

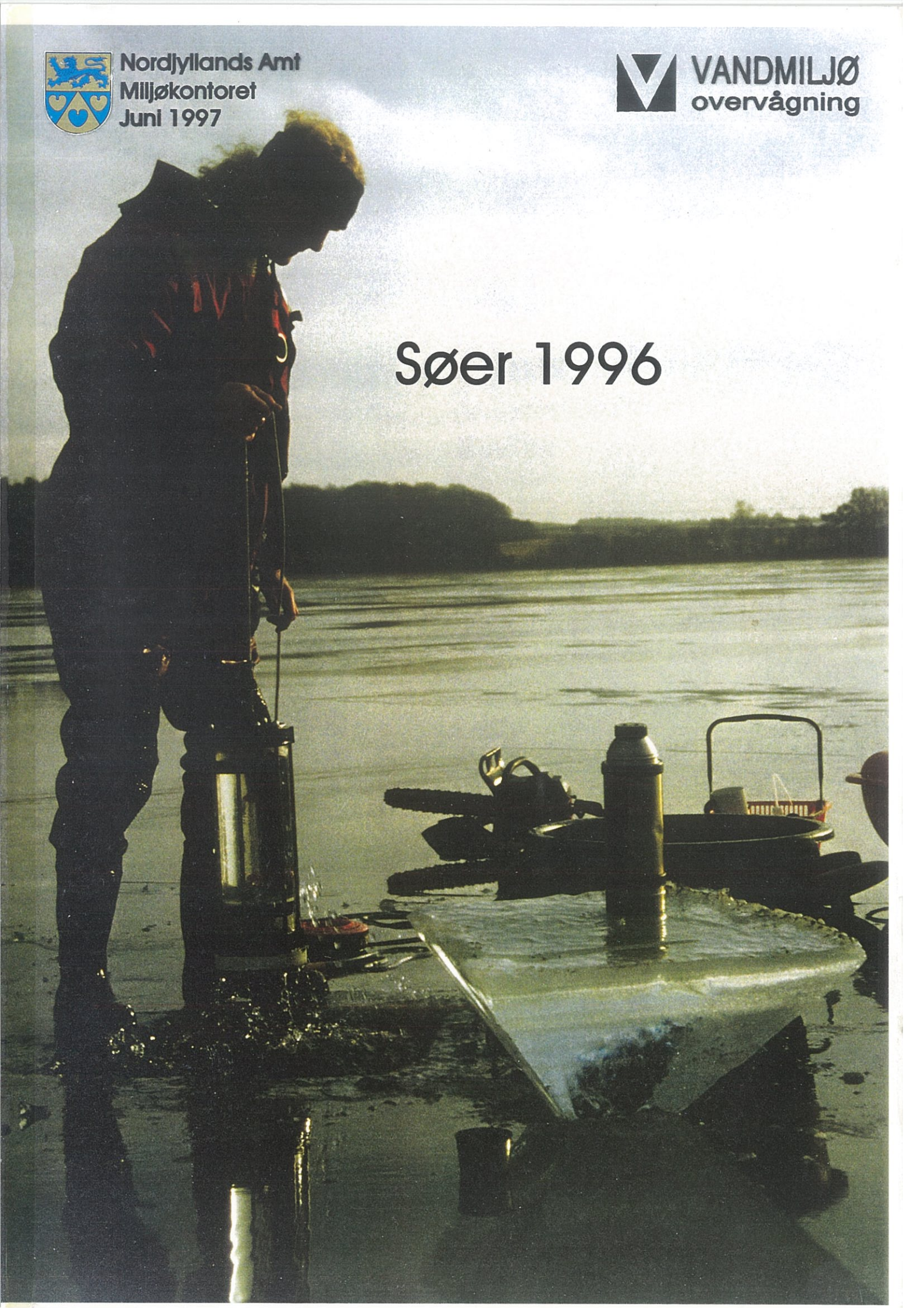


Nordjyllands Amt
Miljøkontoret
Juni 1997



VANDMILJØ
overvågning

Søer 1996



VANDMILJØ
OVERVÅGNING
SØER
1996

NORDJYLLANDS AMT

Datablad

Udgiver: Nordjyllands Amt
Miljøkontoret
Niels Bohrsvej 30
9220 Aalborg Ø.

Kontaktperson: Per Schriver, tlf: 96 35 14 17

Udgivelsestidspunkt: Juni 1997

Forside: Madum Sø
Foto, Per Schriver.

Oplagstal: 50

Sideantal: 47+bilag

Tryk: Nordjyllands Amt

ISBN-nummer: 87 - 7775 - 287 - 2

INDHOLD

1. Sammenfatning	5
2. Indledning	7
3. Vandkvalitetsplaner	8
4. Søer i Nordjyllands Amt	12
5. Søernes tilstand og udvikling	
5.1 Regionale søer	13
5.2 Madum Sø	
5.2.1 Historie	23
5.2.2 Udviklingstendenser	24
5.2.3 Fytoplankton	25
5.2.4 Zooplankton	26
5.2.5 Fisk	28
5.2.6 Forsuring	31
5.2.7 Samlet vurdering	32
5.3 Hornum Sø	
5.3.1 Historie	34
5.3.2 Udviklingstendenser	34
5.3.3 Fisk	37
5.3.4 N/P forhold	39
5.3.5 Forsuring	40
5.3.6 Samlet vurdering	41
6. Scenarier	43
7. Konklusion	44
8. Referencer	45
9. Bilag	48

BILAG:

1. Morfometriske data, Madum Sø.
2. Oplandskort, Madum Sø.
3. Arealanvendelse i Madum Sø's opland.
4. Fyto- og zooplankton, Madum Sø.
5. Vegetationsundersøgelser Madum Sø.
6. Vandbalance for Madum Sø.
7. Vandkemi og biologi, Madum Sø.
9. Morfometriske data, Hornum Sø.
10. Oplandskort, Hornum Sø.
11. Arealanvendelse i Hornum Sø's opland.
12. Fyto- og zooplankton Hornum Sø.
13. Vegetationsundersøgelser, Hornum Sø.
14. Vandbalance, Hornum Sø.
15. Vandkemi og biologi, Hornum Sø.
16. Metoder Madum og Hornum søer

1. Sammenfatning

Miljøtilstanden i de nordjydske søer er dårlig, og er blevet forringet siden 70'erne og 80'erne. Således er målsætningen kun opfyldt i 1/3 af søerne ved seneste tilsyn. Samlet har 12, svarende til en tredjedel, af de 35 målsatte regionale søer fået forringet tilstanden i måleperioden, mens der i 23 søer ikke er nogen entydig udvikling. Ingen søer har fået tilstanden forbedret i måleperioden.

Den gennemsnitlige fosfor koncentration i søerne er faldet fra 70'erne til 80'erne, som følge af afskæring af spildevand, mindre gårdbidrag, bedre spildevandsrensning og lavere fosforindhold i vaske- og rengøringsmidler. Antager man at faldet i fosfor koncentrationen i søerne er fortsat i 90'erne, som det er sket i vandløbene, vil mange belastede søer nærme sig et niveau hvor det kan vise sig aktuelt at iværksætte sø restaureringsprojekter, f.eks. opfiskning af skidtfisk, med henblik på at få reetableret undervandsvegetationen.

I forslag til regionplan'97, som er til debat for øjeblikket, hedder det: *"Ved flertallet af søerne er der observeret kraftig algevækst som følge af et stort indhold af næringsstoffer. Forbedring af søernes tilstand kræver en meget kraftig nedsættelse af næringssaltbelastningen fra det åbne land."* *"For at beskytte vandløb og søer mod næringssaltudvaskningen vil amtsrådet i større indsatsområder medvirke til at inddrage særligt følsomme vandløbsoplande samt engområderne i den fremtidige planlægning, så der sikres sammenhæng mellem natur-, miljø-, og landbrugsinteresser. Selvom dette sker, vil søernes tilstand kun meget langsomt forbedres, medmindre der gennemføres meget omkostningskrævende restaureringer. Der er ikke i den kommende planperiode planlagt restaureringer af søer i Nordjyllands Amt."*

Nordjyllands Amt har siden 1989 ført et intensivt tilsyn med tilstanden i Madum og Hornum søer som led i vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Madum Sø

Der forekommer i perioden 1989 - 1996 to typiske tilstande:

- 1) Karakteriseret ved god sigtdybde, ofte til bunden, lav fytoplanktonbiomasse og højt potentielt græsningstryk. Denne tilstand forekommer i 1989, 1991 og 1996.
- 2) Karakteriseret ved perioder med forringet sigtdybde, relativt høj fytoplanktonbiomasse,

og lavere potentielt græsningstryk. Denne tilstand forekommer i 1990, 1992, 1993, 1994 og 1995.

Det er mængden af zooplanktonædende aborre yngel der afgør om søen er i tilstand 1) eller 2).

Variationerne må derfor karakteriseres som udtryk for søens naturlige tilstand.

Det specifikke krav til sommersigtdybden (> 3 m) er opfyldt i 7 ud af 8 år i overvågningsperioden. I 1992 var sommermiddelsigtdybden 2,7 m.

Hornum Sø

Der forekommer i perioden 1989 - 1996 2 typiske sommersituationer.

- 1) Karakteriseret ved stærkt varierende og ofte ringe sigtdybde, bl.a. i forbindelse med vandblomst af blågrønalger. Denne tilstand forekommer i 1989 og 1990 samt igen fra 1994 til 1996 hvor fytoplankton maksimaene dog ikke dommineres af blågrønalger.
- 2) karakteriseret ved generelt god sigtdybde (ofte til bund), uden forekomst af vandblomst. Denne tilstand forekommer i 1991, 92 og 93.

Søen bevægede sig i 1991 fra en fytoplanktondomineret tilstand til en tilstand som er i bedre overensstemmelse med den naturgivne, og med recipientmålsætningen. I 1994 faldt søen tilbage igen. Det specifikke krav til sommersigtdybden (> 2 m) var kun opfyldt i 1991-93. Det tyder på at det er de lave afstrømninger, og dermed fosfor tilførsler, i perioden fra 91 til 93 der har forbedret søens tilstand en overgang. Hvis søen mere konsekvent skal leve op til recipientmålsætningen kræver det en halvering af arealbidraget af fosfor i oplandet. En forudsætning for dette er en ændret arealanvendelse. Det umiddelbare opland til søen blev i 1995 udpeget som Særligt Følsomt Landbrugs område, men indtil videre har ingen lodsejerene vist interesse. I 1997 forsøger Nordjyllands Amt at gennemføre et Større Natur Genopretnings projekt omkring søen, for at øge interessen for en mere miljøvenlig arealanvendelse i det nære opland.

2. Indledning

Folketinget vedtog den 31. januar 1987 "Handlingsplanen mod forureningen af det danske vandmiljø med næringssalte" (Vandmiljøplanen), der som hovedmål har en reduktion af den samlede kvælstofudledning med 50% og en reduktion af fosforudledningen med 80% inden 1993. Som led i planen blev der opstillet et overvågningsprogram for grundvandsressourcerne, de ferske vandområder, de kystnære og åbne vandområder samt nedbøren og dens kvalitet. Overvågningsprogrammets formål er dels at eftervise virkningen i vandmiljøet af de gennemførte tiltag, dels at dokumentere udviklingen i vandmiljøets tilstand generelt. I 1993 blev rapporteringen tematiseret, således at et årligt tema gives særlig opmærksomhed i rapporteringen fra alle områder. I 1997 er fællestemaet ferskvand, hvorfor regionale data inddrages i afrapporteringen af overvågningsprogrammet.

Denne rapport behandler resultaterne af overvågningsprogrammet i perioden 1989 - 1996 for Madum og Hornum søer, suppleret med en sammenstilling af resultaterne af det regionale søtilsyn i Nordjyllands Amt fra 70'erne til idag.

3. Vandkvalitetsplaner

Ved fastsættelsen af søernes målsætning er der taget udgangspunkt i den naturgivne baggrundstilstand. Denne er vurderet på grundlag af jordbundstype, søens morfometri, oplandets anvendelse m. m. I tabel 3.1 er angivet den vurderede baggrundstilstand for de målsatte søer i amtet. På dette grundlag er der sket en afvejning af interesser, således at nogle søer er målsat som dyrkningsbela- stede søer, eller søer påvirkede af rastende fugle (C2), og enkelte som søer påvirket af spildevand (C1). De konkrete målsætninger fremgår ligeledes af tabel 3.1. For søer der ikke er specifikt målsatte gælder samme krav som for nærmest målsatte sø af samme type.

Sønavn	DMU nr.	NJA nr.	Spildevands anlæg	Baggrundstilstand	Målsætning	Specielle krav
Gandrup Sø		80101		Svag brunvandet, Lobeliasø	B	Sommersigt dybde >1
Kielstrup Sø	150003	80104	Rodzoneanlæg, Kielstrup	Brakvand	B	Sommersigt dybde >1.5
Dronninglund Møllesø, Øster Møllesø		80701		Kunstig sø, næringsrig, klar, basisk	C2	Sommersigt dybde >1
Klokkeholm Møllesø		80702		Kunstig sø, næringsrig, klar, basisk	C2	Sommersigt dybde >1
Farsø Sø	130001	80901	Overfladevand, Farsø	Næringsrig, klar, basisk	C1	Sommersigt dybde >0.5-1
Sjørupgårde Sø		80902		Næringsrig, klar, neutral, overgangsform Lobelia- og Potamogetonsø	B	Sommersigt dybde >3
Hanvejle		81102			A1 B	Sommersigt dybde >0.5-1
Ålevande Sø Grønnestrand		81103		Næringsrig, klar, basisk, Potamogetonsø	A1	Nej
Ålevande Sø Kollerup		81104		Næringsrig, klar, basisk, Potamogetonsø	A1	Nej
Lund Fjord		81111			A1 B	Sommersigt dybde >0.5-1
Vandplasken		81901		Næringsrig, klar, basisk, Temporær	A1	Nej
Guldager Sø		82101		Kunstig sø, næringsrig	B	Sommersigt dybde >1
Nørlev Sø	40001	82102		Næringsrig, klar, basisk, Potamogetonsø	B	Sommersigt dybde >2
Hobro Vesterfjord		82301	Overfaldsbygværk, Tobberup		C1	Sommersigt dybde >0.5-1
Klejtrup Sø st 1		82302	Overfaldsbygværk, Hvornum	Næringsrig, klar, basisk, Potamogetonsø	B	Sommersigt dybde >2
Snæbum Sø	170003	82303		Svagt næringsrig, klar, basisk, overgangsform Lobelia- og Potamogetonsø	B	Sommersigt dybde >3
Hørby Sø		82305			C2	Sommersigt dybde >0.5
Glenstrup Sø midt	180011	82344		Næringsrig, klar, basisk	A2 B	Sommersigt dybde >3

Hannerup Sø	170002	83301		Næringsfattig, brunvandet, sur	B	Sommersigt dybde >1.5
Nols Sø		83501	Overfaldsbygværk, Pandurp	Næringsrig, klar, basisk, Potamogetonsø	B	Sommersigt dybde >1
Lillesø	150004	83701		Brunvand	A1 C2	Sommersigt dybde >0.5
Tofte Sø		83702		Klarvandet	A1 C2	Sommersigt dybde >0.5
Råbjergmile Søer vest	20004	84101		Næringsfattig, klar, sur, Lobelia sø	A1	Nej
Råbjergmile Søer øst	20003	84102		Næringsfattig, klar, sur, Lobelia sø	A1	Nej
Præstesø (Råbjerg Sø)	20001	84103		Næringsrig, klar, basisk, Potamogetonsø	B	Sommersigt dybde >1
Store Øksø	140015	84302		Brunvandet Drepanocladus sø	A1	Sommersigt dybde >1.5
Mossø		84303		Brunvandet Drepanocladus sø	A1	Sommersigt dybde >1
Estrup Dam		84304		Brunvandet, næringsrig	B	Sommersigt dybde >1
Madum Sø	140014	84311		Næringsfattig, klar, sur, Lobelia sø	A1 A2	Sommersigt dybde >3
Hornum Sø	130002	84501		Næringsfattig, sur, Lobelia sø	A2 B	Sommersigt dybde >2
Dybvad Sø		84701	Overfladevand, Dybvad	Kunstig sø, næringsrig, klar, basisk	C2	Sommersigt dybde >1
Gersholt Sø		84702		Næringsrig	C2	Sommersigt dybde >0.5
Ulvedybet nord		84911			A1 C2	Sommersigt dybde >0.5-1
Poulstrup Sø	30001	85101		Næringsrig, klar, basisk, Potamogetonsø	B	Sommersigt dybde >2
Sjørup Sø	130003	86101		Næringsrig, klar, basisk, Potamogetonsø	A2 B	Sommersigt dybde >3
Øje Sø	130004	86102		Næringsfattig, klar, sur, Lobelia sø	A1 A2	Sommersigt dybde >3
Navn Sø	100002	86113		Næringsfattig, klar, basisk, Lobelia sø	A1 A2	Sommersigt dybde >3

Tabel 3.1 oversigt over målsatte søer i Nordjyllands Amt.

Målsætningerne har været uændrede siden fastsættelsen, for de første søers vedkommende i 1975. Vandets klarhed er valgt som kvalitetsmål. Tabel 3.2. viser målsætningen og det der til hørende kvalitetsmål.

Målsætning for søer		Kvalitetsmål: Klarhed målt som sommer sigtdybde i meter
A1	Særligt interesseområde	Bunddybde eller > 3 meter
A2	Badevand	2-3 meter
B	Naturligt og alsidigt dyre- og planteliv	>1-3 meter
C1	Sø påvirket af spildevand	>0,5 meter
C2	Dyrkningsbelastet sø/fuglereservat	>0,5 meter

I "kvalitetsplan for vandløb og søer" (NJA, 1995) hedder det: "*Søer er særlig følsomme over for enhver slags spildevandstilledning. Spildevandets indhold af næringsalte er gødning for søernes alger. Søerne skal derfor friholdes for al spildevandstilledning. Dette har ligeledes betydning for badekvaliteten i søerne.*" En begrænsning af tilledninger af spildevand til søerne har således været det første tiltag med henblik på at opnå målsætningen for søerne. Ved 8 af de målsatte søer er der indtil i dag foretaget afskæringer af spildevand. Her til kommer at der ved Navn Sø er foretaget en afskæring af drænvand fra dyrkede arealer i oplandet. I Klejtrup Sø er der i samarbejde med Viborg Amt foretaget biomanipulation, i form af opfiskning af skidtfisk. Det fremgår af tabel 3.1 at 6 søer fortsat er recipienter for overløbsbygværker eller overfladevand.

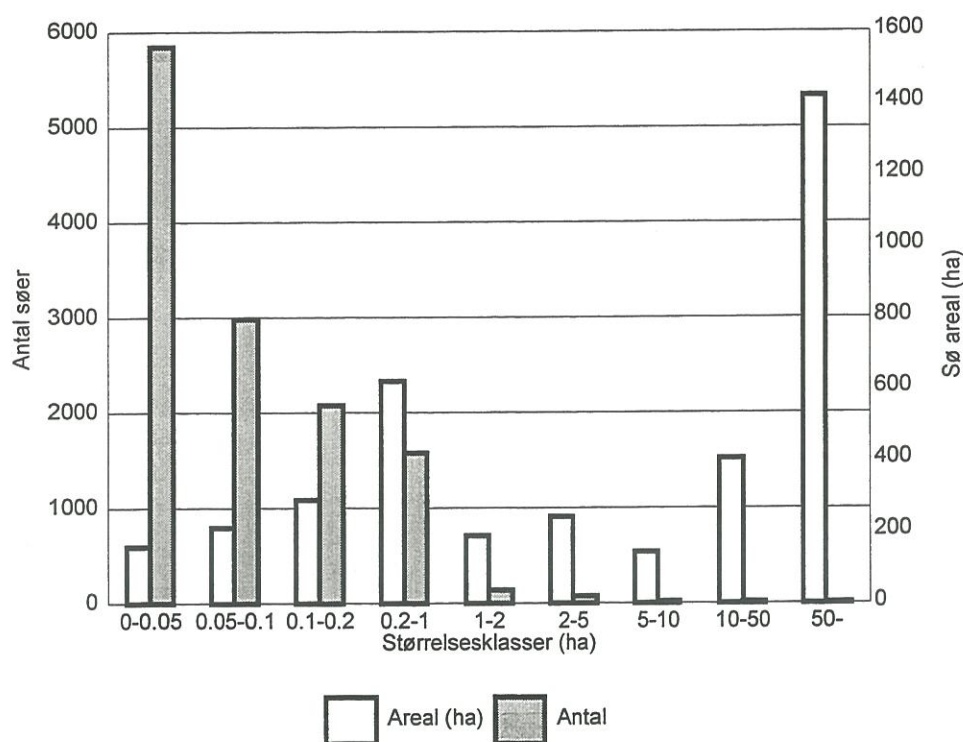
Ved indførelsen af ordningen for Miljø Følsomme Områder, og senere Særligt Følsomme Landbrugs områder blev det muligt at yde tilskud til en mere miljøvenlig arealanvendelse i udpegede områder. Ved alle målsatte søer i Nordjylland er der udpeget en 20 meters bræmme, og ved 13 søer er der udpeget større arealer i det nære opland. Interessen fra lodsejer side for ordningen har indtil nu været beskeden, kun 8.000 ha af de udpegede 50.000 ha i Nordjyllands Amt er kommet under ordningen. Hornum og Kielstrup søer er i 1997 udpeget som Større Natur Genopretnings projekter, hvilket betyder at amtet vil gøre en særlig indsats for at for at øge interessen for en mere miljøvenlig arealanvendelse i det nære opland.

I forslag til regionplan'97, som er til debat for øjeblikket, hedder det: "*Ved flertallet af søerne er der observeret kraftig algevækst som følge af et stort indhold af næringsstoffer. Forbedring af søernes tilstand kræver en meget kraftig nedsættelse af næringsaltbelastningen fra det åbne land.*" "*For at beskytte vandløb og søer mod næringssaltudvaskningen vil amtsrådet i større indsatsområder medvirke til at inddrage særligt følsomme vandløbsoplande samt engområderne i den fremtidige planlægning, så der sikres sammenhæng mellem natur-, miljø-, og landbrugsin-*

teresser. Selvom dette sker, vil søernes tilstand kun meget langsomt forbedres, medmindre der gennemføres meget omkostningskrævende restaureringer. Der er ikke i den kommende planperiode planlagt restaureringer af søer i Nordjyllands Amt."

4. Søer i Nordjyllands Amt

§ 3 registreringen viser at der i Nordjyllands Amt er 12.734 søer og vandhuller større end 100 m². Registreringen, der er foretaget på grundlag af luftfotos fra 1992, viser desuden at det samlede søareal i amtet er 3.682 ha. Det er de små vandhuller der bidrager med godt 45 % af antallet, mens de 8 største søer bidrager med næsten 40 % af arealet (figur 4.1). Af de 1.400 ha de 8 største søer dækker udgør Ulvedybet og Madum Sø tilsammen ca. 800 ha. Glenstrup Sø, Klejtrup Sø og Lund Fjord er kun medregnet med den del af deres arealer der er beliggende i Nordjyllands Amt. De 37 målsatte søer har et samlet areal på 1.547 ha beliggende i amtet, svarende til 42% af det samlede søareal, men antallet udgør kun 3 promille af det samlede antal søer.



Figur 4.1 Antal og areal (ha) af nordjydske søer fordelt på størrelsesklasser.

5. Søernes tilstand og udvikling

5.1 Regionale søer

Tabel 5.1.1 viser en oversigt over målsætningen og dennes opfyldelse i de 37 målsatte søer i Nordjyllands Amt. Med undtagelse af de to overvågnings søer, Madum og Hornum, bygger tilstands vurderingen på ét tilsyn i august måned det pågældende år. Der vil således være stor usikkerhed forbundet med vurderingen i den enkelte sø, men på amts niveau er procentsatsen pålidelig. Der er i 1996 ikke foretaget regionalt søtilsyn.

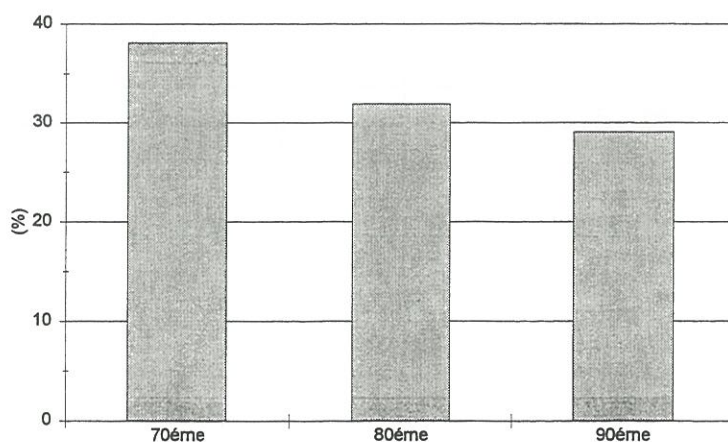
Sønavn	DMU st.nr.	Amt st.nr.	Målsætning	Specielle krav	Senste vurdering	Opfyldt
Gandrup Sø		80101	B	Sommersigtdybde >1	1995	Ja
Kielstrup Sø	150003	80104	B	Sommersigtdybde >1.5	1995	Nej
Dronninglund Møllesø, Øster Møllesø		80701	C2	Sommersigtdybde >1	1995	Nej
Klokkerholm Møllesø		80702	C2	Sommersigtdybde >1	1995	Nej
Farsø Sø	130001	80901	C1	Sommersigtdybde >0.5-1	1995	Nej
Sjørupgårde Sø		80902	B	Sommersigtdybde >3	1995	Nej
Hanvejle		81102	A1 B	Sommersigtdybde >0.5-1	1993	Nej
Ålevande Sø Grønnestrand		81103	A1	Nej	1994	Ja
Ålevande Sø Kollerup		81104	A1	Nej	1994	Nej
Lund Fjord		81111	A1 B	Sommersigtdybde >0.5-1	1995	Nej
Vandplasken		81901	A1	Nej	1992	Nej
Guldager Sø		82101	B	Sommersigtdybde >1	1995	Ja
Nørlev Sø	40001	82102	B	Sommersigtdybde >2	1995	Nej
Hobro Vesterfjord		82301	C1	Sommersigtdybde >0.5-1	1995	Ja
Klejtrup Sø st 1		82302	B	Sommersigtdybde >2	1993	Ja
Snæbum Sø	170003	82303	B	Sommersigtdybde >3	1995	Nej
Hørby Sø		82305	C2	Sommersigtdybde >0.5	1995	Nej
Glenstrup Sø midt	180011	82344	A2 B	Sommersigtdybde >3	1995	Nej
Hannerup Sø	170002	83301	B	Sommersigtdybde >1.5	1995	Nej
Nols Sø		83501	B	Sommersigtdybde >1	1994	Nej
Lillesø	150004	83701	A1 C2	Sommersigtdybde >0.5	1995	Ja
Tofte Sø		83702	A1 C2	Sommersigtdybde >0.5	1993	Ja
Råbjergmile Søer vest	20004	84101	A1	Nej	1995	Ja
Råbjergmile Søer øst	20003	84102	A1	Nej	1995	Ja
Præstesø (Råbjerg Sø)	20001	84103	B	Sommersigtdybde >1	1995	Nej
Store Økssø	140015	84302	A1	Sommersigtdybde >1.5	1995	Nej
Mossø		84303	A1	Sommersigtdybde >1	1995	Nej
Estrup Dam		84304	B	Sommersigtdybde >1	1995	Nej
Madum Sø	140014	84311	A1 A2	Sommersigtdybde >3	1996	Ja

Hornum Sø	130002	84501	A2 B	Sommersigt dybde >2	1996	Nej
Dybvad Sø		84701	C2	Sommersigt dybde >1	1995	Nej
Gersholt Sø		84702	C2	Sommersigt dybde >0.5	1994	Nej
Ulvedybet nord		84911	A1 C2	Sommersigt dybde >0.5-1	1995	Nej
Poulstrup Sø	30001	85101	B	Sommersigt dybde >2	1995	Nej
Sjørup Sø	130003	86101	A2 B	Sommersigt dybde >3	1995	Nej
Øje Sø	130004	86102	A1 A2	Sommersigt dybde >3	1995	Ja
Navn Sø	100002	86113	A1 A2	Sommersigt dybde >3	1995	Ja

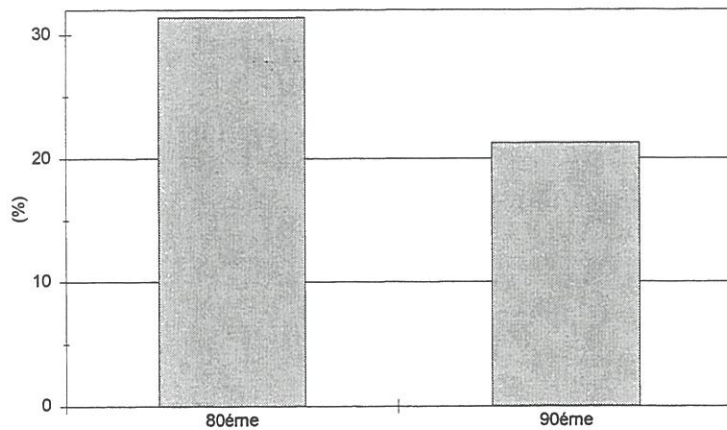
Tabel 5.1.1 oversigt over målopfyldelsen i de målsatte søer i Nordjyllands Amt.

