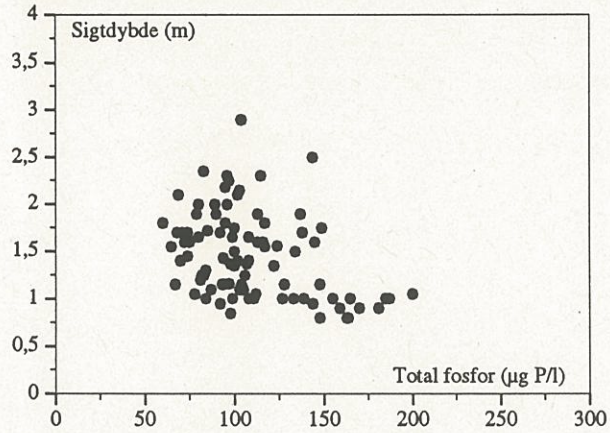
mens den sidst på året steg markant.

Kvælstoffjernelsen sker primært som denitrifikation, der i høj grad er temperaturafhængig og koncentrationsafhængig, og i noget mindre grad som sedimentation af patikulært kvælstof. Den forholdsvis store reduktion i vintermånederne skal ses i lyset af en stor kvælstoftilførsel, der sandsynligvis var forårsaget af en stor afstømning, da specielt januar og december var meget nedbørsrige måneder. Desuden bevirker prøvetagningsfrekvensen med en prøvetagning pr. måned i vintermånederne, at beregningerne er behæftet med en vis usikkerhed. Generelt må reduktionen dog siges at være usædvanlig stor, hvilket ikke umiddelbart lader sig forklare.

Den tiltagende reduktion i april var sammenfaldende med tidligere års forløb, hvor der normalt ses en stigning i denitrifikationen forårsaget af en stigende temperatur i bundvandet. Fra juli og frem til oktober var denitrifikationen derimod væsentlig lavere end tidligere år, hvilket der ikke umiddelbart er nogen indlysende forklaring på. Kvælstoftilførslen til søen var i den periode af samme størrelse som i forsommeren, mens fraførslen derimod var øget. Den øgede kvælstoffraførsel kan måske i en vis udstrækning forklares ved, at der i den periode via afløbet kan være sket en fraførsel af alger fra søen, da der i sensommeren sås en forekomst af blågrønalger. Det er dog næppe sandsynligt, at alger alene kan forklare den lave kvælstoffjernelse.

Effekt af indgreb overfor punktkilder

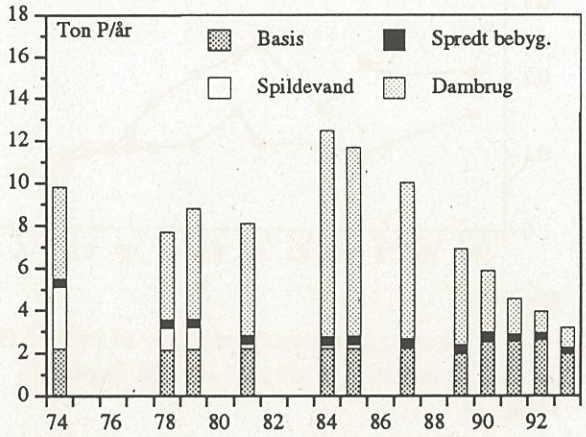
Generelt er fosforniveauet i lavvandede søer af afgørende betydning for tilstanden i søen (Kristensen et al., 1990a). Da fosfor er det begrænsende næringsstof i Ørn Sø kan en forbedret sigtdybde i søen opnåes ved at nedbringe fosformængden og derigennem reducere algemængden. Sammenhængen mellem fosfor og sigtdybde i Ørn Sø er vist i figur 16. Der ses en tendens til øget sigtdybde ved lavere fosforkoncentrationer



Figur 16.

Sammenhængen mellem koncentrationen af fosfor og sigtdybden i Ørn Sø i perioden 1989-93.

Der er derfor gennem årene også gjort en indsats for at nedbringe fosfortilførslen til søen. Det første større indgreb var i 1977 at afskære spildevandstilførslen via Pøt Sø, hvilket reducerede spildevandstilførslen fra rensningsanlæg betydeligt. På trods af dette indgreb var fosfortilførslen til søen fra sidst i 1970'erne og frem til midten af 1980'erne dog generelt stigende, hvilket var forårsaget af øgede udledninger fra dambrugene. Figur 17 viser en kildeopsplitning af den samlede tilførsel af fosfor til søen. Før 1992 er opgørelsen over dambrugsbidraget dog behæftet med en stor usikkerhed, da bidragene her er opgjort som differencen mellem den samlede tilførsel og de øvrige kilder (basisbidrag, rensningsanlæg og spredt bebyggelse). Fra 1992 bygger opgørelsen på en kombination af målinger og beregninger ud fra foderforbrug og produktion. Trods usikkerheden i opgørelsen ses dog, at den samlede transport gennem de senere år er reduceret væsentligt, hvilket skyldes anvendelse af forbedrede fodertyper og etablering af sedimentationsbassiner på dambrugene.



Figur 17.

Kilder til fosfortilførslen til Ørn Sø i perioden 1974-93.

Hvis det antages, at tilførslen til søen var uden kulturbetunget påvirkning ville fosfortilførslen være ca. 25% mindre end den nuværende og sommersigtdybden omkring 2 meter. I tabel 9 er de målte og beregnede indløbskoncentrationer, søkoncentrationer og sommersigtdybder samlet. Sammenhængen mellem sø- og indløbskoncentration er beskrevet af Vollenweider, 1976 (se Kristensen et al., 1991) som:

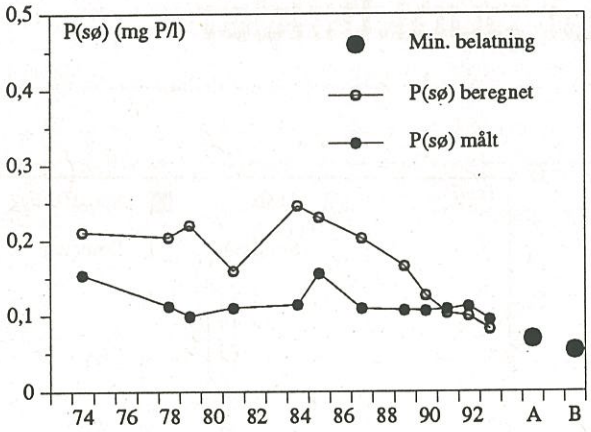
$$P_{sø} = P_{ind}/(1+T_w^{0,5})$$

hvor $P_{sø}$ = fosforkoncentrationen i søen, P_{ind} = fosforkoncentrationen i indløbet og T_w = vandets opholdstid i søen. Kristensen et. al., 1991 har på baggrund af data fra danske lavvandede søer opstillet følgende sammenhæng mellem søkoncentrationen og sommersigtdybden:

$$\text{Sigtdybde (m)} = 0,25\ P_{sø}^{-0,61}\ Z^{0,25}$$

hvor $P_{sø}$ = fosforkoncentrationen i søen og Z = gennemsnitsdybden i søen.

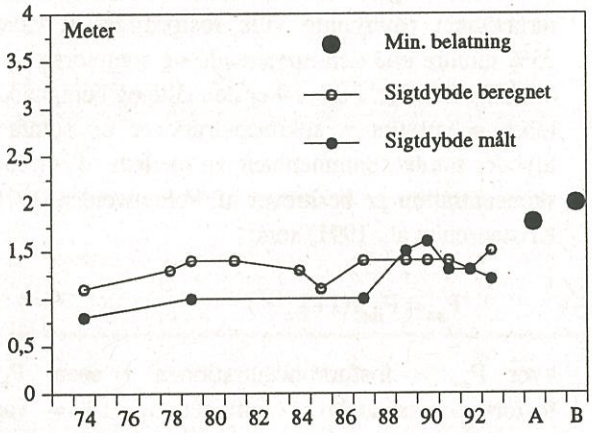
Den målsatte sommersigtdybde på 1,8 meter skulle ifølge beregningerne kunne opnåes med en fosfortilførsel på niveau med den målte i 1993, hvilket dog ikke er tilfældet. Som det fremgår af figur 18, er den målte søkoncentration rent faktisk også højere end den beregnede koncentration. Differencen mellem koncentrationerne indikerer, at søen er i en aflastningssituation, idet



Figur 18.

Beregnede og målte koncentrationer af fosfor i Ørn Sø. A. Sommersigtdybde på 1,8 m. B. Ingen påvirkning

fosforfrigivelse fra sedimentet forårsager en højere søkoncentration end den teoretisk beregnede. Den beregnede sigtdybde er da også generelt højere i forhold til den målte (figur 19).



Figur 19.

Beregnede og målte sigtdybder i Ørn Sø.

A. Sommersigtdybde på 1,8 m. B. Ingen påvirkning.

Fytoplankton

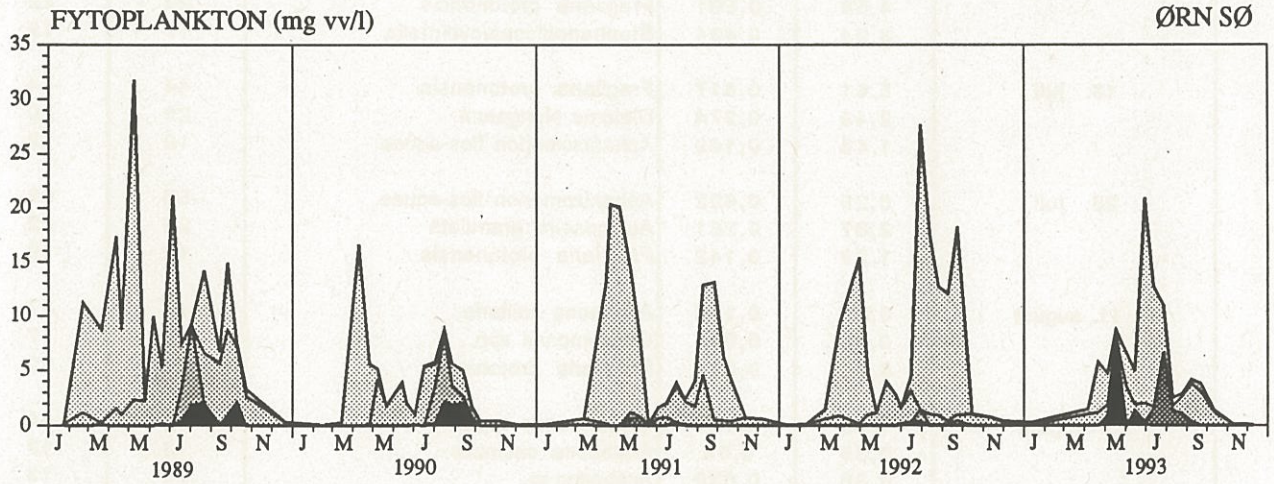
Fytoplanktonet i Ørn Sø blev i 1993 undersøgt 17 gange. Prøvefrekvensen efter Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er 19 gange årligt, men på grund af is var det ikke muligt at indhente planktonprøver i februar og marts. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag 5.

Fytoplankton i 1993

Fytoplanktonet var i 1993 hovedsagelig domineret af kiselalger med subdominans af rekylalger (figur 20). I sensommeren skete der en opblomstring af blågrønalger, som herved blev den dominerende fytoplanktongruppe i en kortere periode. Der blev registreret biomasser (vådvægt) mellem 0,103 mg/l og 20,93 mg/l.

Vinter-forår

I januar var fytoplanktonbiomassen lav (0,316 mg/l), og domineredes af den store kolonidannende kiselalge *Aulacoseira italica*. Som følge af stigende lysintensitet og høje næringsstofkoncentrationer udvikledes der i løbet af april et forårsmaksimum. Det er mest sandsynligt, at forårsmaksimum opbyggedes i løbet af april, idet biomassen steg fra et forholdsvist lavt niveau d. 6. april (1,46 mg/l) til 5,75 mg/l d. 21. april. Forårsopblomstringen topper normalt i april i Ørn Sø, men det kan dog ikke udelukkes, at der har været et større forårsmaksimum i marts, som ikke blev registreret på grund af manglende prøvetagning i denne måned. I begyndelsen af april domineredes fytoplanktonet overvejende af mellemstore former af rekylalger inden for *Cryptomonas*-slægten, mens den egentlige opbygning af forårsmaksimum skete ved vækst af den store stavformede og kolonidannende kiselalge *Asterionella formosa*, som i slutningen af april udgjorde 57% af biomassen. *Asterionella* kan optræde hele året i danske søer, men har typisk maksimum i april. Efter et mindre fald i biomassen fra slutningen af april til begyndelsen af maj, hvor store kiselalger stadig dominerede, skete der en stigning i biomassen, særligt fordi mængden af ubestemte flagellater øgedes kraftigt i løbet af maj.



Figur 20.
Fytoplanktons årstidsvariation i Ørn Sø fordelt på grupper fra 19989-93

Årstidsvariation

I dette afsnit gives der en oversigt over planktonets årstidsvariation. De kvantitativt dominerende arter/grupper på de enkelte prøvetagningsdage er angivet i tabel 10.

Dato 1993	mg vv/l	mg C/l	Dominerende arter/slægter	% vv/l	% C
13. januar	0,24	0,027	Aulacoseira granulata	77	77
6. april	0,76	0,084	Cryptomonas spp.	52	52
	0,26	0,029	Stephanodiscus/Cyclotella	18	18
21. april	3,3	0,363	Asterionella formosa	57	57
	1,18	0,129	Cryptomonas spp	22	22
	0,8	0,088	Stephanodiscus/Cyclotella	14	14
5. maj	1,04	0,114	Fragilaria crotonensis	22	22
	0,95	0,104	Asterionella formosa	20	20
	0,95	0,104	Cryptomonas spp.	20	20
	0,93	0,102	Ubestemte flagellater	20	20
18. maj	7,76	0,854	Ubestemte flagellater	89	89
	0,43	0,047	Aulacoseira granulata	5	5
3. juni	3,31	0,364	Cryptomonas spp.	51	51
	1,43	0,157	Aulacoseira granulata	22	22
	0,79	0,087	Fragilaria crotonensis	12	12
15. juni	1,19	0,131	Fragilaria crotonensis	24	24
	0,76	0,083	Ochromonas sp.	15	15
	0,74	0,081	Aulacoseira granulata	15	15
30. juni	6,17	0,676	Diatoma elongatum	30	30
	4,56	0,501	Fragilaria crotonensis	22	22
	3,94	0,434	Stephanodiscus/cyclotella	19	19
13. juli	5,61	0,617	Fragilaria crotonensis	44	44
	2,49	0,274	Diatoma elongatum	20	20
	1,48	0,162	Aphanizomenon flos-aquae	12	12
28. juli	6,29	0,692	Aphanizomenon flos-aquae	58	58
	2,37	0,261	Aulacoseira granulata	22	22
	1,29	0,142	Fragilaria crotonensis	12	12
11. august	0,95	0,104	Anabaena solitaria	37	37
	0,44	0,048	Cryptomonas spp.	17	17
	0,31	0,034	Fragilaria crotonensis	12	12
25. august	1,52	0,167	Cryptomonas spp.	54	54
	0,36	0,04	Anabaena circinalis	13	13
	0,36	0,039	Anabaena sp.	13	13
	0,35	0,038	Anabaena solitaria	12	12
8. september	2,42	0,343	Cryptomonas spp.	76	76
	0,27	0,029	Anabaena circinalis	6	6
22. september	2,99	0,33	Cryptomonas spp.	80	80
	0,38	0,042	Stephanodiscus/Cyclotella	10	10
13. oktober	1,21	0,132	Cryptomonas spp.	91	91
11. november	0,14	0,016	Cryptomonas spp.	100	100
9. december	0,1	0,011	Cryptomonas spp.	100	100

Tabel 10.

Dominerende arter/slægter i Ørn Sø i 1993.

Sommer

Fra d. 18. maj til midten af juni registredes et fald i biomassen, og de ubestemte flagellater forsvandt fra fytoplanktonsamfundet. *Cryptomonas sp.* og kiselalgen *Fragilaria crotonensis* dominerede i henholdsvis begyndelsen og midten af juni, hvor der var subdominans af *Aulacoseira italica*. I midten af juni sås desuden subdominans af gulalgeflagellaten *Ochromonas sp.*, som kun registredes på dette tidspunkt i hele 1993. Ochromonas sp. findes oftest i vande med en del organisk stof, idet væksten baseres helt eller delvist på heterotrof levevis. Det samme er tilfældet for *Cryptomonas* arterne. Fra midten af juni skete der en betydelig stigning i fytoplanktonbiomassen, og d. 30 juni registreres årets største biomasse på 20,93 mg/l. Kiselalger, med dominans af *Diatoma elongatum*, udgjorde på denne dato mere end 90% af den totale biomasse. Kiselalgedominansen fortsatte frem til slutningen af juli, hvor den nærings- og varmekrævende blågrønalgeart *Aphanizomenon flos-aquae* dominerede og udgjorde 58% af den totale biomasse. I sensommeren optrådte andre kolonidannende blågrønalgearter indenfor *Anabaena*-slægten hyppigt i fytoplanktonsamfundet, men biomassen faldt betydeligt som følge af et kollaps i kiselalgesamfundet.

