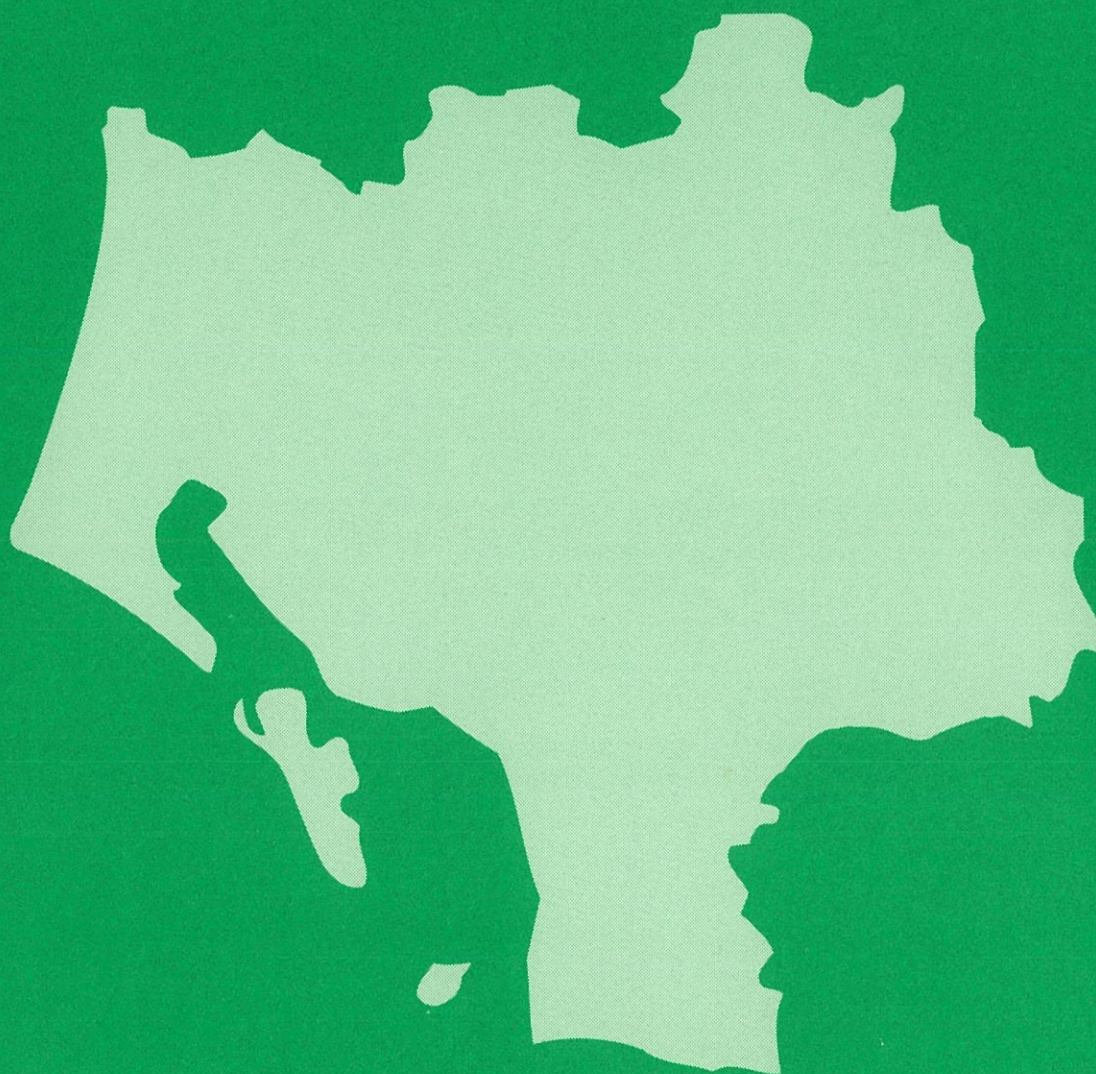


Søerne i Ribe Amt

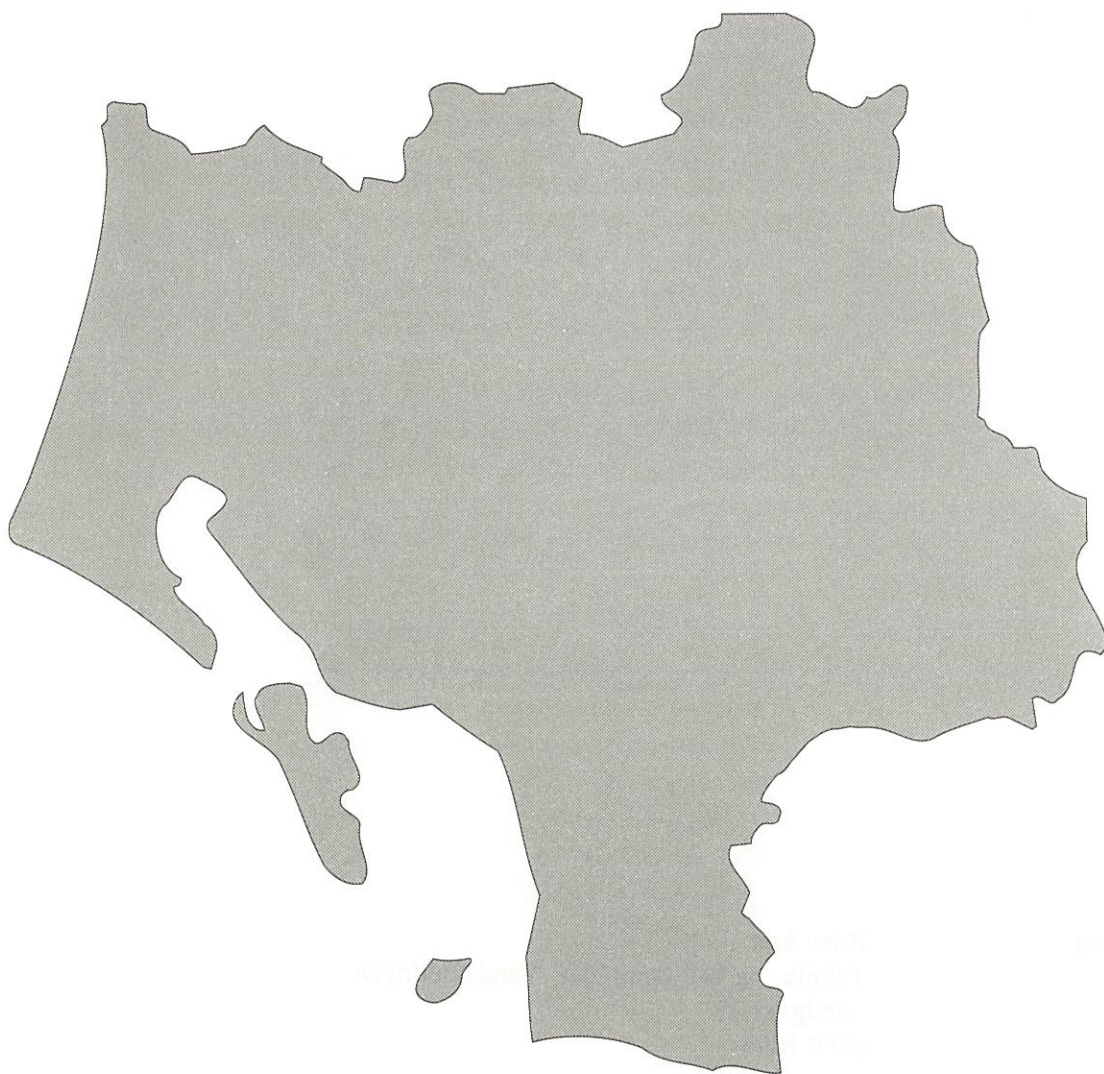
JRI



RIBE AMT

1997

Søerne i Ribe Amt



RIBE AMT

Udgiver: Ribe Amt
Teknik- og Miljøområdet, Vandafdelingen
Sorsigvej 35
6760 Ribe

Sagsbehandlere: Allan Rydal Jensen og Claus Moss Hansen

Øvrige bidragsydere: Erik Obel Jepsen, Flemming Sørensen, Hans Thorslund Andersen,
Jens Erik Paulsen, Lone Kolenda, Mads Ejbye-Ernst, Michael Deacon og
Michael Hammerstrøm

Produktion: Ribe Amt

Oplag: 300

ISBN: 87-7342-808-6

Indholdsfortegnelse

Forord	5
Sammenfatning	6
1.0 Indledning	11
2.0 Vandkvalitetsplaner	12
3.0 Søer i Ribe Amt	13
3.1 §3 - registrering	13
3.2 Målsatte søer	13
3.3 Hovedproblemer	14
4.0 Regionale søer	15
4.1 Nuværende tilstand	15
4.2 Målopfyldelse	17
4.3 Udførte sørestaureringer	19
4.4 Udvikling i miljøtilstanden	20
5.0 Holm Sø	24
5.1 Oplandsbeskrivelse	24
5.2 Morfologiske og hydrologiske forhold	24
5.3 Massebalance	24
5.4 Vandkemiske og -fysiske forhold	25
5.5 Biologiske forhold	29
5.6 Søens tilstand	35
6.0 Kvie Sø	36
6.1 Oplandsbeskrivelse	36
6.2 Morfologiske og hydrologiske forhold	36
6.3 Massebalance	36
6.4 Vandkemiske og -fysiske forhold	38
6.5 Biologiske forhold	41
6.6 Søens tilstand	56
7.0 Modelberegninger	59
7.1 Indledning	59
7.2 Metoder	59
7.3 Holm Sø	60
7.4 Kvie Sø	63
7.5 Filsø	66
8.0 Forsuringstruede søer	69
8.1 Holm Sø	69
8.2 Selager Sø, Grovsø, Sortesø og Hellesø	71
Referenceliste	72
Stationering af målsatte søer	74
Bilag	75

Forord

Vandmiljøhandlingsplanen vedtages

I foråret 1987 vedtog Folketinget "Vandmiljøhandlingsplanen". Formålet med planen er at nedbringe den samlede udledning af kvælstof og fosfor til det danske vandmiljø med henholdsvis 50 % og 80 % over en 5 års periode.

Overvågningsprogram

I forlængelse heraf blev der i 1989 iværksat et landsdækkende overvågningsprogram, hvor amterne som driftsansvarlige for overvågningen følger udviklingen i vandmiljøets tilstand.

Amternes undersøgelser rapporteres årligt til Miljøstyrelsens fagdatacentre, der herefter udarbejder landsdækkende oversigter.

Tema

Efter aftale mellem amterne og Miljøstyrelsen, skal rapporteringen af de årlige undersøgelser indeholde en dyberegående behandling af et udvalgt område, idet der lægges vægt på tidsserier og udviklingstendenser. Temaet er i 1997 "Ferskvand".

Vandmiljøovervågning for 1996

Denne rapport er en del af Ribe Amts samlede vandmiljøovervågning for 1996, der omfatter følgende rapporter:

- . Grundvand
- . Vandløbene i Ribe Amt
- . Søerne i Ribe Amt
- . Marine områder
- . Punktkilder

Sammenfatning

Vandkvalitetsplaner

Siden miljøbeskyttelsesloven blev vedtaget i 1974 er der gennemført en række tiltag, der har forbedret tilstanden i vandmiljøet. De væsentligste forbedringer for søerne er gennemført i forlængelse af den reviderede recipientkvalitetsplan fra 1989. På baggrund af denne plan blev der således i forbindelse med Regionplan 2004 iværksat et handlingsprogram med henblik på at forbedre miljøtilstanden i amtets søer.

Vandmiljøplanen

I 1987 blev vandmiljøplanen vedtaget. I denne plan er der udarbejdet krav til belastningen fra punktkilder og landbrug. Kravene til punktkilder berører kun to af amtets søer, Karlsgårde Sø og Filsø, mens kravene til landbruget berører hovedparten af søerne.

Søerne i Ribe Amt

§ 3 registrering

I forbindelse med kortlægningen af naturområder, der er omfattet af naturbeskyttelseslovens §3, er der i Ribe Amt foretaget en registrering af søer større end 100 m². I alt er der registreret 5517 søer, hvoraf de fleste er mindre 0,1 ha.

Målsatte søer

Hovedparten af de 31 målsatte søer i amtet er større end 3 ha. 13 søer er målsat "A-Særligt naturvidenskabeligt interesseområde", 16 søer er målsat "B-Naturligt og alsidigt plante- og dyreliv", mens 2 søer er målsat "C-Søer påvirket af spildevand m.v."

Hovedproblemer

Hovedproblemet for de målsatte søer er belastningen med næringssalte. Herudover er der problemer med okker, vandstandssænkning og biologisk struktur.

Søernes tilstand og udvikling

Regionale søer

De fleste søer i amtet har relativt uklart vand med en sigtddybde mellem 0,5 og 1 m. Årsagen er især algevækst forårsaget af belastning med nærings-salte. En anden betydelig årsag til reduceret sigtddybde er ophvirvlet bundmateriale, hvilket er relativt hyppigt i Ribe Amt, hvor der er mange lavvandede søer og til tider kraftige vestlige vinde.

For 17 af amtets 31 målsatte søer gælder det, at målsætningen ikke er opfyldt. 12 søer opfylder målsætningen, mens det for 2 søers vedkommende forholder sig således, at det kun er dele af søkomplekset, som opfylder målsætningen.

I flere af amtets søer er de miljøforringende påvirkninger bragt til ophør. Alligevel vil nogle af disse søer være fastholdt i en dårlig miljøtilstand mange år fremover, medmindre der iværksættes restaureringstiltag. Derfor er der gennemført restaureringer i følgende 8 søer i Ribe Amt: Filsø, Barnsø, Knold Sø, Marebæk Søerne, Sønderskov Mølledam, Sortesø, Kvie Sø og Skærsø.

For at undersøge om der har været en udvikling i miljøtilstanden i amtets søer er der foretaget en analyse af udviklingen i koncentrationen af næringssalte i perioden fra 1971 til 1996. I sådan en analyse er det kun muligt at inddrage 5 af amtets søer p.g.a. mangel på ældre data. Konklusionen på analysen er en markant forværring af tilstanden for 2 søer og en mindre tydelig udvikling for 3 søer.

Overvågningssøer

I lighed med årene 1989 til 1995 har Ribe Amt foretaget overvågning af Holm Sø og Kvie Sø i 1996. Undersøgelserne er et led i det landsdækkende overvågningsprogram, der blev iværksat i forbindelse med folketingets vedtagelse af "Vandmiljøplanen".

Holm Sø

Holm Sø er beliggende nord-vest for Oksbøl i Blåvandshuk Kommune. Søen er en ren, klarvandet og meget næringsfattig sø med store bevoksninger af grundskudsplanterne strandbo og lobelie (lobelie-sø).

Søen er lavvandet med en maksimal dybde på 1,8 m og et overfladeareal på 12 ha. De nære omgivelser er klithede og klitplantage, hvilket er i overensstemmelse med søens næringsfattige karakter.

Søen er uforurenet, og der er ikke kendskab til nuværende eller tidligere forureningskilder. Holm Sø belastets udelukkende af den diffuse tilstrømning fra oplandet og fra nedbør på søfladen.

I 1996 blev der registreret den laveste vandstand i overvågningsperioden siden 1989. Beregningen af vandbalancen for 1996 viste, at vandtilføslen var mindre end vandfraførslen, hvilket medførte et magasin-fald på 25.000 m³.

Det tørre år 1996 medførte en naturlig stigning i flere vandkemiske parametre i sensommeren og efteråret. Stigningen opstod som følge af en opkoncentrering og en større udveksling med søbunden.

Biomassen af dyre- og planteplankton har i alle årene fra 1989 været meget lille. Samfundet af planteplankton har været domineret af trådformede grønalger. Biomassen af dyreplankton har tydeligt været domineret af copepoder fra 1989 til 1991, hvorefter cladocererne har spillet en større rolle. Der er en stor bestand af undervandsplanter, som domineres af grundskudsplanter. Der er ingen fisk i Holm Sø.

Målsætning for Holm Sø

Det antages, at de biologiske forhold og koncentrationerne af næringssalte er meget tæt på den naturlige baggrundstilstand. Det kan derfor konstateres, at søens målsætning, "A-naturvidenskabeligt interesseområde", er opfyldt.

Kvie Sø

Kvie Sø ligger på Grindsted Hedeslette nord for Ansager i Ølgod Kommune. Søen er en af landets få lobelie-søer, hvilket var medvirkende til, at den blev fredet i 1946. Søen er voksested for en af landets største forekomster af den meget sjældne, akut truede og fredede undervandsplante gulgrøn brasenføde.

Søens areal er 30 ha, og Kvie Sø er således en af Ribe Amts største søer. Den er lavvandet med største dybde på 2,6 m, og en middeldybde på ca. 1,2 m. Der er et afløb, men intet tilløb.

Søen lå oprindeligt i et uopdyrket hedeområde, men i dag er ca. 40 % af oplandet opdyrket. Omkring søen findes en bræmme af uopdyrkede mose- og græsarealer

I sommeren 1992 blev Kvie Sø udsat for en omfattende forurening med jordbrugskalk. Kalkforureningen ændrede søens vandkemi radikalt. Værdierne for alkalinitet og pH lå også i 1996 på et betydeligt højere niveau end før kalkforureningen.

I 1996 har afløbet fra Kvie Sø ikke været vandførende, hvilket er første gang i perioden siden 1989. Indpumpningen af grundvand, der blev iværksat i 1993, fortsatte i 1996. Beregningen af vandbalancen for Kvie Sø i 1996 har vist, at tilførslen har været mindre end fraførslen, hvilket har forårsaget et magasinfall på 21.000 m³.

I 1996 var sigtddybden bedre end normalt, og ved enkelte tilsyn var der sigt til bunden. Årsagen er hovedsageligt næringssaltbegrænsningen af planteplankton, som opstod p.g.a. af reduceret belastning fra oplandet i den tørre periode.

Vegetation i Kvie Sø

I perioden fra 1989 til 1996 har der været en tendens til en forbedring af sigtddybden, men dette har ikke umiddelbart resulteret i en forøgelse af dybdegrænsen for undervandsvegetationen. Forklaringen skal især hentes i gulgrøn bransenfødets variation i spredningspotentiale. I 1996 har mængden af kimplanter således været meget lille, uvist af hvilken grund. Endvidere slides vegetationen p.g.a. menneskelige aktiviteter såsom fiskeri, sejlads og badning.

For at opnå en tilfredsstillende udbredelse af grundskudsvegetation skal sigtddybden derfor være god i en længere periode, og det fysiske slid skal begrænses mest muligt.

Kvie Sø er belastet med næringssalte fra oplandet, og er derfor mere næringsrig end den naturlige tilstand. Som følge heraf er sigtddybden i perioder utilfredsstillende lav. Det forventes dog, at sigtddybden forbedres på længere sigt, idet afskæringen af dræn fra landbrugsarealer og etableringen af grundvandsindpumpningen i 1993 medvirker til at reducere søvandets fosforkoncentration og dermed væksten af planteplankton.

Den biologiske struktur i Kvie Sø er ustabil med en meget varierende aborrebestand, der resulterer i store variationer i samfundet af plankton. Undervandsvegetationen, der indeholder bestande af de sjældne grundskudsplanter, er reduceret i forhold til den sandsynlige baggrundstilstand p.g.a. periodevis dårlig sigtddybde og fysisk slid.

Målsætning for Kvie Sø

Målsætningen for Kvie Sø, "A-Naturvidenskabeligt interesseområde" anses ikke for at være opfyldt.

Scenarier til vurdering af miljøtilstanden

Holm Sø

Modelberegninger (Vollenweider) af den forventede fosforkoncentration i Holm Sø passer ikke med den observerede fosforkoncentration. Differensen mellem forventede og målt fosforkoncentration er så stor, at den næppe kan tilskrives almindelig måleusikkerhed, men derimod ukendte forhold omkring søens vandbalance og fosfortilstrømning fra søens opland.

Det kan ikke udelukkende være en fejlestimering af oplandets areal, som giver den store differens. Den anvendte arealkoefficient for fosfor må være for høj, evt. kombineret med en overestimering af oplandets areal.

På baggrund af bl.a. erfaringstal fra andre naturoplande i Danmark er det meget sandsynligt, at den benyttede arealkoefficient (Langslade Rende) overestimerer fosforafstrømningen fra Holm Søes opland i betydelig grad. Søens oplandsareal, vand- og næringssaltbalance bør evt. revurderes.

Holm Sø opfylder A-målsætningen, søens tilstand forventes ikke at ændre sig under de nuværende forhold.

Kvie Sø

For at A-målsætningen for en lobelie sø kan være opfyldt, bør den gennemsnitlige fosforkoncentration i søvandet ikke være meget over 0,05 mg/l. Kvie Sø er på nuværende tidspunkt langt fra denne tilstand, og søvandets fosforkoncentration vil kun mindske meget langsomt, primært grundet den store udvekselige fosforpulje i sedimentet. Ifølge modellen forventes søens gennemsnitlige P-koncentration ikke at komme ned under 0,050 mg/l de første 50-70 år.

En yderligere begrænsning af fosfortilførslen til søen kan kun gøres ved at ændre oplandets dyrkningsgrad. Ved udlægning af hele oplandet som naturarealer kan den gennemsnitlige fosforbelastning formodentligt reduceres med ca. 3 kg P/år. Dette kan ifølge modellen forkorte indsvingningstiden med 20-25%.

Ved udlægning af oplandet som naturarealer vil man endvidere kunne mindske risikoen for forurening af søen ved akutte uheld fra landbrugsdriften i søoplandet.

En forøgelse af grundvandsindpumpning kan forkorte indsvingningstiden væsentligt. Imidlertid kan den nuværende grundvandsindvinding vanskeligt forøges, da der er fare for en forringet vandkvalitet af det oppumpede grundvand.

Filsø

Efter vandstandshævningen i 1994 og reduktionen af den eksterne fosforbelastning i 1992/93 har Filsø ændret sig i positiv retning. Ved den seneste undersøgelse (1995) var søen ikke i balance med de ændrede forhold. Det må forventes, at søens fosforniveau vil falde til omkring 0,1 mg/l ved steady-state. Umiddelbart vil det være vanskeligt at vurdere indsvingningstidens længde, men det drejer sig sandsynligvis kun om få år.

Ved en fosforkoncentration på omkring 0,1 mg/l vil søens biologiske struktur få afgørende betydning for søens fremtidige tilstand. Hvorledes søen vil udvikle sig, kan der ikke siges noget om på nuværende tidspunkt.

En forøget reduktion af fosforbelastningen vil give større sikkerhed for at søen udvikler sig i den "rigtige" retning. På nuværende tidspunkt er der ikke foretaget en detailundersøgelse af, hvorledes der mest hensigtsmæssigt kan gennemføres en yderligere reduktion af den eksterne belastning.

Forsuringstruede søer

I Ribe Amt er det primært søerne langs vestkysten i Oksbølområdet, der umiddelbart er truet af forsuring. Af denne grund iværksatte Ribe Amt i 1990 et overvågningsprogram for de 4 mest forsuringstruede søer.

Resultaterne har vist, at værdierne for pH og alkalinitet faldt for 3 af søerne i perioden 1990 til 1993, men herefter har søerne udviklet sig mod en højere alkalinitet og pH. Der er ikke sket ændringer i søernes opland, som kan forklare den stigende pH og alkalinitet. Den mest nærliggende forklaring er, at regnvandet har en mindre forsurende effekt end tidligere, men der mangler dokumentation for denne påstand.

En mere realistisk forklaring er muligvis, at der skal længere tidsserier til for at påvise en evt. forsuring af søerne. Den observerede pH og alkalinitetsstigning kan være midlertidig.

De nævnte søer må således fortsat betragtes som akut forsuringstruet, men det har ikke med sikkerhed været muligt at påvise en reel forsuring af søerne i perioden 1990-1996.

1.0 Indledning

Fællestemaet for afrapportering af vandmiljøplanens overvågningsprogram i 1997 er ferskvand, hvilket har betydet at sørapporten er udvidet i forhold til tidligere år, hvor kun overvågningsøerne Holm Sø og Kvie Sø er omhandlet.

For at få et mere dækkende billede af amtets søer behandler rapporten, foruden Kvie Sø og Holm Sø, resultater fra tilsynet med de målsatte søer.

Da Holm Sø og Kvie Sø er de søer i amtet, hvor der er foretaget de fleste undersøgelser, vil disse søer dog indholdsmæssigt dominere denne rapport.

2.0 Vandkvalitetsplaner

Recipientovervågning

I 1974 blev miljøbeskyttelsesloven vedtaget. I forlængelse heraf iværksatte amterne en mere detaljeret recipientovervågning, der skulle danne grundlag for recipientkvalitetsplanlægningen.

I Ribe Amt blev der udarbejdet en foreløbig recipientkvalitetsplan i 1976, hvor der blev fastlagt målsætninger for 7 søer. Den foreløbige recipientkvalitetsplan blev revideret i 1989 og endelig vedtaget i 1991. Herved blev grundlaget for de væsentligste forbedringer af søernes miljøtilstand skabt. I den reviderede recipientkvalitetsplan blev der fastlagt målsætninger for 35 søer.

I den nuværende regionplan er der målsat 31 søer. Årsagen til reduktionen i antallet af målsatte søer er, at fire af søerne mere har karakter af temporære vådområder end af egentlige søer. I forbindelse med den nuværende regionplan blev der iværksat et handlingsprogram med henblik på at forbedre miljøtilstanden i amtets søer.

Spildevandsplaner

Efter vedtagelsen af miljøbeskyttelsesloven iværksatte kommunerne den egentlige spildevandsplanlægning, og amtet fik herefter til opgave at udarbejdede udledningstilladelser til anlæg større end 30 p.e.

I forbindelse med spildevandsplanlægningen i 1970'erne var indsatsen især rettet mod de større renseanlæg, hvor renseeffektiviteten blev forbedret til typisk mekanisk-biologisk rensning. Da det kun er få søer i amtet, som er recipienter for større anlæg, havde denne regulering ikke stor betydning for søerne i 1970'erne.

Senere har amtet via udledningstilladelser stillet større krav til de mindre renseanlæg, især hvis søer har været recipienter. Dette har medvirket til en udvikling, hvor spildevandsrensningen er blevet centraliseret, og mindre og dårligt fungerende anlæg er nedlagt. Siden 1989 er antallet af renseanlæg reduceret fra 81 til 73 og flere mindre anlæg nedlægges i årene fremover.

Landbrugstilsyn

Fra midten af 1980'erne iværksatte kommunerne et skærpet tilsyn med landbrugsejendomme med husdyrhold med henblik på at stoppe de ulovlige udledninger af ajle, møddingsvand, ensilage m.v. Arbejdet har resulteret i en mindre belastning af søerne.

Vandmiljøplanen

I 1987 blev vandmiljøplanen vedtaget. I denne plan er der udarbejdet krav til belastningen fra punktkilder og landbrug.

Ifølge vandmiljøplanen er der fastsat skærpede krav til de store renseanlæg (> 5.000 p.e.), og dette forhold har betydning for to målsatte søer i Ribe Amt, Karlsgårde Sø og Filsø. Vandmiljøplanens krav til industri og dambrug berører kun én sø i Ribe Amt, Karlsgårde Sø.

Endvidere er der med vandmiljøplanen indført bestemmelser om opbevaring og udspredning af husdyrsgødning, hvilket reducerer udvaskningen fra landbrugsarealer. Denne bestemmelse har betydning for hovedparten af amtets målsatte søer.

3.0 Søerne i Ribe Amt.

3.1 §3 - registrering

I forbindelse med kortlægningen af naturområder, der er omfattet af naturbeskyttelseslovens §3, er der foretaget en registrering af søer og damme i Ribe Amt. I alt er der registreret 5517 søer, hvoraf 70 % udgøres af søer mindre end 0,1 ha (tabel 3.1).

Størrelsesfordeling

Størrelse(ha)	Antal søer	Antal søer omfattet af regionplanen
0,01-0,1	3833	0
0,1-0,5	1306	0
0,5-1	175	0
1-3	141	5
3-10	44	14
10-30	13	8
>30	5	4
I alt	5517	31

Tabel 3.1. Oversigt over antallet af søer og damme i Ribe Amt fordelt efter størrelse.

Som det fremgår af tabel 3.1, findes der generelt få større søer i Ribe Amt. De seks største søer er Karlsgårde Sø (85 ha), Filsø (90 ha), Nyminde Strøm (46 ha), Grærup Langsø (33 ha), Grindsted Engsø (30 ha) og Kvie Sø (30 ha). Endvidere er der 13 søer mellem 10 og 30 hektar og 44 søer mellem 3-10 ha. Samlet er der 62 søer, der er større end 3 ha.

3.2 Målsatte søer

Kun en mindre del af søerne er omfattet af Ribe Amts regionplan. I forbindelse med recipientplanlægningen i 1989 blev det i henhold til miljøstyrelsens cirkulære af 10. oktober 1984 tilstræbt at målsætte alle søer større end 3 ha, samt visse værdifulde søer mindre end 3 ha. Som det fremgår af tabel 3.1 er der imidlertid kun fastlagt målsætninger for knap halvdelen af søerne større end 3 ha. Det skal i den forbindelse nævnes, at den overvejende del af de ikke målsatte søer er kunstige søer, der er opstået i forbindelse med råstof indvinding.

Baggrund for målsætning

Målsætningen af søerne i Ribe Amt er foretaget med udgangspunkt i miljøstyrelsens vejledning i recipientkvalitetsplanlægning (nr. 1/1983). På grundlag af en række undersøgelser er der foretaget vurderinger af søernes baggrundstilstand. Baggrundstilstanden er bestemt af oplandenes geologi, landskabsform, nedbør, grundvandsforhold, søernes opholdstid m.v.

Målsætningskategorier

Med udgangspunkt i søernes aktuelle tilstand og baggrundstilstanden er målsætningerne for de enkelte søer fastlagt. I alt er 13 søer målsat som A-"Særligt naturvidenskabeligt interesseområde", 16 søer er målsat B-"Naturligt og alsidigt plante-og dyreliv", mens 2 søer er målsat C-"Søer påvirket af spildevand m.v."

Målsætningen A-"Særligt naturvidenskabeligt interesseområde" er anvendt for søer, der af særlige årsager ønskes anvendt som naturvidenskabeligt sammenligningsgrundlag ved vurdering af vandkvalitet og økologiske forhold i andre vandområder. Dernæst omfattes også søer, der af hensyn til bevarelse af særlige plante- og dyreforkomster kræver særlig beskyttelse.

Målsætningen B-"Naturligt og alsidigt plante- og dyreliv" er anvendt for søer, som kun tillades påvirket af kulturtekniske forhold i afstrømningsområdet, såfremt den økologiske tilstand kan være upåvirket eller kun svagt påvirket i forhold til basistilstanden.

Målsætningen C-"Søer påvirket af spildevand m.v." er anvendt for søer, der tillades påvirket/tidligere er påvirket af spildevand, vandindvindning eller andre fysiske indgreb.

3.3. Hovedproblemer

Hovedproblemet for søerne i Ribe Amt er belastning med næringssalte. Herudover er der problemer med okker, vandstand og biologisk struktur.

Næringssalte

Hvis søer belastes med næringssalte, opstår der forøget vækst af planteplankton (algevækst). Herved reduceres sigtddybden og undervandsvegetationen trænges tilbage.

Den betydeligste årsag til næringssaltbelastningen er spildevand fra spredt bebyggelse. Udvaskning fra landbrugsarealer må betegnes som den næststørste kilde til belastning af søerne. Endelig skal det nævnes, at der er enkelte søer, som belastes med næringssalte fra større renseanlæg eller fra fodring af ænder.

Okker

En gruppe af søer i amtet (6-7 stk.) er okkerpåvirket i betydelig grad. Det bevirker, at vandets klarhed forringes og undervandsvegetationens udbredelse begrænses. Endvidere skades dyrelivet.

