

TEKNISK RAPPORT

An aerial photograph of a lake, likely Ørn Sø, with a purple contour overlay indicating depth or water level. The lake is surrounded by green forest and residential areas with roads and buildings. The text 'ØRN SØ 2003' is overlaid on the lower part of the image.

ØRN SØ 2003

JUNI 2004

ÅRHUS AMT  
NATUR & MILJØ





# INDHOLDSFORTEGNELSE

1 SAMMENFATNING .....	4
Ørn Sø .....	4
Klimatiske forhold .....	4
Vand og næringsstofbalance .....	4
Fysiske og kemiske forhold i Ørn Sø .....	5
Alger .....	6
Dyreplankton .....	6
Fiskeyngel .....	6
Tilstand og målsætning .....	6
2 INDLEDNING .....	7
Beskrivelse af søen .....	7
Historiske forhold .....	7
3 KLIMA .....	9
Temperatur .....	9
Nedbør og fordampning .....	9
4 STOFTRANSPORT .....	11
Vandblanche .....	11
Vandbalance 2003 .....	12
4.1 Stofbalance .....	12
Kvælstof .....	12
Fosfor .....	13
Jern .....	14
Kildeopsplitning .....	15
5 VANDKEMI .....	17
Vandkemi .....	17
Sigtdybde og klorofyl .....	17
Kvælstof og fosfor .....	17
Øvrige parametre .....	19
5.1 Profilmålinger .....	20
Temperatur og ilt .....	20
Næringsstoffer i bundvandet .....	21
5.2 Udviklingen i Ørn Sø .....	21
Klorofyl og sigtdybde .....	21
Kvælstof .....	21
Fosfor .....	21
Opløst silicium .....	21
Suspenderet stof .....	28
pH .....	28
Vandkemiske sammenhænge .....	28
6 FYTO- OG ZOOPLANKTON .....	30
Fytoplanktonen .....	30
Årstidsvariation 2003 .....	30
Udviklingstendenser .....	30
Zooplankton .....	32
Årstidsvariation 2003 .....	32
Udviklingstendenser .....	32
Regulerende faktorer for zooplanktonets forekomst .....	32
Græsning og Prædation .....	32
Samlet vurdering af fyto- og zooplankton i Ørn Sø .....	34

7 FISKEYNGEL .....	35
Metode .....	35
Resultater .....	35
8 TILSTAND OG MÅLSÆTNING .....	38
9 REFERENCER .....	40
10 BILAGSOVERSIGT .....	43
Bilag 1. Metode til beregning af vand - og stofbalance .....	43
Vandbalancen opstilles ud fra følgende størrelser .....	43
Stofbalance opstilles ud fra : .....	43
Bilag 2 Fytoplankton - metodik. ....	44
Prøvetagning .....	44
Bearbejdning af prøver. ....	44
Bilag 3 Zooplankton - metodik .....	45
Prøvetagning .....	45
Prøvetagningsmetode .....	45
Bearbejdning .....	45
Bilag 4 Samletabeller .....	46-49
Bilag 5 Oversigt over tidligere undersøgelser .....	50
Bilag 6 Oplandsopgørelser .....	51-52
Bilag 7 Massebalanceberegninger .....	53-61

## 1. SAMMENFATNING

Ørn Sø er som et led i Vandmiljøplanens overvågningsprogram (NOVA 2003) udvalgt som en af de søer, der skal overvåges årligt. Århus Amt har derfor siden 1989 foretaget intensive undersøgelser i søen efter overvågningsprogrammets retningslinier.

Denne rapport indeholder en beskrivelse af miljøtilstanden i Ørn Sø i 2003 og udviklingen siden 1989.

### Ørn Sø

Søen er 42 ha stor, har et volumen på 1,7 mio. m<sup>3</sup> og en gennemsnitsdybde på ca. 4 meter. Maksimumdybden er 10,5 meter, men generelt er der kun et mindre område i søen, som er dybere end 6 - 7 meter. På grund af det forholdsvis lave vand og en hurtig gennemstrømning i søen dannes der kun i perioder med stille og varmt vejr et egentligt temperaturspringlag i vandmasserne.

Langt den største del af den tilførte vandmængde kommer via Funder Å, som hovedsagelig er grundvandsfødt.

### Klimatiske forhold

Den gennemsnitlige temperatur for året 2003 var ca. 1 °C højere end det normale for området. Især foråret og sensommeren var varme, og det kan have stimuleret algevæksten i disse perioder. Nedbøren var ca. 25% lavere end normalt for området i 2003.

Da langt den væsentligste vandtilførsel sker via Funder Å, betyder variationer i nedbøren meget lidt for gennemstrømningen og forholdene generelt i Ørn Sø. Det kan dog bemærkes, at der typisk er mere nedbør i området omkring Silkeborg og Ørn Sø end gennemsnitligt for Århus Amt.

### Vand- og næringsstofbalance

Der blev ført ca. 33 mio. m<sup>3</sup> vand til Ørn Sø i 2003. Opholdstiden kan dermed beregnes til ca. 18 døgn i gennemsnit. Generelt er der ikke meget variation i vandtilførslen til søen fra måned til måned og fra år til år. Årsagen er som nævnt, at den største del af det tilførte vand er grundvand.

Kvælstoftilførslen var ca. 48 tons svarende til 1,4 mg N/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration. Den lave indløbskoncentration medfører, at kvælstofniveaue i søvandet er lavere end i overvågnings søerne generelt. Kombineret med vandets korte opholdstid i søen medfører det en lav kvælstoffjernelse ved mikrobiologisk omsætning i søbunden. Der blev fjernet 18% af den tilførte kvælstof i 2003.

Som vandtilførslen er også tilførslen af kvælstof konstant fra måned til måned og fra år til år.

Der blev tilført 3,7 tons fosfor i 2003 svarende til 111 µg P/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration. Der er dermed en stor fosfortilførsel (24 mg P/m<sup>2</sup>/d) til Ørn Sø sammenlignet med de øvrige overvågnings søer, mens indløbskoncentrationen er tæt på det gennemsnitlige. Også fosfortilførslen er forholdsvis konstant over året. Der er sket en betydelig reduktion i den årlige tilførsel af fosfor siden starten af 1990'erne. Omkring 1990 var der en årlig fosfortilførsel på 7 - 8 tons, medens niveauet i de senere år har været omkring 3 - 4 tons.

49 % af den tilførte fosfor blev tilbageholdt i søen i 2003. I betragtning af vandets korte opholdstid er der en forholdsvis stor fosfortilbageholdelse i Ørn Sø. Den store fosfortilbageholdelse skyldes en stor jerntilførsel. Det vurderes, at fosfortilbageholdelsen i en ligevægtsituation er 40 - 50 % og at søen dermed er i ligevægt med fosfortilførslerne. Fosfortilbageholdelsen har i øvrigt varieret mellem 20 og 30 % af tilførslerne i de sidste 7 - 8 år, og tilbageholdelsen i 2002 og 2003 har været større end i de foregående år.

Oplandet til Ørn Sø er forholdsvis tyndt befolket, og kun en lille del er opdyrket. Der er derfor ingen store spildevandsrelaterede forureningskilder. Fosforkoncentrationen i det tilførte grundvand er temmelig høj, og derfor udgør naturbidraget en forholdsvis stor del af den samlede næringsstofbelastning af søen.

Den væsentligste forureningskilde var tidligere dambrugene i oplandet. I 2003 var der 5 dambrug tilbage og det samlede fosforbidrag fra disse dambrug var -5 kg P i 2003 på grund af god foderudnyttelse, renseforanstaltninger og en betydelig tilbageholdelse af jernbundet fosfor i dammene. Alt i alt overholdt de 5 dambrug den fosforkvote på 1000 kg, som er sat for den samlede fosforudledning fra dambrugene i søens opland. Der er ikke længere noget spildevandsbidrag fra spredt bebyggelse i oplandet, men der kom i 2003 119 kg P fra regnvandsbetingede udledninger i Silkeborg og 4 kg P fra Hesselhus renseanlæg.

Der er en betydelig forskel på den totale tilførsel af kvælstof og fosfor til Ørn Sø beregnet ud fra målingerne i Funder Å og ud fra en summering af de enkelte kilders bidrag. Kvælstoftilførslen beregnet ud fra enkeltkilderne er større og fosfortilførslerne mindre end tilførslerne beregnet ud fra de faktiske målinger i vandløbet. En af forklaringerne på forskellen i kvælstoftilførslerne er sandsynligvis en kvælstoffjernelse i Funder Å, inden vandet når Ørn Sø, således at der generelt sker en reduktion af kvælstofbelastningen fra



alle enkeltkilderne, inden kvælstoffet når søen. Forskellen i fosfortilførslerne kan skyldes underestimering af dambrugenes fosforbidrag eller grundvandets fosforkoncentration.

### Fysiske og kemiske forhold i Ørn Sø

Der er relativt kortvarige temperaturspringlag i Ørn Sø. I 2003 var der springlag første gang i juni, anden gang i juli og tredje gang i begyndelsen af september. Omsætningen og iltforbruget ved bunden er stor og ilttilførslen fra de øvre vandlag så beskeden, at der hurtigt opstår iltvind i bundvandet. I alle springlagsperioder var der således meget lave iltkoncentrationer i bundvandet. I august blev der registreret iltkoncentrationer mindre end 2 mg/l helt oppe i 4 meters dybde. Da også nitratinholdet er lavt i bundvandet i sommermånederne, er der ofte en stor fosforfrigivelse fra søbunden i denne periode. I 2002 og 2003 har fosforfrigivelsen dog været mindre end i de foregående måleår.

Generelt varierer fosforniveauet i bundvandet meget fra år til år afhængigt af varigheden af den periode, hvori der ikke tilføres ilt fra overfladevand til bundvand.

Der sker en udveksling af fosfor mellem bund- og overfladevand, specielt når fosforkoncentrationen i bundvandet er høj. Fosforniveauet i overfladevandet svinger derfor til en vis grad i takt med opbygningen af en fosforpulje i bundvandet.

I 2003 varierede fosforniveauet mellem 35 og 100 µg P/l. Den højeste fosforkoncentration blev registreret i august måned i den periode, hvor fosforfrigivelsen fra sedimentet var størst. Års- og sommergennemsnittet af totalfosfor i 2003 var henholdsvis 61 og 64 µg P/l, hvilket er lavere end gennemsnittet for søerne i overvågningsprogrammet.

Fosforniveauet er reduceret igennem de seneste ti år, fordi tilførslerne fra oplandet er reduceret markant. Der er også sket et fald i klorofylkoncentrationen, men sigtddyben har været ret konstant. Selvom fosforkoncentrationen har en indflydelse på mængden af planteplankton og dermed sigtddyben, reguleres sigtddyben i Ørn Sø i høj grad (op til 50% af lysdæmpningen i vandet) af detritus og vandets egenfarve. Desuden er klorofylniveauet endnu for højt til at give en markant forbedring af sigtddyben, dog har der været positive tendenser i 2002 og 2003. Års- og sommergennemsnittet for sigtddyben i 2003 var henholdsvis 1,8 og 1,5 meter, hvilket svarer til gennemsnittet for søerne i overvågningsprogrammet.

Selvom kvælstofindholdet er lavt og reduceres fra vinter til sommer, begrænser kvælstofmængden ikke produktionen af planteplankton i søen, fordi der hele året rundt tilføres rigeligt kvælstof fra oplandet.

Parameter	2003	Udvikling 1989-2003
Areal, ha	42	
Største dybde, meter	10,5	
Middeldybde, meter	4	
Fosfor, indløbskoncentration, µg P/l	111	Fald
Fosfor tilbageholdelse i søen (% af tilført fosfor)	49	Stigning
Spildevandsandel af fosfortilførslen, %	3	Fald
Kvælstof, indløbskoncentration, mg N/l	1,5	Fald
Kvælstof tilbageholdelse i søen (% af tilført kvælstof)	18	Uændret
Fosfor, søkoncentration, µg P/l, sommergns.	64	Fald
Kvælstof, søkoncentration, mg N/l, sommergns.	1,17	Fald
Klorofyl, søkoncentration, µg/l, sommergns.	35	Fald
Sigtddybde, meter, sommergns.	1,5	Uændret
Planteplankton biomasse, mg vv/l, sommergns.	5,3	Uændret
Dyreplankton biomasse, mg C/l, sommergns.	0,517	Uændret
Græsningstryk, % af total algebiomasse, sommergns.	59	Uændret
Målsætning i Vandkvalitetsplan 2001	B	
Målsætning opfyldt?	Nej	

Tablet 1.1. Udvalgte data for Ørn Sø



### Fytoplankton (planteplankton)

Det er kiselalgerne, som dominerer blandt algerne i Ørn Sø, specielt i første halvdel af året. Rekyalger findes i søen i nogenlunde samme mængde umiddelbart efter større kiselalgeopblomstringer. Gulalger har fået en større betydning i søen i de senere år, mens blågrønalgerne nu sjældent giver anledning til synlige opblomstringer.

Kiselalgerne havde en normal forårsopblomstring, som blev afløst af et lavt indhold af fytoplankton generelt i juni måned med en klarvandsperiode til følge. I 2003 blev der registreret en sigtdybderekord på næsten 4 meter i slutningen af maj med meget få alger.

Sommergennemsnit af biomassen har varieret meget fra 1989 til 2003. I en periode midt i 1990'erne skete der en reduktion, men i de senere år er der igen kommet mere fytoplankton i søen, således at der siden 1989 ikke er sket nogen statistisk sikker udvikling i fytoplankton i Ørn Sø. De forskellige fytoplanktongrupper har heller ikke ændret den indbyrdes fordeling i væsentlig grad siden 1989.

### Zooplankton (dyreplankton)

Zooplanktonet er generelt domineret af dafnier (Daphnia-arter). Efter en meget lille biomasse i 2001 var der igen i 2002 og 2003 stort den samme mængde zooplankton i søen som i de øvrige år i overvågningsperioden.

Fiskenes og specielt fiskeyngelens predation på zooplanktonet er midt på sommeren stort og biomassen derfor beskeden. I maj-juni og igen i eftersommeren er zooplanktonbiomassen dog så stor, at der er en betydelig regulerende effekt fra zooplanktonet på fytoplanktonet med en markant klarvandsperiode til følge. Der har ikke været nogen statistisk sikker udvikling i zooplanktonmængden evne til at regulere fytoplankton.

### Fiskeyngel

Fiskeyngelundersøgelser er medtaget i overvågningsprogrammet fra 1998. Formålet med disse undersøgelser er at beskrive fiskenes og fiskeyngelens strukturerende rolle for dyre- og planteplankton sammensætningen og dermed for miljøkvaliteten.

Generelt må det forventes, at der er mest fiskeyngel langs med bredden - i littoralen - fremfor på åbent vand - i pelagiet - fordi der ikke er nogen undervandsvegetation i søen.

Endnu er materialet så beskedent, at der ikke kan drages klare konklusioner. Der er dog fanget mest yngel i littoral-

zonen som forventet og kun meget lidt i pelagiet. Det skal endvidere bemærkes, at der har været meget store forskelle i fangsterne i de fem år, som sandsynligvis skal tilskrives metodiske vanskeligheder. De fiskearter som oftest fanges er skalle, aborre, brasen, sandart og smelt.

### Tilstand og målsætning

Ørn Sø kan fortsat karakteriseres som en relativ forurenet sø. Selvom fosforkoncentrationen igennem de sidste ti år er blevet mindre, er tilstanden i søen, hvad sigtdybde og biologiske forhold angår, ikke forbedret markant.

Væsentlige ændringer i søens tilstand kræver, at den gennemsnitlige indløbskoncentration reduceres til maksimalt 80 µg P/l fra de nuværende 90-111 µg P/l.

Ørn Sø er B-målsat. Det er i følge den gældende Vandkvalitetsplan målet, at den gennemsnitlige indløbskoncentration ikke må overstige 90 µg P/l eller 3000 kg fosfor om året. I 2003 var indløbskoncentrationen som nævnt 111 µg P/l og den samlede tilførsel er opgjort til 3721 kg fosfor.

Den totale fosfortilførsel er endvidere opgjort på enkeltkilder. Fosforbidraget fra de regnvandsbetingede udledninger overholdt ikke målsætningens krav på en maksimal udledning på 50 kg, idet udledningen i 2002 er beregnet til henholdsvis 119 kg P. Til gengæld er der ikke længere noget fosforbidrag fra spredt bebyggelse.

### Målsætningen for Ørn var således ikke opfyldt i 2003.

Det skal bemærkes, at der ikke kan forventes væsentlige forbedringer af tilstanden i søen herunder indvandring af undervandsvegetation, selvom de nuværende krav i vandkvalitetsplanen overholdes. Hertil er kvælstof- og fosforniveauet fortsat for højt.

Det skal dog videre understreges, at mulighederne for en bedre tilstand trods alt er blevet større i de seneste ti år, fordi det er lykkedes at reducere fosfortilførslen fra især dambrugene så markant.



## 2. INDLEDNING

Ørn Sø indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Århus Amt udfører derfor hvert år detaljerede undersøgelser i søen for at belyse søens forureningstilstand og følge eventuelle ændringer i tilstanden.

I denne rapport præsenteres resultaterne fra 2003 og udviklingstendenser i perioden 1989 til 2003 søges belyst.

### 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 10,5 meter.

Hovedtilløbet er Funder Å, som strømmer til søen fra vest. Funder Å har sit udspring omkring isens hovedopholdsline i sidste istid. Herfra løber åen imod øst og afvander dermed et område, hvor jordbunden hovedsageligt består af grovsandet jord og lerblandet sandjord. En del af åens øvre topografiske opland er opdyrket, mens den største del af oplandet tættest på Ørn Sø består af skov, hede og andre ikke-dyrkede arealer. Jordbunden i området er kalkfattig og en del af det vand, som strømmer til søen, er temmeligt jernholdig.

Funder Å og dermed størstedelen af vandtilførslen til Ørn Sø er grundvand 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 videre til Gudenåen.

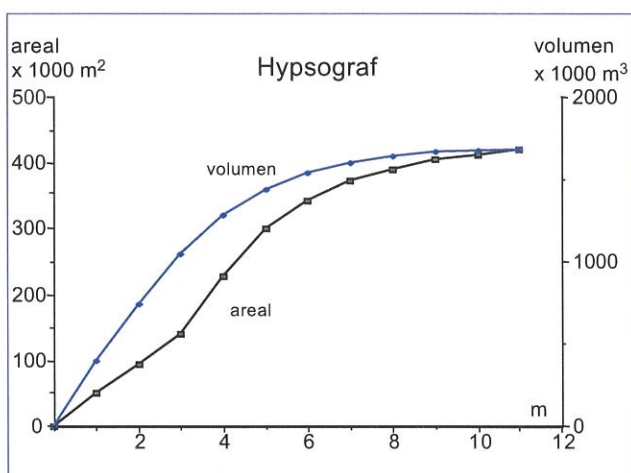
Arealerne ved søens sydlige og østlige bred er beplantet med skov, mens der er mere åbent imod nord og specielt mod vest. Søen er derfor rimeligt vindeksponeret og der dannes kun et forholdsvist ustabil springlag i den dybe del af søen i sommermånederne. Den største del af søen er dermed fuldt opblandet året rundt.

Øvrige oplysninger om arealanvendelsen og oplandstypefordelingen findes i bilag.

Opland, hypsograf og morfometriske data fremgår af figur 2.1 og 2.2 samt tabel 2.1.

Oplandsareal	56 km <sup>2</sup>
Søens areal	42 ha
Søens volumen	1,68 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Gns. dybde	4 m
Max. dybde	10,5 m
Opholdstid (2003)	18 døgn

Tabel 2.1. Morfometriske data for Ørn Sø

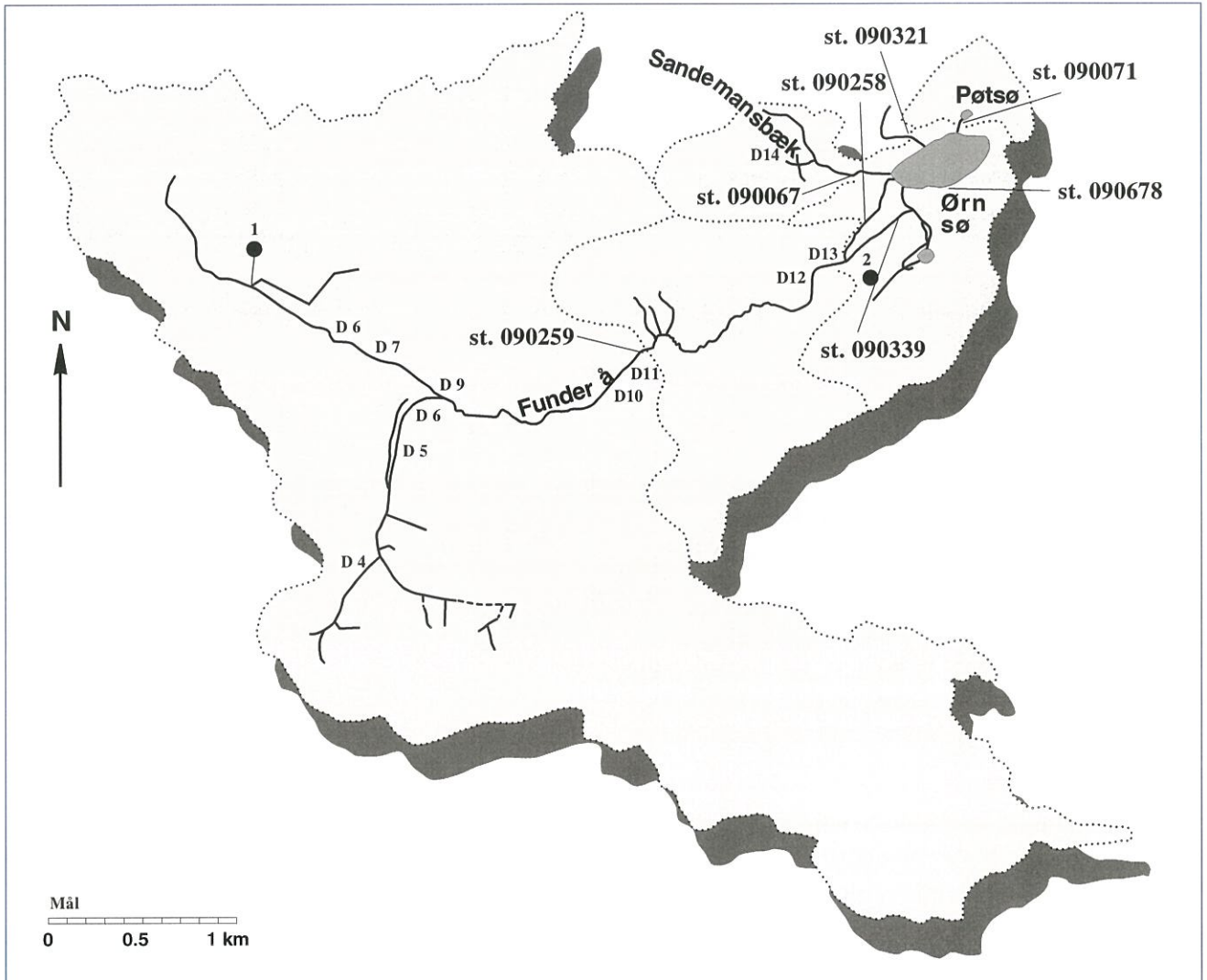


Figur 2.1. Hypsograf for Ørn Sø

### 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 1 - 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 undervandsvegetationen 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 beskedent del af søens totale areal, mens der ikke blev registreret nogen undervandsvegetation. Ved en mindre undersøgelse i 1990 blev der heller ikke fundet nogen undervandsplanter.





Figur 2.2. Topografisk opland for Ørn Sø

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 udgjort den væsentligste forureningskilde til åen og dermed til Ørn Sø. I 1977 var der således 12 dambrug i søens opland, i 1998 var der 10 og i dag er der 5 tilbage.

Indtil 1977 blev der via Pøtsø tilledt spildevand til Ørn Sø fra ca. 3000 personer. Afskæringen af denne udledning reducerede fosfortilførslen med 2 - 3 tons/år. Der har været yderligere 6 mindre spildevandsanlæg i oplandet, hvoraf der nu kun er 1 tilbage, der udleder til Funder Å og dermed Ørn Sø.

### 3. KLIMA

Temperatur, nedbør og fordampning varierer fra år til år. Variationerne kan have en vis indflydelse på miljøtilstanden i søer. En kold vinter med længere perioder med isdække på søen kan eksempelvis forhindre udveksling af ilt mellem vand og luft og bidrage til lave iltkoncentrationer i bundvandet sidst på vinteren. Eller en varm periode i sommerhalvåret kan forbedre fytoplanktonets vilkår og derigennem øge muligheden for store algeopblomstringer.

#### Temperatur

På figur 3.1 er månedsmiddeltemperaturen (20 km grid) i Silkeborg i 2003 præsenteret sammen med normalen for samme område i perioden 1961 - 1990. Generelt var 2003 et varmt år med en årsmiddeltemperatur på 8,3 °C mod normalt 7,3°C. Alle måneder med undtagelse af februar og oktober var 1-3 grader varmere end normalt.