Efterår-vinter

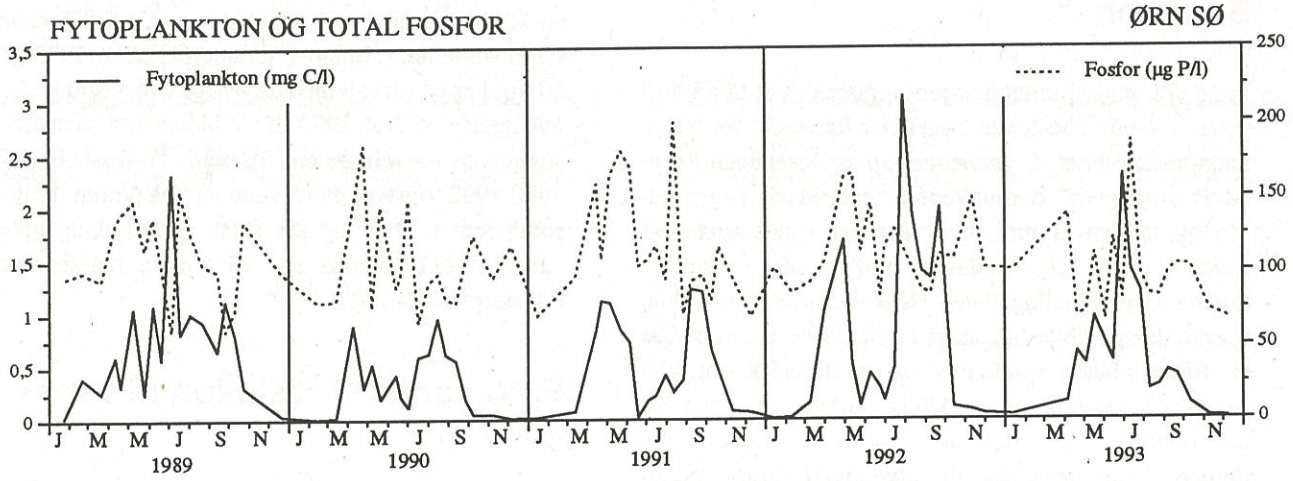
I september opstod der et mindre efterårsmaksimum med dominans af *Cryptomonas spp.* og subdominans af små centriske kiselalger indenfor slægterne *Stephanodiscus* og *Cyclotella*. Resten af året var der næsten total dominans af *Cryptomonas spp.* Biomassen aftog i løbet af efteråret og nåede årets lavest registrede værdi d. 9. december.

Sammenligning med resultater fra 1989-92

Kiselalgebiomassen var i april/maj 1993 lavere end i tidligere overvågningsår og der er desuden sket et skift i artssammensætningen, idet *Stephanodiscus hantzschii* er blevet fortrængt som dominerende kiselalge af større kolonidannende kiselalger og flagellater. I de øvrige overvågningsår er der i Ørn Sø registreret meget lave biomasser (1-2 mg/l) i juni som følge af en kraftig nedgang i kiselalgebiomassen fra maj til juni. Kiselalgebiomassen var da også lav i juni i 1993, men den totale fytoplanktonbiomasse var omkring 5 mg/l på grund af en større biomasse af flagellater end i tidligere år. Et fytoplanktonmaksimum i sommerperioden 1993 på ca. 20 mg/l er på niveau med de øvrige overvågningsår med undtagelse af året 1990, hvor biomassen gennem hele sommeren var mindre end 10 mg/l. Til forskel fra årene 1990-1992 opstod dette sommermaksimum tidligt på sommeren i 1993, og der skete en betydelig opblomstring af blågrønalger i senommeren, hvilket ikke er registreret siden 1989-1990.

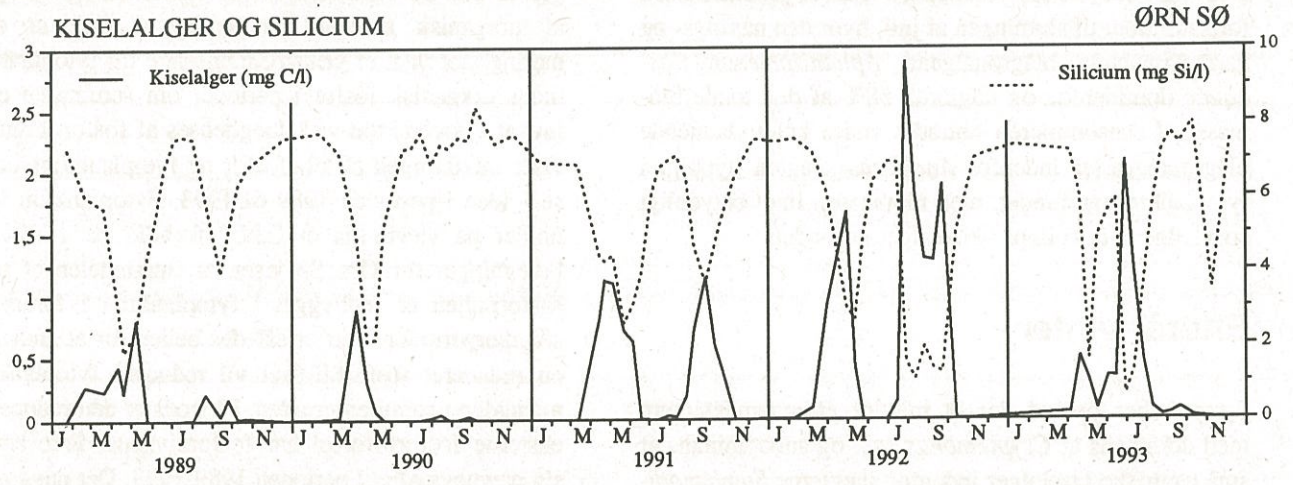
Fytoplankton i relation til vandkemi

I det følgende relateres fytoplanktonbiomassen til en række vandkemiske faktorer, der kan have indflydelse på artssammensætningen og mængden. Fosforbelastningen af Ørn Sø er reduceret i de senere år, og mængden af uorganisk kvælstof er stadig så høj, at dette næringsstof ikke er vækstbegrænsende for fytoplankton, mens uorganisk fosfor i perioder om sommeren er så lav, at fytoplankton vækstbegrænses af fosfor. Figur 21 viser udviklingen af totalfosfor og fytoplanktonbiomasse i søen i perioden 1989 til 1993. Fytoplankton indeholder på vægtbasis et C:N:P forhold på 16:7:1, og beregninger for Ørn Sø viser, at størstedelen af totalfosforpuljen er indbygget i fytoplankton i forårs- og sommerperioden. Der er således belæg for at antage, at en reduceret fosfortilførsel vil reducere fytoplanktonmængden i sommerperioden. På trods af den reducerede eksterne fosfortilførsel har fosforniveauet ikke ændret sig nævneværdigt i perioden 1989-1993. Det nuværende fosforniveau på ca. 100 µg P/l i begyndelsen af fytoplanktons vækstsæson er for højt til at modvirke en relativt stor forårsopblomstring af kiselalger, som efter sedimentation tilbageføre vandsøjlen fosfor til ny fytoplanktonvækst i sommerperioden. De første tegn på en reduceret ekstern fosfortilførsel er dog begyndt at vise sig i form af periodevis fosforbegrænsning i sommerperioden. Koncentrationen af uorganisk fosfor er faldet fra et niveau omkring 30-40 µg/l i firserne og 1990-91 til 14 µg/l i 1992 og 13 µg/l i 1993 (sommergennemsnit), og i juni og juli 1993 er der konstateret koncentrationer af uorganisk fosfor på 4-8 µg/l. Generelt kan det antages, at der forekommer fosforbegrænsning ved koncentrationer under 5-10 µg P/l (Reynolds, 1984), så det kraftige fald i fytoplanktonbiomassen i denne periode må bl.a. tilskrives fosforbegrænsning. Perioder med fosforbegrænsning er stadig kortvarige i Ørn Sø, men der er tendens til en forlængelse af disse perioder.



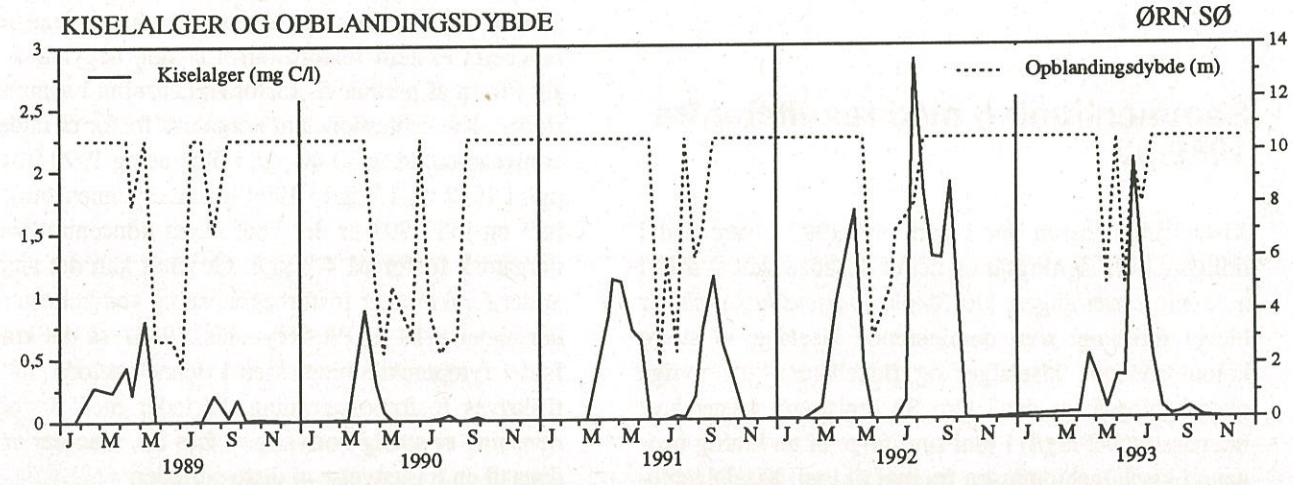
Figur 21.

Fytoplanktons biomasse sammenholdt med koncentrationen af total-fosfor i Ørn Sø fra 1989-93.



Figur 22.

Kiselalgernes biomasse sammenholdt med koncentrationen af opløst silicium for Ørn Sø fra 1989-93.



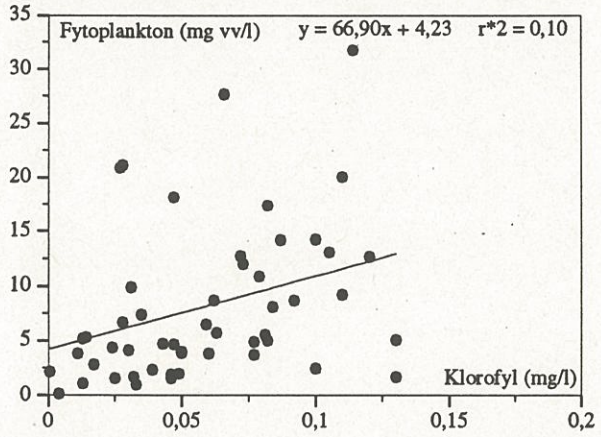
Figur 23.

Kiselalgernes biomasse sammenholdt med opblandingsdybden i Ørn Sø fra 1989-93.

Af figur 22 fremgår det, at koncentrationen af opløst silicium i Ørn Sø er relateret til kiselalgemængden. Et kiselalgemaksimum giver et tilsvarende fald i siliciumkoncentrationen, men heller ikke i 1993 har siliciumkoncentrationen været så lav, at den har kunnet begrænse kiselalgevæksten.

Kiselalger har en høj udsynkningshastighed i en stagnerende vandsøjle, og kiselalgerne er derfor mest hyppige i perioder, hvor der er fuld opblanding af vandmasserne. Denne sammenhæng er karakteristisk i alle overvågningsårene (figur 23).

Koncentrationen af klorofyl-a kan være et godt mål for fytoplanktonbiomassen, men som det ses af figur 24 med den indlagte regressionslinje, er der en ringe lineær sammenhæng mellem klorofyl-a og fytoplanktonbiomasse i sommerperioden i Ørn Sø, hvilket sandsynligvis skyldes, at fytoplankton har et meget varierende klorofylindhold afhængigt af årstid og artssammensætning.

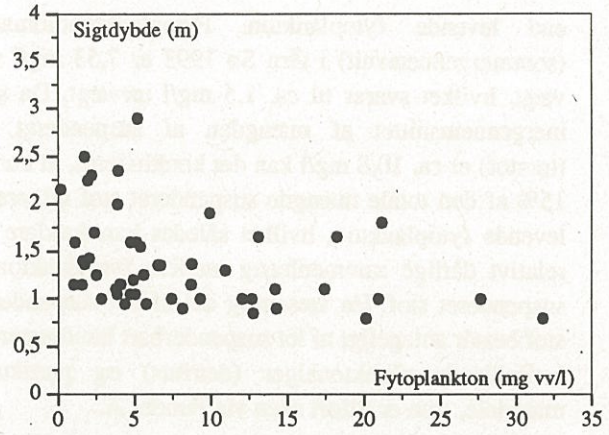


Figur 24.

Relation mellem klorofyl-a og fytoplankton i Ørn Sø. Sommerdata fra 1989-93.

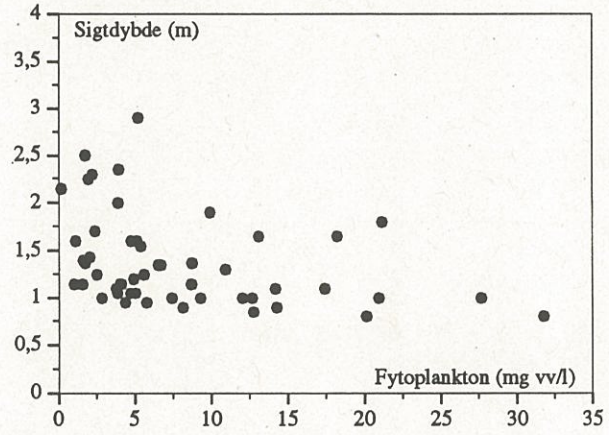
Figur 25 og 26 antyder, at, der som i flertallet af danske søer, er en sammenhæng i sommerperioden mellem fytoplankton og sigtdybde og mellem suspenderet stof og sigtdybde. Stor sigtdybde i Ørn Sø (2-3 meter) ses kun i forbindelse med fytoplanktonbiomasser <5 mg vv/l, og/eller når indholdet af suspenderet stof <5 mg/l.

Figur 27 viser en sammenhæng mellem fytoplanktonbiomasse og suspenderet stof. Tallene viser, at mængden af suspenderet stof stiger, når fytoplanktonbiomassen stiger. Imidlertid er R^2 på den indtegnede regressionslinie kun 0,37, hvilket betyder, at det suspenderede stof, som regulerer vandets klarhed, består af meget andet



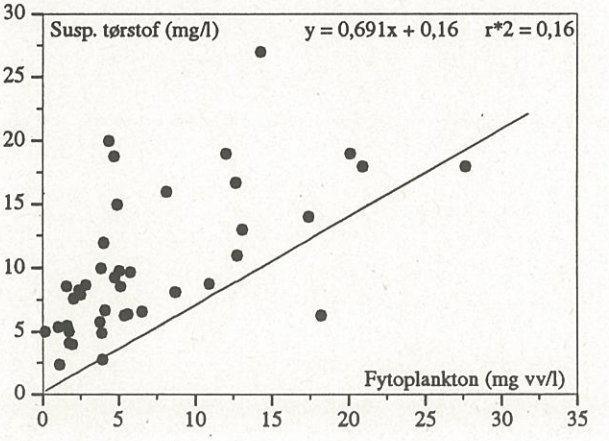
Figur 25.

Relation mellem fytoplankton og sigtdybde i Ørn Sø. Sommerdata fra 1989-93.



Figur 26.

Relation mellem suspenderet stof og sigtdybde i Ørn Sø. Sommerdata fra 1990-93.



Figur 27.

Relation mellem fytoplankton og suspenderet stof i Ørn Sø. Sommerdata fra 1990-93.

end levende fytoplankton. Fytoplanktonbiomassen (sommergennemsnit) i Ørn Sø 1993 er 7,53 mg/l vådvægt, hvilket svarer til ca. 1,5 mg/l tørvægt. Da sommergennemsnittet af mængden af suspenderet stof (tørstof) er ca. 10,8 mg/l kan det konkluderes, at kun ca. 15% af den totale mængde suspenderet stof udgøres af levende fytoplankton, hvilket således kan forklare den relativt dårlige sammenhæng mellem fytoplankton og suspenderet stof. En væsentlig del af det suspenderede stof består antageligt af let suspenderbart bundmateriale, henfaldende planktonalger (detritus) og partikulært materiale, som er tilført søen via Funder Å.