Af de 35 regionale søer er der for 15 søer data fra 70'erne. Målopfyldelsen for disse søer er vist på figur 5.1.1. Det ses at andelen af søer med målopfyldelse er faldet i størrelsesordenen 10% fra 70'erne til 90'erne.

I 80'erne udvidedes søtilsynet til at omfatte mindre og mere lavvandede søer. Denne type søer har typisk en dårligere tilstand, og det ses af figur 5.1.2 at den gennemsnitlige målopfyldelse for alle regionale søer faldt fra 30 til 20% fra 80'erne til 90'erne. Sammenlignes dette med det seneste tilsyn (tabel 5.1.1), ses at 12 søer, dvs. 1/3 her opfyldte målsætningen. Den gennemsnitlige målopfyldelse i 90'erne har således været ca. 10% dårligere end andelen af målopfyldelse ved den seneste tilstands vurdering, men datagrundlaget er for spinkelt til at man kan tolke dette som et udtryk for en forbedring af tilstanden de seneste år.



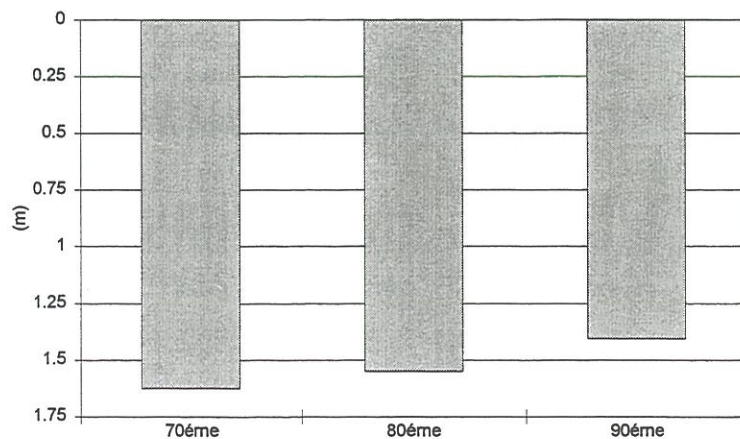
Figur 5.1.1. Gennemsnitlig andel (%) af søer hvor målsætningen er opfyldt. 15 søer med data fra 70'erne.



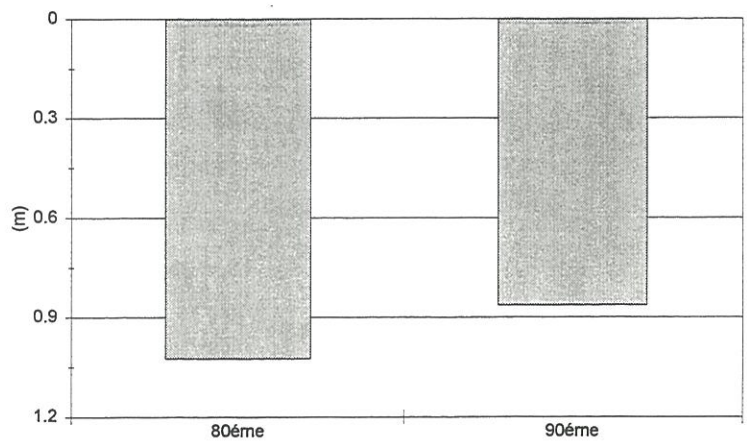
Figur 5.1.2. Gennemsnitlig andel (%) af søer hvor målsætningen er opfyldt. 34 søer.

Fra 1979 til 1981 blev udvalgte søer (ca. 6 pr. år) tilset ca. 10 gange årligt. Fra 1982 til og med 1990 blev næsten alle målsatte søer besøgt én gang om sommeren og én gang om vinteren. Fra 1991 er der ikke længere udtaget kemiprøver ved regionale søtilsyn, og sigtddybden er vurderet på grundlag af ét årlig tilsyn i august måned. For at kunne sammenligne tilstanden på trods af disse forskellige prøvetagningsstrategier, er der for hver sø hvor det er muligt udregnet et gennemsnit for perioderne '70 til '79; '80 til '90 og '91 til '96 på grundlag af årsmiddelværdier. Dette betyder at hver sø vægter ens i de samlede gennemsnit, uanset tilsyns hyppighed. Kun for sigtddybden er datagrundlaget godt nok til at der kan beregnes sommermiddelværdier. I de senere år er den målte værdi anvendt.

Opfyldelsen af målsætningen er for næsten alle søer vurderet på grundlag af sigtddybden. Den gennemsnitlige sommermiddelværdi af sigtddybde afspejler da også samme udvikling som målopfyldelsen (figur 5.1.3). For de store dybe søer med data fra 70'erne er sigtddybden reduceret med 20 cm fra 1,6 til 1,4 m i måleperioden. Mens den gennemsnitlige sommermiddelværdi af sigtddybde i alle de målsatte regionale søer, der er dybe nok til at sigtddybden kan måles, er faldet til under 90 cm i 90'erne (figur 5.1.4).

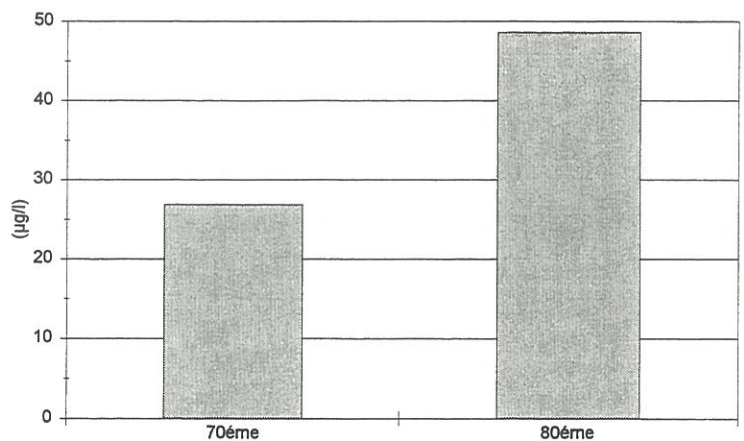


Figur 5.1.3. Gennemsnitlig sommermiddelværdi af sigtddybde (m) i 13 søer med data fra 70'erne.

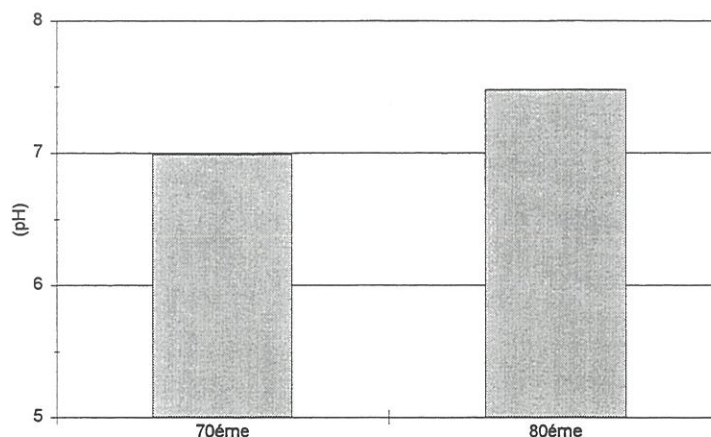


Figur 5.1.4. Gennemsnitlig sommermiddelværdi af sigtdybde (m) i 30 søer.

De følgende præsentationer af vandkemiske data beskriver kun 70'erne og 80'erne. Gennemsnitlige årsmiddelværdier af klorofyl a underbygger billedet af en generelt stigende eutrofieringsgrad af de nordjydske søer. Koncentrationen er tilnærmelsesvis fordoblet fra 70'erne til 80'erne (figur 5.1.5). Det skal dog bemærkes at datagrundlaget kun er 6 søer. Tilsvarende viser årsmiddelværdien af pH en stigning fra 7 til 7,5 i gennemsnit i 16 søer (figur 5.1.6). Denne stigning er en følge af den forøgede fytoplankton produktion i søerne. Datagrundlaget er for ringe til at kunne præsentere sommermiddelværdier af klorofyl og pH.



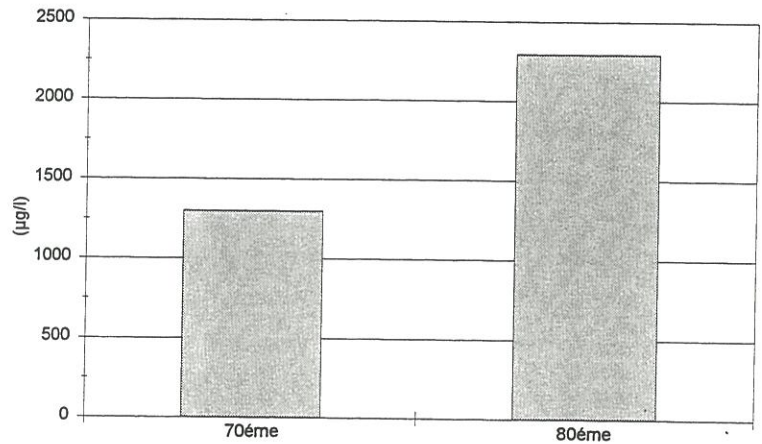
Figur 5.1.5. Gennemsnitlig årsmiddelkoncentration af klorofyl a ($\mu\text{g/l}$) i 6 søer med data fra 70'erne.



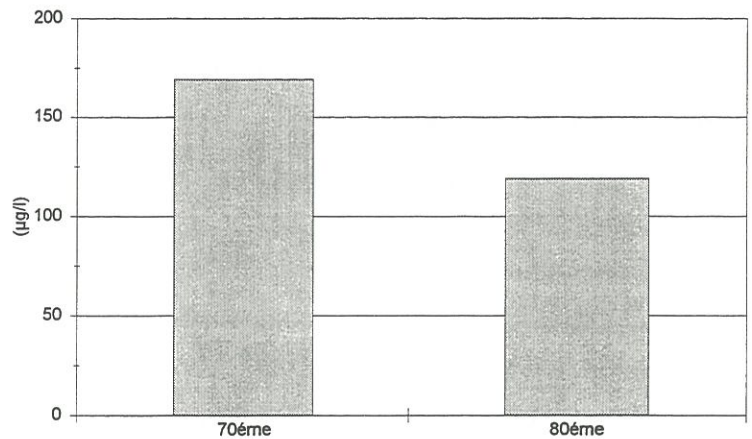
Figur 5.1.6. Gennemsnitlig årsmiddelværdi af pH i 16 søer med data fra 70'erne.

Samlet har 12, svarende til en tredjedel, af de 35 regionale søer fået forringet tilstanden i måleperioden, mens der i 23 søer ikke er nogen entydig udvikling. Ingen søer har fået tilstanden forbedret i måleperioden.

Kvælstof koncentrationen i søvandet stiger markant fra 70'erne til 80'erne (figur 5.1.7), men da det må antages at det kun er ganske enkelte af søerne hvor fytoplankton er kvælstof begrænset i længere perioder, kan denne stigning ikke forklare den generelle stigning i søernes eutrofierings niveau. Modsat falder den gennemsnitlige årsmiddelkoncentration af fosfor i perioden (figur 5.1.8). Dette synes umiddelbart at være i modstrid med stigningen i fytoplankton mængden, men kan forklares ved at faldet i fosforkoncentrationen er størst i de stærkt belastede søer, hvor fosforniveauet er så højt at sigtddybden ikke forbedres som følge af reduktionen, bl.a. som følge af træghed i den biologiske struktur. I de mere næringsfattige søer kan små ændringer i fosforkoncentrationen påvirke sigtddybden kraftigt. Nørlev, Glenstrup, Hannerup og Poulstrup søer er de eneste regionale søer med data fra 70'erne hvor fosfor niveauet ligger under 100 µg/l og sigtddybden kan vurderes. I tre af søerne er sigtddybden forøget fra 70'erne til 80'erne, som følge af et beskedent fald i fosforkoncentration. I den brunvandede Hannerup Sø er sigtddybden uændret i perioden. Ændringer i den biologiske struktur kan også forringe sigtddybden uden det er relateret til belastningsforholdene. Således er der i Dronninglund Mølløsø, Klokkerholm Mølløsø og Nols Sø sket en væsentlig forringelse af sigtddybden som følge af at undervandsvegetationen er forsvundet efter udsætning af græskarper.



Figur 5.1.7. Gennemsnitlig årsmiddelkoncentration af total kvælstof ($\mu\text{g/l}$) i 11 søer med data fra 70'erne.

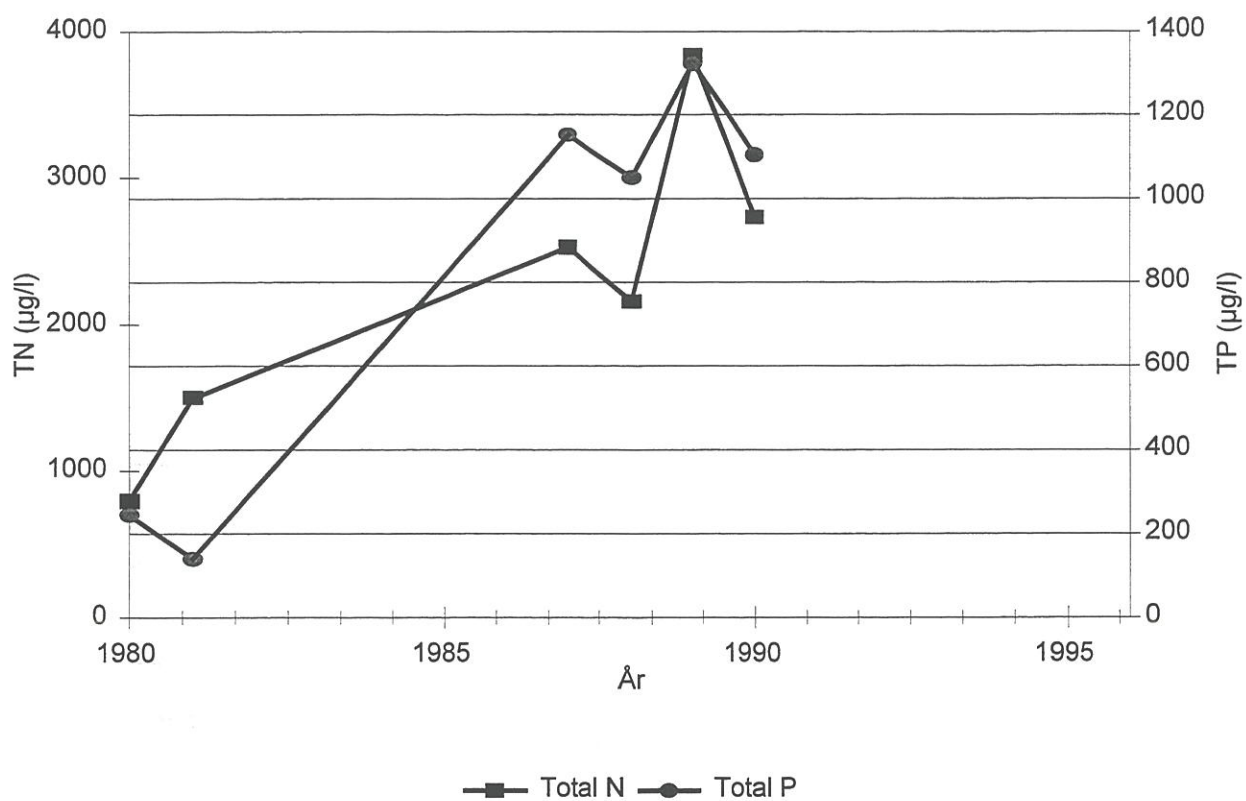


Figur 5.1.8. Gennemsnitlig årsmiddelkoncentration af total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i 11 søer med data fra 70'erne.

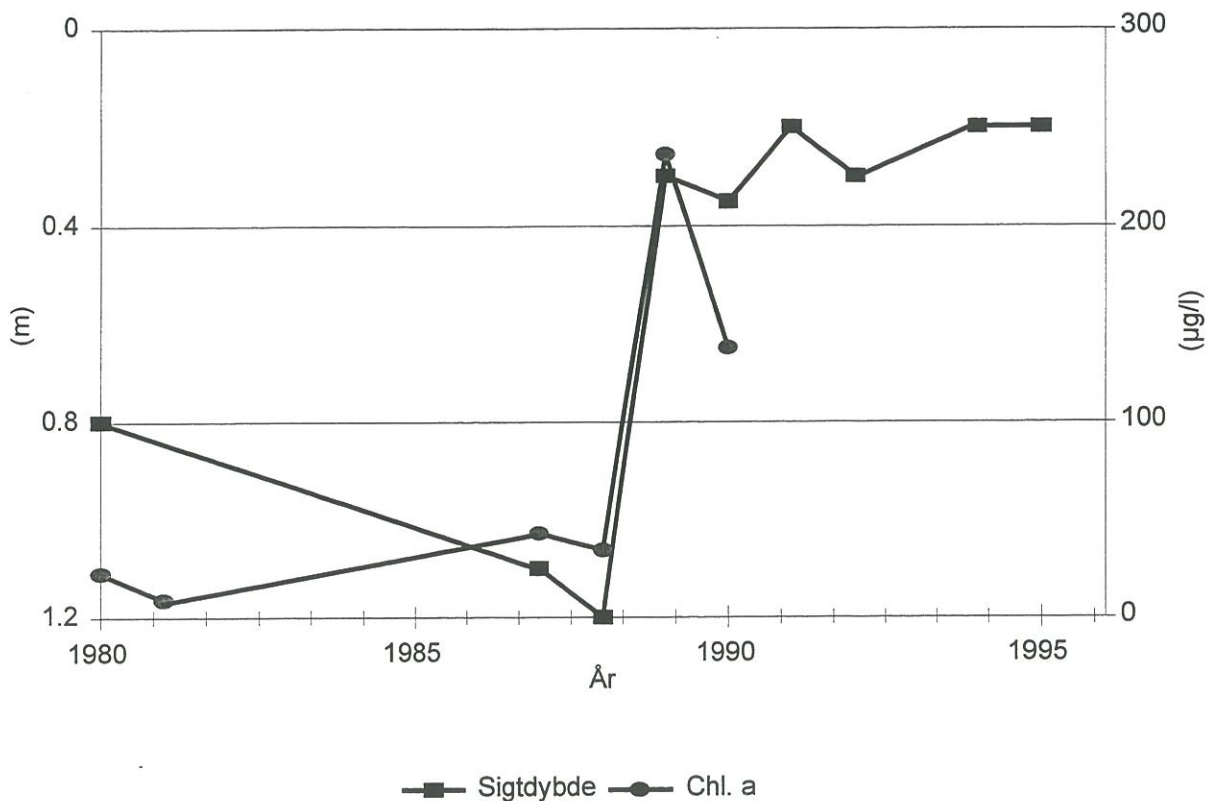
Udviklingen i kvælstof og fosfor koncentrationen i søvandet svarer til den udvikling der ses i vandløbene (NJA, 1997). Kvælstof koncentrationen stiger som følge af forøget udvaskning fra dyrkede arealer, mens fosfor koncentrationen falder som følge af afskæring af spildevand, bedre spildevandsrensning og lavere fosforindhold i vaske- og rengøringsmidler (Miljøstyrelsen, 1994). Indsatsen for at mindske gårdbidraget af fosfor har sikkert også påvirket søvandskoncentrationen positivt. Antager man at faldet i fosfor koncentrationen også i søerne er fortsat i 90'erne, vil mange belastede søer nærme sig et niveau hvor det kan vise sig aktuelt at iværksætte sø restaureringsprojekter, f.eks. opfiskning af skidtfisk, med henblik på at få reetableret undervandsvegetationen.

De følgende fire søer tjener som eksempler på markante udviklinger i vandkvaliteten.

Farsø Sø er en lille lavvandet sø beliggende i Farsø by. Total fosfor niveauet i søen er steget 1000 $\mu\text{g/l}$ fra ca. 200 til ca. 1200 $\mu\text{g/l}$ i løbet af 80'erne (figur 5.1.9). I samme periode er sigtddybden faldet fra omkring 1 m til 20 cm, hvorved grundlaget for udbredt undervandsvegetation er forsvundet (figur 5.1.10). Søen modtager overfladevand fra Farsø by, og det er muligt at det er denne tilledning der er årsag til eutrofieringen.

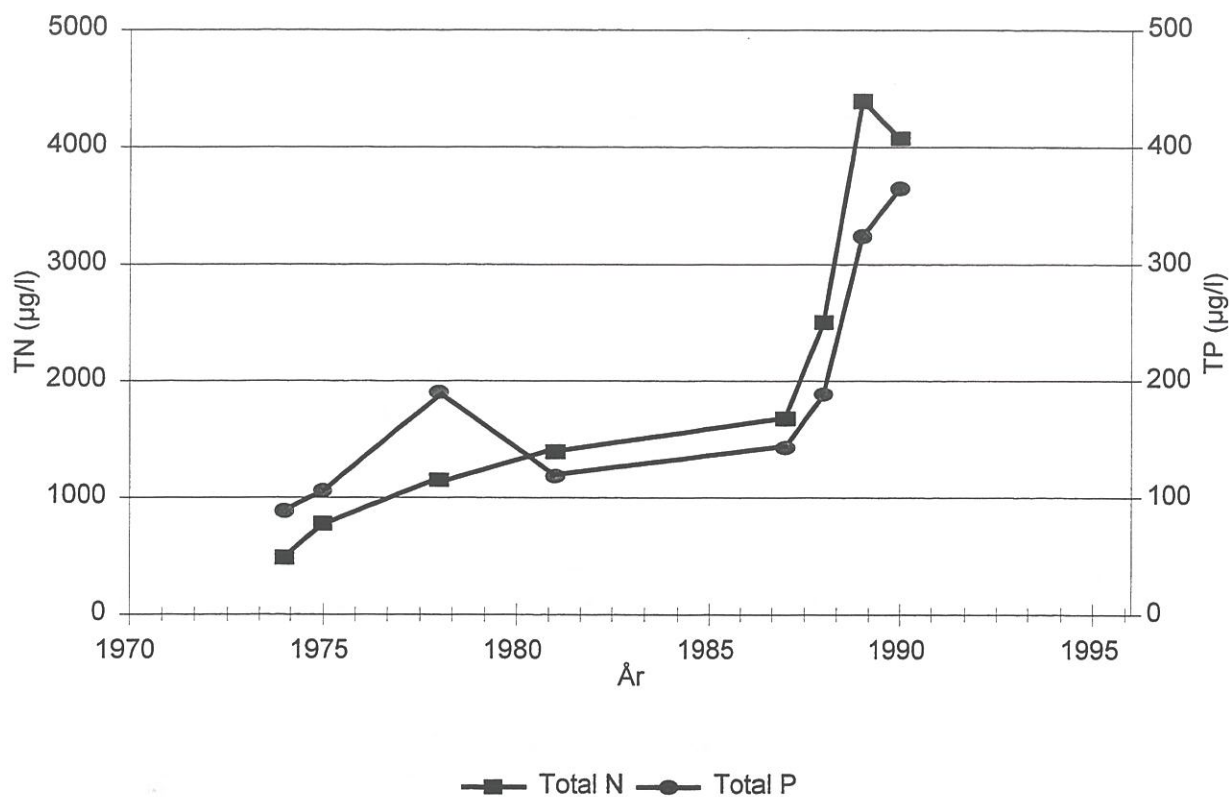


Figur 5.1.9. Årsmiddelkoncentration af total kvælstof ($\mu\text{g/l}$) og total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Farsø Sø.



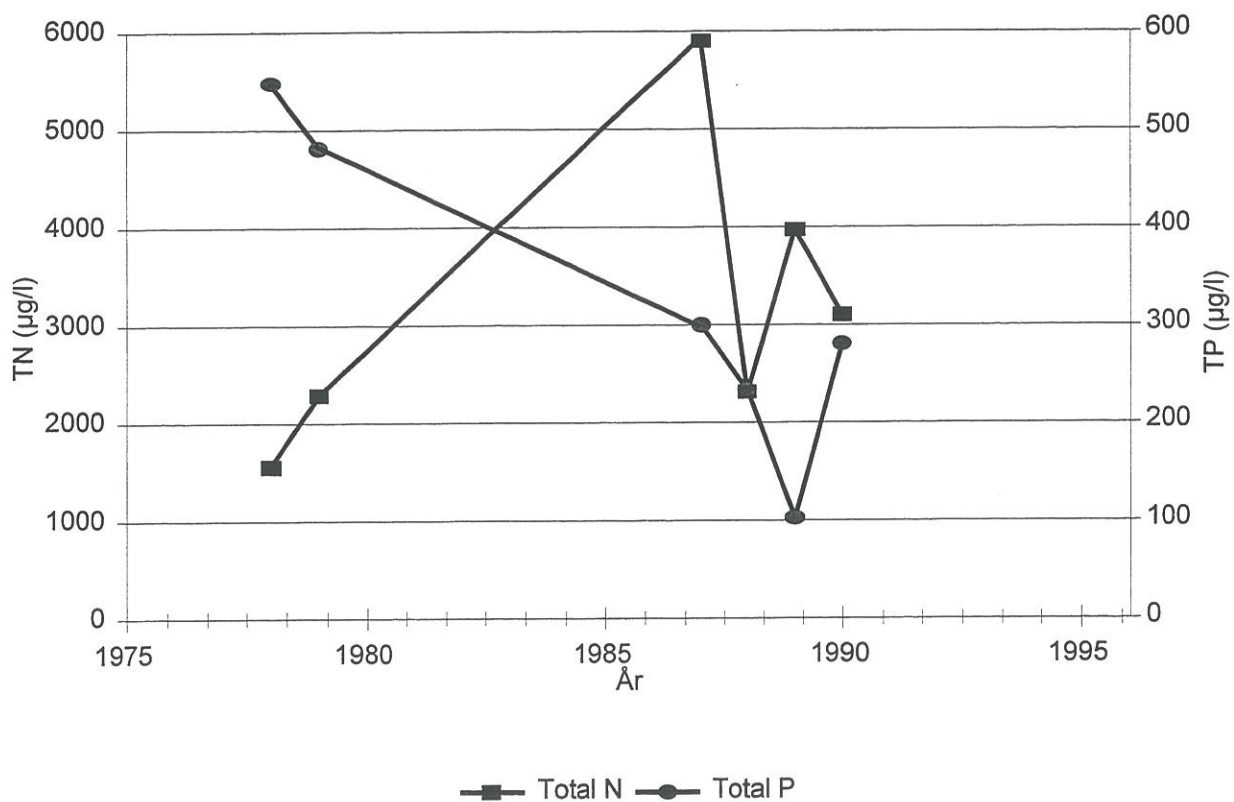
Figur 5.1.10. Årsmiddelkoncentration af klorofyl a ($\mu\text{g/l}$) og sommermiddel (m) sigt dybde i Farsø Sø.