Vandstand

Mange af amtets søer har været udsat for en vandstandssænkning, hvilket har haft den effekt, at miljøtilstanden har ændret sig fra den naturlige baggrundstilstand.

Biologisk struktur

I nogle af søerne er den biologiske struktur medvirkende til uklart vand. F.eks. kan fiskebestanden være sammensat således, at der er relativt mange skidtfisk (skalle, brasen, karuds, regnløje), som resulterer i det forhold, at dyreplankton ikke kan græsse planteplankton effektivt. Endvidere kan mangel på undervandsvegetation bl.a. bevirke, at søbunden i højere grad hvirvles op ved kraftig vind.

4.0 Regionale søer

4.1 Nuværende tilstand

Overvågning

Siden slutningen af 1980'erne er der foretaget en systematisk overvågning af miljøtilstanden i amtets søer. Resultaterne fra det sidste tilsynsår i de målsatte søer, som fremgår af figur 4.1 og bilag 4.1, kommenteres i det følgende.

Fosfor

Fosfor er normalt det begrænsende stof for vækst af planteplankton, og har derfor stor betydning for søernes miljøtilstand. Sommergennemsnittet udviser større fosforkoncentrationer end årsgennemsnittet, da den interne belastning er størst om sommeren. I størstedelen af amtets søer er fosforkoncentrationen under 100 µg tot-P/l (årsgennemsnit). Dette niveau er lavt i forhold til de 37 danske overvågningssøer, hvor halvdelen havde en koncentration over 141 µg tot-P/l i 1995. For at få opfyldt målsætningen for flere af amtets søer er det dog nødvendigt med en endnu lavere koncentration.

Kvælstof

De fleste søer har en kvælstofkoncentration i intervallet 1-2 mg tot-N/l, hvilket indikerer en mild grad af landbrugsbelastning. I nogle af søerne opstår der i perioder begrænsning af planteplanktons vækst p.g.a. kvælstofmangel, og det er derfor også vigtigt at begrænse belastningen af søerne med kvælstof.

Klorofyl a

Koncentrationen af klorofyl a er overvejende mindre end 40 µg/l. Produktionen af planteplankton er i nogle søer begrænset af en meget kort hydraulisk opholdstid (få dage), til trods for at disse søer kan have meget høje fosforniveauer (> 200 µg tot-P/l). Sommergennemsnittet for klorofyl a er betydeligt højere end årsgennemsnittet, hvilket er forårsaget af mere lys og højere fosforkoncentrationer om sommeren.

Sigtdybde

De fleste søer i amtet har en sigtdybde mellem 0,5 og 1 m. Årsagen til, at der ikke er flere søer med en bedre sigtdybde, er bl.a. belastningen med næringssalte og/eller skæv biologisk struktur, der forårsager vækst af planteplankton.

Endvidere er der relativt mange lavvandede søer, der påvirkes af de til tider kraftige vestlige vinde. Vinden ophvirvler bundmaterialet og gør dermed vandet uklart. Endelig er der sigt til bunden i flere søer, hvilket har den konsekvens, at den reelle sigtdybde ikke kan registreres, og disse søer er derfor ikke inddraget i opgørelsen.

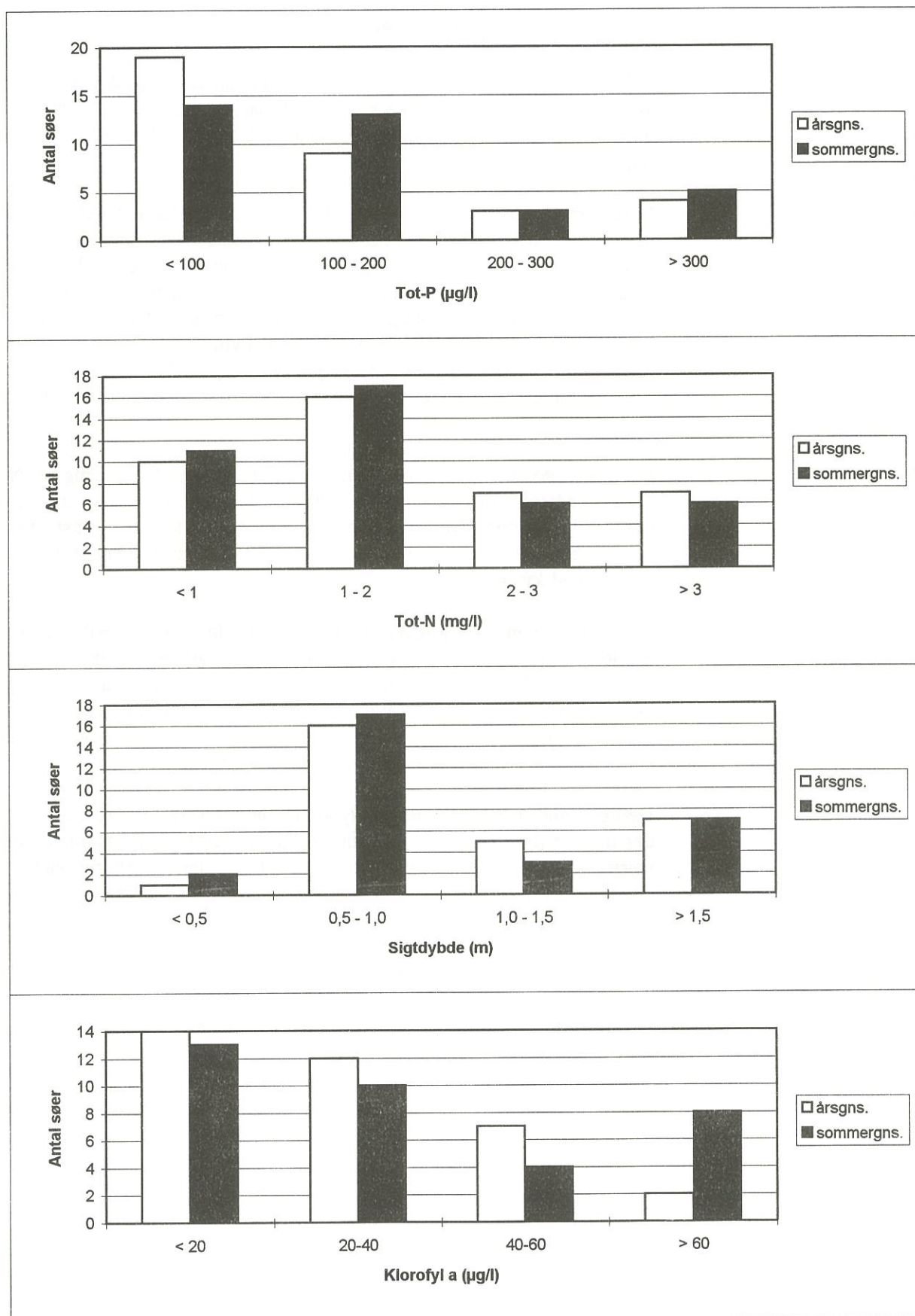


Fig. 4.1. Målsatte søer i Ribe Amt. Tidsvægtede gennemsnit.

4.2 Målopfyldelse

17 søer med problemer

En oversigt over målsætninger og målopfyldelse for søerne i Ribe Amt fremgår af figur 4.2. Opfyldelse af målsætningerne for 17 af søerne forudsætter, at der gennemføres miljøforbedrende tiltag i søernes oplande, og for den overvejende del af søerne skal der ligeledes gennemføres egentlige restaureringsindgreb.

Spredt bebyggelse

Landsø og Råværsholm Sø belastes fortsat i væsentligt omfang af spildevand fra spredt bebyggelse, og målsætningen er derfor ikke opfyldt for disse søer.

Intern belastning

I Ål Præstesø og Galtho Søundersø er miljøtilstanden utilfredsstillende som følge af tidligere spildevandsudledninger, der giver en intern belastning. Målsætningen for Ål Præstesø er derfor ikke opfyldt, og målsætningen for Søer ved Galtho er kun delvist opfyldt.

Okker

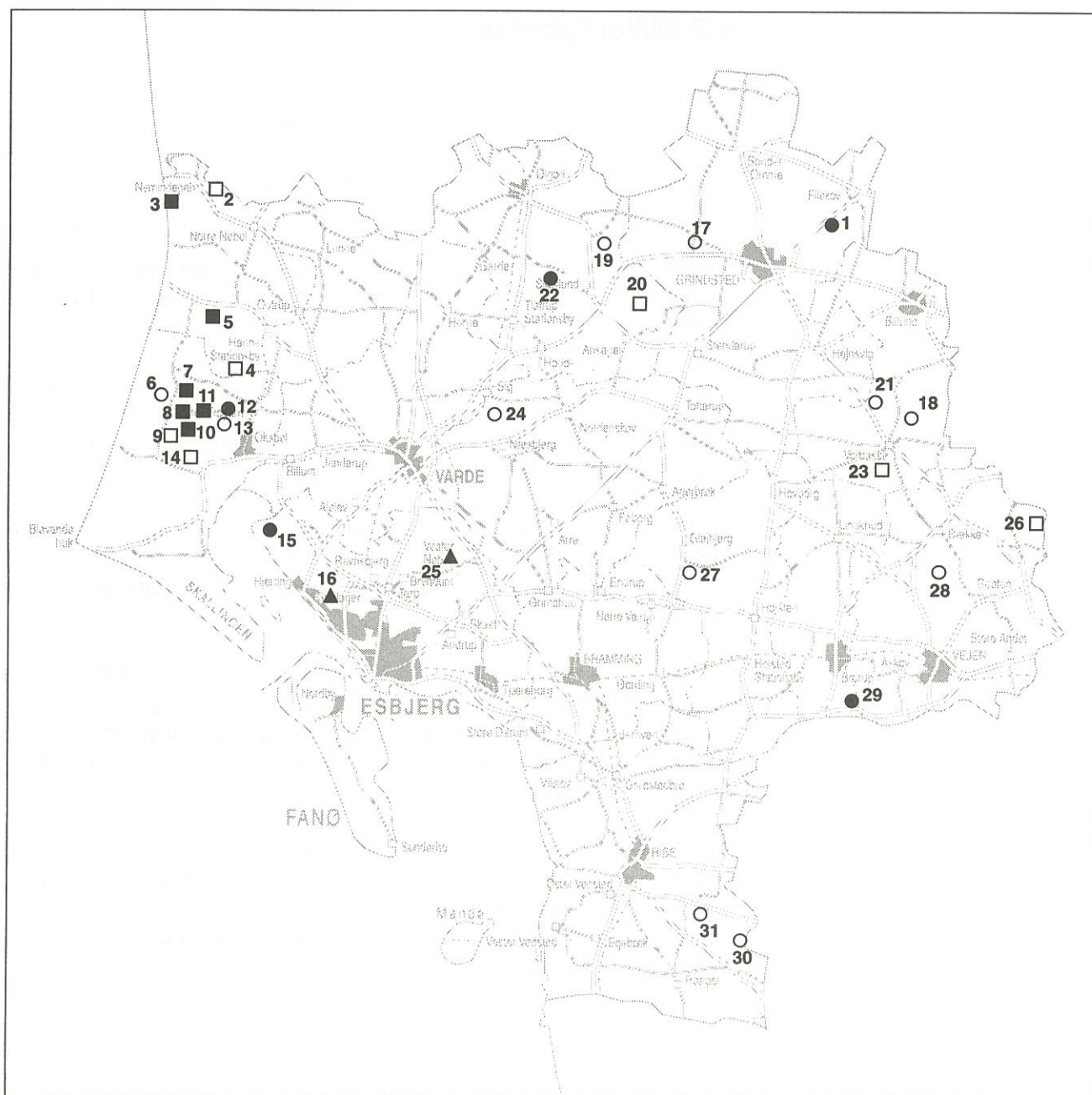
Flere af søerne i Ribe Amt er okkerbelastede i væsentligt omfang som følge af dræning i oplandene. Dette gælder bl.a. for Landsø, Søvig Sund, Grærup Langsø, Fåresø, Grovsø og Munkesø, hvor målsætningen ikke er opfyldt.

Intensiv landbrugsdrift

Kvie Sø og Skærsø, der hører til blandt amtets mest værdifulde lobeliesøer, samt Sjøpse og Råværsholm Sø, ligger indenfor oplande, hvor der foregår intensiv landbrugsdrift. Herved foregår der en påvirkning med gødningsstoffer fra markarealer, og dette forhold er medvirkende til manglende målopfyldelse for disse søer.

Saltvand

I 1995-96 er der sket en væsentlig forringelse af miljøtilstanden i Nyminde Strøm, så målsætningen for den nordlige del af søkomplekset ikke længere er opfyldt. Forringelsen er sket som følge af, at der i efteråret 1995 og flere gange siden er trængt op til 15 o/oo saltvand ind i søkomplekset med lagdeling, iltsvind og fiskedød til følge.



A ■ Særligt naturvidenskabeligt interesseområde, målsætning opfyldt.

A □ Særligt naturvidenskabeligt interesseområde, målsætning ikke opfyldt.

B ● Naturligt og alsidigt plante- og dyreliv, målsætning opfyldt.

B ○ Naturligt og alsidigt plante- og dyreliv, målsætning ikke opfyldt.

C ▲ Sø påvirket af spildevand og andre fysiske indgreb.

Fig. 4.2. Målsætninger og målopfyldelse for søerne i Ribe Amt

1 Hjortlund Sø	B*	18 Knoldsø	B*
2 Landsø	A	19 Ålling Sø	B
3 Nyminde Strøm	A(*)	20 Kvie Sø	A
4 Søvig Sund	A	21 Nørresø	B
5 Filsø	A*	22 Søer ved Galtho	B(*)
6 Grærup Langsø	B	23 Søndersø	A
7 Selager Sø	A*	24 Karlsgårde Sø	B
8 Holmsø	A*	25 Nebel Sø	C*
9 Grovsø	A	26 Skærsø	A
10 Sortesø	A*	27 Råkærsholm Sø	B
11 Hellesø	A*	28 Tranekær Sø	B
12 Barnsø	B*	29 Sønderskov Mølledam	B*
13 Ål Præstesø	B	30 Sjapmose	B
14 Fåresø	A	31 Munkesø	B
15 Marebæk Søerne	B*		
16 Guldager Mølledam	C*		
17 Grindsted Engsø	B		

* betyder målsætning opfyldt.

(*) betyder målsætning opfyldt for dele af søkomplekset.

4.3 Udførte sørestaureringer

8 sørestaureringer

For flere af amtets søer gælder det, at de miljøforringende påvirkninger er bragt til ophør. Alligevel vil søerne være fastholdt i en dårlig miljøtilstand mange år fremover, medmindre der iværksættes restaureringstiltag. Af denne årsag er der gennemført restaureringer af 8 søer i Ribe Amt.

Vandstand og tagrør

I Filsø og Barnsø er der foretaget vandstandshævning og fjernelse af tagrørsbevoksninger, der truede søerne med tilgroning. Fjernelse af tagrør er også foretaget i Knold Sø.

Sediment

I Marebæk Søerne og Sønderskov Mølledam er der foretaget omfattende fjernelser af sediment, der var ophobet som følge af tidligere tilførsler af næringsstoffer. I Marebæk Søerne er der endvidere opfisket 8-10 tons "skidtfisk".

Tilsvarende er der foretaget sedimentfjernelse i Sortesø, hvor ophobning af plantemateriale var ved at ødelægge søen som lobelie-sø.

Afskæring af dræn

Med hensyn til Kvie Sø og Skærsø, der begge er lobelie-søer, er der foretaget afskæring/omlægning af dræn, der tidligere ledte vand fra landbrugsarealer ned til søerne.

Biomanipulation

I Skærsø er der desuden gennemført et biomanipulationsindgreb, hvorved der er fjernet ca. 3 tons "skidtfisk" og udsat 40.000 stk. gedder med henblik på at bringe søen i biologisk balance.

Grundvandsindpumpning

I Kvie Sø indpumpes der surt grundvand til søen for at reducere konsekvenserne af en kalkforurening, der fandt sted i 1992.

De gennemførte indgreb har medført, at miljøtilstanden er forbedret betydeligt i flere af søerne, så de fremover kan opfylde de fastlagte målsætninger. Dette gælder dog ikke Skærsø, hvor miljøtilstanden fortsat er utilfredsstillende trods de omfattende indgreb.

I Knold Sø, Marebæk Søerne og Sønderskov Mølledam er indgrebene først afsluttet ved udgangen af 1996 og den fulde effekt af indgrebene kan endnu ikke vurderes. Det forventes dog, at søernes målsætning fremover vil kunne opfyldes.

4.4. Udvikling i miljøtilstanden

Forøget overvågning

I perioden op til slutningen af 1980'erne havde overvågningen af miljøtilstanden i amtets søer et betydeligt mindre omfang end i dag. Alligevel findes der for en mindre gruppe søer tilstrækkeligt med data til at foretage en vurdering af udviklingen siden 1970'erne.

I Filsø, Grærup Langsø, Ål Præstesø, Skærsø og Munkesø er der foretaget undersøgelser i 70'erne, 80'erne og 90'erne, som det fremgår af tabel 4.1.

	1971-1979	1980-1988	1989-1996
Grærup Langsø	78	80	92
Ål Præstesø	74, 78, 79	84, 85	89, 90, 94, 95
Skærsø	78	88	90-95
Munkesø	78, 79	87	93
Filsø	78	80	89, 90, 95

Tabel 4.1. Tilsynsår for fem målsatte søer i Ribe Amt. Tilsynsår er kun medtaget, såfremt der er mindst 5 tilsyn pr. år.

I figur 4.3 er udviklingen i ovenstående søers koncentrationer af fosfor og kvælstof afbildet. Beregningerne, der ligger til grund for figuren, er foretaget ved at midle det tidsvægtede årgennemsnit for de fem søer for hver periode, der er angivet i tabel 4.1.

Af figur 4.3. fremgår det, at der for de pågældende søer først har været et mindre fald i koncentrationen af næringssalte fra 70'erne til 80'erne, mens der har været en betydelig stigning fra 80'erne til 90'erne. En mere detaljeret fremstilling af udviklingen fremgår af figur 4.4., hvor den enkelte sø er udskilt. Denne figur illustrerer, at især Filsø er blevet mere næringsrig i perioden 1989-96. Fosforkoncentrationen er også steget relativt meget hvad angår Grærup Langsø og Skærsø. Derimod er der konstateret et fald i Ål Præstesøes fosforkoncentration.

Filsø

Den meget markante stigning i koncentrationen af næringssalte i Filsø fra perioden 1980-88 til 1989-96 er forårsaget af meget høje fosfor- og kvælstofkoncentrationer i 1989 og 1990, hvor der var perioder med usædvanlig lav vandstand. Ved tilsynet i 1995 var fosforkoncentrationen dog igen reduceret betydeligt p.g.a. en vandstandshævning og fosforfældning på et stort renseanlæg i oplandet (Outrup Renseanlæg).

Grærup Langsø

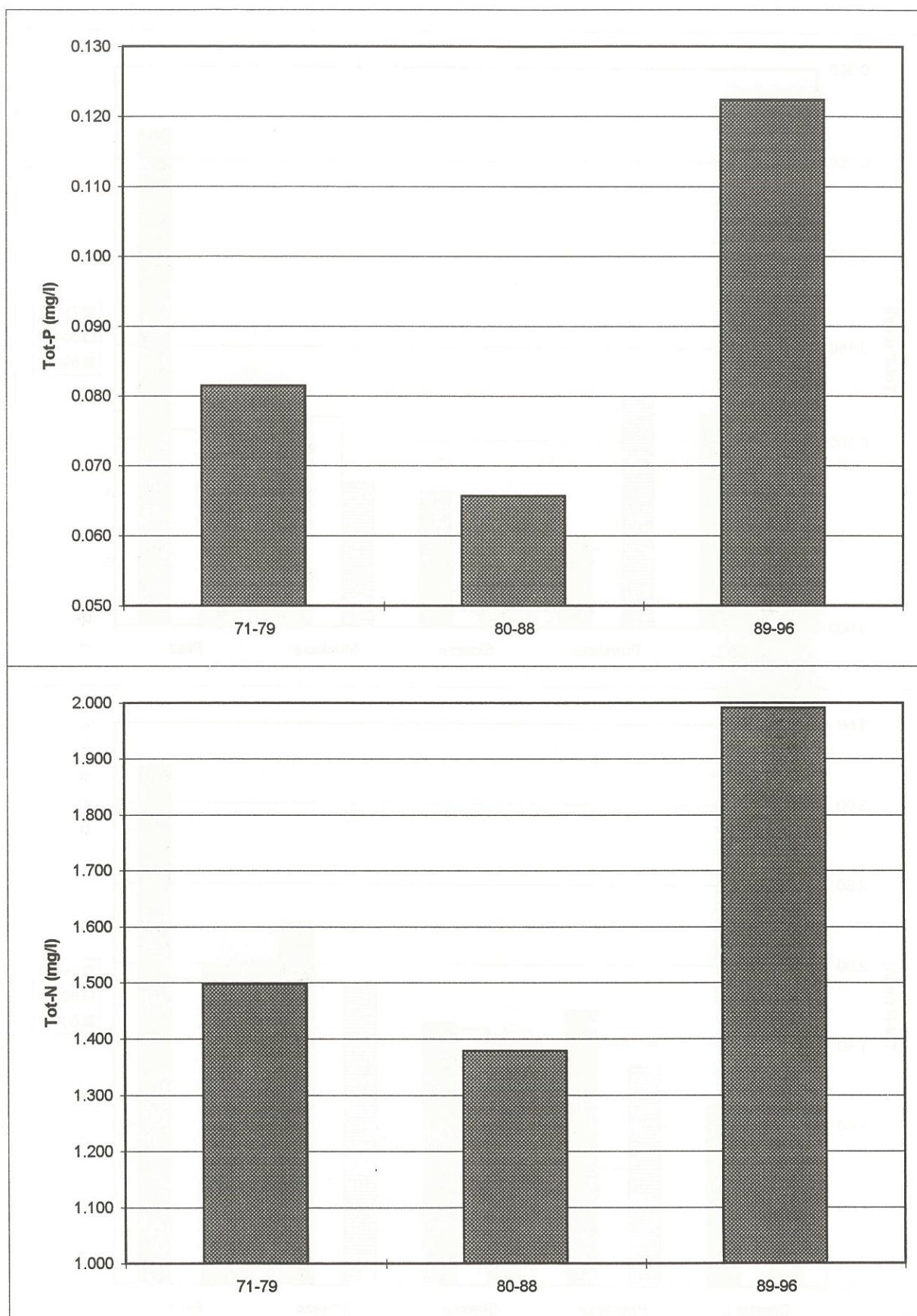
Det er uvist hvorfor fosforkoncentrationen i Grærup Langsø er steget fra 1980-88 til 1989-96, men den mest sandsynlige årsag er dræning i oplandet.

Skærsø

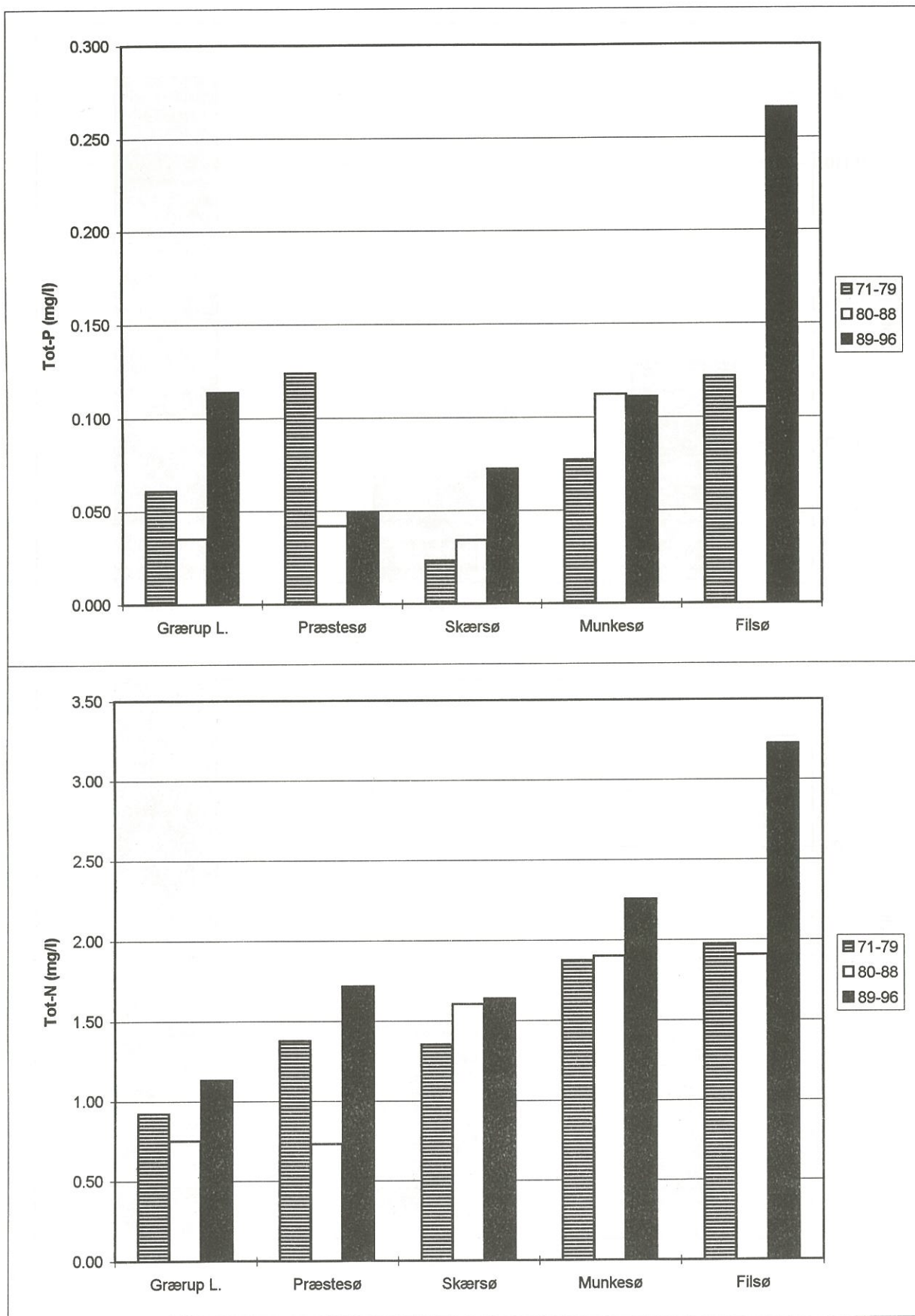
Fosforkoncentrationen i Skærsø er steget lidt fra 1971-79 til 1980-88 og relativt meget fra 1980-88 til 1989-96. Stigningen skyldes en nu afskåret spildevandsbelastning fra en enkelt beboelse og dræning fra landbrugsarealer i oplandet.

Ål Præstesø

I Ål Præstesø er fosforkoncentrationen faldet betydeligt fra perioden 1971-79 til 1980-88, hvilket er forårsaget af reduktion i belastningen fra landbrug og spredt bebyggelse.



Figur. 4.3. Gennemsnit af tidsvægtede årgennemsnit for Filsø, Grærup Langsø, Ål Præstesø, Skærsø og Munkesø.



Figur 4.4. Tidsvægtede årsgennemsnit for fem målsatte søer i Ribe Amt.

Konklusion

Når der foretages en analyse af udviklingen i de tre perioder 1971-79, 1980-88 og 1989-96 er det kun muligt at inddrage 5 af amtets 31 målsatte søer, p.g.a. mangel på ældre tilsynsdata.

For de fem udvalgte søer fås det samlede indtryk, at tilstanden er blevet forværret. En detailanalyse på enkelt sø-niveau viser imidlertid, at dette forhold kun beror på en forværret tilstand i Grærup Langsø og Skærsø, samt en tidligere dårlig tilstand i Filsø.

5.0 Holm Sø

5.1 Oplandsbeskrivelse

Beliggenhed

Holm Sø er beliggende i det militære øvelsesområde nord-vest for Oksbøl i Blåvandshuk Kommune.

Topografisk opland

Det topografiske opland til Holm Sø er 233 ha. Størrelsen og beliggenheden af oplandet fremgår af bilag 5.1. Oplandet består overvejende af hedearealer (to tredjedele). Den resterende del er nåleskov.

Nære omgivelser

Søen har ingen skarp afgrænsning til de nære omgivelser, som er klithede og klitplantage.

Tilløb og afløb

Holm Sø har ingen overfladiske tilløb eller afløb.

5.2 Morfologiske og hydrologiske forhold

Morfologi

De morfometriske data fremgår af tabel 5.1.

Areal	120.130 m ²
Største dybde	1,80 m
Middeldybde	0,79 m
Volumen	95.325 m ³
Opmålt ved	12,02 m DNN

Tabel 5.1. Morfometriske data for Holm Sø, opmålt i foråret 1986.

Søen er generelt meget lavvandet med flere mere eller mindre adskilte bassiner. Kystlinien er lang, og søen har et uregelmæssigt omrids med mange små bugter og vige. Mod vest findes et lille næsten helt isoleret bassin, der kun har forbindelse med den øvrige del af Holm Sø gennem en smal naturlig kanal.

Hydraulisk opholdstid

Den hydrauliske opholdstid er for 1996 beregnet til 1,7 år.

5.3 Massebalance

Vandtilstrømning

Tilstrømningen af vand til Holm Sø er beregnet ved at anvende den arealspecifikke afstrømning fra Langslade Rende, beliggende få kilometer fra Holm Sø. Det er vurderet, at det hydrologiske opland til søen er 96 ha.

Vandstand

Vandstanden varierede i 1996 fra et maksimum på 11,95 m DNN til et minimum på 11,21 m DNN. Minimumsvandstanden er den hidtil laveste registrerede i Holm Sø, hvor der er foretaget intensive undersøgelser siden 1989.

Vandbalance

Vandbalancen for Holm Sø i 1996 fremgår af tabel 5.2. Vandtilførslen i 1996 er den mindste, der er registreret i perioden siden 1989. Nedbørstallet er fra DMI, mens fordampningstallet er fra Statens Planteavlsvforsøg (potentiell fordampning ganget med 1,2). Udsivningen er udregnet som følgende restled: Total tilførsel minus fordampning minus magasinændringen.

Umålt opland	41
Nedbør	69
Total tilførsel	110
Fordampning	78
Udsivning	56
Total fraførsel	134
Magasinændring	-25

Tabel. 5.2. Vandbalance for Holm Sø 1996. Alle tal er i enheden 1000 m³. Bidraget fra umålt opland er beregnet med den arealspecifikke afstrømning fra Langslade Rende.

Da Holm Sø hverken har til- eller afløb, er vandbalancen behæftet med betydelig usikkerhed.

Næringssaltbalance

Næringssaltbalancen for Holm Sø i 1996 fremgår af tabel 5.3. Bidraget af næringssalte fra oplandet er beregnet på grundlag af det arealspecifikke bidrag fra Langslade Rende, som også er naturopland med grovsandet jord. Bidraget fra atmosfæren er sat til 15 kg N/ha og 0,15 kg P/ha. Ved beregningen af udsivningen er søkoncentrationerne anvendt.

	Kvælstof	Fosfor
Atmosfærisk bidrag	180	1,8
Umålt opland	32	4,8
Total tilførsel	212	6,6
Udsivning	152	3,0
Retention	59	3,6

Tabel 5.3. Næringssaltbalance (kg) for Holm Sø 1996.

Belastningen med næringssalte fra oplandet er i lighed med vandtilførslen den mindste, som er registreret i perioden fra 1989.

5.4 Vandkemiske og -fysiske forhold

Prøvetagningsstationer

I forbindelse med undersøgelserne i 1989 til 1996 er der udtaget vandprøver til kemisk analyse på én station i søen. Desuden er der registreret vandstand og målt sigtddybde. Prøvetagningsstationernes beliggenhed fremgår af bilag 5.2. Resultaterne af de vandkemiske undersøgelser fremgår af fig. 5.1, fig. 5.2, bilag 5.3 og bilag 5.4.