Zooplankton

Metodik.

Indsamlingen og bearbejdningen af zooplanktonprøver fra Ørn Sø er siden 1990 foretaget ifølge Danmarks Miljøundersøgelsers vejledning, dog blev rotatorier ikke kvantificeret i 1990. 1989's afvigende prøvetagning er kommenteret i bilag 6.

Zooplanktons bevægelse i vandmasserne.

Zooplankton bevæger sig i vandet dels for at søge føde og dels for at søge skjulesteder. Det betyder, at zooplanktonet ikke er jævnt fordelt i vandmasserne. I dybere søer, hvor der periodisk opstår springlag med deraf følgende iltfrie forhold ved bunden, vil zooplanktonet ikke opholde sig, hvor iltkoncentrationerne er lave. Derfor er alle angivne zooplanktonbiomasser, der er relateret til algerne, korrigeret for denne skæve fordeling, idet det antages, at zooplanktonet kun findes ned til vanddybder, hvor iltkoncentrationen er >1 mg O_2/l.

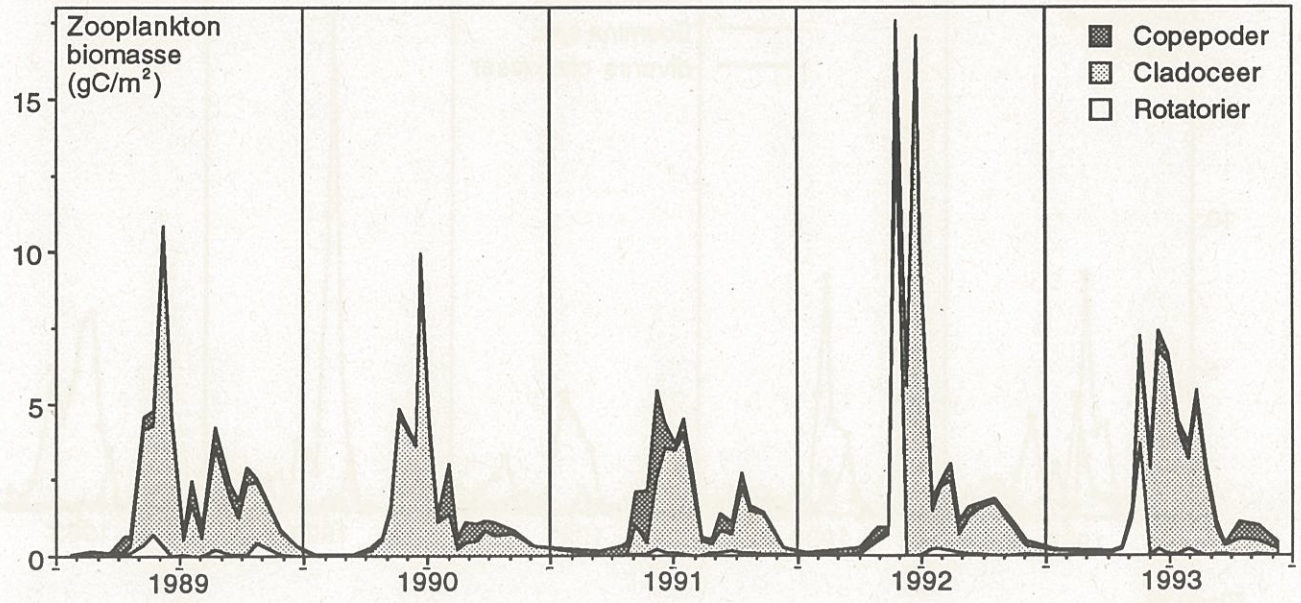
Zooplanktons årstidsvariation.

Zooplankton sammensætningen i Ørn Sø i 1993 kendetegnedes, som det ses på figur 28 ved, at cladoceerne udgjorde langt den største del af biomassen. Rotatorie- og copepodandelen var generelt betragtet minimal. Rotatorierne og copepoderne fandtes i planktonet året rundt, mens cladoceerne, hvis reproduktion er betinget af højere vandtemperatur, først fandtes fra maj måned.

Zooplanktonets vinterniveau var ca. 0,2 g C/m^2, men fra begyndelsen af maj forøgedes biomassen til maximum i maj og juni på godt 7 g C/m^2. Maximaerne var dels forårsaget af rotatorier og dels af cladoceer. Efter et mindre henfald toppede zooplankton biomassen igen i begyndelsen af august og klingede af gennem måneden. I oktober tegnede sig en mindre tilvækst af copepoder, som betød at zooplanktonbiomassen var ca. 1 g C/m^2 inden vinterniveauet atter nåedes.

Rotatorier.

Det omtalte rotatoriemaximun i maj bestod hovedsageligt af rovhjuldyret *Asplanchna priodonta,* som bidrog med 98% af rotatoriebiomassen. Af andre nævneværdige arter/slægter var *Brachionus calyciflorus* i begyndelsen af maj med 10%, Synchaeta spp. i juni med 95% og *Trichocerca spp.* i august med 60%. De angivne procenter er i forhold til den samlede rotatoriebiomasse. Store forekomster af *Asplanchna priodonta* i foråret er et almindeligt fænomen og fandtes således også i Ørn Sø i 1992. Da reproduktionstiden under optimale forhold kan være mindre end en uge, kan den anvendte prøvetag-



Figur 28.
Zooplanktons årstidsvariation fordelt på grupper i Ørn Sø 1989-93.

ningsfrekvens ikke sikre at disse kortvarige hjuldyr forekomster synliggøres. Derfor kan man ikke udelukke, at lignende forekomster af *Asplanchna priodonta* fandtes de øvrige år.

Cladoceer.

Cladoceerne dominerede planktonet i Ørn Sø i størstedelen af 1993. På figur 29 er de to hovedgrupper af cladoceer illustreret. Den overvejende del af dafniebiomassen bestod af *Daphnia cucullata* og i forårsmaximummet udgjorde denne art 93% af cladoceerbiomassen. *Daphnia galeata* og *Daphnia hyalina* var også repræsenteret i Ørn Sø, men uden betydende forekomst (bilag 6, figur 1). Kun i maj måned var tilstedeværelsen af andre arter end *Daphnia cucullata* betydende. Her dominerede snabeldafnien *Bosmina coregoni* med biomassen 0,2 g C/m^2. Samtidig fandtes *Bosmina longirostris*, men i ringe mængde (bilag 6, figur 2).
Efter *Daphnia cucullata*'s forårsmaximum på godt 6 g C/m^2 faldt biomassen til ca. 2,5 g C/m^2 i begyndelsen af juli og denne tilbagegang skyldtes hovedsagelig nedgræsning af de spiselige algearter. Forklaringen på, at der trods nedgræsningen stadig var livsbetingelser for dafnierne, må søges i, at der fandtes en relativ stor biomasse af store alger (>50 µm), som dyrene sandsynligvis alligevel har kunnet ernære sig ved (omtales senere). I begyndelsen af august havde dafnierne atter gode vækstbetingelser og aftog efter maximummet d. 11/8 på 4 g C/m^2 til et niveau på 0,2 g C/m^2 i slutningen af september, som holdt året ud.

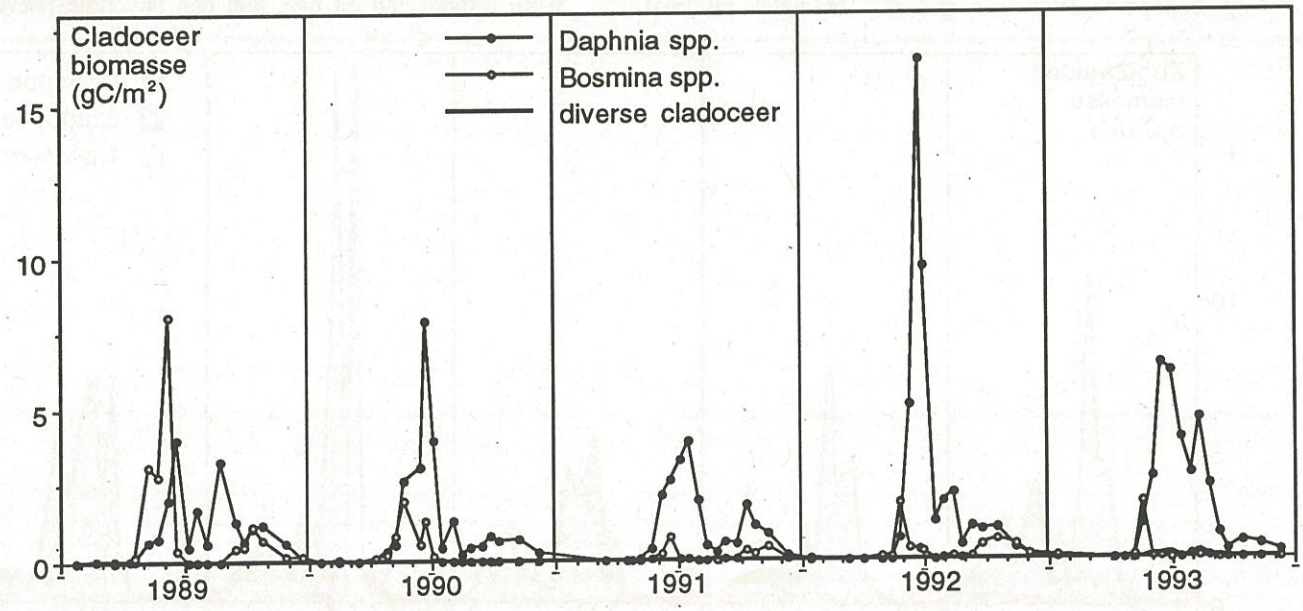
Det er almindeligt for eutrofierede søer, som Ørn Sø, at forekomsten af *Daphnia cucullata* er dominerende.

Copepoder.

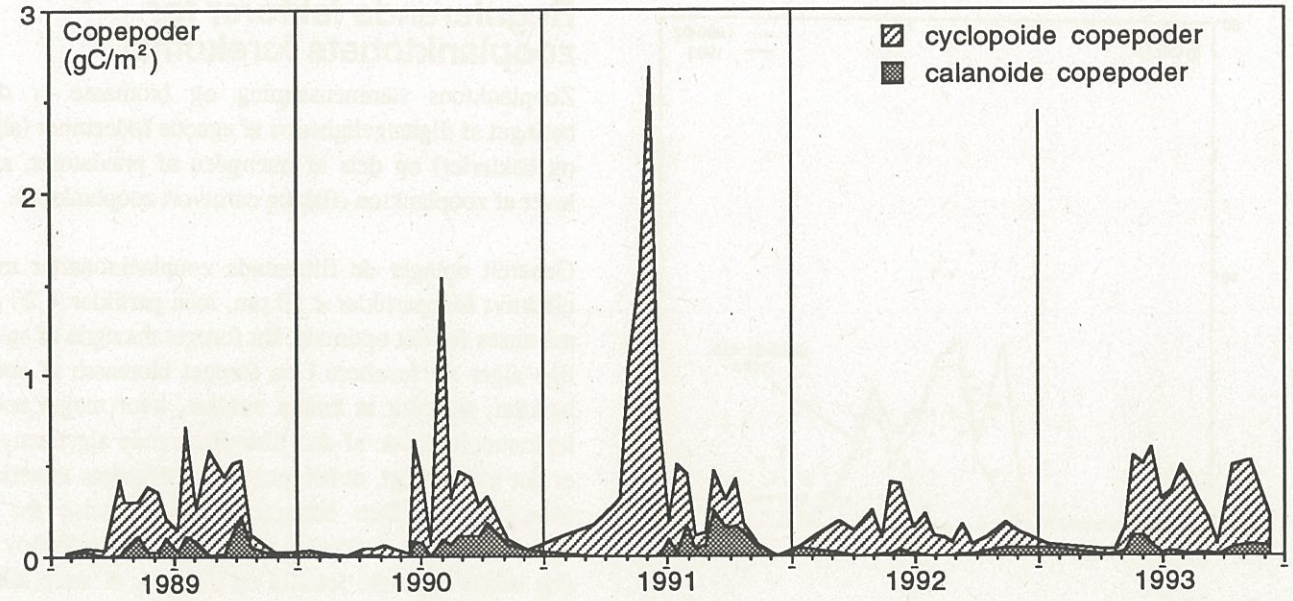
Forekomsten af copepoder i Ørn Sø i 1993 var ganske ringe, men det er ikke overraskende, at de cyclopoide copepoder, som primært findes i eutrofe systemer, dominerede copepodsamfundet. Copepodandelen var gennemsnitlig for 1993 på kun 19%. De cyclopoide copepoder udgjorde fra maj 96% af copepodbiomassen. Først på året var copepodforekomsten lille, men ligeligt repræsenteret af calanoide og cyclopoide copepoder (figur 30). På figur 31 er de cyclopoide copepodarter afbilledet og som det ses bestod over halvdelen af den samlede biomasse af cyclopoide copepoditter. De voksne individer af *Cyclops vicinus* fandtes i maj, juli (maxima : 0,02 g C/m^2) og igen i årets sidste måneder, mens *Mesocyclops leukarti* og *Thermocyclops sp.* var tilstede fra maj til august, men uden betydende maxima.
De calanoide copepoders årstidsvariation kan ses i bilag 6, figur 3, men vil på grund af den ringe tilstedeværelse ikke blive kommenteret nærmere.

Udviklingstendens i sammensætning og biomasse af zooplankton i Ørn Sø.

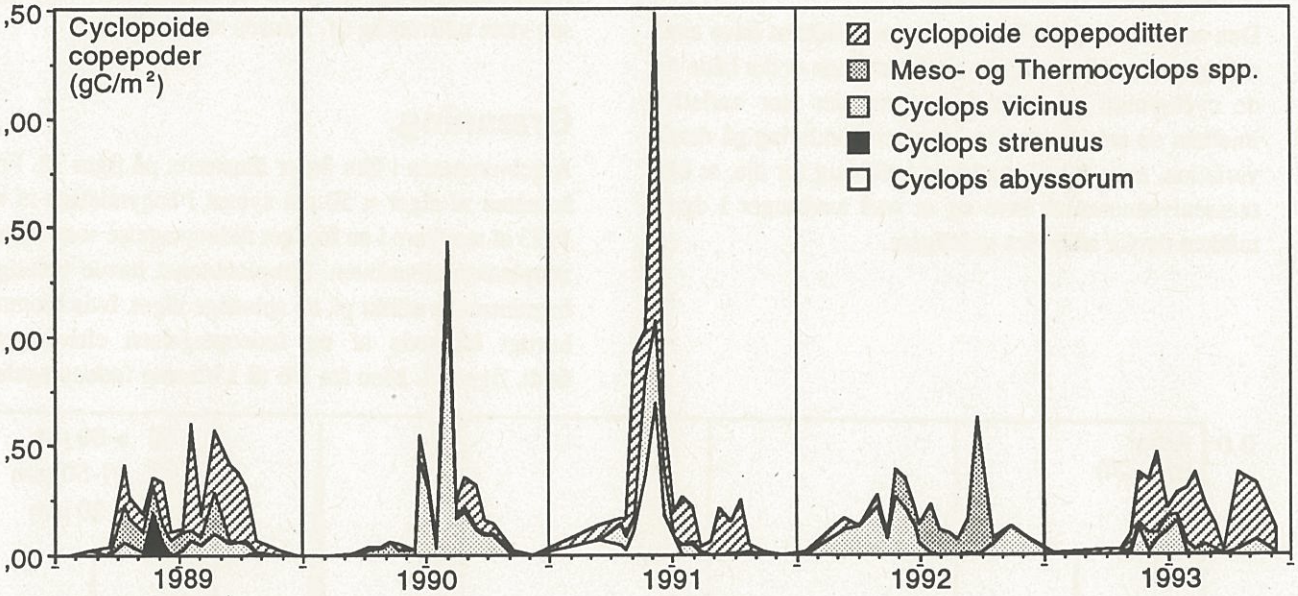
Efterfølgende sammenlignes årene 1990 til 93 direkte, mens 1989 bemærkes i parentes på grund af den afvigende prøvetagningsrutine.



Figur 29.
Cladoceernes årstidsvariation fordelt på familier i Ørn Sø 1989-93.