Præste Sø eller Råbjerg Sø er ligeledes en lille meget lavvandet sø, men i modsætning til Farsø Sø er den beliggende i åbent land uden til- og afløb med nåleskov langs halvdelen af bredden. Ikke desto mindre stiger koncentrationen af fosfor og kvælstof også her voldsomt. Der er næsten tale om en firdobling af koncentrationerne fra omkring hhv. 100 og 1000 $\mu\text{g/l}$ i slutningen af 70'erne til hhv. 400 og 4000 $\mu\text{g/l}$ i slutningen af 80'erne (figur 5.1.11). Stigningen kan ikke forklares, og synes ikke at påvirke sigt dybden negativt.

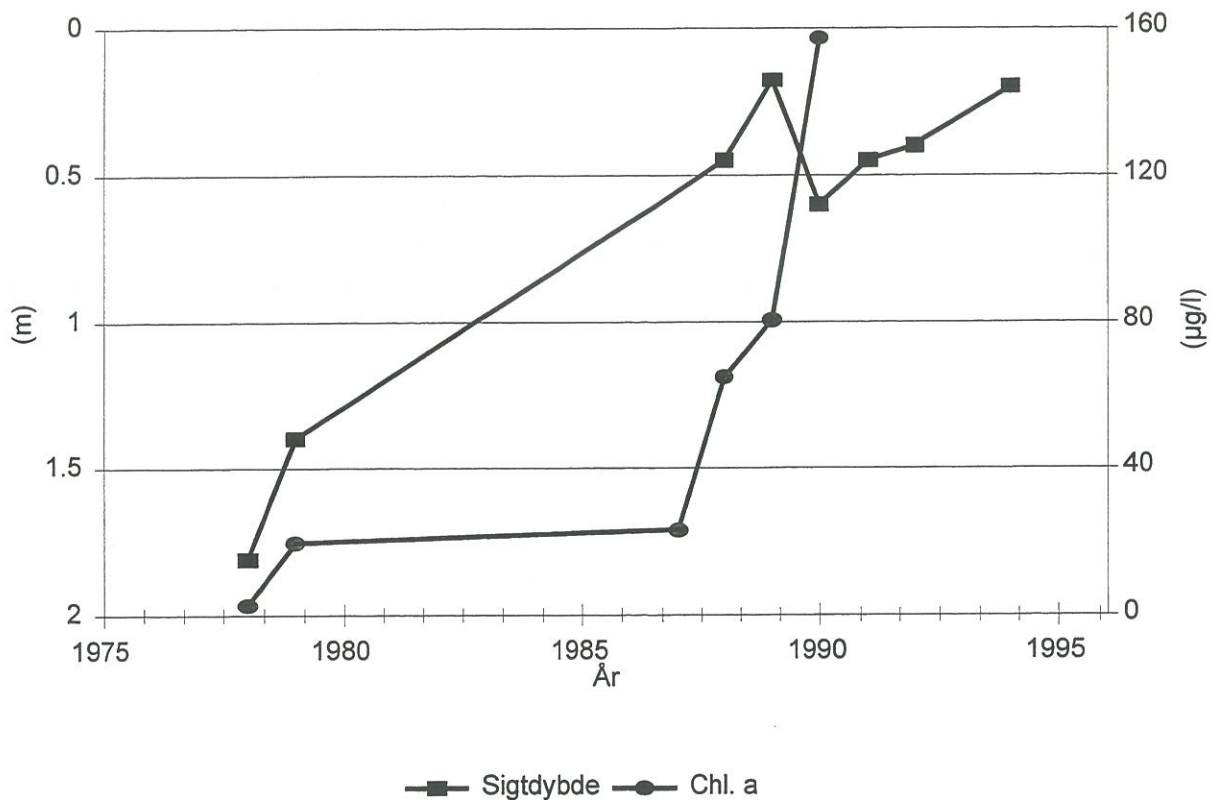


Figur 5.1.11. Årsmiddeldkoncentration af total kvælstof ($\mu\text{g/l}$) og total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Råbjerg Sø.

Nols Sø er endnu en lille lavvandet sø. Den har indtil 1978 modtaget spildevand, men er nu kun recipient for et overløbsbygværk. Efter afskæringen er søvands koncentrationen af total fosfor faldet markant (figur 5.1.12). At sigtddybden falder tilsvarende i perioden skal ses i sammenhæng med at der i midten af 80'erne blev udsat græskarper for at begrænse undervandsvegetationen (figur 5.1.13). Græskarperne døde, men undervandsvegetationen blev kraftigt reduceret, og sigtddybden faldt. En fiskeundersøgelse i 1992 viste at søen på dette tidspunkt havde en god bestand af gedder, som dog ikke kunne kontrollere bestanden af små aborrer og skaller. Bemærk at punkterne i slutningen 70'erne er års- og sommermiddelværdier på grundlag af hhv. 10 og 5 tilsyn.



Figur 5.1.12. Årsmiddelkoncentration af total kvælstof ($\mu\text{g/l}$) og total fosfor ($\mu\text{g/l}$) i Nols Sø.



Figur 5.1.13. Årsmiddelkoncentration af klorofyl a ($\mu\text{g/l}$) og sommermiddel sigtdybde (m) i Nols Sø.

5.2 Madum sø

5.2.1 Historie.

Madum sø ligger sydøst for Skørping og grænser op til Rold Skov. Søen er formentlig opstået som et dødishul i det bakkede landskab. Madum sø er omgivet af skov. Nærmest søen findes et bælte af løvskov og bagved nåleskov. Søen er beliggende øverst i Lindenberg å-systemet og er uden egentlige tilløb, men der er et temporært afløb i søens nordøstlige ende, som står i forbindelse med Lindenberg å.

Madum sø er beskrevet i Gjerding's egnehistorie for Helligum Herred. Der refereres her en præsteindberetning fra år 1780, hvorefter søen rummer "*en hoben fiske, overvejende Gedde, Aborre og Helt*" (Gjerding 1890). Søen har i dette århundrede været genstand for en række videnskabelige undersøgelser. Disse er sammenfattet i Rebsdorf og Nygaard (1991): "Danske sure og forsuringstruede søer". Heri konkluderes, at: "*Ud fra de igennem de sidste 50-60 år udførte pH-målinger kan der ikke påvises nogen forsuring. Tværtimod ser pH ud til at være steget fra 1920-40'erne til tiden efter 1967, men om det er en artefakt på grund af overgang fra farveindikatorer til elektrometriske pH-bestemmelser, kan ikke afgøres*". Sode og Wiberg-Larsen (1993) beskriver forekomsten af en række vårfluelarver, som er karakteristiske for kalkfattige, sure søer.

Madum sø og omgivende arealer er fredede i medfør af Overfredningsnævnets kendelse af 15. september 1986 (for dele af området en videreførelse af fredningsbestemmelser fra 1974). Kendelsen omfatter bl.a. forbud mod

- brug af gødning, ukruds- og insektmidler udenfor mark- og haveområder.
- tilledning af spildevand til søen.
- etablering af nye tilløb for overflade- eller drænvand.

Der har omkring 1967 været udledning af spildevand fra en feriekoloni ved søens NØ-side, hvilket gav anledning til "lokal forurening" (Iversen, 1969 i Larsen et. al. 1980). Der foreligger ikke kvantitative oplysninger vedrørende dette.

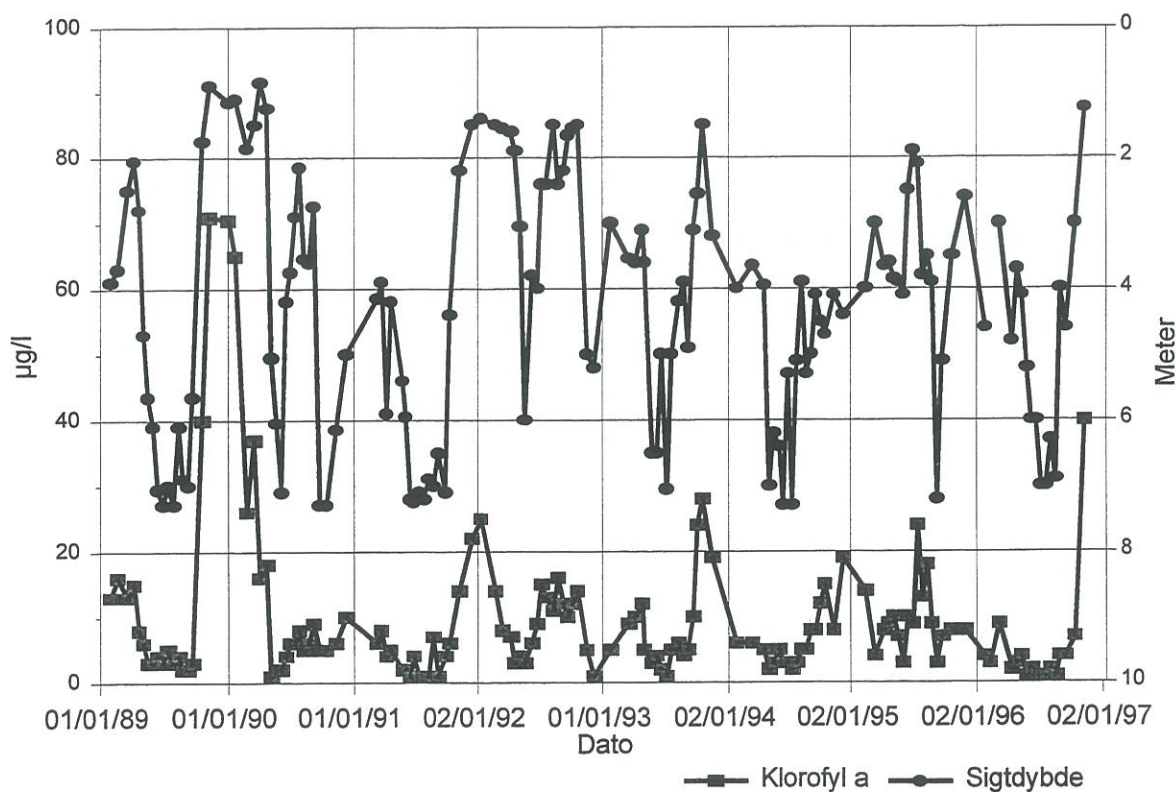
Nordjyllands amt har i 1980 gennemført en "søkartering" af Madum sø (Larsen et. al. 1980). Heri beskrives søens vegetationsbælter ud fra én transekt. Resultatet viser at zonen med grundskudsplan-

ter fandtes til 1-2 m dybde, mos til ca. 5 m's dybde, mens områder under 5 m var vegetationsløse.

Madum sø er i Nordjyllands amts recipientkvalitetsplan, 1995, målsat som A1 (naturvidenskabeligt referenceområde) og A2 (badevand) med en baggrundstilstand: "Næringsfattig, klarvandet, sur, lobelia sø". Målsætningens krav til sommersigt dybde er større end 3 meter.

5.2.2 Udviklingstendenser

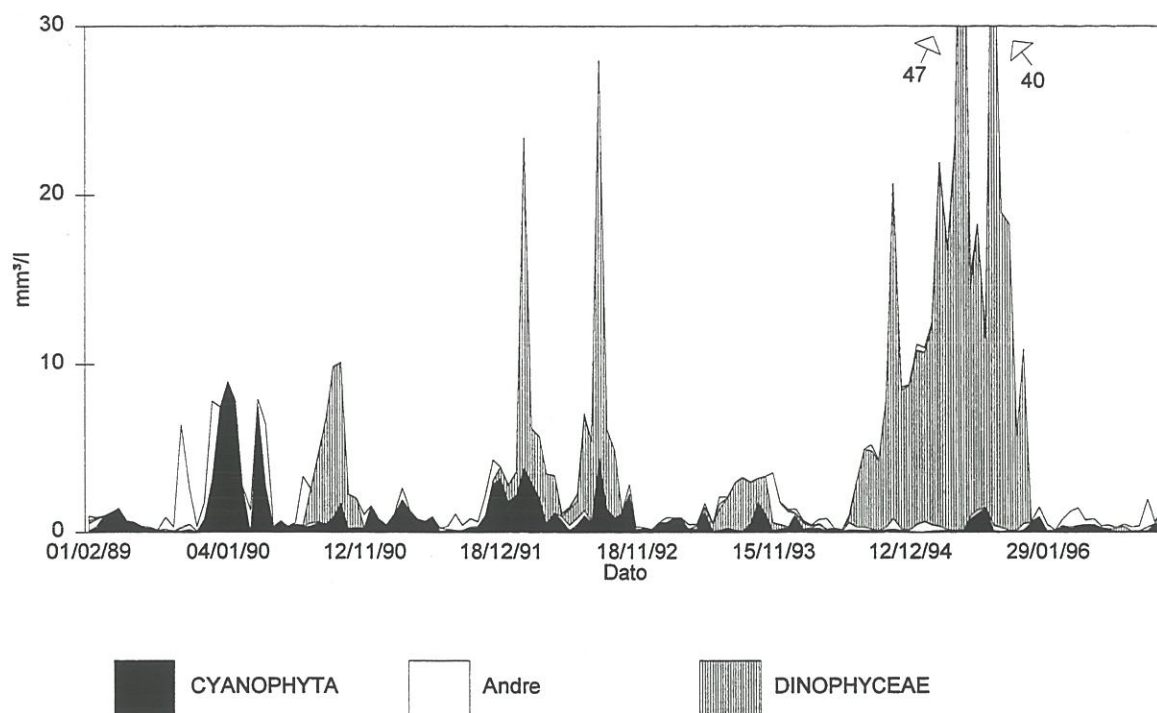
Der er ingen udviklingstendens i sigt dybden eller koncentrationen af klorofyl a i Madum Sø i overvågningsperioden fra 1989 til 1995 (figur 5.2.1). Heller ikke når resultaterne af tilsyn fra før overvågningsprogrammet inddrages er der noget der tyder på at eutrofieringsgraden af Madum Sø har ændret sig i perioden. Derimod er det markant at sigt dybde og klorofyl a koncentrationen er stærkt svingende over tid. Sigtdybden svinger i overvågningsperioden fra 1 m til søens største dybde på 7,3 m, mens klorofyl a koncentrationen svinger fra 1 - 70 $\mu\text{g/l}$. Ligeledes er det påfaldende at der ikke er en stabil årstidsvariation i søen. Der er en tendens til en klarvands periode i forsommeren, og generelt høje klorofyl a koncentrationer om vinteren, men tendensen er på ingen måde konsekvent, hvilket resulterer i store år til år variationer.



Figur 5.2.1. Sigtdybde (m) og koncentration af klorofyl-a ($\mu\text{g/l}$) i Madum Sø fra 1989 til 1996.

5.2.3 Fytoplankton

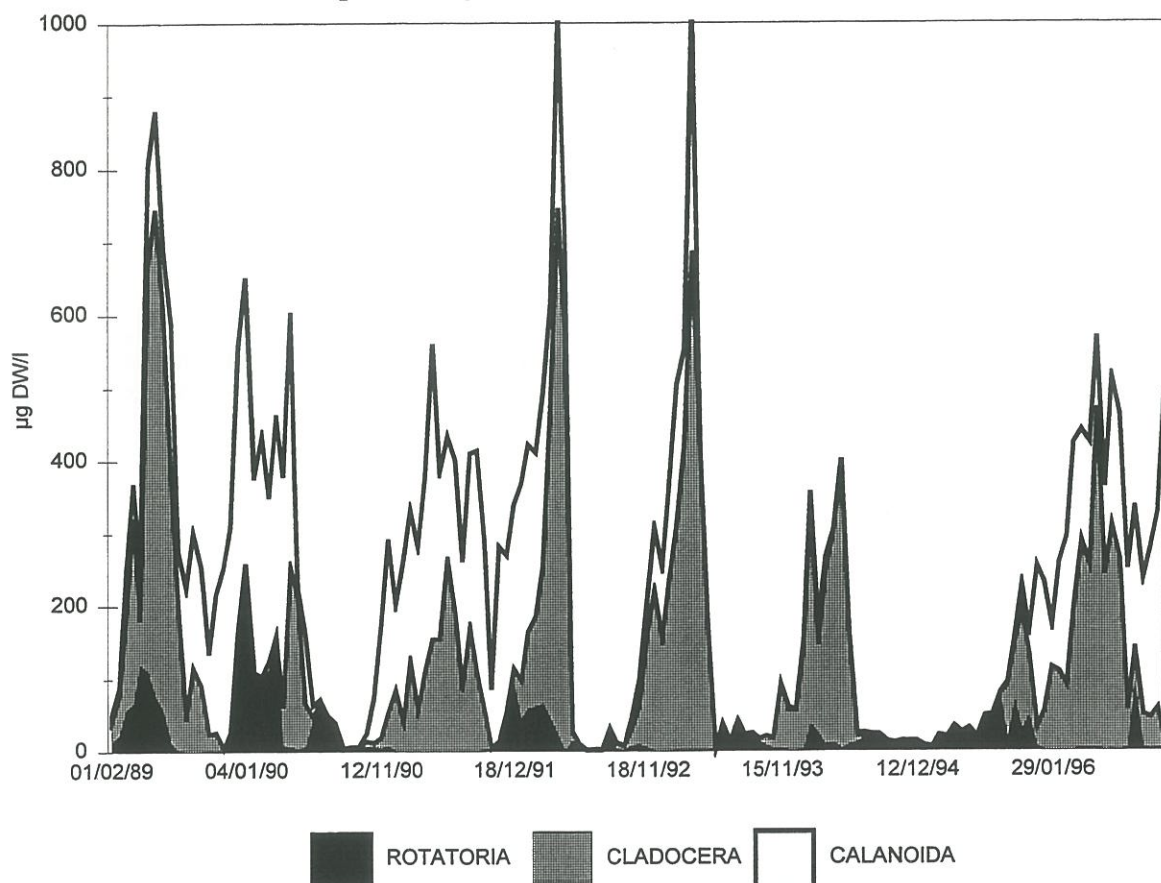
Ser man på fytoplanktonbiomassen fremgår det at "store" biomasser på over 5 mm³/l med få undtagelser domineres af furealger (*DINOPHYCEAE*), fra midt i 1994 til sidst i 1995 med en voldsom dominans repræsenteret af en *Gymnodinium sp* på 30 - 40 µm (figur 5.2.2). Der er stort set ingen kiselalger (*DIATOMOPHYCEAE*) i Madum Sø, hvilket er i overensstemmelse med forventningerne til en næringsfattig sø med lang hydraulisk opholdstid. Tilgængæld er mængden af blågrønalger (*CYANOPHYTA*) væsentligt højere end forventet. Hertil skal det dog bemærkes at klassen er repræsenteret af en ganske lille Chroococcal blågrønalge på 1x2 µm, der åbenbart stiller andre økologiske krav end de typiske blågrønalger. Algen blev først bestemt til at være en blågrønalge i 1993 af Bio/Consult, bl.a. ved hjælp af epiflourosens. Før den tid blev den kvantificeret i gruppen af ubestemte, som den klart dominerende. På figur 5.2.2 er mængden af blågrønalger før 1993 derfor illustreret ved mængden af ubestemte, og følgelig lidt overrepræsenteret. På det seneste er der i forbindelse med fytoplankton interkalibreringen påny skabt tvivl om algens taxonomiske klasse. Epiflourosens undersøgelser vil i 1997 endeligt afgøre dens tilhørsforhold. Fytoplankton floraen er herudover karakteriseret ved at være artsfattig og helt domineret af små arter.



Figur 5.2.2 Fytoplanktonbiomasse (mm³/l) fordelt på klasser i Madum Sø fra 1989 til 1996.

5.2.4 Zooplankton

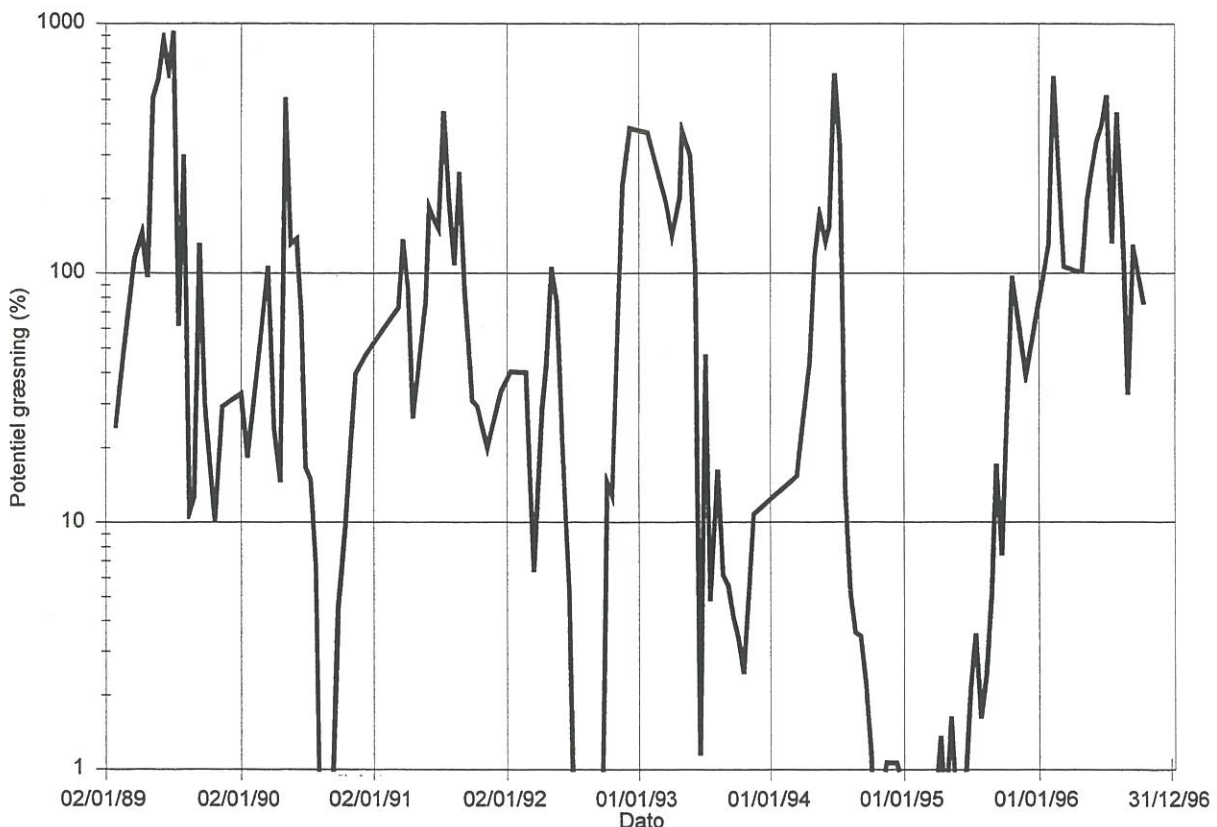
Zooplankton i Madum Sø domineres af den calanoide copepod *Eudiotomus graciloides* og cladoceen *Bosmina longirostris*. I 1997 er enkelte individer blevet bestemt til *E. gracilis*. Det kan ikke afvises at begge arter altid har været tilstede. I den kvantitative opgørelse er det ikke muligt at adskille de to arter, da kun voksne individer kan artsbestemmes. *Daphnia* arter har ingen kvantitativ betydning, hvilket er typisk for næringsfattige søer. Dominans af calanoide copepoder er beskrevet for Kvie sø og Holm sø (Ribe amt 1992), alpesøer (Lampert and Muck, 1985) og oligotrofe, blødvandede søer i Estland (Timm 1991). I 1995 blev der for første gang i overvågningsperioden fundet *Cyclops sp.* med betydende biomasser. Cyclopoide copepoder er bedre til at undgå predation fra fisk end de calanoide, så forekomsten er nok et resultat af det formodede høje predationstryk fra 94 til 95. Omvendt er der i 1996 fundet enkelte individer af rovdafnien *Leptodora kindti*, som er meget følsom overfor predation. Disse fund er således i overensstemmelse med det lave predationstryk i 1996 (se afsnit 5.2.6). Sammenholdes fytoplankton sammensætningen med zooplanktonbiomassen, fremgår det at furealgerne, og dermed de store biomasser, kun forekommer i fravær af zooplankton generelt og cladoceer specielt (figur 5.2.3).



Figur 5.2.3 Zooplankton biomasse ($\mu\text{g DW/l}$) fordelt på taxonomiske grupper i Madum Sø fra 1989 til 1996.

Det potentielle græsningstryk af zooplankton på fytoplankton angiver den procentvise andel af fytoplanktonbiomassen der teoretisk kan fortæres af zooplanktonbiomassen om dagen (figur 5.2.4). Afhængig af fytoplanktons vækstrate vil zooplankton kontrollere fytoplanktonbiomassen når det potentielle græsningstryk er større end 10 til 100%. De meget høje græsningstryk, op mod 1000%, er ikke reelle, men betegner perioder hvor zooplankton er stærkt fødebegrenset, og derfor har mindre fødeoptagelse end teoretisk muligt. Til beregningen er anvendt at cladoceer, copepoder og hjuldyr græsser fytoplankton svarende til hhv. 100, 50 og 200% af deres biomasse udtrykt som μg kulstof pr. liter pr. dag, og at de alle udelukkende lever af fytoplankton (Windolf et al. 1993).

Stort set al fytoplankton i Madum Sø er under $50 \mu\text{m}$, og dermed potentiel spiselig for zooplankton. Det ses på figur 3.2.4 at zooplankton generelt kan kontrollere fytoplanktonbiomassen, endog med meget høje græsningstryk i forsommeren, men at der i 90, 92, 93 og 94 er et markant fald i den potentielle græsning midt på sommeren, svarende til det tidspunkt hvor årsynglen af aborre begynder at kunne kontrollere zooplankton (sammenlign med figur 5.2.2 og 5.2.3). Fiskeyngel undersøgelser indgår ikke i overvågningsprogrammet, men ud fra sammenhængen med zooplanktontætheden må det formodes at aborrrens yngelsucces har været god de pågældende år.



Figur 5.2.4 Zooplanktons potentielle græsningstryk på fytoplankton (%) i Madum Sø fra 1989 til 1996. Se tekst for forklaring.