1996 - et atypisk år

I 1996 blev vandstanden rekordlav i sensommeren og det tidlige efterår. Dette forhold bevirkede, at der foregik en unormal stor opkoncentrering af næringssalte og humusstoffer i søvandet. Endvidere blev den resterende vandmængde i søen påvirket relativt meget af sedimentet. Som konsekvens heraf opstod der høje koncentrationer af kvælstof og fosfor. Der blev således mulighed for stor algeproduktion, med stor koncentration af klorofyl-a, hvilket gav pH-stigning.

Ved normal prøvetagning er der altid sigt til bunden. I 1996 var vandstanden så lav i sensommeren, at sejlads ikke var mulig. I den periode er sigtdybden derfor ikke målt, men det vurderes at der ved enkelte prøvetagninger i den lavvandede periode ikke har været sigt til bunden.

Årsvariationen af ledningsevnen forløber modsat rettet vandstanden, hvilket underbygger, at der i løbet af sommeren foregik en opkoncentrering af næringssalte.

Udvikling 1989-1996

I bilag 5.3 og bilag 5.4 fremstår resultaterne af en statistisk undersøgelse af, om der har været en udvikling i de tidsvægtede års- og sommergennemsnit.

I perioden 1989-1996 har der kun været en signifikant udvikling ($p < 0,05$) i koncentrationen af silikat-silicium. For det tidsvægtede årsgennemsnit af silikat-silicium har der således været en signifikant stigning ($p = 0,010$). Det er uvist hvorfor stigningen har fundet sted. Koncentrationen af silicium i Holm Sø er dog stadig lav i forhold til andre danske søer. Kiselalger har således endnu ikke nogen betydning.

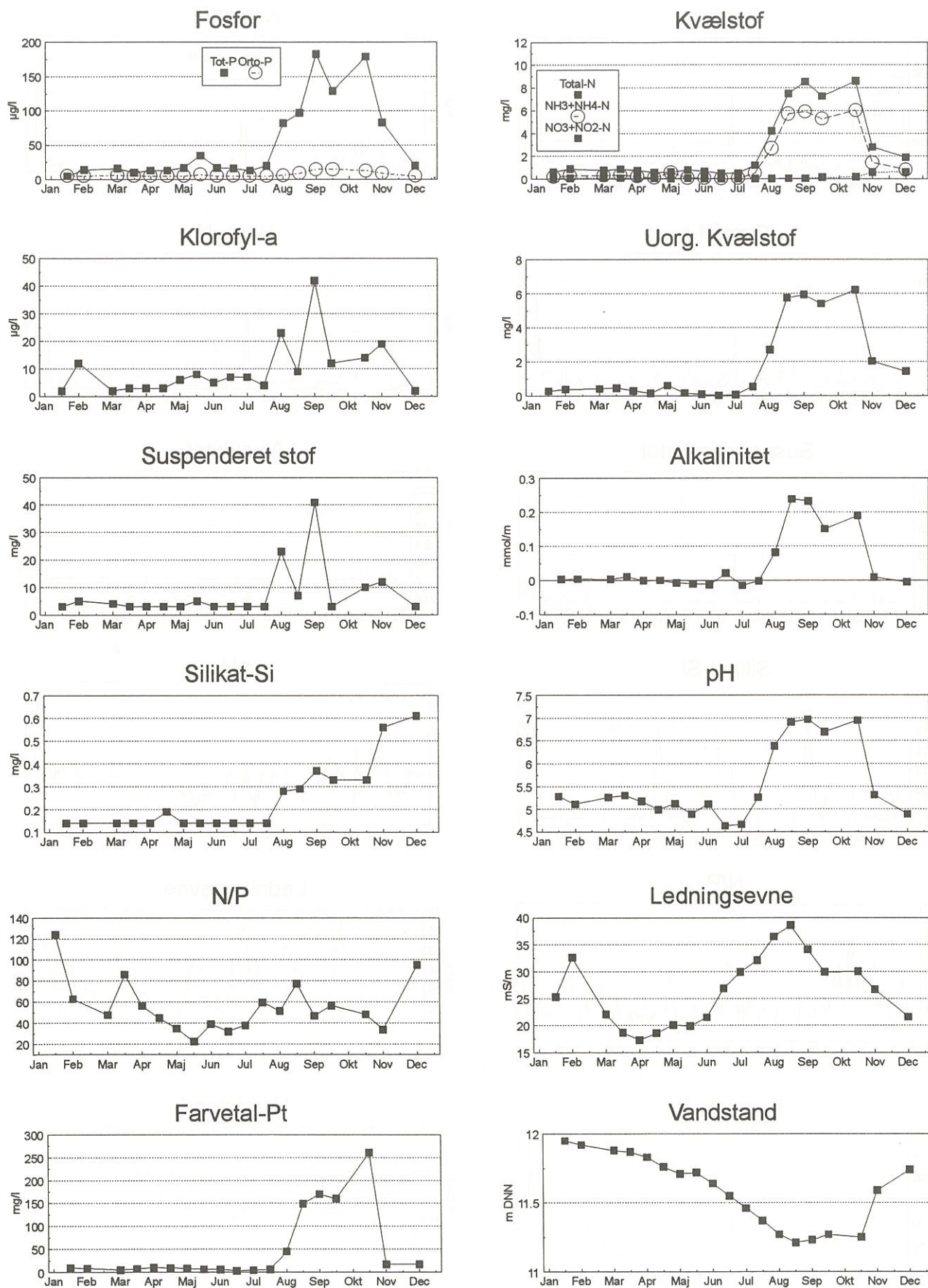


Fig. 5.1. Fysiske og kemiske målinger i Holm Sø 1996.

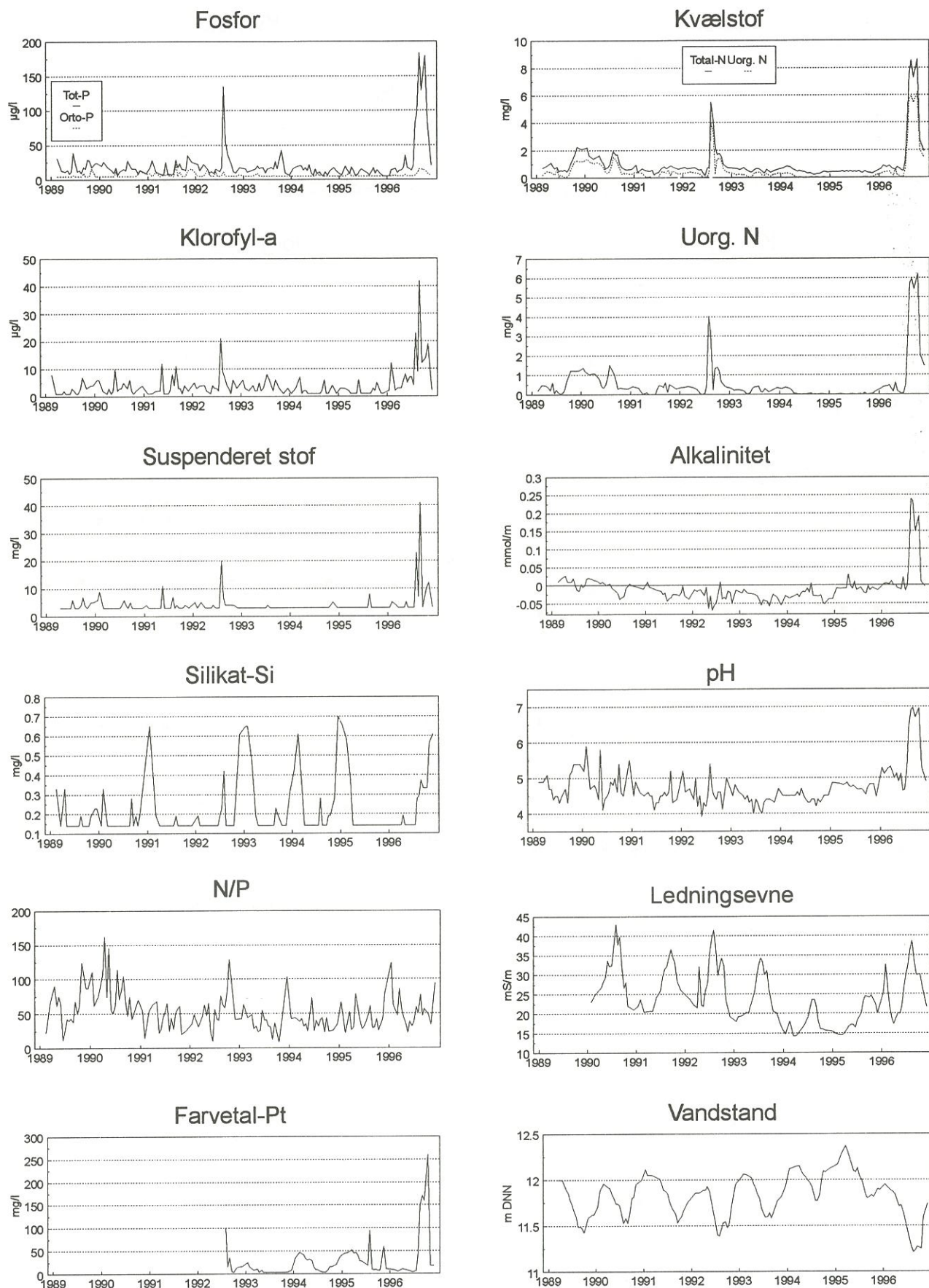


Fig. 5.2. Fysiske og kemiske målinger i Holm Sø 1989-1996.

5.5 Biologiske forhold

Plankton

Rådata fra undersøgelsen af plante- og dyreplankton i Holm Sø fremgår af bilagsrapporten "Holm Sø 1996 Plante- og dyreplankton."

Planteplankton

Biomasse og årstidsvariation

Biomasse af de enkelte algegrupper og planteplanktons procentvise sammensætning i løbet af året fremgår af figur 5.3.

Den totale planteplanktonbiomasse var, som i de øvrige år, lav, idet den varierede mellem $0,02 \text{ mm}^3/\text{l}$ i december og $1,3 \text{ mm}^3/\text{l}$ i november. Den gennemsnitlige biomasse fra perioden januar-december var $0,44 \text{ mm}^3/\text{l}$ og fra sommerperioden, maj-september, $0,55 \text{ mm}^3/\text{l}$. Der var ét lidt større og fire mindre maksima i løbet af prøvetagningsperioden: I maj, juni, juli, september ($0,55\text{-}0,92 \text{ mm}^3/\text{l}$) og november ($1,3 \text{ mm}^3/\text{l}$). Heraf var de to første domineret af furealger (60%) og de tre sidste af grønalger (91-100%).

Januar-marts

I perioden januar til marts var planteplanktons biomasse meget lav ($0,16\text{-}0,30 \text{ mm}^3/\text{l}$). Furealger dominerede i januar-februar (58-62%) med gulalger som subdominanter, gulalger dominerede i marts (98%).

April-juni

I april og til midt i maj steg biomassen langsomt til et lille forårsmaksimum ($0,55 \text{ mm}^3/\text{l}$) domineret af furealger (60%). Grønalger var subdominantgruppe i størstedelen af perioden og dominerede sidst i maj (70%). I juni havde furealger atter et lille maksimum ($0,64 \text{ mm}^3/\text{l}$).

Juni-september

I løbet af disse måneder optrådte de to næste biomassemaksima på $0,82\text{-}0,92 \text{ mm}^3/\text{l}$. Imellem disse maksima var der en periode med lavere biomasse. Grønalger dominerede (89-97%), i juli med furealger og i august-september med blågrønalger som de næstvigtigste grupper.

Oktober

I oktober var biomassen ekstremt lav ($0,06\text{-}0,11 \text{ mm}^3/\text{l}$) og bestod først i oktober udelukkende af picoplanktiske blågrønalger. Sidst i oktober dominerede grønalger (63%) med blågrønalger som subdominant gruppe (37%).

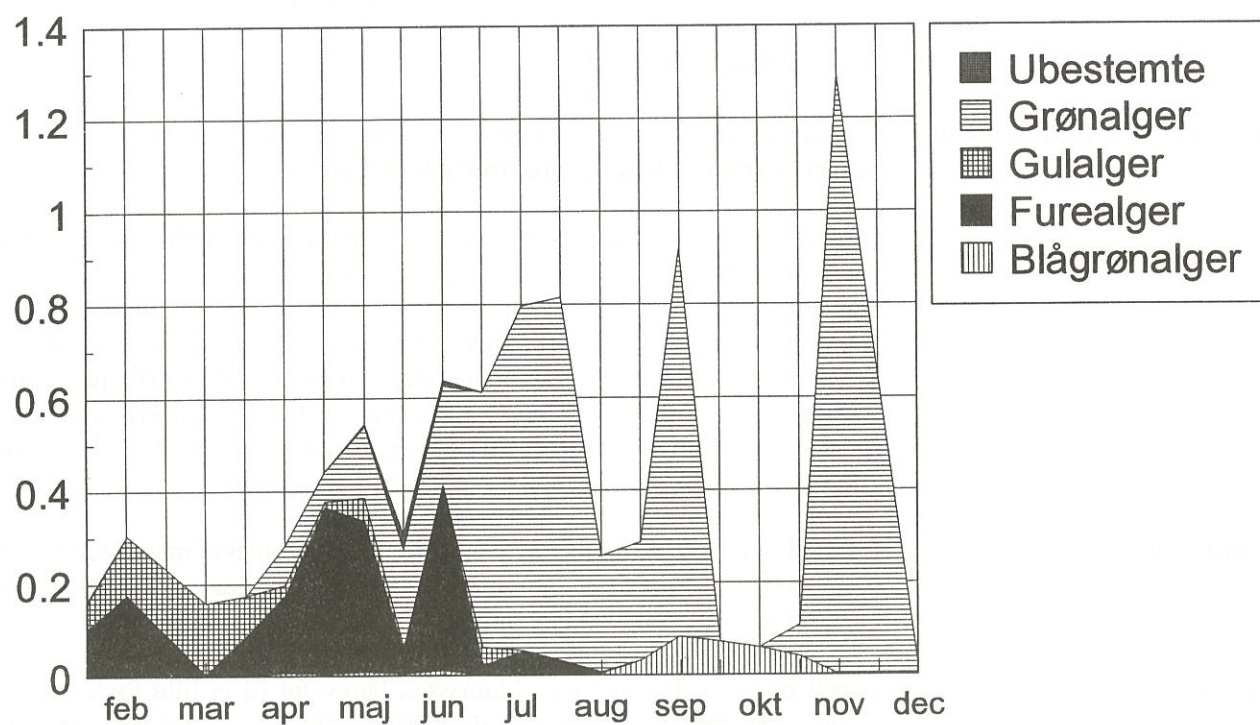
November-december

I november optrådte årets biomassemaksimum ($1,3 \text{ mm}^3/\text{l}$), der udelukkende bestod af grønalger. Årets biomasseminimum var i december ($0,02 \text{ mm}^3/\text{l}$).

Artssammensætning

Planteplanktonsamfundet i 1996 var artsfattigt, i alt bestemtes 46 arter/slægter/grupper, hvoraf kun de 9 tilhører næringskrævende grupper: 4 blågrønalger, 1 centrisk kiselalge og 4 chlorococcale grønalger. Af arter fra næringsfattigt og surt vand blev fundet 27: 4 furealger, 5 gulalger, de pennate kiselalger *Tabellaria binalis*, *T. fenestrata*, *T. flocculosa* samt 15 koblingsalger.

mm³/l



Procent

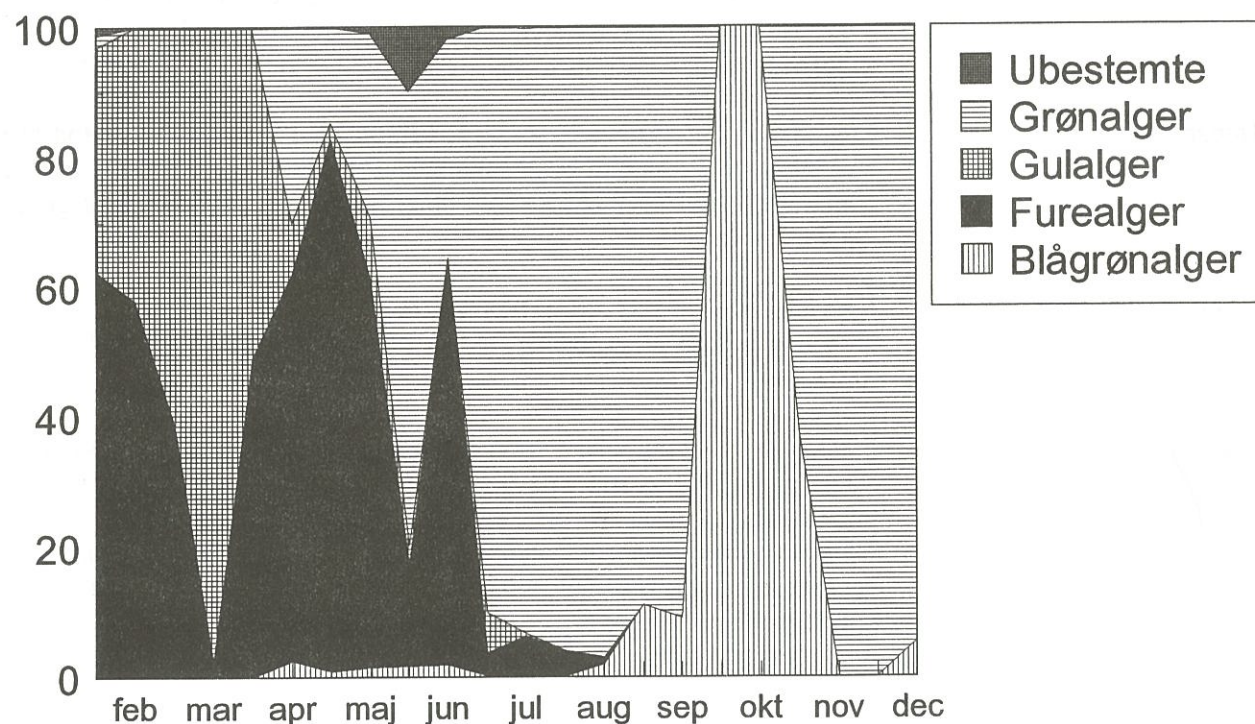


Fig. 5.3. Holm Sø 1996. Volumenbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper af planteplankton.

Der blev optalt 22 forskellige arter/slægter/grupper, hvoraf trådformede grønalger og koblingsalger var de dominerende (*Mougeotia* spp. og *Oedogonium* spp.). De udgjorde til sammen 46% af den gennemsnitlige årsbiomasse og 54% af sommerbiomassen. Furealgen *Peridinium willei* var subdominerende og udgjorde 20% af den gennemsnitlige årsbiomasse og 19% af sommerbiomassen.

Blågrønalger

Blågrønalger udgjorde 3% af den gennemsnitlige biomasse (januar-december). Der blev i alt fundet 4 blågrønalgearter/slægter. Heraf var den kvantitativt vigtigste en picoplanktisk art, *Synechococcus elongatus*, der optrådte i august-oktober og udgjorde hele planteplanktonbiomassen først i oktober.

Rekylalger

Rekylalger var uden kvantitativ betydning i 1996. *Cryptomonas* 15-20 µm og 20-30 µm optrådte spredt gennem året, hyppigst i forårsprøverne.

Furealger

Furealger udgjorde 20% af den gennemsnitlige biomasse (januar-december) og var således den næstvigtigste planteplanktongruppe i 1996. Der blev fundet 4 furealgearter/slægter i perioden januar-august, hvoraf *Peridinium willei* var den kvantitativt vigtigste. Den dominerede biomassen i januar-februar, april-midt i maj samt i juni. *Peridinium umbonatum*-gruppen (hvorunder *Peridinium inconspicuum* og *P. polonicum* hører) var spredt til stede i april-juli.

Gulalger

Gulalger, hvoraf der blev fundet 5 arter, udgjorde 8% af den gennemsnitlige biomasse (januar-december). De var kvantitativt vigtige i januar-midt i maj og dominerede biomassen i marts (98%). *Chromulina* spp. var kvantitativt vigtig i januar-april, *Mallomonas* spp. i januar-april. *Dinobryon sertularia* udgjorde 70% af gulalgemaksimum i marts og var af kvantitativ betydning til og med maj.

Kiselalger

Kiselalger var uden kvantitativ betydning i 1996. *Tabellaria fenestrata* optrådte i januar-juli og udgjorde 3% af biomassen midt i april. Af sjældne kiselalgearter fandtes endvidere *Tabellaria binalis* og *T. flocculosa*, der alle optræder i surt vand.

Grønalger

Grønalger var den helt dominerende gruppe i 1996, både hvad angår biomasse og artsantal: De udgjorde 68% af den gennemsnitlige biomasse (januar-december) og 74% af sommerbiomassen. Der blev i alt fundet 22 arter/slægter/identifikationsgrupper af grønalger, heraf var 15 koblingsalger, der er særlig hyppige i surt og humøst vand. De kvantitativt vigtigste grønalger var store trådformer, der egentlig er epifyter på bundvegetationen, men som ved vindens hjælp hvirvles op i vandmassen: *Mougeotia* spp., der udgjorde 28% og *Oedogonium* spp., der udgjorde 20% af den gennemsnitlige biomasse (januar-december). Den kolonidannende *Botryococcus* sp. udgjorde 7%. Derudover optrådte en lang række sjældne desmidiaceer og andre koblingsalger, overvejende i april-juli.

Sammenligning med 1989-95

Figur 5.4 viser planteplanktons biomasse som gennemsnit fra sommerperioden (maj-september) 1989-96. Den gennemsnitlige sommerbiomasse var i fire af prøvetagningsårene meget lav: 0,16-0,41 mm³/l (i 1989-90 og 1994-95), de øvrige år lidt højere, 0,55-1,1 mm³/l (i 1992-93 og 1996). Disse svingninger afspejler sandsynligvis overvejende den vekslende vandstand i søen i sommerperioden, idet store dele af søen i visse år var udtørret og den resterende vandmængde havde en meget høj koncentration af både næringssalte og organismer.

I alle 8 år dominerede grønalger i sommerperioden. Koblingsalgen *Mougeotia* spp. udgjorde 43-69%, fraset 1990-91 hvor andre grønalger (især *Oedogonium* spp.) var de vigtigste og udgjorde 41-61%. Furealger udgjorde i 1990-91, 1993 og 1995-96 en betydelig del af sommerbiomassen (14-22%), og den picoplanktiske stavformede blågrønalge, *Synechococcus elongatus*, udgjorde 12% i 1992, de øvrige år 0,2-3,5%.

Nygaards indeks, der er udregnet på den samlede artsliste fra hvert år, svingede mellem 0,7 og 1,3 og var i 1996 det lavest fundne. Nygaards indeks viser fortsat, at søens planteplankton er et ekstremt næringsfattigt (oligotroft eller oligo-dystroft) samfund (Nygaard 1976).

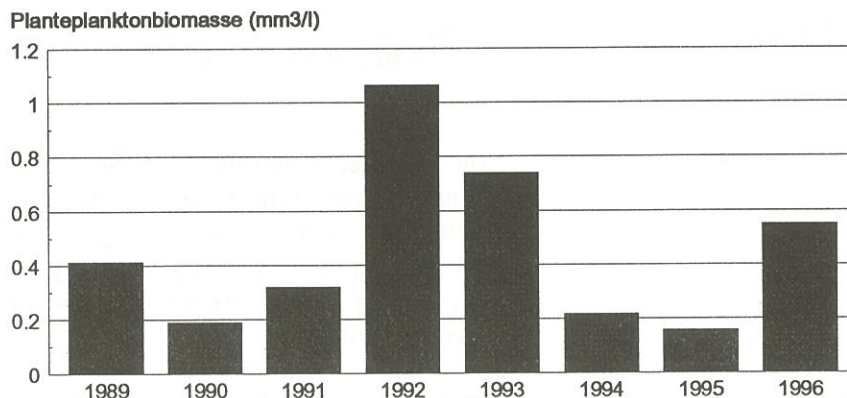


Fig. 5.4. Holm Sø 1996. Volumenbiomasse for planteplankton 1989-96. Tidsvægtede sommergennemsnit fra perioden maj-september.

Dyreplankton

Biomasse og årstidsvariation

Biomassen af de enkelte dyreplanktongrupper og dyreplanktons procentvis sammensætning i løbet af året fremgår af figur 5.6.

Den gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse varierede mellem 0,4 mg vådvægt/l i juli og 3,5 mg/l i december. Den gennemsnitlige biomasse var 1,7 mg/l i perioden april-december og 1,2 mg/l i sommerperioden (maj-september).

På grund af lav vandstand blev der taget relativt få prøver i Holm Sø 1996, bl.a. blev der ikke taget prøver i perioden august-oktober. P.g.a. isdække er der heller ikke taget prøver i januar-marts. Derfor skal beskrivelsen af dyreplankton tolkes med forsigtighed. Det ser ud til, at der var forårsmaksimum i maj (1,3 mg/l). Derudover var der en mindre top sidst i juli (1 mg/l) samt et maksimum i december (det største i prøvetagningsperioden, 3,5 mg/l).

Den vigtigste dyregruppe var cladocerer, der udgjorde 71% i perioden april-december og 50% i sommerperioden. Copepoder var den næstvigtigste gruppe, hvis andel af dyreplanktonbiomassen var henholdsvis 27% og 46% i de to perioder. Rotatorier udgjorde i perioden april-juni 1-4% af biomassen, resten af året var deres andel under 1%. Ciliater havde en relativt høj biomasse midt i juni, hvor de udgjorde 34% af biomassen. De havde ingen betydning for biomassen i resten af prøvetagningsperioden.

I det følgende gives en kort beskrivelse af årstidsvariationen i dyreplanktons biomasse og sammensætning.

April-juni

Dyreplanktonbiomassen lå på samme niveau i perioden. Fra midten af april til maj steg biomassen en smule (fra 1 mg/l til 1,3 mg/l), hvor det første maksimum i prøvetagningsperioden fandt sted. Derefter faldt biomassen til 1 mg/l midt i juni. Copepoder var i hele perioden den dominerende dyregruppe; de udgjorde 48-90% af biomassen. Cladocerer var den næstvigtigste dyregruppe (7-17%). Rotatoriers andel var 1-4%. Ciliater havde temmelig stor betydning (34%) i juni, i resten af perioden udgjorde de højst 1% af biomassen.

Juli

Midt i juli var dyreplanktonbiomassen faldet til 0,4 mg/l, hvorefter den steg igen til 1,1 mg/l i slutningen af juli. I løbet af måneden skiftede dominansen fra copepoder til cladocerer, der udgjorde 19-58% af biomassen. Copepodernes andel af biomassen varierede mellem 41% og 80%. Både rotatorier og ciliater var uden betydning for biomassen, de udgjorde under 1% af biomassen.

November-december

Biomassen var relativt høj i perioden (2,9-3,5 mg/l). Dyreplankton bestod næsten udelukkende af cladocerer (98-99%). Copepoder udgjorde 1-2% af biomassen, mens både cladocerers og ciliaters andel var under 1%.

Artssammensætning

Der blev i alt observeret 32 arter/slægter af ciliater, rotatorier og krebsdyr i Holm Sø i 1996.

Ciliater

Der blev kun identificeret én slægt (*Strombidium/Strombilidium*) af ciliater. Herudover blev der observeret ubestemte ciliater indenfor tre størrelsesgrupper. Der fandtes ciliater hele året, men de var i størstedelen af prøvetagningsperioden uden betydning for biomassen. Undtaget var juni, hvor der var en stor bestand af ubestemte ciliater > 100 µm.

Rotatorier

Der blev fundet 13 arter/slægter af rotatorier. Deres biomasse var meget lav i hele prøvetagningsperioden. Den vigtigste art var *Keratella serrulata*, der blev fundet i næsten alle prøver. De øvrige arter blev kun fundet spredt og fåtalligt.

Cladocerer

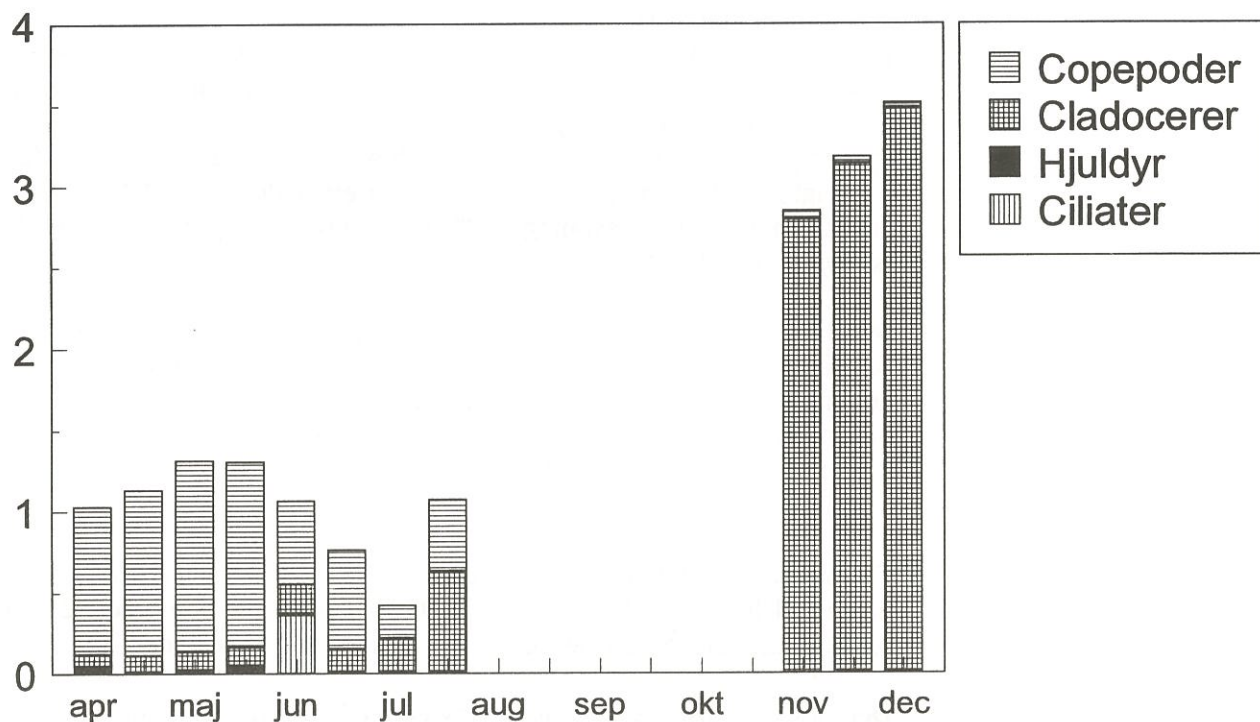
Af cladocerer blev der fundet 13 arter/slægter. *Bosmina longispina* var den vigtigste art. Den fandtes i alle prøverne og dominerede klart cladocerernes biomasse. Arten havde sin største forekomst i november og december. Gennemsnitligt var *Bosmina longirostis* den næstvigtigste art. Den blev dog kun registreret i juli. *Chydorus sphaericus* blev fundet i alle prøver, bortset fra december. De øvrige arter, bl.a. *Alonella nana/excisa*, *Alonopsis elongata* og *Rhynchotalona falcata*, der typisk findes i rent vand, samt *Polyphemus pediculus* blev kun fundet i lavt antal.

Copepoder

Der blev observeret fem arter/slægter af copepoder: en calanoid, tre cyclopoide og en harpacticoid.