Figur 30.
Copepodernes årstidsvariation fordelt på ordener i Ørn Sø 1989-93

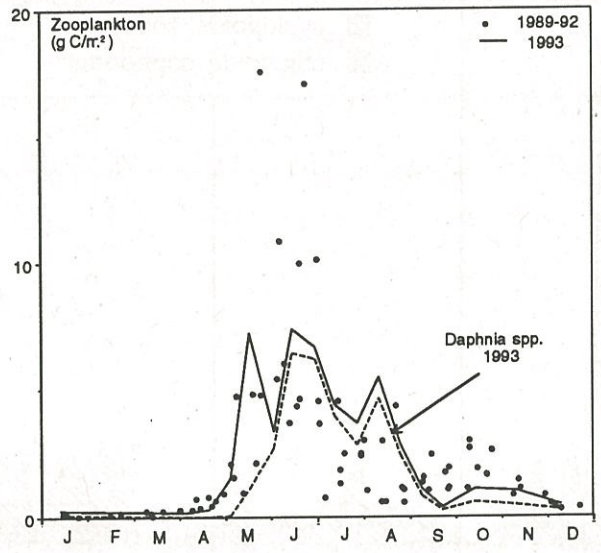


Figur 31.
De cyclopoide copepoders årstidsvariation fordelt på arter i Ørn Sø 1989-93

Generelt synes der ikke at være sket en ændring i zooplanktonet i Ørn Sø gennem den undersøgte periode (figur 32). Alligevel adskiller 1992 sig ved en større rotatorie- og cladoceerbiomasse i foråret end de øvrige år. Disse forekomster kan hænge sammen med en meget varm maj måned, som kunne give cladoceernes æg gode udviklingsvilkår. Desuden var fødegrundlaget tilstede til cladoceernes opvækst. En anden bemærkelsesværdig detalje var, at dafniebiomassen i sommeren 1993 var større end nogle af de tidligere år. Den generelle tendens var fra (89) 1990 til 92, at zooplanktonet blev stærkt reduceret i juni-juli måned, dels på grund af at fødegrundlaget blev reduceret og dels på grund af prædation fra fiskene. Men i 1993 synes zooplanktonbiomassen ikke påvirket i samme grad af disse faktorer.

Den store forekomst af snabeldafnier i 1989 (bilag 6, figur 2) skal ikke vuderes i forhold til de øvrige år, da den skyldtes den omtalte prøvetagningsmetode.

Zooplanktonbiomassen i efteråret 1993 var lavere end de to forgående år, men ikke tendentiøs, snarere at



Figur 32.

Zooplankton-/Daphnia spp´s - biomasse fra Ørn Sø 1993 i forhold til alle år 1989-92.

betragte som år til år variation.
Den samlede copepodbiomasse synes ikke at have ændret sig gennem årene, men tilsyneladende er der både for de cyclopoide og calanoide copepoder stor variation imellem de enkelte år. Der er ingen forklaring på denne variation, men det er vigtigt at holde sig for øje, at biomasseniveauerne er lave og at små ændringer i dynamikken derfor afspejles tydeligere.

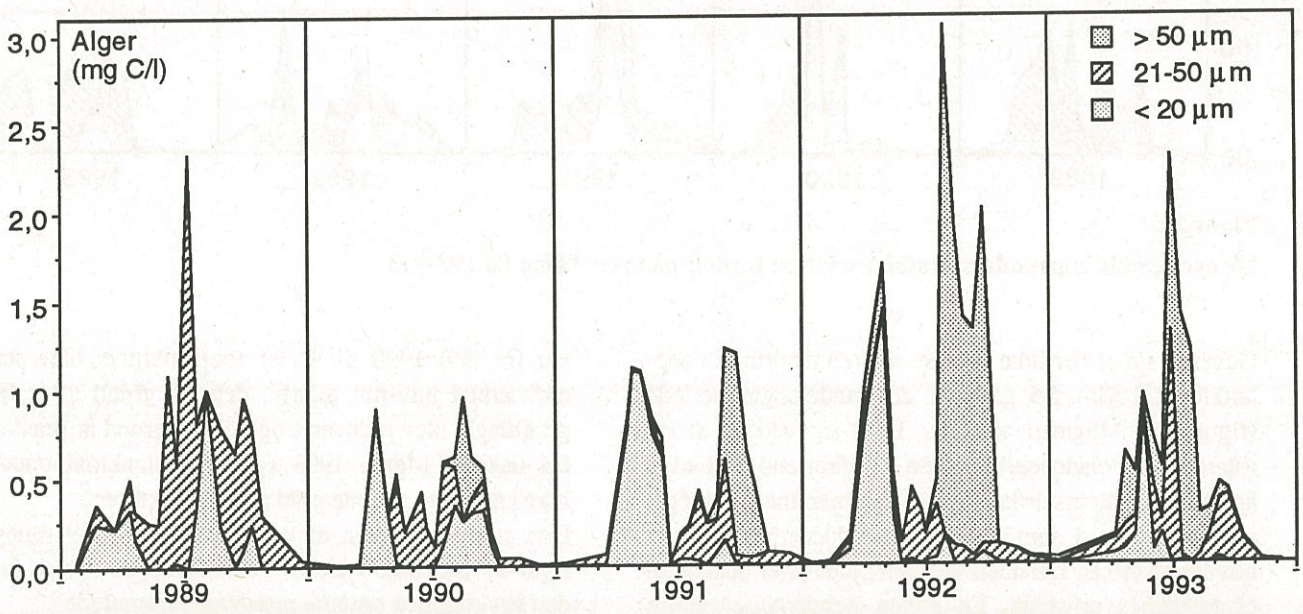
Regulerende faktorer for zooplanktonets forekomst

Zooplanktons sammensætning og biomasse er dels betinget af tilgængeligheden af egnede fødeemner (alger og bakterier) og dels af mængden af prædatorer, som lever af zooplankton (fisk og carnivort zooplankton).

Generelt optager de filtrerende zooplanktonarter mest effektivt fødepartikler < 50 µm, men partikler < 20 µm må anses for det optimale. En forøget mængde af spiselige alger vil resultere i en forøget biomasse af zooplankton, men for at kunne vurdere, hvor meget zooplanktonet kan æde af den tilstedeværende algemængde, er det nødvendigt, at beregne zooplanktonets teoretiske fødeoptagelse. Den beregnede fødeoptagelse for de enkelte grupper er skønnet ud fra deres energibehov pr. dag under optimale forhold og antages, at være 200% for rotatorier, 100% for cladoceer og 50% for copepoder. Ved meget lave fødekoncentrationer, svarende til en algebiomasse mindre en 0,2 mg C/l, nedsætter dyrene fødeoptagelsen og da vil en korrektion af fødeoptagelsen være nødvendig (jf. Hansen et. al. 1992).

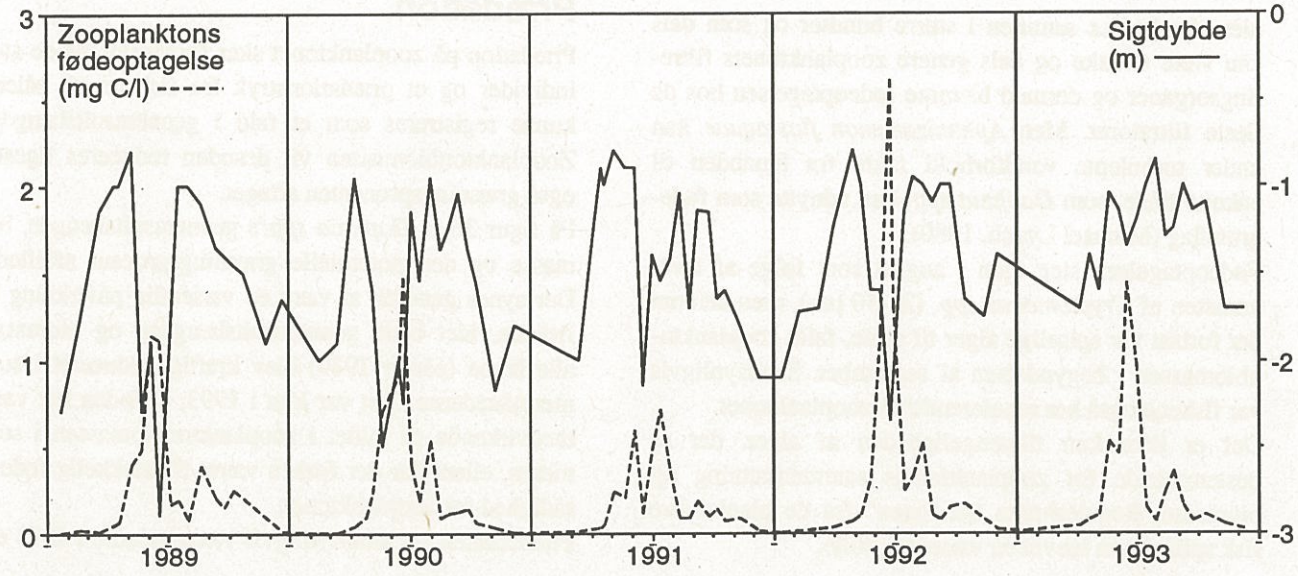
Græsning.

Algebiomassen i Ørn Sø er illustreret på figur 33. Forekomsten af alger < 50 µm syntes i begyndelsen af maj 1993 at resultere i en forøget fødeoptagelse som følge af zooplanktontilvæksten. Zooplanktonet havde tydeligvis begrænsende effekt på de spiselige alger, hvis biomasse hurtigt klingede af og fødeoptagelsen efterfølgende faldt, figur 34. Men fra 3/6 til 15/6 steg fødeoptagelsen,

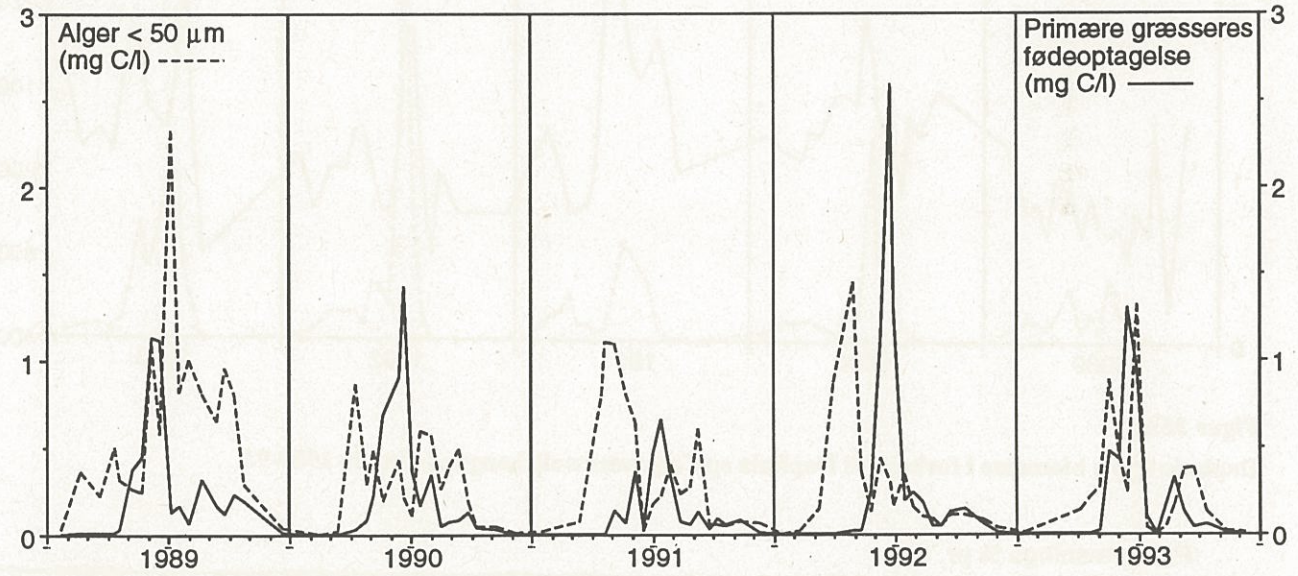


Figur 33.

Algebiomasse fordelt på størrelsesgrupper i Ørn Sø 1989-93.



Figur 34.
Algebiomasse <50 µm i forhold til de primære græsseres (cladoceer og clanoide copepoder) fødeoptagelse. Ørn Sø 1989-93.



Figur 35
Zooplanktons totale fødeoptagelse i forhold til sigtdybde. Ørn Sø 1989-93.

selvom algebiomassen < 50 µm faldt. Zooplanktonet har givet vis haft mulighed for at udnytte anden føde for at kunne opnå maximum i midten af juni. Det har formodentlig været kiselalgen *Aulacoseira granulata*, som zooplanktonet har ernæret sig ved. Kiselalgen er kategoriseret i gruppen > 50 µm, men algen er cylinderformet og danner trådformede kolonier, som zooplanktonet kan udnytte ved at æde dem fra enden.

Samtidig med at fødeoptagelsen toppede, sås en lille forbedring i sigtdybden (figur 35), men i forhold til de tidligere år var der i 1993 ikke tale om en egentlig klarvandsperiode, idet der forekom en del store kiselalger, som zooplanktonet ikke kunne græsse på (jvf. afsnit "Fysiske og kemiske resultater fra Ørn Sø.").

Fra midten af juni faldt fødeoptagelsen. I starten fordi zooplanktonet var udsat for prædation fra fiskene (omtales senere) og senere på grund af fødemangel. Også kiselalgen *Aulacoseira granulata* og blågrønalgen *Aphanizomenon flos-aquae* syntes at være begrænset af zooplanktonet. Sidstnævnte er også kolonidannende og kategoriseret i gruppen > 50 µm. Blågrønalgen kan under rolige vejrforhold danne store trådformede kolo-

nier, der holdes sammen i større bundter og som dels kan være toxiske og dels genere zooplanktonets filtreringsorganer og dermed hæmme fødeoptagelsen hos de fleste filtratorer. Men *Aphanizomenon flos-aquae* kan under turbulente vandforhold falde fra hinanden til enkelte tråde, som *Daphnia spp.* kan udnytte som fødegrundlag (Michael Lynch, 1980).

Fødeoptagelsen steg igen i august som følge af forekomsten af *Cryptomonas spp.* (21-50 µm), men selvom der fortsat var spiselige alger til stede, faldt zooplanktonbiomassen i begyndelsen af september. Sandsynligvis var fiskene også her regulerende på zooplanktonet.

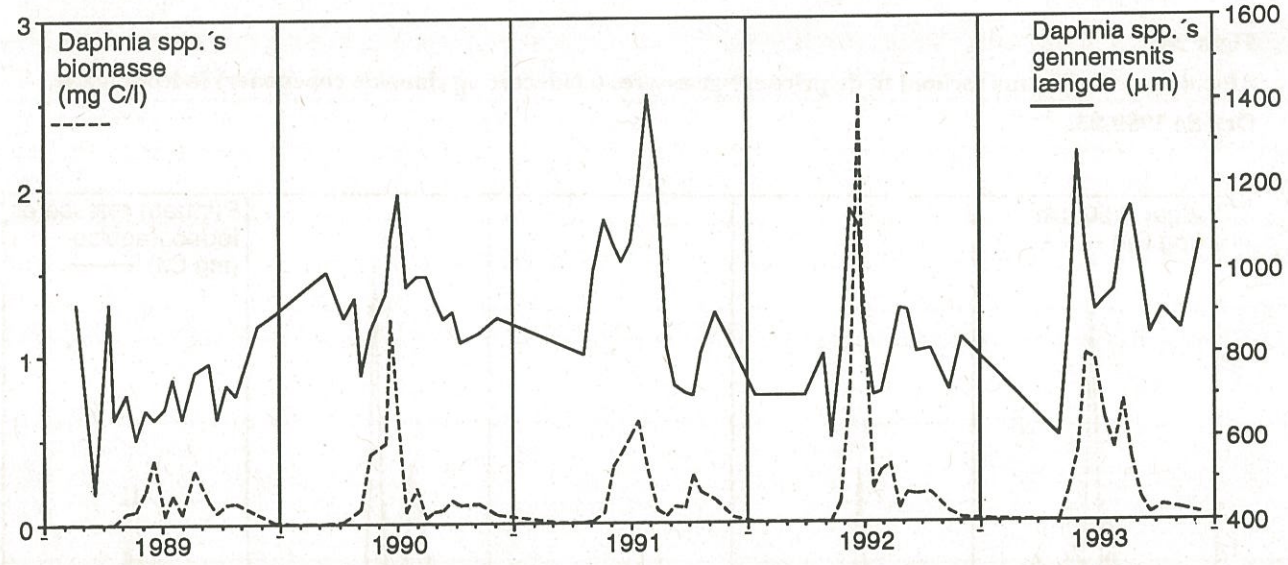
Det er ikke kun tilgængeligheden af alger, der er bestemmende for zooplanktonets sammensætning og biomasse. Reguleringen fra "oven" fra de planktivore fisk spiller som nævnt en væsentlig rolle.

Prædation.

Prædation på zooplanktonet sker fortrinsvis på de store individer og et prædationstryk fra fiskene vil således kunne registreres som et fald i gennemsnitslængden. Zooplanktonbiomassen vil desuden reduceres ligesom også græsningsprocenten aftager.