5.2.5 Fisk

Resultaterne af fiskeundersøgelsen i 1996 er meget lig resultaterne fra 1991. Fangsterne, CPUE-værdierne og skønnet over biomassen er stort set identiske (tabel 5.2.6.1-2). Aborre udgør 92-95% af biomassen, 99% af individ antallet, og aldersfordelingen viser en kraftig overvægt af store, og dermed fiskeædende individer på mere end 8 år. Der er dog tegn på at geddebestanden er blevet større, omend den stadig er meget lille. Det er karakteristisk for søer med en stor bestand af store aborrer, at mængden af gedder er meget lille. Det skyldes at aborrebestanden æder fiskeyngel så effektivt at mængden af yngel bliver lille. Da gedder lever bedst af fisk på 10 - 20 cm bliver fødemængden for geddebestanden derfor ringe. Der blev desuden fanget ca. 30% flere aborre, men da gennemsnitsvægten samtidig er aftaget, er biomassen kun steget svagt. Ligeledes blev der fanget flere men mindre helt i 1996 sammenlignet med 1991. Samlet tyder disse ændringer på et lidt lavere predations tryk på ynglen fra rovfiskene i årene op til 1996.

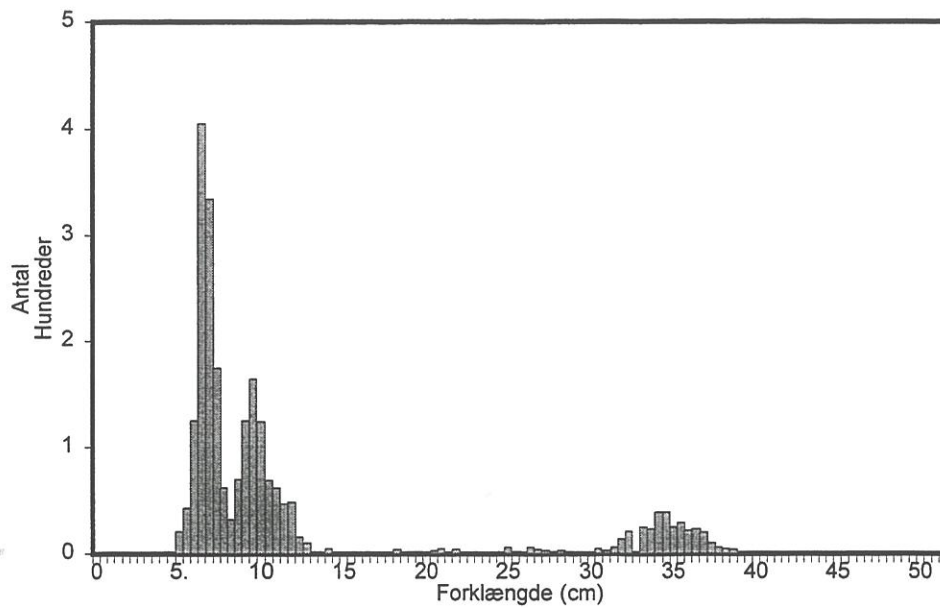
Madum Sø	1991		1996	
	antal	kilo	antal	kilo
fangede fisk total	2553	275,6	3421	288,8
heraf: aborre	2535	261,1	3387	264,8
helt	15	12,8	24	12,9
gedde	3	0,7	10	11,1

Tabel 5.2.6.1. Mængde og antal fisk fanget ved fiskeundersøgelserne i Madum Sø i 1991 og 1996.

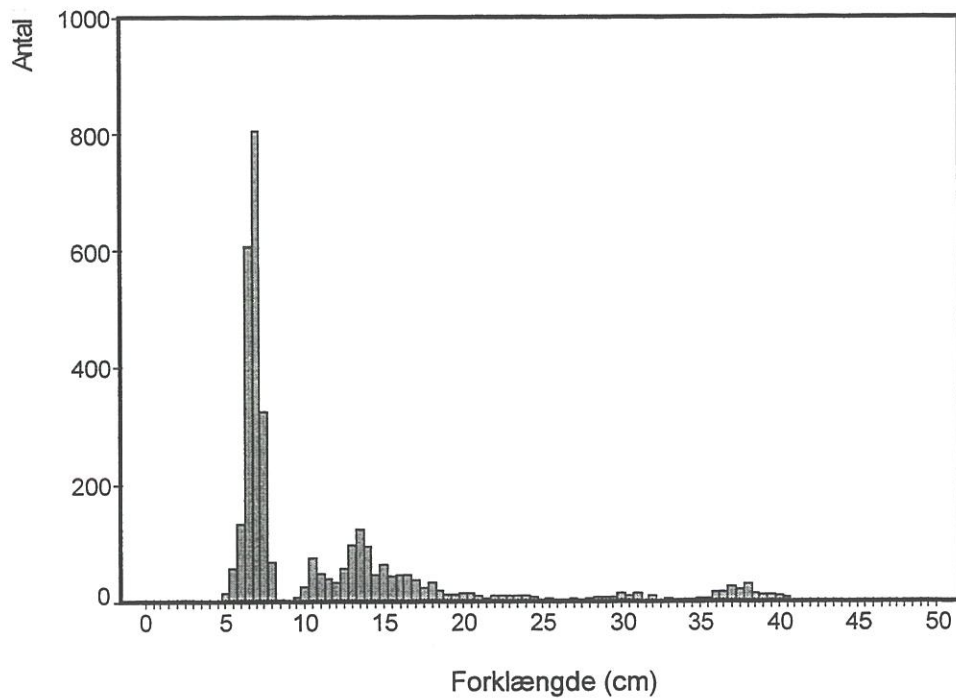
Madum Sø	1991	1996
	beregnet ton fisk total i søen	47,1
heraf: ton aborre større end 10 cm	40,3	39,4
ton aborre mindre end 10 cm	4,0	5,2
ton helt	2,7	4,0
ton gedde	0,1	5,3

Tabel 5.2.6.2. Beregnet fiske biomasse i Madum Sø i 1991 og 1996.

Størrelsesfordelingen af aborrene i 1991 viser en top omkring 7 cm, som består af årsyngel, d.v.s. fisk klækket i april måned. Derefter er der en top omkring 10 cm, som udgøres af 1 årsyngel (figur 5.2.5). Herudover ses det at de efterfølgende årgange stort set er fraværende med undtagelse af de store gamle fisk.



Figur 5.2.5. Størrelsesfordeling af aborre ved fiskeundersøgelsen i Madum Sø i 1991.



Figur 5.2.6. Størrelsesfordeling af aborre ved fiskeundersøgelsen i Madum Sø i 1996.

Størrelsesfordelingen af aborrene i 1996 viser en markant top omkring 7 cm, som består af årsyngel. Derefter er der en top omkring 11 cm, som udgøres af 1 årsyngel. Toppen ved 13 cm udgøres af de 3 årige fisk. Der er desuden en svag top ved ca. 30 cm, som hovedsageligt er 6 årige fisk (figur 5.2.6). Herudover ses det at den typiske længde i gruppen af store gamle fisk er blevet 5 cm større end den var i 1991. Aldersbestemmelsen af denne gruppe er problematisk, da væksten hos så gamle fisk er så langsom at årringene bliver umulige at adskille. Gruppen består af fisk ældre end 8 år, når det vurderes på grundlag af skælanalyserne. Det er imidlertid rimeligt at antage at de er meget ældre, således at det er den samme gruppe fisk der foresager toppen ved begge undersøgelser, blot er fiskene blevet 5 år ældre og 5 cm længere i gennemsnit i 1996. Der har at dømme efter længdefordelingen i 1991 ikke været nævneværdig tilgang til gruppen i den mellemliggende periode, men det ses af længdefordelingen i 1996, at det bliver der i de kommende år.

I en normal bestand udgør årsyngel ca. 90 % af antallet af fisk, de 1 årige ca. 10 %, og de ældre årgange en jævnt aftagende andel. Med denne fordeling i mente, kan man på grundlag af størrelsesfordelingerne lave en vurdering af yngel tilgangen de enkelte år. Det kan ikke afgøres om en lille årgang skyldes ringe yngelsucces eller øget predation. Generelt er aborrrens yngelsucces dårlig når forsommeren er kold.

- Yngeltilgangen i den sidste halvdel af 80'erne har været ringe.
- Der har været relativ god yngeltilgang i 90.
- Yngeltilgangen i 91 har været væsentligt mindre end i 90, og halv så stor som i 96.
- Der har været relativ god yngeltilgang i 92, 93 og 94.
- I 95 og 96 har yngeltilgangen været ringe.

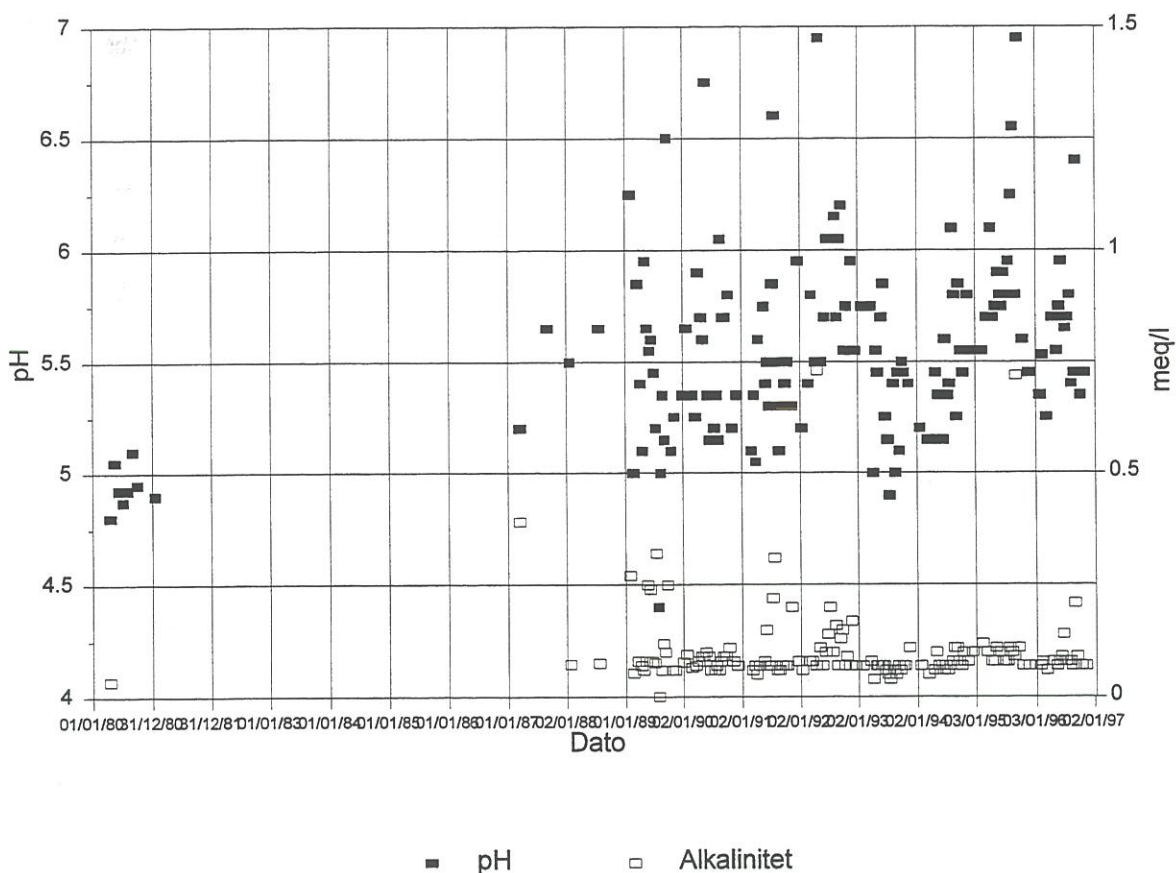
Sammenholdes dette med zooplanktonbestanden ses en vældig god overenstemmelse. Det er således kun i årene 90, 92, 93 og 94 med relativ god yngeltilgang at zooplanktonbestanden går helt ned og det potentielle græsningstryk når ned under 10 % om sommeren. At zooplankton bestanden i 95 er lav har ikke noget med fiskeynglen dette år at gøre, da zooplankton bestanden slet ikke kommer op efter ynglen i 94. Tværtimod kan det tænkes at det forhold at 94 ynglen fortsat kontrollerer zooplankton bestanden i 95 ødelægger fødegrundlaget for 95 ynglen, og derved er medvirkende til den ringe yngeltilgang i 95.

Der er således tydeligt at det er tilgangen af aborreyngel der afgør om zooplankton bestanden bliver lav om sommeren, og dermed om fytoplankton biomassen bliver forøget. Det kan ikke afgøres om yngeltilgangen bestemmes af rovfiskenes predation eller klimatiske forhold. Dette kan kun afgøres ved en egentlig fiskeyngel undersøgelse hvert år. Med revisionen af overvågningspro-

grammet med virkning fra 1998 indgår fiskeyngel undersøgelser som standart program i overvågningssøerne.

5.2.6 Forsuring

Figur 5.2.7 viser samtlige pH og alkalinitets målinger i Madum Sø fra 1980 til 1996. Der synes at være en stigende tendens, også når man ses bort fra 1992 og 1995, hvor fytoplankton biomassen var høj, og pH derfor mere påvirket af fotosynteseaktiviteten end de øvrige år. 1996 havde en lav fytoplanktonbiomasse, og trods det ligger pH relativt højt. Lineær regression på årsmiddelværdier af pH viser en signifikant stigning over årene, men kun når målingerne i 1980 medtages. Det er tvivlsomt om man på dette grundlag kan konkludere at pH stiger i Madum Sø, men truet af forsurening er søen ikke. Der er ingen udviklingstendenser i de øvrige kemiske parametre.



Figur 5.2.7. Enkelt målinger af pH og alkalinitet (meq/l) i Madum Sø fra 1980 til 1996.

5.2.7 Samlet vurdering

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold

- store variationer i sigtdybde, bundvegetationens dybdegrænse, fytoplankton- og zooplanktonbiomasse.
- artsfattigt fytoplankton, ofte dominans af små arter med GALD < 5 µm.
- artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små cladoceer, generelt fravær af *Daphnia* arter.
- fiskebestanden kraftigt domineret af aborre, Skidtfiskindex = 0.

Der forekommer i perioden 1989 - 1996 to typiske tilstande:

- 1) Karakteriseret ved god sigtdybde, ofte til bunden, lav fytoplanktonbiomasse og højt potentielt græsningstryk. Denne tilstand forekommer i 1989, 1991 og 1996.
- 2) Karakteriseret ved perioder med forringet sigtdybde, relativt høj fytoplanktonbiomasse, og lavere potentielt græsningstryk. Denne tilstand forekommer i 1990, 1992, 1993, 1994 og 1995.

Det er mængden af zooplanktonædende aborre yngel der afgør om søen er i tilstand 1) eller 2).

Variationerne må derfor karakteriseres som udtryk for søens naturlige tilstand.

Fiskebestandens artssammensætning og biomasse er i god overensstemmelse med de generelle relationer for danske søer, baseret på total-fosfor koncentrationen. Artssammensætningen er tilsyneladende uændret siden 18' århundrede (Gjerding 1890).

Bundvegetationens artssammensætning er tilsyneladende uændrede siden 1980. Plantesamfundet er karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø.

Der er ikke konstateret forsurening af søen udfra lange tidsserier i dette århundrede.

De generelle krav til søens recipientkvalitet ses således at være opfyldt.

Det specifikke krav til sommersigt dybden (> 3 m) er opfyldt i 7 ud af 8 år i overvågningsperioden. I 1992 var sommermiddelsigt dybden 2,7 m.

5.3 Hornum sø

5.3.1 Historie

Hornum sø ligger vest for Støvring i et åbent, landbrugspræget og kuperet terræn. Ved søens sydlige ende findes et mindre moseareal. Resten af søens bredareal kan karakteriseres som vedvarende græs, tilplantede arealer og en enkelt dyrket mark.

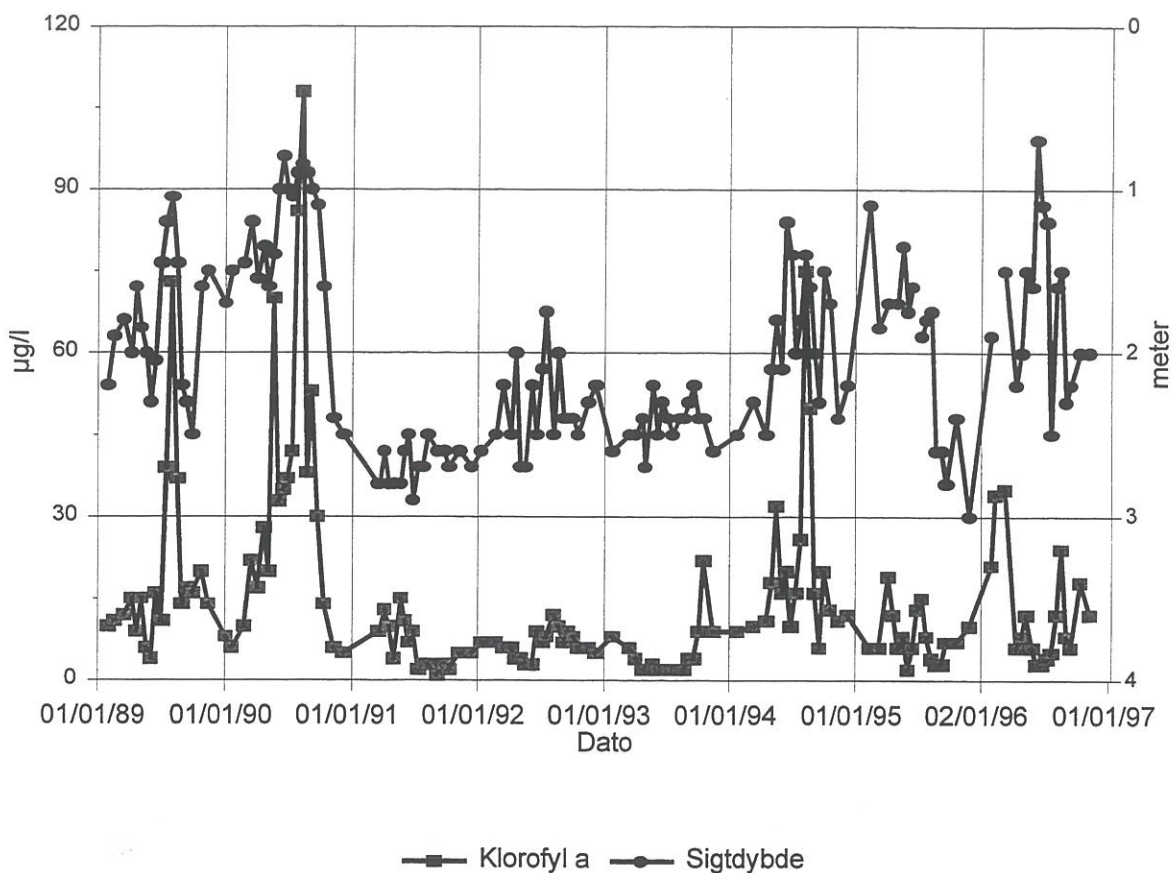
Der foreligger ikke tilgængelige ældre undersøgelser vedr. Hornum sø. Søen indgår i vurderingen af sure og forsuringstruede søer (Rebsdorf og Nygaard 1991). Det konkluderes heri, at Hornum sø hører til den gruppe af søer, hvor det ikke er muligt at påvise en tendens til forsuring.

Søen er karteret af Nordjyllands amt i 1983. Bundvegetationen blev bedømt langs 3 transekter. Rørsumpen var på dette tidspunkt indtil 25 m bred og domineret af rørgræs. Undervandsvegetationen var domineret af isoetider, kildemos og *Nitella* sp. Vegetationens dybdegrænse var mellem 2,0 m og 2,3 m. Oplysninger om vegetationen på dybder over 2,25 m blev dog angivet som utilstrækkelige til at fastsætte endelige dybdegrænser. Det blev vurderet, at søen på dette tidspunkt var under eutrofiering, idet vandkemi og fytoplankton antydede en mere eutrof tilstand end bundvegetationen (Bjørnsen et al., 1983).

Hornum sø er målsat som A2 (badevand), B (naturligt og alsidigt dyre- og planteliv) med baggrundstilstand: "Næringsfattig, sur, lobelia sø". Kravet til sommersigt dybde er større end 2 meter (Nordjyllands amt 1995).

5.3.2 Udviklingstendenser

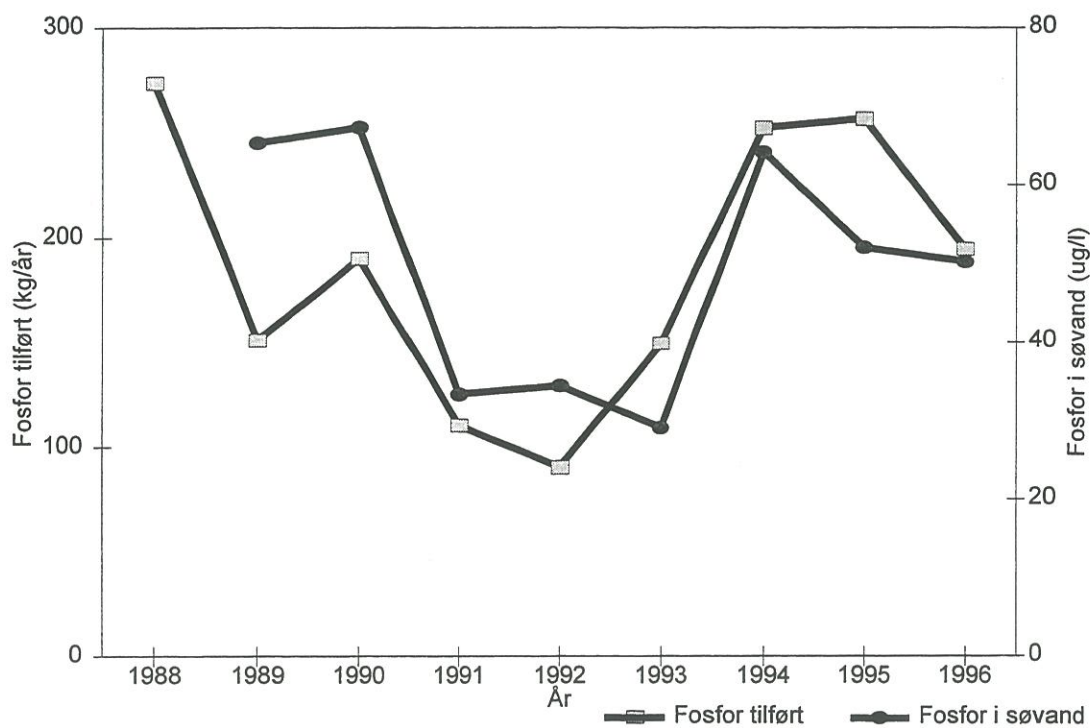
Der er ingen entydig udviklingstendens i sigt dybden og klorofyl-a koncentrationen i Hornum Sø (figur 5.3.1). Tilgængæld er der et markant skift i niveauerne i 91, hvor den høje sommerkoncentration af klorofyl-a udebliver, og der bliver sigt til bunden en stor del af året. Denne klartvandstilstand holder indtil 94, hvor søen falder tilbage til noget der ligner tilstanden før 91. Undersøgelser i 1981 tyder på at denne tilstand med dårligt sigt og vandblomst af blågrøn alger om sommeren, har været gældende i en årrække.



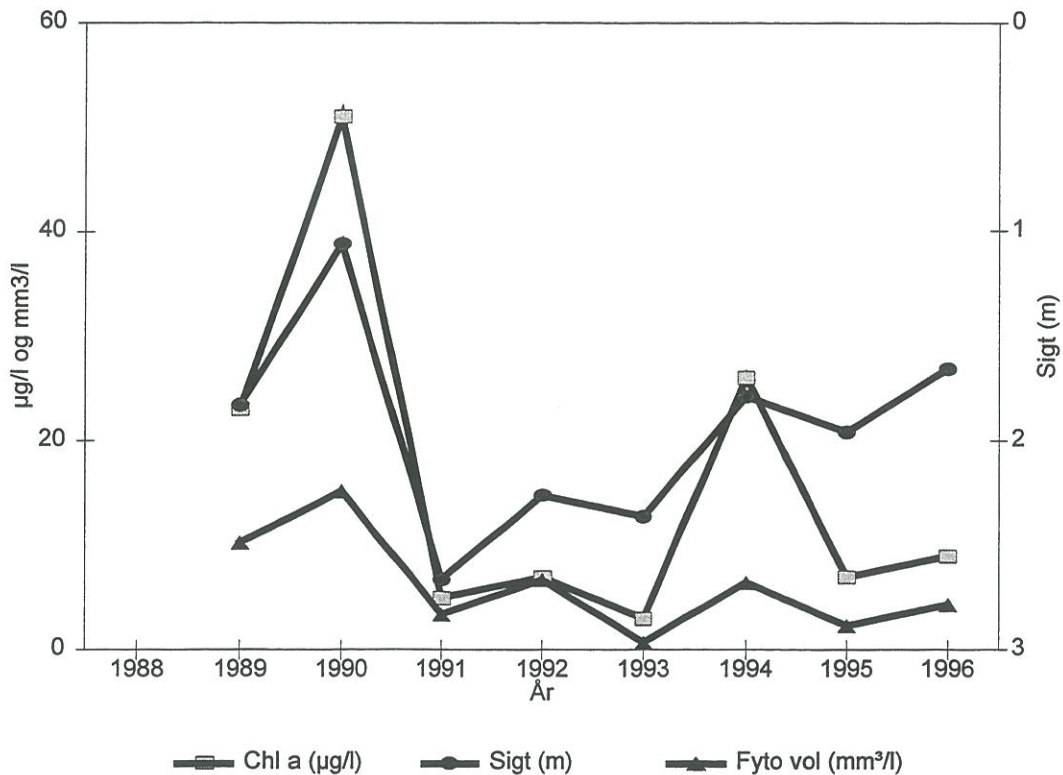
Figur 5.3.1. Sigtdybde (m) og koncentration af klorofyl-a ($\mu\text{g/l}$) i Hornum Sø fra 1989 til 1996.

Det er ikke muligt at lave en eksakt belastningsopgørelse for Hornum Sø uden at kende grundvands gennemstrømningen og dennes koncentration af fosfor og kvælstof. Ikke desto mindre er det rimeligt at antage at den arealspecifikke afstrømning i søens opland ligger på niveau med det målte Øster Ås opland, i hvilket søen ligger. Begge oplande er domineret af landbrug. På dette grundlag kan beregnes en årlig belastning, der i det mindste er et anvendeligt relativt mål for tilførslen af fosfor til søen (bilag 16). Fosfor er den mest interessante parameter, da fytoplankton i Hornum Sø helt overvejende er fosforbegrænset (afsnit 5.3.4). Sammenholdes den beregnede fosfortilførsel med den målte fosfor koncentration i søvandet ses da også et overbevisende kurvesammenfald (figur 5.3.2). Sammenlignes disse kurver med de tidsvægtede sommermiddelværdier af klorofyl-a, sigtdybde og fytoplankton biomasse (figur 5.3.3), ses det at de tre klarvandede år 91, 92 og 93 har den laveste fosfor tilførsel og koncentration, og at kurveforløbet på de to figurer i øvrigt ligner hinanden. Det tyder således på at søen reagerer umiddelbart på ændringer i fosfor tilførslen. Det kan diskuteres om det er rimeligt af forvente en så hurtig respons på belastningsændringer, men søen er lille (11,2 ha) med en kort opholdstid (1 mnd.), der er aldrig målt anaerobe forhold ved bunden, og fosfor puljen i sedimentet er ikke stor. Det må derfor forventes at søen er kraftigt påvirket af de omliggende arealer, og at den interne belastning er ringe. Den høje søvandskoncentration af fosfor i 1989 kan måske have en sammenhæng med den høje tilførsel af fosfor i 1988, men ellers er der ikke noget der tyder på at responsen er forsinket i

forhold til tilførslen. Ændringerne i tilstanden kan ikke forklares ud fra græsningstrykket af zooplankton.