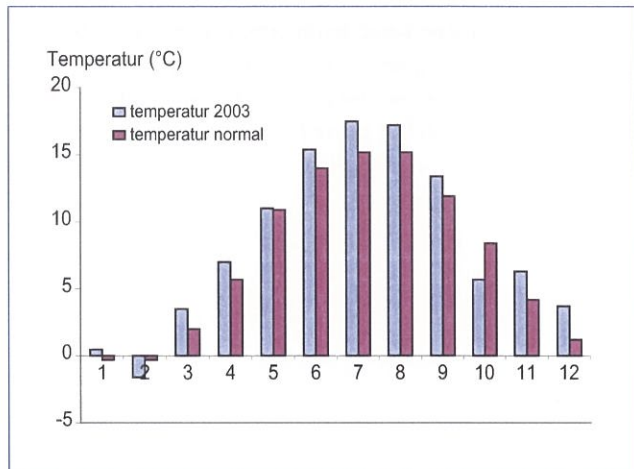
Det varme vintervejr medførte, at der ikke var længere perioder med isdannelse, og at vandtemperaturen var forholdsvis høj i foråret. Det kan have forstærket forårsopblomstringen af kiselalger, ligesom blågrøn alger kan være blevet favoriseret af den varme sensommer.

#### Nedbør og fordampning

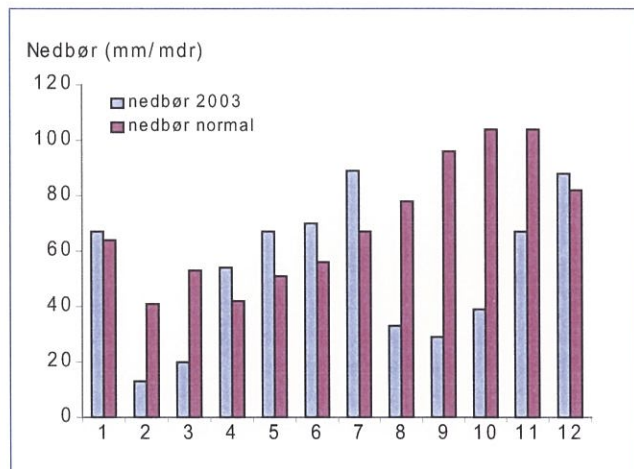
Ørn Sø har en forholdsvis hurtig vandgennemstrømning. Det er derfor i langt overvejende grad tilførslen af vand og næringsstof fra oplandet, som bestemmer forholdene i søen. Endvidere stammer en stor del af vandmængden i Funder Å fra grundvand, hvilket bevirker en stabil tilførsel fra måned til måned og fra år til år. Variationer i nedbør og fordampning fra søoverfladen har derfor ikke nogen væsentlig indflydelse på tilstanden i Ørn Sø.

Der blev registreret i alt 636 mm nedbør i området (10 km grid) omkring Ørn Sø i 2003. Generelt regner det forholdsvis meget i det midtjyske søhøjland, men nedbøren i 2003 var mindre end normalt. Til sammenligning var normalnedbøren for samme område i årene 1961 - 1990 838 mm.

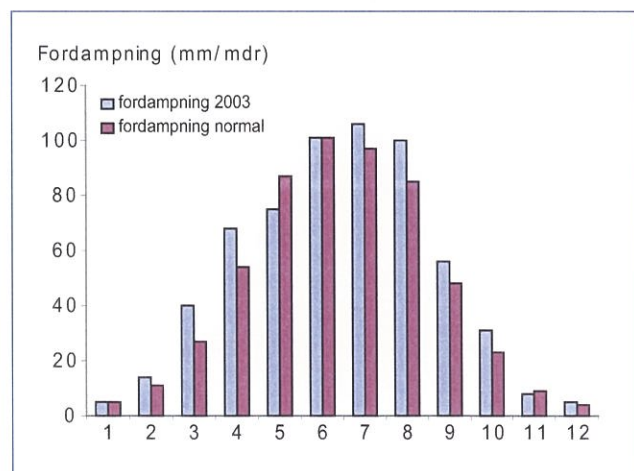
2003 var karakteriseret af en meget varierende nedbør og helt atypisk for Ørn Sø. I februar og marts og perioden august-november var der således betydelig mindre nedbør end normalt, hvorimod der i forsommeren var mere nedbør end normalt (figur 3.2). Da en stor del af vandet, der strømmer til Ørn Sø, er grundvand påvirkede den varierende nedbør dog ikke vandtilførslen til søen i væsentlig grad.



Figur 3.1. Månedsmiddeltemperaturen i Silkeborg i 2003 sammenlignet med perioden 1961 - 1990



Figur 3.2. Månedsnedbøren i Ørn Sø i 2003 sammenlignet med perioden 1961 - 1990



Figur 3.3. Månedsmiddelfordampningen ved Ørn Sø i 2003 sammenlignet med perioden 1961 - 1990



Figur 3.3 viser månedsmiddelfordampningen omkring Ørn Sø i 2003 sammenlignet med normalen for perioden 1961 til 1990. På grund af den højere gennemsnitstemperatur har der generelt været en lidt større fordampning i 2003 end normalt.

## 4. STOFTRANSPORT

### Vandbalance

Funder Å er langt det største tilløb til Ørn Sø. Mindre vandmængder kommer dog også til søen via Sandemansbækken, Parallelkanalen og Arnakkekilden.

En stor del af det vand, som strømmer til søen er grundvand, og vandtilførslen er derfor meget stabil.

Vandbalancen for Ørn Sø er svær at beregne, fordi vandføringen i Lysåen - afløbet fra Ørn Sø - er vanskelig at måle. Det skyldes, at måleprofilen ved høje vandføringer ikke er veldefineret, og et meget beskedent fald på åstrækningen mellem Ørn Sø og Silkeborg Langsø medfører vandstuvning i afløbet. Den såkaldte q/h-kurve kan derfor ikke anvendes til at beregne vandføringen i Lysåen. Det har yderligere vist sig svært at bruge enkeltvandføringerne til at lave en q/q-sammenhæng til andre stationer primært pga. stuvning.

Den bedste relation er til Funder Å, Funder station, men af regnetekniske årsager er det ikke optimalt at lave q/q-relationer til opstrømsliggende stationer.

Vandbalancen er i årene fra 1994 til 2001 bestemt ud fra ind- og afløbsstationerne :

Funder Å, Funderholme (st.nr. 090258)  
Sandemansbækken (st.nr. 090067)  
Kilde v. Ørn Sø (st.nr. 090678)  
Lysåen, Lysbro (st.nr. 090321)

samt søens hypsograf (figur 2.1).

Vandføringen i Funder Å ved Funderholme blev beregnet ud fra følgende korrelation :

$$Q = 1,74 \cdot Q_{21.39} - 543$$

hvor station 21.39 er en station længere opstrøms i Funder å (Funder Å, Funder station).

Vandføringen i Sandemansbækken er fundet ud fra følgende korrelation :

$$Q = 0,3247 \cdot q_{21.44} + 62,56$$

station 21.44 Gjelbæk, Lyngby Bro er valgt som referencestation, fordi den bedst sammenfalder med Sandemansbækken (Gjelbækken er et mindre vandløb i Gudenåsystemet). I denne model er bidraget fra det umålte opland inkluderet (arealet af det umålte opland er 6 km<sup>2</sup>)

Kildetilledningen er fastsat til 9 l/s på baggrund af 18 målinger fra 1989 til 1994.

	Oplands-areal	Vand	Kvælstof	Ortho-fosfat	Fosfor	Jern
	(km <sup>2</sup> )	(mio. m <sup>3</sup> /år)	(tons/år)	tons/år	(tons/år)	(tons/år)
Funder Å (90258)	48	28,62	40,75	0,799	3,183	37,13
Umålt opland (inkl. Sandemans Bæk)	8	4,46	6,37	0,125	0,498	5,81
Arnakkekilden		0,28	0,29	0,008	0,018	0,29
Nedbør		0,27	0,63		0,004	
Vand- og stofbalance			0,28	0,006	0,018	0,28
<b>Samlet tilførsel</b>	56	33,63	48,32	0,938	3,721	43,51
Afløb Ørn Sø (Lyså, 90321)	56	32,91	38,24	0,355	1,845	23,43
Fordampning		0,26				
Vand- og stofbalance		0,53	0,97	0,009	0,06	0,58
<b>Samlet fraførsel</b>		33,70	39,21	0,364	1,905	24,01
Magasinændringer		-0,06	0,84	-0,042	0,014	-0,670
Søbalance (tilbageholdelse excl. magasinering)			-9,11	-0,574	-1,816	-19,50
Søbalance (%)			-19%	-0,62	-49%	-45%
Sedimentbalance (tilbageholdelse incl. magasinering)			-8,87	-0,616	-1,805	-20,17
Sedimentbalance (%)			-18%	0,660	-49%	-46%

Tabel 4.1. Massebalance for Ørn Sø i 2003



Den anvendte vandbalance er :

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

Resultatet af analysen viser, at middelværdien for grundvandsbidraget/fejlen er på 17 l/s og at middelværdien for magasineren kun er 1 l/s og således reelt ubetydelig.

For Ørn Sø er der altså ingen betydende magasineren og grundvandsbidraget/modelfejlen/arealkorrektionen kan sættes til 17 l/s.

Vandbalancen kan derfor forenkles til, at afløbsvandføringen er lig indløbsvandføringen målt i Funder Å og i Sandemansbækken plus 9 l/s fra kilden og 17 l/s fra et »grundvandsbidrag«.

For en mere detaljeret gennemgang af beregninger, model og forudsætninger henvises til Århus Amt (1994a).

I 2002 og 2003 er vandføringen i afløbet fra Ørn Sø, Lysåen beregnet ud fra Funder Å, Funder station og Gudenåen, Tvilum ud fra følgende relation :

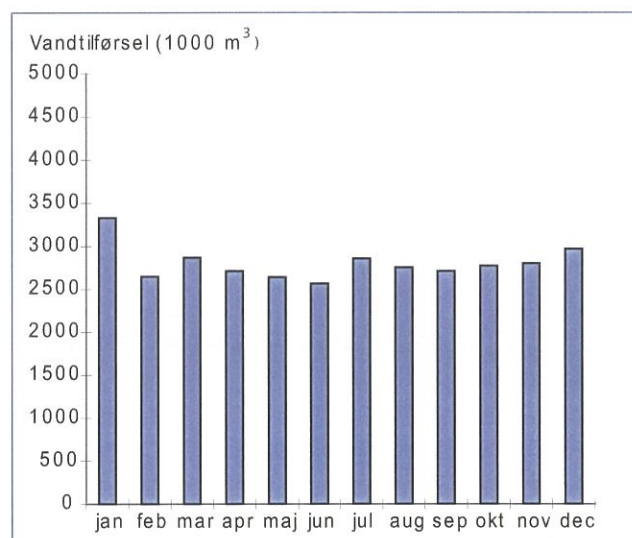
$$\text{Lyså (990321)} = 0,0143 * \text{Gudenå, Tvilum} + 1,0034 * \text{Funder Å, Funder St.}$$

Det skal endvidere bemærkes, at Århus Amt gennemførte en sporstofundersøgelse i Ørn Sø i 1994 for at undersøge opblandingsforholdene i søen. Undersøgelsen viste, at der er en kortslutningsstrøm i søen, som medfører, at ca. 25 % af det tilførte vand løber direkte igennem søen og videre ud i afløbet. Dermed er det altså kun 75 % af det tilførte vand og næringsstoffer, som har betydning for omsætning mm. i søen.

### Vandbalance 2003

I 2003 blev søen tilført ca. 34 mio. m<sup>3</sup> vand, hvilket svarer til en gennemsnitlig vandopholdstid på ca. 18 døgn. Korrigeres opholdstiden for den omtalte kortslutningsstrøm var opholdstiden for de resterende 75 % af det tilførte vand omkring 24 døgn i 2003.

Under alle omstændigheder sker der altså en forholdsvis hurtig gennemskylning i Ørn Sø. På grund af det store grundvandsbidrag, er vandets opholdstid i søen næsten den samme fra måned til måned og fra år til år.



Figur 4.1. Den månedlige vandtilførsel til Ørn Sø i 2003.

## Stofbalance

### Kvælstof

Ørn Sø blev tilført 48,3 tons kvælstof i 2003, hvilket med de store vandtilførsler svarer til en årgennemsnitlig indløbskoncentration på 1,4 mg N/l. Den lave indløbskoncentration medfører et lavt kvælstofniveau i søen, som endvidere resulterer i en beskedne kvælstoffjernelse. I 2003 blev søen fraført ca. 39 tons kvælstof via afløbet. Der var således en kvælstoftilbageholdelse på 19 % af tilførslen (korrigeret for koncentrationsændringer i søen var den arealrelaterede kvælstoftilbageholdelse 18 % af tilførslen eller 58 mg N/m<sup>2</sup>/d). Til sammenligning var den gennemsnitlige kvælstoffjernelse i Overvågningsprogrammets søer i 2001 99 mg N/m<sup>2</sup>/d. Årsagen til den forholdsvis lave kvælstoftilbageholdelse i Ørn Sø er en kort opholdstid og det forholdsvis lave kvælstofniveau, som medfører en lavere denitrifikationsrate end normalt i danske søer. Kvælstoffjernelsen er størst i sensommeren, hvor temperaturforholdene er optimale og omsætningen i sedimentet er størst (figur 4.3).

Kvælstoftilførslen over året er meget konstant og varierede i 2003 mellem ca. 3,5 og 5 tons om måneden. Indløbskoncentrationen er tilsvarende konstant og varierede mellem 1,2 og 1,6 mg N/l. (figur 4.2). Den stabile kvælstoftilførsel til Ørn Sø skyldes, at langt den overvejende del af det tilførte vand er grundvand med et ret konstant kvælstofindhold.

Der kan ikke påvises nogen signifikant reduktion i tilførslen af kvælstof til Ørn Sø i perioden fra 1989 til 2003. År til år variationer sløres af varierende vandafstrømning, som igen afhænger af nedbørmængden i et givent år. Betragtes i stedet den vandføringsvægtede indløbskoncentration er der imidlertid sket et lille men signifikant fald i perioden 1989-

2003 (figur 4,5). Især i perioden op til og med 1989 var indløbskoncentrationen markant højere end end i dag, fordi dambrugene havde en større udledning af kvælstof.

I de seneste tre år er kvælstoftilbageholdelsen øget markant i forhold til den sidste halvdel af 1990'erne. Selvom indløbskoncentrationen af kvælstof har været næsten uændret i de seneste år har der på grund af den større kvælstoffjernelse været et lavere indhold af total kvælstof i Ørn Sø i de sidste fire år end tidligere.

### Fosfor

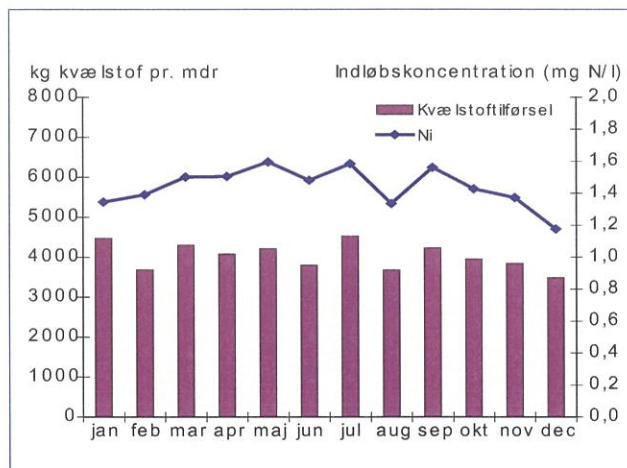
Ørn blev tilført ca. 3,7 tons fosfor i 2003 eller stort set den samme mængde som i 2002. Imidlertid var vandtilførslen lavere i 2003 end i 2002 og den beregnede vandføringsvægtede indløbskoncentration af fosfor på 110 µg P/l var derfor højere end i 2002 (93 µg P/l). Den arealrelaterede fosfortilførsel var 24 mg P/m<sup>2</sup>/d i 2003. Til sammenligning var den gennemsnitlige fosfortilførsel til Overvågningsprogrammets søer i 2001 7,3 mg P/m<sup>2</sup>/d. På trods af de reducerede tilførsler bliver der altså fortsat tilført forholdsvis store fosformængder til søen hvert år.

Vand- og næringsstofftilførslen er normalt forholdsvis konstant over året. I 2003 varierede fosforkoncentrationen i indløbsvandet mere end tidligere fra ca. 84 µg P/l i september til ca. 150 µg P/l i februar og juli.

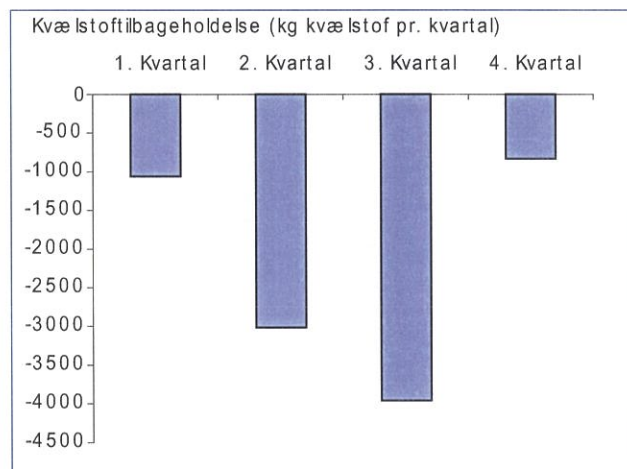
Der blev tilbageholdt ca. 1,8 tons fosfor i søen svarende til 49 % af tilførslen. Det er det højeste, som endnu er målt i Ørn Sø. Generelt er fosfortilbageholdelsen steget siden første halvdel af 1990'erne, fordi overskydende fosfor fra sedimentet er ved at være transporteret ud af søen.

Som figur 4.7 viser, tilbageholder søen fosfor hele året rundt. Også i de foregående år har der kun været nettofrigivelse af fosfor i enkelte måneder med iltfrie forhold i bundvandet.

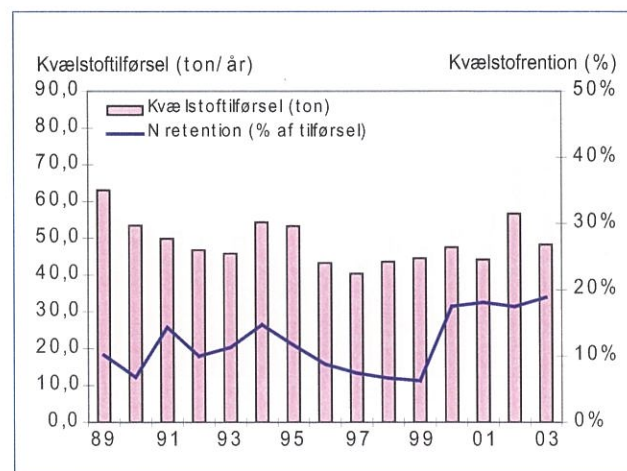
Fosfortilførslen er generelt reduceret i den seneste ti års periode. Omkring 1990 var der en fosfortilførsel til Ørn Sø på 6 - 7 tons om året. Siden 1993 - 1994 har der været en nogenlunde konstant fosfortilførsel på 3 - 4 tons årligt. Der kan ikke påvises nogen signifikant reduktion i tilførslen af fosfor til Ørn Sø i perioden fra 1989 til 2003. År til år variationer sløres af varierende vandafstrømning, som igen afhænger af nedbørmængden i et givent år. Betragtes i stedet den vandføringsvægtede indløbskoncentration er der imidlertid sket et signifikant fald i perioden 1989-2003 (figur 4.9). I 1980'erne var indløbskoncentrationen markant højere end i dag, fordi dambrugene havde en større



Figur 4.2. Den månedlige kvælstoftilførsel til Ørn Sø i 2003 præsenteret i absolutte mængder og som en vandføringsvægtet indløbskoncentration

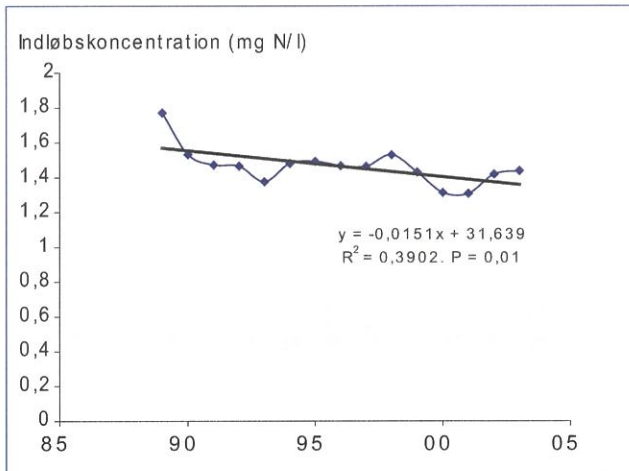


Figur 4.3. Den kvartalsvise kvælstoffjernelse - primært denitrifikation i Ørn Sø i 2003

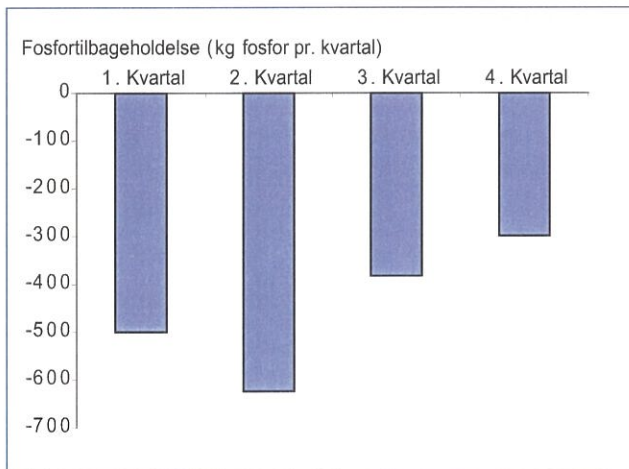


Figur 4.4. Den årlige kvælstoftilførsel og kvælstofretention i Ørn Sø fra 1989 - 2003.

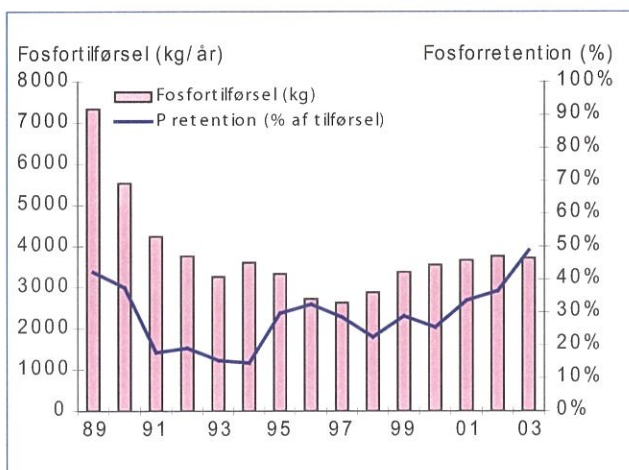




Figur 4.5. Den årlige kvælstoftilførsel til Ørn Sø fra 1989 til 2003 præsenteret som en vandføringsvægtet indløbskoncentration.



Figur 4.6. Den kvartalvise fosfortilbageholdelse i Ørn Sø i 2003.



Figur 4.7. Den årlige fosfortilførsel og fosforretention i Ørn Sø fra 1989 til 2003.

udledning af fosfor, men siden 1993 har indløbskoncentrationen været stabil omkring 100 µg P/l.

Generelt er der en forholdsvis konstant fosfortilbageholdelse i Ørn Sø. Forårets kiselalgeopblomstring sker i april og maj. Under algeopblomstringen indbygges fosfor i organisk materiale i vandfasen, hvilket bevirker en lille fosfortilbageholdelse i denne periode. Når kiselalgerne sedimenterer i maj-juni øges fosfortilbageholdelsen kraftigt. Afhængigt af springlagsdannelse og iltforhold ved bunden kan en del af den sedimenterede fosfor tilbageføres til bundvandet og videre til overfladevandet. I 2003 var der springlag i juli og august. I denne periode var fosforfrigivelsen så stor og lagdelingen så langvarig, at der kunne registreres en forøgelse i indholdet af fosfor særligt i bundvandet men også i overfladevandet. På grund af et stort indhold af jern i såvel søvand som sediment bindes hovedparten af den frigivne fosfor bindes i sedimentet, når springlaget brydes, og bundvandet igen tilføres ilt fra overfladen.

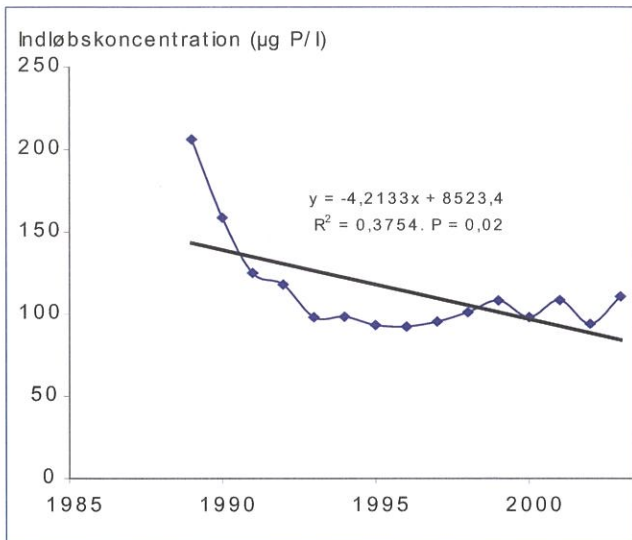
Vandets korte opholdstid i Ørn Sø - med eller uden kortslutningsstrøm - indikerer en beskedne fosforretentionen. Jerntilførslen er imidlertid så stor og konstant, at fosfortilbageholdelsen i de sidste 7 - 8 år har varieret mellem 20 og 30 % af tilførslerne men har i 2002 og 2003 været henholdsvis 37% og 49%.