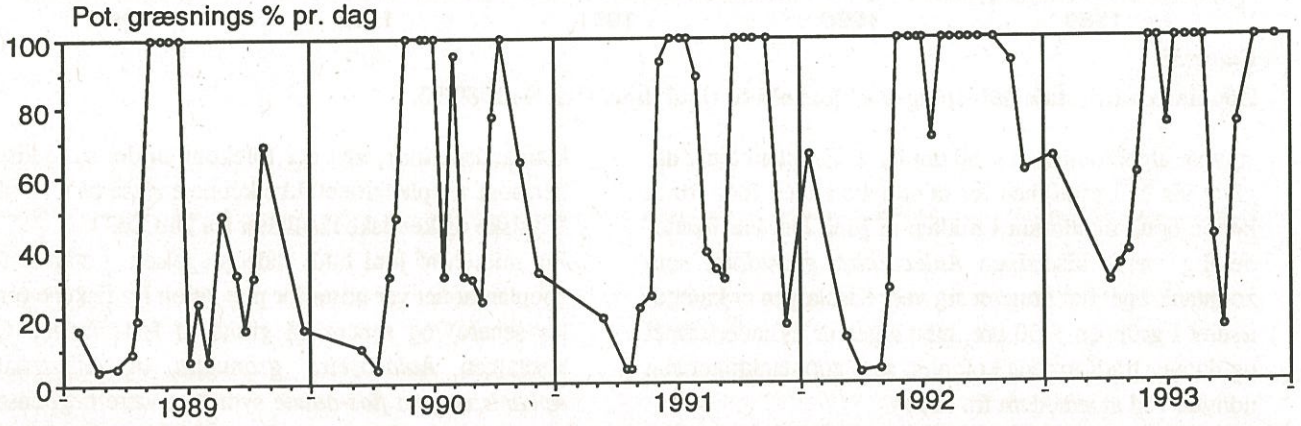
På figur 36 er *Daphnia spp.*'s gennemsnitslængde, biomasse og den potentielle græsningsprocent afbilledet. Der synes generelt at være en væsentlig påvirkning fra fiskene, idet både gennemsnitslængden og biomassen alle årene (pånær 1989) blev kraftigt reduceret i sommermånederne. Det var kun i 1993, at føden har været medvirkende til faldet i zooplanktonbiomassen i sommeren, ellers har der førhen været tilstrækkelig føde til rådighed for zooplanktonet.

Prædationen har sandsynligvis været mindre i 1993 end



Figur 36A.

Daphnia spp´s biomasse i forhold til Daphnia spp´s gennemsnitslængde i Ørn Sø 1989-93.



Figur 36B.

Den potientielle græsningsprocent pr. dag, som er den totale fødeoptagelse i forhold til alger <50 µm.

årene før. Der sås nemlig ikke den samme tilbagegang i zooplanktonbiomassen. Dette hænger godt sammen med, at fiskenes gydesucces kan have været forringet i 1993 som følge af et noget koldere forår end i 1992.
Under alle omstændigheder må man forvente, at der var en betydelig prædation fra fiskene i Ørn Sø.
Resultater fra fiskeundersøgelsen i 1993 viste, at forholdet mellem antal "skidtfisk" (>10 cm) og antal "skidtfisk" + aborre (>10 cm) var på 74%. Zooplanktonet var således dels styret "fra neden" af den tilgængelige algemængde, men også styret "fra oven" af fiskene.

Fisk

I september måned 1993 blev fiskebestanden i Ørn Sø undersøgt med det formål at vurdere

-fiskebestandens artssammensætning, størrelsesforde ling og de enkelte fiskearters relative hyppighed.

-en sammenligning af undersøgelsesresultater med fiskeundersøgelsen i 1988.

-fiskenes rolle i søens økologiske system.

Fiskeundersøgelsen er udført efter de retningslinier, der er beskrevet i vejledningen om fiskeundersøgelser i søer fra Danmarks Miljøundersøgelser (Miljøstyrelsen, 1990).
Dette afsnit om fiskebestanden i Ørn Sø 1993 er en del af en samlet rapport, som udgives på et senere tidspunkt, hvor miljøtilstanden i Ørn Sø vil blive beskrevet mere indgående.

Undersøgelsens omfang og metode

Undersøgelsen af fiskebestanden i Ørn Sø blev udført fra den 13.-23. september 1993.

Forsøgsfiskeriet er udført efter de retningslinier, der er beskrevet i Mortensen et al., 1990, hvor normalprogrammet er blevet fulgt. Ved fiskeundersøgelsen i 1988 blev samtlige fisk målt med udstrakt totallængde. Ved nærværende undersøgelse er fiskene målt med forklængde, som normalprogrammet foreskriver. Det er derfor ikke muligt umiddelbart at sammenligne de beregnede CPUE-værdier. Da der skelnes mellem fisk større eller mindre end 10 cm, har CPUE-beregningerne forskellig værdi. Det tilsvarende gør sig gældende i længdefrekvenserne samt længde-vægt relationerne.

Efter areal og maksimumdybde er Ørn Sø en såkaldt D sø, der inddeles i 6 sektioner med 5 garnsætninger pr. sektion. Endvidere er der elfisket på en ca. 300 m strækning i hver sektion.

I hver sektion blev følgende redskaber anvendt:

1.5 biologiske oversigtsgarn, som er 1,5 m dybe, 42 m lange og har 14 enheder á 3 m med forskellige maskevidder.
De 14 maskevidder, målt fra knude til knude, har følgende rækkefølge: 6,25 - 8,0 - 16,5 - 75,0 - 38,0 - 25,0 - 12,5 - 33,0 - 50,0 - 22,0 - 43,0 - 30,0 - 60,0 - 10,0 mm.
Disse garn var placeret på 3 måder. Flydende (i overfladen), pelagisk (da der ikke var springlag på undersøgelsestidspunktet, var disse placeret midt i vandfasen) og synkende (ved bunden).

2.1 stk. 4500 W generator med pulserende jævnstrøm (elektrofiskeri).

Fra hver sektion er følgende registreret:

-Sektion.

-Redskab, garn (flydende, pelagisk, synkende), elbefiskning.

-Fiskeart.

-Længde (forklængde) nedrundet til nærmeste halve cm.

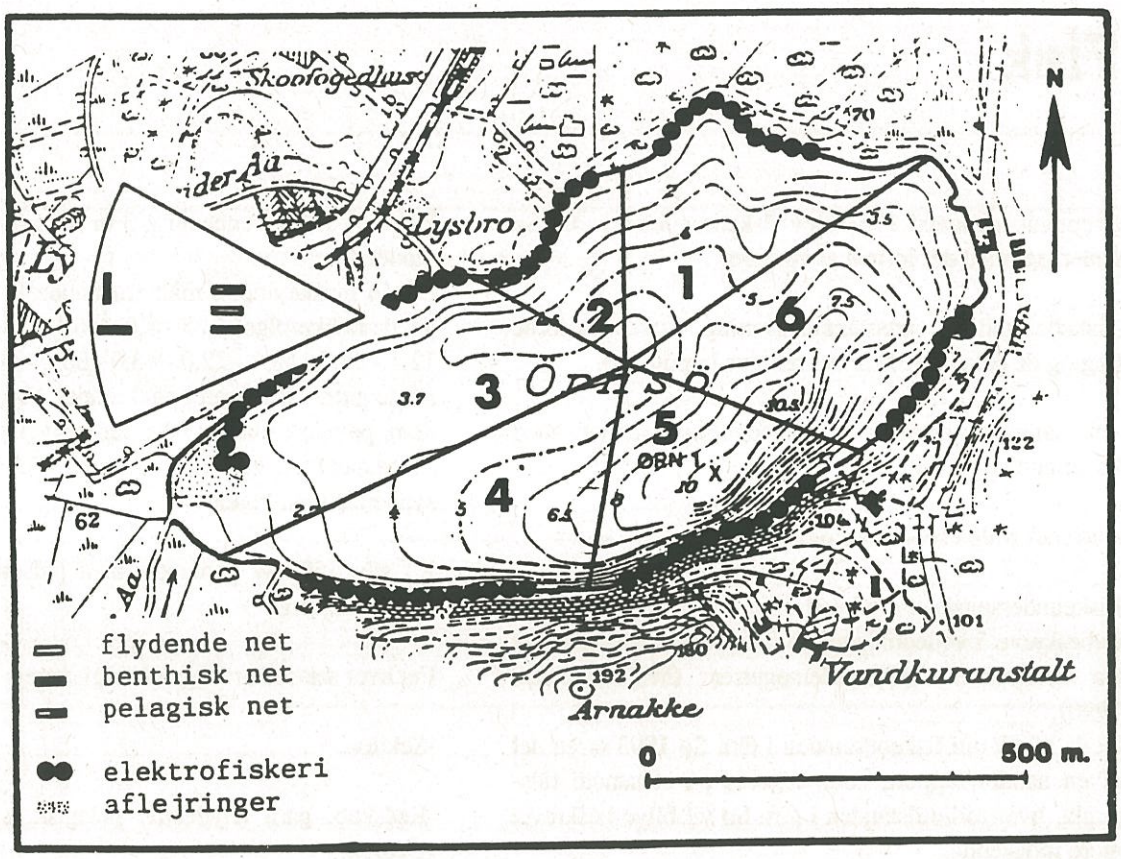
-Samlet vægt af fisk < 10 cm med 0,5 g nøjagtighed.

-Samlet vægt af fisk ≥ 10 cm med 2 g nøjagtighed.

-Længde (fork og total) af op til 5 fisk pr. centimeterklasse.

Fra alle fiskearter er der, hvis det har været muligt, udtaget 5 fisk pr. halve centimeterklasse for herved at fastlægge forholdet mellem længde, vægt og kondition samt forholdet mellem totallængde og forklængde.

Den sektionsvise inddeling af søen, placering af garn samt de elektrobefiskede strækninger er vist i figur 37.



Figur 37.
Kort over Ørn Sø med angivelse af sektioner, placeringer af redskaber samt de elektrobefiskede strækninger.

Resultater

Artssammensætning

Ved forsøgsfiskeriet med biologiske oversigtsgarn og elfiskeri, blev der registreret 17 fiskearter. Regnbueørred, helt, smelt, heltling, gedde, skalle, rudskalle, grundling, løje, flire, brasen, ål, knude, 3-p. hundestejle, sandart, aborre og hork. Ørn Sø hører således til blandt de mest artsrige søer i Danmark. De artsrigeste danske søer har et artsantal på 14 til 16 arter, der er dog ved en fiskeundersøgelse i Mossø i 1993 registreret 19 arter.
Som det fremgår, er der i 1993 registreret fire nye arter i Ørn Sø i forhold til undersøgelsen i 1988 nemlig regnbueørred, løje, flire og rudskalle.

Den samlede fangst

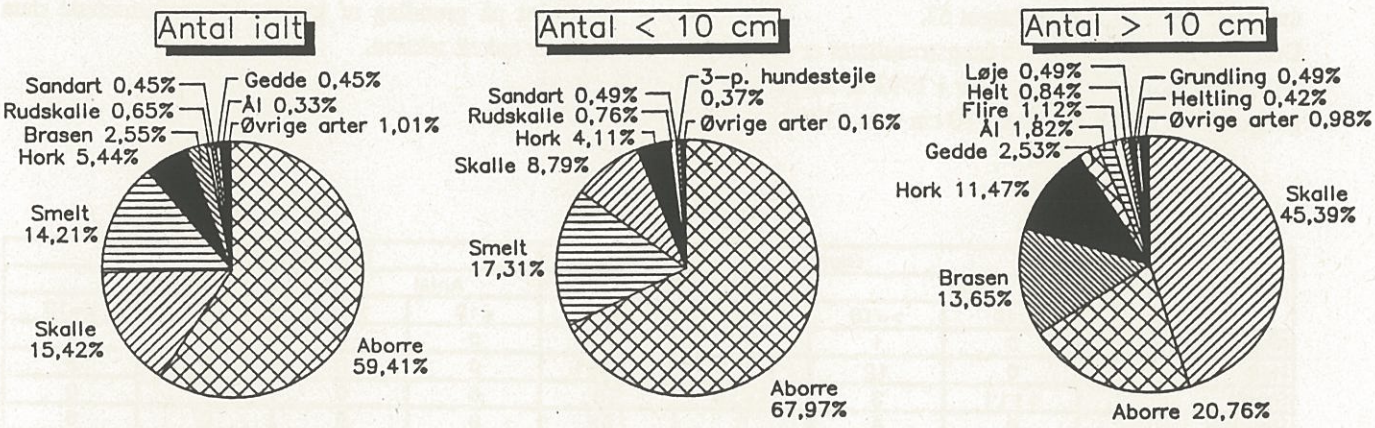
Ved fiskeundersøgelsen i Ørn Sø i 1993 blev der i alt fanget 7.837 individer med en samlet vægt på 271,8 kg. I tabel 11 er angivet antal og vægt for de enkelte arter.
Antallet af fisk under 10 cm udgør ca. 82% og dermed hovedparten af fangsten. Med hensyn til den vægtmæssige andel er forholdet omvendt, idet fisk større end 10 cm udgør ca. 92% af den samlede vægt.
Den procentuelle fordeling i antal og vægt for de forskellige fiskearter er vist i figur 38 og 39.
Antalsmæssigt dominerer aborre med næsten 60% af den samlede fangst. Dette skyldes det overordentligt store antal små aborre under 10 cm, der blevet fanget i garnene og elfiskeriet i bredzonen. Dette understreges yderligere af, at af alle fisk større end 10 cm udgør skalle godt 45% af den samlede fangst, hvor aborre kun udgør godt 20%.

Det er bemærkelsesværdigt, at selvom der er fanget ca. 4 gange flere aborre end skalle, udgør aborre kun godt 13% af den samlede vægt. Dette skyldes det store antal små aborre under 10 cm, der udgør 60% af den samlede vægt af alle fisk under 10 cm.
Det meget beskedne fangstresultat af aborre over 10 cm ses også i den vægtmæssige fordeling, idet de her kun udgør godt 9% af den samlede vægt. Brasen og skalle er de vægtmæssigt mest dominerende arter, idet de hver især udgør omkring 28% af den samlede fangst. At brasen får så stor vægtmæssig andel på trods af, at den kun udgør 2% af det samlede antal skyldes, at der blev fanget en del større brasen og naturligvis, at brasen p.g.a.

Art	Antal			Vægt (g)		
	I alt	<10 cm	>=10 cm	I alt	<10 cm	>=10 cm
Regnbueørred	1	0	1	1900	0	1900
Helt	12	0	12	10491	0	10491
Smelt	1114	1111	3	5579	5516	63
Heltling	6	0	6	168	0	168
Gedde	36	0	36	42379	0	42379
Skalle	1209	564	645	75496	937	74559
Rudskalle	51	49	2	1091	188	903
Grundling	10	3	7	129	9	120
Løje	9	2	7	152	17	135
Flire	16	0	16	1036	0	1036
Brasen	200	6	194	77698	59	77639
Ål	26	0	26	7145	0	7145
Knude	4	0	4	2330	0	2330
3-p. hundestejle	24	24	0	13	13	0
Sandart	36	32	4	5354	59	5295
Aborre	4656	4361	295	36216	12393	23823
Hork	427	264	163	4667	1438	3229
Fangst i alt	7837	6416	1421	271844	20629	251215

Tabel 11.

Fordeling i antal og vægt at den samlede fangst. Ørn Sø 1993.



Figur 38.

Oversigt over de enkelte fiskearters procentuelle antal af den samlede fangst for fisk mindre end 10 cm, større end 10 cm samt for det samlede antal fisk.

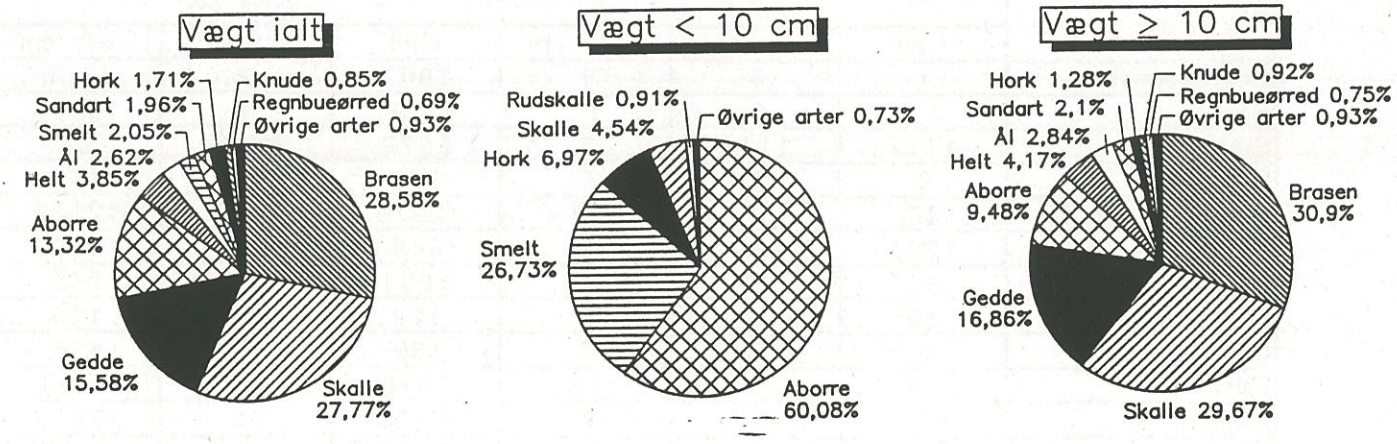
sin størrelse "vejer" meget i det samlede regnskab.