Figur 5.3.2 Beregnet årlig tilførsel af fosfor (kg/år) til Hornum Sø fra 1988 til 1996, og tidsvægtet årsmiddelt søvands koncentration af total fosfor (µg/l).



Figur 5.3.3 Tidsvægtede sommer middelværdier af koncentration af klorofyl-a (µg/l), sigtdybde (m) og fytoplankton biomasse (mm³/l) i Hornum Sø fra 1989 til 1996.

5.3.3 Fisk

Ved fiskeundersøgelsen i 1991 var biomassen lavere end hvad der kunne forventes ud fra søens fosfor-niveau. Fiskebestanden var domineret af Aborre, som udgjorde 89 % af antallet og 67 % af vægten af de fangede fisk. Stort set resten af biomassen bestod af gedder (tabel 5.3.1-2). Ved undersøgelsen i 1996 var fangsten mere i overensstemmelse med det forventede ud fra søens fosfor-niveau. Der er således fanget 11,2 g/m², hvor det forventede er fra 10 til 20 g/m². Dominansen af Aborre var steget til 97 % af antallet og 93 % af vægten af de fangede fisk. Medvirkende til denne stigning i dominans er at elfiskeriet i 1996 fungerede dårligt som følge af for lav ledningsevne i vandet. Mens der i 1991 kun blev fanget gedder ved elfiskeri, blev der i 1996 fanget flest i net. Dette tyder på at geddebestanden reelt er blevet større, hvilket den beregnede biomasse og så viser. Der blev i 1996 i modsætning til 1991 ikke fisket med åluser.

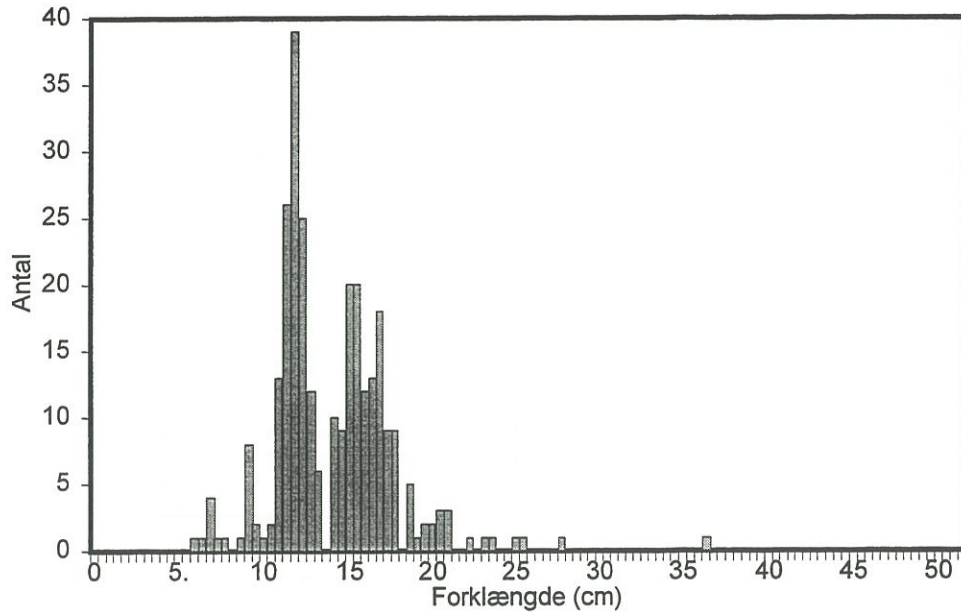
Hormum Sø	1991		1996	
	antal	kilo	antal	kilo
fangede fisk total	366	24,3	583	55,7
heraf: aborre	324	16,2	564	52,0
skalle	1	0,2	5	1,3
ål	3	0,5	-	-
gedde	38	7,4	14	2,4

Tabel 5.3.1. Mængde og antal fisk fanget ved fiskeundersøgelserne i Hornum Sø i 1991 og 1996.

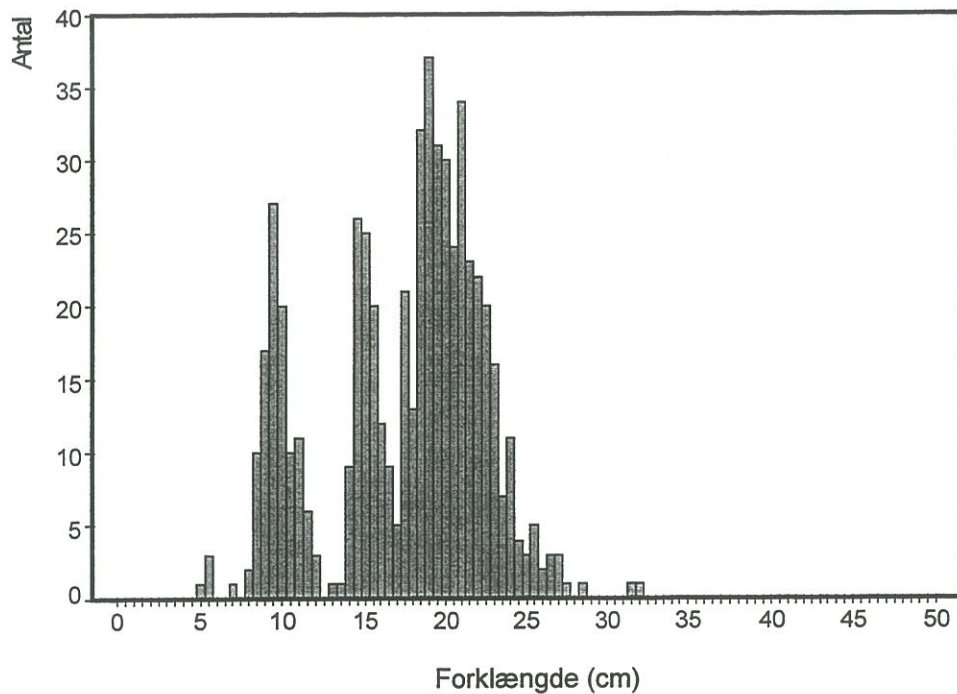
Hormum Sø	1991	1996
beregnet kg fisk total i søen	308	1260
heraf: kg aborre større end 10 cm	250	1070
kg aborre mindre end 10 cm	13	60
kg skalle	1	40
kg gedde	44	90

Tabel 5.3.2. Beregnet fiske biomasse i Hornum Sø i 1991 og 1996.

Længdefordelingerne af aborre kan forklare den øgede fangst i 1996, idet der i 1991 stort set kun var to årgange repræsenteret i søen, nemlig 2- og 3-årige fisk fra hhv. 1988 og 1989 (figur 5.3.4). Der har således været en meget dårlig yngeltilgang i 1990, 91 og årene før 1988. I 1996 er anden, tredje og fjerde årgang vel repræsenterede, hvilket resulterer i væsentlig større biomasser. Der har således været god tilgang af yngel i 92, 93 og 94, mens tilgangen i 95 har været ringe, og i 96 meget ringe (figur 5.3.5).



Figur 5.3.4. Størrelsesfordeling af aborre ved fiskeundersøgelsen i Hornum Sø i 1991.



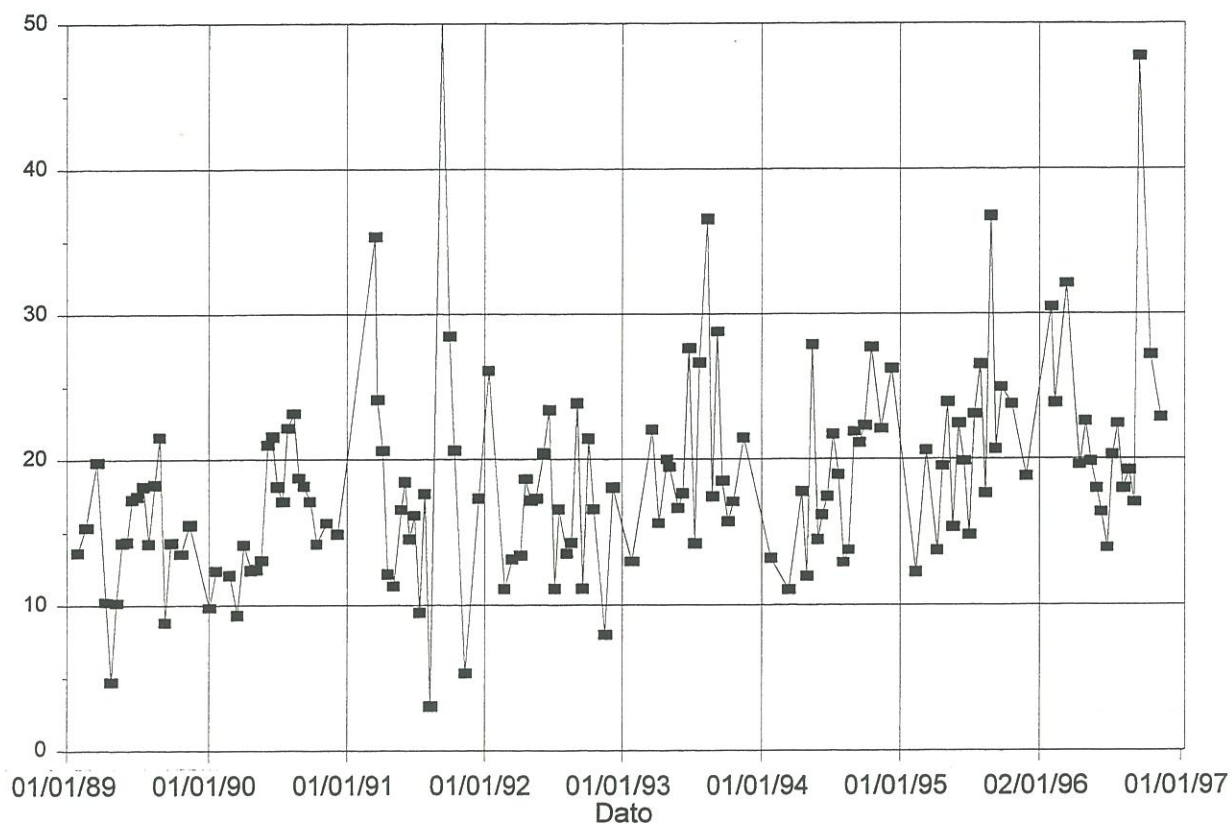
Figur 5.3.5. Størrelsesfordeling af aborre ved fiskeundersøgelsen i Hornum Sø i 1996.

Fraværet af store fisk ved begge undersøgelser kan tilskrives et intensivt lystfiskeri i søen. Sammenligner man yngeltilgangene i Hornum og Madum søer ses det at der i Hornum har været god yngeltilgang i 88 og 89, i Madum i 90 og i begge søer i 92, 93 og 94. Yngeltilgangen kan således ikke udelukkende forklares ud fra klimatiske forhold, da der i så fald ville være sammenfald mellem årene.

Zooplankton mængden udviser ikke svingninger der kan relateres til mængden af fiske yngel, men prædations trykket på zooplankton er næppe heller særligt stort som følge af geddebestanden og en stor andel af fiskeædende aborrer. Det tyder således på at zooplankton bestanden kun i ringe grad kontrolleres af fiskene, men at zooplankton omvendt heller ikke kontrollerer fytoplankton biomassen, da denne domineres af store uspiselige arter.

5.3.4 N/P forhold

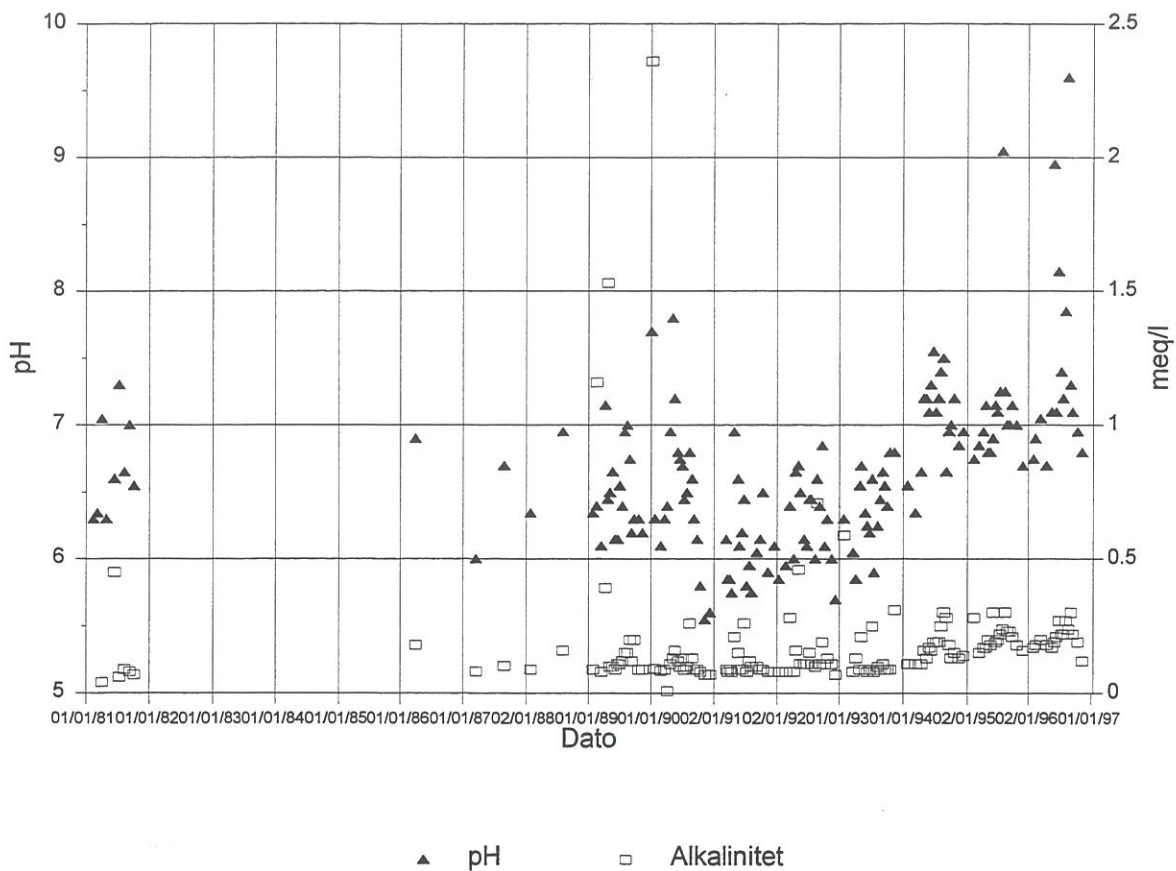
Forholdet mellem kvælstof og fosfor i partikulært stof i søen viser hvilket af de to næringsstoffer der begrænser væksten af fytoplankton. Generelt er der ikke tale om kvælstofbegrænsning når vægtforholdet mellem N og P er over 10, hvilket næsten altid er tilfældet i Hornum Sø. Det ses af figur 5.3.6 at N/P forholdet i partikulært stof udviser en jævn stigning i hele perioden. Lineær regression på årsmiddelværdierne viser at stigningen er statistisk signifikant ($R^2=0,82$). Total N og P viser ikke den samme udvikling, men viser derimod tydeligt klartvands perioden fra 91 - 93, og er således nært korrelerede til den eksterne tilførsel, og fytoplankton biomassen i søen (figur 5.3.2-3). Ændringer i fytoplankton sammensætningen kan ikke forklare udviklingen, da der de sidste 6 år har været meget skiftende dominans forhold, mens der de to første år var dominans af blågrønalger, som kan forventes at have et højt N/P forhold. Udviklingen må derfor afspejle stigende kvælstof belastning og/eller faldende fosfor belastning. Udviklingen i gennemsnittet af de regionale søer fra 70'erne til 80'erne viser en stigning i kvælstof og et fald i fosfor koncentrationen (afsnit 5.1), så det kan være denne udvikling der fortsætter.



Figur 5.3.6. Vægtforhold mellem partikulær kvælstof og partikulær fosfor i Hornum Sø fra 1989 til 1996.

5.3.5 Forsuring

pH niveauet i de tre klarvandede år er lavere end i de øvrige, som følge af lavere fotosyntese aktivitet. Men det er påfaldende at de tre seneste år, der fytoplankton mæssig ligger på niveau med årene før klartvands perioden, ligger på et højere pH niveau, endda med enkelte meget høje værdier (figur 5.3.7). Også alkaliniteten har en svagt stigende tendens de seneste tre år. Stigningerne kan ikke forklares, men de kan have en sammenhæng med de store vandmængder der blev tilført søen i 1994. Der er således ikke noget der tyder på at Hornum Sø er truet af forsuring.



Figur 5.3.7. Enkelt målinger af pH og alkalinitet (meq/l) i Hornum Sø fra 1981 til 1996.

5.3.6 Samlet vurdering

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold:

- Et relativt artsrigt fytoplankton, hvori optræder blågrønalger, rekyalger, furealger, gulalger, kiselalger, øjealger og grønalger.
- Artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små cladocer, generelt ringe forekomst af *Daphnia* arter.
- Fiskebestanden domineret af Aborrer, skidtfiskeindex = 0,3 - 0,6 %.

Der forekommer i perioden 1989 - 1996 2 typiske sommersituationer.

- 1) Karakteriseret ved stærkt varierende og ofte ringe sigtddybe, bl.a. i forbindelse med vandblomst af blågrønalger. Denne tilstand forekommer i 1989 og 1990

samt igen fra 1994 til 1996 hvor fytoplankton maksimaene dog ikke dommineres af blågrønalger.

- 2) karakteriseret ved generelt god sigtddybde (ofte til bund), uden forekomst af vandblomst. Denne tilstand forekommer i 1991, 92 og 93.

Skiftet mellem de to tilstande hænger sammen med de ændringer i fosfor niveauet, der er indtrådt i 1990/91 og igen mellem 1993 og 94. Fosfor niveauet er nært koblet til den eksterne fosforbelastning, der som følge af lavere afstrømning var lav de tre klarvandede år.

Søens fiskebestand er karakteriseret af en svingende, men i 1996 normal, bestand af aborrer fra 10 til 25 cm. Her ud over er der en bestand af gedder og enkelte skaller. Predations trykket på zooplankton er som følge her af ikke særligt stort. Zooplankton bestanden kontrolleres derfor kun i ringe grad af fiskene, men omvendt kontrollerer zooplankton heller ikke fytoplankton biomassen, da denne domineres af store uspiselige arter.

Vegetationens artssammensætning er tilsyneladende uændrede siden 1980. Plantesamfundet er karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø.

Søen bevægede sig i 1991 fra en fytoplanktondomineret tilstand til en tilstand som er i bedre overensstemmelse med den naturgivne, og med recipientmålsætningen. I 1994 faldt søen tilbage igen. Det specifikke krav til sommersigtddybden (>2 m) var kun opfyldt i 1991-93. Det tyder på at det er de lave afstrømninger, og dermed fosfor tilførsler, i perioden fra 91 til 93 der har forbedret søens tilstand en overgang. Hvis søen mere konsekvent skal leve op til recipientmålsætningen kræver det en halvering af arealbidraget af fosfor i oplandet. En forudsætning for dette er en ændret arealanvendelse. Det umiddelbare opland til søen blev i 1995 udpeget som Særligt Følsomt Landbrugs område, men indtil videre har ingen lodsejerne vist interesse. I 1997 forsøger Nordjyllands Amt at gennemføre et Større Natur Genopretnings projekt omkring søen, igen med henblik på en ekstensivering af landbrugsdriften.

6. Scenarier.

Det er generelt ikke muligt at opstille scenarier til vurdering af miljøtilstandene i de nordjydske søer ved forskellige supplerende indgreb, da der ikke foreligger massebalancer på de regionale søer. Ved overvågningssøerne Madum og Hornum er massebalancerne behæftet med stor usikkerhed, da ingen af søerne har til- eller afløb. Ikke desto mindre kan man godt konkludere at Madum Sø er i ligevægt ved den nuværende eksterne belastning, og at denne ikke strider mod søens naturlige baggrundstilstand. Søen er stor i forhold til oplandet, den udgør 25%, og landbrugs andelen er kun 10%.

Der er heller ikke en pålidelig indløbs koncentration til Hornum Sø, men som det fremgår af afsnit 5.3.3, synes værdierne fra det umålte opland at være et udmærket relativt mål for stoftilførslerne. At dømme efter den nære kobling mellem forløbet i den beregnede tilførsel og søvandskoncentrationen er der næppe heller tvivl om at Hornum Sø er i ligevægt med dens belastning. Ydermere giver de tre tørre og klarvandede år et enestående materiale til at forudsige hvilken belastning der er forenelig med den ønskede tilstand. 1990 er det år i perioden der afstrømnings mæssigt ligger tættest på et normal år, og det ses at en halvering af fosforbelastningen ville resultere i at målsætningen ville være opfyldt et sådan år (figur 5.3.2). Skal målsætningen være opfyldt i meget afstrømnings rige år kræver det en yderligere reduktion.

7. Konklusion.

Miljøtilstanden i de nordjydske søer er dårlig, og er blevet forringet siden 70'erne og 80'erne. Således er målsætningen kun opfyldt i 1/3 af søerne ved seneste tilsyn. Samlet har 12, svarende til en tredjedel, af de 35 regionale søer fået forringet tilstanden i måleperioden, mens der i 23 søer ikke er nogen entydig udvikling. Ingen søer har fået tilstanden forbedret i måleperioden.

Den gennemsnitlige fosfor koncentration i søerne er faldet fra 70'erne til 80'erne, som følge af afskæring af spildevand, mindre gårdbidrag, bedre spildevandsrensning og lavere fosforindhold i vaske- og rengøringsmidler. Antager man at faldet i fosfor koncentrationen i søerne er fortsat i 90'erne, som det er sket i vandløbene, vil mange belastede søer nærme sig et niveau hvor det kan vise sig aktuelt at iværksætte sø restaureringsprojekter, f.eks. opfiskning af skidtfisk, med henblik på at få reetableret undervandsvegetationen.

I forslag til regionplan'97, som er til debat for øjeblikket, hedder det: "*Ved flertallet af søerne er der observeret kraftig algevækst som følge af et stort indhold af næringsstoffer. Forbedring af søernes tilstand kræver en meget kraftig nedsættelse af næringsaltbelastningen fra det åbne land.*" "*For at beskytte vandløb og søer mod næringsaltudvaskningen vil amtsrådet i større indsatsområder medvirke til at inddrage særligt følsomme vandløbsoplande samt engområderne i den fremtidige planlægning, så der sikres sammenhæng mellem natur-, miljø-, og landbrugsinteresser. Selvom dette sker, vil søernes tilstand kun meget langsomt forbedres, medmindre der gennemføres meget omkostningskrævende restaureringer. Der er ikke i den kommende planperiode planlagt restaureringer af søer i Nordjyllands Amt.*"

8. Referencer.

Bidstrup, J. 1993: Fiskene i Madum og Hornum sø 1991, Nordjyllands amt, Miljøkontoret, intern rapport, 24 s + bilag.

Bio/consult. 1996: Fiskeundersøgelse i Hornum Sø 1996. Data rapport, 18 s.

Bio/consult. 1996: Fiskeundersøgelse i Madum Sø 1996. Data rapport, 18 s.

Bjørnsen, P. K., J. Windolf-Nielsen og P. Nielsen 1983: Søkartering III: vegetationsbeskrivelse af 6 søer: Råbjerg sø, Råbjerg Mile søer, Nørlev sø, Poulstrup sø, Hornum sø og Lille sø samt vegetationskort af brakvandsområder, Lund fjord og Halkær bredning. Udarbejdet for Nordjyllands amtskommune, amtsvandvæsenet i serien Miljøprojekter.

Gjerding, K. 1890: Bidrag til Helligum Herreds Beskrivelse og Historie (ed D.H.Wulff). Aalborg 1890.

Hansen, A-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann og P. Andersen 1992: Zooplankton i søer- Metoder og artsliste. Prøvetagning, bearbejdning og rapportering ved undersøgelser af zooplankton i søer. Miljøprojekt nr. 205. Miljøstyrelsen.

Hovmand, F., L. Gundahl, E.H. Runge, K. Kemp og W. Aistrup 1993: Atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor. Faglig rapport fra DMU nr. 91, 1993.

Jensen, J.P, E. Jeppesen, J. Bøgestrand, A.R.Petersen, M. Søndergaard, J. Windolf og L. Sortkjær 1994: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993. Søer. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig Rapport nr.121.

Jensen, J.P, E. Jeppesen, M. Søndergaard, J. Windolf, T.L. Lauridsen og L. Sortkjær 1995: Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig Rapport nr.139.

Kristensen, P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., & Rebsdorff, Aa. 1990: Prøvetagning og analysemetoder i søer - teknisk anvisning. Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser. 27 s.

Lampert, W. and P. Muck 1985: Multiple aspects of food limitation in zooplankton communities:

the Daphnia - Eudiaptomus example. Arch. Hydrobiol. Beih. 21, p. 311-322.

Larsen, J. B., Å. Andersen og M. Sørensen 1980: Søkartering II: vegetationsbeskrivelse af 6 nordjyske søer: Store økssø, Madum sø, Øje sø, Navn sø, Sjørup sø og Farsø sø. Udarbejdet for Nordjyllands amtskommune, amtsvandvæsenet i serien Miljøprojekter.

Miljøstyrelsen, 1994: Vandmiljø-94. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2 1994 - 150 s.

Lyshede, J.M. 1955: Hydrological studies of danish watercourses. Folia geographica danica. Tom. VI. København.

Miljøstyrelsen 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-1997. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2 1993.

Moeslund, B., P. Hald Møller, J. Windolf og P. Schriver 1993: Vegetationsundersøgelser i søer. Metoder til anvendelse i søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. 45 s.-Teknisk anvisning fra DMU nr. 6.

Moeslund, B., P. Hald Møller, P. Schriver, T. Lauridsen og J. Windolf 1996: Vegetationsundersøgelser i søer. Metoder til anvendelse i søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. 2. udg. 44 s.-Teknisk anvisning fra DMU nr. 12.

Nordjyllands Amt 1990: Vandmiljø overvågning. Søer. Forvaltningen for teknik og miljø, Miljøkontoret. Upubliceret.

Nordjyllands Amt 1995: Kvalitetsplan for vandløb og søer.

Nordjyllands Amt 1993: Vandmiljø overvågning. Søer. Forvaltningen for teknik og miljø, Miljøkontoret. Upubliceret.

Nordjyllands Amt 1994: Vandmiljø overvågning. Søer. Forvaltningen for teknik og miljø, Miljøkontoret. Upubliceret.

Nordjyllands Amt 1995: Vandmiljø overvågning. Søer 1994. Forvaltningen for teknik og miljø, Miljøkontoret.

Nordjyllands Amt 1996: Vandmiljø overvågning. Søer 1995. Miljøkontoret.

Olrik, K. 1991: Planteplankton - Metoder. Miljøprojekt 187. Miljøstyrelsen.