De calanoide copepoder var den vigtigste gruppe. Både voksne individer af arten *Eudiaptomus gracilis* og calanoide nauplier og copepoditer blev fundet i næsten alle prøver, men havde størst betydning i april-maj.

mg/l



Procent

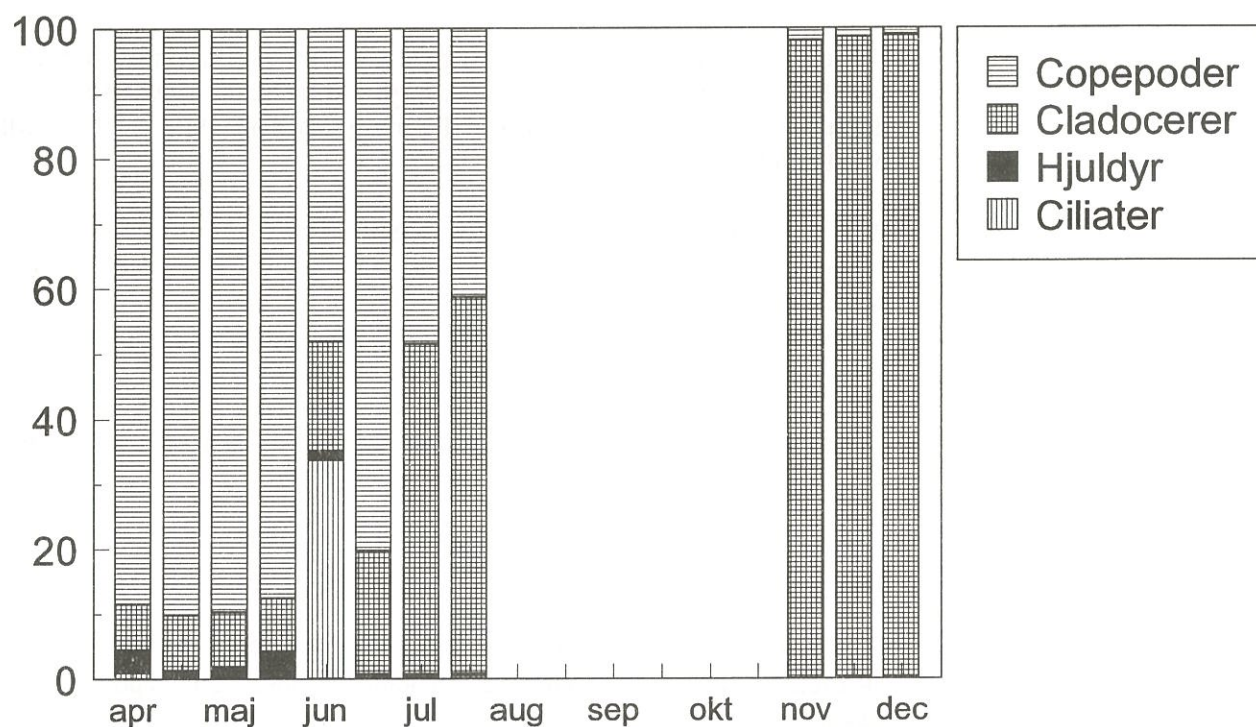


Fig. 5.6. Holm Sø 1996. Dyreplanktonbiomasse (mg våd vægt/l) og procentvis fordeling på hovedgrupper. Der blev ikke taget prøver i perioden august-oktober p.g.a. lav vandstand.

Cyclopoide nauplier og copepoditer blev, bortset fra juni og december fundet i alle måneder. Voksne cyclopoide copepoder (*Cyclops strenuus* ♀, *Cyclops vicinus* ♀ og *Cyclops spp.* ♂) samt *Meso-/thermocyclops* copepoditer blev kun fundet fåtalligt i april-maj.

Harpacticoide copepoder blev registreret i lavt antal i juli.

Fødeoptagelse/græsning

Den potentielle fødeoptagelse varierede mellem 16 µg C/l/d midt i juli og 220 µg C/l/d i juni. De tilsvarende tal for planteplanktons biomasse var hhv. 89 µg C/l og 78 µg C/l. Dyreplankton har således ved maksimal fødeoptagelse kunnet regulere planteplankton betydeligt.

Den vægtede gennemsnitlige fødeoptagelse var 88 µg C/l/d i april-december og 70 µg C/l/d i sommerperioden. Cladocerer stod for den største del af den gennemsnitlige fødeoptagelse (68% i april-december og 44% i sommerperioden). De dominerede fødeoptagelsen fra midten af juli til december.

Bortset fra juni dominerede copepoder fødeoptagelsen fra midten af april til starten af juli. På grund af den før omtalte høje forekomst i juni af store ciliater, der er effektive græssere, dominerede disse klart fødeoptagelsen (90%) i denne måned. Rotatorier havde kun betydning for fødeoptagelsen i april-maj (4-14%). I resten af prøvetagningsperioden udgjorde deres andel højst 1%.

Sammenligning med 1995

Der foreligger resultater for april-august i både 1995 og 1996. Biomassen i denne periode lå i 1996 på samme niveau som i 1995. I begge år dominerede copepoderne det meste af tiden. Undtaget var slutningen af april og midten af maj i 1995 og midt/sidst i juli i 1996, hvor cladocerer dominerede. Ciliater og rotatorier var af ingen eller kun lille betydning begge år, bortset fra den før omtalte store forekomst af ciliater i juni 1996.

I lighed med 1995 var de vigtigste arter i 1996 *Eudiaptomus gracilis*, *Bosmina longispina* og *Keratella serrulata* indenfor henholdsvis copepoder, cladocerer og rotatorier.

5.6 Søens tilstand

Næringssaltbelastning

Holm Sø belastes kun med næringssalte fra omgivne naturarealer og fra atmosfæren. Koncentrationerne af næringssalte i søvandet er derfor lave ved almindelige hydrologiske forhold.

Vandstand og vandkemi

I 1996 blev der registreret den laveste vandstand siden 1989, hvilket gav udslag i betydelige, men naturlige, stigninger i koncentrationerne af flere vandkemiske parametre.

Målsætning

Det antages, at de biologiske forhold og koncentrationerne af næringsstoffer er meget tæt på den naturlige baggrundstilstand. Det kan således konstateres, at søens målsætning, "A - naturvidenskabeligt interesseområde", er opfyldt.

6.0 Kvie Sø

6.1 Oplandsbeskrivelse

Beliggenhed

Kvie Sø ligger på Grindsted Hedeslette nord for Ansager i Ølgod Kommune.

Nære omgivelser

Søen lå oprindeligt i et uopdyrket hedeområde, men i dag er næsten halvdelen af oplandet opdyrket. Omkring søen findes en bræmme af uopdyrkede mose- og græsarealer.

Oplandsforhold

Det hydrologiske oplands størrelse og beliggenhed fremgår af bilag 6.1. Jordtypen i oplandet er grovsandet jord.

Det hydrologiske opland er ikke sammenfaldende med det topografiske opland. Dette skyldes menneskeskabte ændringer, der er foretaget i søens opland. Søen er afskåret hydrologisk fra en del af det topografiske opland med en dæmning, der mod sydvest adskiller søen fra et moseområde. Endvidere er to dræntilløb afskåret, hvilket mindsker det hydrologiske opland med 10 ha. Det aktuelle hydrologiske opland til Kvie Sø er i dag 27 ha, og er fordelt som angivet i tabel 6.1.

	Areal (ha)	Areal (%)
Naturareal	14	52
Landbrug	11	41
Bebyggelse	2	7

Tabel 6.1. Arealudnyttelsen i det hydrologiske opland til Kvie Sø.

Tilløb og afløb

Kvie Sø har ingen overfladiske tilløb. Der er afløb i nordenden.

6.2 Morfologiske og hydrologiske forhold

Morfologi

Kvie Sø er opmålt i foråret 1986 ved kote 25,42 m DNN. De morfologiske data fremgår af tabel 6.2.

Areal	30 ha
Største dybde	2,6 m
Middeldybde	1,2 m
Volumen	363.000 m ³

Tabel 6.2. Morfologiske data for Kvie Sø, opmålt foråret 1986.

6.3 Massebalancer

Vandbalance

Vandbalancen for Kvie Sø fremgår af tabel 6.3. For at modvirke en kalkforurening i 1992 indpumpes der grundvand til søen. I 1996 har grundvandstanden i området været meget lav, hvilket har bevirket, at det kun har været muligt at indpumpe 8.000 m³.

Bidraget fra det umålte opland er beregnet ved at benytte den arealspecifikke afstrømning fra Grene Å's opland. Nedbørstallet er fra DMI, mens fordampningstallet er fra Statens Planteavlsforsøg (potentiel fordampning ganget med 1,2). Udsivningen er udregnet som følgende restled: Total tilførsel minus fordampning minus magasinændringen.

Indpumpning	8
Umålt opland	88
Nedbør	175
Total tilførsel	271
Fordampning	195
Udsivning	97
Total fraførsel	292
Magasinændring	-21

Tabel 6.3. Vandbalance for Kvie Sø, 1996. Alle tal er i enheden 1000 m³.

Vandtilførslen har været meget lav i 1996, hvilket har bevirket, at der ikke har været overfladisk afløb.

Hydraulisk opholdstid

Den hydrauliske opholdstid kan beregnes på baggrund af den udsivede mængde vand, og vil således for 1996 blive 3,7 år.

Vandstand

Vandstanden nåede i 1996 et rekordlavt niveau (24,88 m DNN), hvilket fremgår af figur 6.2.

Næringssaltbalance

Næringssaltbalancen for Kvie Sø i 1996 fremgår af tabel 6.4. Ved beregning af næringssaltbidraget fra det umålte opland på 27 ha er den arealspecifikke belastning fra Grene Å's opland benyttet. Grene Å's opland er, ligesom oplandet til Kvie Sø, et landbrugsbelastet opland med grovsandet jord. Udsivningsbidraget er beregnet ud fra tidsvægtede årsgennemsnit i søvandet. Bidraget fra atmosfæren er sat til 15 kg N/ha og 0,15 kg P/ha.

	Kvælstof	Fosfor
Atmosfærisk bidrag	450	4,5
Umålt opland	328	3,2
Boringsvand	29	0,1
Tilførsel fra badning	10	1
Total tilførsel	817	8,8
Udsivning	119	7,7
Retention	698	1,1

Tabel 6.4. Næringssaltbalance for Kvie Sø, 1996. Alle tal er i kg.

P.g.a. den lille afstrømning fra oplandet var belastningen af Kvie Sø lille i 1996. Den relativt store retention af kvælstof opstår sandsynligvis overvejende ved denitrifikation.

6.4 Vandkemiske og fysiske forhold

Prøvetagningsstationerne

I forbindelse med undersøgelserne i 1989-1996 er der udtaget vandprøver til vandkemisk analyse på én station i søen. Desuden er der registreret vandstand og målt sigtddybde. Prøvetagningsstationernes beliggenhed fremgår af bilag 6.2.

Resultater

Resultaterne af de vandkemiske og fysiske målinger fremgår af figur 6.1., figur 6.2, bilag 6.3 og bilag 6.4.

Året 1996

Sigtddybden var usædvanlig god i maj og juni, hvilket hænger sammen med en periode med lavt farvetal og lille koncentration af suspenderet stof. Sigtddybden forværres herefter hovedsageligt p.g.a. stigende farvetal.

Fra et meget lavt niveau i perioden marts til juli, stiger koncentrationen af ortho-P i løbet af sensommeren, hvilket sandsynligvis er forårsaget af en stigende frigivelse fra sedimentet og en opkoncentration i forbindelse med faldende vandstand. Koncentrationen af total-fosfor stiger ligeledes i løbet af året.

Koncentrationen af kvælstof er størst i vinterperioden, hvor afstrømningen er størst. I sommerhalvåret reduceres koncentrationen forholdsvist meget p.g.a. denitrifikation.

Udvikling 1989 til 1996

I bilag 6.3 og bilag 6.4 fremstår resultaterne af en statistisk undersøgelse af, om der har været en udvikling i de tidsvægtede års- og sommergennemsnit.

I perioden 1989 til 1996 har der været en signifikant udvikling i koncentrationen af suspenderet stof, silikat-silicium og pH.

Suspenderet stof

For suspenderet stof har der været et signifikant fald i både sommergennemsnit ($p=0,012$) og årsgennemsnit ($p=0,006$). Dette fald har resulteret i en bedre sigtddybde, som dog ikke har haft en signifikant stigning. Årsagen hertil kan sandsynligvis hentes i farvetallets påvirkning af sigtddybden.

Silikat-silicium

Der har været et signifikant fald i det tidsvægtede årsgennemsnit for koncentrationen af silikat-silicium ($p=0,040$). Koncentrationen har dog i hele perioden været relativt lille, og kiselalger har således ingen nævneværdig betydning i Kvie Sø.

pH

Der har været en signifikant stigning i pH, både når det gælder sommergennemsnit ($p=0,005$) og årsgennemsnit ($p=0,003$). Udviklingen i pH er foregået i et spring i 1992, hvor søen blev kalket.

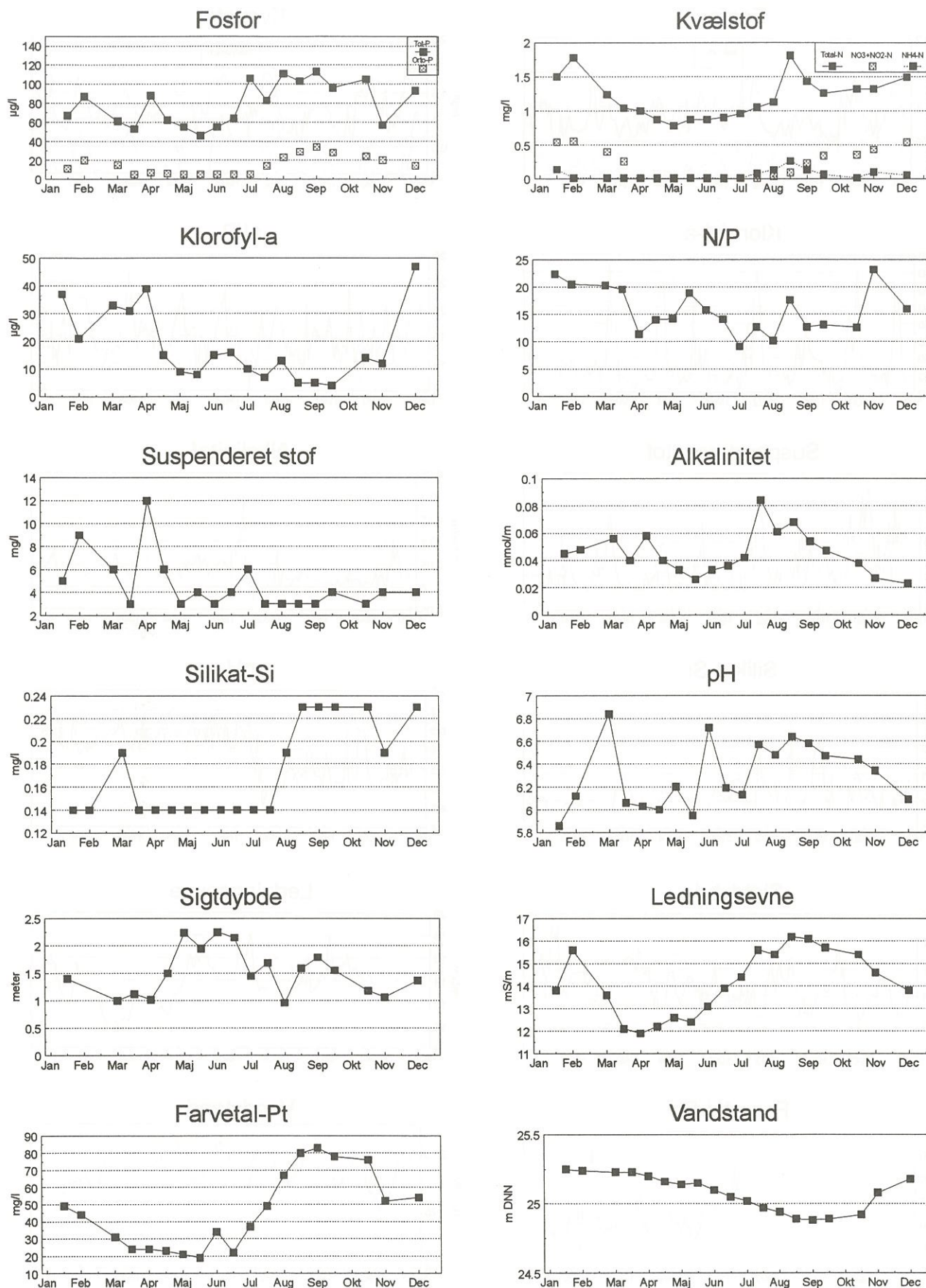


Fig. 6.1. Fysiske og vandkemiske målinger i Kvie Sø, 1996.

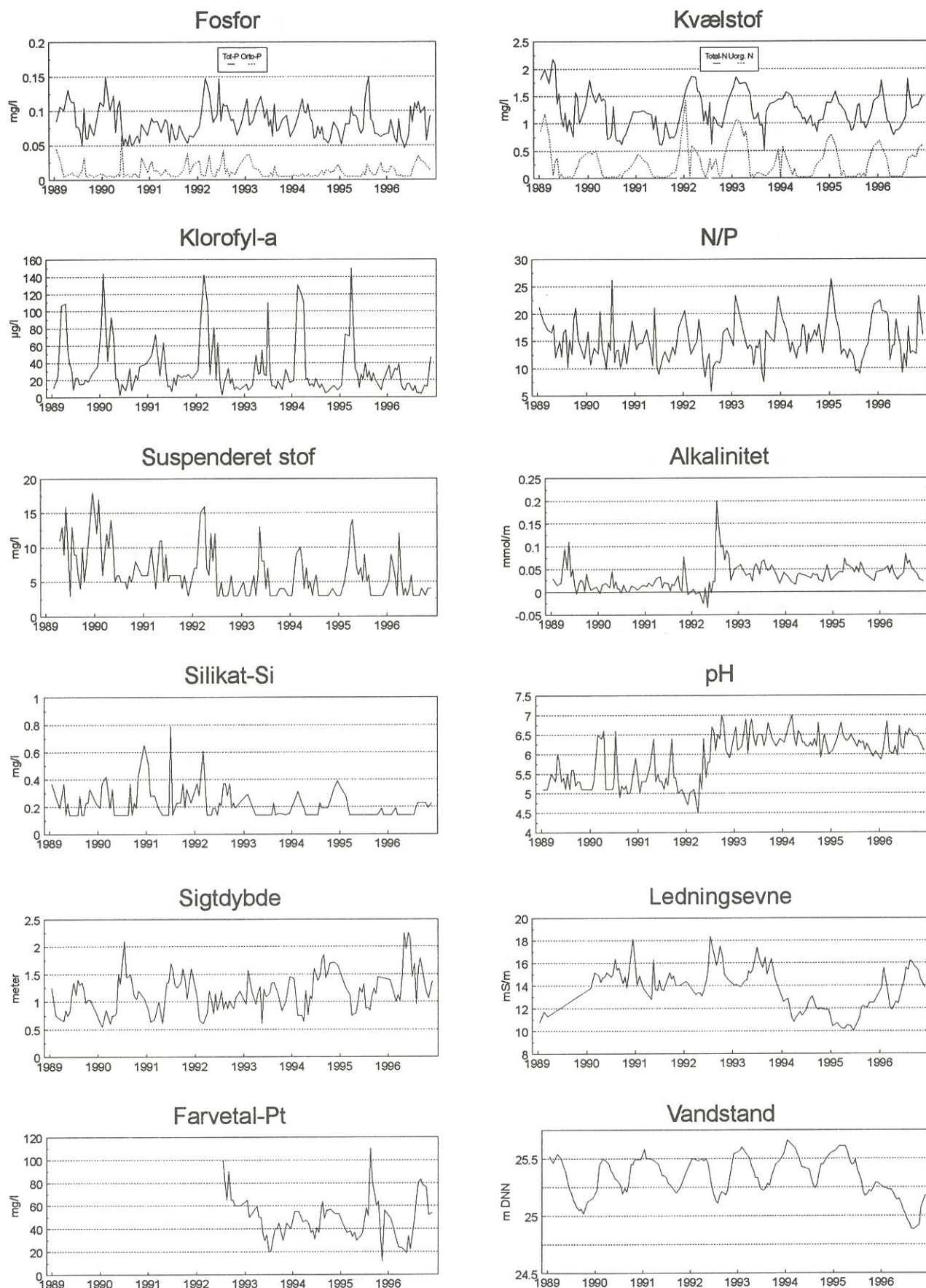


Fig. 6.2. Fysiske og vandkemiske målinger i Kvie Sø 1989 til 1996.

6.5 Biologiske forhold

Plankton

Rådata fra undersøgelsen af plante- og dyreplankton i Kvie Sø fremgår af bilagsrapporten "Kvie Sø 1996 Plante- og dyreplankton."

Planteplankton

Biomasse og årstidsvariation

Biomassen af de enkelte algegrupper samt deres procentvise andele af den totale biomasse ses af figur 6.3.

Den totale planteplanktonbiomasse i Kvie Sø 1996 varierede mellem 0,2 mm³/l i september og 4,1 mm³/l i februar og sidst i juni. Gennemsnit for perioden januar-oktober var 1,6 mm³/l og for sommerperioden, maj-september, 1,2 mm³/l.

Planteplanktons biomasseudvikling i 1996 var karakteriseret ved et generelt lavere biomasseniveau og mindre maksima end i 1995. Der fandtes 4 markante maksima med forskellig algesammensætning i årets løb: ét i februar (4,1 mm³/l) bestående af rekylalger og furealger, ét i april (3,2 mm³/l), hvor der fandtes et meget diverst planteplanktonsamfund, ét i juni bestående af furealger og grønalger og ét i december, der næsten udelukkende bestod af rekylalger. Fra sidst i august til midt i november var biomassen meget lav (0,2-0,3 mm³/l). I denne periode fandtes en meget høj dyreplanktonbiomasse.

Furealger, rekylalger og grønalger var de vigtigste algegrupper i perioden januar-oktober, hvor de udgjorde henholdsvis 38%, 27% og 26% af den totale gennemsnitlige biomasse. I sommerperioden derimod var furealger og grønalger de vigtigste algegrupper med henholdsvis 39% og 36%. Rekylalger udgjorde kun 17% i sommerperioden.

Januar-februar

Her fandtes en høj vinterbiomasse (2,2-4,1 mm³/l) bestående af rekylalgen *Cryptomonas* spp. (40-78%) og små nøgne (athekate) furealger (8-37%).

Marts

Biomassen faldt til 1,4-1,9 mm³/l og bestod især af små ubestemte flagellater <5 µm (27-32%), rekylalgen *Cryptomonas* spp. (18-22%) og bittesmå, stavformede chlorococcale grønalger (17-23%).

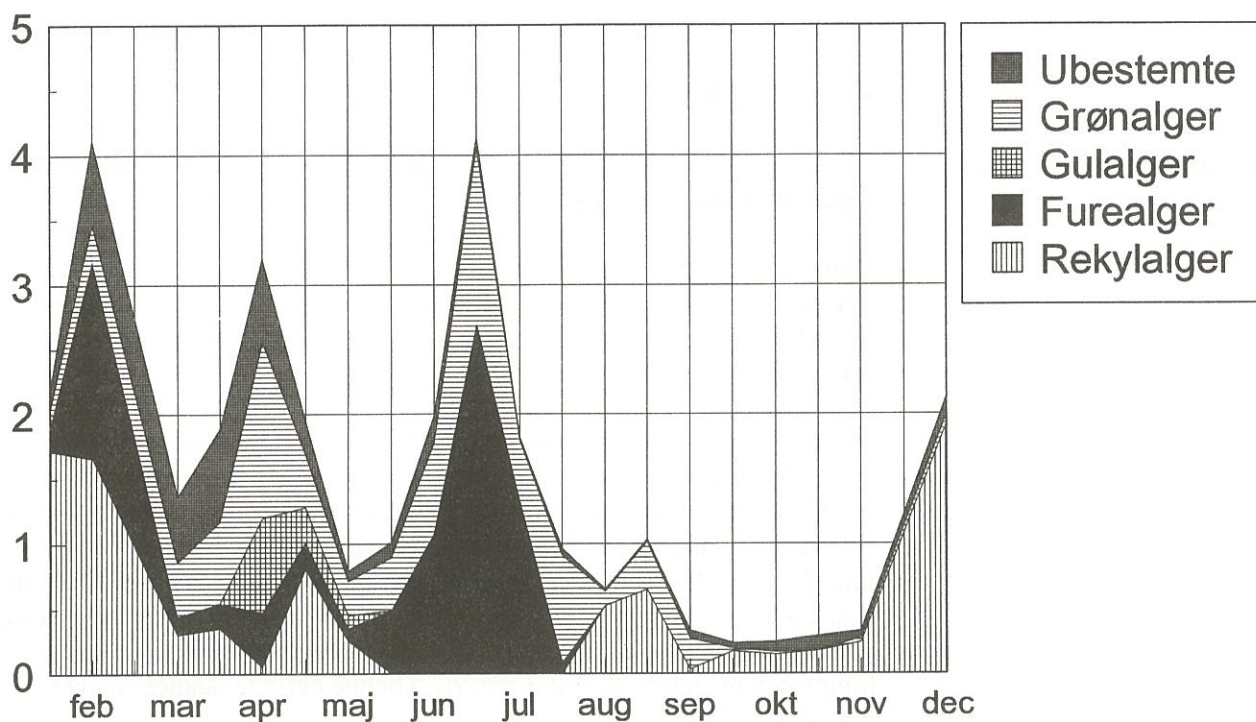
April-maj

Efter maksimum midt i april (3,2 mm³/l) faldt biomassen til 0,8 mm³/l midt i maj. I denne periode fandtes et diverst planteplanktonsamfund bestående af grønalger (21-42%), små ubestemte gulalgeflagellater (12-23%), små nøgne furealger (11-13%), rekylalgen *Rhodomonas lacustris* (2-41%) og ubestemte arter, især små flagellater (10-20%). De vigtigste grønalger var *Koliella* sp., *Monoraphidium contortum* og *Chlorella* sp.

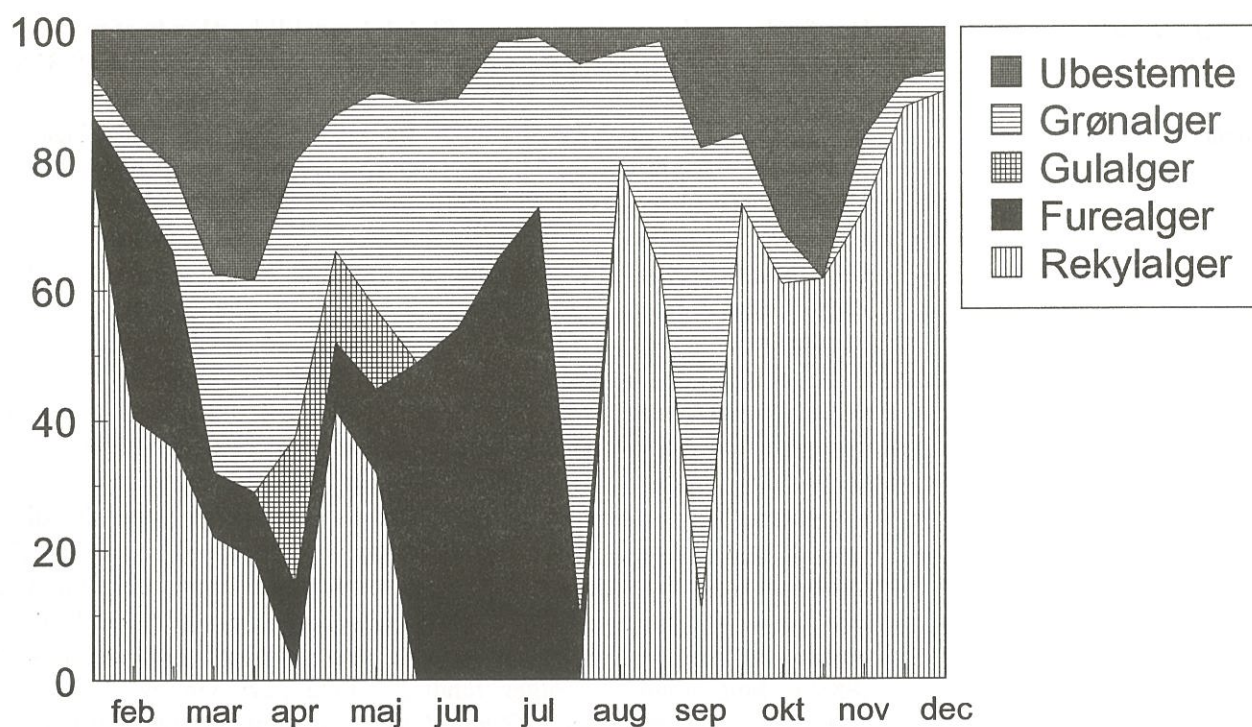
Juni-juli

Biomassen steg til årsmaksimum 4,1 mm³/l sidst i juni, hvor der tillige fandtes maksimum af furealger (2,7 mm³/l ~ 65%) og grønalger (1,4 mm³/l ~ 33%). Fra sidst i maj til begyndelsen af juli dominerede furealger (49-73%), og grønalger var næstvigtigste algegruppe (26-40%). På en enkelt dato midt i juli bestod biomassen næsten udelukkende af grønalger (85%). Små nøgne furealger fandtes i hele perioden og dominerede furealgebiomassen i juni. *Gymnodinium* sp. var vigtigste furealge i begyndelsen af juli. De vigtigste grønalger var i juni *Koliella* sp., *Monoraphidium contortum* samt *Crucigeniella apiculata* og i juli *Dityosphaerium* sp.

mm³/l



Procent



Figur 6.3. Kvie Sø 1996. Planteplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper.

August-december

Biomassen var meget lav fra sidst i august til midt i november (0,2-0,3 mm³/l) og steg derpå til et relativt højt maksimum i december (2,1 mm³/l). Rekylalgen *Cryptomonas* udgjorde 61-90% af den totale biomasse i hele perioden undtagen på en enkelt dato sidst i august, hvor grønalger (især *Botryococcus* sp. og *Sphaerocystis Schroeteri*) udgjorde 71% og rekylalger kun 11%.

Artssammensætning

Der blev i alt fundet 79 arter/slægter i Kvie Sø 1996, hvilket er en del lavere end i 1995, men på samme niveau som i 1994. Trods en nedgang i artsantal fra 1995 til 1996 var artsantallet i perioden 1993-96 markant højere end i perioden 1989-92. Det øgede artsantal skyldtes især en stigning i artsantal af chlorococcale grønalger, gulalger og furealger (tabel 6.5).

KVIE SØ 1989-96

Planteplankton antal arter/slægter

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Blågrønalger	6	3	8	4	2	4	5	4
Rekylalger	2	2	2	2	4	5	5	5
Furealger	3	2	1	3	7	7	7	8
Gulalger	3	2	4	3	7	9	12	8
Stilkalger				1				
Kræveflagellater					1			
Kiselalger								
centriske			1	1	1			
pennate	1	4	3	5	6	3	2	3
Gulgrønalger	1	1	3	1	2	1	2	1
Øjealger	2	3	3	1	4	2	4	
Prasinophyceae	1	1	1	1				
Grønalger								
Chlorophyc. spp.	1			1				
Volvocales	2	5	3	4	3	1	5	3
Chlorococcales	12	17	15	20	35	32	36	30
Ulotrichales	2	2	2	2	3	3	3	2
Zygnematales	10	7	8	8	11	14	15	13
(Desmidiaceae)	(9)	(6)	(7)	(7)	(10)	(13)	(14)	(12)
Ubestemte alger/ flagellater	2	1	2	1	2	2	3	2
Total	48	50	56	56	88	83	99	79
Nygaard-indeks	2,2	3,8	3,9	3,7	4,2	2,9	3,2	2,8

Tabel 6.5. Planteplanktons artssammensætning og Nygaard-indeks i Kvie Sø 1989-96. Nygaard-indeks: antal arter (blågrønalger + centriske kiselalger + øjealger + chlorococcale grønalger)/antal arter (Desmidiaceae).