År til år variationen i fosforretention kan tilsyneladende ske uafhængigt af fosfortilførslerne og er sandsynligvis en konsekvens af varierende kemiske og biologiske forhold i søen, som igen er betinget af klimatiske forhold i det enkelte år.

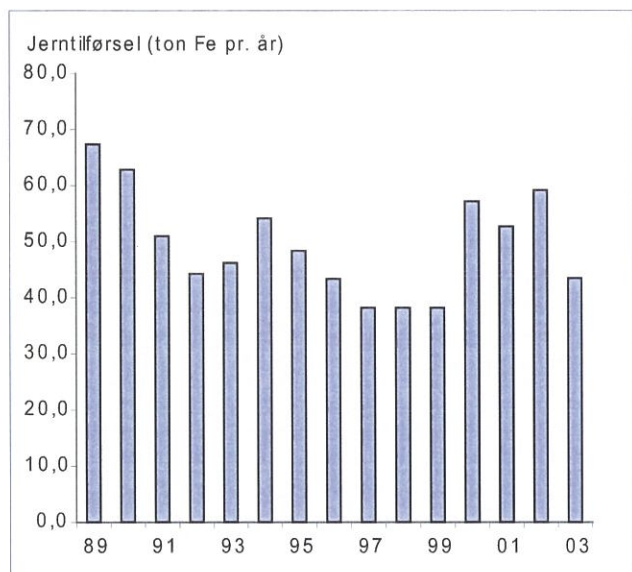
Det skønnes, at fosfortilbageholdelsen i en ligevægts-situation er 40 - 50 %. Søen er dermed ved at være i ligevægt med fosfortilførslen efter i starten af 1990'erne at have været udsat for en betydelig intern fosforbelastning i sommerhalvåret (sedimentfrigivelse) på grund af ophobet fosfor fra tidligere årtiers store fosfortilførsler.

### Jern

Jerntilførslen til Ørn Sø er stor. Den gennemsnitlige indløbskoncentration var i 2003 1,3 mg Fe/l og i alt blev der tilført ca. 44 tons. Der blev tilbageholdt ca. 20 tons svarende til 20 % af den samlede tilførsel. Jern og fosfor blev dermed tilbageholdt i forholdet 11 : 1, hvilket er lidt lavere end i 2002 og det målte forhold i sedimentet på 15-20. Et meget højt jernindhold i sedimentet på ca. 150 g Fe/kg ts giver en stærk fosforbinding i sedimentet under iltede forhold i bundvandet.



Figur 4.8. Den årlige fosfortilførsel til Ørn Sø fra 1989 til 2003 præsenteret som en vandføringsvægtet udløbskoncentration.



Figur 4.9. Den årlige jerntilførsel til Ørn Sø fra 1989 til 2003.

### Kildeopsplitning

I tabel 4.2 er den beregnede kildeopsplitning præsenteret sammen med den samlede transport beregnet ud fra konkrete målinger.

Baggrundsbidraget er baseret på målinger i kilder langs Funder Å og sat til 1 mg N/l og 65 µg P/l.

Den atmosfæriske deposition på søoverfladen er beregnet ud fra normal for atmosfærisk deposition, som er henholdsvis 15 kg N/ha/år og 0,1 kg P/ha/år.

Dambrugsbidraget er angivet som et samlet bidrag for de 5 resterende dambrug i søens opland. De beregnede udled-

ninger er fremkommet ud fra konkrete målinger på alle dambrug.

I kildeopsplitningen er den samlede udledning af kvælstof og fosfor fra de 5 dambrug angivet. For 4 dambrug er det beregnet, at der har været en nettotilbageholdelse af fosfor, medens et enkelt dambrug havde en nettoudledning af fosfor i 2003. Alt i alt er der en samlet beregnet fosforudledning fra dambrugene på -5 kg P i 2003 (tabel 4.3). Der tilbageholdes altså samlet set mere fosfor i dammene end der udledes, hvilket skyldes en kombination af optimerede foder og renseforanstaltninger og en betydelig sedimentation af jernbundet fosfor i dammene.

Bidraget fra den spredte bebyggelse er fremkommet ud fra en konkret viden om antal spredt liggende ejendomme i oplandet og om spildevandsanlæggene på disse ejendomme. Alle ejendomme i Ørn Sø's opland er nu tilsluttet kloaknettet eller har fået nedsivningsanlæg, så der ikke længere er nogen kvælstof og fosfortilførsel herfra.

	Kvælstof ton	Fosfor kg
Baggrundsbidrag	33,36	2168
Atm. deposition	0,63	4
Dambrug	13,20	-5
Spildevand	0,85	4
Dyrkningsbidrag	9,50	191
Regnvandsbetingede udledn.	0,48	119
<b>I alt</b>	<b>58,02</b>	<b>2481</b>
Målt transport	48,32	3721

Tabel 4.3. Kvælstof- og fosforudledningen fra dambrugene i Ørn Sø's opland i 2003



Dambrug 2002	Kvælstof kg N/år	Fosfor kg P/år
Skærskov*	2658	-34
Graunbjerg*	-288	-13
Funder*	2175	-114
Banbjerg*	6511	256
Funderholme*	2173	-100
<b>I alt</b>	13229	-5
* Udledning målt		

Tabel 4.3. Kildeopsplitning for Ørn Sø i 2003, den deraf beregnede stoftilførsel samt den målte stoftransport til Ørn Sø

Bidraget fra rensningsanlægget Hesselhus fremkommet på baggrund af målte værdier, mens bidraget fra regnvandsbetingede udledninger er estimeret på baggrund af et nyligt opdateret kendskab i Silkeborg Kommune til denne forureningskilde.

Der er muligvis et lille dyrkningsbidrag i den øverste del af Funder Å. På baggrund af målinger i den øvre del af åen er fosforbidraget estimeret til 20 µg P/l og kvælstofbidraget til 1 mg N/l, men kun i en tredjedel af den vandmængde, som løber ud i Ørn Sø via Funder Å, svarende til vandføringen i den øvre del af åen.

Det fremgår, at der er forskel på den beregnede og den målte stoftransport (tabel 4.2).

Hvad kvælstof angår, er forklaringen sandsynligvis en denitrifikation i Funder Å (og dambrugene), som medfører en væsentlig mindre kvælstoftilførsel til Ørn Sø end den faktiske kvælstofudledning til åen.

For fosfors vedkommende er forskellen på de to beregningsformer modsat rettet, således at den målte transport ved Funderholme er større end transporten i åen beregnet på baggrund af enkeltkilder.

I 2003 mangler der således at godtgøres er forskellen 33%. Også i de foregående år har der været en forskel i de to beregningsformer.

Der kan være forskellige forklaringer på forskellene.

Den nedre del af Funder Å er et forholdsvist langsomt strømmende vandløb. Det kan ikke afvises, at der sker en fosforfrigivelse fra det næringsrige sediment på bunden af vandløbet i varme perioder i sommerhalvåret.

Dyrkningsbidraget er en antaget værdi. Uanset usikkerheder forbundet herved, er det angivne lave niveau dog det mest sandsynlige. Som nævnt er det naturlige fosforbidrag fastsat til 65 µg P/l baseret på målinger i kilder langs Funder Å. Disse målinger er efterhånden nogle år gamle. Det er muligt, at fosforindholdet i grundvandet har været stigende i de senere år og at baggrundsbidraget dermed reelt er større end angivet.

Endelig er der 5 dambrug i Funder Å, som alle udveksler vand og næringsstoffer med åen. Det er givet, at der er usikkerheder på beregningerne af stoftransporterne ind og ud af dambrugene.

## 5. VANDKEMI

### Vandkemi

Der er i lighed med de foregående overvågningsår udtaget vandprøver til kemisk analyse og målt sigtddybde og temperatur på søens dybeste punkt i alt 20 gange i løbet af 2003.

På figur 5.1 er årstidsvariationen i 2003 præsenteret, og de tidsvægtede års- og sommergennemsnit findes i tabel 5.1 og 5.2.

I det følgende vil årstidsvariationen af væsentligste vandkemiske og -fysiske parametre i 2003 samt udviklingen siden 1989 blive beskrevet.

### Sigtddybde og klorofyl

Siden 1989 har sigtddybden varieret forholdsvis lidt i Ørn Sø. I 2002 og 2003 har der dog været en større variation i sigtddybden end i de foregående år på grund af lave biomasser af fytoplankton i årets 2. kvartal. I 2003 blev der således registreret en markant klarvandsperiode i maj/juni med en sigtddybde på 3,7 meter som maksimum. Dermed fulgte udviklingen i Ørn Sø i 2003 i højere grad den normale variation i danske søer. I de fleste danske søer er der således en klarvandsperiode i juni måned, fordi fytoplanktonmængden reduceres kraftigt af zooplankton. Klarvandsperioden blev imidlertid afløst af sommermåneder med en normal lav sigtddybde på omkring 1-1,5 meter.

I sommermånederne havde Ørn Sø et forholdsvis højt klorofylindhold på ca. 60 µg/l med et maksimum på 70 µg/l i juli. Tilsvarende blev de laveste sigtddybder på ca. 1 meter registreret i denne periode. I løbet af efteråret steg sigtddybden igen, og i september og november var vandet med en sigtddybde på ca. 2 meter mere klart end normalt for denne periode.

Års- og sommergennemsnittene for sigtddybden i 2003 var henholdsvis 1,8 og 1,5 meter. Års- og sommergennemsnittene for klorofyl i 2003 var henholdsvis 22 og 35 µg/l.

### Kvælstof og fosfor

Den meget konstante fosfortilførsel til Ørn Sø bidrager til, at fosforkoncentrationen i søvandet er forholdsvis konstant henover året. Variationer i søvandets indhold af fosfor, som er størst om sommeren, skyldes fortrinsvis de biologiske interaktioner i vandfasen og udvekslingen af fosfor mellem søvand og sediment.

I 2003 var fosforindholdet i overfladevandet generelt lavere end i de foregående måleår. Den laveste fosforkoncentration (ca. 35 µgP/l) blev målt i juni under klarvandsperioden og

den højeste på 100 µg P/l blev registreret i begyndelsen af august.

I perioder med varmt og roligt vejr, hvor der etableres et springlag i søen, kan der på grund af en stor omsætning i sedimentet dog hurtigt blive iltfrit i bundvandet med fosforfrigivelse til følge. Når det midlertidige springlag opløses, vil en del af den frigivne fosfor opblandes i overfladevandet med stigende fosforkoncentrationer til følge. Resultatet er som nævnt varierende fosforkoncentrationer fra uge til uge hen igennem sommeren, men altså variationer som i 2003 holdt sig indenfor et koncentrationsniveau mellem 35 og 100 µg P/l.

Det er nævnt, at fosforniveauet i 2003 generelt var mindre end i de foregående måleår. Særligt bemærkelsesværdigt er den meget lave fosforkoncentration i maj/juni måneds klarvandsfase. Årsagen er en kraftig græsning på fytoplanktonet, der har medført, at der stort set ikke var noget partikulært materiale i overfladevandet kombineret med rolige vejrforhold og etablering af et temporært springlag, som »har lagt låg« på fosforpuljen i bundvandet.

Års- og sommergennemsnittene for total-fosfor i 2003 var henholdsvis 61 og 64 µg P/l

Også indholdet af orthofosfat var lavt med niveauer mindre end 5 µg P/l i forårsmånederne. Det vurderes dog, at der med et minimum på 1 µg P/l kan have været perioder, hvor vækst og produktion af fytoplankton kan have været fosforbegrænset. Det er sandsynligt, at søen i de kommende år bevæger sig imod en tilstand, hvor fosfor i korte vil være begrænsende for algernes vækst i korte perioder i vækstsæsonen.

Kvælstofkoncentrationen i Ørn Sø er lav sammenlignet med andre danske søer. I 2003 varierede kvælstofniveauet fra 0,9 mg N/l i maj til 1,5 mg N/l i slutningen af året. Selvom kvælstoftilførslen stort set er konstant fra måned til måned, er der således nogen variation i kvælstofindholdet i overfladevandet. Årsagen er først og fremmest en varierende denitrifikation over året og en større kvælstoffjernelse i forårsmånederne kombineret med en sedimentation af blandt andet forårsopblomstringens kiselalger.

Års- og sommergennemsnittene for total-fosfor i 2003 var henholdsvis 1,21 og 1,17 mg N/l.

Der er rigelige kvælstofmængder for fytoplankton i Ørn Sø hele året. I 2003 blev den laveste nitratkoncentration (0,11 mg N/l) registreret under august måneds algemaksimum. Selvom der er sket en reduktion i kvælstofkoncentratio-



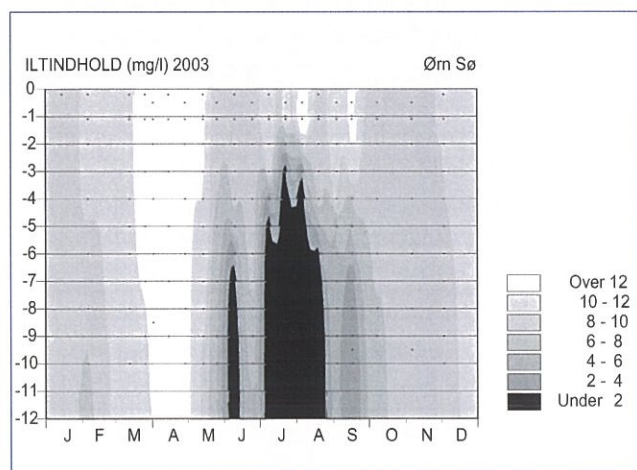
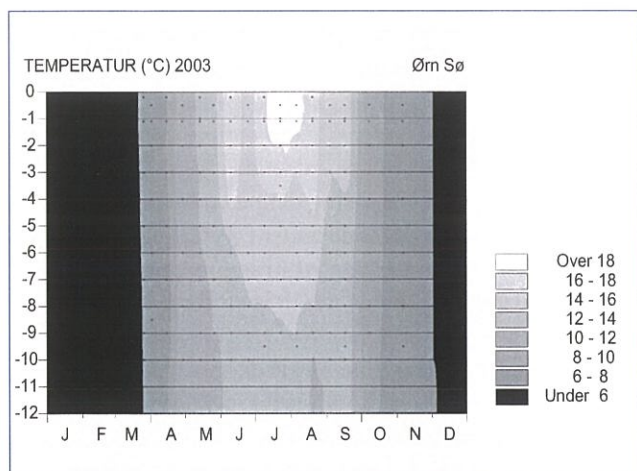
Sommergennemsnit	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Suspenderet tørstof (mg/l)		6,6	12,4	12,0	10,8	9,1	6,1	7,3	8,5	7,5	8,8	8,0	8,2	9,3	7,12
Suspenderet glødetab (mg/l)		5,0	6,9	6,3	7,0	5,7	4,7	5,5	6,4	6,5	6,6	4,3	5,4	4,8	4,47
Partikulær COD (mg/l)	7,1	6,5	7,9	7,3	7,7	7,1	6,6	7,1	6,9	8,2	7,8	5,6	7,5	5,7	6,71
Klorofyl (µg/l)	50	47	65	56	63	54	44	42	45	44	34	44	67	43	35
Sigtdybde (m)	1,5	1,6	1,3	1,3	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5
pH	8,1	8,3	8,3	8,1	7,9	7,7	7,8	7,7	7,9			8,0	8,2	8,1	8,0
Alkalinitet (mekv/l)	0,91	0,83	0,84	0,83	0,81	0,84	0,83	0,86	0,90		0,94	0,95	0,94	0,90	0,89
Total -N (mg N/l)	1,37	1,46	1,34	1,29	1,34	1,21	1,39	1,31	1,34	1,43	1,18	1,14	1,01	1,11	1,17
NH <sub>4</sub> -N (mg N/l)	0,18	0,14	0,09	0,08	0,09	0,08	0,15	0,1	0,13	0,12	0,08	0,11	0,101	0,106	0,17
NO <sub>3</sub> -N (mg N/l)	0,53	0,43	0,36	0,39	0,47	0,36	0,48	0,41	0,37	0,48	0,38	0,38	0,46	0,46	0,48
Total P (µg P/l)	112	98	128	116	101	93	79	66	85	91	81	79	76	59	64
Ortho-P (µg P/l)	24	27	23	14	13	13	13	8	12	15	7	11	5	6	9
Opløst silicium (mg Si/l)	5,67	6,60	5,10	3,69	4,81	4,72	5,97	5,06	5,72	6,67	5,19	4,85	5,33	4,36	5,33
Total jern (mg Fe/l)	0,93	0,76	0,86	0,70	0,79	0,61	0,74	0,59	0,87	0,63	0,66	0,75	0,68	0,90	0,54

Tabel 5.1. Sommergennemsnit for de målte parametre i overfladevandet i Ørn Sø fra 1989 til 2003.

Årgennemsnit	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Suspenderet tørstof (mg/l)		6,5	9,4	8,7	6,8	6,1	4,8	4,5	6,1	4,9	5,4	5,9	5,9	6,6	5,15
Suspenderet glødetab (mg/l)		4,2	4,8	5,0	4,4	3,3	3,4	3,5	4,5	4,2	4,1	2,7	3,3	3,5	3
Partikulær COD (mg/l)	5,2	5	5,5	5,4	5,3	4,4	4,4	4,7	4,6	4,7	4,6	5,0	6,1	4,2	4,6
Klorofyl (µg/l)	30	32	41	39	35	28	26	27	28	23	18	25	35	26	22
Sigtdybde (m)	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,7	1,8	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,6	1,8
pH	7,9	7,90	7,9	7,8	7,6	7,5	7,5	7,4	7,5			7,7	7,9	7,7	7,7
Alkalinitet (mekv/l)	0,90	0,87	0,85	0,84	0,83	0,83	0,83	0,89	0,96		0,95	0,94	0,94	0,86	0,88
Total -N (mg N/l)	1,52	1,48	1,34	1,39	1,30	1,28	1,40	1,38	1,32	1,41	1,59	1,21	1,10	1,19	1,21
NH <sub>4</sub> -N (mg N/l)	0,310	0,270	0,200	0,220	0,190	0,200	0,210	0,290	0,190	0,230	0,220	0,227	0,228	0,205	0,27
NO <sub>3</sub> -N (mg N/l)	0,61	0,55	0,51	0,53	0,51	0,53	0,58	0,50	0,50	0,59	0,76	0,56	0,46	0,57	0,56
Total P (µg P/l)	107	106	108	112	90	86	73	64	70	81	80	76	77	60	61
Ortho-P (µg P/l)	30	34	31	23	20	25	19	14	13	21	23	15	10	9	13
Opløst silicium (mg Si/l)	6,02	6,79	5,81	5,29	5,82	5,78	6,40	6,32	5,86	6,80	6,29	5,99	6,27	5,41	6,07
Total jern (mg Fe/l)	1,13	1,05	0,81	0,93	1,01	1,06	0,93	0,83	0,84	0,90	1,09	1,00	1,08	0,93	0,71

Tabel 5.2. Årgennemsnittet for de målte parametre i overfladevandet i Ørn Sø fra 1989 til 2003.





Figur 5.2. Temperaturforholdende (øverst) og iltindholdet (nederst) i Ørn Sø i 2003.

nen i Ørn Sø generelt i de senere år, er kvælstofindholdet i søvandet ikke begrænsende for vækst og produktion i søen. Muligheden for at reducere kvælstofkoncentrationen i søen yderligere afhænger af, om grundvandsmagasinerne i oplandet kan påvirkes gennem vandmiljøplanernes reduktionsmål for kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer.

Ammoniumkoncentrationen i åvandet i Funder Å er høj. I vinterhalvåret, hvor omsætningen er lav, er indholdet af ammonium i Ørn Sø stort set det samme som i det tilførte åvand, omkring 0,40 mg N/l. Om sommeren optages størstedelen af det tilførte ammonium af fytoplankton. Derfor falder ammoniumkoncentrationen i overfladevandet i Ørn Sø igennem foråret til et niveau omkring 0,05 mg N/l. I perioder med springlagsdannelse sker der en ophobning af ammonium i det iltfrie bundvand. Denne ammonium blandes med overfladevandet, når springlaget brydes, og derfor kan der ofte i Ørn Sø registreres stigninger i koncentrationen af ammonium hen igennem sommeren. Således

også i 2003, hvor ammoniumkoncentrationen varierede fra 0,007 mg N/l i maj til 0,40 mg N/l i juli.

### Øvrige parametre

Indholdet af opløst silicium er højt i Ørn Sø på grund af store tilførsler. I forbindelse med kiselalgernes vækstsæson reduceres koncentrationen dog. I 2003 faldt koncentrationen under og specielt umiddelbart efter forårets kiselalgeopblomstring til 3,3 mg Si/l.

Kiselalgerne optager en stor del af den tilgængelige silicium. Når kiselalgerne forsvinder fra søvandet som følge af dyreplanktonets græsning og en sedimentation af døde alger, reduceres koncentrationen kraftigt. I takt med at det sedimenterede silicium frigives hen over sommeren og efteråret, og optagelsen af silicium i nye alger falder, stiger siliciumkoncentrationen i søvandet igen. Indholdet af silicium i årets sidste halvår i 2003 var ikke forskellig fra de foregående år. På grund af den stabile tilførsel af silicium fra Funder Å er der altid så høje koncentrationer af silicium i søen, at kiselalgerne aldrig vækstbegrænses som i mange andre søer.

Kiselalgerne har et relativt højt indhold af uorganiske stoffer (kiselkaller) medfører, at glødetabsandelen af den samlede mængde suspenderet tørstof er mindre om foråret end i sommermånederne, hvor fytoplanktonet er domineret af andre algegrupper med et relativt større indhold af organisk stof. For såvel det suspenderede tørstof som - glødetab gælder det, at koncentrationerne var lave under forårets klarvandsfase. Generelt afspejler mængden af suspenderet stof mængden af fytoplankton målt som klorofyl. Der er dog ikke fuldstændig tidsmæssig overensstemmelse mellem maksima og minima, f.eks. er der et tydeligt klorofylmaksimum i juli, som først slår igennem på mængden af suspenderet stof i august. Uoverensstemmelsen kan skyldes, at fytoplankton har et varieret indhold af klorofyl (både mellem arter og inden for den enkelte art) og desuden findes der i perioder meget detritus og uorganisk stof, der registreres som suspenderet stof.

pH i Ørn Sø er forholdsvis stabil over året. Generelt opnåes de højeste pH-værdier i perioder med algeopblomstring som i andre søer. I 2003 var pH-maksimum 8,9 under august måneds fytoplanktonmaksimum.



## Profilmålinger

### Temperatur og ilt

Der er målt ilt og temperatur ned igennem vandsøjlen på de samme dage, som der er taget vandprøver. Figur 5.2 viser temperatur- og iltfordelingen ned igennem søen i 2003.

På grund af Ørn Sø's relativt beskedne areal med større dybder og en forholdsvis hurtig gennemskylning, sker der kun en egentlig lagdeling i sommerperioder med varmt og stille vejr. Så snart vejret bliver en smule blæsende, opbrydes springlaget igen.

Omsætningen i og nær bunden er stor. Derfor opbruges ilten på dybt vand hurtigt i perioder med bare et svagt springlag og der kan registreres iltfrie forhold temmeligt højt op i vandfasen i perioder med svag omrøring i søen. Når springlaget brydes op, tilføres bundvandet igen ilt og der kan derfor være temmelig varierende iltforhold om sommeren og efteråret henover sedimentet på dybere vand i Ørn Sø.

I 2003 var der temperaturlagdeling af vandmasserne i tre korte perioder. Første gang i midten af juni, anden gang fra 9. juli til 6. august og tredje gang i begyndelsen af september. Der var i alle perioder tale om temperaturfald i springlaget på typisk 0,5-1,5 °C pr. faldende meter. Det vurderes, at egentlig temperaturlagdeling defineret som et temperaturfald på >1 °C pr. faldende meter (Wetzel, R., 1983) var kortere end 1 måned i 2003. Især i sommerperioden under temperaturlagdeling opstod der iltfrie forhold i bundvandet. Årsagen er en kombination af en stor omsætning ved bunden af de kiselalger, som havde dannet fytoplanktonets forårsopblomstring, kombineret med forholdsvis høje bundvandstemperaturer på op til 14 °C. Omsætningen i søbunden i Ørn Sø er så stor, at der næsten hvert år kan konstateres meget lave iltkoncentrationer i bundvandet i juni-august. I begyndelsen af august var der således iltfrit fra bunden og op til ca. 4 meters dybde.