Ribe amt 1992: Kvie sø og Holm sø. Miljøtilstand. - Vandmiljøovervågning.

Rebsdorf, Aa. og E. Nygaard 1991: Danske sure og forsurede søer. - Status og udviklingstendenser. Miljøprojekt nr. 184. Miljøstyrelsen.

Sode, A. og Wiberg-Larsen, P. 1993: Første fund af Vårfluen *Limnephilus borealis* (Zetterstedt, 1840)(Trichoptera, Limnephilidae) i Danmark. Ent. Meddr. 61, 1. 1993.

Timm, T. ed. 1991: State of the Estonian Soft -Water Lakes. A monograph. Estonian Academy of Sciences, Institute of Zoology and Botany, Tartu. 308 p. (In Russian with English summary.)

Windolf, J., E. Jeppesen, M. Søndergaard, J.P. Jensen og L. Sortkjær 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1992. - Ferske Vandområder. - Søer. Faglig rapport fra DMU, nr. 90.

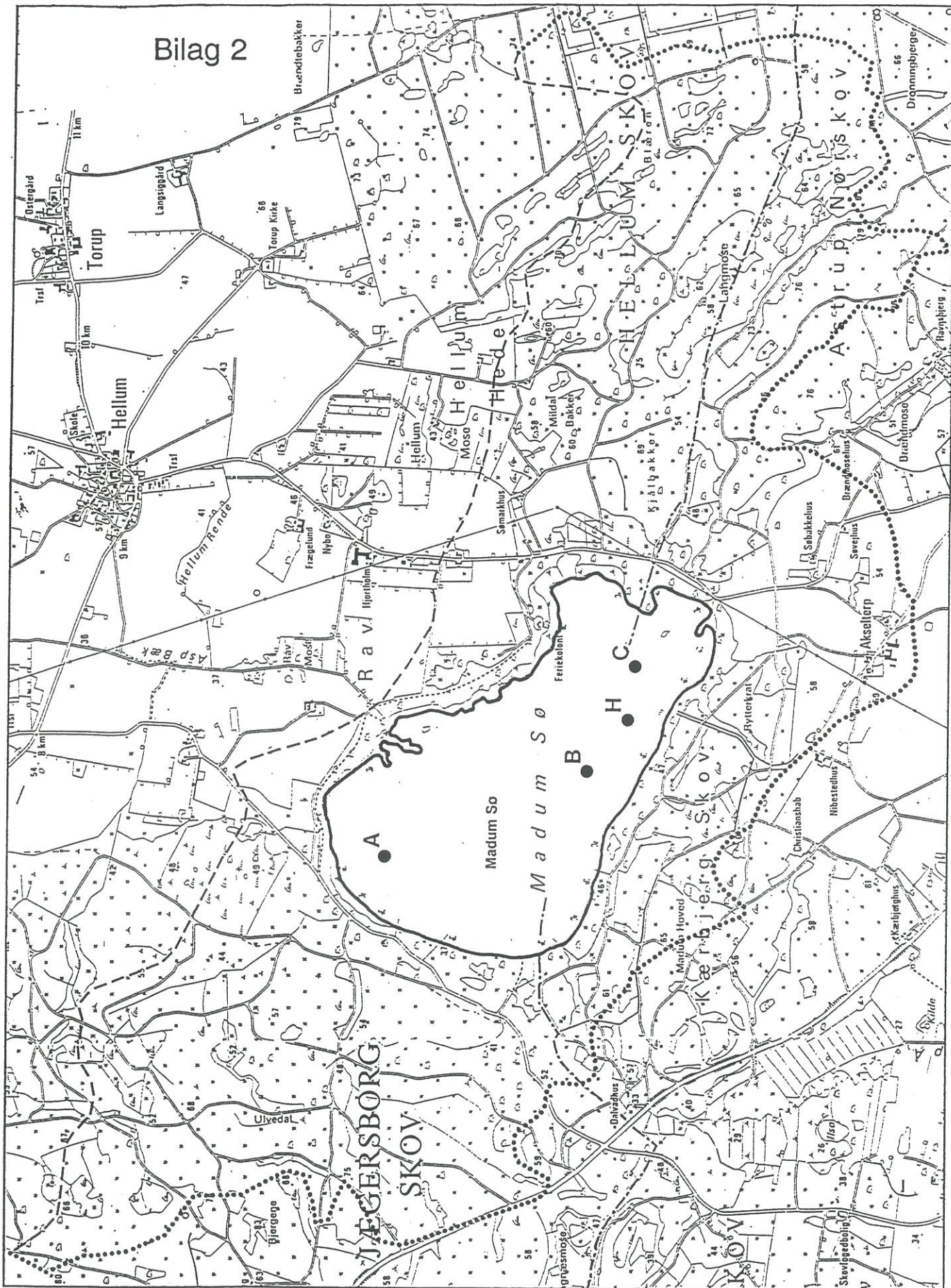
9. Bilag

Bilag 1

Morfometriske data for Madum sø.

Søens areal	km ²	2,120
Søens volumen	mio. m ³	6,215
Største dybde	m	8,1
Middel dybde	m	2,93
Kystlængde	km	6,492
Arealindex I(a)	km ²	2,55
Dybdeindex I(d)	m	4,8

Bilag 2



Oversigtskort over Madum sø med oplandsgrænse og markering af prøvetagningsstationer (H = hovedstation, A, B og C = zooplanktonstationer).

Bilag 3

Arealanvendelse i oplandet til Madum Sø, opgjort ved planimetri på luftfotografier (1:10.000) og data fra arealdatakontoret 1989.

	ha	%
Dyrket areal	103	9,3
Eng	12	1,1
Løvskov	111	10,0
Nåleskov	617	55,6
Heder	45	4,1
Moser	-	-
Ferskvand	213	19,2
Bebygget	9	0,8
Total	1110	100

fortsættes

Bilag 3 fortsat

Arealanvendelse i oplandet til Madum Sø, opgjort i corine.

	ha	%
Landbrug	128	15.62
Natur	19	3.31
Skov	461	56.36
Vådområder	0	0
Ferskvand	201	24.55
By	9	1.15
Total	818	100

	ha	%
Dyrket land	78	9.50
Blandet Landbrug og natur	33	4.08
Nåleskov	244	29.83
Blandet skov	262	32.03
Søer	201	24.55
Total	818	100

Fytoplankton volumenbiomasse mm ³ /l = mg vådvægt/l	DATO																
	960129	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
Taxonomisk gruppe																	
CYANOPHYTA																	
Chroococcales	.0755	.1215	.4066	.3016	.4134	.4286	.4402	.2460	.1503	.0418	.0152	.0107		.0555	.4367	.7366	5.4646
CRYPTOPHYCEAE																	
Cryptomonas spp. (10-20 my)														.0159	.0098		
Cryptomonas spp. (20-30 my)										.0276	.0112	.0336	.0403				
DINOPHYCEAE																	
Peridinium willei			.0045			.0271	.0249	.0294	.0475	.1764	.3189	.0045	.0090	.0226	.0565	.5383	.4234
CHRYSOPHYCEAE																	
Mallomonas sp.													.0485				
Chromulina sp.	.3704		.2694	.9428	1.0505	.2424	.3241	.0827	.2207	.0121		.0172		.1982		.0504	
Chromulina cf. nannos			.0556		.0052	.0069	.0052	.0052	.0103	.0129	.0194						
CHLOROPHYCEAE																	
Chlorococcales																	
Oocystis lacustris																	
Sphaerocystis sp.														.0111	.0288		
Sphaerocystis schroeteri														1.5768	.0014		
Monoraphidium cf. dybowskii												.1614	.1933	.0213	.0121		
Ankyra judai											.0068	.0705	.0213	.0042	.0013		
CHLOROPHYCEAE																	
Zygnemtales																	
Mougeotia sp.									.0033	.0157	.1095	.0069	.0554	.0583	.0726	.0057	
UBEST. / FÅTAL. CELLER													.0146	.0740		.0359	
Ubestemte flagellater (6-14µm)																	
Ubestemte flagellater (>14µm)																	

Madum Sø, Hovedstation

Fytoplankton volumenbiomasse SUM mm ³ /l = mg vådvægt/l	DATO																
	960129	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
GRAND TOTAL	.446	.122	.736	1.244	1.469	.705	.794	.363	.432	.287	.481	.305	.382	2.038	.619	1.367	5.888
Taxonomisk grupper	.075	.122	.407	.302	.413	.429	.440	.246	.150	.042	.015	.011	.040	.056	.437	.737	5.465
CYANOPHYTA										.028	.011	.034	.040	.016	.010		
CRYPTOPHYCEAE			.005			.027	.025	.029	.048	.176	.319	.005	.009	.023	.057	.538	.423
DINOPHYCEAE			.325	.943	1.056	.249	.329	.088	.231	.025	.019	.017	.048	.198	.050	.050	
CHRYSOPHYCEAE	.370								.003	.016	.116	.239	.270	1.672	.116	.006	
CHLOROPHYCEAE													.015	.074	.036		
UBEST. / FÅTAL. CELLER																	

Fytoplankton antal/ml	DATO																
	960129	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
Taxonomisk gruppe																	
CYANOPHYTA																	
Chroococcales	48049	77372	258867	191990	263189	272860	280268	156596	95686	26597	9671.5	6790.6	+	35342	278005	468966	3.E+06
CRYPTOPHYCEAE																	
Cryptomonas spp. (10-20 my)										51.5	20.8			27.1	23.1		
Cryptomonas spp. (20-30 my)						+						17.1	20.6				
Peridinium sp.	+																
DINOPHYCEAE																	
Peridinium willei		+	.0	+		.2		.3	.4	1.6	2.8	.0	.1	.2	.5	4.8	4.9
CHRYSOPHYCEAE																	
Dinobryon cylindricum													51.4	+	+		
Mallomonas sp.																	
Uroglena sp.																	
Chromulina sp.	5658.9		4115.5	14404	16051	3704.0	9671.5	2469.3	6584.9	360.1		514.4		5916.1		1504.7	+
Chromulina cf. nannos			6636.3	+	617.3	823.1	617.3	617.3	1234.7	1543.3	2315.0						
DIATOMOPHYCEAE																	
Pennate kiselalger																	
Navicula sp.																	
Tabellaria flocculosa																	
CHLOROPHYCEAE																	
Chlorococcales																	
Oocystis sp.																	
Oocystis lacustris															650.8		
Sphaerocystis sp.														2640.8	324.1		
Sphaerocystis schroeteri														5881.8			
Monoraphidium cf. dybowskii														169.8	61.7		
Ankyra judai														802.5	30.9		
CHLOROPHYCEAE																	
Zygnemtales																	
Closterium sp.						+											
Staurastrum sp.																	
Mougeotia sp.																	
Pleurotaenium ehrenbergii																	
Staurodesmus triangularis																	
Euastrium sp.																	
UBEST. / FÅTAL. CELLER																	
Ubestedte flagellater (6-14µm)																	
Ubestedte flagellater (>14µm)													133.8	679.1		214.4	

Madum Sø, Hovedstation

		DATO																
Fytoplankton SUM antal/ml		960129	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
GRAND TOTAL		53708	77372	269619	206394	279857	277388	290557	159683	103507	28554	12129	10296	2078.5	51465	279103	470690	3.E+06
Taxonomisk grupper		48049	77372	258867	191990	263189	272860	280268	156596	95686	26597	9671.5	6790.6		35342	278005	468966	3.E+06
CYANOPHYTA											51.5	20.8	17.1	20.6	27.1	23.1		
CRYPTOPHYCEAE				.0			.2	.2	.3	.4	1.6	2.8	.0	.1	.2	.5	4.8	4.9
DINOPHYCEAE																		
CHRYSOPHYCEAE		5658.9	10752		14404	16668	4527.1	10289	3086.7	7819.5	1903.4	2315.0	514.4	51.4	5916.1	1074.4	1504.7	
CHLOROPHYCEAE										.3	1.0	118.6	2974.1	1872.7	9500.4	1074.4	.5	
UBEST. / FATAL. CELLER														133.8	679.1	214.4		

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton µg DW/l	DATO																
	960129	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA																	
Keratella cochlearis					.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.3	1.5	.3	.1	.4	7.9
Keratella quadrata						.3		.6			.4	1.6	2.8	.5	1.0	3.2	26.4
Trichocerca spp.																	
Bipalpus hudsoni						2.3	1.8										
Synchaeta spp.																	
Asplancha sp. 1.					2.0						3.0	90.9					
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum								2.4	23.6	155.3	46.6	45.0	45.8	43.9	56.9	4.9	1.0
Bosmina longirostris	113.6	108.2	89.1	195.4	285.4	249.9	468.7	239.0	286.0	106.7	5.3	.5	11.8		8.3		
Leptodora kindti																	
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	57.9	149.9	204.4	227.1	152.5	170.6	98.1	120.3	204.2	199.6	193.5	194.7	185.3	232.9	268.6	485.0	240.9
CYCLOPOIDA																	
Cyclops sp.		.1						.1	.4			1.5					

Bilag 4 fortsat

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM µg DW/l	DATO																
	960129	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT
GRAND TOTAL	171.5	258.1	293.5	422.6	439.9	423.1	568.6	361.8	515.0	461.8	248.9	334.6	247.2	277.6	334.9	493.5	276.2
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA	113.6	108.2	89.1	195.4	285.4	249.9	468.7	241.5	309.6	262.0	3.5	92.8	4.3	43.9	1.1	3.6	34.3
CLADOCERA	57.9	149.9	204.4	227.1	152.5	170.6	98.1	120.3	204.2	199.6	193.5	194.7	185.3	232.9	268.6	485.0	240.9
CALANOIDA																	
CYCLOPOIDA		.1						.1	.4			1.5					

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton antal/l	DATO																
	960129	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA																	
Keratella cochlearis					5.0	5.7	5.9	5.6	25.1	32.7	24.0	97.4	148.8	95.9	38.1	104.1	426.1
Keratella quadrata						5.7			12.6		+	32.5	55.8	10.7	19.0	64.7	369.3
Lecane spp.																	
Trichocerca spp.																	
Bipalpus hudsoni						22.7	17.7				12.0	454.6					
Synchaeta spp.																	
Asplancha sp. 1.					10.1												
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum																	
Bosmina longirostris	33.7	43.0	31.0	66.8	150.6	132.8	242.8	1.1	23.9	106.7	35.0	47.2	65.6	26.7	27.6	2.2	.4
Leptodora kindti								127.2	128.3	47.8	5.6	.6	.7	+	.4		
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	12.3	26.3	37.1	55.1	78.1	83.9	55.0	51.9	67.2	70.0	153.3	147.2	76.9	62.8	111.6	191.5	70.2
CYCLOPOIDA																	
Cyclops sp.		.2						.3	1.7			.6					

Bilag 4 fortsat

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM antal/l	DATO																
	960129	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
GRAND TOTAL	46.0	69.6	68.1	121.9	243.7	250.8	321.4	186.1	258.8	257.2	235.9	780.0	347.8	196.0	196.7	362.5	866.1
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA																	
CLADOCERA	33.7	43.0	31.0	66.8	150.6	132.8	242.8	5.6	37.7	32.7	42.0	584.5	204.6	106.5	57.1	168.7	795.5
CALANOIDA	12.3	26.3	37.1	55.1	78.1	83.9	55.0	51.9	67.2	70.0	153.3	147.2	76.9	62.8	111.6	191.5	70.2
CYCLOPOIDA		.2						.3	1.7			.6					

Bilag 3A: Samleskema til resultater fra områdeundersøgelse. Dækningsgrad.

Sø: Madum sø År: 1996

Amt: Nordjyllands Amt Periode: 29.7.-2.8.

Dækningsgrad

Delområde nr	Normaliseret vand - dybdeinterval m											Sum
	0-0,5m	0,5-1m	1-1,5m	1,5-2m	2-2,5m	2,5-3 m	3-4 m	4-5 m	5-6 m	>6 m		
	Plantedækket areal fra delområder, 10e3m2											
1	6.435											6.435
2	11.3805	12.1620313	47.85	61.35								132.742531
3	0	0	0	0								0
4	2.0175	1.60083333	8.57454545	12.78								24.9728788
5	10.9283854	10.6724265	18.2373214	26.313875	2.68333333	3.54375	0.11416667					72.4932583
6	6.44841667	13.7870536	20.17125	15.7044231								56.1111433
7	7.61096774	12.3909091	28.5009375	25.7090909								74.2119052
8	6.20666667	12.348	24.1022727	14.04375								56.7006894
9					48.875	46.14375	63.0535714	57.5089286	3.2625			218.84375
10					60.6091176	62.2270833	198.610513					321.446714
11					21.6158929	17.8451923	14.7333333	56.2536765	13.3705	7.4675		131.286095
Sum plantedækket areal, 10e3m2	51.0274365	62.9612537	147.436327	155.901139	133.783344	129.759776	276.511584	113.762605	16.633	7.4675		1095.24397
Total bundareal 10e3m2	113.9	107.3	201.3	224.3	207.6	207.6	534.8	220	180.5	74.2		2071.5
Gns. total dækningsgrad %	44.8002076	58.6777761	73.24209	69.5056349	64.4428439	62.5047089	51.7037368	51.710275	9.21495845	10.0640162		52.8720234
Total plantedækket areal i sø, 10e3m2											1095.24397	
Søareal 10e3m2											2071.5	
Total dækningsgrad %											52.8720234	

Bilag 3b: Samleskema til resultater fra områdeundersøgelse. Plantefyldt volumen.

Sø: _____ Madum sø _____ År: _____ 1996 _____
 Amt: _____ Nordjyllands Amt _____ Periode: _____ 29.7.-2.8. _____

Plantefyldt volumen

Delområde nr	Normaliseret vand - dybdeinterval m										Sum
	0-0,5m	0,5-1m	1-1,5m	1,5-2m	2-2,5m	2,5-3 m	3-4 m	4-5 m	5-6 m	> 6 m	
	Plantefyldt volumen, 10 e3 m3										
1	0.1287										0.1287
2	0.45522	0.60810156	1.914	3.0675							6.04482156
3	0	0	0	0							0
4	0.060525	0.09605	0.25723636	0.639							1.05281136
5	0.87427083	0.53362132	0.72949286	1.052555	0.10733333	0.070875	0.00456667				3.37271501
6	0.32242083	0.96509375	1.210275	0.94226538							3.44005497
7	0.45665806	0.49563636	1.42504688	2.05672727							4.43406858
8	0.43446667	0.49392	1.92818182	0.4213125							3.27788098
9					3.42125	2.768625	3.78321429	2.87544643	0.163125	0	13.0116607
10					3.63654706	3.11135417	11.9166308				18.664532
11					1.08079464	0.89225962	0.73666667	2.81268382	0.668525	0.373375	6.56430475
Sum plantefyldt volumen, 10e3m3	2.7322614	3.192423	7.46423291	8.17936016	8.24592504	6.84311378	16.4410784	5.68813025	0.83165	0.373375	59.9915499
Vandvolumen 10e3m3	28.475	80.475	251.625	392.525	467.1	570.9	1871.8	990	992.75	493.43	6139.08
Relativt plantefyldt volumen, %	9.59529903	3.96697484	2.96841149	2.08378069	1.76534469	1.19865367	0.87835658	0.57455861	0.08377235	0.07566929	0.9772075
Total plantefyldt volumen i sø, 10em3											59.9915499
Søvolumen (excl. rørskov), 10e3m3											6139.08
Relativt plantefyldt volumen, %											0.9772075

Bilag 3A: Samleskema til resultater fra områdeundersøgelse, Dækningsgrad, rædalger.

Sø: Madum sø År: 1996
 Amt: Nordjyllands Amt Periode: 29.7.-2.8.

Dækningsgrad af trådalger

Delområde nr	Normaliseret vand - dybdeinterval m											Sum
	0-0,5m	0,5-1m	1-1,5m	1,5-2m	2-2,5m	2,5-3 m	3-4 m	4-5 m	5-6 m	>6 m		
	Algedækket areal fra delområder, 10e3m2											
1	0.315											0.315
2	0.74933333	1.15705882	8.25	11.55								21.7063922
3	0	0	0	0								0
4	0.1125	0.24791667	0.36	0.54								1.26041667
5	2.62682292	3.87830882	1.63483333	2.981375	0.175	0.04375	0					11.3400901
6	0.67954167	12.348	24.1022727	14.04375								51.1735644
7	1.44133333	1.62692308	1.17833333	0.73645833								4.98304808
8	0.7	2.478	5.07102273	0.328125								8.57714773
9					2.21785714	0	0	0	0	0	0	2.21785714
10					2.12969697	0.16733333	0					2.2970303
11					0.23083333	0	0	0	0	0	0	0.23083333
Sum algedækket areal, 10e3m2	6.62453125	21.7362074	40.5964621	30.1797083	4.75338745	0.21108333	0	0	0	0	0	104.10138
Total bundareal 10e3m2	113.9	107.3	201.3	224.3	207.6	207.6	534.8	220	180.5	74.2		2071.5
Gns. total alge dækningsgrad %	5.81609416	20.257416	20.1671446	13.4550639	2.28968567	0.10167791	0	0	0	0	0	5.02541057
Total algedækket areal i sø, 10e3m2	104.10138											
Søareal 10e3m2	2071.5											
Total algedækningsgrad %	5.02541057											

BILAG 5: Artsliste for undervands- og flydebladsplanter samt dominerende arter fra rørskov.

Madum Sø

AMT: Nordjylland ÅR: 1993-1996

ID-Kode	Art	Dansk navn	1993	1994	1995	1996
Fontinazm2	Fontinalis sp	Kildemos sp	X	X	X	X
Isoe Lacb4	Isoetes lacustris	Sortgrøn Brasenføde	X	X	X	X
Lobe Dorb4	Lobelia dortmanna	Lobelia	X	X	X	X
Litt Unib4	Littorella uniflora	Strandbo	X	X	X	X
Sphagnuzm2	Sphagnum sp.	Art af Tørvemos	X	X	X	X
Drepanczm2	Drepanocladus sp.	Seglmos sp.	X	X	X	X
Junc Bulb4	Juncus bulbosus	Liden Siv	X	X	X	X
Phragmizb4	Phragmites sp.	Tagrør sp.	X	X	X	X
Crostrab4	Carex rostrata	Næb-Star	X	X	X	X
Eleo Palbx	Eleocharis palustris	Alm. Sumpstrå	X	X	X	X
Ranu Flab4	Ranunculus flammula	Nedbøjet Ranunkel	X		X	
Ranusceb4	Ranunculus sceleratus	Tigger Ranunkel	X			
Salix zb4	Salix sp.	Pil sp.	X	X	X	X
Batrachzb4	Batrachium sp.	Art af Vandranunkel	X			
Chara ZP4	Chara sp.	Art af Kransnål	X			
Sparganzb4	Sphagnum sp.	Art af Pindsvineknop	X			
Font Antm2	Fontinalis antipyretica	Almindelig Kildemos	X			
		Vandnavle	X	X	X	
		Lysesiv		X	X	X
		Bredbladet dunhammer		X	X	X
		Krybende ranunkel		X		
		Fliget brøndsel		X		
		Rørgræs		X	X	
		Star sp.				X
		Sødgræs sp				X
		Kragefod			X	
		Gul iris			X	

Topografi af ...
Kortenes Højde og paa Landets ...
Græse for Stæderne

Mætningen er udført af Geodætisk Institut i Juni 1932.



Vandbalance Madum sø 1996

Dato	Datevalue	måned	Vandspejl Kote DNN i meter	Vandsp. ændr, mm	nedbør mm	fordampning mm	Af/tilstr mm	søareal m2	af/tilstr m3	Q af/tilstr l/s
01/01/1996	35065		36.73							
01/02/1996	35096	januar	36.81	81	10	5	76	2120000	161319	60.2295
01/03/1996	35125	februar	36.81	-4	22	11	-15	2120000	-30891	-12.329
01/04/1996	35156	marts	36.79	-20	6	25	-1	2120000	-1447	-0.5402
01/05/1996	35186	april	36.71	-80	7	51	-36	2120000	-76993	-29.704
01/06/1996	35217	maj	36.56	-151	81	62	-170	2120000	-359491	-134.22
01/07/1996	35247	juni	36.48	-80	27	89	-18	2120000	-38160	-14.722
01/08/1996	35278	juli	36.35	-122	30	105	-47	2120000	-99943	-37.314
01/09/1996	35309	august	36.27	-86	63	93	-56	2120000	-119629	-44.664
01/10/1996	35339	september	36.21	-57	54	40	-71	2120000	-151580	-58.48
01/11/1996	35370	oktober	36.27	57	85	15	-13	2120000	-28014	-10.459
01/12/1996	35400	november	36.35	79	100	7	-14	2120000	-29074	-11.217
01/01/1997	35431	december	36.40	53	36	2	19	2120000	39977	14.9258
SUM				-330.2	521	505	-346	2120000	-733927	-23.209