I 1996 tilhørte 34 arter/slægter grupper, der er karakteristiske for næringsrige søer: 4 blågrønalger og 30 chlorococcale grønalger. 30 arter/slægter tilhørte grupper med hovedudbredelse i rene til svagt næringspåvirkede søer: 8 furealger, 8 gulalger, 1 gulgrønalge og 13 koblingsalger (Zygnematales).

Ligesom i 1995 var små, nøgne furealger (*Dinophyceae*, athekate) og *Cryptomonas* spp. kvantitativt vigtigst i 1996. De udgjorde en næsten lige stor andel af den gennemsnitlige biomasse i perioden januar-oktober (23-24%), men henholdsvis 28% og 12% i sommerperioden.

De små furealger udgjorde 8-65 % af den totale biomasse fra januar til juli, men var uden kvantitativ betydning resten af året. *Cryptomonas* spp. fandtes i starten af året (januar-marts) og fra juli og året ud, men havde biomassemaksimum i vinterperioden. Andre vigtige arter/grupper var flagellater $< 5 \mu\text{m}$, *Koliella* sp., bittesmå, stavformede grønalger (*Chlorococcales* sp.) og *Monoraphidium contortum*, der udgjorde henholdsvis 10 %, 6 %, 6 % og 5 % af den gennemsnitlige biomasse januar-oktober. De havde alle den højeste biomasse i forårsperioden eller juni måned. Som gennemsnit for sommerperioden var de næstvigtigste arter: *Koliella* sp. (6 %), *Monoraphidium contortum* (6 %) og *Gymnodinium* sp. (6 %) og *Rhodomonas lacustris* (5 %).

Sammenligning med 1989-95

Planteplanktons biomasse og procentvise sammensætning som gennemsnit for perioden januar-oktober fra årene 1989-96 ses af figur 6.4.

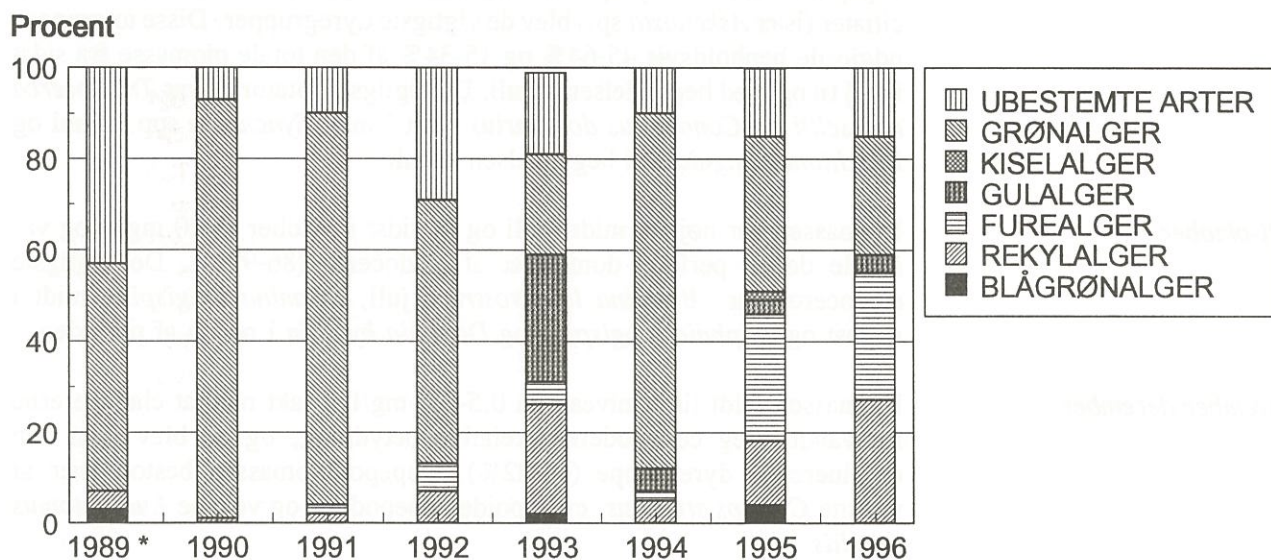
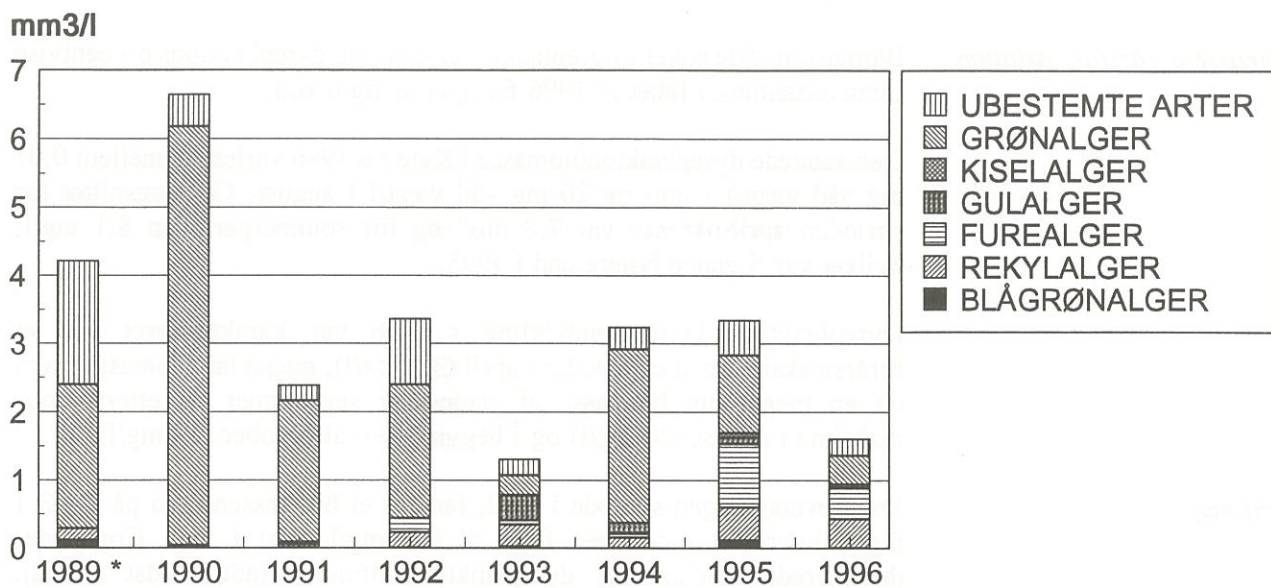
I Kvie Sø har meget høje årsmaksima flere år forekommet før sommerperioden maj-september. I det følgende refererer gennemsnit derfor til perioden januar-oktober, hvis ikke andet er angivet. Det skal dog bemærkes, at prøvetagningen først begyndte i april i 1989, så værdier fra dette år ikke er direkte sammenlignelige med de øvrige år.

I 1996 var både den gennemsnitlige ($1,6 \text{ mm}^3/\text{l}$) og den maksimale biomasse ($4,1 \text{ mm}^3/\text{l}$) lidt højere, men på samme niveau som de hidtil laveste værdier i 1993. I de fleste af de øvrige undersøgelsesår var den gennemsnitlige biomasse 2-4 gange højere end i 1993 og 1996. I sommerperioden så billedet lidt anderledes ud. Undersøgelsesperiodens laveste sommergennemsnit fandtes i 1996, og for årene 1990-96 var sommergennemsnittene generelt lavere og udsvingene mindre end for perioden januar-oktober (sommer: $1,2\text{-}2,7 \text{ mm}^3/\text{l}$, januar-oktober: $1,6\text{-}6,7 \text{ mm}^3/\text{l}$). 1989 adskilte sig fra de øvrige år ved en væsentlig højere biomasse i juli-august og som følge heraf et højere sommergennemsnit.

I 1989-92 og 1994 dominerede grønalger den gennemsnitlige biomasse (50-92 %), men det er bemærkelsesværdigt, at de dominerende grønalgearter skiftede fra år til år. I 1989 dominerede koblingsalgerne *Staurodesmus triangulare* og *Staurodesmus* spp., og i 1990-92 var det små chlorococcale grønalger. En ubestemt chlorococcal grønalge med bittesmå halvmåneformede celler ($< 2 \mu\text{m}$) dominerede fuldstændigt i 1990 og var sammen med *Chlorella* spp. vigtigst i 1991. *Monoraphidium contortum* var den vigtigste grønalge i 1992. I 1994 dominerede den ulotrichale grønalge *Koliella* spp. fuldstændigt den gennemsnitlige grønalgebio masse.

I 1993 og 1995-96 udgjorde de ubevægelige grønalger kun 22-34 % af den gennemsnitlige biomasse. I stedet fandtes et flagellatsamfund, der i 1993 var domineret af gulalger og rekylalger og i 1995-96 af furealger og rekylalger. De dominerende arter var i 1993 små ubestemte gulalger (*Chrysophyceae* sp.) samt *Cryptomonas* spp. og i 1995-96 små, nøgne furealger samt *Cryptomonas* spp.

Nygaard-indeks lå på samme niveau, 2-4, i alle de 7 undersøgelsesår (tabel 1). Som en grov regel regnes Nygaard-indekset for at være < 1 i oligotrofe søer, 1-3 i mesotrofe søer og > 3 i eutrofe søer, jo højere værdi, jo mere næringsrig.



Figur 6.4. Kvie Sø. Planteplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper i 1989-96. Tidsvægtede gennemsnit for den produktive periode (1989: april-oktober, øvrige år: januar-oktober).

Dyreplankton

Biomasse og årstidsvariation

Biomassen af de enkelte dyreplanktongrupper og dyreplanktons procentvise sammensætning i løbet af 1996 fremgår af figur 6.5.

Den samlede dyreplanktonbiomasse i Kvie Sø 1996 varierede mellem 0,07 mg våd vægt/l i juni og 20 mg våd vægt/l i august. Gennemsnittet for perioden april-oktober var 7,8 mg/l og for sommerperioden 8,1 mg/l, hvilket var 5 gange højere end i 1995.

Dyreplanktons biomasseudvikling i 1996 var karakteriseret ved et forårsmaksimum af copepoder i april (3,1 mg/l), meget lav biomasse i juni og en meget høj biomasse af cladocerer sensommer og efterår med maksima i august (20 mg/l) og i begyndelsen af oktober (19 mg/l).

April-maj

Da prøvetagningen startede i april, fandtes et biomasseniveau på 2,4-3,1 mg/l, hvorefter biomassen faldt til 0,2 mg/l sidst i maj. Copepoder dominerede fuldstændig dyreplanktonsamfundet indtil sidst i maj. Copepodbiomassen udgjorde 94-96 % af den totale biomasse og bestod især af alle stadier af *Cyclops vicinus*.

Juni

Her fandtes biomasseminimum (0,07 mg/l). Som i 1995 forsvandt copepoder helt fra dyreplanktonsamfundet i juni, hvorved rotatorier og ciliater (især *Askenasia* sp.) blev de vigtigste dyregrupper. Disse to grupper udgjorde henholdsvis 45-64 % og 15-34 % af den totale biomasse fra sidst i maj til og med begyndelsen af juli. De vigtigste rotatorier var *Trichocerca rousseliti* og *Conochilus dossuarius* sidst i maj, *Synchaeta* spp. i juni og *Brachionus angularis* i begyndelsen af juli.

Juli-oktober

Biomassen var høj fra midt i juli og til sidst i oktober (5-20 mg/l) og var i hele denne periode domineret af cladocerer (86-99%). De vigtigste cladocerer var *Bosmina longirostris* i juli, *Bosmina longispina* midt i august og *Daphnia longispina* og *Daphnia hyalina* i resten af perioden.

November-december

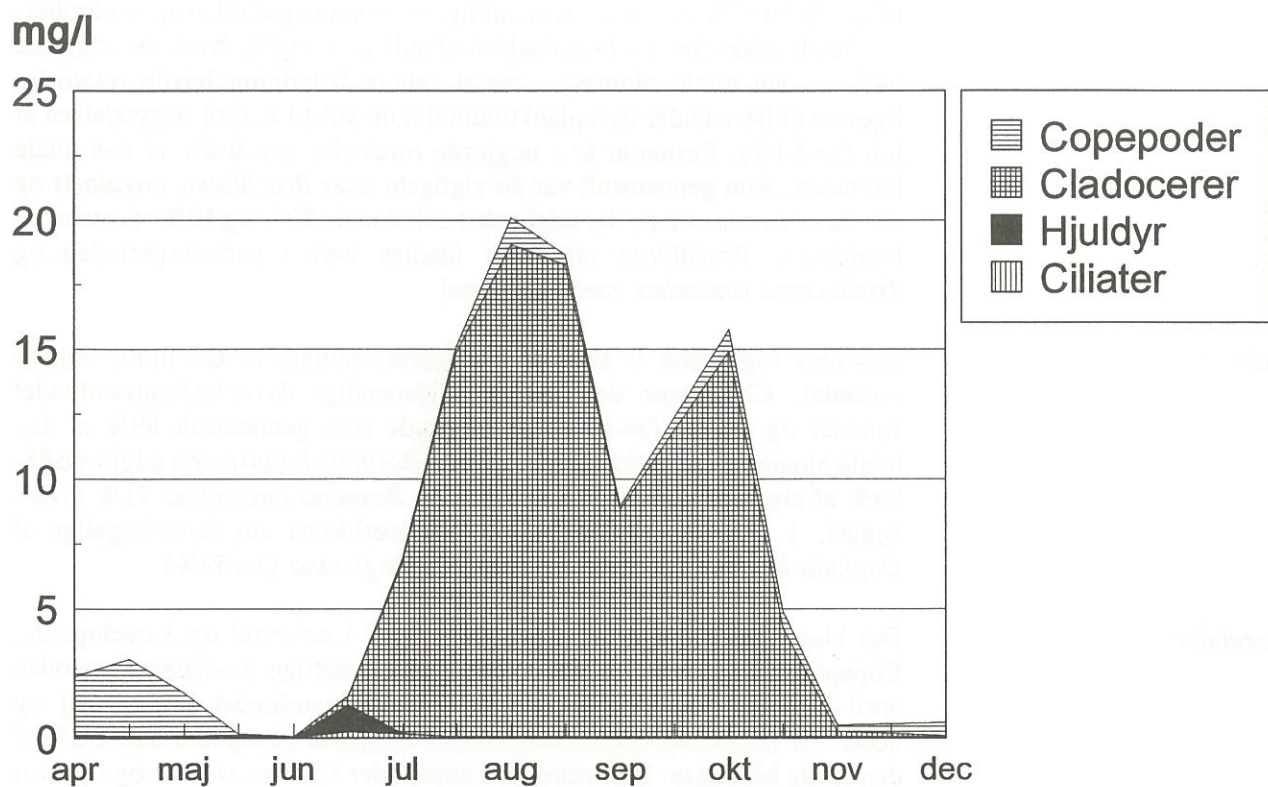
Biomassen faldt til et niveau på 0,5-0,6 mg/l. I takt med at cladocererne forsvandt, steg copepodernes relative betydning, og de blev igen den dominerende dyregruppe (44-82%). Copepodbiomassen bestod især af voksne *Cyclops strenuus*, cyclopoide copepoditer og voksne *Eudiaptomus gracilis*.

Artssammensætning

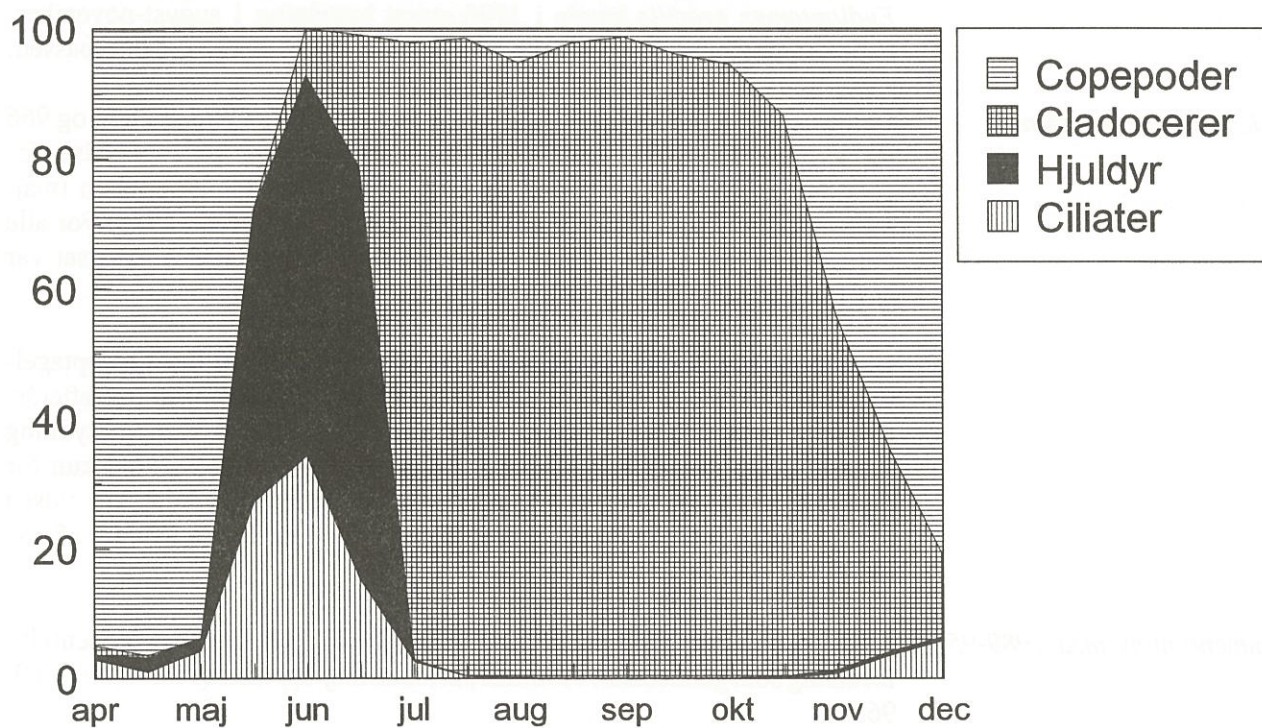
Der blev i alt fundet 33 arter/slægter af ciliater, rotatorier og krebsdyr i Kvie Sø 1996.

Ciliater

Der blev identificeret 4 taksonomiske grupper af ciliater. Ciliater (især *Askenasia*) havde maksimum i begyndelsen af juli (0,25 mg/l), hvor de udgjorde 15 % af den totale biomasse. Ciliater havde størst relativ betydning fra sidst i maj til midt i juli (15-34 %), hvor den totale biomasse var lav. Resten af året udgjorde ciliater 0-6 %. Som gennemsnit udgjorde ciliater kun 1 % af den totale biomasse. De vigtigste ciliater var *Askenasia* spp. og *Vorticella* spp., der udgjorde henholdsvis 56 % og 16 % af den gennemsnitlige ciliatbiomasse i perioden april-oktober. *Askenasia* spp. fandtes hele året, hvorimod *Vorticella* spp. kun var kvantitativ vigtig i juli.



Procent



Figur 6.5. Kvie Sø, 1996. Dyreplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper.

Rotatorier

Rotatorier var den artsrigeste dyregruppe med 17 fundne arter/slægter, men udgjorde kun 2% af den gennemsnitlige biomasse i perioden april-oktober. De havde maksimum i begyndelsen af juli (1,1 mg/l), hvor de udgjorde 64% af den totale biomasse. Størst relativ betydning havde rotatorier ligesom ciliater under dyreplanktonminimum sidst i maj til begyndelsen af juli (45-64%). Resten af året udgjorde rotatorier kun 0-2% af den totale biomasse. Som gennemsnit var de vigtigste arter *Brachionus angularis* og *Trichocerca rousseleti*, der udgjorde henholdsvis 80% og 10% af rotatoriebiomassen. *Brachionus angularis* fandtes især i sommerperioden og *Trichocerca rousseleti* især i april-maj.

Cladocerer

Der blev registreret 9 arter af cladocerer, hvilket er det hidtil højeste artsantal. Cladocerer dominerede fuldstændigt dyreplanktonsamfundet sommer og efterår (54-99%) og udgjorde som gennemsnit 89% af den totale biomasse i perioden april-oktober. *Bosmina longirostris* udgjorde 88-99% af cladocerbiomassen i juni-juli og *Bosmina longispina* 71% midt i august. I efterårsperioden bestod cladocerbiomassen hovedsageligt af *Daphnia hyalina* (39-60%) og *Daphnia longispina* (36-59%).

Copepoder

Der blev fundet 4 arter af copepoder, heraf 1 calanoid og 3 cyclopoide. Copepoder udgjorde kun 9% af den gennemsnitlige biomasse i perioden april-oktober, men dominerede dyreplanktonsamfundet i april-maj og december (81-96%). Sommer og efterår udgjorde copepoder kun 1-5% af den totale biomasse. De cyclopoide copepoder *Cyclops vicinus* og *Cyclops strenuus* dominerede copepodbiomassen (gennemsnit 88%). Voksne *Cyclops* dominerede copepodbiomassen fra midt i oktober til december, og copepodit-stadier stort set resten af året. Voksne *Cyclops vicinus* fandtes hele året, hvorimod *Cyclops strenuus* især fandtes sidst på året. *Eudiaptomus gracilis* udgjorde 12% af den gennemsnitlige copepodbiomasse. *Eudiaptomus gracilis* havde i 1996 størst betydning i august-november, hvor den udgjorde 19-45% (alle stadier medregnet) af copepodbiomassen.

Fødeoptagelse/græsning

Den potentielle fødeoptagelse varierede mellem 17 $\mu\text{g C/l/dag}$ i juni og 966 $\mu\text{g C/l/dag}$ i august. Den vægtede gennemsnitlige fødeoptagelse for perioden april-oktober var 402 $\mu\text{g C/l/dag}$ og for sommerperioden (maj-september) 427 $\mu\text{g C/l/dag}$, hvilket var 3 gange højere end i 1995. For alle dyregrupper gjaldt det, at den gennemsnitlige fødeoptagelse stort set var ens i begge perioder.

Cladocerer stod for langt den største del af den gennemsnitlige fødeoptagelse (86%) i kraft af høje værdier og total dominans sommer og efterår. Ciliaters andel i fødeoptagelsen udgjorde 8%. De havde størst betydning i april-juli og december (22-67%). Rotatorier og copepoder stod kun for hver 3% af fødeoptagelsen. Rotatorier havde størst betydning fra sidst i maj til midt i juli (23-41% og copepoder i april og første halvdel af maj (46-69%).

Sammenligning med 1989-95

Figur 6.6 viser dyreplanktons biomasse og gruppernes procentvise fordeling som gennemsnit i sommerperioden maj-september for årene 1989-96.

I det følgende er kun behandlet sommergennemsnit (maj-september), idet prøvetagningen i 1989 og 1996 først startede i april.

I 1996 målt den næsthøjeste gennemsnitlige biomasse, der var lidt lavere end den hidtil højeste i 1990 og 2-5 gange højere end de øvrige undersøgelsesår.

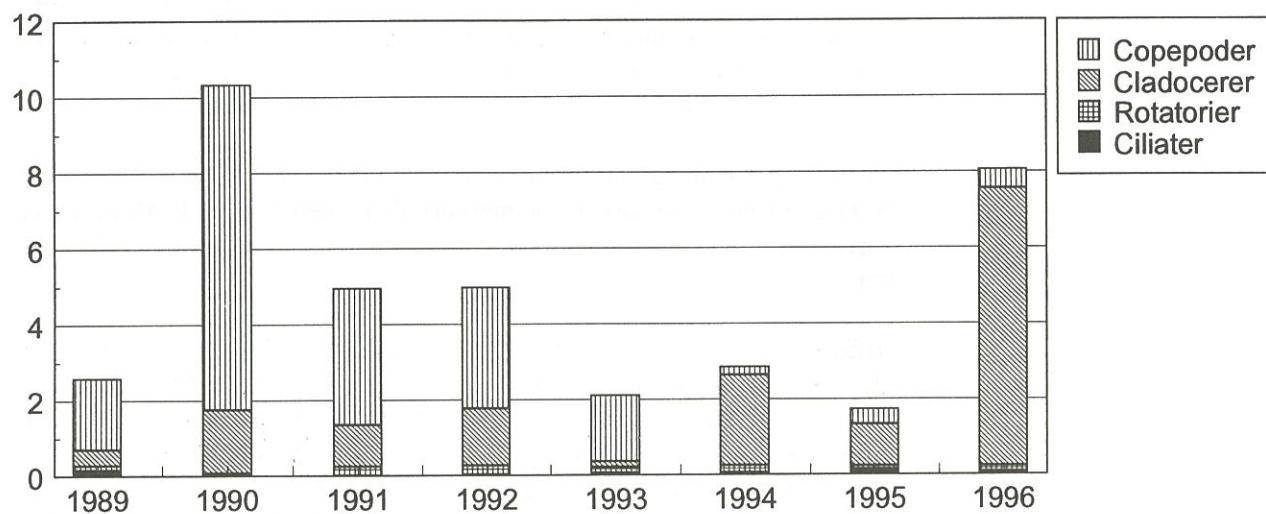
I undersøgelsesperiodens første fem år (1989-93) fandtes copepoder hele året, og de dominerede fuldstændigt den gennemsnitlige biomasse (64-83 %). I 1994-96 var copepoder næsten forsvundet fra dyreplanktonsamfundet i sommerperioden, og cladocerer dominerede fuldstændigt sommer og efterår. I 1996 fandtes en usædvanlig høj cladocerbiomasse sommer og efterår med et cladocermaksimum, der var 2-3 gange højere i 1996 end i de to foregående år.

Ciliater og rotatorier udgjorde kun henholdsvis 0-7% og 1-7% af den gennemsnitlige biomasse i sommerperioden, men havde de fleste år en større kvantitativ betydning i en kortere eller længere periode i løbet af året.

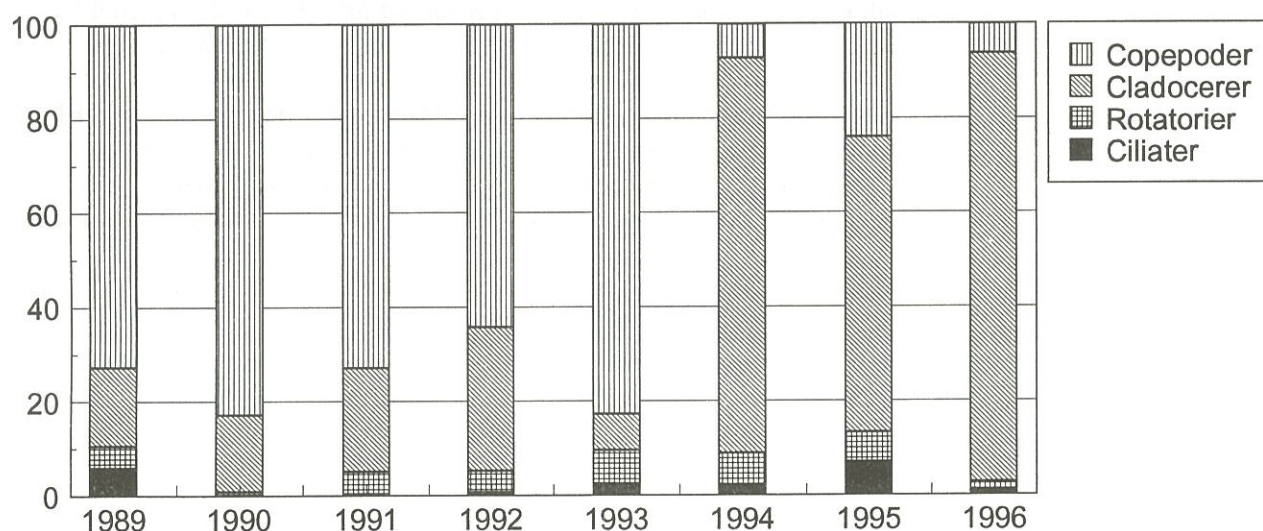
Eudiaptomus gracilis var i gennemsnit langt den vigtigste art i årene 1989-92, idet den udgjorde over 50% af den gennemsnitlige biomasse. Den næstvigtigste art var disse år *Diaphanosoma brachyurum*. I 1993 skiftede dyreplanktonsamfundet karakter. Copepoder var stadig den vigtigste dyregruppe, men de cyclopoide arter *Cyclops strenuus* og *Cyclops vicinus* var de vigtigste arter og udgjorde tilsammen 70% af den gennemsnitlige biomasse i sommerperioden. I 1994 skete der igen et skift i dyreplanktonsamfundet, således at cladocerer blev den dominerende dyregruppe i 1994-96. I 1994-95 udgjorde *Bosmina longirostris* 59% af den gennemsnitlige biomasse, og den næstvigtigste art var *Daphnia longispina* i 1994 (17%) og *Cyclops strenuus* samt *Cyclops vicinus* i 1995 (tilsammen 23%). I 1996 udgjorde *Bosmina longirostris* og *Bosmina longispina* tilsammen 42% og *Daphnia longispina* og *Daphnia hyalina* henholdsvis 26% og 20%.

Gennemsnitslængden af *Daphnia* og *Bosmina* var betydeligt større i 1996 end i 1994-95, hvilket tyder på, at dyreplankton var udsat for et lavere græsningstryk i 1996 end i de to foregående år. Dette stemmer overens med, at der i 1996 blev konstateret en betydelig fiskedød i juni måned.

mg vådvægt/l



Procent



Figur 6.6. Kvie Sø 1996. Dyreplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper 1989-96. Tidsvægtede gennemsnit for sommerperioden, maj-september.

Vegetation

Overvågning

I 1993 blev overvågningsprogrammet for Kvie Sø udvidet med undersøgelser af bundvegetationen, og der er siden 1993 hvert år gennemført undersøgelser af søens vegetation efter retningslinierne i anvisningerne fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Omfang og metoder

I 1996 er der gennemført en områdeundersøgelse i perioden 14.-16. august. Søen er i den forbindelse inddelt i 10 omtrent ens store delområder. Der er gennemført undersøgelser i dybdeintervaller á 0,25 meter. I forbindelse med områdeundersøgelsen er der i hvert delområde foretaget et passende antal registreringer af dybdegrænsen for både undervandsvegetationen og rørsumpen. Disse værdier er anvendt til beregning af middeldybdegrænserne for de to vegetationselementer, dels i hvert enkelt delområde, dels i søen som helhed. Rådata fra undersøgelsen fremgår af bilagsrapporten "Vegetation i Kvie Sø 1996".

Artssammensætning

Undervandsvegetationen er artsfattig, hvilket fremgår af tabel 6.6.

Artsnavn (latin)	Artsnavn (dansk)	Status
Isoetes echinospora	Gulgrøn brasenføde	Hyppig
Lobelia dortmanna	Lobelie	Hyppig
Littorella uniflora	Strandbo	M. hyppig
Juncus bulbosus	Liden siv	Spredt
Sparganium minimum	Spæd pindsvineknop	Meget fåtallig
Drepanocladus sp.	Art af seglmos	Spredt
Sphagnum subsecundum	Ensidig tørvemos	Spredt
Oedogonium sp.	Grøn trådalge	Spredt

Tabel 6.6. Oversigt over registrerede arter af undervandsplanter i Kvie Sø 1996.

Registreringen af *spæd pindsvineknop* er den hidtil første i Kvie Sø og skal efter alt at dømme ses som resultat af en tilfældig og forbigående opdukken. Bortset fra denne ene art er undervandsvegetationens artssammensætning uforandret i forhold til tidligere. Der er i 1996 registreret begrænset forekomster af grønne trådalger (*Oedogonium* sp.), særlig i den østlige del af søen, hvor grundskudsvegetationen pletvis var dækket af alger.