Lave iltkoncentrationer har en væsentlig indflydelse dels på de biologiske forhold i søen, men også på de kemiske processer i bundvandet og udvekslingen af kemiske stoffer mellem sediment og vandfase. Den kraftige omsætning og det

Parameter	R <sup>2</sup> -værdi	P-værdi	Hældningskoef.	Signifikans
Sigt, år	0,004	0,83	0,0018	Nej
Sigt, som.	0,18	0,30	-0,01	Nej
Temperatur, år	0,00	0,92	-0,0028	Nej
Temperatur, som.	0,007	0,76	-0,013	Nej
pH, år	0,25	0,16	-0,016	Nej
pH, som.	0,07	0,33	-0,03	Nej
Klorofyl, år	0,48	0,004	-0,96	Ja
Klorofyl, som.	0,6	0,018	-1,23	Ja
Total-P, år	0,74	0,00004	-3,39	Ja
Total-P, som.	0,71	0,00009	-3,73	Ja
Ortho-P, år	0,74	0,00004	-1,5	Ja
Ortho-P, som.	0,72	0,00006	-1,26	Ja
Total-N, år	0,6	0,0007	-0,02	Ja
Total-N, som.	0,52	0,02	-0,02	Ja
NO <sub>3</sub> -N, år	0,01	0,71	-0,0009	Nej
NO <sub>3</sub> -N, som.	0,002	0,86	-0,0006	Nej
NH <sub>4</sub> -N, år	0,028	0,54	-0,0012	Nej
NH <sub>4</sub> -N, som.	0,004	0,82	-0,0005	Nej
Silicium, år	0,0001	0,97	0,001	Nej
Silicium, som.	0,008	0,75	-0,016	Nej
Susp. TS, år	0,27	0,06	-0,17	Nej
Susp. TS, som.	0,16	0,16	-0,18	Nej

Tabel 5.3. Udviklingstendenser i fysiske og kemiske parametre i overfladevandet i Ørn Sø i måleårene 1989 -2003.

periodevis lave iltindhold i bundvandet påvirker i væsentlig grad vandkvaliteten i søen hen igennem sommeren.

### Næringsstoffer i bundvandet

Figur 5.3 viser resultater af vandkemiske målinger i overfladevandet og bundvandet i Ørn Sø i 2003.

Det er karakteristisk for Ørn Sø, at perioderne med iltsvind i bundvandet resulterer i stor frigivelse af ammonium fra sedimentet på grund af ophør af nitrifikation i overfladesedimentet. Endvidere reduceres jernpuljen i overfladesedimentet, og der frigives ferrojern og tidligere jernbundet fosfor til bundvandet. Ved cirkulation og geniltning af vandmasserne sker der en hurtig reoxidation og resedimentation af disse stoffer.

Indholdet af nitrat bidrager normalt til at regulere fosfor- og jernfrigivelsen fra sedimentet. På grund af de meget varierende iltforhold ved bunden er sammenhængen mellem nitratreduktion og fosforfrigivelse dog ikke så klar som i de fleste andre danske søer.

Generelt vil jern- og fosforfrigivelsen i Ørn Sø dog variere med den periode, hvor ilt og nitratindholdet er lav i bundvandet. Kortere perioder med jævnlig total omrøring i søen og ilt ved bunden resulterer i en beskedent jern- og fosforfrigivelse - længerevarende perioder i en stor frigivelse.

### Udviklingen i Ørn Sø

Den tidlige udvikling i perioden 1989 til 2003 er vist i figur 5.4 mens resultaterne af den statistiske analyse af data er vist i tabel 5.3.

### Klorofyl og sigtddybe

Klorofylkoncentrationen, der er et mål for mængden af alger, har varieret noget fra år til år. I 2003 var den gennemsnitlige sommerkoncentration 35 µg/l. Det er en reduktion i forhold til især starten af 1990'erne, og set over hele overvågningsperioden er denne reduktion signifikant både for års- og sommergennemsnit.

På trods af et fald i klorofylmængden har sigtddyben været ret konstant i overvågningsperioden, dog med tendens til lidt større sigtddybe i 2002 og 2003. Årsagen kan være, at klorofylmængden først nu er ved at være lav nok til, at det begynder at influere på sigtddyben og som tidligere vist (Århus Amt, 2003) influerer detritus og vandets egenfarve i væsentlig grad på vandets klarhed i Ørn Sø. Disse to parametre har ikke ændret sig i de sidste 10 - 15 år.

### Kvælstof

Den gennemsnitlige koncentration af total kvælstof er reduceret signifikant ( $p < 0,05$ ) i årene fra 1989 til 2002 fra et niveau omkring 1,5 mg N/l som et årgennemsnit til ca. 1,2 mg N/l. Reduktionen er sket dels som følge af en gradvis reduktion i kvælstoftilførslerne, dels på grund af en forøget kvælstofreduktion i søen i de senere år.

Den biologisk aktive del af kvælstofpuljen i form af nitrat og ammonium er imidlertid ikke ændret væsentligt. Det reducerede total kvælstof niveau har dermed ikke umiddelbart haft nogen indflydelse på miljøet i Ørn Sø.

Generelt har kvælstofniveauet været lavt siden 1989 men på grund af den stabile tilførsel også i sommerhalvåret har der ikke været perioder, hvor den opløste kvælstofpulje har været så lav, at kvælstof har været begrænsende for vækst og produktion.

### Fosfor

Fosforkoncentrationen i Ørn Sø er siden 1989 reduceret signifikant ( $p < 0,01$ ) både for orthofosfat og for total fosfor vedkommende. Såvel års- som sommergennemsnittet for total fosfor, som i 2003 var henholdsvis 60 og 64 µg P/l, er således det laveste fosforniveau (ca. samme niveau som i 2002), som hidtil er registreret i Ørn Sø.

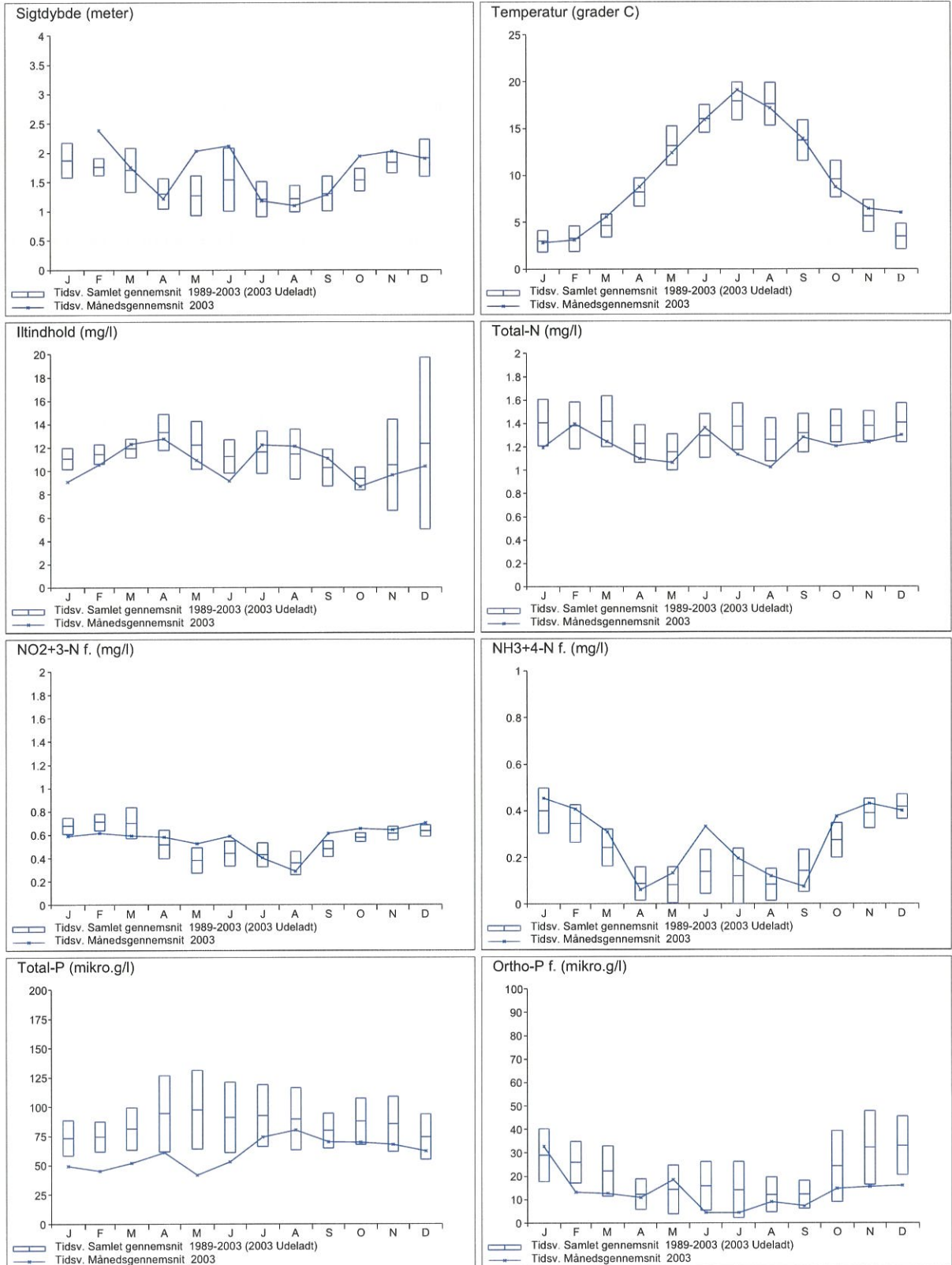
Årsagen til det reducerede fosforniveau er først og fremmest den reduktion, som skete i fosfortilførslerne til Ørn Sø i første halvdel af 1990'erne som følge af et reduceret fosforbidrag fra dambrugene langs Funder Å.

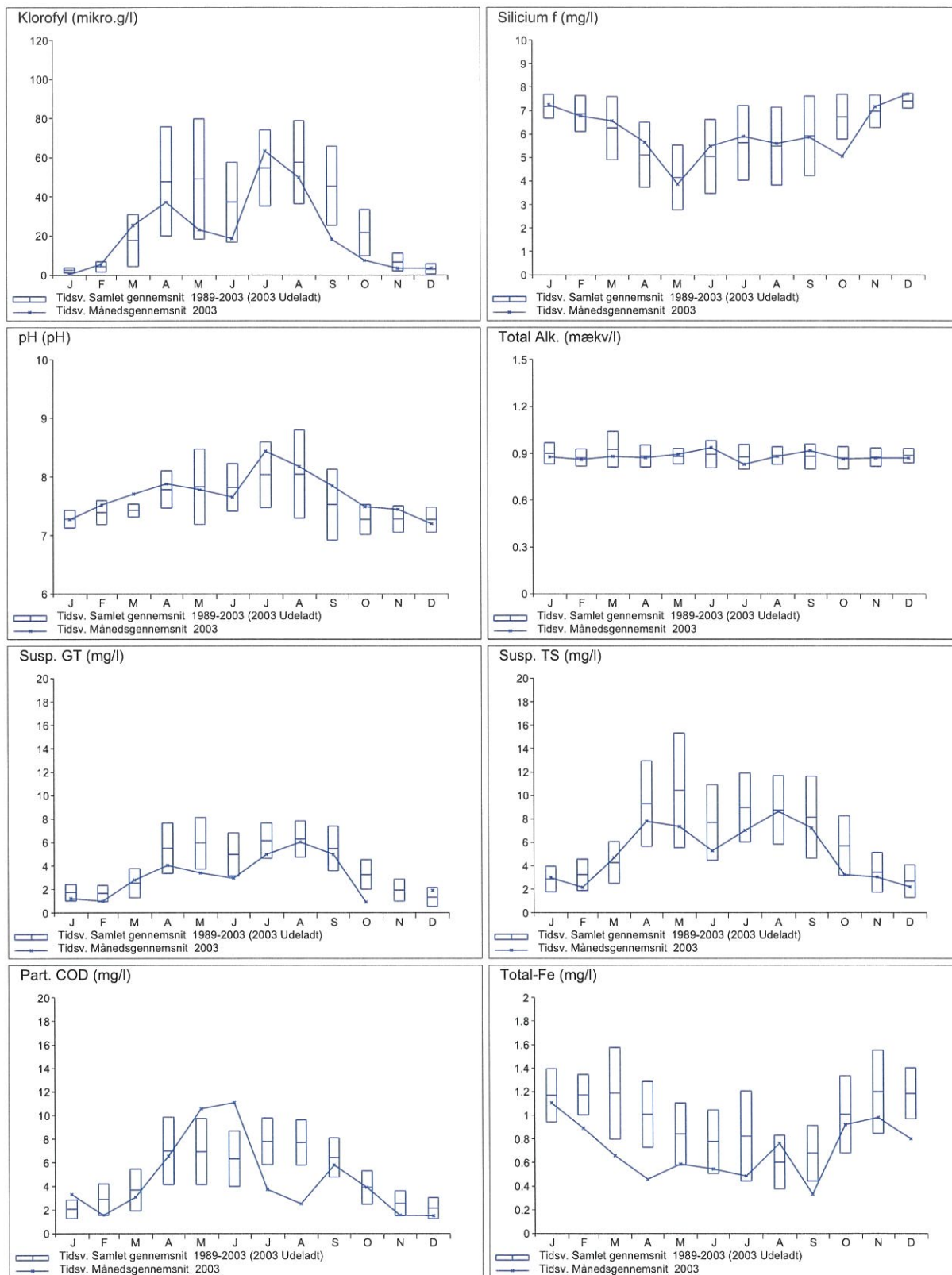
I de sidste 5 - 7 år har fosfortilførslerne været nogenlunde konstante, men ikke desto mindre er der fortsat sket en reduktion i fosforniveauet i søen. Reduktionen er formentlig sket, fordi søen hurtigt har aflastet overskyndende fosfor og stadig har stor jerntilførsel. En fosfortilbageholdelse på 49% i 2003 er således den højest målte i Ørn Sø i overvågningsperioden og vidner om en sø, der formentlig nu er i ligevægt med en betydelig lavere fosfortilførsel end i 1980'erne.

### Opløst silicium

Det gennemsnitlige indhold af opløst silicium har på årsbasis været meget stabil siden 1989 på grund af stabile tilførsler. I sommerhalvåret, hvor der sker en større optagelse af silicium fortrinsvis af kiselalgerne, har niveauet varieret. Der har dog ikke været nogen ensrettet udviklingstendens og variation skyldes hovedsagelig variationer i kiselalgerne forekomst og dermed forbrug af opløst silicium.

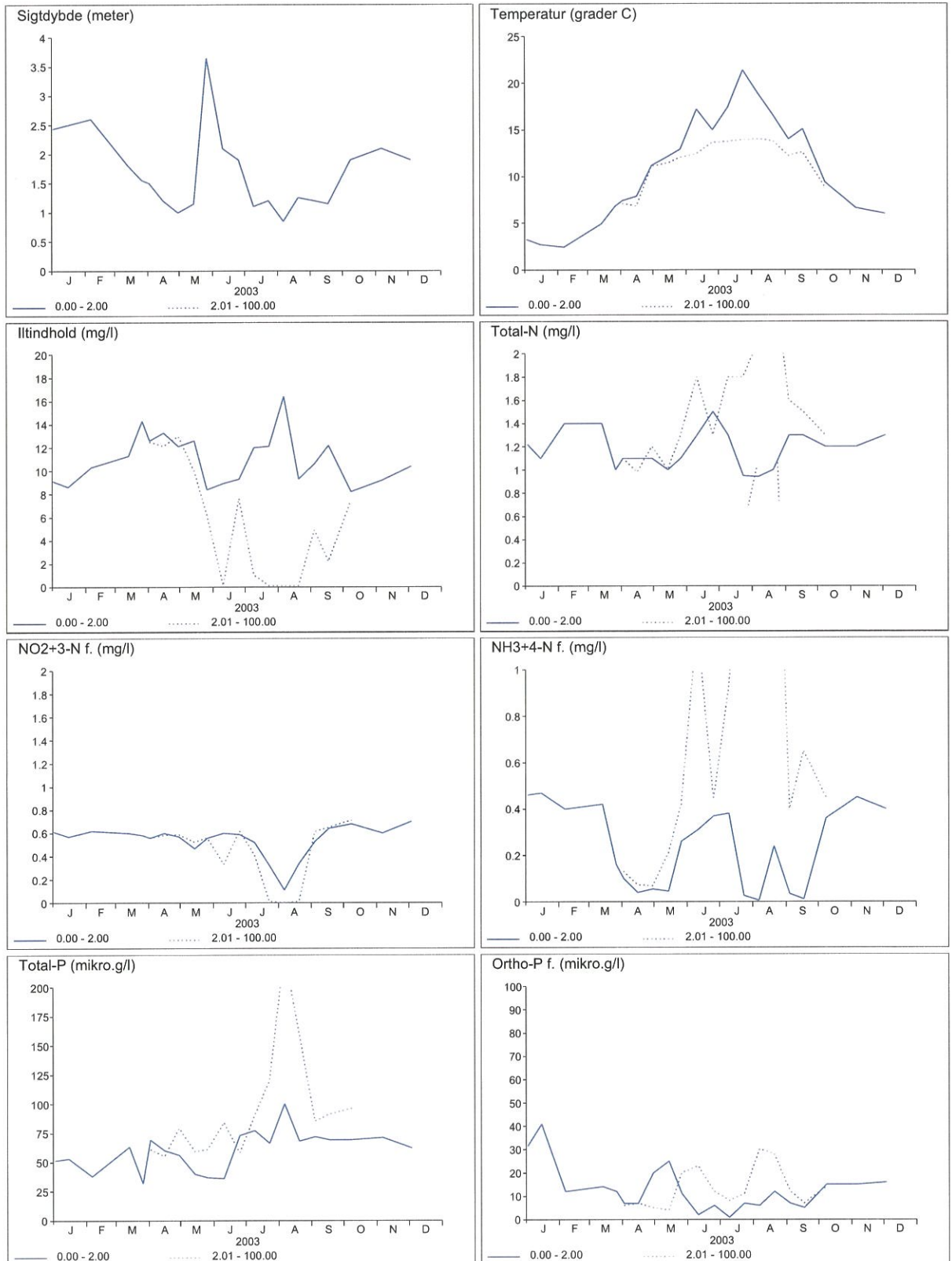


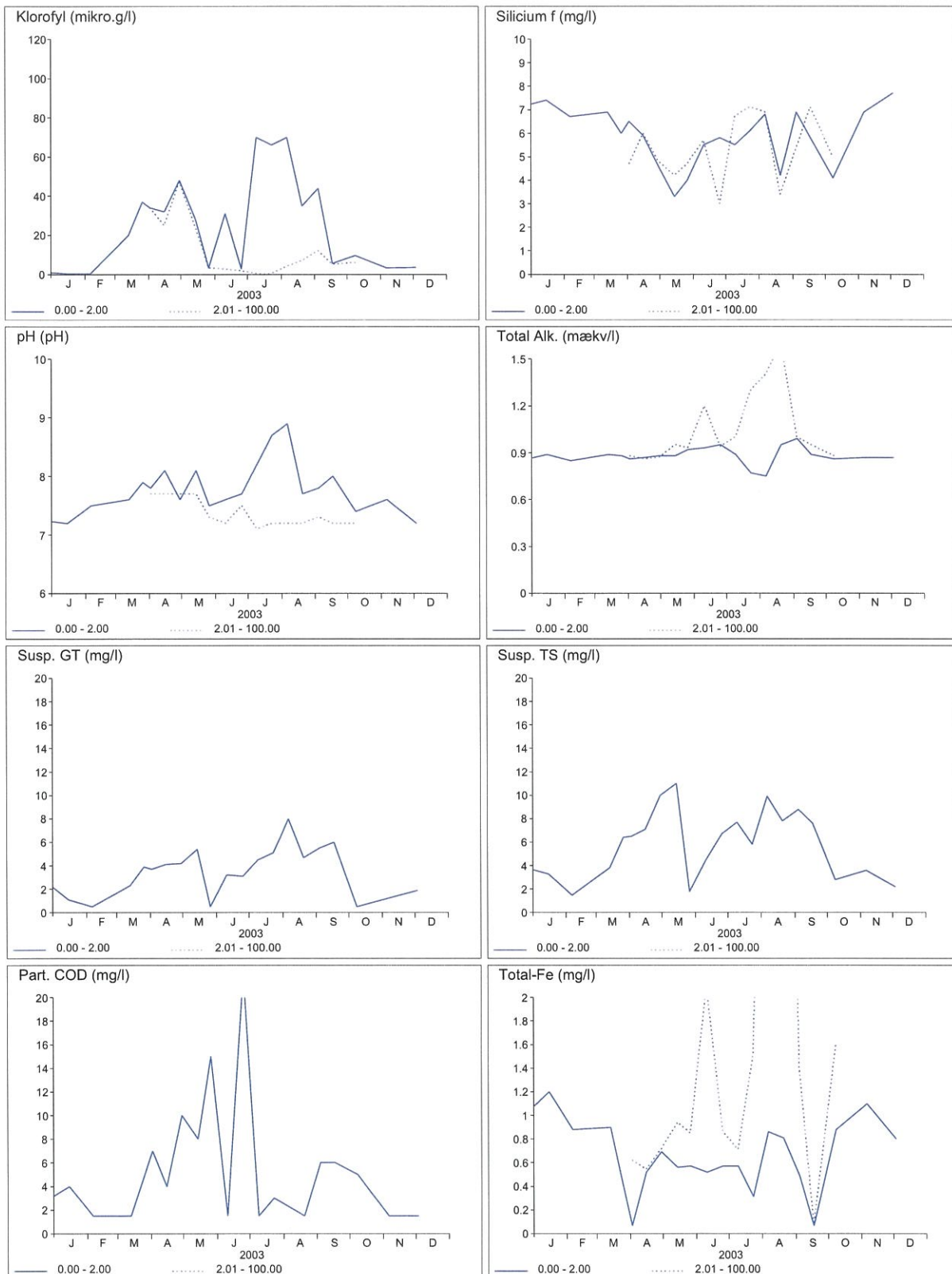




Figur 5.1. Tidsvægtede månedsgennemsnit af vandkemiske parametre i Ørn So i 2003 sammenholdt med månedsgennemsnit ( $\pm$ SE) for perioden 1989 - 2003.