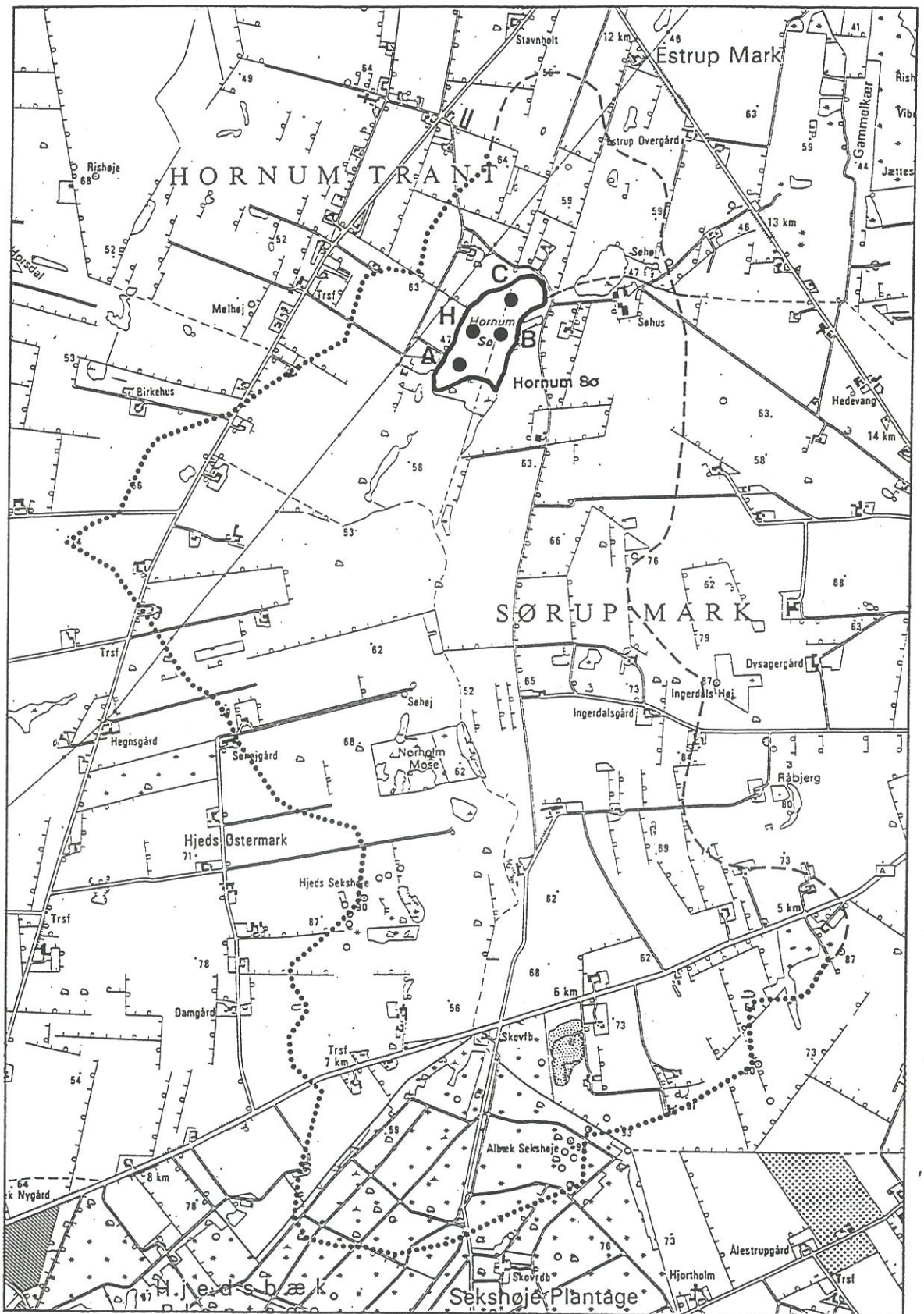
Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet								
Sigtdybde - sommer (1/5 - 30/9)								
Sigtdybde, tidsvægtet gennemsnit (m)	6,31	4,72	4,94	2,74	4,97	5,70	3,76	5,54
Sigtdybde, 50 % fraktil (m)	6,60	3,74	4,76	2,40	5,00	5,30	3,85	6,00
Største sigtdybde (m)	7,30	7,30	7,30	6,00	7,05	7,30	7,20	7,00
Mindste sigtdybde (m)	1,75	2,15	2,75	1,50	3,10	3,90	1,90	4,00
Fosfor - sommer (1/5 - 30/9)								
Total fosfor, tidsvægtet gennemsnit (µg P/l)	26	26	21	36	29	27	31	29
Total fosfor, 50% fraktil (µg P/l)	26	27	19	34	28	24	26	25
Total fosfor, max. (µg P/l)	39	34	31	56	50	62	60	61
Total fosfor, min. (µg P/l)	15	17	15	20	15	15	13	16
Opløst fosfat, tidsvægtet gns. (µg P/l)	4	3	3	3	7	7	5	6
Opløst fosfat, 50% fraktil (µg P/l)	3	3	3	3	4	4	3	5
Opløst fosfat, max. (µg P/l)	10	5	5	4	25	22	12	17
Opløst fosfat, min. (µg P/l)	2	2	2	2	1	2	2	1
Kvælstof - sommer (1/5 - 30/9)								
Total kvælstof, tidsvægtet gns. (µg N/l)	517	471	563	548	398	468	602	458
Total kvælstof, 50% fraktil (µg N/l)	498	457	524	520	390	470	590	445
Total kvælstof, max. (µg N/l)	900	620	620	780	510	660	860	520
Total kvælstof, min. (µg N/l)	250	330	330	370	330	340	450	370
Klorofyl a - sommer (1/5 - 30/9)								
Klorofyl a, tidsvægtet gennemsnit (µg/l)	4	6	6	10	5	5	10	2
Klorofyl a, 50% fraktil (µg/l)	5	6	6	11	5	3	9	1,5
Klorofyl a, max. (µg/l)	40	9	10	16	10	8	24	4
Klorofyl a, min. (µg/l)	2	1	4	3	1	2	3	1
Øvrige parametre - (1/5 - 30/9)								
pH, tidsvægtet gennemsnit	5,38	5,71	5,45	5,92	5,16	5,49	6,00	5,58
Total alkalinitet, tidsvægtet gns. (meq/l)	0,14	0,08	0,07	0,17	0,06	0,08	0,15	0,10
Silikat, tidsvægtet gennemsnit (mg/si/l)	0,10	0,16	0,10	0,12	0,15	0,11	0,18	0,15
Suspenderet stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,1	2,39	5,59	2,40
Glødetab af susp. stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,0	1,75	3,73	1,55
Nitrat+nitrit+kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	49	22	127	36	36	44	21	58
Ammonium-kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	18	12	11	14	12	11	11	23

Bilag 7 tidsvægtede gennemsnit af planktonbiomasse

Madum Sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Fytoplankton - sommer (1/5-30/9)								
Total biomasse (mm ³ /l) Tidvgtgns.	1,31	3,94	0,885	6,11	1,86	2,24	20,7	0,689
Biomasse (mm ³ /l) fordelt på klasser Tidsvægtede gennemsnit								
CYANOPTYTA					0,394	0,150	0,363	0,211
CRYPTOPHYCEAE	0,055	0,034	0,041	0,159	0,012	0,110	0,148	0,013
DINOPHYCEAE		2,96		4,75	1,22	1,76	20,0	0,080
CHRYSOPHYCEAE	0,028	0,320	0,004	0,071	0,077	0,077	0,002	0,150
DIATOMOPHYCEAE					0,001			
CHLOROPHYCEAE	0,945	0,006	0,255	0,030	0,083	0,084	0,193	0,226
Ubestemte	0,285	0,614	0,585	1,10	0,077	0,054		0,009
Fytoplankton - hele året								
Total biomasse (mm ³ /l) Tidvgtgns.	2,97	3,68	1,66	5,74	1,72	4,25	14,9	1,04
Biomasse (mm ³ /l) fordelt på klasser Tidsvægtede gennemsnit								
CYANOPTYTA					0,515	0,218	0,329	0,547
CRYPTOPHYCEAE	0,079	0,016	0,023	0,077	0,007	0,113	0,213	0,007
DINOPHYCEAE	0,013	1,57	0,084	4,00	0,867	3,50	14,1	0,110
CHRYSOPHYCEAE	0,026	0,492	0,004	0,108	0,208	0,276	0,063	0,241
DIATOMOPHYCEAE				0,001	0,001	0,017		
CHLOROPHYCEAE	0,784	0,003	0,407	0,014	0,044	0,066	0,155	0,122
Ubestemte	2,07	1,61	1,14	1,55	0,080	0,055		0,008
Zooplankton - sommer (1/5-30/9)								
Total biomasse (µgDW/l) Tidsvægtede gennemsnit	406	105	339	162	165	145	58,3	364
Biomasse (µgDW/l) fordelt på taxo- miske grupper Tidvgtgns.								
ROTATORIA	24,7	20,2	0,190	7,58	14,4	13,1	14,6	0,796
CLADOCERA	238	47,2	122	120	123	127	36,4	176
CALANOIDA	143	37,6	216	33,2	27,7	4,78	6,74	188
CYCLOPOIDA							0,583	0,137
Zooplankton - hele året								
Total biomasse (µgDW/l) Tidsvægtede gennemsnit	374	205	305	252	218	101	78,0	353
Biomasse (µgDW/l) fordelt på taxonomiske grupper Tidvgtgns.								
ROTATORIA	65,0	40,7	12,7	22,6	7,99	9,32	9,17	2,15
CLADOCERA	139	31,4	82,1	134	154	88,0	28,0	140
CALANOIDA	170	133	210	96,0	56,2	3,77	40,5	212
CYCLOPOIDA							0,339	0,073

Morfometriske data for Hornum Sø.

Søens areal (km ²)	0,112
Søens volumen (mio. m ³)	0,164
Største dybde (m)	2,6
Middel dybde (m)	1,46
Kystlængde (km)	1,6
Arealindex I(a) (km ²)	0,14
Dybdeindex I(d) (m)	2,1



. Oversigtskort over Hornum sø med oplandsgrænse og markering af prøvetagningsstationer (H = hovedstation, A, B og C = zooplanktonstationer).

Bilag 11

Arealanvendelse i oplandet til Hornum sø (opgjort ved planimetri på luftfotografier (1:10.000) og data fra Arealdatakontoret).

	ha	%
Dyrket areal	597	75,9
Eng	35	4,4
Løvskov	13	1,7
Nåleskov	85	10,8
Heder	5	0,6
Moser	-	-
Ferskvand	24	3,0
Bebygget	20	2,5
Råstofgrave	9	1,1

Bilag 2.3 Den klassificerede del af oplandsarealet til Hornum sø fordelt på jordtyper. Data fra Arealdatakontoret.

	ha	%
FK 1 (grovsandet jord)	189	27,6
FK 2 (finsandet jord)	305	44,5
FK 3 (lerblandet sandjord)	191	27,9
FK 4 (sandblandet lerjord)	0	0,0
FK 5 (lerjord)	0	0,0
FK 6 (svær lerjord)	0	0,0
FK 7 (humus)	0	0,0
FK 8 (specielle jordtyper)	0	0,0

Bilag 11 fortsat

Arealanvendelse i oplandet til Hornum Sø, opgjort i corine.

	ha	%
Landbrug	500	72.70
Natur	31	4.48
Skov	95	13.87
Vådområder	0	0
Ferskvand	0	0
By	62	8.96
Total	688	100

	ha	%
Dyrket land	616	89.57
Nåleskov	72	10.43
Total	688	100

Bilag 12

Hornum Sø, Hovedstation

Fytoplankton volumenbiomasse mm3/l = mg vådvægt/l	DATO																
	960201	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
Taxonomisk gruppe																	
CYANOPHYTA																	
Chroococcales																	
Chroococcales sp2, kugle																.6516	.1458
Aphanothece																.3948	.0853
Anabaena lemmermannii								.1586	1.3118	1.8290							
Pseudoanabaena limnetica						.0011	.0104	1.0363	.7564								
Limnothrix planctonica				.0173	.0101	.0056	.0571	.6723									
CRYPTOPHYCEAE																	
Cryptomonas spp. (10-20 my)	.0078													.2110			
Cryptomonas spp. (20-30 my)	.6548	.8378	2.5697	1.7845	.1467					.3987	.1898			1.6100	.2955		
Peridinium sp.				.2352													
Cryptophyceae spp. (6-14µm)	.0123	.0933	1.0880	1.1850	.6885	.2088	.2559						.2141	.0455	.1804	.0912	.1619
DINOPHYCEAE																	
Ceratium hirundinella						.0005			.0055	.0129					.0302		
Nøgne dinophyceae (10-20 µm)										.0865		.1098					
Nøgne dinophyceae (> 20 µm)										.1907							
CHRYSOPHYCEAE																	
Dinobryon divergens											.0148						
Dinobryon cylindricum	1.7343	5.0648	2.5458														
Mallomonas akrokosmos				.2111	.0673												
DIATOMOPHYCEAE																	
Centriske kiselalger																	
Centrisk kiselalge sp.																	.0408
DIATOMOPHYCEAE																	
Pennate kiselalger											.1649	.0035					
Nitzschia sp.					.0627												
EUGLENOPHYCEAE																	
Trachelomonas hispida										.0654							
Trachelomonas volvocina										.0898							
CHLOROPHYCEAE																	
Volvocales																	
Chlamydomonas sp.																	
Eudorina elegans																	
CHLOROPHYCEAE																	
Chlorococcales																	
Dictyosphaerium pulchellum																	
Kirchneriella sp.	.0086	.0334	.0226	.0041	.0528	.2403	.4975									.0192	.0223
Scenedesmus sp.																.0776	.0745
Scenedesmus armatus																	
Sphaerocystis sp.						.3034	.0483										
Sphaerocystis schroeteri						.7189	4.6600	6.1091	2.1158	.2990							
Monoraphidium contortum						.0038											
Monoraphidium cf. dybowskii						.0213	.0621										
Ankya judai										.0326						.0011	.0043
																.2185	.0952

(fortsættes)

Bilag 12 fortsat

Hornum Sø, Hovedstation

Fytoplankton antal/ml	DATO																
	960201	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
Taxonomisk gruppe																	
CYANOPHYTA																	
Chroococcales																	
Chroococcales sp2, kugle																	
Aphanothece																	
Anabaena sp.																	
Anabaena lemmermannii																	
Pseudoanabaena limnetica																	
Limnothrix planctonica																	
CRYPTOPHYCEAE																	
Cryptomonas spp. (10-20 my)	15.4																
Cryptomonas spp. (20-30 my)	192.9	403.8	1363.3	879.7	92.6												
Rhodomonas lacustris																	
Peridinium sp.																	
Cryptophyceae spp. (6-14µm)	65.2	522.2	5247.3	6091.0	3652.5	1594.8	1954.9										
DINOPHYCEAE																	
Ceratium hirundinella																	
Gymnodinium sp.																	
Peridinium willei																	
Peridinium spp.																	
Nøgne dinophyceae (10-20 µm)																	
Nøgne dinophyceae (> 20 µm)																	
CHRYSOPHYCEAE																	
Dinobryon divergens																	
Dinobryon cylindricum	4969.5	12789	9054.2														
Mallomonas akrokosmos																	
Synura sp.																	
Chrysolykos planctonicus																	
DIATOMOPHYCEAE																	
Centriske kiselalger																	
Centrisk kiselalge sp.																	
DIATOMOPHYCEAE																	
Pennate kiselalger																	
Nitzschia sp.																	
EUGLENOPHYCEAE																	
Trachelomonas hispida																	
Trachelomonas volvocina																	
CHLOROPHYCEAE																	
Volvocales																	
Chlamydomonas sp.																	
Pandorina morum																	
Eudorina elegans																	
Gonium pectorale																	
Sphaerellopsis sp.																	
CHLOROPHYCEAE																	
Chlorococcales																	

(fortsættes)

Bilag 12 fortsat

Hornum Sø, Hovedstation

Fytoplankton antal/ml	DATO																
	960201	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
Ankistrodesmus fusiformis																	
Dictyosphaerium pulchellum					21589	39149	35188			+							
Kirchneriella sp.	529.9	1594.8	1080.3	195.5	2520.8	11472	2520.8				+		+			1016.0	1183.2
Oocystis sp.					+		+							+			+
Pediastrum boryanum					+		+										
Pediastrum tetras					+		+			+							
Scenedesmus sp.			+		+		+										
Scenedesmus armatus					+	9054.2	1440.4									281.2	246.9
Sphaerocystis sp.					+	10983	71199	123466	44345	5833.8			+				
Sphaerocystis Schroeteri					+	360.1					3112.4						
Monoraphidium contortum					+												
Monoraphidium minutum					+												
Monoraphidium cf. dybowskii					+	565.9	1646.2									102.9	411.6
Ankyra judayi					+												
Crucigenia sp.																	
CHLOROPHYCEAE																	
Ulotricales																	
Koliella longiseta	962.0	1286.1	3395.3	540.2	+					2495.0							82.3
Elakatothrix genevensis					+												
Gloeotila cf. contorta					+	2649.4											
CHLOROPHYCEAE																	
Zygnematales																	
Closterium sp.																	
Closterium kuetzii																	
Closterium kuetzii																	
Staurastrum sp.																	
Cosmarium sp.																	
Cosmarium bioculatum																	
Cosmarium cf. phaseolus																	
Staurodesmus triangularis					+												

Fytoplankton SUM antal/ml	DATO																
	960201	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
GRAND TOTAL	6734.9	16596	20140	8157.8	30789	73241	114553	449818	3.E+06	3.E+06	12879	12718	40530	10556	10613	513825	117370
Taxonomisk grupper																	
CYANOPHYTA																	
CRYPTOPHYCEAE																	
DINOPHYCEAE																	
CHRYSTOPHYCEAE	273.5	926.0	6610.6	42.4	24.8	61.9	603.6	326352	3.E+06	241.8	110.6		1363.3	591.6	881.0	509092	113177
DIATOMOPHYCEAE				6988.7	3745.1	1594.8	1954.9										
EUGLENOPHYCEAE	4969.5	12789	9054.2	391.0	128.6	.1			1.2	165.7	113.2	49.7					
CHLOROPHYCEAE	1491.9	2880.9	4475.6	735.7	131.2			123466	44345	5833.8	321.5	7.7	39167	9964.7	9731.5	4218.4	3343.9

Zooplankton µg DW/l	DATO																
	960201	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT
Taxonomisk gruppe ROTATORIA																	
Brachionus angularis		.8	2.2	3.8	.6	.6	3.2										
Keratella cochlearis	3.0	1.4	14.9	37.4	68.1	136.8	112.1	44.0	4.2	4.4	1.1	.1		.0	.1	.3	2.0
Keratella quadrata			.5	1.5	.8	.7		1.1									.0
EPIPHANOIDAE																	
Lecane spp.																	
Trichocerca spp.						.5			3.9	13.7	30.5	6.2					
Polyarthra remata		.1	1.9	115.6	126.2	2.5	.2	2.9		4.0	38.0	6.6	3.0	19.4	39.1		
Synchaeta spp.						3.3		3.6		1.2	20.7	6.6	.6	1.1	1.7		
Asplancha sp. 1.											269.9	43.0		1.6	25.3		
Hexarthra sp.											1.0	4.8	4.0	.6			
Filinia longisetata											.2	17.7	3.1	1.0			
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum									1.1	.8							
Ceriodaphnia sp																	
Bosmina longirostris	10.6	2.1	6.8	14.7	16.7	9.2	3.5	11.1	1.9	.2	6.2	42.2	355.6	118.7	101.8	1.5	.4
Alonella nana				.0						.0						.0	
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	35.6	5.4	8.9	156.0	140.9	121.6	133.5	15.8	7.7	3.6	12.5	19.9	51.5	297.2	529.2	169.5	347.9
CYCLOPOIDA																	
Cyclops sp.	48.2	37.8	48.1	189.1	176.2	40.4	9.1		1.0	2.1	1.7	8.9	35.6	29.2	21.2	20.0	6.2

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM µg DW/l	DATO																
	960201	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT
GRAND TOTAL	97.4	47.6	83.3	554.9	529.5	315.0	262.4	78.5	19.8	30.2	381.6	189.6	931.3	1303.6	1008.7	191.4	356.5
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA	3.0	2.3	19.5	195.0	195.7	143.8	116.2	51.6	8.1	23.4	361.2	93.5	10.9	23.6	66.1	.3	2.0
CLADOCERA	10.6	2.1	6.8	14.8	16.7	9.2	3.5	11.1	3.0	1.1	6.2	67.3	833.3	953.6	392.1	1.6	.4
CALANOIDA	35.6	5.4	8.9	156.0	140.9	121.6	133.5	15.8	7.7	3.6	12.5	19.9	51.5	297.2	529.2	169.5	347.9
CYCLOPOIDA	48.2	37.8	48.1	189.1	176.2	40.4	9.1		1.0	2.1	1.7	8.9	35.6	29.2	21.2	20.0	6.2

Bilag 12 fortsat

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton antal/l	DATO																
	960201	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA																	
Brachionus angularis		22.6	64.1	107.1	16.2	16.5	90.7	6181.8	1041.8	1158.9	302.5	35.8		8.0	25.3	78.6	57.2
Keratella cochlearis	844.1	403.5	1260.5	3428.6	7975.6	16352	13808	90.9	123.4	126.0	302.5	859.5		630.4	1216.0		9.5
Keratella quadrata			10.7	30.6	16.2		36.3	54.5		1410.8	4207.5	680.5	5.2				
EPIPHANOIDA																	
Lecane spp.																	
Trichocerca spp.																	
Polyarthra remata								90.9	123.4	113.4	728.7	447.7	57.5	95.8	152.0		
Synchaeta spp.		7.5	170.9	2112.2	2545.1	230.8	18.1	18.2				214.9		8.0	126.7		
Asplantha sp. 1.				183.7		16.5					137.5						
Hexarthra sp.											13.8	116.4	57.5	8.0			
Filinia longisetata											13.8	447.7	224.6	39.9			
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum									.9	.7		1.3	65.2	56.7	11.1		
Ceriodaphnia sp												28.2	634.1	341.1	104.4		.2
Bosmina longirostris	5.6	1.1	4.2	6.7	9.8	8.2	3.1	6.2	1.8	.4	10.7	71.1	391.1	146.7	104.4	1.6	.4
Acroperus harpae																	
Alonella nana																	
Polyphemus pediculus										.2							.2
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	10.7	8.8	19.1	43.1	87.1	46.9	60.9	32.2	12.0	3.1	8.0	26.7	62.2	113.3	204.5	26.4	44.2
CYCLOPOIDA																	
Cyclops sp.	128.7	115.1	80.4	218.7	108.4	12.7	4.7		4.0	5.8	6.7	23.1	6.7	8.9	7.8	4.2	2.9

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM antal/l	DATO																
	960201	960212	960311	960415	960429	960513	960528	960610	960624	960708	960722	960805	960819	960902	960916	961014	961111
GRAND TOTAL	989.0	559.7	1609.9	6131.1	10758	16700	14022	6383.9	1183.8	2819.3	5731.6	3158.8	1598.0	1456.6	1952.2	111.3	114.3
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA	844.1	433.7	1506.1	5862.2	10553	16632	13953	6345.5	1165.2	2809.1	5706.2	3008.4	438.8	789.9	1520.0	78.6	66.8
CLADOCERA	5.6	1.1	4.2	7.1	9.8	8.2	3.1	6.2	2.7	1.3	10.7	100.7	1090.4	544.5	220.0	2.0	.4
CALANOIDA	10.7	9.8	19.1	43.1	87.1	46.9	60.9	32.2	12.0	3.1	8.0	26.7	62.2	113.3	204.5	26.4	44.2
CYCLOPOIDA	128.7	115.1	80.4	218.7	108.4	12.7	4.7		4.0	5.8	6.7	23.1	6.7	8.9	7.8	4.2	2.9

Bilag 3A: Samleskema til resultater fra områdeundersøgelse. Dækningsgrad.

Sø: Hornum sø

År: 1996

Bilag 13

Amt: Nordjyllands Amt

Periode: 6.8.-13.8.

Dækningsgrad

Delområde nr	Normaliseret vand - dybdeinterval m					Sum
	0-0,5m	0,5-1m	1-1,5m	1,5-2m	2-2,5m	
	Plantedækket areal fra delområder, 10e3m2					
1	2.34965234	2.59741406	5.53464167	4.63527857	7.31905435	22.436041
2	0.8845	1.23579545	1.854375			3.97467045
3	3.05679	2.7789	3.37755	2.06727632	0.50542188	11.7859382
4	2.26140948	2.30976667	12.762125	8.5561725	5.3361	31.2255736
5	0.3729375	0.523125	1.57592647	0.18799265		2.65998162
6	0.29846154	0.20730769				0.50576923
Sum plantedækket areal, 10e3m2	9.22375086	9.65230888	25.1046181	15.44672	13.1605762	72.5879741
Total bundareal 10e3m2	12.509	12.809	31.494	24.004	31.875	112.691
Gns. total dækningsgrad %	73.7369163	75.3556786	79.7123837	64.3506084	41.2880823	64.4132842

Total plantedækket areal i sø. 10e3m2	72.5879741
Total bundareal 10e3m2	112.691
Total dækningsgrad %	64.4132842

Bilag 3b: Samleskema til resultater fra områdeundersøgelse. Plantefyldt volumen.

Sø: Hornum sø

År: 1996

Bilag 13 fortsat

Amt: Nordjyllands Amt

Periode: 6.8.-13.8.

Plantefyldt volumen

Delområde nr	Normaliseret vand - dybdeinterval m					Sum
	0-0,5m	0,5-1m	1-1,5m	1,5-2m	2-2,5m	
1	0.09398609	0.28571555	0.71950342	0.37082229	0.5123338	1.98236115
2	0.044225	0.08650568	0.09271875			0.22344943
3	0.1528395	0.194523	0.202653	0.12403658	0.02527109	0.69932317
4	0.15829866	0.18478133	1.02097	0.6844938	0.320166	2.3687098
5	0.01864688	0.03661875	0.07879632	0.01127956		0.14534151
6	0.01492308	0.01243846				0.02736154
Sum plantefyldt volumen, 10e3m3	0.48291921	0.80058277	2.11464149	1.19063222	0.8577709	5.44654659
Vandvolumen 10e3m3	3.127	9.38	36.32	42.98	75.45	167.257
Relativt plantefyldt volumen, %	15.4435308	8.53499759	5.8222508	2.77020061	1.13687329	3.25639381
Total plantefyldt volumen i sø, 10em3			5.44654659			
Søvolumen (excl. rørskov), 10e3m3			167.257			
Relativt plantefyldt volumen, %			3.25639381			

Bilag 3A: Samleskema til resultater fra områdeundersøgelse. Dækningsgrad af trådalger.

Sø: Hornum sø

År: 1996

Bilag 13 fortsat

Amt: Nordjyllands Amt

Periode: 6.8.-13.8.

Dækningsgrad af trådalger

Delområde nr	Normaliseret vand - dybdeinterval m					Sum
	0-0,5m	0,5-1m	1-1,5m	1,5-2m	2-2,5m	
	Algedækket areal fra delområder, 10e3m2					
1	1.64481439	0.75145313	0.77901667	0	0	3.17528419
2	0.58725	0.03295455	0.14375			0.76395455
3	2.34938	1.65495	0.891825	0.04494079	0	4.94109579
4	1.04649138	1.01595	2.75218	0.332925	0	5.14754638
5	0.0003375	0.00192857	0.10584	0.02775		0.13585607
6	0.23307692	0.09019231				0.32326923
Sum algedækket areal, 10e3m2	5.8613502	3.54742855	4.67261167	0.40561579	0	14.4870062
Total bundareal 10e3m2	12.509	12.809	31.494	24.004	31.875	112.691
Gns. total alge dækningsgrad %	46.8570645	27.6948126	14.8365138	1.68978416	0	12.855513
Total algedækket areal i sø. 10e3m2			14.4870062			
Bundareal 10e3m2			112.691			
Total alge dækningsgrad %			12.855513			

BILAG 13: Artsliste for undervands- og flydebladsplanter samt dominerende arter fra rørskov.