Dybdegrænse

Ydergrænsen for rodfæstet vegetation er størst i søens nordøstlige del, hvor der findes spredte enkeltindivider af *gulgrøn brasenføde* ud til maksimum 0,80 meters dybde ved aktuel vandstand (= 1,25 meters dybde ved vand-spejlskote 25,42 m o. DNN). Den gennemsnitlige dybdegrænse er størst i den nordlige del af søen og mindst i den sydlige del. Den største værdi for dybdegrænsen er registreret i den mest vindeksponerede del af søen.

Den gennemsnitlige dybdegrænse ved referencevandspejlskoten er for 1996 beregnet til 1,12 m mod 1,10 m i 1995, 1,28 m i 1994 og 1,18 m i 1993. Der har således tilsyneladende været en meget lille forbedring i forhold til 1995, men en forværring i forhold til 1993 og 1994. Dybdegrænsen ved aktuel vandstand i 1996 var den laveste i hele perioden 1993-1996. Den kan for størstedelens vedkommende forklares af den lave vandstand; men det er bemærkelsesværdigt, at især *gulgrøn brasenføde* ikke har øget dybdeudbredelsen i takt med, at vandstanden i søen er faldet og sigtddybden er steget.

Det samlede plantedækkede areal er opgjort til 45.505 m², svarende til en gennemsnitlig dækningsgrad på 14,5%, beregnet uden fradrag af arealet for rørskoven. Eksklusive arealet for rørskoven er den gennemsnitlige dækningsgrad beregnet til 14,6%. Disse værdier skal ses i forhold til 1995-værdier på 21,3% henholdsvis 21,5%, 1994-værdier på 20,0% henholdsvis 20,2% og 1993-værdier på 10,1% henholdsvis 10,3%.

Figur 6.7 viser, hvorledes dækningsgraden i de enkelte dybdeintervaller har udviklet sig i perioden 1993-1996.

I intervallet 0-0,25 m er der år for år sket en nedgang i dækningsgraden, og det kan i vid udstrækning forklares ved, at denne del af søbredden har været tørlagt i længere perioder hver sommer, hvorved planter fra den tørre del af bredzonen er vokset ud og har udkonkurreret grundskudsplanterne, først og fremmest *strandbo*. Dertil kommer et vist slid på vegetationen. I 1996 har mængden af undervandsvegetation i dette dybdeinterval været særdeles ringe (<1%).

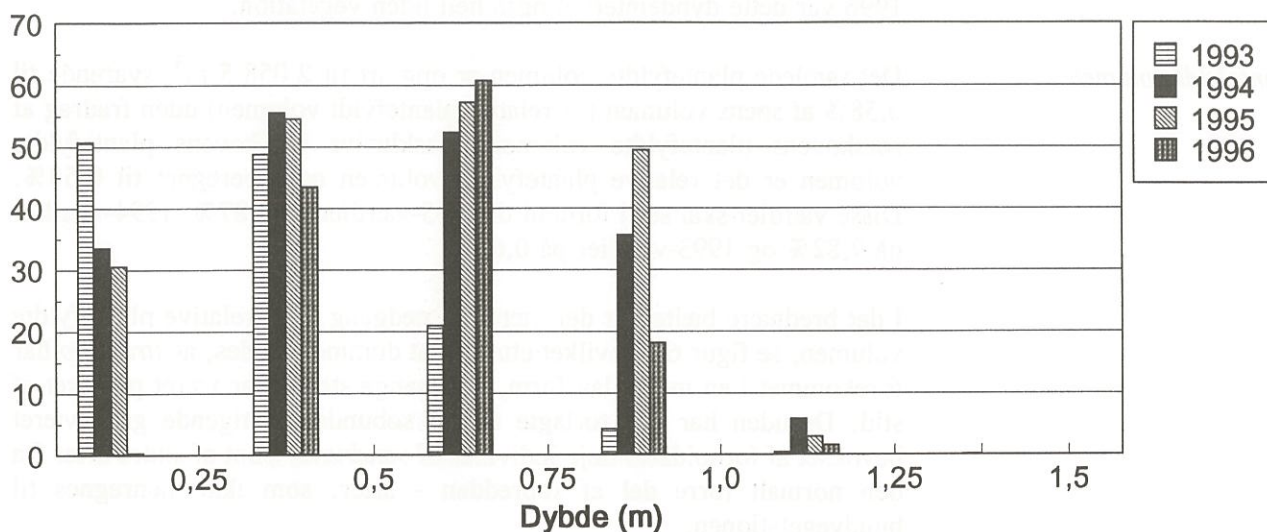
I intervallet 0,25-0,50 m er vegetationsmængden stort set uændret, og de forandringer, der trods alt er registreret, kan være både reelle og metodebetingede, omend vegetationen også stedvis er påvirket af slid. I 1996 har vegetationsmængden dog været den hidtil laveste, i nogen grad på grund af varig tørlægning af intervallets øverste del og i nogen grad på grund af slid og aflejringer af planterester mv. i en bræmme i netop dette dybdeinterval.

I intervallet 0,50-0,75 m er der registreret en stor stigning i dækningsgraden fra 1993 til 1994 og en uændret dækningsgrad fra 1994 til 1995. Stigningen er for en dels vedkommende metodebetinget, men skyldes dog primært en reel stigning i mængden af vegetation. Årsagen hertil er formodentlig forbedringen af sigtddybden fra 1993-1994, og når der ikke er sket nogen tilbagegang fra 1994 til 1995 hænger det sandsynligvis sammen med, at en meget lav vandstand har kompenseret for den forringede sigtddybde. I 1996 har vandstanden været den hidtil laveste i perioden 1993-1996, og det kan være forklaringen på, at der er registreret en lille stigning i vegetationsmængden fra 1995 til 1996, således at dækningsgraden i 1996 er den hidtil højeste i dette dybdeinterval.

De største forandringer har fundet sted i dybdeintervallet 0,75-1,00 m. Her har den forbedrede sigtddybde forårsaget en kraftig stigning i vegetationsmængden fra 1993 til 1994, og selv med det mere uklare vand i 1995 er der sket en yderligere stigning, formodentlig fordi meget lav sommervandstand har kunnet kompensere for forringelsen og derved sikre lystilgangen til de mange kimplanter, der spirede frem i 1994. Trods den meget lave vandstand og de deraf følgende bedre lysforhold ved bunden er vegetationsmængden i dette dybdeinterval i 1996 mere end halveret i forhold til 1995.

I intervallet 1,00-1,25 m medførte de forbedrede lysforhold en markant øgning af vegetationsmængden fra 1993 til 1994, men fra 1994 til 1995 er dækningsgraden blevet næsten halveret igen, hvilket må tilskrives både forringet sigtddybde og de tætte bevoksninger/belægninger af epifytter/slam. Fra 1995 til 1996 er dækningsgraden igen halveret og er nu på niveau med dækningsgraden i 1993.

Dækningsgrad (%)



Relativt plantefyldt volumen (%)

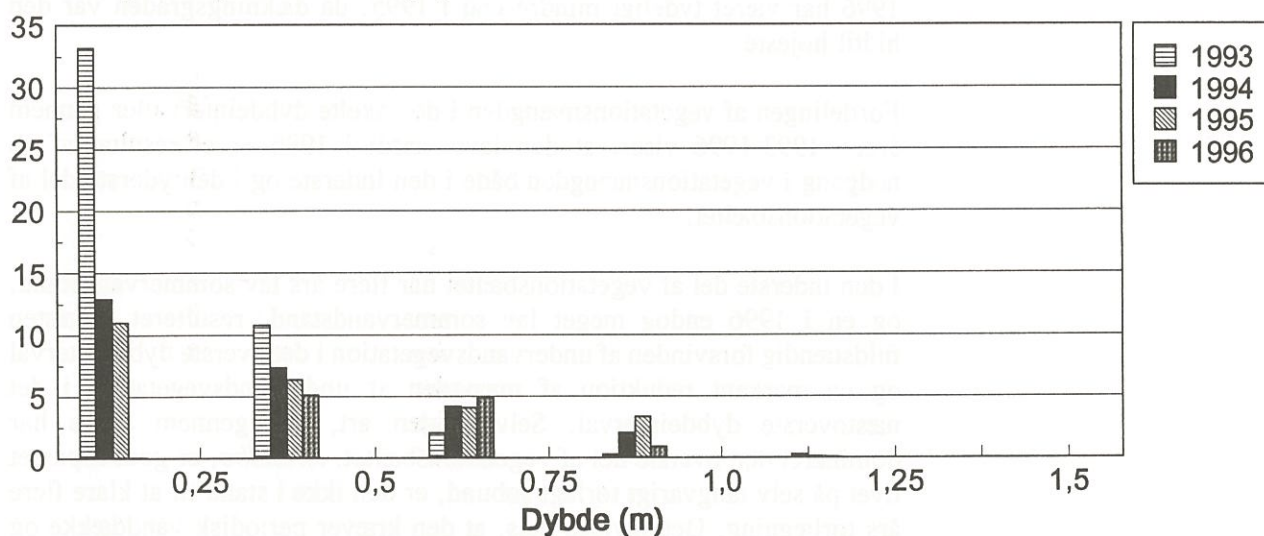


Fig 6.7. Oversigt over variationen af dækningsgraden og det relative plantefyldte volumen i de enkelte dybdeintervaller i Kvie Sø som helhed i 1996. Til sammenligning er de tilsvarende værdier for 1993, 1994 og 1995 vist.

I dybdeintervallet 1,25-1,50 m dukkede der i 1994 en smule vegetation op, men den var i 1995 forsvundet igen som følge af forringede lysforhold. I 1996 var dette dybdeinterval også helt uden vegetation.

Plantefyldt volumen

Det samlede plantefyldte volumen er opgjort til 2.058,5 m³, svarende til 0,58% af søens volumen (= relativt plantefyldt volumen) uden fradrag af rørskovens plantefyldte volumen. Eksklusive rørskovens plantefyldte volumen er det relative plantefyldte volumen også beregnet til 0,58%. Disse værdier skal ses i forhold til 1995-værdier på 0,87%, 1994-værdier på 0,82% og 1993-værdier på 0,62%.

I det brednære bælte har der været en nedgang i det relative plantefyldte volumen, se figur 6.7, hvilket efter alt at dømme skyldes, at *strandbo* har forekommet i en meget lav form, der mange steder har været påvirket af slid. Desuden har den tørlagte del af søbunden i stigende grad været bevokset af forholdsvis høje individer af *vandnavle* samt af andre arter fra den normalt tørre del af søbredden - arter, som ikke henregnes til bundvegetationen.

Ellers følger det relative plantefyldte volumen stort set det mønster, der med hensyn til dækningsgrad er beskrevet ovenfor.

Samlet vurdering

Vegetationsundersøgelsen har vist, at den gennemsnitlige dækningsgrad i 1996 har været tydeligt mindre end i 1995, da dækningsgraden var den hidtil højeste.

Fordelingen af vegetationsmængden i de enkelte dybdeintervaller gennem årene 1993-1996 viser, at den lave værdi i 1996 er et resultat af en nedgang i vegetationsmængden både i den inderste og i den yderste del af vegetationsbæltet.

I den inderste del af vegetationsbæltet har flere års lav sommervandstand, og en i 1996 endog meget lav sommervandstand, resulteret i næsten fuldstændig forsvinden af undervandsvegetation i det øverste dybdeinterval og en markant reduktion af mængden af undervandsvegetation i det næstøverste dybdeinterval. Selvom den art, der gennem årene har domineret den øverste del af vegetationsbæltet, *strandbo*, er godt tilpasset livet på selv langvarigt tørlagt søbund, er den ikke i stand til at klare flere års tørlægning. Det skyldes dels, at den kræver periodisk vanddække og dels, at den mest langvarigt tørlagte del af søbunden gradvis bliver bevokset med planter, der normalt findes over vandlinien. I Kvie Sø er det især *vandnavle*, der gennem de senere år fra en position højt over sommervandlinien har bredt sig ud på den langvarigt tørlagte søbund. Denne art har her, sammen med en art som *almindelig fredløs*, næsten helt udkonkurreret *strandbo*.

Selvom flere år med tørre somre og lav vandstand i søen har ført til markante vegetationsmæssige ændringer i bredzonen, er der ikke tale om permanente forandringer. Hvis vandstanden i en årrække ligger på et højere niveau end i de seneste 3-4 år, vil mange søbredsarter igen blive trængt tilbage, og *strandbo* vil, i takt med at den øvrige vegetation forsvinder, kunne kolonisere bunden dels fra frø og dels ved hjælp af udløbere fra eksisterende bevoksninger. Genskabelsen af tætte bevoksninger af *strandbo* er en proces, der ikke forløber over blot et enkelt år, men formodes at vil vare flere år.

I den yderste del af vegetationsbæltet har den pludselige opdukken af mange nye individer af *gulgrøn brasenføde* i 1994 ikke resulteret i dannelse af tætte bevoksninger, idet en stor del af planterne igen er forsvundet, dog først efter at de i 1995 gav anledning til den hidtil største vegetationsmængde i denne del af vegetationsbæltet.

Årsagerne til nedgangen i vegetationsmængden i den yderste del af vegetationsbæltet er ikke umiddelbart indlysende. Den meget lave vandstand i sommeren 1996 kunne for en given sigtddybde forventes at skabe grundlag for større lysnedtrængning til bunden i den yderste del af vegetationsbæltet og umiddelbart uden for dette, og derigennem skabe grundlag for øget forekomst af planter. Forudsætningen for, at *gulgrøn brasenføde* kan udnytte de forbedrede lysforhold til at sprede sig, er imidlertid, at den som i 1994 kan producere kimplanter, idet den ikke har udløbere eller krybende jordstængler. Mængden af kimplanter har i 1996 været meget lille, og der er slet ikke registreret kimplanter i den ydre del af vegetationsbæltet. Det kunne tyde på, at *gulgrøn brasenføde* ikke har en ensartet produktion af kimplanter hvert år, men at mængden af kimplanter, og dermed artens spredningspotentiale, varierer meget fra år til år.

Det er ikke kendt, hvilke faktorer der betinger denne variation; men det kan med sikkerhed konstateres, at det i en sø som Kvie Sø er en forudsætning for øget dybdeudbredelse af undervandsvegetationen, at arterne er i stand til at producere kimplanter på bundfladerne uden for det eksisterende vegetationsbælte. Når en sådan produktion af nye planter udebliver, selv i år med forbedret lystilgang til bunden, sker der ikke nogen positiv vegetationsmæssig reaktion herpå i form af øget dybdeudbredelse.

De nu 4 års intensive undersøgelser af vegetationen i Kvie Sø har vist, at også lobeliesøer undergår en meget stor år-til-år-variation med hensyn til vegetationens udbredelse og mængde. Undersøgelserne har på den ene side vist, at grundskudsplanterne, når forholdene er til det, kan øge deres udbredelse og tæthed i løbet af blot én vækstperiode i kraft af frø og sporer. På den anden side har undersøgelserne også vist, at grundskudsplanterne ikke altid er i stand til at øge udbredelse og tæthed, selvom forholdene er tilsyneladende gode. Det giver en høj grad af uforudsigelighed med hensyn til vegetationsudviklingen, men det ændrer dog ikke på det grundlæggende, at gode lysforhold ved bunden er en afgørende forudsætning for, at vegetationen kan øge dybdeudbredelsen, og at forringelser af lysforholdene kan føre til markante tilbagegange for vegetationen.

Derudover har undersøgelserne vist, at store vandstandssvingninger, særlig langvarige tørlægninger af søens bredzone flere år i træk, er årsag til en betydelig vegetationsdynamik, som også kan resultere i store år-til-år-variationer i vegetationsmængden i søen.

6.6. Søens tilstand

1996

I begyndelsen af 1996 var der en forringet sigtddybde (ca. 1 m), hvilket især var forårsaget af algevækst. I denne periode var der rigeligt med nærings-salte og kun en lille dyreplanktonbiomasse.

I april opstod der sandsynlig næringssaltbegrænsning, idet de uorganiske fraktioner af fosfor og kvælstof blev meget lave, hvilket bevirkede et fald i fytoplanktonmængde og forbedret sigtddybde. I maj og juni var der ved flere tilsyn sigt til bunden.

I slutningen af juni blev der, uvist hvorfor, registreret en omfattende aborredød, hvor mere end tusind fisk blev skyllet op på bredden. Da små aborrer æder dyreplankton, resulterede fiskedøden i en meget voldsom udvikling i biomassen af zooplankton, fra mindre end 1 mg/l til over 20 mg/l på en måned. Algemængden blev derfor reduceret til et meget lavt niveau med en biomasse under 1 mm³/l i hovedparten af andet halvår. Den gode sigtddybde kunne dog ikke opretholdes, idet farvetallet, p.g.a. faldende vandstand, var stigende.

Det tidsvægtede gennemsnit for total - fosfor i Kvie Sø i 1996 var 0,079 mg/l, hvilket er højt for en lobelie-sø.

1989 til 1996

Det tidsvægtede årsgennemsnit for sigtddybden har vist en stigende tendens i perioden fra 1989 til 1996, men udviklingen er ikke signifikant ($p=0,075$), se figur 6.8.

Sigtddybde (m)

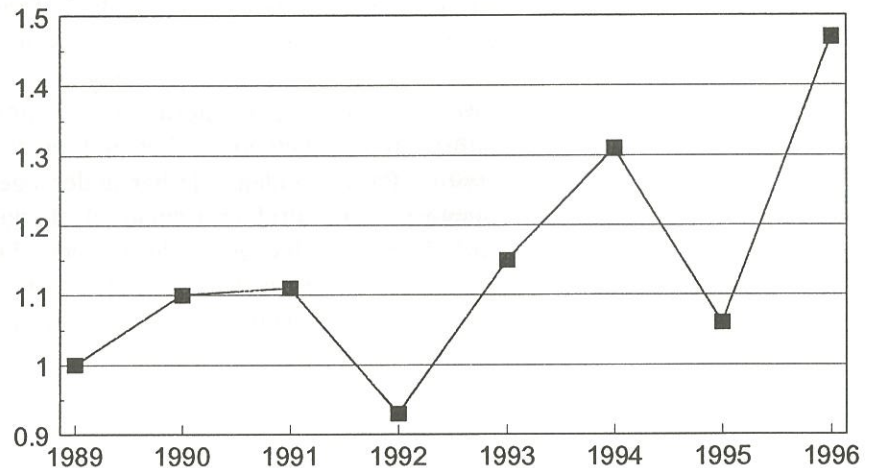


Fig. 6.8. Kvie Sø. Tidsvægtet årsgennemsnit for sigtddybde, 1989-1996.

Forklaringen på den forbedrede sigtddybde skal hentes i en signifikant reduktion i koncentrationen af suspenderet stof i den samme periode ($p=0.006$), se figur 6.9.

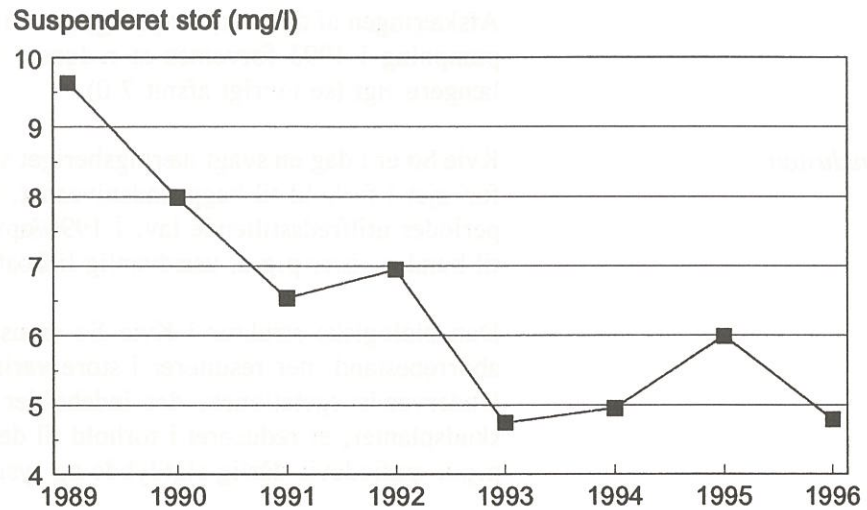


Fig. 6.9. Kvie Sø. Tidsvægtet gennemsnit for suspenderet stof, 1989-1996.

Kvie Sø har således fået mere klart vand siden 1989. Dette burde give mulighed for at undervandsvegetationen kunne kolonisere dybere dele af sedimentoverfladen. Men denne sammenhæng er ikke helt så enkel, hvilket fremgår af figur 6.10.

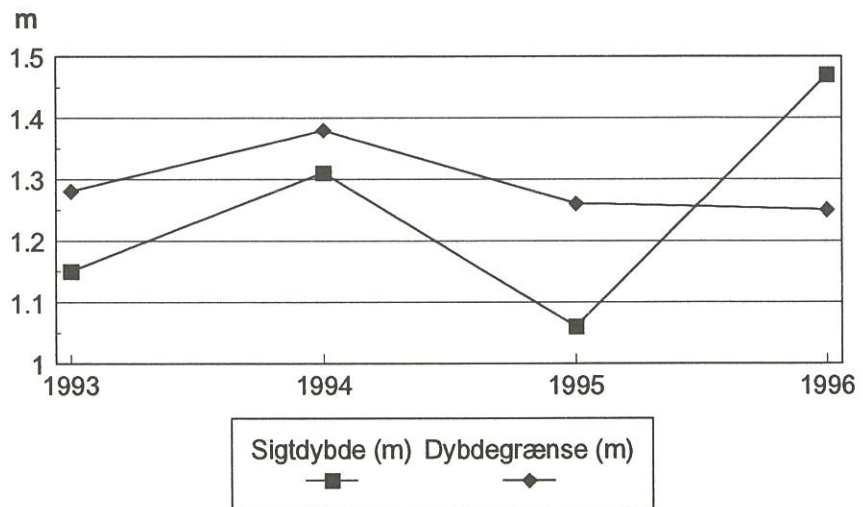


Fig. 6.10. Kvie Sø. Dybdegrænse for undervandsvegetation og tidsvægtet årsgennemsnit for sigtddybde, 1993 - 1996.

Forbedringen af sigtddybden fra 1995 til 1996 resulterede ikke i en forøgelse af dybdegrænsen for undervandsvegetation. Forklaringen skal især hentes i *gulgrøn brasenfødes* variation i spredningspotentiale. I 1996 har mængden af kimplanter således været meget lille, uvidt af hvilken grund. Endvidere slides vegetationen p.g.a. menneskelige aktiviteter såsom fiskeri, sejlsads og badning.

For at opnå en tilfredsstillende udbredelse af grundskudsvegetation skal sigtddybden derfor være meget god i en længere periode, hvilket kræver en reduceret fosforkoncentration i søvandet og fravær af et stort prædationstryk fra aborre på dyreplankton.

Afskæringen af dræn fra landbrugsarealer og etablering af grundvandsindpumpning i 1993 forventes at reducere fosforkoncentrationen i søen på længere sigt (se iøvrigt afsnit 7.0).

Konklusion

Kvie Sø er i dag en svagt næringsberiget sø, hvor fosforkoncentrationen er forhøjet i forhold til baggrundsniveauet. Som følge heraf er sigtddybden i perioder utilfredsstillende lav. I 1996 opstod der dog i forsommeren sigt til bunden, især p.g.a. usædvanlig lille afstrømning fra oplandet.

Den biologiske struktur i Kvie Sø er ustabil, med en meget varierende aborrestand, der resulterer i store variationer i samfundet af plankton. Undervandsvegetationen, der indeholder bestande af de sjældne grundskudsplanter, er reduceret i forhold til den sandsynlige baggrundstilstand p.g.a. periodevis dårlig sigtddybde og fysisk slid.

Målsætningen for Kvie Sø, "A-Naturvidenskabeligt interesseområde" anses ikke for at være opfyldt.

7.0 Modelberegninger

7.1 Indledning

Foruden lyset er fosfor normalt den væsentligste begrænsende faktor for søernes primærproduktion og dermed søernes økologiske tilstand og udviklingsmuligheder.

Det vil derfor være nyttigt at kunne simulere fosforkoncentrationerne i søen over en længere årrække, og hermed forudse effekten af fremtidige fosforbegrænsende indgreb inden indgrebene iværksættes. Til dette formål benyttes modelberegninger som beskriver søernes tilstand ved steady state og ved forskellige niveauer af fosforreducerende tiltag.

Følgende søer er undersøgt:

- Holm Sø (Vandmiljøplanen)
- Kvie Sø (Vandmiljøplanen)
- Filsø

7.2 Metoder

Vollenweider

Der benyttes først en simpel statisk fosformodel (Vollenweider 1976) som beskriver søens årsmiddelkoncentration ved en given årlig vandtilstrømning og fosforbelastning. Imidlertid er en ligevægtsmodel som Vollenweider et meget simpelt værktøj, som kun beskriver søens tilstanden ved steady-state hvor eksporten af fosfor via afløb, udsivning og sedimentation modsvarer tilførslen af fosfor.

Er søen ikke i steady state med det fysisk-kemiske miljø, vil søens fosforkoncentration normalt afvige fra det niveau, som beregningerne forudser. Dette kan bl.a. skyldes en stor sedimentpulje som til stadighed afgiver fosfor i lang tid efter, at belastningen er reduceret. For Kvie Søes vedkommende undersøges tilstand og udvikling med en udbygget dynamisk eutrofieringsmodel (Miljøprojekt 16, Miljøstyrelsen 1979), som bl.a. kan forudse hvor lang en indsvingningstid, der kan forventes.

Balance v. 1.5c

Den udbyggede eutrofieringsmodel har form af et EDB-program (Balance v. 1.5c) udviklet af VKI i 1990. Modellen er principielt opbygget som beskrevet i Miljøprojekt 16. I modellen beskrives årgennemsnitskoncentrationen af fosfor i vandet som funktion af fosfortilførslen og vandgennemstrømningen (vandudskiftningen) i søen. I modellen beskrives endvidere sedimentation og frigivelse af fosfor fra sedimentet samt fosforpuljen i sedimentet.

På grundlag af valgte startparametre, som beskriver søens tidligere og nuværende tilstand, kan modellen fremskrive (forudse) søens fremtidige tilstand, beskrevet ved den årlige middelkoncentration af fosfor i vandfasen og sedimentet. Usikkerheden bliver naturligvis større jo flere år der fremskrives.

Indput til modellen er søens morfometriske data, samt data for den årlige fosfortilførsel og vandafstrømning.

Endvidere skal der beregnes 4 konstanter, K1 (sedimentationskonstant), K2 (sedimentfrigivelseskonstant), K3 (irreversibel bindingskonstant) og alfa (udvaskningsfaktoren). Anvisning på beregning af de enkelte konstanter henvises til Miljøprojekt 16.

En beregning af K1 og K2 forudsætter udvekslingsforsøg med sedimentet, medens K3 forholdsvis let kan beregnes på grundlag af fosforindholdet i sedimentprøverne. En lav K3 giver således en forholdsvis stor brøkdel udvekselig fosfor i sedimentet, medens kraftigt okkerbelastede søer normalt har en høj K3 og hermed en mindre brøkdel udvekseligt fosfor i sedimentet. Alfa beregnes let når fosforbalancen for søen kendes.

Scenarier

Søernes tilstand ved ligevægt med den nuværende eksterne fosforbelastning beregnes. De mulige årsager til en evt. afvigelse mellem beregnede og målte værdier diskuteres på grundlag af opstillede scenarier. Hvis tilstanden ved ligevægt med den nuværende fosforbelastning ikke er tilfredsstillende i forhold til søernes målsætning, gennemføres der scenarier til beskrivelse af søernes fremtidige tilstand ved forskellige fosforbe-grænsende indgreb.

7.3 Holm Sø

Holm Sø er en af de to søer i Ribe Amt som undersøges i forbindelse med vandmiljøplanens overvågningsprogram. Søen er målsat A-naturvidenskabeligt interesseområde i Ribe Amts Regionplan 2004.

Beliggenhed og morfologi

Søen er beliggende i det militære øvelsesområde nord-vest for Oksbøl i Blåvandshuk Kommune. Søens nære omgivelser og opland er udyrkede arealer domineret af klithede og klitplantager.

Søens areal:	m ²	120.130
Middelvolumen (kote 12,03):	m ³	95.325
Hydraulisk opland:	ha	96
P-koncentration i vandet for 1991-95:	ug/l	16
Oplandstype:		Naturopland

Vandbalance

Søen er uden tilløb og afløb, men undersøgelser af vandbalancen har vist, at søen har en betydelig udsivning, hvilket resulterer i en forholdsvis kort hydraulisk opholdstid (3-4 måneder). Ved beregning af den diffuse tilstrømning benyttes den arealspecifikke afstrømning fra Langslade Rende.

Fosfortilførsel

Holm Sø tilføres kun fosfor fra den diffuse tilstrømning fra oplandet og fra nedbør på søfladen. Ved beregning af oplandsbidraget benyttes den arealspecifikke fosforafstrømning målt i Langslade Rende (naturopland). Den årlige atmosfæriske deposition er sat til 0,15 kg P/ha søoverflade, svarende til en årlig tilførsel til søen på ca. 2 kg.

Modelberegninger

Da søen udelukkende belastes med fosfor fra diffus tilstrømning fra oplandet og der ikke findes kendte punktkilder, er det sandsynligt, at søen er i balance med de nuværende belastningsforhold. Dette underbygges af de ekstremt lave fosforkoncentrationer i søvandet. Gennemsnitlig (tids-vægtet) fosforkoncentration i søvandet for 1991-95 blev målt til 16 ug/l.

Gennemførelse af modelberegningerne har således til formål at undersøge, om den benyttede arealspecifikke tilstrømning (vand og fosfor) til søen passer med modellens forudsigelser. Er dette ikke tilfældet gennemføres der scenarier, hvor den arealspecifikke fosforbelastning og oplandets størrelse varierer for at tilpasse modellens forudsigelser.

Vollenweider

Beregning af den årlige middelkoncentration af fosfor i søvandet på grundlag af den vurderede fosforbelastning, giver en væsentlig højere fosforkoncentration (2-3 gange) end den målte (tabel 7.1).

Denne uoverensstemmelse mellem modellen og de målte data kan dels skyldes ukendte forhold omkring søens vandbalance og oplandsstørrelse dels en overestimering af den diffuse fosfortilstrømning fra oplandet.

	Enhed	1991	1992	1993	1994	1995	91-95
Total tilførsel	10 ³ m ³	215	286	241	412	335	298
P-belastning	kg/år	14	25	16	27	18	20
Opholdstid	år	0,44	0,33	0,40	0,30	0,34	0,36
Observeret P	ug/l	17	24	17	13	11	16
Beregnet P	ug/l	39	56	41	42	34	42

Tabel 7.1. Holm Sø. Beregning af fosforkoncentrationen i vandfasen på grundlag af Vollenweider.

Scenario-analyse

For at få modellen til at passe med de observerede lave fosforkoncentrationer i søvandet, gennemføres der scenarier, hvor belastnings opgørelse og oplandsareal varieres. Analysen gennemføres på gennemsnitstal for årene 1991 til 1995.

Scenario 1

Det antages at den arealspecifikke (enhed pr. ha) vand- og fosfortilstrømning fra oplandet er korrekt, men oplandsarealet er overestimeret. Forholdene beregnes for det nuværende oplandsareal (96 ha), og for et opland på henholdsvis 50% (48 ha), 25% (24 ha) og 12,5% (12 ha) af det nuværende opland (tabel 7.2).