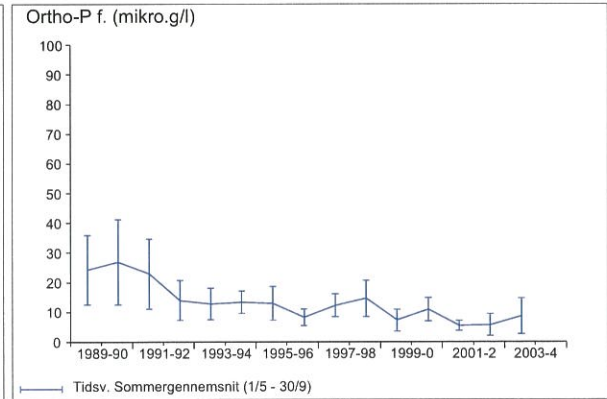
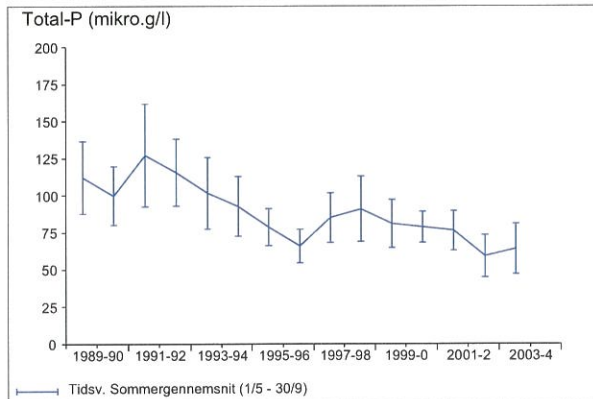
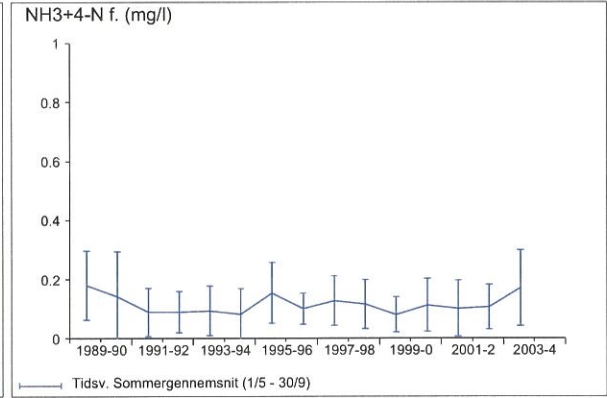
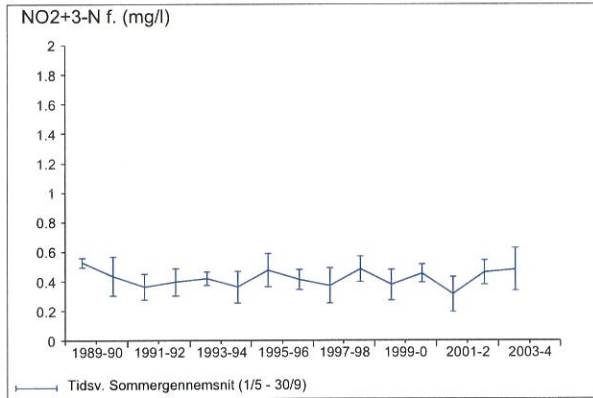
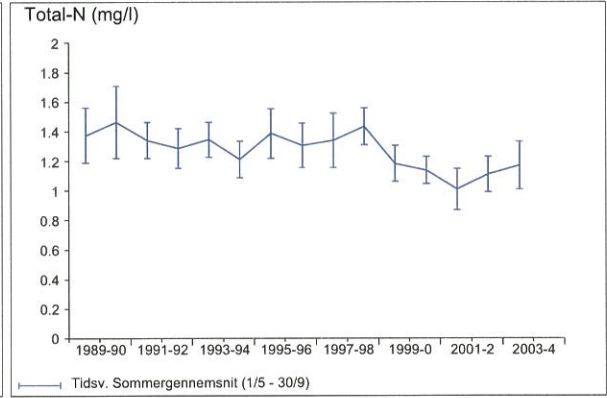
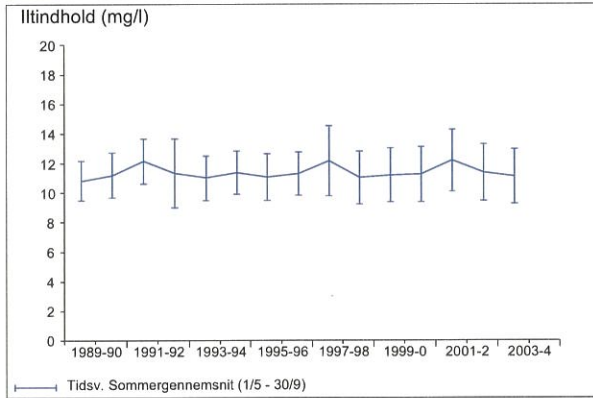
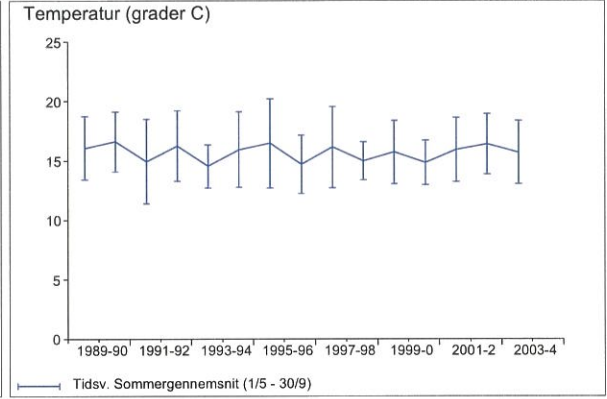
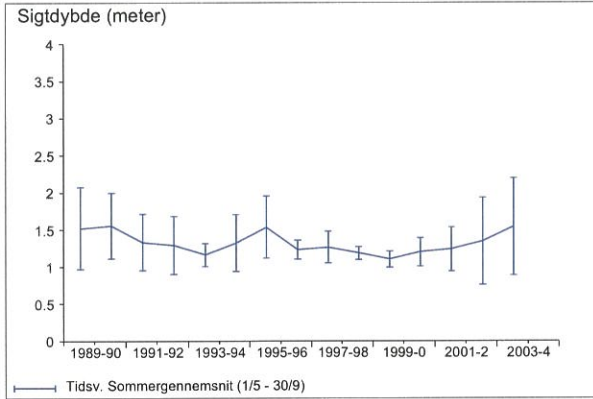


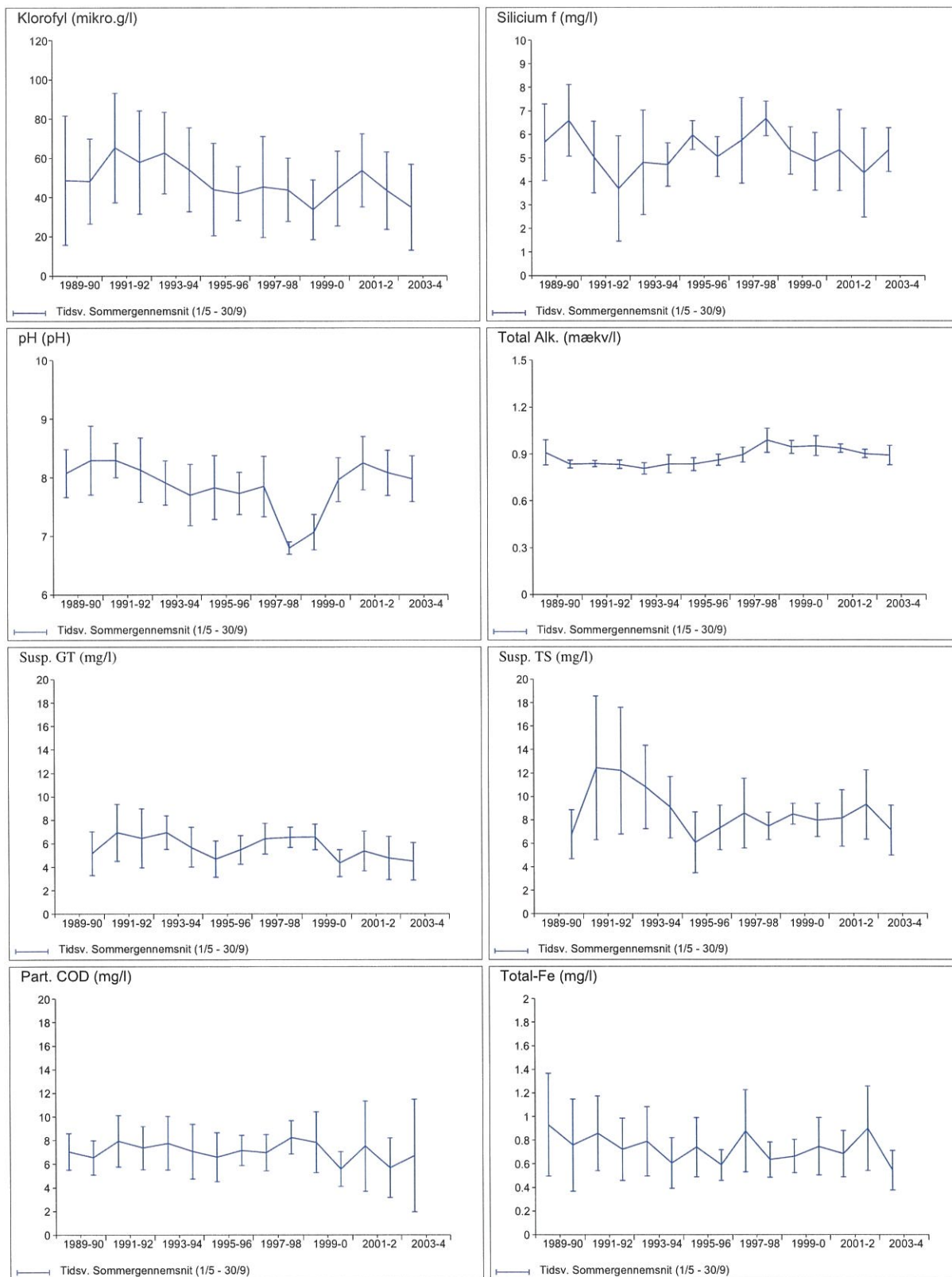




Figur 5.3. Årstidsvariationen i vandkemiske parametre i overflade- og bundvandet i Ørn Sø i 2003.







Figur 5.4. Tidsvægtede sommergennemsnit af vandkemiske parametre i overfladevandet i Ørn Sø 1989 - 2003.



### Suspenderet stof

Indholdet af suspenderet tørstof varierer noget fra år til år, men tilsyneladende uden nogen entydig sammenhæng med fytoplanktonmængden. Generelt er koncentrationen af suspenderet tørstof relativ lav. Der kan ikke påvises et signifikant fald i suspenderet stof og suspenderet glødetab, men med en p-værdi på henholdsvis 0,06 og 0,16 er det er tæt på.

### pH

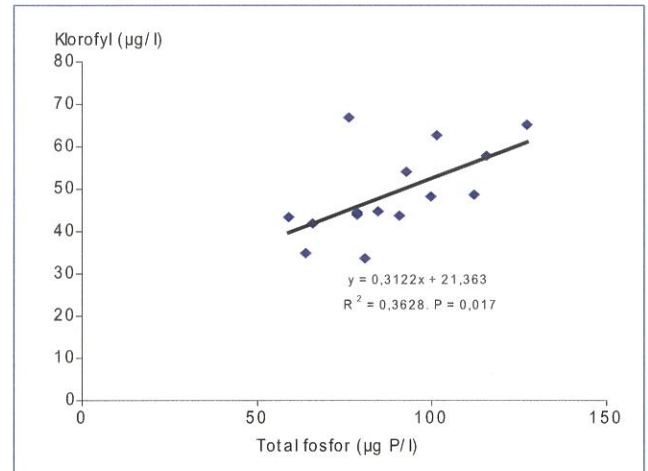
Variationer i pH i overfladevandet i Ørn Sø kan tages som udtryk for variationer i de biologiske forhold i søen og først og fremmest primærproduktionen. Generelt har pH i sommermånederne været ganske stabil og varieret mellem 7,5 og 8,5 siden 1989.

Det skal bemærkes, at pH-data fra 1998 og 1999 skal tages med store forbehold. Vi har en mistanke om, at laboratoriet i de år havde måleproblemer og generelt målte for lavt.

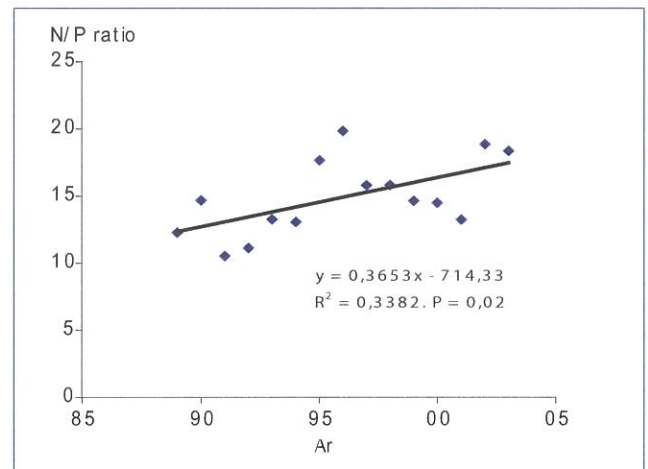
### Vandkemiske sammenhænge

Op i gennem 1980'erne var der en stor fosfortilførsel fra især dambrugene, hvilket resulterede i en stor fosfortilbageholdelse i søen og dermed betydelig lavere søkoncentrationer end indløbskoncentrationer. I 1989 var der således en fosfortilbageholdelse på 43%. I forbindelse med gennemførelsen af forureningsbegrænsende tiltag på dambrugene i begyndelsen af 1990'erne faldt fosfortilførslen til søen betydeligt, men på grund af en overskudspulje af fosfor i søsedimentet fra tidligere år var der en meget lav fosfortilbageholdelse i f.eks. 1991 og 1992. Søen har været ude af ligevægt mellem tilført fosfor og søkoncentration i ca. 10 år med, men i de sidste par år og især i 2003 er fosfortilbageholdelsen i søen steget til næsten 50% svarende til en søkoncentration om sommeren, som er halvt så stor som indløbskoncentrationen. Udfra en fosformodel (Vollenweider, 1976) kan der beregnes en tilbageholdelsesprocent på ca. 20% og en søkoncentration på ca. 90 µg P/l i 2003. Forskellen mellem modelberegnet og målt søkoncentration skyldes, at Ørn Sø på grund af en stor jerntilførsel har en langt større fosfortilbageholdelse end søer normalt. Det vurderes, at det nuværende forhold mellem indløbskoncentration og søkoncentration på 2:1 er tæt på det naturgivne for en sø i ligevægt, mens selve fosforniveauet på 60-65 µg P/l stadig er højere end det naturgivne.

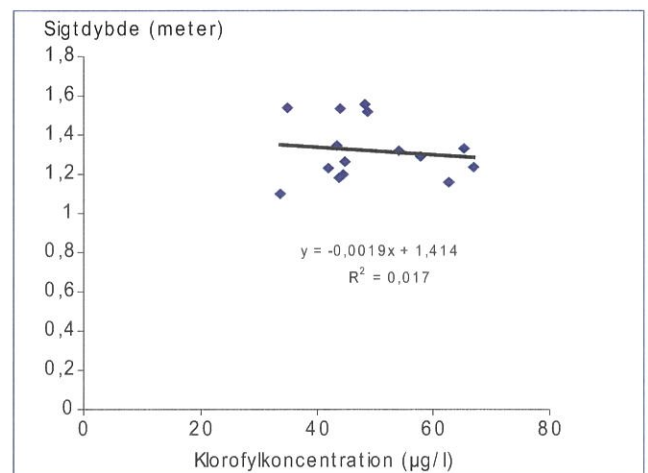
Fosforniveauet har indflydelse på fytoplanktonmængden (målt som klorofyl) i Ørn Sø. Der ses af en signifikant sammenhæng mellem sommergennemsnittet af total-P og klorofyl i overvågningsårene fra 1989-2003 (figur 5.5).



Figur 5.5. sammenhæng mellem totalfosfor og klorofyl (sommergennemsnit) i Ørn Sø.



Figur 5.6. Udviklingen i N/P ratio i Ørn Sø i perioden 1989 til 2003.



Figur 5.7. Sammenhæng mellem totalfosfor og klorofyl sommergennemsnit) i Ørn Sø.

Der er samtidig sket en signifikant stigning i N/P forholdet, fordi fosforkoncentrationen i søen er faldet mere end kvælstofkoncentrationen efter indgreb overfor dambrugenes forurening (figur 5.6). N/P ratio er i 2003 beregnet til 18, og ligger således betydeligt over Redfield ratio på 7, hvorunder kvælstof kan blive den begrænsende faktor for fytoplanktonvækst. Som tidligere nævnt er niveauet for uorganisk kvælstof også så højt, at der ikke er perioder med mulighed for kvælstofbegrænsning.

På trods af et fald et signifikant fald i klorofylmængden forårsaget af en reduceret fosfortilførsel til søen, kan der som nævnt påvises nogen signifikant stigning i sigtddybden. Figur 5.7 viser ingen sammenhæng mellem klorofyl og sigtddybde, hvilket formentlig skyldes, at næringsstofniveauet i søen og dermed klorofylkoncentrationen endnu er for høj til, at det for alvor slår igennem på sigtddybden. Der er dog begyndende tegn på forbedret sigtddybde i de seneste par år.

Det er fortsat vigtigt at reducere fosforniveauet i søen for at begrænse fytoplanktonvæksten. Når fytoplanktonmængden falder, vil ophvirvlingen af døde alger også falde. En væsentlig reduktion i ophvirvlingen af søens meget løse bundmateriale og dermed i indholdet af detritus i søvande opnås dog først, hvis undervandsvegetation etablerer sig i et væsentligt omfang i søen.

Selvom fosforniveauet i Ørn Sø i 2003 var omkring 60 µg P/l er det ikke sandsynligt, at undervandsvegetation vil etablere sig i søen. Mulighed for indvandring af undervandsplanter på lavt vand kræver en yderligere reduktion i fosforniveauet, som er meget vanskelig at gennemføre, da der ikke vurderes at være flere forureningskilder, som kan reduceres yderligere gennem regionplanen.



## 6. FYTO- OG ZOOPLANKTON

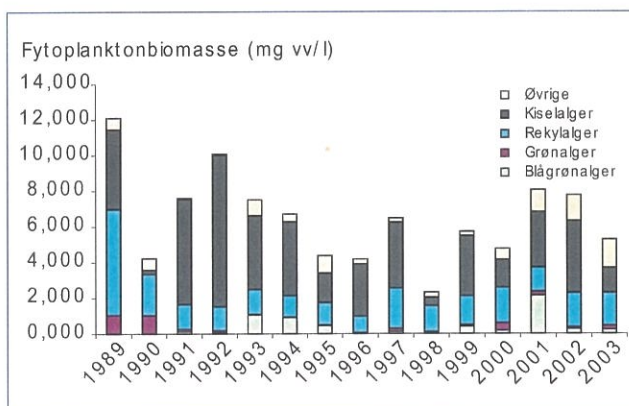
### Fytoplankton

Prøvetagning af fytoplankton i Ørn Sø blev foretaget i perioden marts-november og der blev i 2003 udtaget 17 fytoplanktonprøver til oparbejdning som foreskrevet i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag.

### Årstidsvariation 2003

Som i de tidligere år dominerede kiselalgerne i Ørn Sø i årets første halvdel (figur 6.2). Ørn Sø følger det typiske mønster for danske søer med en forårsopblomstring af kiselalger efterfulgt af en klarvandsperiode i forsommeren med få alger. I 2003 kom forårsopblomstringen af kiselalger relativt sent og toppede i begyndelsen af maj med en biomasse på ca. 5 mg vv/l. i april og maj.

Ofte er der i Ørn Sø en markant opblomstring af rekylalger som afløser for kiselalgerne. Rekylalger kan ernære sig delvist heterotroft af opløst organisk stof og optræder derfor ofte i forbindelse med andre algegrupperes opblomstringer og henfald. I den henseende var 2003 dog atypisk, idet rekylalgerne havde forårsopblomstring i marts/april inden kiselalgerne havde toppet. Klarvandsperioden opstod i slutningen af maj, hvor årets næstlaveste biomasse på ca. 0,5 mg vv/l blev registreret. I begyndelsen af juni, hvor biomassen endnu var lav, dominerede rekylalgerne, men der registreredes også en del gualger. Fra slutningen af juni steg biomassen kraftigt og nåede årets maksimum på ca. 12,5 mg vv/l i begyndelsen af juli. Her var der dominans af gualger, men også rekylalgerne var igen meget hyppige. Gualgerne forsvandt i løbet af juli, og resten af sommeren var der dominans af rekylalger og kiselalger med islet af øjealger og blågrønalger. Blågrønalgerne udgjorde på intet tidspunkt i 2003 mere end ca. 15% af biomassen.



Figur 6.1. Fytoplanktonbiomasse i Ørn Sø fra 1989 til 2003 fordelt på hovedgrupper og præsenteret som sommergennemsnit.

I løbet af efteråret blev rekylalgerne den helt dominerende gruppe, dog med en kortvarig opblomstring af koblingalger igen i oktober. Andre algegrupper som kiselalger og grønalger var til stede hen over efteråret i beskeden mængde.

I alt blev der fundet ca. 140 arter af fytoplankton i Ørn Sø i 2003, langt de fleste af dem dog meget sparsomt repræsenteret.

Samfundet af kiselalger bestod gennem hele året primært af små individer af *Aulacoseira* spp. (<5-10 µm). Derudover var der en forholdsvis stor mængde *Fragilaria* spp. og *Fragilariaria ulna* i foråret og sensommeren. Midt på sommeren var små cykliske kiselalger som *Cyclotella* spp (<10 µm) almindelige. Blandt gualgerne, der var meget hyppige i juli, dominerede *Uroglena* spp. med en biomasse på 6,1 mg vv/l. Samfundet af blågrønalger var sparsomt repræsenteret med kun 5 arter i 2003. Kun den lille kolonidannende *Cyano-dictyon imperfectum* og *Limnothrix planctonica* havde en kvantitativ betydning midt på sommeren.

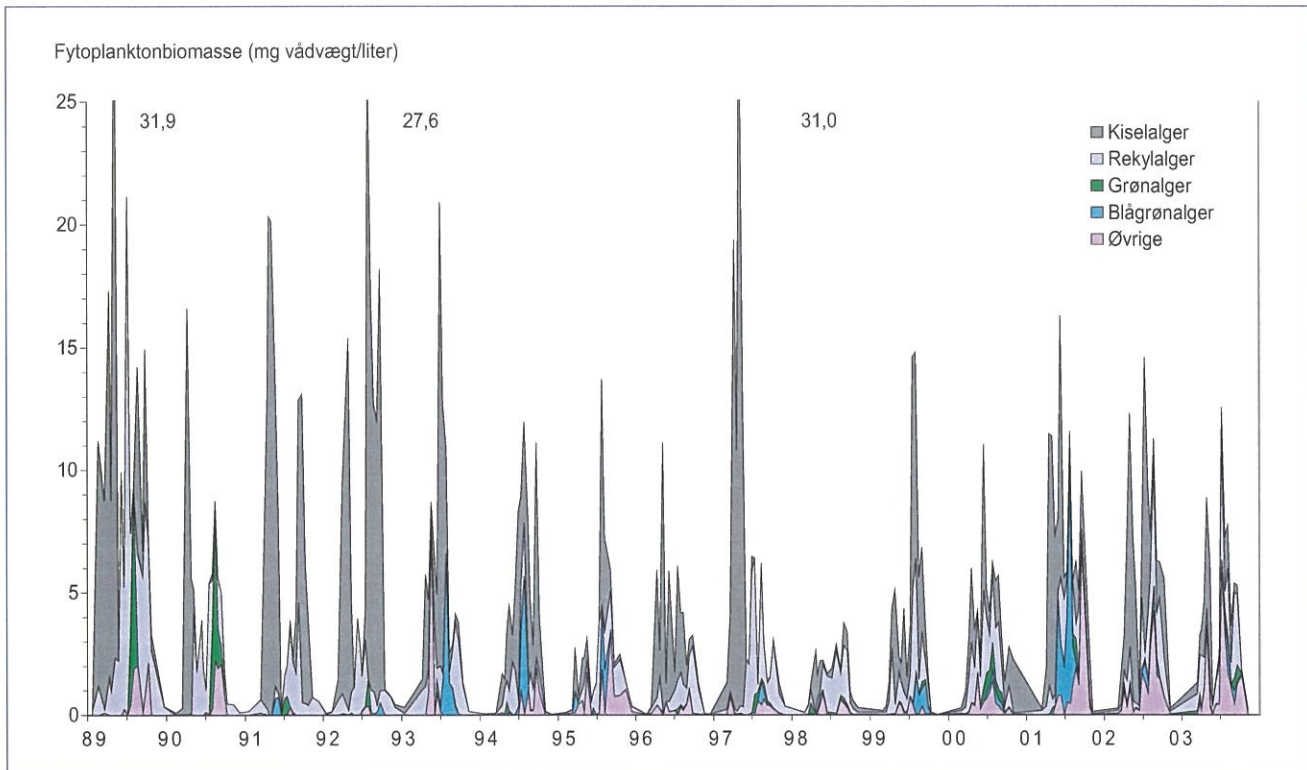
Generelt kan man sige, at fytoplanktonet i Ørn Sø i 2003 var præget af små hurtigt voksende arter indenfor kiselalger og rekylalger med periodisk dominans af kolonidannende gualger og et islet af blågrønalger og øjealger midt på sommeren.

### Udviklingstendenser

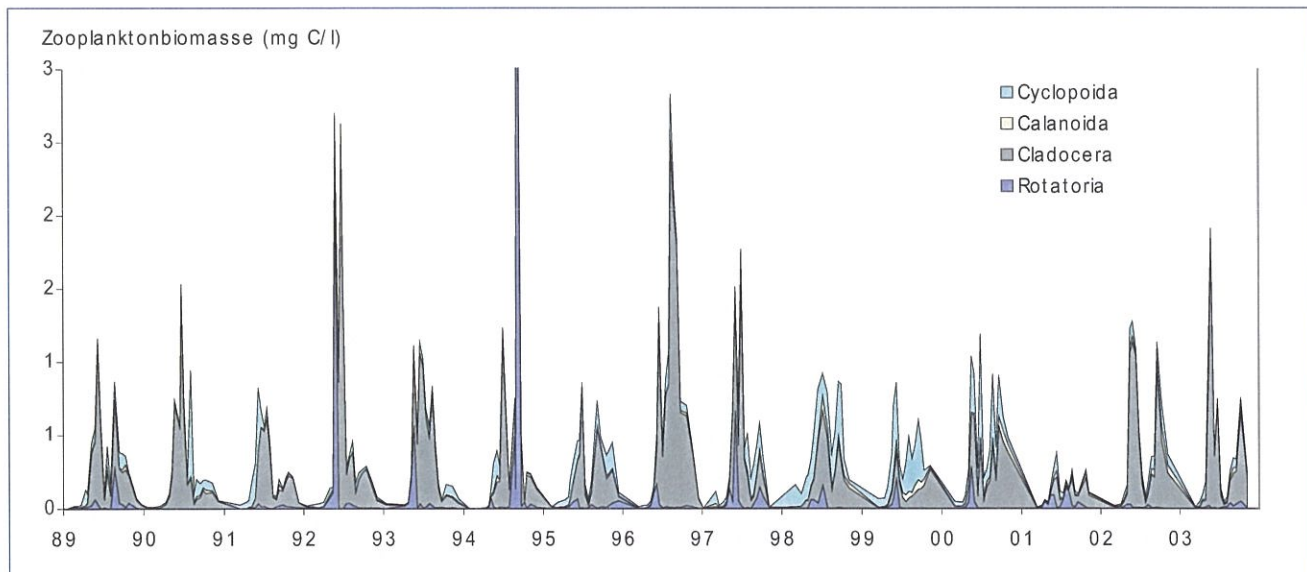
Generelt er algefördelingen i Ørn Sø konstant fra år til år med kiselalgerne som den dominerende algegruppe. I 2003 er biomassen af kiselalger imidlertid faldet, så rekylalgerne nu har en højere gennemsnitlig biomasse i sommerhalvåret. Blandt de øvrige grupper har blågrønalgerne i visse år som 2001 været hyppigt til stede, hvorimod f.eks. grønalger som gruppe aldrig har været betydende (figur 6.1). I de senere år er gualgerne derimod blevet hyppige og i korte perioder om sommeren helt dominerende med nogle få arter.