Fangst pr. redskabstype

Fordelingen af den samlede fangst i antal og vægt i garn og ved elfiskeri er vist i tabel 12. I undersøgelsen er der fisket med i alt 30 biologiske oversigtsgarn og 6 elektrobefiskninger.

Ved fiskeundersøgelsen i 1988 var fordelingen af den samlede fangst, antal og vægt i de anvendte redskaber som vist i tabel 13.

Som det fremgår, er der ved undersøgelsen i 1993 fanget næsten dobbelt så mange fisk som i 1988. Dette skyldes overvejende, at elfiskeriet i 1993 er foregået med en kraftigere generator, 4500 W således, at mindre fisk i bredzonen er fanget i betydeligt større antal. Endvidere er der som nævnt tidligere i 1993 registreret fire "nye" arter i Ørn Sø.



Figur 39.

Oversigt over de enkelte fiskearters procentuelle vægt af den samlede fangst for fisk mindre end 10 cm, større end 10 cm samt for den samlede vægt af fisk.

Bestanden af smelt i Ørn Sø, der udelukkende er fanget i garn, ser ud til at være blevet større, idet der er registreret næsten dobbelt så mange smelt i 1993 som i 1988. Skallebestanden er stort set uforandret i forhold til undersøgelsen i 1988.

Sandart over 10 cm er gået kraftigt tilbage i de forløbne 4 år, idet der i 1993 kun blev registreret 4 fisk over 10 cm, hvor der i 1988 blev fanget 63.

Den største forskel på de to fangstresultater er imidlertid registreret hos aborre, hvor der i 1993 er fanget over 4 gange så mange aborre under 10 cm som i 1988.

Fangst pr. indsats (CPUE)

Fangsten pr. indsats som CPUE-værdier (Catch Per Unit Effort) i antal og vægt er beregnet for fisk mindre og større end 10 cm for garnfangsten og elfiskeri. Resultaterne er vist i tabel 14 og 15.

CPUE-værdierne er gennemsnitsværdier af fangsten i de enkelte redskaber, mens 95% konfidensintervallerne er beregnet på grundlag af logaritmetransformerede data fra hver enkelt sektion.

Art	Garn				Elfiskeri			
	Antal		Vægt (g)		Antal		Vægt (g)	
	<10	>=10	<10	>=10	<10	>=10	<10	>=10
Regnbueørred	0	1	0	1900	0	0	0	0
Helt	0	12	0	10491	0	0	0	0
Smelt	1111	3	5516	63	0	0	0	0
Heltling	0	6	0	168	0	0	0	0
Gedde	0	5	0	7514	0	31	0	34865
Skalle	87	579	370	72921	477	66	567	1638
Rudskalle	2	2	8	903	47	0	180	0
Grundling	0	3	0	53	3	4	9	67
Løje	2	6	17	118	0	1	0	17
Flire	0	16	0	1036	0	0	0	0
Brasen	6	191	59	74929	0	3	0	2710
Ål	0	0	0	0	0	26	0	7145
Knude	0	1	0	1016	0	3	0	1314
3-p. hundestejle	1	0	1	0	23	0	13	0
Sandart	32	4	59	5295	0	0	0	0
Aborre	2000	250	6460	22892	2361	45	5934	931
Hork	256	163	1416	3229	8	0	22	0
Pr. redskab	3497	1242	13906	202528	2919	179	6725	48687

Tabel 12.

Oversigt over gennemsnitligt antal og vægt af fisk < 10 cm og ≥ 10 cm fanget med forskellige redskabstyper. Ørn Sø 1993.

Art	Garn			Elfiskeri		
	Antal		Vægt i alt (g)	Antal		Vægt i alt (g)
	<10 cm	>=10 cm	<10 cm I >=10 cm	<10	>=10	<10 cm I >=10 cm
Helt	0	30	24162	0	0	0
Smelt	114	534	4632	0	0	0
Heltling	0	24	675	0	0	0
Gedde	0	0	996	0	5	3340
Skalle	87	675	67500	278	4	395
Grundling	0	0	24	0	0	0
Brasen	21	456	104268	0	6	1750
Ål	0	0	0	0	34	7430
Knude	0	0	345	0	4	510
3-p. hundestejle	0	0	0	5	0	3
Sandart	27	63	17034	0	0	0
Aborre	840	141	13101	86	9	335
Hork	468	111	4986	0	0	0
	1557	2034	237723	368	59	13763

Tabel 13.

Oversigt over den samlede fangst i gennemsnitligt antal og vægt fordelt efter redskabstype i Ørn Sø 1988.

Art	Garn-CPUE(Antal)				Garn-CPUE(Vægt)			
	<10 cm		>=10 cm		<10 cm		>=10 cm	
	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.
Regnbueørred	0	-	<0,1	-	0	-	63	4-807
Helt	0	-	0,4	-	0	-	350	26-4597
Smelt	37	24,9-52,0	<0,1	-	184	126-265	2	0-5
Heltling	0	-	0,2	-	0	-	6	0-23
Gedde	0	-	0,2	-	0	-	251	10-5952
Skalle	2,9	0,6-4,2	19,3	12,6-26,3	12	6-21	2427	1535
Rudskalle	0,1	-	0,1	-	<1	-	180	2-346
Grundling	0	-	0,1	-	0	-	9	0-3
Løje	0,1	-	0,2	-	<1	-	0	0-13
Flire	0	-	0,5	-	0	-	0	5-187
Brasen	0,2	-	6,4	3,0-9,2	2	0-5	0	1290
Ål	0	-	0	-	0	-	0	-
Knude	0	-	<0,1	-	0	-	0	3-330
3-p. hundestejle	<0,1	-	0	-	<1	-	13	-
Sandart	1,1	0-1,2	0,1	-	2	0-4	0	6-4578
Aborre	66,7	39,7-108,3	8,3	5,1-10,3	215	129-357	5934	520-1117
Hork	8,5	3,9-13,9	5,4	2,2-8,3	47	23-92	22	55-207
SUM CPUE	116,7		41,5		465		6749	

Tabel 14.

Oversigt over CPUEAntal og CPUEVægt med 95% konfidensgrænser for fisk < 10 cm og fisk ≥ 10 cm fanget i biologiske oversigtsgarn. Ørn Sø 1993.

Art	Elfiskeri-CPUE(Antal)				Elfiskeri-CPUE(Vægt)			
	<10 cm		>=10 cm		<10 cm		>=10 cm	
	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.	CPUE	95% c.l.
Regnbueørred	0	-	0	-	0	-	0	-
Helt	0	-	0	-	0	-	0	-
Smelt	0	-	0	-	0	-	0	-
Heltling	0	-	0	-	0	-	0	-
Gedde	0	-	5,2	3,3-5,3	0	-	5811	3881
Skalle	79,5	17,0-350,7	11	1,4-50,1	94	29-294	273	22-3315
Rudskalle	7,8	0,5-40,1	0	-	30	2-277	0	-
Grundling	0,5	-	0,7	0-0,1	1	0-3	3	0-9
Løje	0	-	0,2	-	0	-	0	-
Flire	0	-	0	-	0	-	0	-
Brasen	0	-	0,5	-	0	-	452	8-21608
Ål	0	-	4,3	1,4-7	0	-	1191	434-3258
Knude	0	-	0,5	-	0	-	219	6-7353
3-p. hundestejle	3,8	1,2-5,6	0	-	2	-	0	-
Sandart	0	-	0	-	0	0-4	0	-
Aborre	393,5	159,8-961,9	7,5	3,7-11	989	129-357	155	15-1493
Hork	1,3	0-2,4	0	-	4	23-92	0	-
SUM CPUE	486,4		29,9		1120		8104	

Tabel 15.

Oversigt over CPUEAntal og CPUEVægt med 95% konfidensgrænser for fisk < 10 cm og fisk > 10 cm fanget ved elektrofiskeri. Ørn Sø 1993.

Vurdering

Ørn Sø har en god og meget artsrig fiskefauna. Dette skyldes dels søens beliggenhed som en del af Gudenåsystemet, og dels søens størrelse og fysiske variation. Fiskebestanden er domineret af skalle, aborre og brasen, og er som sådan typisk for søer, som er eutrofierede. Fiskefaunaen i Ørn Sø er i 1993 i bredzonen helt domineret af yngel af aborre og i mindre grad af skalle. Der er desuden en god geddebestand, der dog sandsynligvis spiller en mindre rolle i søens økologiske system.

I de åbne vandmasser domineres fiskebestanden af store skaller og smelt. Den forholdsvise store bestand af smelt samt, til en vis grad helt, har betydning for predationen på zooplankton i søen. Bestanden af store aborrer er rimelig god, og spiller således en rolle i reguleringen af skidtfiskebestanden. Antallet af sandart er meget beskedent i Ørn Sø, og denne fisk spiller ingen rolle i søens økologiske system.

På barbunden domineres fiskebestanden af store brasen og hork. Bestanden af disse fiskearter er sandsynligvis reguleret af de dårlige bundforhold, der begrænser smådyrsfaunaen, der er disse fisks fødevalg og konkurrerer med ålen.

Variationen i fiskebestandens sammensætning og størrelse må væsentligst tilskrives den tilgængelige fødemængde samt meteorologiske forhold, der har afgørende betydning for de enkelte arters yngelsucces. 1993 var således et gunstigt år for ynglen af aborre.

Referencer

Edler, L., 1979. Recommendations for Marine Biological Studies in the Baltic Sea. Phytoplankton and Chlorophyll. Baltic Marine Biologists. No. 5.

Flössner, D., 1972. Krebstiere, Crustacea, Kiemen - und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischlänse, Branchiura, Die Tierwelt Deutschlands. 60. Teil.

Hansen, A.M.., Jeppesen, E, Bosselman S og Andersen P ,1990. Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen 1990.

Hedeselskabet, 1994. Vandbalance i Ørn Sø, ikke publ.

Huber-Pestalozzi & G. Stuttgart,1938-83. Das Phytoplankton des Süsswassers. - I: Thienemanns Binnengewasser.

Jensen, H.S. og Andersen, F.Ø. 1990. Fosforbelastning i lavvandede, eutrofe søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, C4. 96 pp.

Jeppesen, E, Mortensen, E, Søndergård, M, Hansen, A.M. og Jensen, J.P., 1991. Dyreplanktonnet som miljø-indikator. Vand og Miljø 8: 394-398.

Kiefer, F. & G. Fryer ,1978. Das zooplankton der Binnengewasser. Die Binnengewasse Band XXVI, 2. Teil.

Komárek, J. & Kovácik, L., 1989. Trichome structure of four Aphanizomenon taxa (Cyanophycea) from Czechoslova kia, with notes on the taxonomy and delimitation of the genus. Pl. syst. Evol. 164, 47-64.

Kristensen et al., 1990a. Ferske vandområder - vandløb, kilder og søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 130 pp. - Faglig rapport nr. 5.

Kristensen et al., 1990b. Prøvetagning og analysemetoder i søer - teknisk anvisning. Vandmiljøplanens overvågnings-program. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 27 pp.

Kristensen, P, Jensen, J.P. og Jeppesen, E., 1990c. Slutrapport for NPo-forskningsprojekt C9. Eutrofieringsmodeller for søer. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Kristensen et al., 1991. Vandmiljøplanens overvågningspogram 1990. Ferske vandområder, søer. Faglig rapport nr. 38. Danmarks Miljøundersøgelser

Lind, E.M.. & A.J. Brook, 1980. Desmids of the English Lake District. Freskwater Biological Association, No. 42.

Lynch, M., 1980. Aphamizomenon Blooms: Alternate Control and Cultivation by Daphnia pulex.

Margaritora, F. G., 1985. Fauna D'Italia Cladocera.

McCauley, E., 1984. The Estimation of the Abundance and Biomass of zooplankton in samples. Fra: A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productiviy in Freskwater; IBP Handbook 17; 2nd edition. (Ed. J.A. Dowing & F.H. Riegler). Blackwell Scientific Publications s. 228-265.

Mortensen et al., 1990. Overvågningsprogram. Fiskeundersøgelser i søer. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 3.

Nygaard, G., 1976. Dansk planteplankton. København.

Olrik, K., 1991. Miljøprojekt nr. 187. Planteplankton - metoder. - Udarbejdet for Miljøstyrelsen. Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

Reynolds, C.S., 1984. The ecology of freshwater phytoplankton.

Ruttner-Kolisko, A., 1974. Plankton rostifers biology and taxonomy. Die Binnengewasser vol. XXVI/l supplement.

Skuja, H., 1956. Taxonomische un biologische Studien über da Phytoplankton Schwedische Binnengewässer. Uppsala

Tikkanen, Toini, 1986. Kasviplanktonopas. Helsinki.

Uthermöhl, H., 1958. Zur Vervolkomnung der quantitativen Phytoplankton Metodik. Mitt. Int. Ver. Limnol., 9: 1-38.

Wiggers, L. & Moldt, E., 1994. Ebisfir.PE er ikke, hvad den har været. Vand & Jord, 1 årg., nr. 2.

Århus Amt, 1980. Funder Å og Ørn Sø 1978-1979. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1990a. Smådyr i Ørn Sø 1988. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1990b. Ørn Sø og Funder Å 1989. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1990c. Recipientkvalitetsplan, 1990. Bind I - Vandløb, søer og kystvande. Krav til spildevandsrensning.

Århus Amt, 1990d. Stoftransport og -koncentration i vandløb frem til 1990, Århus Amt

Århus Amt, 1991. Ørn Sø 1990. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1992. Opgørelse af udledninger fra den spredte bebyggelse i Århus Amt, 1991. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, 1992. Ørn Sø 1991. Teknisk Rapport, Miljøkontoret, Århus Amt..

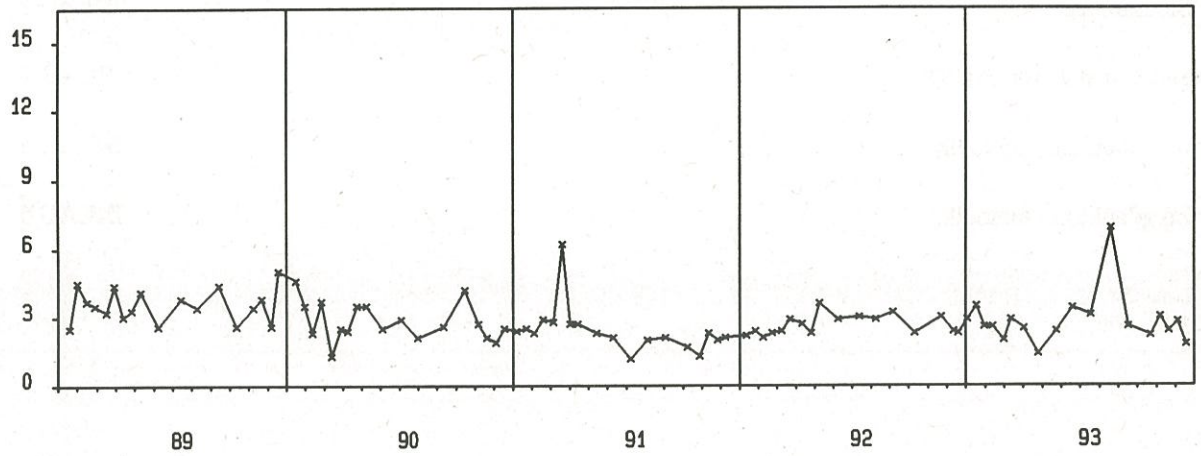
Århus Amt, 1993. Vandløb og kilder, Vandmiljøovervågning 1992. Teknisk Rapport, Natur- og Miljøkontoret, Århus Amt..

Århus Amt, 1993. Ørn Sø 1992. Data rapport, Natur- og Miljøkontoret , Århus Amt.