Hornum Sø

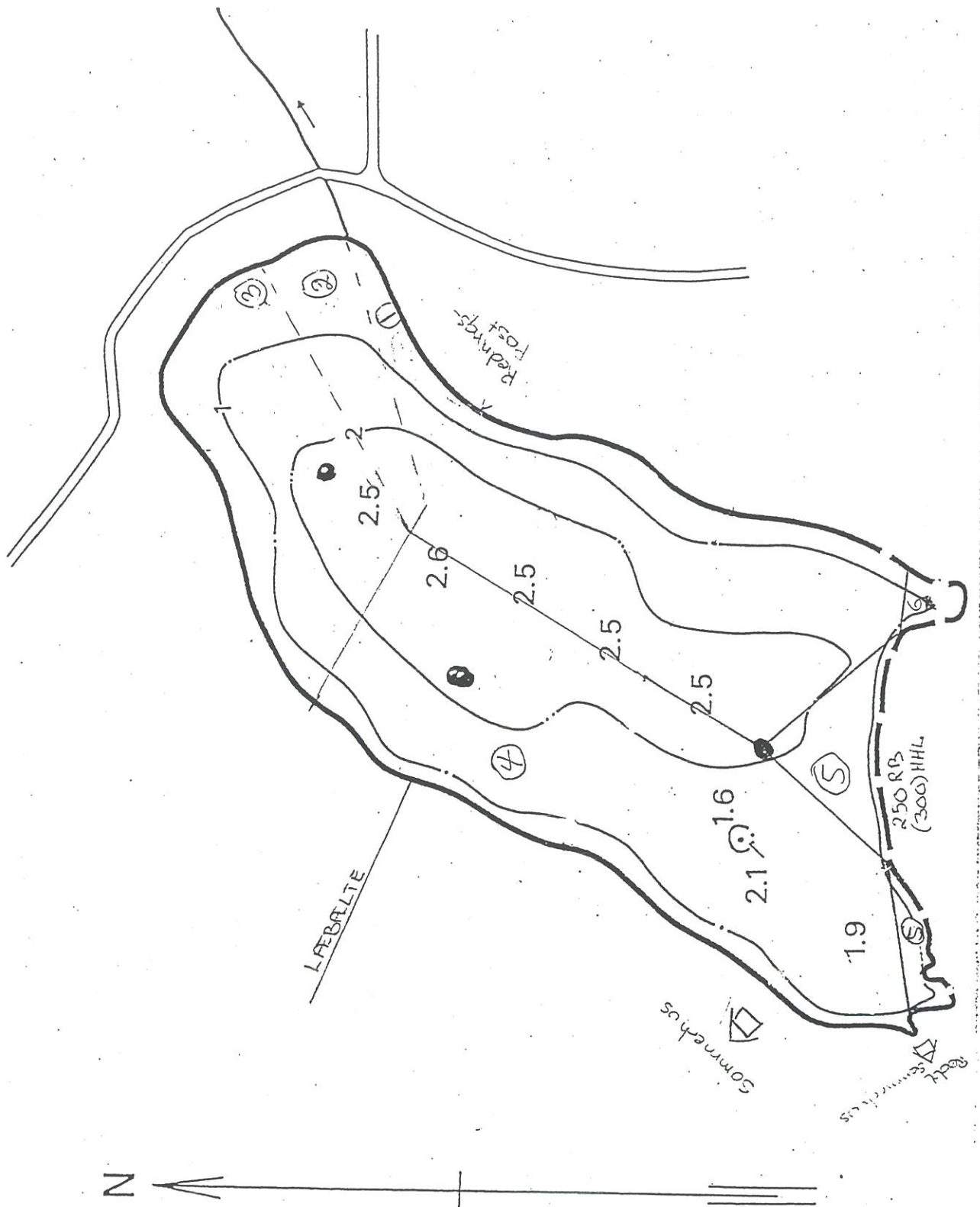
AMT: Nordjylland ÅR: 1993 til 1996

ID-Kode	Art	Dansk navn	1993	1994	1995	1996
Fontinam2	Fontinalis sp	Kildemos	X	X	X	X
Isoe Lacb4	Isoetes lacustris	Sortgrøn Brasenføde	X	X		X
Poly Ampb4	Polygonum amphibium	Vand-Pileurt	X	X	X	X
Hydr Vulb4	Hydrocotyle vulgaris	Vandnavle	X	X	X	X
Litt Unib4	Littorella uniflora	Strandbo	X	X	X	X
Lobe Dorb4	Lobelia dortmanna	Lobelie	X	X	X	X
Junc Bulb4	Juncus bulbosus	Liden Siv	X	X	X	X
Spar Emeb4	Sparganium emersum	Enkelt Pindsvineknop	X			
Eleo Palb4	Eleocharis palustris	Almindelig Sumpstrå	X	X	X	X
Myri Galb4	Myrica gale	Mose-Pors	X	X	X	X
Junc Artb4	Juncus articulatus	Glanskapslet Siv	X	X		
Batrachzb4	Batrachium sp.	Art af vandranunkel	X			
Lemn Minb4	Lemna minor	Liden Andemad	X			
Acor Calb4	Acorus calamus	Kalmus	X	X	X	X
C Rostrab4	Carex rostrata	Næb-Star	X	X	X	X
Nitellazp4	Nitella sp.	Art af Glanstråd	X	X	X	X
		Krybende ranunkel		X	X	
		Rørgræs		X	X	X
		Dusk Fredløs		X	X	X
		Vandmynte		X		
		Nedbøjet ranunkel		X	X	
		Kærsnerre		X		
		Smalbladet ærenpris		X		
		Forglemmigej sp.		X		
		Mannasødgræs		X		
		Kragefod		X	X	X
		Vedbendvandranunkel		X		
		Bukkeblad		X	X	
		Sværtvæld		X		
		Pindsvineknop sp		X	X	
		Hårtusindblad				X
		Pil	X			X
		Alm Fredløs	X			X
		Gærdesnerle		X	X	

DECORÅDER 7994

1 : 5000
Forslånd 1,414 ~ 1:3536

Bilag 13 fortsat



Bilag 14

Vandbalance Hornum sø 1996

Dato	Datevalue	måned	Vandspejl kote DNN i m	Vandspejlsændring i mm	nedbør mm	fordampn mm	af/tilstr mm	areal m ²	Q-nedbør m ³	Q-til/fra m ³	Q-til/fra l/s
01/01/1996	35065		45.93								
01/02/1996	35096	januar	46.19	267.9	10	5	263	112592	1126	29596	11.05
01/03/1996	35125	februar	46.02	-171.0	22	11	-182	112592	2477	-20495	-8.1795
01/04/1996	35156	marts	45.93	-95.0	6	25	-76	112592	676	-8554	-3.3002
01/05/1996	35186	april	45.95	18.9	7	51	63	112592	788	7077	2.6423
01/06/1996	35217	maj	45.85	-93.0	81	62	-112	112592	9120	-12612	-4.8656
01/07/1996	35247	juni	45.75	-102.8	27	89	-41	112592	3040	-4599	-1.7743
01/08/1996	35278	juli	45.63	-115.5	30	105	-40	112592	3378	-4555	-1.7006
01/09/1996	35309	august	45.57	-62.8	63	93	-33	112592	7093	-3688	-1.3771
01/10/1996	35339	september	45.52	-52.5	54	40	-67	112592	6080	-7487	-2.8886
01/11/1996	35370	oktober	45.58	61.4	85	15	-9	112592	9570	-965	-0.3603
01/12/1996	35400	november	45.67	85.0	100	7	-8	112592	11259	-901	-0.3475
01/01/1997	35431	december	45.69	25.7	36	2	-8	112592	4053	-933	-0.3483
SUM				-233.7	521	505	-250	112592	58660	-28116	-0.8891

Hornum sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet								
Sigtdybde - sommer (1/5 - 30/9)								
Sigtdybde, tidsvægtet gennemsnit (m)	1,81	1,10	2,68	2,30	2,39	1,79	1,74	1,66
Sigtdybde, 50 % fraktil (m)	1,88	0,97	2,65	2,40	2,40	1,80	1,78	1,55
Største sigtdybde (m)	2,05	1,60	2,9	2,7	2,7	2,3	2,8	2,5
Mindste sigtdybde (m)	1,05	0,80	2,5	1,8	2,2	1,2	1,35	0,7
Fosfor - sommer (1/5 - 30/9)								
Total fosfor, tidsvægtet gennemsnit (µg P/l)	66	74	27	38	29	114	55	58
Total fosfor, 50% fraktil (µg P/l)	66	69	27	34	30	60	53	60
Total fosfor, max. (µg P/l)	106	98	39	52	43	540	91	100
Total fosfor, min. (µg P/l)	45	53	15	22	14	38	39	29
Opløst fosfat, tidsvægtet gns. (µg P/l)	6	7	5	4	5	49	13	13
Opløst fosfat, 50% fraktil (µg P/l)	6	6	3	4	3	8	8	11
Opløst fosfat, max. (µg P/l)	10	9	12	7	13	460	62	40
Opløst fosfat, min. (µg P/l)	2	2	2	3	2	2	2	1
Kvælstof - sommer (1/5 - 30/9)								
Total kvælstof, tidsvægtet gns. (µg N/l)	944	1360	575	660	527	943	936	970
Total kvælstof, 50% fraktil (µg N/l)	918	1203	583	665	540	870	910	910
Total kvælstof, max. (µg N/l)	1100	2080	1140	930	590	1220	1190	1380
Total kvælstof, min. (µg N/l)	810	770	108	500	440	660	730	810
Klorofyl a - sommer (1/5 - 30/9)								
Klorofyl a, tidsvægtet gennemsnit (µg/l)	23	50	6	7	3	25	7	8,5
Klorofyl a, 50% fraktil (µg/l)	17	46	3	8	2	18	6	6
Klorofyl a, max. (µg/l)	73	108	15	12	4	75	15	24
Klorofyl a, min. (µg/l)	4	20	1	3	2	6	2	3
Øvrige parametre - (1/5 - 30/9)								
pH, tidsvægtet gennemsnit	6,51	6,72	6,21	6,42	6,45	7,14	7,23	7,71
Total alkalinitet, tidsvægtet gns. (meq/l)	0,17	0,12	0,13	0,020	0,11	0,19	0,23	0,23
Silikat, tidsvægtet gennemsnit (mg/si/l)	0,13	0,26	0,11	0,10	0,15	0,15	0,19	0,18
Suspenderet stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,3	6,96	4,17	7,68
Glødetab af susp. stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					1,9	5,8	2,84	5,48
Nitrat+nitrit+kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	66	79	153	153	16	31	37	24
Ammonium-kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	19	11	18	18	11	21	27	14

Bilag 15 tidsvægtede gennemsnit af planktonbiomasse

Hornum Sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Fytoplankton - sommer (1/5-30/9)								
Total biomasse (mm ³ /l) Tidvgtgns.	19,9	28,7	3,34	12,9	0,442	12,0	2,94	4,86
Biomasse (mm ³ /l) fordelt på klasser Tidsvægtede gennemsnit								
CYANOPTYTA	13,9	12,1	0,068	8,40	0,007	0,608	0,277	0,554
CRYPTOPHYCEAE	0,101	0,201	0,039	0,151	0,004	0,348	0,337	0,375
DINOPHYCEAE	0,794	12,4	0,164	0,818	0,155	7,76	0,410	0,041
CHRYSOPHYCEAE	0,055	0,037	0,070	0,042	0,066	0,714	0,009	0,004
DIATOMOPHYCEAE					0,001	0,034	0,780	0,022
EUGLENOPHYCEAE							0,121	0,047
CHLOROPHYCEAE	4,82	0,916	2,07	2,7	0,162	2,53	1,01	3,81
Ubestemte	0,229	3,03	0,929	0,776	0,046	0,041		
Fytoplankton - hele året								
Total biomasse (mm ³ /l) Tidvgtgns.	10,3	15,2	3,39	6,75	0,677	6,44	2,35	4,33
Biomasse (mm ³ /l) fordelt på klasser Tidsvægtede gennemsnit								
CYANOPTYTA	6,28	5,94	0,039	3,90	0,170	0,447	0,179	0,400
CRYPTOPHYCEAE	0,060	0,181	0,026	0,075	0,047	0,222	0,603	1,01
DINOPHYCEAE	0,358	6,22	0,163	0,423	0,090	3,70	0,217	0,22
CHRYSOPHYCEAE	0,154	0,280	0,069	0,029	0,170	0,532	0,186	0,687
DIATOMOPHYCEAE						0,047	0,450	0,014
EUGLENOPHYCEAE							0,064	0,025
CHLOROPHYCEAE	2,727	0,644	1,90	1,35	0,133	1,45	0,646	2,181
Ubestemte	0,732	1,95	1,19	0,930	0,066	0,049		
Zooplankton - sommer (1/5-30/9)								
Total biomasse (µgDW/l) Tidsvægtede gennemsnit	690	88,0	598	690	323	735	336	440
Biomasse (µgDW/l) fordelt på taxo- miske grupper Tidvgtgns.								
ROTATORIA	11,1	40,4	17,2	12,5	4,25	45,7	102	79,5
CLADOCERA	373	29,2	215	351	96,8	421	132	219
CALANOIDA	304	18,5	365	327	222	269	102	122
CYCLOPOIDA	1,41					0,001	0,210	19,9
Zooplankton - hele året								
Total biomasse (µgDW/l) Tidsvægtede gennemsnit	529	97,8	457	555	312	458	315	345
Biomasse (µgDW/l) fordelt på taxonomiske grupper Tidvgtgns.								
ROTATORIA	19,5	33,0	11,0	7,29	9,64	52,5	80,2	63,7
CLADOCERA	241	16,0	135	281	79,2	202	82,0	125
CALANOIDA	268	48,7	311	266	223	203	149	122
CYCLOPOIDA	0,670						4,14	35,0

Bilag 16, Metoder

Prøvetagningsprogrammet for 1996 har for begge søer omfattet i alt 17 prøvetagninger med "stratificeret" prøvetagningsfrekvens, der omfatter månedlige prøvetagninger i perioden 1/10 - 31/3 og prøvetagning med 14 dages interval i perioden 1/4 - 30/9. Perioden, hvor søernes dynamik formodes at være størst, undersøges således med den største intensitet. De overordnede principper for programmet er beskrevet i Miljøstyrelsens redegørelse 2/1993. (Miljøstyrelsen 1993).

2.1 Stationsnet i søerne

I hver sø er der udlagt i alt fire stationer. En hovedstation (H) på søens dybeste punkt, hvor der udføres profilmålinger og udtages prøver til kemianalyse og bestemmelse af fytoplanktons artssammensætning og volumen. Desuden tre stationer A, B og C, hvor udtagning af prøver til bestemmelse af zooplanktons artssammensætning og biomasse er foretaget. Stationernes placering er fastlagt efter retningslinierne i DMU's tekniske anvisning for prøvetagning (Kristensen et. al. 1990). Stationernes placering i de to søer er angivet på kortbilag 2 og 9.

2.2 Feltmålinger

Ved hver prøvetagning er følgende registreret:

- Meteorologiske forhold (lufttemperatur, skydække, vindstyrke og -retning samt nedbør).
- Vandstand (på skala indnivelleret i forhold til Dansk Normal Nul (DNN)).
- Sigtdybde på hovedstationen og de tre zooplanktonstationer (målt med secchiskive).
- Profilmålinger af vandtemperatur og iltkoncentration.
- Den aktuelle dybde på hovedstation og zooplanktonstationer (målt med ekkolod).

Hvis temperaturprofilerne viser lagdeling er der foretaget profilmålinger af pH.

2.3 Prøveudtagning (vandkemi og biologi)

Vandprøver er udtaget med en hjerteklapvandhenter med et volumen på 3 l. Der er udtaget delprøver, som er puljet. I Madum sø er der udtaget delprøver i 0.2, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 m dybde og i Hornum sø i 0.2, 1.0, 2.0 m dybde.

Delprøverne er blandet og herfra er udtaget en prøve (0,4 l) som er konserveret med en sur lugol opløsning til bestemmelse af fytoplanktons artssammensætning, antal og volumen. Desuden er

Bilag 16, Metoder, Madum og Hornum søer

udtaget en prøve (5 l) til kemianalyse (Hygiejnisk forvaltning Aalborg). Der er analyseret for følgende parametre:

	ufiltreret	filtreret
pH ved 25 °C	X	
Totalalkalinitet (-aciditet)	X	
Ammonium-kvælstof		X
Nitrit+nitrat-kvælstof		X
Totalkvælstof	X	
Opløst fosfat-fosfor		X
Totalfosfor	X	
Silikat - silicium	X	
Suspenderet stof	X	
Glødetab af suspenderet stof	X	
COD partikulært	X	
Klorofyl-a	X	

Som supplement til de kvantitative prøver til fytoplankton- og zooplanktonundersøgelser er der på hovedstationen endvidere foretaget horisontale og vertikale træk med planktonnet (maksediameter 20µm og 140µm) til artsbestemmelse af ikke så hyppigt forekommende arter.

På zooplanktonstationerne A, B og C er der ligeledes udtaget delprøver med hjerteklapvandhenter. I Madum sø er der udtaget delprøver i 0,5, 1,5, 2,5, 3,5, 4,5 m dybde og i Hornum sø i 0,5, 1,5, 2,5 m dybde. Delprøverne fra alle tre stationer er puljet. Fra den puljede prøve er der udtaget en prøvemængde (0,9 l i Hornum sø og 1,8 l i Madum sø) til sedimentation, hvor det mindste zooplankton (hjuldyr) artsbestemmes og kvantificeres, samt en prøvemængde (4,5 l i Hornum sø og 9 l i Madum sø) som er filtreret på 90µm net. Filtret er herefter skyllet ned i en 100 ml glasflaske. Dette koncentrat anvendes til artsbestemmelse og kvantificering af cladoccer og copepoder. Begge prøvetypers indhold er konserveret med sur lugol.

2.4 Vegetationsundersøgelser

I begge søer er der i august udført vegetationsundersøgelser efter teknisk anvisning nr. 6, DMU 1993 (Moeslund et. al. 1993). I 1996 er anden udgave af anvisningen benyttet (Moeslund et. al. 1996). Madum sø er i forbindelse med undersøgelserne inddelt i 11 delområder mens Hornum sø er inddelt i 6 delområder, se bilag 5 og 13. I modsætning til de senere års undersøgelser er der i 1993 anvendt dykker. Dækningsgrader og plantehøjder på vanddybder over 1.5 - 4 m, afhængig af sigtforhold, er bedømt ved hjælp af "Sigurd Olsen rive". I 1995 er riven blevet modificeret med en modvægt, så hver prøvetagning repræsenterer et punkt i modsætning til et skrab af varierende længde. Data vedr. vegetationsundersøgelserne i 1996 findes i bilag 5 og 13.

2.5 Beregninger vedr. vandkemi.

Der er beregnet tidsvægtede gennemsnit for alle fysiske og kemiske analyseparametre. Herved korrigeres værdierne for forskellene i prøveintervallerne i den stratificerede prøvetagning. Det tidsvægtede gennemsnit beregnes som:

$$\text{sum}((T_j - T_{(j-1)}) * (X_j + X_{(j-1)})/2)/\text{ant.dage},$$

hvor

$$T_j - T_{(j-1)} = \text{antal dage mellem to prøvetagninger}$$

$X_j, X_{(j-1)}$ = koncentrationen af X på de to prøvetagningsdatoer
Antal dage = i midlingsperioden, år, sommer eller vinter

De beregnede værdier fremgår af bilag 7 og 15.

2.6 Behandling og beregninger af biologiske prøver.

Artsbestemmelse og kvantificering af fytoplankton og zooplankton er udført på et omvendt mikroskop i Miljøkontorets eget laboratorie efter retningslinjerne i Miljøprojekt nr. 187 (Olrik 1991) og Miljøprojekt nr. 205 (Hansen et. al.1992). Data er oplagret og behandlet i "Algesys", Bio/consult 1992. Resultaterne af undersøgelserne i 1996 findes på tabelform i bilag 4 og 12, samt som tidsvægtede middelværdier i bilag 7 og 15.

2.7 Vandbalance og belastningsforhold

Madum og Hornum Sø er beliggende i et morænelandskab fra sidste istid. NØ for Madum Sø og NV for Hornum Sø er en rand moræne, der indikerer isen har gjort hold i en linie, der strækker sig fra Hornum Sø til NØ for Madum Sø. Isen har afsat en smeltevandsslette mod SV.

Ud fra geologiske boringer ses en direkte kontakt mellem smeltevandssand og den underliggende kalk. Stedvis er kalken og smeltevandssandet adskilt af et ler lag.

Madum Sø er beliggende øverst i Lindenberg Å-system. Den indgår i et kompleks af grundvandsoplande, der omfatter oplande til Korvads Bæk, Ravnkilde, Store og Lille Blåkilde. Søen har ikke noget overflade til- eller afløb kun et antal mindre skovgrøfte og et temporært afløb Asp Bæk i søens nordlige ende. Asp Bæk er kun vandførende for vandstande højere end 37 meter over DNN.

Hornum Sø er beliggende i oplandet til Øster Å-systemet dog uden at stå i direkte forbindelse hermed. Søen har hverken til- eller afløb. Et tidligere afløb "en grøft" er nu blokeret og hermed uvirksom. Søen har således ingen fast overløbskote.

Da søerne er to lukkede systemer uden til og afstrømning kan paradigmaet for stof- og

vandbalance med hensyn til fra og tilstrømning til søerne ikke afrapporteres.

Der foreligger ikke detaljerede geologiske og hydrogeologiske undersøgelser for søerne og deres opland. Derfor er det ikke muligt at opstille et detaljeret vand- og stofbalance regnskab for søerne.

I lighed med tidligere år, er der foretaget et estimat over søernes vandbalance under følgende forudsætninger.

- 1) Den arealspecifik afstrømning for søens opland sættes lig med den arealspecifik afstrømning for nærmeste sammenlignelig opland, der indgår i overvågningsprogrammet for vandløb og kilder.
- 2) Fordampning = Nedbør
- 3) Udsivning = Indsivning
- 4) Næringsstofkoncentrationerne i det udsivende vand = koncentrationerne af de opløste uorganiske fraktioner i søvandet.
- 5) Søens vandstand er konstant fra år til år.

Estimaterne over søernes vandbalance ligger til grund for den del af massebalancen som omfatter arealbidraget. Samtidig er der i beregningerne taget højde for forskelle med hensyn til oplandsareal og omfanget af spredt bebyggelse i søernes og de sammenlignelige oplande. Belastningen af søerne omfatter derfor estimater over bidrag fra luften (deposition direkte på søen) og det estimerede arealbidrag inklusive bidrag fra spredt bebyggelse. I overvågningsprogrammet indgår målinger af det atmosfæriske nedfald, og foreløbige data for kvælstof er anvendt. For fosfor er anvendt erfaringstal.

Fosfor: 0,20 kg P ha⁻¹ år⁻¹
Kvælstof: 20,0 kg N ha⁻¹ år⁻¹

Belastningen fra spredt bebyggelse beregnes som:

$$\text{Antallet af huse i oplandet} \cdot 3 \text{ PE} \cdot 50 \% \text{ reduktion} \cdot 1,31 \text{ kg} \frac{\text{P}}{\text{PE}} \text{ år}$$

$$\text{Antallet af huse i oplandet} \cdot 3 \text{ PE} \cdot 50 \% \text{ reduktion} \cdot 4,0 \text{ kg} \frac{\text{N}}{\text{PE}} \text{ år}$$

2.1.2 Vandbalance for søerne

Som supplement til ovenstående er der opstillet en vandbalance på måned og årsbasis baseret på en simpel vandbalance model, hvor nedbør, fordampning og registreret vandstandsændring indgår.

For begge søer gælder, at de er stærkt grundvandspåvirket.

Der antages;

- at være et frit grundvandsmagasin, der står i direkte kontakt til søerne.
- at det topografiske opland er lig grundvandsoplandet.
- at søvandsspejlet er et udtryk for grundvandsspejlet.
- at en vandstandssænkning i søen er lig en grundvandssænkning i oplandet.
- at reservoir ændringen over året er nul.

Vandbalance ligningen har formen:

$$H (N F) \pm A_{\circ} = 0$$

2.1.3 Vand- og stofbalance Madum Sø.

Vandbalancen for Madum Sø er beregnet ud fra en antagelse om underjordisk vandtilstrømning til søen fra det opgjorte topografiske opland, med en areal specifik afstrømning svarende til Lille Blåkildes. Arealudnyttelsen for Madum sø og Lille Blåkilde er stort set identiske.

Følgende data fra 1996 fra Lille Blåkilde er anvendt;

Oplandsareal:	1180 ha
Middel vandføring:	90.4 l/s
Middel koncentration for Total kvælstof:	1,76 mg N l ⁻¹
Middel koncentration for Total fosfor:	5,0 µg P l ⁻¹
Spredt Bebyggelse:	12 huse
	2 gårde

Basiskoncentrationen for oplandet til Lille Blåkilde kan herefter beregnes til :

$$\frac{\text{Bidrag fra det åbne land} \quad \text{Bidraget fra spredt bebyggelse / år}}{\text{Vandføring / år}}$$

d.v.s.

$$\text{Total kvælstof} \quad \frac{5051 \text{ kg} \quad 84 \text{ kg}}{1.989 \cdot 10^7 \text{ m}^3} \quad 1,731 \text{ mg N l}^{-1}$$

$$\text{Total fosfor} \quad \frac{14,3 \text{ kg} \quad 27,5 \text{ kg}}{1,989 \cdot 10^7 \text{ m}^3} \approx 4,58 \text{ mikro.g P l}^{-1}$$

For oplandet til Lille Blåkilde beregnes en arealspecifik afstrømning på :

Bilag 16, Metoder, Madum og Hornum søer

$$90.4 \text{ l/s} / 1180 \text{ ha} = 0,076 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$$

Indsivningen til Madum sø beregnes til: $818 \text{ ha} \cdot 0,076 \text{ l/s ha}^{-1} = 62.6 \text{ l s}^{-1}$

Den specifikke indstrømning er: $62,6 \text{ l/s} / 8.18 \text{ km}^2 = 7.6 \text{ l s}^{-1} \text{ pr. km}^2$

Indsivningen på $62,6 \text{ l s}^{-1}$ betyder for Madum sø en årlig vandtilførsel på $1,98 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Søvolumet er opgjort til $6,152 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Udsivningen er forudsat svarende til indsivning således at nedbør er lig fordampning og magasinændringen er nul. Opholdstiden for søen kan beregnes til 3.12 år.

	N		P	
	tons N/år	%	kg P/år	%
Basisbidrag	3.44	44.5	0.0	0
Spredt bebyggelse	0,1	1	27,5	39
Luftbidrag	4,24	54.5	42,4	61
Total tilførsel	7.78	100	69.9	100

Tabel 2.2.1 Belastningsopgørelse for Madum Sø gældende for 1996

Vurderingen af Madum Sø's massebalance- og belastningsforhold er naturligvis behæftet med en stor usikkerhed p.g.a. de store forbehold, der ligger i de forudsætninger, vandbalancen og belastningen er opgjort under. Oplandet til Madum Sø er opgjort til 8.18 km^2 .

Som det fremgår af afsnit 5.2.7 er Madum sø karakteriseret ved surt, lavalkalisk vand (sommergennemsnit for pH ligger mellem 5,2 og 6,0 mens alkaliniteten ligger mellem 0,06 og 0,16 meq/l). I modsætning hertil er Lille Blåkilde og Rold kilderne som ligger i samme region som søen, karakteriseret ved basisk (pH 7,7-8,0) og alkalisk (2,1-2,7 mmol/l) vand. Den mest sandsynlige grundvandskilde til Madum sø er derfor overfladisk liggende, primære magasiner, som ikke er i direkte kontakt med kalklaget. Sammensætningen af disse magasiner kendes imidlertid ikke.

4.2 Vand- og stofbalance Hornum Sø

Vandbalancen for Hornum sø er beregnet ud fra data fra det opland, hvori Hornum Sø indgår, det vil sige Øster Å - systemet.

Der er anvendt følgende data fra 1996 fra Øster Å - systemet:

Oplandsareal:	10.099 ha
Middelafløbstrømning:	604 l/s

Bilag 16, Metoder, Madum og Hornum søer

Arealbidrag kvælstof: 100.363 tons/år
Arealbidrag fosfor: 2.857 tons/år

Heraf beregnes arealspecifik afstrømning og koncentrationer for bidraget fra det åbne land.

Arealspecifik afstrømning: 0,060 l/s ha⁻¹
Koncentration af Total kvælstof: 5.2546 mg N l⁻¹
Koncentration af Total fosfor: 0,150 mg P l⁻¹

Herefter kan indsivningen til Hornum Sø beregnes til:

$$688 \text{ ha} \cdot 0,060 \text{ l/s ha}^{-1} = 41.21/\text{s}$$

Den specifik afstrømning er: = 5.98 l/s km²

En indsivning på 41.2 l/s svarer til en årlig tilførsel af vand på $1.298 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vand, hvilket giver søen en opholdstid på 47 dage. Søens volumen er opgjort til $167,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

	N		P	
	tons N/år	%	kg P/år	%
Basisbidrag	6.8	97	194	98.8
Spredt bebyggelse	0	0	0	0
Luftbidrag	0,2	3	2,3	1.2
Total tilførsel	7.0	100	196.3	100

Tabel 2.2.2 Belastningsopgørelse for Hornum Sø gældende for 1996

Hornum Sø's opland er opgjort til 6,88 km².