Algebiomassen varierer noget fra år til år. Siden 1989 er der registreret en gennemsnitlig sommerbiomasse varierende fra et minimum i 1998 på ca. 2,5 mg vv/l til et højeste sommergennemsnit på 12 mg vv/l i 1989. I 2003 var sommergennemsnittet 5,3 mg vv/l og dermed stort set som gennemsnittet i perioden fra 1989 til 2003. Ørn Sø ligger dog under medianen for søerne i overvågningsprogrammet på 7,8 mg vv/l (Jensen m.fl., 2003).

Der kan ikke påvises nogen signifikant ændring af års- eller sommergennemsnit, hverken på totalbiomassen eller de enkelte algegrupperes hyppighed. Som nævnt i kapitel 5



Figur 6.2. Variationen i Fytoplanktonbiomassen i Ørn Sø fra 1989 til 2003 fordelt på de dominerende algegrupper



Figur 6.3. Variationen i zooplanktonmassen i Ørn Sø fra 1989 til 2003 fordelt på hovedgrupper.

kan der dokumenteres et lille men signifikant fald i søens klorofylmængde i samme periode. Forskellen mellem udviklingen i algebiomasse og klorofyl kan skyldes ændringer i artssammensætningen i retning af arter med et lavere klorofylindhold, f.eks. ved favorisering af delvist heterotroft ernærende flagellater, der ikke har så stort et behov for klorofyl til vækst.

Det manglende fald i biomassen af fytoplankton på trods af en signifikant reduktion i kvælstof- og fosforkoncentrationen i søen skyldes en fortsat høj næringsstofftilførsel til søen. Fytoplanktons vækst i Ørn Sø er på det nuværende niveau således ikke i tilstrækkelig grad reguleret » fra neden« af tilgængeligheden af opløste næringsstoffer.



Reguleringen »fra oven« fra zooplanktonets græsning er forholdsvis beskeden det meste af året og begrænser derfor heller ikke i væsentlig grad væksten af fyttoplankton i søen.

### Zooplankton

Prøvetagning af zooplankton i Ørn Sø blev foretaget i perioden marts-november og der blev i 2003 udtaget 16 zooplanktonprøver til oparbejdning som foreskrevet i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag.

Zooplanktonet i Ørn Sø bestod i 2003 langt overvejende af cladoceer ligesom i de foregående måleår. I enkelte år siden 1989 har hjuldyr og cyclopoide copepoder dog udvist biomasser, der var større end cladoceernes. Det er de store dafniearter som *Daphnia cucullata*, og *Daphnia galeata* og især *Daphnia hyalina*, der dominerer blandt cladoceerne. Sidstnævnte er blevet mere hyppig de seneste år. Cladoceerne opnåede som gruppe kortvarigt en biomasse på omkring 1,8 mg C/l slutningen af maj, hvilket er det højeste siden 1996. De øvrige zooplanktongrupper som hjuldyr og vandlopper havde alle biomasser mindre end 0,1 mg C/l og er således mindre væsentlige elementer i zooplanktonet i Ørn Sø.

### Årstidsvariation 2003

I 2003 steg zooplanktonbiomassen som normalt i maj efter fyttoplanktonets forårsopblomstring (figur 6.3). Forsommerens zooplanktonmaksimum blev afløst af en mindre biomasse i juli, før sensommerens maksimum voksede op i august og september. *Daphnia cucullata* er normalt den dominerende art i Ørn Sø. I visse år har der dog også været en opvækst af specielt *D. galeata* i forårmånederne, hvorimod *D. hyalina* kun er registreret i meget små mængder, bortset fra 2002 og 2003, hvor arten har haft maksima i maj på ca. 0,5 mg C/l. *D. galeata* og *D. hyalina* er store arter som ofte er udsat for en kraftig prædation fra planktonædende fisk i eutrofe søer. Derfor forsvandt de næsten i løbet af juli måned, hvor fiskeynglen typisk gør et stort indhug i bestanden. De cyclopoide copepoder har i visse år været betydelige i perioder sidst på sommeren, men i de senere år og især i 2003 er denne gruppe gået kraftigt tilbage.

Rotatoriernes forekomst har varieret gennem årene, ligesom tidspunktet, hvor de har dannet maksimum, har været forskelligt. *Asplanchna priodonta*, der er et rovdyr, er almindeligt forekommende i Ørn Sø og har i tidligere år været den dominerende rotatorieart. I 2003 var der generelt en meget beskeden forekomst af rotatorier med *A. priodonta* som den vigtigste.

### Udviklingstendenser

Den samlede zooplanktonbiomasse var stort set som gennemsnittet af perioden fra 1989 til 2003 (figur 6.4) Dermed var biomassen oppe på et normalt niveau i modsætning til 2001, hvor der var meget lidt zooplankton i Ørn Sø.

Der har været et temmeligt varierende indhold af zooplankton i Ørn Sø siden 1989, fra et maksimum for sommergennemsnittet i 1996 på mere end 1 mg C/l til et minimum i 2001, hvor sommergennemsnittet var mindre end 0,2 mg C/l.

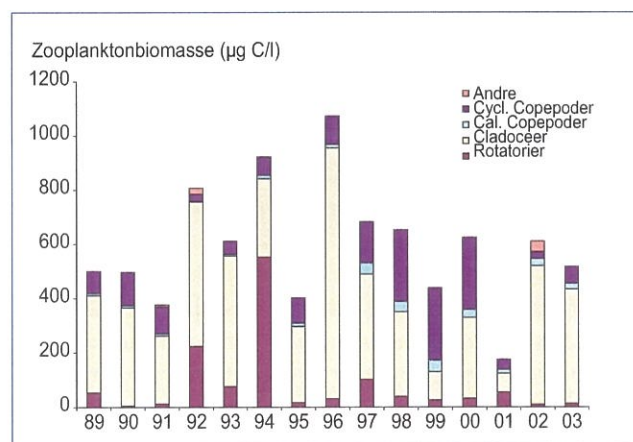
Det vurderes, at variationen i forekomsten af de enkelte zooplanktonarter fra år til år er udtryk for almindelig år til år variation fremfor, at der er sket en ensrettet udvikling i søen. Der kan således ikke påvises nogen signifikant ændring af biomassen af zooplankton i Ørn Sø, hverken af års- eller sommergennemsnit.

### Regulerende faktorer for zooplanktonets forekomst

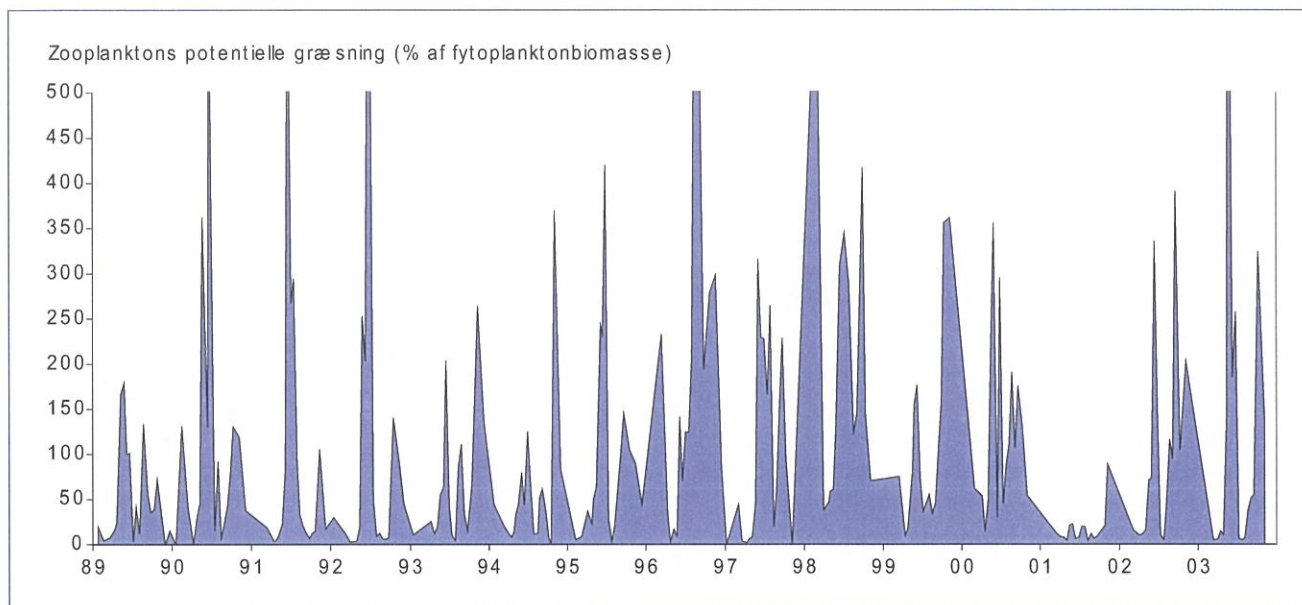
Zooplanktons sammensætning og biomasse er dels betinget af tilgængeligheden af egnede fødeemner (alger og bakterier) og dels af mængden af prædatorer, som lever af zooplankton (fisk og carnivort zooplankton).

### Græsning og prædation

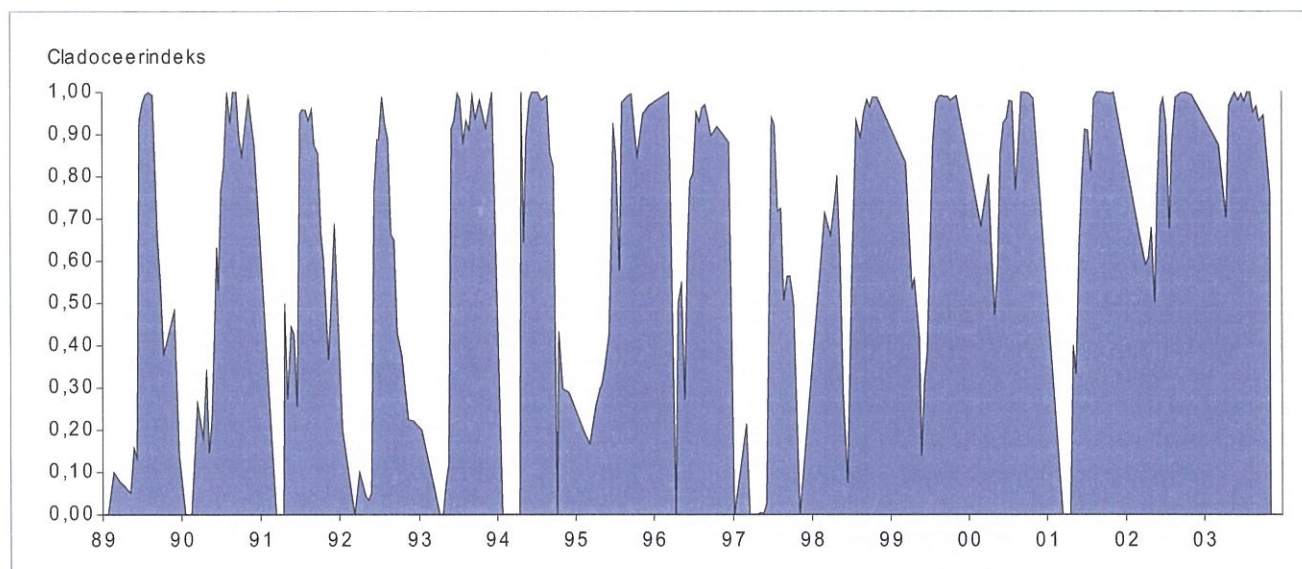
Den beregnede fødeoptagelse for de enkelte grupper er skønnet ud fra deres energibehov pr. dag under optimale forhold og antages at være 200% for rotatorier, 100% for cladoceer og 50% for copepoder. Ved meget lave fødekonzentrationer, svarende til en algebiomasse mindre end 0,2 mg C/l, nedsætter dyrene fødeoptagelsen og da vil en korrektion af fødeoptagelsen være nødvendig (jf. Hansen et al. 1992). Generelt optager de filtrerende zooplanktonarter



Figur 6.4. Zooplanktonmassen i Ørn Sø fra 1989 til 2003 fordelt på hovedgruppen og præsenteret som sommergennemsnit.



Figur 6.5. Zooplanktonets potentielle græsning på fytoplanktonet i Ørn Sø fra 1989 - 2003.



Figur 6.6. Cladoceerindeks i Ørn Sø fra 1989 - 2003.

mest effektivt fødepartikler  $< 50 \mu\text{m}$ , men partikler  $< 20 \mu\text{m}$  må anses for det optimale.

I figur 6.5 er zooplanktonets potentielle græsning på den samlede fytoplanktonbiomasse præsenteret. Det fremgår, at zooplanktonets fødeoptagelse i forårmånederne var meget beskednen. Zooplanktonet var således ikke i stand til at regulere fytoplanktonmængden i væsentligt omfang i denne periode. I maj og juni steg zooplanktonbiomassen som normalt. Her kan zooplanktonet traditionelt regulere fytoplanktonet kraftigt og som følge heraf, er der en periode med forholdsvis klart vand i søen. I 2003 var vandet særligt

klart med en sigtddybe i slutningen af maj på næsten 4 meter. Igen i august og september var zooplanktonet i et vist omfang i stand til at regulere fytoplanktonbiomassen med en potentiel græsningsprocent på mere end 100%. På trods af den forholdsvis store zooplanktonbiomasse var der dog også relativt meget fytoplankton og sigtddyben var som følge heraf lav i sensommeren, hvilket sandsynligvis skyldtes en større forekomst af store fytoplanktonarter i denne periode.

Generelt har zooplanktonet i Ørn Sø i 2003 altså periodevis haft en betydelig regulerende effekt på mængden af fyto-



plankton i sommerperioden fra maj til september. Som det fremgår af figur 6.5 er der betydelig år til år variation i den gennemsnitlige græsning på fytoplankton i sommerhalvåret, men der kan ikke påvises nogen signifikant ændringer siden 1989.

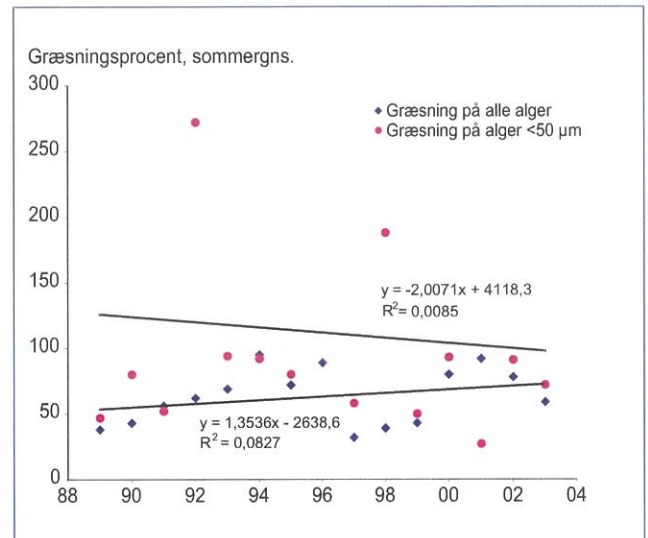
Det er ikke kun tilgængeligheden af alger, der er bestemmende for zooplanktonets sammensætning og biomasse. Prædation på zooplanktonet fra de planktivore fisk er også af afgørende betydning.

Prædation på zooplanktonet sker fortrinsvis på de store individer, men generelt vil en stor prædation kunne ses som et fald i biomassen. Kraftig prædationen vil endvidere typisk medføre et fald i cladoceer-indexet, der er forholdet mellem antallet af Daphnia og det samlede antal cladoceer (figur 6.6).

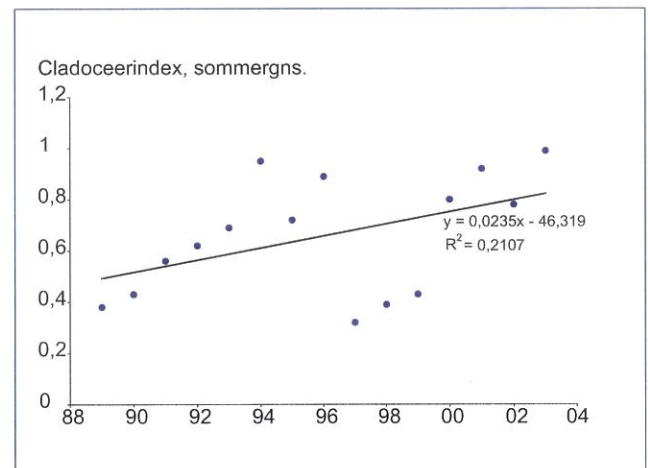
Generelt er der - specielt i de senere år - en forholdsvis høj andel af store dafnier blandt cladoceerne. Da fytoplanktonmængden ikke er blevet mindre og sigt dybden ikke er blevet større er der dog ikke noget der tyder på, at de relativt flere store dafnier har været i stand til at regulere fytoplanktonbiomassen i højere end tidligere i sommerhalvåret. På trods af en stigning i cladoceerindexet i de seneste år kan der ikke påvises nogen signifikant ændring af cladoceerindexet siden 1989, der har varieret fra 0,32 til 0,99 i overvågningsperioden (figur 6.8).

#### Samlet vurdering af fyto- og zooplankton i Ørn Sø

Der er en svag men ikke signifikant tendens til, at klorofylkoncentrationen reduceres med stigende zooplanktonbiomasse og at der dermed er en vis regulerende effekt på fytoplanktonet, når zooplanktonet når en given biomasse. Selvom næringsstoffiltørserne til søen og næringsstoffkoncentrationerne i søvandet er reduceret i de senere år er zooplanktonbiomassen alt i alt ikke blevet større og sigt dybden er ikke blevet forbedret. Det reducerede næringsstoffniveau har således endnu ikke medført nogen væsentlig ændring på fyto- og zooplanktonsamfundene i søen. Et højt cladoceerindex i de senere år med periodevis dominans af store dafniearter, som er i stand til effektivt at nedgræsse fytoplankton og skabe markante klarvandsperioder, tyder dog på en bedre balance mellem fyto- og zooplankton end i starten af 1990'erne. Det stemmer også godt overens med den generelle tendens for søerne i overvågningsprogrammet (Jensen m.fl., 2003). Forklaringen kan være et aftagende prædationspres fra planktonædende fisk.



Figur 6.7. Udviklingen i zooplanktons græsning i Ørn Sø i perioden 1989 til 2003.



Figur 6.8. udviklingen i cladoceerindex, sommergennemsnit i Ørn Sø i perioden 1989 til 2003.

## 7. FISKEYNGEL

Fiskenes årsyngel kan udøve et stort prædationstryk på zooplanktonet. Zooplanktonet regulerer i høj grad mængden af fytoplankton ved deres græsning og dermed også sigtddybden i søen. For at kunne forklare udviklingen i miljøtilstanden kan det derfor være nødvendigt at kende mængden af årsyngel.

Fiskeyngelundersøgelser blev optaget i Vandmiljøplanens overvågningsprogram som en obligatorisk del af søundersøgelserne i 1998.

Der er udarbejdet en anvisning vedrørende fiskeyngelundersøgelser i søer (Lauridsen, T.L. et al, 1998), som fiskeyngelundersøgelserne i Ørn Sø er udført efter.

Formålet med fiskeyngelundersøgelserne er at beskrive fiskenes og fiskeyngelens rolle som strukturerende element for zoo- og fytoplankton sammensætningen og dermed på miljøkvaliteten, at supplere den nuværende fiskeundersøgelse med viden om fiskeyngelens antal og sammensætning og at beskrive år til år variationerne i årsynglen.

Referencerammen for disse yngelundersøgelser er endnu beskeden. Derfor vil 2003-undersøgelserne kort blive beskrevet og sammenlignet med yngelundersøgelserne fra 1998 til 2002.

Fra fiskeyngelundersøgelser i danske og udenlandske lavvandede søer er erfaringen, at der kan være en meget varierende fangst fra sø til sø. Afgørende for fangsten er blandt andet, om søen er dyb eller lavvandet, og om der er undervandsvegetation i den lavvandede sø.

Ørn Sø er en lavvandet sø uden undervandsvegetation og derfor kan det forventes, at der vil være mest yngel i littoralzonen, som primært vil bestå af skaller. I pelagiet er der noget mindre fiskeyngel bestående fortrinsvis af aborrer.

### Metode

Fiskeyngelundersøgelsen i Ørn Sø i 2003 blev gennemført d. 9. juli. Undersøgelsen er gennemført efter vejledningen i fiskeyngelundersøgelser i søer (Teknisk anvisning fra DMU, 1998).

Søen blev inddelt i de samme 6 sektioner, som anvendes til de traditionelle fiskeundersøgelser. Heri blev der fisket i to transekter i henholdsvis littoralzonen og i pelagiet. Fiskeriet er foretaget med et standard yngelnet (Hope net) nedsænket til 50 cm's dybde og fisket med en hastighed på 1,5 - 2 m/s. Fiskeriet er foretaget i tidsrummet 02.00 - 02.30 i klart vejr med let vind (3 m/s). Varigheden af fiskeriet ved hver transekt er 1 - 2 minutter.

### Resultater

Der har været meget store forskelle i fangsterne i de fem år, hvor yngelundersøgelserne er foretaget. Det er afgørende for resultatet, hvordan vejret er på undersøgelsesnatten, men også de foregående måneders vejrforhold spiller ind. Vejrforholdene i maj og juni har nemlig afgørende betydning for årsyngelens udvikling og dermed på yngelens størrelse og fordeling i søen.

Placering	Sektion	m <sup>3</sup>	Art	Antal	Antal/m <sup>3</sup>	Vægt (g)	Vægt (g)/m <sup>3</sup>
Littoral	1	18,76	Skalleyngel ( <i>Rutilus rutilus</i> )	2	0,11	0,22	0,01
			Brasenyngel ( <i>Abramis brama</i> )	3	0,16	0,05	0,00
	3	17,45	Skalleyngel ( <i>Rutilus rutilus</i> )	1	0,06	0,04	0,00
	5	17,60	Aborrengel ( <i>Perca fluviatilis</i> )	1	0,06	0,62	0,04
			Smeltyngel ( <i>Osmerus eperlanus</i> )	1	0,06	0,67	0,04
			Brasenyngel ( <i>Abramis brama</i> )	1	0,05	0,05	0,00
Pelagiet 1	3	18,61	Aborrengel ( <i>Perca fluviatilis</i> )	1	0,05	0,31	0,02
	4	18,95	Aborrengel ( <i>Perca fluviatilis</i> )	1	0,05	0,40	0,02
	5	20,69	Aborrengel ( <i>Perca fluviatilis</i> )	2	0,10	1,20	0,06
			Smeltyngel ( <i>Osmerus eperlanus</i> )	1	0,05	0,52	0,03
	6	37,83	Aborrengel ( <i>Perca fluviatilis</i> )	1	0,03	0,39	0,01
			Smeltyngel ( <i>Osmerus eperlanus</i> )	1	0,03	0,29	0,01

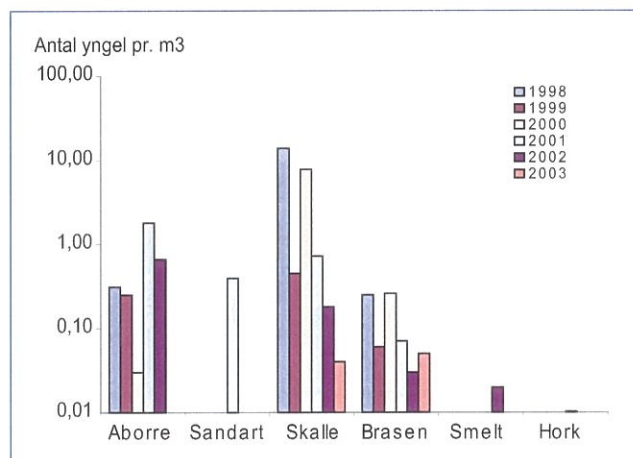
Tablet 7.1. Fangsten af fiskeyngel i Ørn Sø i 2003



Gennemsnit - hele søen		1998 Antal pr m <sup>3</sup>	1999 Antal pr m <sup>3</sup>	2000 Antal pr m <sup>3</sup>	2001 Antal pr m <sup>3</sup>	2002 Antal pr m <sup>3</sup>	2003 Antal pr m <sup>3</sup>
Littoral	Aborre	0,31	0,25	0,03	1,81	0,66	0,01
	Sandart				0,39		
	Skalle	13,96	0,45	7,82	0,72	0,18	0,04
	Brasen	0,25	0,06	0,26	0,07	0,03	0,05
	Smelt					0,02	0,01
	Hork				0,01		
	Sum	14,52	0,76	8,11	3,01	0,89	0,11
Pelagie	Aborre			0,01	0,26	0,24	0,05
	Sandart				0,12		
	Skalle	0,03	0,08	0,09	0,08		
	Smelt					0,04	0,02
	Brasen		0,02				
	Sum	0,03	0,10	0,10	0,46	0,28	0,07

Tabel 7.2. Den gennemsnitlige fangst af fiskeyngel i littoralzonen og pelagiet i Ørn Sø fra 1998 til 2003.