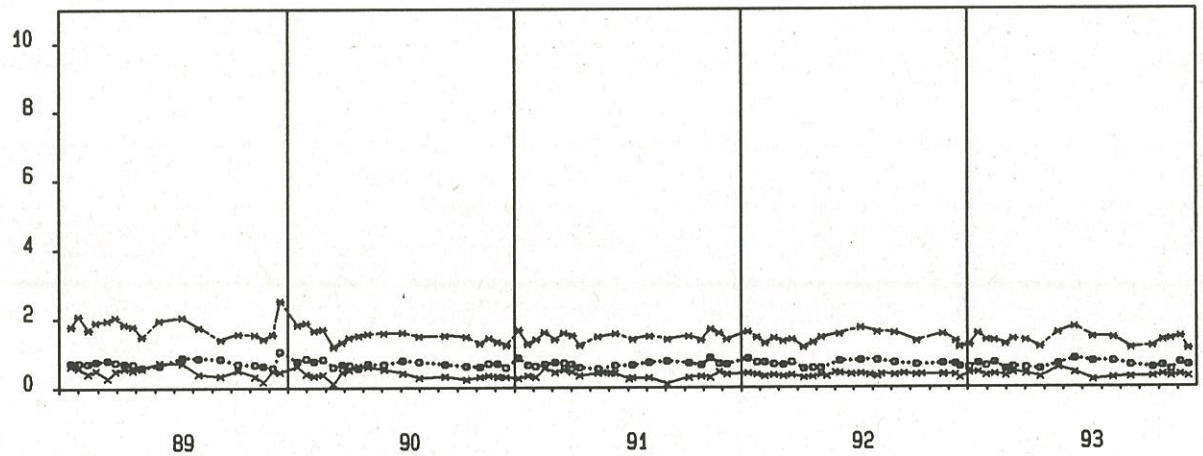
Bilag

FUNDER Å (FUNDERHOLME)

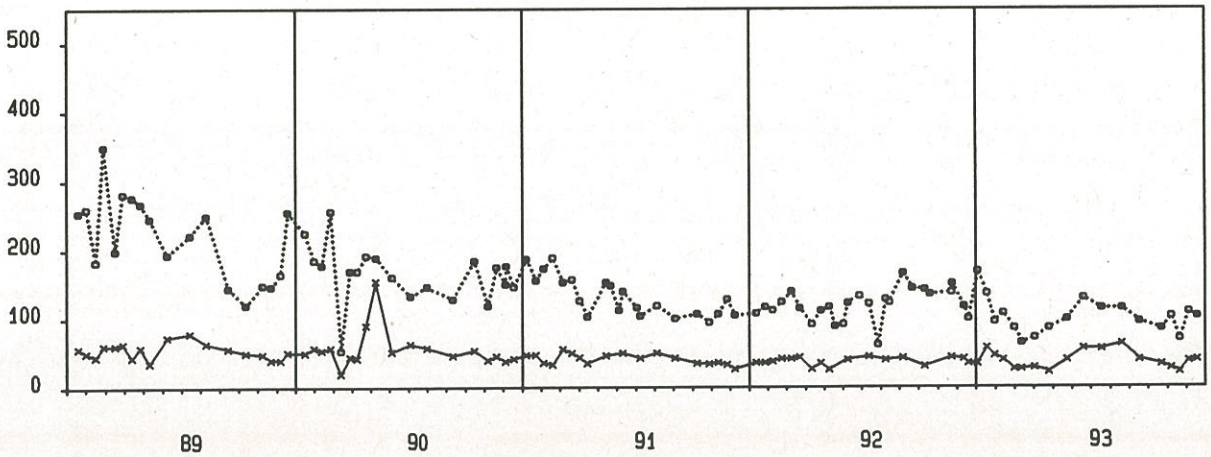
ST: 90258 1989 - 1993



BI5 (mg/l)



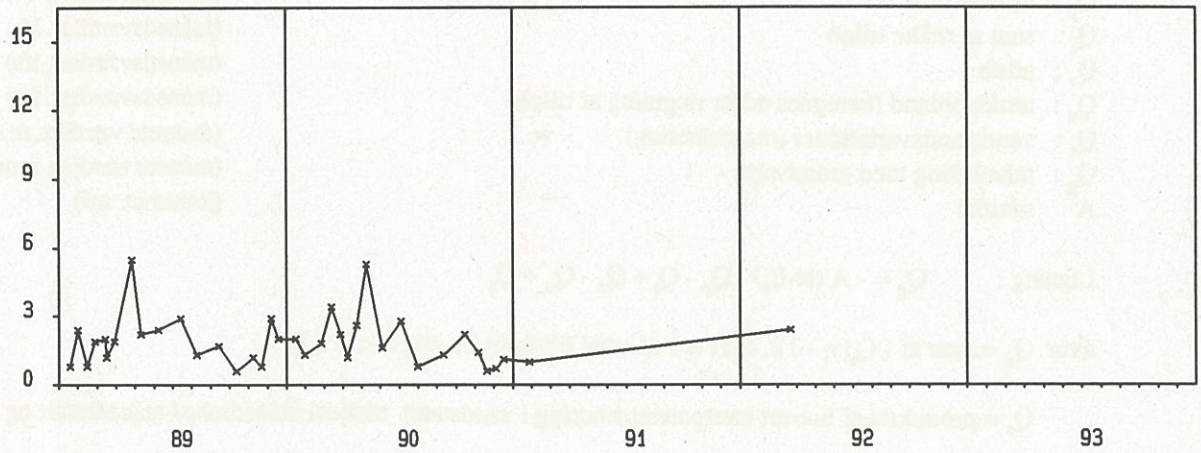
NH3-N f. (mg/l) NO2+3-N f. (mg/l) Total-N (mg/l)



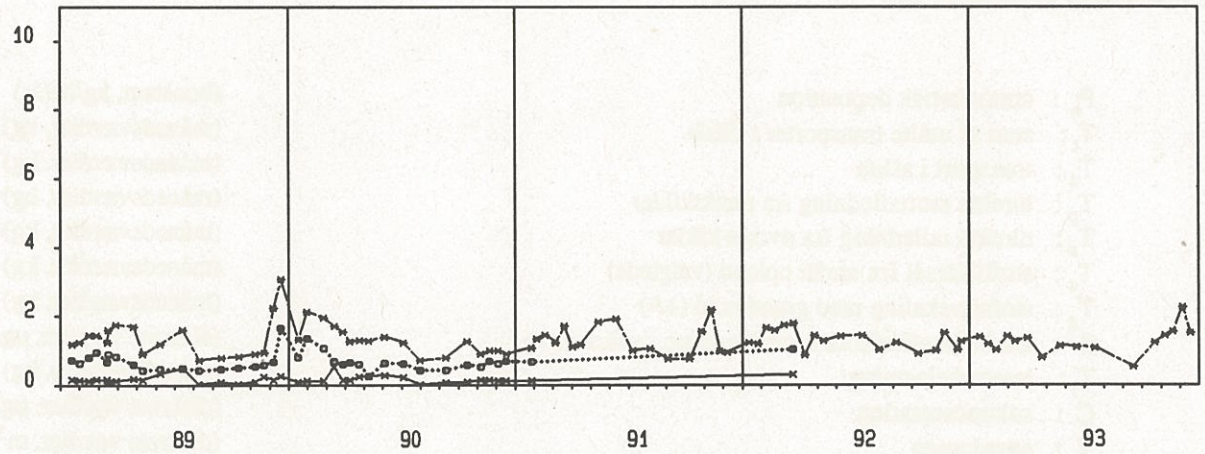
Ortho.-P f (yg/l) Total-P (yg/l)

SANDEMANDSBÆK (VEJ TIL FUNDERHOLME)

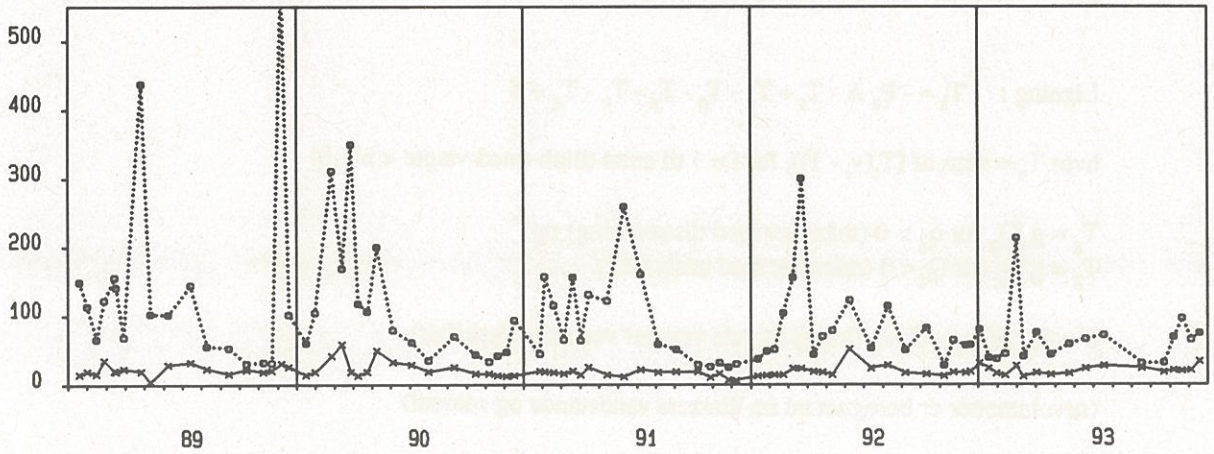
ST: 90067 1989 - 1993



BI5 (mg/l)



NH3-N f. (mg/l) NO2+3-N f. (mg/l) Total-N (mg/l)



Ortho.-P f (yg/l) Total-P (yg/l)

Metode til beregning af vand - og stofbalance

Vandbalancen opstilles ud fra følgende størrelser :

		GRUNDDATA
N :	nedbør	(månedsværdier, mm)
E_a :	fordampning	(månedsværdier, mm)
Q_p :	direkte tilførsel	(månedsværdier, l/s)
Q_t :	sum af målte tilløb	(månedsværdier, l/s)
Q_a :	afløb	(månedsværdier, l/s)
Q_u :	umålt opland (beregnes udfra vægtning af tilløb)	(månedsværdier, l/s)
Q_s :	vandstandsvariationer (magasinering)	(diskrete værdier, m)
Q_g :	udveksling med grundvand	(månedsværdier, mm)
A	søareal	(konstant, m^2)

Ligning : $Q_g = - A (N-E_a) - Q_p - Q_t + Q_a - Q_u + Q_s$

hvor Q_u = sum af ($Q_i(v_i - 1)$), for i = 1 til antal tilløb (v_i er vægte < > 1,0)

Q_s = produktet af lineært interpoleret ændring i vandstand mellem månedsslut/-månedsstart og søareal.

Stofbalance opstilles ud fra :

P_a :	atmosfærisk deposition	(konstant, kg/ha/år)
T_t :	sum af målte transporter i tilløb	(månedsværdier, kg)
T_a :	transport i afløb	(månedsværdier, kg)
T_p :	direkte stofudledning fra punktkilder	(månedsværdier, kg)
$T_ø$:	direkte udledning fra øvrige kilder	(månedsværdier, kg)
T_u :	stoftilførsel fra umålt opland (vægtede)	(månedsværdier, kg)
T_g :	stofudveksling med grundvand (+/-)	(månedsværdier, kg)
S :	ændret stofindhold i søen (søkonc., volumen)	(diskrete værdier, µg/l-m^3)
T_i :	intern belastning	(månedsværdier, kg)
C :	søkoncentration	(diskrete værdier, µg/l)
V :	søvolumen	(diskrete værdier, m^3)
g_+ :	koncentration af tilført grundvand	(konstant, µg/l)
g_- :	koncentration af udsivet grundvand	(konstant, µg/l)

Ligning : $T_i = - P_a A - T_t + T_a - T_p - T_ø - T_u - T_g + S$

hvor T_u = sum af ($T_t(v_i - 1)$), for i = 1 til antal tilløb (med vægte < > 1,0)

$T_g = g_+Q_g$ for $q_g > 0$ (måneder med tilstrømning) og
$T_g = g_-Q_g$ for $Q_g < 0$ (måneder med udsivning).

$S = C_{n+1}V_{n+1} - C_nV_n$ (interpolerede værdier ved månedsskifter)

(søvolumener er beregnet ud fra diskrete vandstande og søareal)

Stofbalance 1993

Total-P

Måned	Atm. dep.		Tilløb		Fraløb		Intern belastning	
	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d
Jan	0,71	0,05	433,83	33,32	276,88	21,27	-176,64	-13,57
Feb	0,64	0,05	259,28	22,05	150,55	12,80	-161,28	-13,71
Mar	0,71	0,05	196	15,05	181,19	13,92	26,65	2,05
Apr	0,69	0,05	180,7	14,34	202,7	16,09	45,84	3,64
Maj	0,71	0,05	208,55	16,02	205,61	15,79	-19,44	-1,49
Jun	0,69	0,05	241,99	19,21	122,85	9,75	-109,58	-8,70
Jul	0,71	0,05	290,42	22,31	243,39	18,69	52,72	4,05
Aug	0,71	0,05	277,83	21,34	228,84	17,58	-170,16	-13,07
Sep	0,69	0,05	253,2	20,10	224,51	17,82	0,36	0,03
Okt	0,71	0,05	245,1	18,82	269,36	20,69	15,82	1,22
Nov	0,69	0,05	220,54	17,50	208,81	16,57	-54,08	-4,29
Dec	0,71	0,05	365	28,03	226,74	17,41	-146,70	-11,27
	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år
År	8,37	0,02	3172,44	7,55	2541,43	6,05	-696,50	-1,66

Stofbalance 1993

Ortho-P

Måned	Atm. dep.		Tilløb		Fraløb		Intern belastning	
	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d
Jan			145,3	11,16	101,58	7,80	-47,92	-3,68
Feb			101,73	8,65	53,72	4,57	-72,37	-6,15
Mar			69,61	5,35	33,45	2,57	-55,35	-4,25
Apr			58,92	4,68	42,95	3,41	-8,38	-0,66
Maj			71,66	5,50	17,98	1,38	-54,52	-4,19
Jun			102,32	8,12	16,32	1,30	-79,78	-6,33
Jul			136,23	10,46	43,04	3,31	-110,85	-8,51
Aug			145,87	11,20	54,17	4,16	-77,57	-5,96
Sep			115,54	9,17	41,12	3,26	-80,47	-6,39
Okt			98,65	7,58	87,28	6,70	22,23	1,71
Nov			65,12	5,17	87,74	6,96	21,11	1,68
Dec			131,44	10,10	105,06	8,07	-22,52	-1,73
	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år
År			1242,39	2,96	684,41	1,63	-566,38	-1,35

Stofbalance 1993

Total-N

Måned	Atm. dep.		Tilløb		Fraløb		Intern belast.	
	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d
Jan	71,34	5,48	4750,51	364,86	3981,4	305,79	-840,69	-64,57
Feb	64,44	5,48	3576,78	304,15	3050,7	259,41	-590,76	-50,23
Mar	71,34	5,48	3572,95	274,42	3257,8	250,22	-386,39	-29,68
Apr	69,04	5,48	2991,51	237,42	2575,5	204,40	-485,15	-38,50
Maj	71,34	5,48	3159,84	242,69	2429,9	186,63	-801,31	-61,54
Jun	69,04	5,48	3424,09	271,75	2361	187,38	-1131,86	-89,83
Jul	71,34	5,48	3751,96	288,17	3110,4	238,89	-712,87	-54,75
Aug	71,34	5,48	3494,56	268,40	3345,2	256,93	-220,53	-16,94
Sep	69,04	5,48	3100,06	246,04	3118,8	247,52	-50,57	-4,01
Okt	71,34	5,48	3432,33	263,62	3330	255,76	-173,79	-13,35
Nov	69,04	5,48	3446,36	273,52	3014,9	239,28	-500,58	-39,73
Dec	71,34	5,48	5285,8	405,98	3744,9	287,63	-1612,19	-123,82
	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år
År	839,98	2,00	43986,75	104,73	37320,5	88,86	-7506,68	-17,87

Stofbalance 1993

Jern

Måned	Atm. dep.		Tilløb		Fraløb		Intern belastning	
	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d	kg	mg/m*2/d
Jan			5131,37	394,11	3969,1	304,85	-1162,05	-89,25
Feb			4127,26	350,96	2564,8	218,10	-1562,81	-132,89
Mar			5080,35	390,20	2465,3	189,35	-2615,08	-200,85
Apr			3666,24	290,97	1800,4	142,89	-1866,19	-148,11
Maj			2937,26	225,60	1676	128,73	-1261,68	-96,90
Jun			2686,7	213,23	955,13	75,80	-1731,58	-137,43
Jul			3023,3	232,20	1944,8	149,37	-1077,15	-82,73
Aug			2566,44	197,12	1861,2	142,95	-705,87	-54,21
Sep			2914,57	231,32	2375,3	188,52	-539,54	-42,82
Okt			3775,65	289,99	4226	324,58	451,31	34,66
Nov			4118,82	326,89	3766,9	298,96	-351,58	-27,90
Dec			6190,66	475,47	3990,9	306,52	-2200,40	-169,00
	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år	kg	g/m*2/år
År			46218,62	110,04	31595,83	75,23	-14622,62	-34,82