Gennemsnit for 91-95	Enhed	Nuværende forhold	P-vand (beregnet) ved reduktion af oplandsarealet til % af nuværende		
Oplandsstørrelse	ha	96	50%	25%	12,5%
Vandtilførsel (total)	10 ³ m ³	298	214	151	126
P fra opland	kg/år	18	9	4,5	2,3
P fra atmosfære	kg/år	2	2	2	2
P-belastning (total)	kg/år	20	11	6,5	4,3
Omtrentlig opholdstid	år	0,36	0,60	0,95	1,35
P-vand (nuværende)	ug/l	16	-	-	-
P-vand (beregnet)	ug/l	42	29	22	29

Tabel 7.2. Holm Sø. Beregnet fosforkoncentration i vandet ved reduktion af oplandsarealet til henholdsvis 50%, 25% og 12,5% af det nuværende. Den nuværende arealspecifikke P-belastning og tilstrømning fra oplandet holdes konstant.

Diskussion - scenario 1

Ved reduktion af oplandsarealet er det efter tabel 7.2 ikke muligt at opnå så lave P-koncentrationer som observeret i søen. Et mindre oplandsareal giver en mindre tilstrømning, som igen medfører en længere opholdstid og hermed en større retention (tilbageholdelse) af fosfor. Den atmosfæriske deposition af fosfor fra nedbør på vandoverfladen får derved større og større betydning, jo mindre tilstrømningen fra oplandet er.

Konklusion - scenario 1

Det kan ikke udelukkende være en fejlestimering af oplandets areal, som giver den store differens mellem de målte og de observerede fosforkoncentrationer i søen.

Scenario 2

Det antages at søens oplandsareal på 96 ha og hermed vandtilstrømningen er korrekt, mens den diffuse fosfortilstrømning (kg/ha) fra oplandet er for høj. Forholdene beregnes for den nuværende arealspecifikke P-belastning (gennemsnit for 1991-1995) på 0,188 kg/ha, og ved reduktion til henholdsvis 0,15 kg/ha, 0,10 kg/ha og 0,08 kg/ha (tabel 7.3).

Gennemsnit for 91-95	Enhed	Nuværende forhold	P-vand (beregnet) ved reduktion af arealspecifik P-belastning		
Arealspecifik P-belastning	kg/ha	0,188	0,15	0,10	0,08
Total P-belastning fra opland	kg/år	18	14,4	9,6	7,7
P-belastning fra atmosfære	kg/år	2	2	2	2
P-belastning (total)	kg/år	20	16,4	11,6	7,8
Vandtilførsel (total)	10 ³ m ³	298	298	298	298
Omtrentlig opholdstid	år	0,36	0,36	0,36	0,36
P-vand (nuværende)	ug/l	16	-	-	-
P-vand (beregnet)	ug/l	42	30	24	16

Tabel 7.3. Holm Sø. Beregnet fosforkoncentration i vandet ved reduktion af arealkoefficienten fra 0,188 kg/ha til henholdsvis 0,15, 0,10 og 0,08 kg/ha. Det nuværende oplandsareal på 96 ha holdes konstant.

Diskussion

Den nuværende arealspecifikke P-afstrømning fra Langslade Rende er overraskende høj i forhold til de andre naturoplande i overvågningsprogrammet. Holm Søes opland er et rent naturopland, som i overvejende grad består af åbent flyvesand og grå klit med enkelte større bevoksninger af klit- og skovfyr. Det er derfor ikke usandsynligt, at den arealspecifikke fosfortilstrømning til søen bør høre til en af landets laveste for naturoplande. I forbindelse med overvågningsprogrammet er landsgennemsnittet 1991-1995 for arealspecifik P-afstrømning fra naturoplande 0,097 kg/ha., hvilket kun er ca. det halve af Langslade Rende.

Med en arealspecifik P-afstrømning på 0,08 kg/ha (43 % af nuværende) kan den gennemsnitlige fosforkoncentrationen i søvandet beregnes til 16 ug/l som målt ved feltundersøgelserne. Hvis en arealkoefficient som landsgennemsnittet (0,97 kg/ha) fastholdes og oplandet til Holm Sø reduceres med 50 % til 48 ha, kan søens gennemsnitlige fosforkoncentration beregnes til samme værdi som den målte.

Konklusion

Den anvendte arealkoefficient for fosfor er sandsynligvis for høj, evt. kombineret med et for stort hydraulisk opland. Den høje arealkoefficient for Langslade Rende kan skyldes, at vandløbet modtager fosforholdigt grundvand og ikke udelukkende diffus tilstrømning fra oplandet.

Netop i dette område er fosforkoncentrationen i grundvandet, målt som total-P, meget højt grundet gamle marine aflejringer. Typisk ligger niveauet på 0,2-0,4 mg P/l, hvilket er 10-15 gange over det niveau som findes i den diffuse tilstrømning fra oplandet.

Med den nuværende vandtilstrømning kan søens målte fosforniveau kun opnås, hvis det tilstrømmende vand har en fosforkoncentration på ca. 26 ug/l. Netop denne fosforkoncentration er målt i det diffust tilstrømne vand.

Hvis dette er tilfældet, kan arealkoefficienten for Langslade Rende dårligt bruges til beregning af den diffuse fosfortilstrømning til Holm Sø, da søen med stor sandsynlighed kun modtager overfladevand.

Holm Sø opfylder A-målsætningen, og søens tilstand forventes ikke at ændre sig under de nuværende forhold.

7.4 Kvie Sø

Kvie Sø er den anden af de to søer i Ribe Amt som undersøges i forbindelse med vandmiljøplanens overvågningsprogram. Søen er målsat A-naturvidenskabeligt interesseområde i Ribe Amts Regionplan 2004.

Beliggenhed og morfologi

Søen ligger på Grindsted Hedeslette nord for Ansager i Ølgod Kommune. Søens nære omgivelser og opland er dels bebyggelse og dyrkede arealer og dels mose- og græsarealer.

Søens areal:	m ²	299.876
Middelvolumen (kote 25,42):	m ³	362.956
Hydraulisk opland:	ha	27
P-koncentration i vandet for 1991-95:	ug/l	85
Oplandstype:		Blandet

Vandbalance

Søen er uden tilløb, men har et afløb som normalt er vandførende i vinterhalvåret. Undersøgelser af vandbalancen har vist, at søen har en betydelig vandudsivning gennem bunden, hvilket resulterer i en hydraulisk opholdstid på ca. 1 år.

Ved beregning af den diffuse tilstrømning, benyttes den arealspecifikke afstrømning fra oplandet til Grene Å. Dette opland har ca. den samme oplandsudnyttelse og jordbundstype som oplandet til Kvie Sø.

Fosfortilførsel

Kvie Sø tilføres kun fosfor fra den diffuse tilstrømning fra oplandet og fra nedbør på søfladen.

Ved beregning af oplandsbidraget benyttes den arealspecifikke fosforafstrømning fra Grene Å's opland (gennemsnit 1989-95 0,28 kg/ha). Den årlige atmosfæriske deposition er sat til 0,15 kg P/ha søoverflade, svarende til en årlig tilførsel til søen på ca. 4,5 kg.

Modelberegninger

Vollenweider

Analysen gennemføres på gennemsnitstal for årene 1991 til 1995. Middelkoncentration af fosfor i søvandet, beregnet på grundlag af den vurderede fosforbelastning, giver en væsentlig mindre fosforkoncentration i søvandet end den målte (tabel 7.4).

Denne uoverensstemmelse mellem modellen og de målte data kan skyldes ukendte forhold omkring søens belastningsforhold. Imidlertid skal søens belastningsforhold være fejlestimeret med flere hundrede procent for at forklare den observerede difference mellem de målte og de beregnede fosforkoncentrationer i søvandet.

Det mest sandsynlige er, at der foregår en betydelig fosforudveksling fra sedimentet, hvilket de forholdsvis høje P-koncentrationer (ca. 40 g/m²) med et lavt jern:fosfor forhold (ca. 10) i de øverste 10 cm sediment også bekræfter.

	Enhed	1991	1992	1993	1994	1995	91-95
Total tilførsel	10 ³ m ³	310	400	420	463	390	397
P-belastning	kg/år	13	24	16	19	15	17
Opholdstid	år	1,17	0,91	0,86	0,78	0,93	0,93
Observeret P	ug/l	72	100	89	79	84	85
Beregnet P	ug/l	20	31	20	22	20	22

Tabel 7.4. Kvie Sø. Beregning af fosforkoncentrationen i vandfasen på grundlag af Vollenweider.

Scenario-analyse

Med EDB modellen er det muligt at analysere forholdene lidt nærmere, således, at der også tages hensyn til den ikke ubetydelige fosforudveksling fra sedimentet.

Der foreligger data fra 1983 til 1995 til beregning af modelkonstanterne og kalibrering af modellen. Data fra 1996 var ikke gennemarbejdet da modellen blev kalibreret, og blev derfor ikke medregnet. Med de beregnede konstanter fremskrives årsmiddelkoncentrationen af fosfor i sedimentet og søvandet til år 2050.

Beregning af konstanterne

Udvaskningsfaktoren "alfa" beregnes let med de foreliggende data til gennemsnitlig 0,94, hvilket er almindeligt for søer med fuld opblanding. Søer med en sommerstratifikation har normalt en "alfa" væsentligt under 1. K3 "irreversibel bindingskonstant" er den brøkdelen af det sedimenterede fosfor der bindes irreversibelt i sedimentet. På grundlag af sedimentprøverne beregnes K3 til 0,4. Dette er normalt for danske søer med moderate forekomst af jern i sedimentet.

K2 "fosforfrigivelseskonstanten" og K1 "sedimentationskonstanten" kan ikke umiddelbart beregnes, da der ikke er foretaget udvekslingsforsøg med sedimentet. Erfaringer med modelberegninger af andre søer i Danmark (VKI pers. meddl.) viser, at K2 normalt vil ligge mellem 0,01 og 0,1 i søer med fuld opblanding og lavt fosforniveau, medens K1 normalt vil ligge mellem 1 og 20.

Kalibrering af modellen

Ved en grundkørsel med de beregnede startværdier gav modellen en dårlig lighed med de målte fosforkoncentrationer i søen. Først ved en forøgelse

af K2 (fosforfrigivelseskonstanten) i 1992 fra 0,010 til 0,013 blev ligheden væsentligt bedre (figur 7.1).

I 1992 blev der målt særligt høje fosforkoncentrationer i søvandet, som ikke umiddelbart kan forklares. Kun ved at forøge fosfortilførslen i 1992 med ca. 25 kg fås en overbevisende lighed med modellens forudsigelser. Denne teoretiske fosfortilførsel kan forklares ved en af følgende teorier:

- 1) Særlige omstændigheder som har bevirket en hurtigere nedbrydning af de øverste sedimentlag således, at der ekstraordinært blev frigjort ca. 25 kg fosfor fra søens sediment i 1992.
- 2) Ekstraordinær belastning fra ukendte kilder i oplandet.

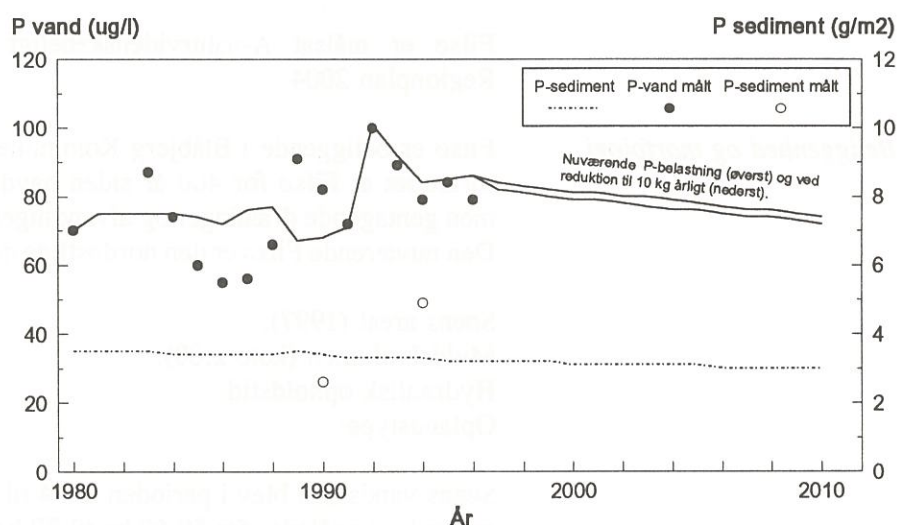


Fig. 7.1. Kvie Sø. Den ubrudte linje angiver modelberegninger af søvandets totalfosfor-koncentration.

I perioden 1980 til 1990 gengiver modellen ikke de målte år til år variationer, dette tilskrives den dengang dårligt kendte vandbalance. Som beregningsgrundlag for denne periode, blev der kun brugt gennemsnitstal for tilstrømning og afstrømning.

Diskussion

For at A-målsætningen af en lobelie-sø som Kvie Sø kan være opfyldt, bør den gennemsnitlige fosforkoncentration i søvandet ikke være meget over 0,05 mg/l. Med de nuværende belastningsforhold forbedres tilstanden i søen kun meget langsomt, primært grundet den store udvekselige fosforpulje i sedimentet. Ifølge modellen forventes søens gennemsnitlige P-koncentration ikke at komme ned under ca. 0,050 mg/l de første 50-70 år.

Sedimentet har generelt et lavt jernindhold og en stigende fosforkoncentration i de dybereliggende lag. I en sedimentdybde på ca. 70 cm blev sedimentet dateret til ca. 4000 år. På daværende tidspunkt var søen mere næringsrig end i dag, hvilket kan forklare det stigende fosforindhold ned gennem sedimentsøjlen (Odgaard 1991). En evt. oppumpning af det øverste sedimentlag vil derfor ikke mindske P-koncentration i søvandet, men derimod forøge den.

En yderligere begrænsning af fosfortilførslen til søen kan kun gøres ved at ændre oplandets dyrkningsgrad. Ved udlægning af hele oplandet som naturarealer kan den gennemsnitlige fosforbelastning formodentligt

reduceres med ca. 3 kg/år til ca. 10 kg. Dette kan ifølge modellen forkorte indsvingningstiden med 20-25 %.

Imidlertid kan usikkerheden omkring sedimentets udvekslige fosforpulje, især vurderingen af K₂ (fosforfrigivelseskonstanten), påvirke resultatet væsentligt, således at 0,05 mg/l kan opnås tidligere.

Konklusion

De første mange år kan der ikke forventes en afgørende ændring af søens tilstand, primært på grund af sedimentets høje fosforindhold og søens lange opholdstid. Der kan ikke umiddelbart nævnes et evt. indgreb som kan forkorte indsvingningstiden afgørende.

7.5 Filsø

Filsø er målsat A-naturvidenskabeligt interesseområde i Ribe Amts Regionplan 2004.

Beliggenhed og morfologi

Filsø er beliggende i Blåbjerg Kommune vest for Henne Stationsby. Det formodes at Filsø for 400 år siden havde et areal på omkring 3.000 ha, men gentagende dræninger og afvandinger reducerede søarealet dramatisk. Den nuværende Filsø er den nordøstlige del af det oprindelige Filsø-bassin.

Søens areal (1997):	ha	90
Middelvolumen (kote 2,00):	m ³	600.000
Hydraulisk opholdstid:	døgn	12-15
Oplandstype:		Blandet

Søens vandstand blev i perioden 1994 til 1997 hævet flere gange. Arealet ændrede sig således fra 50-60 ha til 77 ha i 1994 og igen i 1997 til 90 ha. Vandvoluminet ændrede sig tilsvarende fra ca. 160.000 m³ før 1994, til 500.000 m³ og 600.000 m³ i 1997.

Vandbalance

Filsø har et stort afløb og et stort tilløb samt et antal grøftlignende tilløb med ringe vandføring. Endvidere modtager søen udsivende grundvand, svarende til lidt under 10 % af den samlede vandtilførsel.

Vandudskiftningen i søen er forholdsvis stor, før 1994 blev den gennemsnitlige hydrauliske opholdstid på årsbasis beregnet til 3-4 døgn. Dette blev ændret i 1994 ved den første vandstandshævning, opholdstiden blev nu beregnet til 9-12 døgn og i 1997 til ca. 15 døgn.

Fosfortilførsel

Tilførslen af fosfor har tilsvarende ændret sig de seneste år. Før 1993 lå den årlige fosforbelastning på 3,5-4,3 t/år. I 1993 blev der gennemført fosforfældning på Outrup Renseanlæg hvilket resulterede i, at den samlede fosforbelastning til søen blev reduceret til ca. 2 t/år.

Den gennemsnitlige P-koncentration i søvandet har varieret meget. Før vandstandshævningen lå den på 0,2-0,4 mg/l og efter ombygning af Outrup Renseanlæg og vandstandshævningen faldt den i 1995 til 0,14 mg/l. Efter vandstandshævningen i 1997 har den sandsynligvis faldet yderligere, men der foreligger ingen målinger.

Sediment

Søen har et meget tyndt sediment med en overraskende lille sedimentpulje. På grundlag af tre sedimentprøver taget i 1995, kan den gennemsnitlige fosforpulje i sedimentet beregnes til ca. 5 g/m², hvilket er mindst en faktor

10 mindre end forventet ud fra søens gennemsnitlige fosforkoncentration.

Den lille sedimentpulje skyldes sandsynligvis søens lave vandstand (30-50 cm), vindeksposeringen og den meget korte opholdstid før vandstandshævningen. Efter vandstandshævningen kan der forventes en tilvækst i sedimentmængderne og hermed en forøgelse af fosforpuljen i sedimentet.

Modelberegninger

Gennemførsel af modelberegningerne har således til formål at undersøge, om den benyttede arealspecifikke tilstrømning (vand og fosfor) til søen passer med modellens forudsigelser af den gennemsnitlige P-koncentration i søvandet. Endvidere foretages beregninger af søens fremtidig tilstand på grundlag af de nuværende og fremtidige teoretiske belastningsforhold.

Vollenweider

Beregning af den årlige middelkoncentration af fosfor i søvandet på grundlag af den vurderede vandtilstrømning og fosforbelastning viser i 1989 og 1990 god lighed med de målte gennemsnitskoncentrationer. Det er således sandsynligt at søen var i ligevægt med den eksterne fosforbelastning før vandstandshævningen (tabel 7.5).

I 1995 efter vandstandshævningen og reduktion af fosforbelastningen var søen tilsyneladende ikke i ligevægt mere, der var en væsentlig forskel på den målte og den beregnede fosforkoncentration i søvandet (tabel 7.5).

Upublicerede beregninger (Ribe Amt 1997) af fosforbalancen viste, at søen i 1995 aflastede ca. 700 kg fosfor. Dette stemmer godt overens med modelberegningerne.

	Enhed	1989	1990	1995
Total tilførsel	10 ⁶ m ³	11,0	14,1	20,5
P-tilførsel	kg/år	4200	4200	2040
Opholdstid	år	0,015	0,011	0,024
Observeret P	mg/l	0,35	0,28	0,14
Beregnet P	mg/l	0,34	0,27	0,10

Tabel 7.5. Filsø. Beregning af fosforkoncentrationen i vandfasen på grundlag af Vollenweider.

Scenarier

Søens fremtidige tilstand vurderes som funktion af, at den gennemsnitlige P-belastning nedsættes til 1,5 t/år og 1,0 t/år. Til sammenligning medtages de nuværende forhold, med en årlig P-belastning på ca. 2,0 t P/år. Ved beregningerne benyttes en gennemsnitlig vandtilførsel på 15 mill. m/år, hvilket giver en hydraulisk opholdstid på 0,04 år.

Scenario 1

Det antages at den samlede fosforbelastning fra oplandet nedsættes fra de nuværende 2 t (0,40 kg P/ha) til ca. 1,5 t/år (0,29 kg P/ha). Dette er lidt under arealbelastningen for dyrkede oplande uden punktkilder (0,35 kg P/ha) for 1989-1995 (tabel 7.6).

Scenario 2

Det antages at den samlede fosforbelastning nedsættes til ca. 1,0 t/år, hvilket vil svare til en arealbelastning på 0,18 kg P/ha. Denne reduktion i belastningen vil formodentlig være vanskelig at opnå, da den svarer til en arealbelastning mellem naturoplande og landbrugsoplande (tabel 7.6).

	Enhed	1995	Scenario 1	Scenario 2
P-belastning	ton/år	2,04	1,5	1,0
Arealspecifik P-belastning	kg/ha	0,40	0,29	0,18
Hydraulisk opholdstid	år	0,04	0,04	0,04
Beregnet fosforkonc. i søvandet	mg/l	0,10	0,08	0,06

Tabel 7.6. Filsø. Den beregnede fremtidige fosforkoncentration i søvandet ved reduktion af den eksterne fosfortilførsel til henholdsvis 1,5 t/år (scenario 1) og 1,0 t/år (scenario 2), sammenlignet med de nuværende forhold.

Diskussion

Under de nuværende belastningsforhold (1995) vil søen formodentlig hurtig opnå steady-state grundet den lille fosforpulje i sedimentet. Umiddelbart vil det være vanskeligt at vurdere indsvingningstidens længde, men det drejer sig sandsynligvis kun om få år.

Søens biologiske struktur (fiskebestand og dækningsgrad af vandplanter) har ændret sig meget siden vandstandshævningen (Ribe Amt 1997). På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at vurdere søens fremtidige tilstand.

Med de nuværende belastningsforhold kan søen ende som en moderat næringsrig hedesø, med en lille bestand af skalle og brasen og en god bestand af rovfisk. Under disse forhold vil søen sandsynligvis blive klarvandet og få en udbredt undervandsvegetation. Søens A-målsætning vil være opfyldt.

Søen kan også udvikle sig i en uheldig retning, med få rovfisk og masseforekomst af zooplanktonædende skaller og småbrasen. Under disse forhold vil søen få stor forekomst af planteplankton, undervandsvegetationen vil blive sparsom eller manglende, og en lav sigtddybde kan forventes. En evt. forøget resuspension af sedimentet vil nedsætte sigtddybden yderligere. Søens A-målsætning vil ikke være opfyldt, hvis søen ændrer sig i denne retning.

En forøget reduktion af fosforbelastningen vil give større sikkerhed for, at søen udvikler sig i den "rigtige" retning. På nuværende tidspunkt kan det ikke vurderes, hvilke tiltag der skal gennemføres for at opnå en reduktion af den eksterne belastning svarende til scenario 1 og 2.

Konklusion

Efter vandstandshævningen og reduktionen af den eksterne fosforbelastning har Filsø ændret sig i positiv retning. Imidlertid var søen ved den seneste undersøgelse (1995) ikke i balance med de ændrede forhold, men det forventes at søens fosforniveau vil falde til omkring 0,1 mg/l.

Ved denne fosforkoncentration vil søens biologiske struktur få afgørende betydning for den fremtidige tilstand. Hvorledes søen vil udvikle sig, kan der ikke siges noget om på nuværende tidspunkt.

8.0 Forsuringstruede søer

I Ribe Amt er det primært søerne langs vestkysten i Oksbølområdet, der umiddelbart er truet af forsuring. Imidlertid mangler historiske referencer for evt. med sikkerhed at påvise, om der er sket en ændring af søernes tilstand i nyere tid.

Indledning

Ribe Amt iværksatte i 1990 et overvågningsprogram for de 4 mest forsuringstruede søer i Oksbølområdet. Holm Sø var i forvejen medregnet i vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Metoder

De forsuringstruede søer undersøges ved 4 prøvetagninger årligt, og vandet analyseres for følgende variable:

Total-N	(DS 221)
NH ₄ +NH ₃ -N	(DS 224)
NO ₂ +NO ₃ -N	(DS 223)
pH	(DS 287)
Alkalinitet	(DS 253)
Ledningsevne	(DS 288)

Endvidere registreres søernes vandstand ved hver prøvetagningsgang. Følgende søer vurderes at være akut forsuringstruet, og er derfor omfattet af et årligt prøvetagningsprogram:

Holm Sø (Vandmiljøplansø)
Selager Sø
Grovsø
Sortesø
Helle Sø

8.1 Holm Sø

Karakteristik

Holm Sø er omfattet af vandmiljøplanens overvågningsprogram. Søen er undersøgt siden 1989.

Holm Sø er en ren, klarvandet og meget næringsfattig sø med store bevoksninger af strandbo og lobelie. Søen er uforurennet, og der er ikke kendskab til nuværende eller tidligere forureningskilder.

Holm Sø er meget sur med en særdeles lav alkalinitet. Fra 1989 til 1993 har der været en tendens til et fald i værdierne for både pH og alkalinitet. Denne udvikling er ikke fortsat, idet værdierne for både pH og alkalinitet er steget fra 1993 til 1997, se fig. 8.1.

Status for målsætning

Målsætningen "A-naturvidenskabeligt interesseområde" er opfyldt.

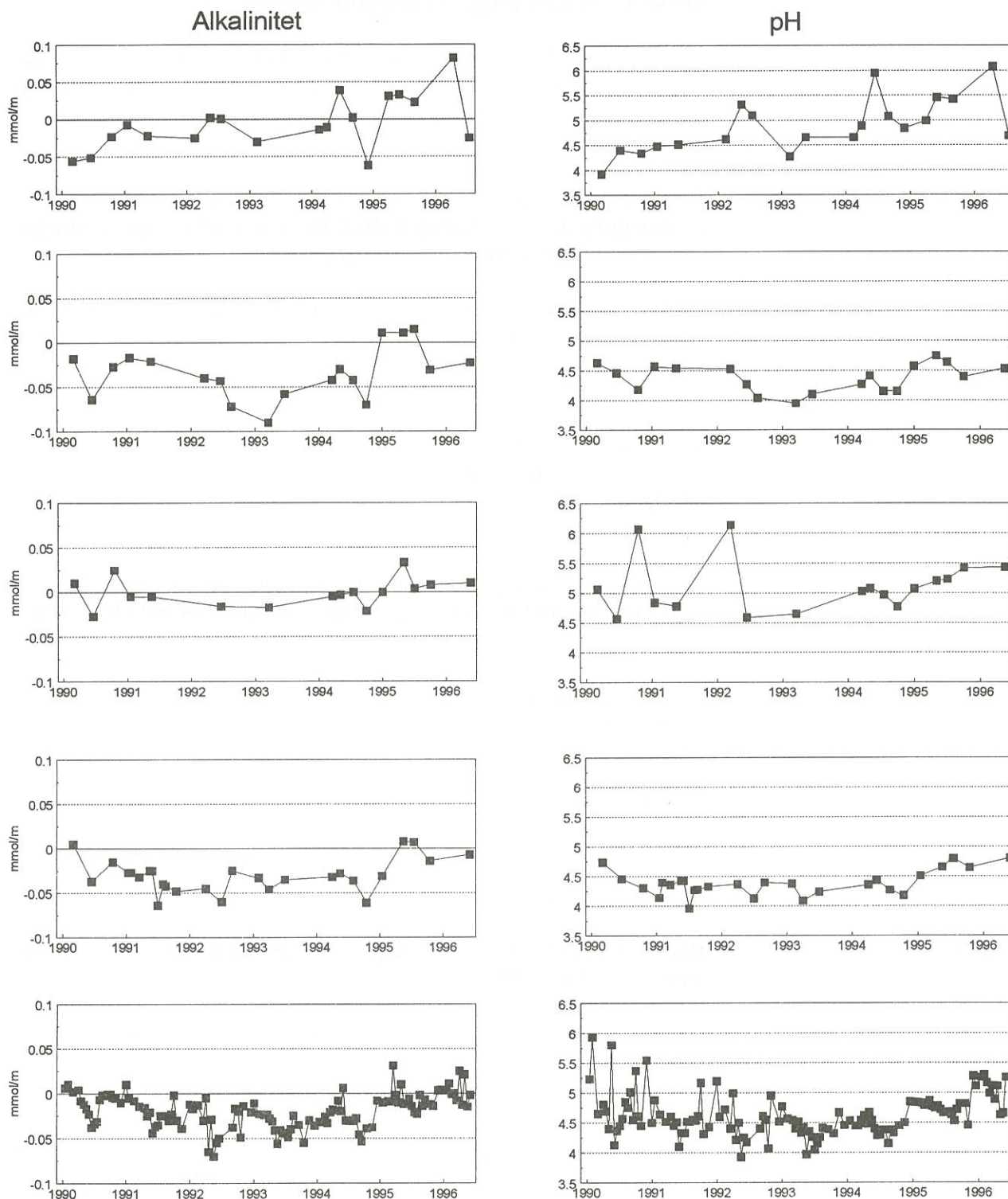


Fig. 8.1. Alkalinitet og pH i forureningstruede søer i Ribe Amt. Søerne er foroven og nedefter: Grovsø, Hellesø (østbassin), Selager Sø, Sortesø og Holm Sø.

8.2 Selager Sø, Grovsø, Sortesø og Helle Sø

Søerne er undersøgt siden 1990 i Ribe Amts overvågningsprogram for forsurede søer. Søerne er målsat "A-naturvidenskabeligt interesseområde".

Karakteristik

De 4 søer er næringsfattige hedesøer beliggende i det militære øvelsesområde nord-vest for Oksbøl ved Blåvand.

Søerne har en større eller mindre udbredt vegetation af grundskudsplanter (strandbo og lobelie). Søerne er uforurened og klarvandet med lave pH værdier (mellem 4,5 og 5,5) samt en alkalinitet omkring 0 eller lidt under, se fig. 8.1. Grundet den lave alkalinitet og pH vurderes søerne at være akut forsurede.

Fra 1989 til 1993 har der været en tendens til et fald i værdierne for både pH og alkalinitet for de 3 af søerne. Denne udvikling er ikke fortsat, idet værdierne for både pH og alkalinitet er steget fra 1993 til 1996.

Grovsø, som siden måleprogrammet blev iværksat i 1990 har haft en stigende pH og alkalinitet, afviger væsentligt fra de øvrige søer ved, at den modtager okkerholdig drænvand fra et kunstigt gravet tilløb.

Status for målsætning

Målsætningen er ikke opfyldt for Grovsø, grundet okkertilførsel fra tilløbet. I de øvrige søer er A-målsætningen opfyldt.

Konklusioner

Indtil 1993 er pH og alkalinitet i Selager Sø, Sortesø og Helle Sø faldet jævnt hver år, men herefter har søerne udviklet sig mod en højere alkalinitet og pH. Der er ikke sket ændringer i søernes opland, som kan forklare den stigende pH og alkalinitet. Den mest nærliggende forklaring er, at regnvandet har en mindre forurende effekt end tidligere, men der mangler dokumentation for denne påstand.

Dette mønster ses dog ikke i Grovsø, da der her har været en svag stigning i både pH og alkalinitet siden 1990.

En måske mere realistisk forklaring på den langsomme forbedring siden 1993 er, at der skal længere tidsserier til for at påvise en ændring i forsuren. Den observerede pH stigning er formodentligt kun midlertidig.

De nævnte søer må således fortsat være akut forsurede, men det har ikke med sikkerhed været muligt at påvise en reel forurening af søerne i perioden 1990-1996.

Referenceliste for tidligere undersøgelser

Bio/consult as 1982. Rapport vedrørende vegetationsundersøgelser i Kvie Sø september 1982. Rapport til Ribe Amt.

Bio/consult as 1990a. Fiskefaunaen i Kvie Sø 1989. Rapport til Ribe Amt.

Bio/consult as 1990b. Smådyrsfaunaen i Kvie Sø 1989. Rapport til Ribe Amt.

Bio/consult as 1994. Bundvegetationen i Kvie Sø 1993. Rapport til Ribe Amt.

Bio/consult as 1995. Vegetation i Kvie Sø 1994. Rapport til Ribe Amt.

Bio/consult as 1996. Vegetation i Kvie Sø 1995. Rapport til Ribe Amt.

Bio/consult as 1996. Fiskebestanden i Kvie Sø 1995. Rapport til Ribe Amt.