I tabel 7.1 er fangsten i Ørn Sø i 2003 præsenteret. Fangsten var generelt lille med 9 fisk i littoralen og 7 i pelagiet. Særligt bemærkelsesværdigt er det, at der stort set ikke blev fanget noget skalle-yngel i 2003. Kun i littoralzonen blev der fanget ganske få individer og væsentligt færre end i f.eks. 1998 og 2000 (tabel 7.2). Fangsten af aborre-yngel i littoralzonen har været mere stabil i undersøgelsesårene, men 2003 var dog et år med meget lidt aborre-yngel både i littoralen og pelagiet.



Figur 7.1. Fangst i littoralzonen i Ørn Sø i perioden 1998 - 2003.

Der er i alle fem undersøgelsesår fanget ganske lidt brasen-yngel i littoralen. I 2002 og 2003 blev der for første gang fanget smeltyngel. Til gengæld blev der ikke registreret sandart og horkyngel, som tidligere er blevet fanget i små mængder. I pelagiet blev der også fanget yngel af smelt. Her er der heller ikke før 2002 fanget smeltyngel.

Som nævnt varierer fangsterne meget fra år til år og særligt er der en voldsom variation i fangsten af skalle-yngel i littoralzonen (figur 7.1). Den store variation skal sandsynligvis tilskrives metodiske usikkerheder fremfor variationer af denne størrelse i yngelsucces. Med en samlet fangst på 0,11 fisk/m<sup>3</sup> i littoralen og 0,07 fisk/m<sup>3</sup> i pelagiet ligger Ørn Sø noget under medianen for overvågnings søerne (Jensen m.fl. 2002).

Erfaringerne er endnu for små til at kunne tolke på disse meget varierende data, men generelt kan det fastslås, at det er meget svært at fange fiskeyngelen i pelagiet i lidt dybere søer, og at fangsten i pelagiet derfor er mindre end forventet. I littoralen ses det ofte, at yngelen optræder i stimer. Derfor kan fangsten her være meget varierende fra år til år afhængigt af, om man tilfældigvis får en stime i nettet.

Da fiskeynglen hovedsagelig lever af de store zooplanktonarter vil man forvente, at andelen af cladoceer er størst i år med lidt fiskeyngel. (Der kan dog ikke påvises nogen sammenhæng mellem) antal fiskeyngel og cladoceerindexet

som sommergennemsnit (andelen af dafnier i zooplanktonbiomassen) i littoralen og pelagiet, formentlig fordi der er så stor usikkerhed på kvantificering af fiskeyngel og selvfølgelig også en vis usikkerhed på zooplanktonbiomassen.



## 8. TILSTAND OG MÅLSÆTNING

Tilstanden i Ørn Sø har ikke ændret sig nævneværdigt i de seneste ti år. Søen er fortsat karakteriseret af temmeligt uklart vand, en bred rørskov, og der er ingen undervandsplanter.

Fosforkoncentrationen i søvandet er dog reduceret fra et niveau på 100 - 110 µg P/l omkring 1990 til 64 µg P/l (sommergennemsnit) i 2003. Reduktionen i indholdet af fosfor har medført en reduktion i klorofylkoncentrationen, men fytoplanktongruppernes indbyrdes fordeling ikke har ændret sig væsentligt i de senere år.

En sigtddybe på 1,5 meter (sommergennemsnit) i 2003 er nogenlunde det samme som i de øvrige overvågningsår, dog er der en tendens til større sigtddybe i de sidste to år. Grunden til manglende respons i sigtddyben på en faldende klorofylkoncentration er, at fytoplanktonmængden endnu er for stor til at sikre en markant forbedring af sigtddyben.

Det er nødvendigt at reducere fosfortilførslen til søen yderligere for at få en markant forbedring af sigtddyben og dermed skabe mulighed for etablering af undervandsplanter i de lavvandede områder af søen. Der er også sket en reduktion i kvælstofkoncentrationen, men niveauet af uorganisk kvælstof er stadig så højt i søen, at fytoplankton aldrig vækstbegrænses på grund af kvælstofmangel. N/P ratioen var 18 i 2003, og det vil være meget vanskeligt at reducere kvælstoftilførslen tilstrækkeligt til at få en effekt på fytoplankton og sigtddyben i Ørn Sø på grund af stor grundvandstilførsel og den hurtige gennemstrømning i søen. Der skal derfor fortsat fokuseres på at nedbringe fosfortilførslen.

I 2003 var den samlede fosfortilførsel 3721 kg og den gennemsnitlige indløbskoncentration 111 µg P/l. I Vandkvalitetsplanen for Århus Amt (2001) er det anført, at den vandføringsvægtede indløbskoncentration af fosfor skal være mindre end 90 µg P/l. Dette krav var således ikke opfyldt i 2003.

I 2003 var den gennemsnitlige sommerkoncentration for total fosfor 64 µg P/l og dermed lidt over de 60 µg P/l, som i følge Vandkvalitetsplanen skal tilstræbes i Ørn Sø. 60 µg P/l i søen forventes at medføre en sigtddybe på ca. 1,5 meter i sommerhalvåret. I 2003 var den gennemsnitlige sommer-sigtddybe 1,5 meter.

En sigtddybe på 1,5 meter som et sommerniveau vil ikke skabe tilstrækkelige forudsætninger for, at undervandsplanter kan etablere sig i søen.

I Vandkvalitetsplanen er den totale fosfortilførsel opgjort på enkeltkilder. Fosfortilførslen til Ørn Sø i 2003 fra disse

enkeltkilder opfyldte ikke alle målsætningen for Ørn Sø, idet fosforbidraget fra henholdsvis regnvandsoverløb med 119 kg i 2003 overskred kvoten på 50 kg årligt.

**Ørn Sø's målsætning var samlet set ikke opfyldt i 2003.**

Det kan ikke forventes ingen væsentlige forbedringer i Ørn Sø, når alle målsætningens dele er opfyldt. Hertil er fosforniveauet stadig for højt, og sigtddyben for lav.

Med de nuværende fosforkvoter er det derfor tvivlsomt, om der kan genindvandre undervandsvegetation i søen, og at en B-målsætning vil kunne opfyldes.

På baggrund af studier af frørester i sedimentet og historiske kilder vides det, at der tidligere har vokset undervandsplanter i Ørn Sø. Det vurderes, at en genindvandring af undervandsvegetation i søen kræver, at fosforkoncentrationen i indløbsvandet reduceres til under 80 µg P/l. Herved vil fosforkoncentration i søvandet nemlig reduceres til et niveau omkring 40-50 µg P/l som et sommerniveau.

Dette niveau svarer sandsynligvis til det naturgivne fosforniveau i Funder Å.





## 9. REFERENCER

DTH. Laboratoriet for Økologi og Miljølære.

Gudenåundersøgelsen (1973-75) : Rapporter udgivet af Gudenåudvalget. Udarbejdet af VKI (1975a, b, c).

Gudenåundersøgelsen, (1975) : Kartering af rørsump- og flydebladsvegetation i udvalgte søer i Gudenåsystemet. Gudenåundersøgelsen 1974-75. Rapport nr. 26.

Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann og P. Andersen (1990) : Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen, 1990.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Bjerring Olsen, R., Landkildehus, F., Lauridsen, T.L., Sortkjær, L. & Poulsen, A.M. (2001): Søer 2000. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 106 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 377. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Jensen, J.P., Bjerring, R., Jakobsen, T.S., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (2003): Søer 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 66 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 469 <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.

Jeppesen, E., E. Mortensen, M. Søndergaard. A.M. Hansen og J.P. Jensen (1991) : Dyreplanktonet som miljøindikator. Vand og Miljø 8: 394-398.

Kristensen et al. (1990b) : Prøvetagning og analysemetoder i søer - teknisk anvisning: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990: 27 sider.

Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., berg, S., Michelsen, K., Rugård, T., Schriver, P., Rasmussen, A.C. (1998) : Fiske- yngelundersøgelser i søer. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU.

Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller & M. Timmermann (1990): Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgellesprogram fiskeredskaber og metoder. Overvågningsprogram,. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 57 s. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 3.

Olrik, K. (1990) : Planteplanktonsamfund i danske søer.

Olrik, K. (1991) : Vejledning i phytoplanktonbedømmelse, del I, Metoder. Rapport til Miljøstyrelsen.

Rebsdorf, Aa., M. Søndergaard og N. Thyssen (1988) : Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand. Særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder.

- Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium 1988: 59 sider. Teknisk rapport nr. 21. Publ. nr. 98.

Reynolds, C.S. (1984) : The ecology of freshwater phytoplankton.

Vollenweider, R.A. (1976) : Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33 :53 - 83.

Wetzel, R.G. (1983): Limnology. Second Edition. Saunders College Publishing.

Rapporter fra Århus Amt om Ørn Sø:

Århus Amt (1989b) : Fisk i Ørn Sø, 1988. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt, (1990a) : Smådyr i Ørn Sø, 1988. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1990b) : Ørn Sø 1989. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1991) : Ørn Sø 1990. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1992) : Ørn Sø 1991. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1993) : Ørn Sø 1992. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1994) : Ørn Sø 1993. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (1995) : Ørn Sø 1994. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (1996) : Ørn Sø 1995. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (1997) : Ørn Sø 1996. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (1998) : Ørn Sø 1997. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (1999) : Ørn Sø 1998. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (2000) : Ørn Sø 1999. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (2001a) : Ørn Sø 2001. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (2001b) : Vandkvalitetsplan 2001, 3. Sær. Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (2002) : Ørn Sø 2001. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Århus Amt (2003) : Ørn Sø 2002. Teknisk rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.



## BILAGSOVERSIGT

1. Metode for beregning af massebalance .....	43
2. Fytoplankton - metodik .....	44
3. Zooplankton - metodik .....	45
4. Samletabeller over beregnede biologiske og kemiske data .....	46
5. Oversigt over tidligere undersøgelser .....	50
6. Oplandsopgørelser .....	51
7. Massebalanceberegninger opgjort pr. måned for total kvælstof, total fosfor, orthofosfat og jern .....	53

## BILAG 1. METODE TIL BEREGNING AF VAND - OG STOFBALANCE

Vandbalancen opstilles ud fra følgende størrelser :

## GRUNDDATA

N :	nedbør	(månedsværdier, mm)
Ea :	fordampning	(månedsværdier, mm)
Qp :	direkte tilførsel	(månedsværdier, l/s)
Qt :	sum af målte tilløb	(månedsværdier, l/s)
Qa :	afløb	(månedsværdier, l/s)
Qu :	umålt opland (beregnes ud fra vægtning af tilløb)	(månedsværdier, l/s)
Qs :	vandstandsvariationer (magasinering)	(diskrete værdier, m)
Qg :	udveksling med grundvand	(månedsværdier, mm)
A	søareal	(konstant, m <sup>2</sup> )

Ligning :  $Qg = -A(N - Ea) - Qp - Qt + Qa - Qu + Qs$

hvor  $Qu = \text{sum af } (Qi(vi - 1)), \text{ for } i = 1 \text{ til antal tilløb (vi er vægte } < > 1,0)$

$Qs = \text{produktet af lineært interpoleret ændring i vandstand mellem månedsslut/-månedstart og søareal.}$

Stofbalance opstilles ud fra :

Pa :	atmosfærisk deposition	(konstant, kg/ha/år)
Tt :	sum af målte transporter i tilløb	(månedsværdier, kg)
Ta :	transport i afløb	(månedsværdier, kg)
Tp :	direkte stofudledning fra punktkilder	(månedsværdier, kg)
Tø :	direkte udledning fra øvrige kilder	(månedsværdier, kg)
Tu :	stofftilførsel fra umålt opland (vægtede)	(månedsværdier, kg)
Tg :	stofudveksling med grundvand (+/-)	(månedsværdier, kg)
S :	ændret stofindhold i søen (søkonc., volumen)	(diskrete værdier, $\mu\text{g/l-m}^3$ )
Ti :	intern belastning	(månedsværdier, kg)
C :	søkoncentration	(diskrete værdier, $\mu\text{g/l}$ )
V :	søvolumen	(diskrete værdier, m <sup>3</sup> )
g+ :	koncentration af tilført grundvand	(konstant, $\mu\text{g/l}$ )
g- :	koncentration af udsivet grundvand	(konstant, $\mu\text{g/l}$ )

Ligning :  $Ti = -Pa A - Tt + Ta - Tp - Tø - Tu - Tg + S$

hvor  $Tu = \text{sum af } (Tt(vi - 1)), \text{ for } i = 1 \text{ til antal tilløb (med vægte } < > 1,0)$

$Tg = g+Qg$  for  $qg > 0$  (måneder med tilstrømning) og  
 $Tg = g-Qg$  for  $Qg < 0$  (måneder med udsivning).

$S = Cn+1Vn+1 - CnVn$  (interpolerede værdier ved månedsskifter)

(søvolumener er beregnet ud fra diskrete vandstande og søareal)



## BILAG 2. FYTOPLANKTON - METODIK

### Prøvetagning

De kvantitative fytoplanktonprøver er udtaget på en station, som er placeret på det dybeste sted i søen. Prøven er udtaget med vandhenter og af blandingsprøven fra 0,2 + 2 + 4 + 6 m er der udtaget 250 ml, som er fikseret i sur lugol opløsning.

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

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

### Bearbejdning af prøver

Den kvalitative oparbejdning af fytoplanktonprøverne er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi ved anvendelse af Uthermöhl's sedimentationsteknik (Uthermöhl, 1958). Der er anvendt sedimentationskamre med et volumen på 10 ml.

For hver prøvetagningdag er der fra net - og vandprø-verne udarbejdet en artsliste med samtlige fundne slægter og arter.

Der 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 vakuolestørrelse i cellen på 75 %. Med data for 1990 og 1991 er der ved denne omregning kalkuleret med en plasmatykkelse i cellen på 1 µm. Efterfølgende omregning til kulstof er foretaget ved hjælp af formlen :

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

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

Med data fra 1992 er beregningsmetoden for kulstofindhold i kiselalger ændret til ikke længere at tage hensyn til en vakuole med et lavere kulstofindhold.

I følge 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, der 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 ferskvandsbiologisk Laboratorium.

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

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

Fytoplanktonrådata kan findes i den til den tekniske rapport hørende datarapport, der indeholder såvel zoo-plankton- som fytoplankton rådata.

## BILAG 3. ZOOPLANKTON - METODIK

### Prøvetagning

Prøverne er indsamlet med 5 liter hjerteklap vandhenter med KC-maskiners ekstra sikring af klapperne.

### Prøvetagningsmetode

På hver af de tre stationer er der udtaget prøver i 0,2 + 2 + 4 + 6 m. Fra hver blandingsprøve er der udtaget hhv. 2 liter til filtrering gennem 90 µm net og 0,25 liter til sedimentation. Alle tre stationer er endeligt puljet. Begge prøver er konserveret med sur lugol opløsning og opbevaret i mørke flasker.

### Bearbejdning

Den kvantitative oparbejdning af prøverne er foretaget i omvendt mikroskop. I de fleste tilfælde er identifikation af dyrene også foretaget i dette.

Oparbejdningen af den sedimenterede og den filtrerede prøve er så vidt muligt sket i overensstemmelse med overvågningsprogrammets vejledning "Zooplanktonundersøgelser i søer; Metoder", som der derfor henvises til for en detaljeret beskrivelse af metodik.

Zooplanktonets biomasse er beregnet efter længde/vægt relationer (McCauley, 1984). Biomassen er opgivet i mm<sup>3</sup>/l. Beregningerne er for alle grupper foretaget som et gennemsnit af de individuelle biomasseværdier. Gennemsnit og standardafvigelser af de målte længder og tilhørende biomasser er angivet i datarapporten.

Registreringer bearbejdning og rapportering er foretaget ved hjælp af planktondatabehandlingsprogrammet ALGESYS.

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

Zooplanktonrådata kan findes i den til den tekniske rapport hørende datarapport, der indeholder såvel zoo-plankton- som fytoplankton rådata.



## BILAG 4A. SAMLETABELLER

Specifikation / år	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>VANDBALANCE FOR</b>																						
ØRN SØ																						
Samlet tilførsel (10*6 m <sup>3</sup> /år)	33	33	33	42	42	42	41	36	38,3	37	33	32	37	36	29	28	29	31,2	36	34,1	40,01	33,61
Samlet fraførsel (10*6 m <sup>3</sup> /år)	33	33	33	42	42	42	41	34	38,3	35	32	32	37	36	29	28	29	31,2	36	34,2	39	33,7
Indsvkning/udsvkning (10*6 m <sup>3</sup> /år)									-2													
Opholdstid:																						
- år (dage)								17	16	17	19	19	17	17	21	22	21	20	17	19	15	18
- sommer (1/5-30/9) (dage)								18	19	17	21	20	16	15	23	23	23					
- max. måned (dage)								22	20	19	24	23	19	16	19	19	19					
- min. måned (dage)								9	9	15	15	17	13	14	24	24	24					
<b>BELASTNING - MASSEBALANCER</b>																						
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	3,6	3,33	2,7	2,6	2,9	3,4	3,6	3,7	3,71	3,72
renseanlæg (t P/år)					0,062	0,066		0,062	0,066		0,036	0,06	0,023	0,022	0,023	0,021	0,002	0,002	0,005	0,004	0,002	0,004
daumbag (t P/år)	8,9	5,4	6,4	5,2	9,6	8,8	7,1	>4,5	>2,9	>1,7	1	0,9	1,1	-0,03	0,4	0,3	0,1	-0,16	-0,23	0,067	0,242	-0,005
spredt bebyggelse (t P/år)								<0,4	<0,4	<0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	<0,1	0,06	0,06	0,063	0,059	0
dyrkningsbidrag (t P/år)											2,6*	1,9*	2,4	2,3	1,9	1,9	1,9	2,09	2,4	2,23	2,267	0,191
baggrundsbidrag (t P/år)	0,9	2,3	2,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,3	2,5	<2,5	0,06	0,06	0,09	0,09	0,04	0,01	0,01	0,08	0,24	0,132	0,157	0,119
regnvaendberingede udledninger (t P/år)																						
netbort (t P/år)								0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004
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	3,1	2,34	1,8	1,9	2,2	2,4	2,7	2,24	2,34	1,91
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	0,5	0,99	0,9	0,7	0,7	0,97	0,9	0,97	1,37	1,82
Tilbageholdt P %	57	49	59	43	62	44	66	43	35	21	19	20	15	29	32	27	23	29	25	29	37	49
Samlet tilførsel (g P/m <sup>2</sup> år)	23,3	18,3	21	19	30	28	24	17	14	11	9	8	9	7,9	6,5	6,8	6,9	8,1	8,6	8,8	8,8	8,8
Pi (indløbskonc. i µg P/l)	248	267	193	298	279	246	200	153	124	124	120	99	99	92	93	95	101	108	98	108	93	111
Total-fosfor - sommer (1/5-30/9):																						
Samlet tilførsel (kg P/dag)								18	12,7	11,5	10,2	8,3	9,4	9,0	7,1	7,8	7,2	9,6	8,3	10	12,2	
Samlet fraførsel (kg P/dag)								10	9,0	10,3	8,5	6,7	9,2	6,1	5,0	6,0	6,4	6,7	6,5	6,2	7,1	
Tilbageholdt P (kg P/dag)								8,0	3,7	1,2	1,7	1,6	0,2	2,9			0,5	2,9	2	3,7	5,1	
Tilbageholdt P i %								44	41	11	17	20	2	32			30	30	24	37	42	
Samlet tilførsel (mg P/m <sup>2</sup> /dag)								43	30	27	24	20	22	98	96	83	17	23	20	24	24	
Pi (indløbskonc. i µg P/l)								194	146	132	128	108	95	98	96	99	99	108	92	114	143	
Opløst fosfat - år:																						
Samlet tilførsel (t P/år)								1,9	1,9	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	0,7	0,7	0,9	1	0,7	0,76	0,94	
Samlet fraførsel (t P/år)								1,3	1,2	0,8	0,7	0,7	0,7	0,73	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,36
Pi (indløbskonc. i µg PO <sub>4</sub> -P/l)								54	44	37	36	39	39	33	24	27	31	27	20	20	19	28

\* = beregnet som differens

BILAG 4B.

BELASTNING -	1974	1978	1979	1981	1984	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
MASSEBALANCER																						
Total-kvælstrof - år:																						
Samlet tilførsel (t N/år)	73	52	69			79	81	65	58,1	52,3	48,5	44,8	54,3	53,3	43,3	40,4	43,6	44,6	47,6	44,2	55,9	48,3
Samlet fraførsel (t N/år)	32	57	73	82	77	68	75	55	55,2	43,5	42,8	37,3	46,3	47,1	39,5	37,4	40,7	41,8	39,2	36,2	45,9	39,2
Tilbageholdt N (t N/år)	41	-5	-4			11	6	10	4,9	8,8	5,7	7,5	8	6,2	3,8	3,1	3,3	2,8	8,5	8	9,9	9,1
Tilbageholdt N i %	56	-10	-6			14	7	15	7	16	13	17	15	12	9	8	8	6	18	18	18	19
Samlet tilførsel (g N/m <sup>2</sup> /år)	174					188		138	138	125	115	106	129	127	103	106	97	99	113	105	133	115
Ni (indløbskonc. i mg/l)		1,6	2,1			1,9	2	1,8	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4
Total-kvælstrof sommer (1/5-30/9):																						
Samlet tilførsel (kg N/dag)								158	133	151	135	113	126	143	114	110	124	119	125	120	180	
Samlet fraførsel (kg N/dag)								112	115	111	96	94	115	114	95	95	105	97	85	80	133	
Tilbageholdt N (kg N/dag)								46	18	40	39	19	11	29			18	22	40	40	47	
Tilbageholdt N i %								29	14	26	29	17	9	20			14	18	32	33	26	
Samlet tilførsel (mg N/m <sup>2</sup> dag)								376	317	360	321	269	299				296	284	311	299	449	
Ni (indløbskonc. i mg N/l)								1,7	1,53	1,70	1,72	1,47	1,4	1,5	1,5	1,5	1,7	1,4	1,3	1,4	2,1	1,5
Jern (Fe) - år:																						
Samlet tilførsel (t Fe/år)								67	63	51	44	46	54	48	43	38	41	51,3	62	52,7	58,4	43,5
Samlet fraførsel (t Fe/år)								46	39	32	32	32	47	32	25	23	26	33,2	37	37	36,7	24
Tilbageholdt Fe (t Fe/år)								21	24	19	12	15	7	17	18	15	15	18,1	25	15,7	21,7	19,5
Tilbageholdt Fe i %								31	41	42	29	32	14	35	43	40	35	35	40	30	37	45
Tilbageholdelse g Fe/m <sup>2</sup> /år								50	57	55	29	35	17	40	44	40	35	44	60	51	70	46
Fe-i (indløbskonc. i mg Fe/l)								1,9	1,6	1,6	1,3	1,4	1,5	1,3	1,5	1,4	1,5	1,6	1,7	1,5	1,5	1,3



VANDKEMI & FYSISKE MÅLINGER I SOVANDET SOMMER	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	1989
Sigdybde (1/5-30/9) (m)	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,3	1,2	1,5	1,3	1,2	1,3	1,30	1,56	1,52
Sigdybde 50%-fraktelen (m)	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2	1,1	1,08	1,40	1,36	1,37
Max. sigdybde (m)	3,7	3,3	1,9	1,6	1,3	1,3	1,8	1,45	2,5	2,1	1,6	2,35	2,50	2,50	2,9
Min. sigdybde (m)	0,85	0,7	0,8	0,95	0,95	1,10	0,95	0,90	0,95	0,85	0,85	0,95	0,80	0,95	0,8
Fosfor (1/5-30/9):															
Total fosfor gns. (µg/l)	64	60	76	79	82	91	85	66	79	93	101	116	121	98	112
Total fosfor 50%-fraktelen	69	65	68	80	86	85	84	66	82	90	97	114	109	94	114
Total fosfor max. (µg P/l)	100	87	110	100	110	151	120	86	100	150	187	165	200	148	155
Total fosfor min. (µg P/l)	36	29	57	61	48	70	45	40	52	54	67	83	71	65	60
Opløst fosfat gns. (µg P/l)	9	6	5,4	11	7	15	12	8	13	13	13	14	28	27	24
Opløst fosfat 50%-fraktelen	7	5	5	10	7	14	13	8	11	13	12	12	25	25	21
Opløst fosfat max. (µg P/l)	25	15	8	19	16	27	22	16	29	50	23	32	69	68	52
Opløst fosfat min. (µg P/l)	1	1	3	5	1	6	5	4	7	6	4	4	5	6	9
Kvælstof (1/5-30/9):															
Total kvælstof gns. (mg N/l)	1,17	1,1	1,01	1,14	1,19	1,43	1,34	1,31	1,39	1,21	1,34	1,25	1,33	1,46	1,35
Total kvælstof 50%-fraktelen	1,18	1,1	1	1,14	1,17	1,41	1,37	1,29	1,38	1,13	1,38	1,25	1,31	1,44	1,39
Total kvælstof max. (mg N/l)	1,5	1,3	1,2	1,3	1,49	1,70	1,62	1,77	1,73	1,51	1,55	1,66	1,55	1,98	1,79
Total kvælstof min. (mg N/l)	0,94	0,9	0,73	0,93	0,91	1,22	0,90	1,10	1,03	1,05	1,04	1,13	1,14	1,09	1,05
Opløst uorg. N gns. (mg N/l)	0,65	0,56	0,41	0,57	0,46	0,60	0,50	0,51	0,63	0,44	0,51	0,47	0,55	0,57	0,7
Klorofyl (ukorr.)															
gns. (1/5-30/9) :															
Klorofyl (ukorr.) gns. (µg/l)	35	45	54	45	34	44	45	42	44	54	63	56	57	47	49
Klorofyl (ukorr.) 50%-frakt. (µg/l)	35	50	50	47	26	36	44	44	46	47	68	51	52	43	32
Klorofyl (ukorr.) max. (µg/l)	70	79	94	76	68	89	140	65	100	100	100	120	130	82	114
Klorofyl (ukorr.) min. (µg/l)	3	3	16	16	17	20	13	14	6	3	17	13	4	11	0,5
Øvrige variable (1/5-30/9):															
Nitrat+nitrit-kvælstof (mg N/l)	0,48	0,46	0,31	0,46	0,38	0,48	0,37	0,41	0,48	0,36	0,42	0,39	0,51	0,55	0,61
Ammonium-kvælstof (mg N/l)	0,17	0,1	0,1	0,11	0,09	0,12	0,13	0,10	0,15	0,08	0,07	0,08	0,20	0,27	0,31
pH	8	8,2	8,1	8	8	7,9	7,9	7,7	7,8	7,7	7,9	8,1	7,9	7,9	7,8
Total alkalinitet (meq/l)	0,89	0,9	0,94	0,95	0,95	6,7	5,7	5,1	6,0	4,7	4,8	3,7	5,8	6,8	6,2
Opløst silicium (mg Si/l)	5,33	4,27	5,33	4,85	5,41	8,2	6,9	7,1	6,6	7,1	7,8	7,3	5,5	4,9	5,2
Part. COD (mg O2/l)	6,71	5,94	7,51	4,33	7,76	7,5	8,5	7,3	6,1	9,1	10,8	12,0	9,4	6,5	5,2
Susp TS mg/l	7,12	9,86	8,15	4,33	8,45	7,5	8,5	7,3	6,1	9,1	10,8	12,0	9,4	6,5	5,2
Susp CT mg/l	4,47	4,71	5,36	7,96	6,54	6,5	6,5	5,5	4,7	5,7	7,0	6,3	4,8	4,2	4,8