Specifikation / år VANDBALANCE FOR ØRN SØ	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993
Samlet tilførsel (10*6 m*3/år)		33	33	42	42	42	41	36	38,3	37	33	32
Samlet fraførsel (10*6 m*3/år)		33	33	42	42	42	41	34	38,3	35	32	32
Indsivning/udsivning (10*6 m*3/år)										-2		
Opholdstid:												
- år (dage)								15	16	17	19	19
- sommer (1/5-30/9) (dage)								18	19	17	21	20
- max. måned (dage)								22	20	19	24	23
- min. måned (dage)								9	9	15	15	17
BELASTNING - MASSEBALANCER												
Total-fosfor - år:												
Samlet tilførsel (t P/år)	9,8	7,7	8,8	8,1	12,5	11,7	10	7,2	5,9	4,6	3,9	3,2
- spildevand (t P/år) (dambrug)	8,9	5,4	6,4	5,2	9,6	8,8	7,1	>4,5	>2,9	>1,7	1	0,9
- spredt bebyggelse (t P/år)								<0,4	<0,4	<0,3	0,3	0,3
- åbent landbidrag (t P/år)												
- basis (t P/år)	0,9	2,3	2,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,3	2,5	<2,5	2,6*	1,9*
- regnvand											0,06	0,06
- nedbør								0,01	0,01	0,01		
Samlet fraførsel (t P/år)	4,2	3,9	3,6	4,6	4,8	6,5	3,3	4,1	3,84	3,50	3,11	2,5
Tilbageholdt P (t P/år)	5,6	3,8	5,2	3,5	7,7	5,2	6,6	3,1	2,0	1,1	0,8	0,6
Tilbageholdt P %	57	49	59	43	62	44	66	43	35	21	19	20
Samlet tilførsel (g P/m*2 år)	23,3	18,3	21	19	30	28	24	17	14	11	9	8
Pi (indløbskonc. i µg P/l)		248	267	193	298	279	246	200	153	124	120	99
Total-fosfor - sommer (1/5-30/9):												
Samlet tilførsel (kg P/dag)								18	12,7	11,5	10,2	8,3
Samlet fraførsel (kg P/dag)								10	9,0	10,3	8,5	6,7
Tilbageholdt P (kg P/dag)								8,0	3,7	1,2	1,7	1,6
Tilbageholdt P i %								44	41	11	17	20
Samlet tilførsel (mg P/m*2/dag)								43	30	27	24	20
Pi (indløbskonc i µg P/l)								194	146	132	128	108
Opløst fosfat - år:												
Samlet tilførsel (t P/år)								1,9	1,9	1,4	1,2	1,2
Samlet fraførsel (t P/år)								1,3	1,2	0,8	0,7	0,7
Pi (indløbskonc. i µg PO4-P/l)								54	44	37	36	39

BELASTNING - MASSEBALANCER	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993
Total-kvælstof - år:												
Samlet tilførsel (t N/år)	73	52	69			79	81	65	58,1	52,3	48,5	44,8
Samlet fraførsel (t N/år)	32	57	73	82	77	68	75	55	55,2	43,5	42,8	37,3
Tilbageholdt N (t N/år)	41	-5	-4			11	6	10	4,9	8,8	5,7	7,5
Tilbageholdt N i %	56	-10	-6			14	7	15	7	16	13	17
Samlet tilførsel (g N/m*2/år)	174					188			138	125	115	106
Ni (indløbskonc. i mg/l)		1,6	2,1			1,9	2	1,8	1,5	1,4	1,5	1,4
Total-kvælstof sommer (1/5-30/9):												
Samlet tilførsel (kg N/dag)								158	133	151	135	113
Samlet fraførsel (kg N/dag)								112	115	111	96	94
Tilbageholdt N (kg N/dag)								46	18	40	39	19
Tilbageholdt N i %								29	14	26	29	17
Samlet tilførsel (mg N/m*2 dag)								376	317	360	321	269
Ni (indløbskonc. i mg N/l)								1,7	1,53	1,70	1,72	1,47
Jern (Fe) - år:												
Samlet tilførsel (t Fe/år)								67	63	51	44	46
Samlet fraførsel (t Fe/år)								46	39	32	32	32
Tilbageholdt Fe (t Fe/år)								21	24	19	12	15
Tilbageholdt Fe i %								31	41	42	29	32
Tilbageholdelse g Fe/m*2/år								50	57	55	29	35
Fe-i (indløbskonc. i mg Fe/l)								1,9	1,6	1,6	1,3	1,4
VANDKEMI & FYSISKE MÅLINGER I SØVANDET												
SOMMER												
Sigtdybde (1/5-30/9) (m)	0,84		1,05				1,04	1,52	1,56	1,30	1,3	1,2
Sigtdybde 50%-fraktilen (m)	0,89		1,06				1,05	1,37	1,36	1,40	1,08	1,1
Max. sigtdybde (m)	1		1,3				1,2	2,9	2,50	2,50	2,35	1,6
Min. sigtdybde (m)	0,6		0,8				0,8	0,8	0,95	0,80	0,95	0,85
Fosfor (1/5-30/9):												
Total fosfor gns. (µg/l)	172	127	119	124	116	192	106	112	98	121	116	101
Total fosfor 50%-fraktilen	181	118	119	115	119	185	106	114	94	109	114	97
Total fosfor max. (µg P/l)	222	200	155	180	170	327	121	155	148	200	165	187
Total fosfor min. (µg P/l)	125	115	80	100	65	88	77	60	65	71	83	67
Opløst fosfat gns. (µg P/l)	44	10	33	23	28	29	17	24	27	28	14	13
Opløst fosfat 50%-fraktilen	39	10	28	23	25	17	17	21	25	25	12	12
Opløst fosfat max. (µg P/l)	78	30	80	35	49	96	25	52	68	69	32	23
Opløst fosfat min. (µg P/l)	10	0	5	14	15	12	6	9	6	5	4	4

	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993
Kvælstof (1/5-30/9):												
Total kvælstof gns. (mg N/l)	1,24	1,44	1,9	2,38	1,75	1,59	1,9	1,35	1,46	1,33	1,25	1,34
Total kvælstof 50&-fraktilen	1,24	1,46	1,85	2,4	1,82	1,59	1,92	1,39	1,44	1,31	1,25	1,38
Total kvælstof max. (mg N/l)	1,42	1,8	2,9	2,7	2	2,11	2,05	1,79	1,98	1,55	1,66	1,55
Total kvælstof min. (mg N/l)	1,1	1	1	2,3	1,2	1,15	1,65	1,05	1,09	1,14	1,13	1,04
Opløst uorg. N gns. (mg N/l)	0,7	0,3		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,57	0,55	0,47	0,51
Klorofyl (ukorr.) gns. (1/5-30/9) :												
Klorofyl (ukorr.) gns. (µ g/l)							73	49	47	57	56	63
Klorofyl (ukorr.) 50%-fraktilen (µ g/l)							62	32	43	52	51	68
Klorofyl (ukorr.) max. (µ g/l)							125	114	82	130	120	100
Klorofyl (ukorr.) min.(µ g/l)							37	0,5	11	4	13	17
Øvrige variable (1/5-30/9):												
Opløst fosfat (µ g P/l)	54	25	38	34	39	35	30	31	34	31	14	13
Total kvælstof (mg N/l)	1,34	1,83	2,26	1,98	1,83	1,63	1,87	1,5	1,48	1,34	1,29	1,34
nitrat+nitrit-kvælstof (mg N/l)	0,42	0,56	0,43	0,62	0,63	0,57	0,57	0,61	0,55	0,51	0,39	0,42
Ammonium-kvælstof (mg N/l)	0,52	0,23	0,24	0,24	0,36	0,42	0,36	0,31	0,27	0,20	0,08	0,07
pH		8,1	7,7	7,5	7,6	7,5	7,7	7,8	7,90	7,90	8,1	7,91
Total alkalinitet (meq/l)								0,9	0,87	0,85	0,83	0,81
Opløst silicium (mg Si/l)	6,2		5,7	5,8	5,4	6,3	6,4	6,2	6,8	5,8	3,7	4,8
Part. COD (mg O2/l)			3,97	4,62	7,9	4,4	4,7	5,2	4,9	5,5	7,3	7,8
Susp TS mg/l									6,5	9,4	12	10,8
Susp GT mg/l									4,2	4,8	6,3	7

FYTOPLANKTON

Prøvetagning
De kvantitative fytoplanktonprøver er udtaget på en station, som er placeret på det dybeste sted i søen. Prøverne er udtaget med vandhenter, og af blandingsprøven fra 0,2, 1 og 2 m er der udtaget 250 ml, som er fikseret i sur lugol's opløsning.

Derudover er der udtaget netprøver til kvalitativ bestemmelse af ikke så hyppigt forekommende slægter/arter. Prøven er udtaget med planktonnet med en maskevidde på 20 µm, hvorefter den er fikseret med sur lugol's opløsning.

I øvrigt henvises til overvågningsprogrammets tekniske anvisning: "Miljøprojekt nr. 187. Planteplanktonmetoder, 1991".

Bearbejdning af prøver
Den kvantitative oparbejdning af fytoplanktonprøverne er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi ved anvendelse af Uthermöhls sedimentationsteknik (Uthermöhl, 1958). Der er anvendt sedimentationskamre med en volumen på 10 ml.

For hver prøvetagningsdag er der ud fra net- og vandprøverne udarbejdet en artsliste med samtlige fundne slægter og arter.

Det er tilstræbt at tælle mindst 100 individer/kolonier af de hyppigst forekommende arter i hver prøve. Et tælletal på ca. 100 medfører en usikkerhed på ca. 20%.

Volumen af de kvantitativt dominerende arter er bestemt ved opmåling af de lineære dimensioner af 10-15 celler og en efterfølgende tilnærmelse af cellens form til simple geometriske figurer (Edler, 1979).

For kiselalger er der for data fra 1989 ved omregning fra vådvægt til kulstof, altid kalkuleret med en vakuole størrelse i cellen på 75%. Med data fra 1990 og 1991 er der ved denne omregning kalkuleret med en plasmatykkelse i cellen på 1 µm. Efterfølgende omregning til kulstof er fortaget ved hjælp af formlen:

$$PV=CV-(0,9*VV)$$

hvor PV = det modificerede plasmavolumen, CV = det totale cellevolumen og VV = vakuolens volumen.

Med data fra 1992 og frem er beregningen af kulstofindhold i kiselalger ændret til ikke længere at tage hensyn til en vakuole med et lavere kulstofindhold.

Ifølge ovennævnte retningslinier er det endvidere antaget, at kulstof udgør følgende procentdele af organismernes plasmavolumen: Thekate furealger: 13%, øvrige algegrupper: 11%.

De vigtigste slægter og arter er optalt særskilt. Flagellater tilhørende slægten Cryptomonas, flagellater der ikke kunne artsbestemmes i de lugolfikserede prøver, celler der var for fåtallige til at blive optalt særskilt samt celler, som ikke kunne identificeres, er samlet i passende størrelsesgrupper. Volumenet af disse grupper er således påført en større usikkerhed end de øvrige volumenberegninger.

Prøverne er oparbejdet af cand.scient. Lisbeth Drasbech.

Registreringer, beregninger og rapportering er foretaget ved hjælp af planktondatabehandlingsprogrammet ALGESYS.

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

ZOOPLANKTON

Prøvetagning
Prøverne er indsamlet med 5 liter hjerteklap vandhenter med KC-maskiners ekstra sikring af klapperne. På hver af de tre stationer er der taget prøver i 0,5+2+4+6 m. Fra hver blandingsprøve er der udtaget hhv. 2 liter til filtrering gennem 90 µm net og 0,5 liter til sedimentation. Alle tre stationer er endeligt puljet således, at den filtrerede prøve indeholder 6 liter og den sedimenterede prøve 1,5 liter. Begge prøver er koncerveret med sur Lugol's opløsning og opbevaret i mørke flasker. Det bør bemærkes, at de sedimenterede prøver fra første halvdel af 1990 mangler. 1989 prøvetagningen afveg fra ovennævnte procedure ved at zooplanktonprøverne blev indsamlet på vandkemistationen (dybde 11 meter), fra dybderne 0,2+4+8 meter.

Bearbejdning
Bestemmelse og optælling er foretaget af Århus Amt, Miljøkontoret/Karen Schacht.

Optælling og i de fleste tilfælde også bestemmelse er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi. Bestemmelse af krebsdyr har desuden krævet anvendelse af retvendt mikroskopi.

Optæling af den filtrerede prøve er foretaget på følgende måde:

Cladoceer:
Cladoceerne er optalt på artsniveau.

Bestemmelse er foretaget efter Fauna D'italia (1985) og Krebstiere, Crustacea, Kiemen - und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischlänse, Branchiura, Die tierwelt Deutschlands 60. Teil.

Copepoder:
For nauplier, copepoditer og voksne hanner er der kun skelnet mellem calanoide og cyclopoide, mens de voksne hunner for begge grupper er bestemt til artsniveau.

Copepoderne er bestemt efter Kiefer (1978).

Biomasseberegning
Biomassen af de enkelte arter er beregnet efter længde/vægt relationer ifølge Bottrell et al. (1976).

Individlængden er bestemt ifølge anvisning fra DMU. Der skal gøres opmærksom på, at opmålingerne i 1989 adskiller sig herfra, specielt med hensyn til dafnierne.

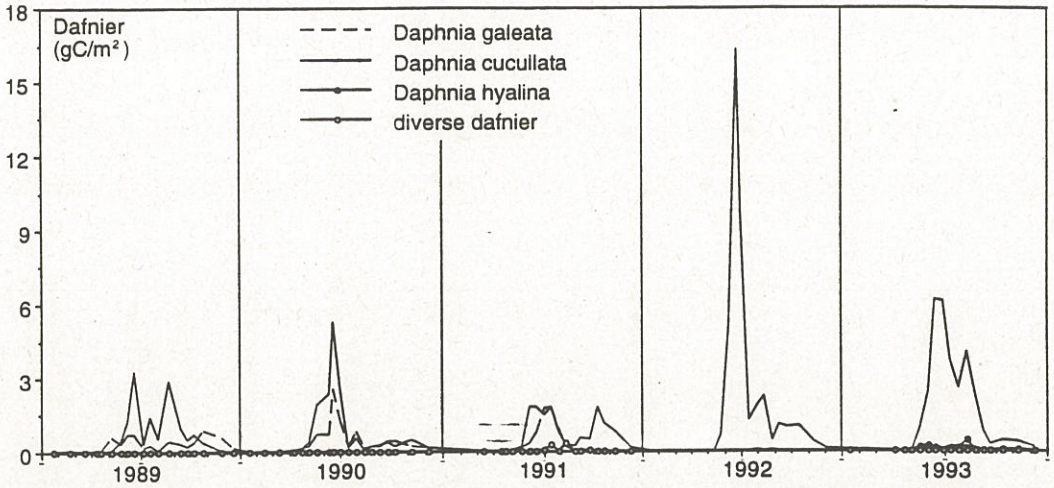
Fra hver prøvetagningsdato er der for cladoceernes vedkommende målt 25 individer og for copepoderne 25 copepoditer, 10 hanner og 10 hunner, hvilket giver en usikkerhed på ± 10% af middellængden.

Bottrell et al. (1976) angiver biomassen for længde/vægt relationerne for zooplankton i tørvægt. Ved omregning fra tørvægt til vådvægt antages en tørvægt på 13% af vådvægt (med undtagelse af Asplanchna, hvor tørvægten er 4% af vådvægten). Det antages endvidere, at kulstof udgør 37% af tørvægten.

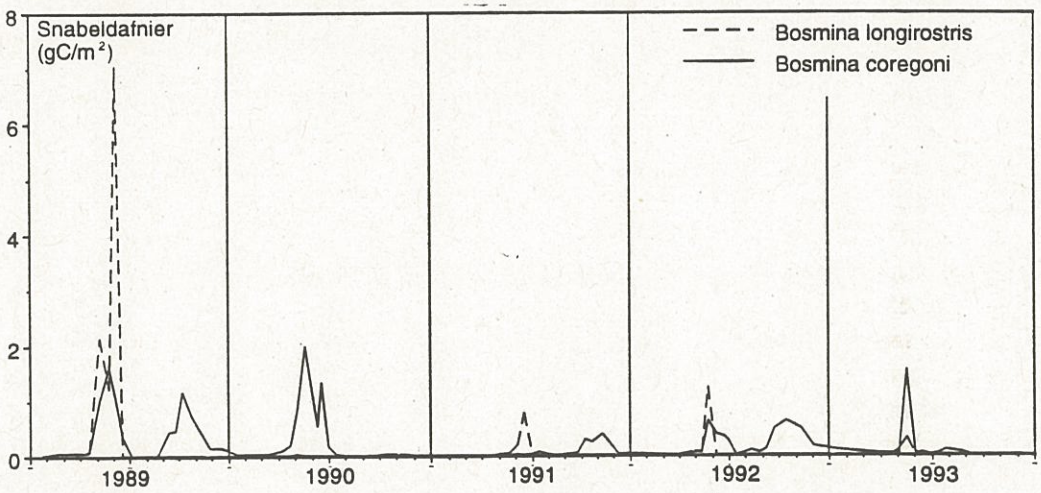
Biomassen beregnes ud fra de individuelle biomasseværdier og populationens størrelse.

Græsningsberegninger
Ved beregning af fødeoptagelsen er der jvf. Danmarks Miljøundersøgelsers vejledning (Hansen et al., 1992) korrigeret for en ikke optimal fødeoptagelse for hhv. cladoceer og calanoide copepoder, når algebiomassen var mindre end 0,2 mg C/l (cladoceer) og 0,1 mg C/l (copepoder). Der er dels beregnet fødeoptagelse for de primære græssere, som er cladoceer og calanoide copepoder og dels total fødeoptagelse, som rummer rotatoriernes, cladoceernes og copepodernes fødeoptagelse. Den potentielle græsningsprocent er herefter beregnet som den totale fødeoptagelse i forhold til den totale algebiomasse x 100%.

Bilag 6, figur 1



Bilag 6, figur 2



Bilag 6, figur 3