Bio/consult as 1997. Vegetation i Kvie Sø 1996. Rapport til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1985. Phytoplankton fra Kvie Sø 1982-84 og Ål Præstesø 1984. Rapport til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1990. Kvie Sø 1989 - Fyto- og Zooplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1991. Kvie Sø 1990 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1992. Kvie Sø 1991 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1993. Kvie Sø 1992 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1994. Kvie Sø 1993 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1995. Kvie Sø 1994 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1996. Kvie Sø 1995 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1997. Kvie Sø 1996 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1990. Holm Sø 1989 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1991. Holm Sø 1990 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1992. Holm Sø 1991 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1993. Holm Sø 1992 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1994. Holm Sø 1993 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1995. Holm Sø 1994 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1996. Holm Sø 1995 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

Miljøbiologisk Laboratorium 1997. Holm Sø 1996 - Plante- og dyreplankton. Notat til Ribe Amt.

N&R Consult 1991. Kvie Sø - Undersøgelse af vandbalance og vandkemi. Rapport til Ribe Amt.

Odgaard, Bent 1991a. Etablering af kronologi for nedfald af sodnoder fra afbrænding af olie og kul med henblik på datering af subrecente sedimentlag. Rapport til Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd.

Odgaard, Bent 1991b. Kvie Sø - Alder, sedimentfordeling og udviklingshistorie. Danmarks Geologiske Undersøgelse.

Olsen, Kaj Rath 1991. Grundskudsplanternes betydning for sedimentforhold og udveksling af næringssalte i Kvie Sø. Specialerapport fra Odense Universitet.

Ribe Amt 1992. Kvie Sø Holm Sø. Vandmiljøovervågning.

Ribe Amt 1993. Kvie Sø Holm Sø. Vandmiljøovervågning.

Ribe Amt 1994. Kvie Sø Holm Sø. Vandmiljøovervågning.

Ribe Amt 1995. Kvie Sø Holm Sø. Vandmiljøovervågning.

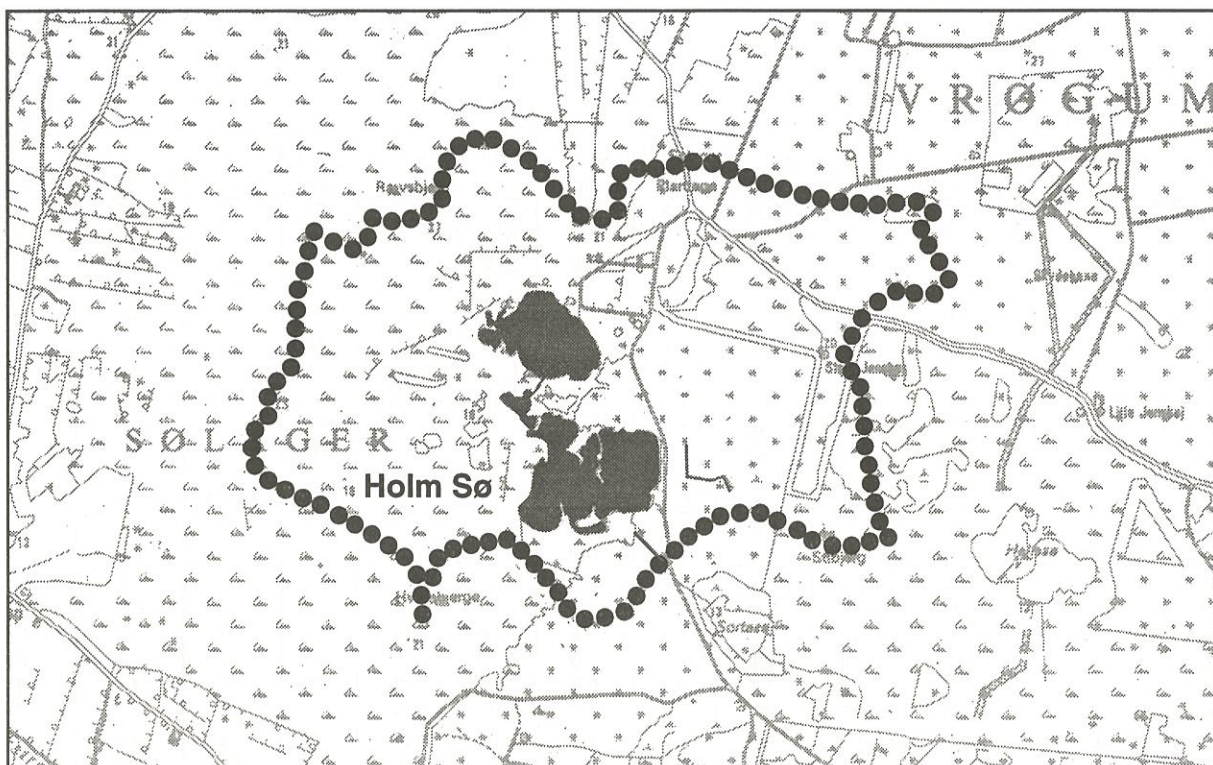
Ribe Amt 1996. Kvie Sø Holm Sø. Vandmiljøovervågning.

Stationering af målsatte søer i Ribe Amt					
Sønr.	Sønavn	St.nr.	UTM-øst	UTM-nord	Målsætning
3010	Nymindestrømmen	1	448906	6184782	A
3010	Nymindestrømmen	2	448895	6183329	A
3010	Nymindestrømmen	3	448860	6182166	A
3030	Land Sø	1	452977	6183936	A
3040	Hjortlund sø	1	501445	6183073	B
3110	Guldager Mølledam	1	461804	6153841	C
3120	Marbæk Sø - Øst	1	457310	6157343	B
3130	Marbæk Sø - Midt	1	457130	6157262	B
3140	Marbæk Sø - Vest	1	456818	6157111	B
3150	Fåresø	1	452211	6164728	A
3160	Præstesø	1	453577	6166301	B
3170	Barn sø	1	453957	6167063	B
3180	Helle Sø - Østlige	1	451794	6166820	A
3190	Helle Sø - Vestlige	1	451667	6166935	A
3200	Sorte Sø	1	450782	6166600	A
3220	Grov Sø	1	449668	6165290	A
3230	Holm Sø	1	450180	6167100	A
3240	Selager Sø	1	450122	6167591	A
3250	Grærup Langsø	1	447694	6168035	B
3260	Filsø	1	453629	6174561	A
3270	Søvigssund Sø	1	454801	6170680	A
3310	Nebel Sø	1	471412	6156340	C
3320	Karlsgårde sø	1	473865	6167253	B
3320	Karlsgårde sø	2	475485	6167106	B
3330	Søndersø	1	505505	6163057	A
3340	Galtho Ndr. Sø	1	478503	6178094	B
3350	Galtho Sdr. sø	1	478447	6177861	B
3360	Nørresø	1	505055	6167321	B
3370	Kvie Sø	1	485640	6175750	A
3380	Ålling Sø	1	483426	6180230	B
3390	Knold Sø	1	507540	6166143	B
3510	Munkesø	1	490782	6128774	B
3520	Sjapmose	1	494411	6127285	B
3540	Sønderskov Mølledam	1	503121	6144793	B
3560	Tranekær Sø	1	509827	6155432	B
3570	Råkærsholm Sø	1	490041	6154652	B
3580	Skærsø	1	517490	6159830	A

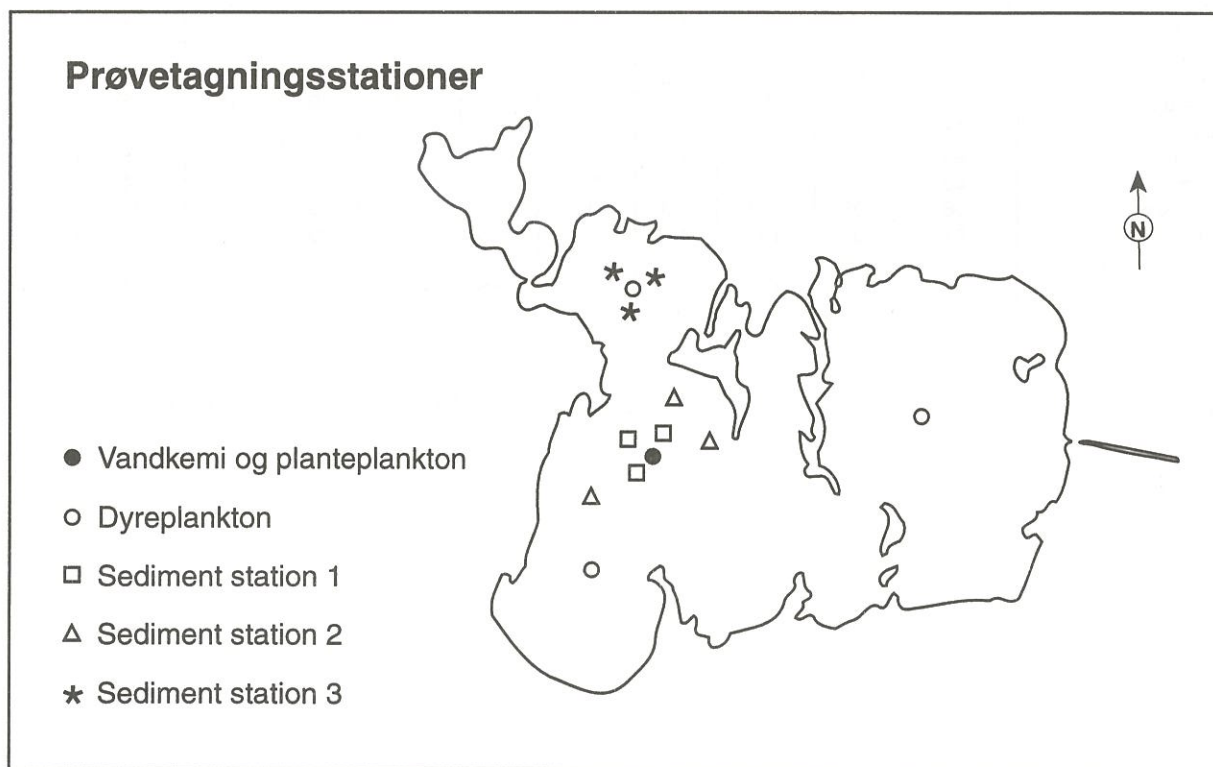
Sønavn	Sidste tilsynsår	Tot-P (µg/l)		Tot-N (mg/l)		Sigtdybde (m)		Chl.a (µg/l)		n	
		år	sommer	år	sommer	år	sommer	år	sommer	år	sommer
Hjortlund Sø	92	204	283	1.3	1.2			7	6	10	2
Landsø	94	121	98	2.2	1.3	0.62	0.71	7	11	14	7
Nyminde Strøm (MN)	96	167	210	0.8	0.8	2.05	2.10	18	16	9	5
Nyminde Strøm (MS)	96	67	71	0.6	0.6	2.24	2.51	12	9	10	6
Nyminde Strøm (S)	96	48	47	0.5	0.5	2.46	2.68	8	7	10	6
Nyminde Strøm (N)	96	303	422	0.8	0.8	1.45	1.45	22	15	10	6
Søvig Sund (Ø)	92	143	168	2.8	1.2	0.82	0.83	22	35	13	6
Søvig Sund (V)	92	112	105	2.7	1.2	0.72	0.64	12	15	13	6
Filsø	95	137	175	1.8	1.4	0.66	0.55	49	77	14	7
Grærup Langsø	92	114	133	1.1	1.3	0.60	0.77	16	18	12	7
Selager Sø	95			0.5	0.4					4	2
Holmsø	95	12	11	0.4	0.4			2	2	19	10
Grovsø	95			1.1	1.0					4	2
Sortesø	95			0.6	0.6					4	2
Hellesø (V)	95			0.7	0.8					4	2
Hellesø (Ø)	95			0.8	0.9					2	1
Barnsø	94	95	120	2.3	2.6	0.70	0.60	32	56	10	5
Al Præstesø	95	54	64	1.2	1.0	0.77	0.64	30	46	14	8
Fåresø	95	32	30	0.9	0.9	1.40	1.39	23	32	14	8
Marebæk Søerne (Ø)	91	82	98	1.3	1.3	0.92	0.78	32	33	12	7
Marebæk Søerne (M)	91	87	107	1.2	1.4	0.83	0.66	40	43	12	7
Marebæk Søerne (N)	91	323	407	2.9	3.7	0.45	0.32	162	200	13	8
Guldager Mølleå	87	235	288	4.8	4.5			3	3	8	5
Grindsted Engsø (B)	90	124	175	4.0	3.7	0.67	0.36	83	124	14	9
Knoldsø	90	70	92	1.7	1.6			52	90	15	8
Ålling Sø	93	235	331	1.8	2.6	0.76	0.85	44	71	15	8
Kvie Sø	96	79	83	1.2	1.1	1.47	1.77	18	10	19	10
Nørresø	90	400	452	1.7	1.5	0.53	0.58	28	40	15	8
Søer ved Galtho (S)	96	49	58	1.1	1.1	1.64	1.49	31	37	9	5
Søer ved Galtho (N)	96	23	20	2.5	2.2	1.68	1.63	23	21	9	5
Søndersø	92	66	61	6.2	2.7			7	6	9	2
Karlsgårde Sø (V)	93	133	154	4.1	3.5	0.96	0.85	49	115	15	8
Karlsgårde Sø (Ø)	93	92	114	4.3	2.8	1.01	0.89	46	95	15	8
Nebel Sø	94	39	38	7.6	7.6	1.67	1.72	17	20	3	2
Skærsø	95	67	89	1.6	1.5	0.93	0.64	27	34	15	7
Råkersholm Sø	96	98	104	1.0	0.7	1.64	1.61	33	25	10	5
Tranekær Sø	92	97	130	1.0	1.2	1.28	0.91	29	34	15	7
Sønderskov Mølleå	78	540	660	3.4	3.5			7	17	6	4
Sjapmose	93	96	151	1.9	2.3	0.85	0.53	48	65	15	8
Munkesø	93	110	140	2.3	1.5	0.75	0.70	17	25	15	8

Bilag 4.1. Målsatte søer i Ribe Amt. Tidsvægtede gennemsnit for nøgleparametre.

n = antal tilsyn.



Bilag 5.1. Topografisk opland for Holm Sø.



Bilag 5.2. Oversigt over prøvetagningsstationerne i Holm Sø.

	Total-N mg/l	NH4-N mg/l	NO2+ NO3-N mg/l	Total-P mg/l	Orto-P mg/l	pH	Konduk- tivitet mS/m	Alkali- nitet mmol/l
1989	1.14	0.435	0.146	0.019	0.006	4.9		0.011
1990	1.20	0.568	0.225	0.016	0.006	4.9	27.8	-0.008
1991	0.60	0.165	0.111	0.017	0.008	4.5	26.8	-0.020
1992	1.28	0.634	0.163	0.024	0.006	4.6	28.5	-0.028
1993	0.55	0.113	0.120	0.017	0.005	4.4	24.2	-0.035
1994	0.47	0.024	0.070	0.013	0.005	4.4	17.3	-0.029
1995	0.41	0.014	0.012	0.011	0.005	4.8	19.1	-0.007
1996	2.71	1.686	0.133	0.054	0.007	5.5	26.6	0.050
P	0.588	0.525	0.108	0.293	0.602	0.490	0.223	0.536
r ²	0.052	0.071	0.372	0.181	0.048	0.083	0.279	0.067
Koefficient	0.071	0.060	-0.016	0.002	0.000	0.043	-1.082	0.003

	Susp. stof mg/l	COD S.S. mg/l	Silikat- Si mg/l	Chloro- fyl-a ug/l	Farve- tal mg Pt/l	Vand- stand m DNN	Vand- temp. gr. °C
1989	4	3	0.18	3		11.68	13.6
1990	4		0.18	3		11.80	11.0
1991	4	4	0.20	3		11.84	10.7
1992	5	5	0.20	5	19	11.69	11.5
1993	3	2	0.24	4	6	11.81	10.0
1994	3		0.25	2	22	12.03	10.1
1995	3	1	0.22	2	32	12.04	11.0
1996	7	8	0.24	10	51	11.60	10.0
P	0.430		0.010	0.273	0.071	0.560	0.054
r ²	0.107		0.691	0.195	0.715	0.060	0.488
Koefficient	0.194		0.010	0.468	8.951	0.016	-0.334

Bilag 5.3. Holm Sø 1989-96.

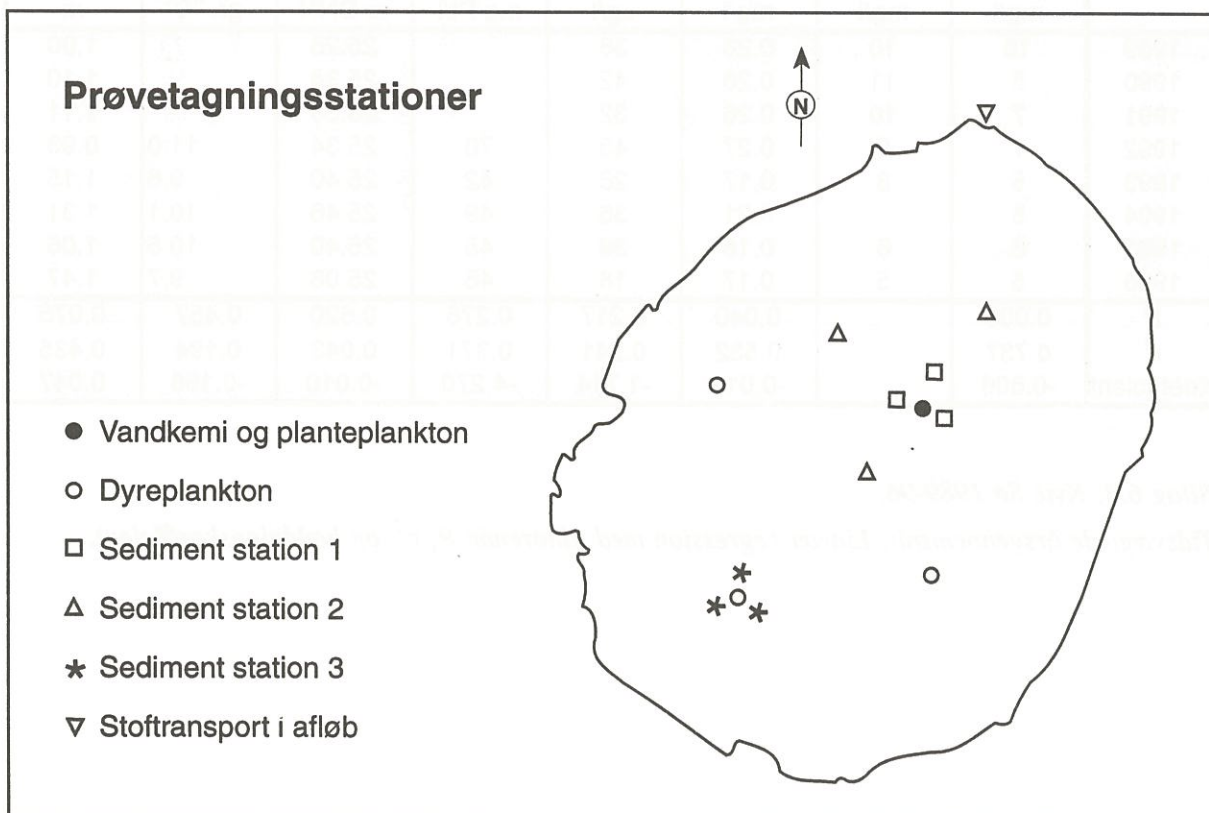
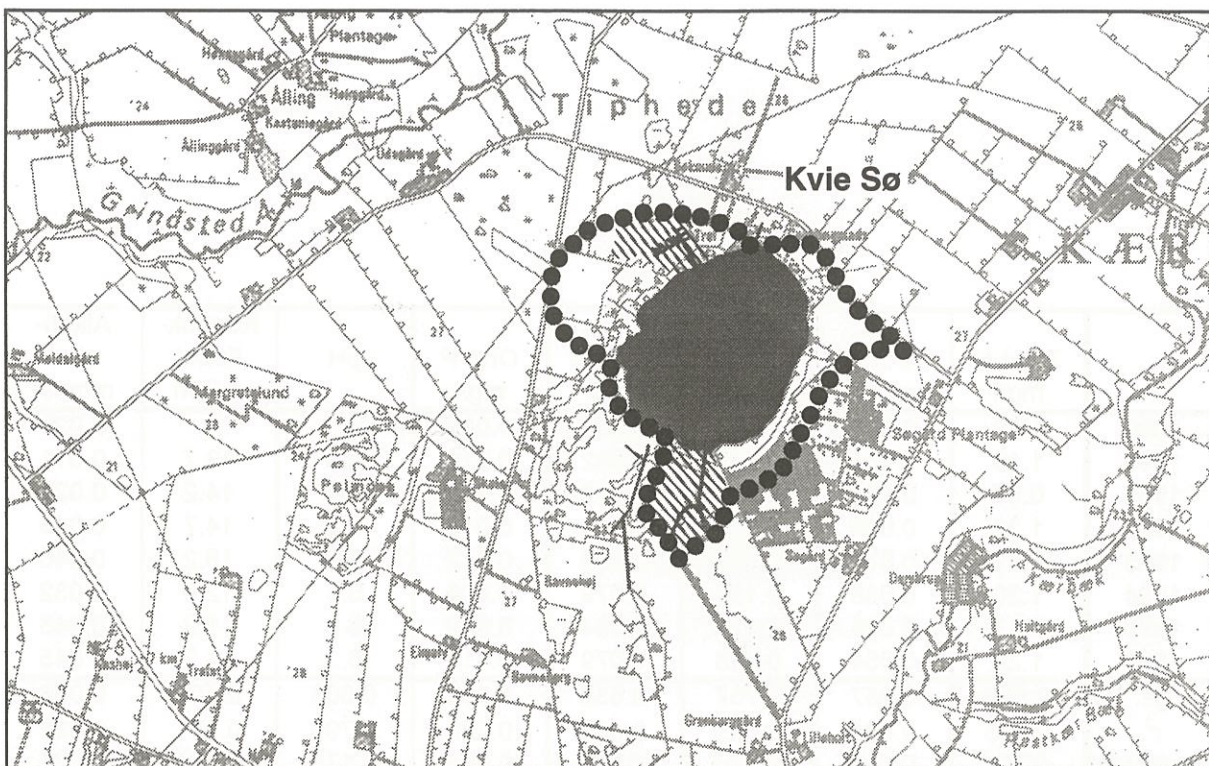
Tidsvægtede årsgennemsnit. Lineær regression med tilhørende P, r² og hældningskoefficient.

	Total-N mg/l	NH4-N mg/l	NO2+ NO3-N mg/l	Total-P mg/l	Orto-P mg/l	pH	Konduk- tivitet mS/m	Alkali- nitet mmol/l
1989	0.68	0.157	0.089	0.017	0.005	4.6		0.002
1990	1.21	0.648	0.156	0.015	0.005	4.7	34.8	-0.018
1991	0.56	0.206	0.040	0.016	0.008	4.4	29.0	-0.029
1992	1.79	1.015	0.051	0.035	0.007	4.5	32.7	-0.035
1993	0.51	0.173	0.074	0.016	0.005	4.2	29.6	-0.043
1994	0.35	0.014	0.010	0.010	0.006	4.4	18.9	-0.026
1995	0.43	0.012	0.008	0.011	0.005	4.7	19.5	-0.010
1996	3.80	2.532	0.055	0.074	0.008	5.8	29.3	0.080
P	0.327	0.314	0.090	0.248	0.645	0.203	0.142	0.277
r ²	0.159	0.168	0.405	0.214	0.038	0.254	0.378	0.192
Koefficient	0.191	0.143	-0.012	0.004	0.000	0.100	-1.754	0.007

	Susp. stof mg/l	COD S.S. mg/l	Silikat- Si mg/l	Chloro- fyl-a ug/l	Farve- tal mg Pt/l	Vand- stand m DNN	Vand- temp. gr. °C
1989	4	3	0.15	2		11.70	14.1
1990	4		0.14	4		11.67	17.3
1991	4	5	0.14	5		11.77	15.7
1992	6	7	0.19	6	34	11.57	17.6
1993	3	3	0.15	5	3	11.67	15.5
1994	3		0.16	2	12	11.95	15.0
1995	4	1	0.14	2	28	11.99	17.2
1996	10	10	0.23	13	76	11.42	14.6
P	0.238		0.201	0.299	0.274	0.927	0.956
r ²	0.222		0.256	0.177	0.373	0.002	0.001
Koefficient	0.422		0.007	0.637	10.916	0.003	-0.013

Bilag 5.4. Holm Sø 1989-96.

Tidsvægtede sommergennemsnit. Lineær regression med tilhørende P, r² og hældningskoefficient.



	Total-N mg/l	NH4-N mg/l	NO2+ NO3-N mg/l	Total-P mg/l	Orto-P mg/l	pH	Konduk- tivitet mS/m	Alkali- nitet mmol/l
1989	1.42	0.061	0.314	0.091	0.013	5.3		0.029
1990	1.10	0.031	0.137	0.082	0.011	5.5	13.7	0.011
1991	0.97	0.024	0.138	0.072	0.013	5.4	14.2	0.021
1992	1.33	0.088	0.303	0.100	0.015	5.8	14.7	0.045
1993	1.37	0.074	0.312	0.089	0.012	6.4	15.2	0.046
1994	1.20	0.035	0.152	0.079	0.009	6.4	12.0	0.032
1995	1.17	0.034	0.171	0.084	0.009	6.3	11.2	0.045
1996	1.22	0.054	0.226	0.079	0.015	6.3	14.2	0.045
P	0.856	0.957	0.737	0.636	0.858	0.003	0.407	0.056
r ²	0.005	0.001	0.020	0.040	0.006	0.799	0.141	0.482
Koefficient	-0.004	0.000	-0.005	-0.001	0.000	0.171	-0.255	0.004

	Susp. stof mg/l	COD S.S. mg/l	Silikat- Si mg/l	Chloro- fyl-a ug/l	Farve- tal mg Pt/l	Vand- stand m DNN	Vand- temp. gr. °C	Sigt- dybde m
1989	10	10	0.23	36		25.26		1.00
1990	8	11	0.26	42		25.38		1.10
1991	7	10	0.26	32		25.36		1.11
1992	7	9	0.27	43	70	25.34	11.0	0.93
1993	5	8	0.17	26	42	25.40	9.6	1.15
1994	5		0.21	36	49	25.46	10.1	1.31
1995	6	6	0.16	39	48	25.40	10.5	1.06
1996	5	5	0.17	18	46	25.08	9.7	1.47
P	0.006		0.040	0.217	0.276	0.620	0.457	0.075
r ²	0.737		0.532	0.241	0.371	0.043	0.194	0.435
Koefficient	-0.606		-0.014	-1.714	-4.270	-0.010	-0.156	0.047

Bilag 6.3. Kvie Sø 1989-96.

Tidsvægtede årsgennemsnit. Lineær regression med tilhørende P, r² og hældningskoefficient.

	Total-N mg/l	NH4-N mg/l	NO2+ NO3-N mg/l	Total-P mg/l	Orto-P mg/l	pH	Konduk- tivitet mS/m	Alkali- nitet mmol/l
1989	1.16	0.020	0.066	0.087	0.011	5.5		0.034
1990	0.89	0.021	0.008	0.066	0.013	5.3	15.2	0.007
1991	0.85	0.015	0.012	0.070	0.009	5.5	14.3	0.018
1992	1.14	0.105	0.093	0.101	0.016	6.2	14.8	0.079
1993	1.11	0.020	0.063	0.086	0.007	6.5	16.0	0.055
1994	1.10	0.015	0.015	0.073	0.007	6.3	12.1	0.035
1995	1.07	0.025	0.010	0.097	0.010	6.3	11.0	0.050
1996	1.11	0.075	0.069	0.083	0.015	6.4	14.6	0.049
P	0.458	0.509	0.984	0.477	0.977	0.005	0.274	0.268
r ²	0.101	0.076	0.000	0.087	0.000	0.751	0.231	0.199
Koefficient	0.015	0.004	0.000	0.002	0.000	0.174	-0.399	0.004

	Susp. stof mg/l	COD S.S. mg/l	Silikat- Si mg/l	Chloro- fyl-a ug/l	Farve- tal mg Pt/l	Vand- stand m DNN	Vand- temp. gr. °C	Sigt- dybde m
1989	9	10	0.18	25		25.20		1.14
1990	6	9	0.16	15		25.28		1.44
1991	7	14	0.24	20		25.30		1.25
1992	6	9	0.25	28	80	25.23	17.0	0.98
1993	6	8	0.15	31	34	25.28	14.9	1.16
1994	4		0.16	15	44	25.36	16.8	1.43
1995	6	6	0.14	25	55	25.36	16.9	1.06
1996	4	4	0.17	10	49	25.00	15.6	1.77
P	0.012		0.380	0.517	0.531	0.625	0.839	0.378
r ²	0.679		0.130	0.073	0.143	0.042	0.016	0.131
Koefficient	-0.592		-0.006	-0.830	-4.139	-0.010	-0.075	0.038

Bilag 6.4. Kvie Sø 1989-96.

Tidsvægtede sommergennemsnit. Lineær regression med tilhørende P, r² og hældningskoefficient.

Udviklingen beskrevet ved modelberegning for Kvie Sø 1980 - 2050

Morfometriske data og belastningsdata, samt benyttede konstanter til brug for modelberegningen.

	Enhed	1980	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Søareal	mill m ²	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
Søvolumen	mill m ³	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363
Hydraulisk opholdstid	år					0.92	0.92	0.92	1.06
Aktivt sedimentareal	mill m ²	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
Fosforbelastning	t/år	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.016	0.019	0.015
Vandtilstrømning	mill m ³					0.394	0.394	0.394	0.342
Vandafstrømning	mill m ³	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390	0.390	0.285
K1	m/år	4.500							3.700
K2	år	0.011							0.012
K3	-	0.40							
Alfa	-	0.94	0.94	0.94	0.94	1.04	0.72	0.85	1.13
Årsmiddel P i vandfasen (målt)	mg/l	0.070	0.087	0.074	0.060	0.055	0.056	0.066	0.091

Beregnet årsmiddel i søen ved steady state (Vollenweider)	mg P/l					0.022	0.021	0.025	0.022
Beregnet tilløbskoncentration	mg P/l					0.043	0.041	0.048	0.044

	Enhed	1990	1991	1992*	1993	1994	1995	1996	2050
Søareal	mill m ²	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
Søvolumen	mill m ³	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363	0.363
Hydraulisk opholdstid	år	0.84	1.17	0.91	0.86	0.78	0.93	0.92	0.92
Aktivt sedimentareal	mill m ²	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270	0.270
Fosforbelastning	t/år	0.014	0.013	0.049	0.016	0.019	0.015	0.013	0.013
Vandtilstrømning	mill m ³	0.431	0.310	0.400	0.420	0.463	0.390	0.394	0.394
Vandafstrømning	mill m ³	0.473	0.307	0.388	0.441	0.385	0.471	0.390	0.390
K1	m/år								3.700
K2	år								0.012
K3	-								0.40
Alfa	-	0.83	1.06	0.91	1.01	0.99	0.82	0.94	0.94
Årsmiddel P i vandfasen (målt)	mg/l	0.082	0.072	0.100	0.089	0.079	0.084		
Årsmiddel P i sediment (målt)	g/m ²	26				49			

Beregnet årsmiddel i søen ved steady state (Vollenweider)	mg P/l	0.017	0.020	0.063	0.020	0.022	0.020	0.017	0.017
Beregnet tilløbskoncentration	mg P/l	0.032	0.042	0.123	0.038	0.041	0.038	0.033	0.033

Bemærkninger:

*P-belastningen i 1992 er forøget fra 24 kg til 49 kg (+ 25 kg) ved justering af modellen.

Den gennemsnitlige P-belastning efter 1994 hvor dræn 1 + 2 blev afskåret, forventes at være 13 kg/år.

Det hydrauliske opland er 27 ha. Nedbør er 4,5 kg P og badning 1 kg P.

Den gennemsnitlige (1989-1995) arealspecifikke P-belastning er 0,28 kg/ha.

Bilag 8.1. Baggrundsdata anvendt ved modelberegninger af udviklingen for Kvie Sø.