Parametre	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Planteplanktonbiomasse, sommergns. (mm <sup>3</sup> /l)	12,1	4,2	7,5	10,1	7,5	6,7	4,4	4,2	6,5	2,3	5,7	4,8	8,1	7,8	5,3
Planteplanktonbiomasse, årsgns. (mm <sup>3</sup> /l)	9,4	3,7	5,6	6,8	4,2	3,8	2,9	3,0	6,3	1,8	4,1	4	7,2	6,4	4,5
% blågrønlager af sommergns.	0	0	2	1	14	14	11	1	2	2	7	4	26	4	4
% kiselalger af sommergns.	37	6	78	84	55	62	38	70	57	20	59	33	38	52	26
% rekytalger af sommergns.	49	55	18	13	14	14	29	22	35	62	28	42	16	25	35
% grønalger af sommergns.	9	25	2	1	0	1	1	1	2	3	1	9	3	2	4
Dyreplanktonbiomasse, sommergns. (mg C/l)	0,506	0,497	0,377	0,8	0,615	0,93	0,402	1,075	0,66	0,652	0,44	0,625	0,176	0,626	0,517
Dyreplanktonbiomasse, årsgns. (mg C/l)	0,293	0,28	0,224	0,44	0,325	0,54	0,295	0,68	0,357	0,486	0,325	0,48	0,151	0,489	0,429
% hjuldyr af sommergns.	11	1	3	28	13	60	4	3	15	6	6	5	31	2	3
% cladoccer af sommergns.	71	73	67	66	78	31	70	86	59	48	23	47	39	81	81
% vandlopper af sommergns.	18	26	30	6	9	9	26	11	26	46	71	48	30	17	16
Dyreplankton, sommer															
% Daphnia af cladoccer	38	43	56	62	69	95	70	79					98		
Middelvægt af cladoccer (µg C/l)	358	361	250	532	480	290	279	924	387	312	103	297	69	510	
Cladoccer-indeks	38	43	56	62	69	95	72	89	32	39	43	80	92	78	99
Pot. græsning (µg C/l/dag)															
% af hele planteplanktonbiomassen	47	77	37	57	60	44	53	208	57	167	38	74	16	55	59
% af hele planteplanktonbiomassen < 50 µm	47	80	52	272	94	92	80	384	58	188	50	93	27	91	72
Fisk (CPUe, gam)															
Total antal					158					96					
Total biomasse (g)					7214					6601					
Fisk (CPUe, el)															
Total antal					516					141					
Total biomasse (g)					9224					4584					
Fiskeyngel, littoral (antal/m <sup>3</sup> )										14,5	0,76	8,11	3	0,89	0,11
Fiskeyngel, pelagie (antal/m <sup>3</sup> )										0,03	0,1	0,1	0,46	0,28	0,07

## BILAG 5. OVERSIGT OVER TIDLIGERE UNDERSØGELSER

1973-1974	Vandkemiske undersøgelser, sediment
1979	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, sediment, bundfauna og fytoplankton.
1987	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton
1988	Fiskeundersøgelser og smådyrsfauna
1989	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, sediment og zooplankton
1990	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1991	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, zooplankton og fisk
1992	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1993	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1994	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, sporstofundersøgelse
1995	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, zooplankton og sediment
1996	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1997	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeundersøgelse
1998	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser.
1999	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser.
2000	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser.
2002	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser.



## BILAG 6 A. OPLANDSANVENDELSER

Udskrift af CORINE Arealanvendelses data			
DMU/fevø - Dato.: 1995.04.12			
Århus Amt			
Stations/kyst del-opland og kun indenfor amtet			
Kode	Arealtype	Areal (km <sup>2</sup> )	Procent
1120	Åben bebyggelse	1,02	20,22
2430	Blandet landbrug	0,96	19,01
3110	Løvskov	0,58	11,57
3120	Nåleskov	0,88	17,42
3130	Blandet skov	1,21	23,91
5120	Søer	0,40	7,88
	Total	5,04	100,00

## BILAG 6 B.

Navn/lokalitet	Århus Amt-nr./ DDH-nr.	Topogra- fisk opland km <sup>2</sup>	Grovsan- det jord 1 %	Finsandet jord 2 %	Lerbl. sandjord 3 %	Sandbl. lerjord 4 %	Ler- jord 5 %	Svar- lerjord 6 %	Humus jord 7 %	Speciel type 8 %	Skov %	Fersk- vand %	Andet %	Dyrket %	Udyrket %
Funder Å, Funderholme Parallekanal	090258/21.74 090339/210648	48	31	0	31	0	0	0	3	0	32	0	3	65	35*
Funder Å, Funder Station	090259/21.39	42	32	0	32	0	0	0	1	0	33	0	2	64	36*
Por Sø, afløb	090071/-	0,83	0	0	0	0	0	0	0	0	57	0	43	0	100
Sandemandsbæk	090067/210581	2,01	23	0	28	0	0	0	0	0	26	0	23	51	49
Lyså, Lysbro	090321/21.75	56	29	0	28	0	0	0	3	0	34	1	5	60	40*
Kilde v. Kuranstrålt	090678/-	0,46													x

\* Skønnet fordeling 50% dyrket - 50% udyrket

## BILAG 7. MASSEBALANCEBEREGNINGER

SØ-VAKS, Sø-modul Vandbalance Side : 1  
 Sø: Ørn sø (ØRN I) Udskrivet: 25/05/2004  
 År: 2003 Parameter: Af : HSK  
 Enhed.....: 1000 m3

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90258	2857.6	2272.0	2454.7	2304.6	2230.7	2165.1	2418.9	2345.3	2313.0	2357.3	2381.7	2519.3	11473.0	28620.2
Målt tilløb	2857.6	2272.0	2454.7	2304.6	2230.7	2165.1	2418.9	2345.3	2313.0	2357.3	2381.7	2519.3	11473.0	28620.2
Umlit opland	421.2	350.3	381.9	362.7	360.0	349.0	378.4	371.2	363.5	372.4	370.2	388.2	1822.2	4469.3
Redbst	28.1	5.5	28.4	22.7	28.1	29.4	37.4	13.9	12.2	16.4	28.1	37.0	121.0	267.1
Arabskælden	24.1	21.8	24.1	23.3	24.1	23.3	24.1	24.1	23.3	24.1	23.3	24.1	119.0	283.8
Samlet tilførsel	3331.1	2649.6	2869.1	2713.3	2643.0	2566.9	2858.8	2754.5	2712.0	2770.2	2803.4	2968.6	13535.2	33640.4
Fordamning	2.1	5.9	16.8	28.6	31.5	42.4	44.5	42.0	23.5	13.0	3.4	2.1	184.0	255.8
90321	3226.3	2810.7	2889.1	2662.9	2727.9	2560.5	2741.6	2578.6	2519.2	2616.1	2661.1	2916.3	13127.9	32910.4
Samlet fraførsel	3228.4	2816.6	2905.9	2691.5	2759.4	2603.0	2786.1	2620.6	2542.8	2629.1	2668.5	2918.4	13311.8	33166.2
Volumen ændring	87.6	-26.7	-79.2	23.6	-21.3	7.1	-50.0	-16.8	4.2	13.9	2.9	0.0	-76.7	-54.6
Vandbalance	-15.1	140.3	-42.4	1.8	95.2	43.2	-122.7	-150.7	-165.0	-127.2	-136.0	-50.2	-300.0	-528.8



SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2  
**STOFBALANCE**  
 Parameter: 1211 Total-N Udskrevet: 25/05/2004  
 Enhed.....: Tons År : HSK

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90258	3.8	3.0	3.7	3.5	3.5	3.2	3.8	3.1	3.6	3.3	3.3	3.0	17.2	40.8
Malt tilføjet	3.8	3.0	3.7	3.5	3.5	3.2	3.8	3.1	3.6	3.3	3.3	3.0	17.2	40.8
Udalt opland	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	2.7	6.4
Atm. deposition	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6
Strømtilføjet	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
Stofbalancen	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
Samlet tilførsel	4.5	3.7	4.3	4.1	4.2	3.8	4.5	3.7	4.2	4.0	3.8	3.5	20.5	48.3
90321	4.4	3.7	3.4	2.9	2.8	2.8	3.1	2.4	2.8	3.1	3.3	3.5	14.0	39.2
Stofbalance	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.5	1.0
Samlet fraførsel	4.4	3.7	3.5	2.9	2.8	2.8	3.3	2.6	3.0	3.3	3.5	3.6	14.5	39.2
Magasinindring	0.5	0.1	-0.6	0.0	0.1	0.4	-0.8	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2
Sebalance -%	-0.1	0.0	-0.9	-1.2	-1.4	-1.0	-1.3	-1.1	-1.2	-0.7	-0.4	0.1	-6.0	-9.1
Sebalance -g/m2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2
Sedimentbalance	0.4	0.1	-1.5	-1.1	-1.3	-0.6	-2.1	-0.6	-1.2	-0.7	-0.2	0.1	-5.8	-8.9
Sedimentbalance -%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2
Sedimentbalance -g/m2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.01	-0.02

SØ-VAKS, Sø-modul

DATAGRUNDLAG

Side : 3

Sø: Ørnise (ØRN 1)

Udskrevet: 25/05/2004

År: 2003

AF : HSK

Søareal.....: 0.42 km2 Søvolumen.....: 1680000 m3 Umålt opland: 8.00 km2 Atmosferisk deposition: 15.00 kg/ha/år

Indløb: 90258 (48 km2),  
Udløb: 90321,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Medber	67.0	13.0	20.0	54.0	67.0	70.0	89.0	33.0	23.0	39.0	67.0	88.0
Fordampning	5.0	14.0	40.0	68.0	75.0	101.0	106.0	100.0	56.0	31.0	8.0	5.0
Vandtilf. fra Arnakkekilden	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Vandtilf. fra grundvand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Arnakkekilden	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Stoftilf. fra grundvand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
15/01/2003	0.51	15/01/2003	1.10
06/02/2003	0.78	06/02/2003	1.40
13/03/2003	0.59	13/03/2003	1.40
12/04/2003	0.46	26/03/2003	1.90
19/04/2003	0.52	15/04/2003	1.10
14/05/2003	0.54	29/04/2003	1.10
26/05/2003	0.48	14/05/2003	1.00
10/06/2003	0.50	16/06/2003	1.10
09/07/2003	0.37	10/06/2003	1.30
23/07/2003	0.37	25/06/2003	1.50
06/08/2003	0.33	09/07/2003	1.30
20/08/2003	0.33	23/07/2003	0.95
04/09/2003	0.34	06/08/2003	0.94
17/09/2003	0.34	20/08/2003	1.00
08/10/2003	0.38	04/09/2003	1.30
06/11/2003	1.20	08/10/2003	1.20
	1.30	09/11/2003	1.20
		09/12/2003	1.30

SØ-VAKS, Sø-modul

STOFBALANCE

Side : 2

Sø: Ørnso (ØRN I)

Udskrevet: 25/05/2004

År: 2003

Enhed.....: Kg

Af : HSK

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90258	63.2	27.2	41.1	39.8	35.9	112.1	97.6	87.5	76.5	78.8	69.4	69.8	409.5	798.9
Målt tilføje	63.2	27.2	41.1	39.8	35.9	112.1	97.6	87.5	76.5	78.8	69.4	69.8	409.5	798.9
Dmalt opland	9.3	4.2	6.4	6.3	5.8	18.1	15.2	13.9	12.0	12.4	10.8	10.8	65.0	125.2
Arnakkeilden	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	3.5	8.4
Stofbalance	2.8	2.8	1.9	1.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	2.8	5.6
Samlet tilførsel	73.3	34.9	48.3	46.8	44.3	131.7	113.5	102.0	89.2	91.9	80.9	81.2	480.8	938.1
90321	48.2	25.0	25.8	16.9	20.6	9.5	20.8	39.7	28.7	36.2	40.1	43.7	119.2	355.1
Stofbalance	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	3.4	8.9
Samlet tilførsel	48.7	25.0	26.2	16.9	20.6	9.5	21.5	40.7	30.3	37.9	42.2	44.5	122.5	364.0
Magasinændring	-35.9	-9.7	-10.4	22.2	-22.5	-5.1	3.1	2.5	6.2	5.9	1.6	0.1	-15.7	-41.8
Sebalance	-24.6	-9.9	-22.0	-30.0	-23.7	-122.2	-92.1	-61.3	-58.9	-54.0	-38.7	-36.7	-358.3	-574.1
Sebalance %	-33.6	-28.4	-45.6	-64.0	-53.5	-92.8	-81.1	-60.1	-66.1	-58.8	-47.8	-45.2	-353.6	-676.9
Sebalance -g/m2	-0.06	-0.02	-0.05	-0.07	-0.06	-0.29	-0.22	-0.15	-0.14	-0.13	-0.09	-0.09	-0.86	-1.37
Sedimentbalance	-60.5	-19.6	-32.4	7.7	-46.2	-127.3	-88.9	-58.8	-52.7	-48.1	-37.1	-36.6	-373.9	-615.9
Sedimentbalance %	-82.6	-56.1	-67.1	-16.5	-104.3	-96.7	-78.3	-57.6	-52.2	-45.6	-43.0	-43.0	-356.0	-751.9
Sedimentbalance -g/m2	-0.14	-0.05	-0.08	-0.02	-0.11	-0.30	-0.22	-0.14	-0.13	-0.11	-0.09	-0.09	-0.89	-1.47



SØ-VAKS, Sø-modul

DATAGRUNDLAG

Side : 3

Sø: Ørnso (ØRN I)

Parameter: 1304 Oritho-P.f.

Udskrevet: 25/05/2004

År: 2003

Enhed.....:

Af : HSK

Særsæl.....: 0.42 km2 Søvolumen.....: 1680000 m3 Umløst opland: 8.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90258 (48 km2) ,  
Udløb.: 90321 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Medber	67.0	13.0	20.0	54.0	67.0	70.0	89.0	33.0	29.0	39.0	67.0	88.0
Korsning	5.0	14.0	40.0	68.0	75.0	101.0	106.0	100.0	56.0	31.0	8.0	5.0
Vandtilf. fra Arnakkekilden	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Vandtilf. fra grundvand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Arnakkekilden	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Stoftilf. fra grundvand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
15/01/2003	0.51	15/01/2003	41.00
06/02/2003	0.78	06/02/2003	12.00
13/03/2003	0.59	13/03/2003	14.00
02/04/2003	0.46	26/03/2003	12.00
15/04/2003	0.46	02/04/2003	7.00
29/04/2003	0.52	15/04/2003	7.00
14/05/2003	0.54	29/04/2003	20.00
26/05/2003	0.48	14/05/2003	25.00
10/06/2003	0.46	26/05/2003	11.00
09/07/2003	0.50	10/06/2003	2.00
23/07/2003	0.37	25/06/2003	6.00
06/08/2003	0.33	09/07/2003	2.00
20/08/2003	0.33	23/07/2003	7.00
14/09/2003	0.34	06/08/2003	5.00
08/10/2003	0.34	20/08/2003	15.00
06/11/2003	0.38	04/09/2003	7.00
		17/09/2003	5.00
		08/10/2003	15.00
		06/11/2003	15.00
		03/12/2003	16.00

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2  
**STOFBALANCE**  
 Parameter: 1376 Total-P Udskrevet: 25/05/2004  
 Enhed.....: Kg Af : HSK

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90258	243.7	309.6	275.2	259.4	299.2	279.8	273.1	253.2	237.9	242.1	268.3	241.7	1343.1	3183.2
Milt tilløb	243.7	309.6	275.2	259.4	299.2	279.8	273.1	253.2	237.9	242.1	268.3	241.7	1343.1	3183.2
Udslt opland	35.9	47.8	42.7	40.8	48.3	45.1	42.7	40.1	37.4	38.3	41.7	37.3	213.6	498.1
Arns deposition	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	1.8	4.2
Arnsakkiden	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	7.5	18.0
Stofbalance	9.1	9.1	9.1	9.1	6.2	2.8	2.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	9.0	18.2
Samlet tilførsel	281.5	368.3	319.8	302.2	355.6	329.6	317.6	295.1	277.1	282.2	311.8	280.8	1575.0	3721.7
90321	172.3	115.3	160.4	154.7	121.7	68.3	141.4	206.1	139.7	179.3	195.6	190.3	677.2	1845.0
Stofbalance	0.7	2.5	2.5	2.5	2.5	10.0	10.0	12.0	11.6	8.9	9.1	9.1	33.5	57.8
Samlet fraførsel	173.0	115.3	162.9	154.7	121.7	68.3	151.4	218.0	151.3	188.2	204.7	193.4	710.7	1902.8
Magasinændring	-13.8	21.6	11.1	-15.0	-29.9	64.5	17.6	-28.2	-3.4	3.7	-13.2	-1.1	20.6	13.8
Sebalance	-108.5	-253.1	-156.9	-147.6	-233.9	-261.3	-166.2	-77.1	-125.9	-94.1	-107.2	-87.4	-864.3	-1818.9
Sebalance %	-38.5	-68.7	-49.1	-48.8	-65.8	-79.3	-52.3	-26.1	-45.4	-33.3	-34.4	-31.1	-268.9	-572.9
Sebalance -g/m2	-0.26	-0.60	-0.37	-0.35	-0.56	-0.62	-0.40	-0.18	-0.30	-0.22	-0.26	-0.21	-2.06	-4.33
Sedimentbalance	-122.2	-231.5	-145.8	-162.6	-263.7	-196.8	-148.6	-105.3	-129.3	-90.4	-120.4	-88.5	-643.7	-1805.1
Sedimentbalance %	-43.4	-62.9	-45.6	-53.8	-74.2	-59.7	-46.8	-35.7	-46.7	-32.0	-38.6	-31.5	-263.0	-570.8
Sedimentbalance -g/m2	-0.29	-0.55	-0.35	-0.39	-0.63	-0.47	-0.35	-0.25	-0.31	-0.22	-0.29	-0.21	-2.01	-4.31

SØ-VAKS, Sø-modul

DATAGRUNDLAG

Side : 3

Sø: Ørnsg (ØRN I)

Parameter: 1376 Total-P

Udskrevet: 25/05/2004

År: 2003

Enhed.....:

Af : HSK

Søareal.....: 0.42 km2 Søvolumen.....: 1680000 m3 Umålt opland: 8.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.10 kg/ha/år

Indløb: 90258 (48 km2), Udlob: 90321

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedber	67.0	13.0	20.0	54.0	67.0	70.0	89.0	33.0	29.0	39.0	67.0	88.0
Forsæmpning	5.0	14.0	40.0	68.0	75.0	101.0	106.0	100.0	56.0	31.0	8.0	5.0
Vandtilf. fra Arnakkekilden	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Vandtilf. fra grundvand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Støftilf. fra Arnakkekilden	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Støftilf. fra grundvand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
15/01/2003	0.51	15/01/2003	53.00
06/02/2003	0.58	06/02/2003	38.00
02/03/2003	0.46	26/03/2003	92.00
15/04/2003	0.46	02/04/2003	69.00
29/04/2003	0.52	15/04/2003	60.00
14/05/2003	0.54	29/04/2003	56.00
26/05/2003	0.48	14/05/2003	40.00
10/06/2003	0.46	26/05/2003	37.00
09/07/2003	0.50	10/06/2003	36.00
23/07/2003	0.37	25/06/2003	73.00
06/08/2003	0.37	09/07/2003	77.00
20/08/2003	0.33	23/07/2003	66.00
04/09/2003	0.34	06/08/2003	100.00
17/09/2003	0.36	20/08/2003	68.00
08/10/2003	0.36	17/09/2003	49.00
06/11/2003	0.38	08/10/2003	69.00
		06/11/2003	71.00
		03/12/2003	62.00



SØ-VAKS, Sø-modul

STOFBALANCE

Side : 2

Sø: Ørnø (ØRN I)

Parameter: 2041 Total-Fe

Udskrevet: 25/05/2004

År: 2003

Enhed.....: Tons

AF : HSK

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Samlet	År
90258	2.9	2.2	4.4	3.6	3.9	3.3	3.3	2.4	2.5	2.7	3.1	2.9	15.4	37.1
Målt tilføjet	2.9	2.2	4.4	3.6	3.9	3.3	3.3	2.4	2.5	2.7	3.1	2.9	15.4	37.1
Uålt opland	0.4	0.3	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	2.4	5.8
Arnakkeilden	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
Stofbalance	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3
Samlet tilførsel	3.4	2.7	5.1	4.2	4.6	3.9	3.8	2.8	2.9	3.1	3.6	3.3	18.1	43.5
90321	3.0	2.2	2.7	1.8	1.6	0.9	1.4	1.2	1.0	2.3	2.6	2.7	6.0	23.4
Stofbalance	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.6
Samlet fraførsel	3.0	2.2	2.8	1.8	1.6	0.9	1.5	1.3	1.1	2.4	2.7	2.8	6.3	24.0
Magnesiumdring	-0.3	-0.1	-1.4	1.0	-0.2	0.0	0.1	-0.2	0.1	0.8	-0.4	0.0	-0.1	-0.7
Sebalance -§	-0.4	-0.5	-2.3	-2.4	-3.0	-3.0	-2.4	-1.6	-1.9	-0.7	-0.9	-0.6	-11.9	-13.5
Sebalance -g/m2	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.5
Sedimentbalance	-0.7	-0.7	-3.7	-1.4	-3.3	-3.0	-2.3	-1.7	-1.7	0.1	-1.3	-0.6	-11.9	-20.2
Sedimentbalance -§	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.5
Sedimentbalance -g/m2	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.05

SØ-YAKS, Sø-modul Side : 3  
**DATAGRUNDLAG**  
 Parameter: 2041 Total-Fe Udskrevet: 25/05/2004  
 SØ: Ørnø (ØRN I) Af : HSK  
 År: 2003

Særel.....: 0.42 km2 Sevolumen.....: 1680000 m3 Umlit opland: 8.00 km2 Atmosfærisk deposition: 0.00 kg/ha/år  
 Indleb: 90258 (48 km2) ,  
 Udleb.: 90321 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	67.0	13.0	20.0	54.0	67.0	70.0	89.0	33.0	29.0	39.0	67.0	88.0
Fordampning (mm)	5.0	14.0	40.0	68.0	75.0	101.0	106.0	100.0	56.0	31.0	8.0	5.0
Vandtilf. fra Artnakkekilden (l/s)	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Artnakkekilden (kg)	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
15/01/2003	0.51	15/01/2003	1.20
06/02/2003	0.78	06/02/2003	0.88
13/03/2003	0.59	13/03/2003	0.90
02/04/2003	0.46	26/03/2003	0.36
15/04/2003	0.16	02/04/2003	0.52
29/04/2003	0.52	29/04/2003	0.69
26/05/2003	0.48	14/05/2003	0.56
10/06/2003	0.46	26/05/2003	0.57
09/07/2003	0.50	10/06/2003	0.52
23/07/2003	0.37	25/06/2003	0.57
06/08/2003	0.37	09/07/2003	0.57
20/08/2003	0.33	23/07/2003	0.31
04/09/2003	0.33	06/08/2003	0.86
17/09/2003	0.34	20/08/2003	0.81
08/10/2003	0.34	04/09/2003	0.49
06/11/2003	0.38	17/09/2003	0.06
		08/10/2003	0.88
		06/11/2003	1.10
		03/12/2003	0.80







