

# Hornum Sø og Madum Sø 1997





VANDMILJØ  
OVERVÅGNING  
MADUM SØ OG HORNUM SØ  
1997

NORDJYLLANDS AMT

Datablad

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

Kontaktperson: Maria Temponeras, tlf: 96 35 14 30

Udgivelsestidspunkt: Juni 1998

Forside: Madum Sø.  
Foto: Hunderup Luftfoto  
v./ Hans Hunderup tlf :98925939

Oplagstal: 50

Sideantal: 73

Tryk: Nordjyllands Amt

ISBN-nummer: 87-7775-336-4

## INDHOLD

1. Sammenfatning .....	1
1.1 Madum Sø .....	1
1.2 Hornum Sø .....	1
2. Indledning .....	3
3. Madum sø .....	4
3.1 Historie .....	4
3.2 Madum Sø 1997 .....	5
3.2.1 Næringssalte .....	5
3.2.2 Fytoplankton .....	7
3.2.3 Zooplankton .....	7
3.2.5 Biologiske interaktioner .....	7
3.3 Udviklingstendenser .....	8
3.3.1 Næringssalte og pH .....	9
3.3.2 Fytoplankton .....	10
3.2.3 Zooplankton .....	10
3.3.4 Potentielt græsningstryk .....	11
3.3.5 Fisk .....	12
3.3.6 Bundvegetation .....	12
3.4 Samlet vurdering .....	13
4. Hornum sø .....	14
4.1 Historie .....	14
4.2 Hornum Sø 1997 .....	14
4.2.1 Næringssalte og pH .....	14
4.2.2 Fytoplankton .....	16
4.2.3 Zooplankton og biologiske interaktioner .....	16
4.2.4 Bundvegetation .....	17
4.3 Udviklingstendenser .....	17
4.3.1 Næringssalte og pH .....	18
4.3.2 Fytoplankton .....	19
4.3.3 Zooplankton .....	19
4.3.4 Potentielt græsningstryk .....	20
4.3.5 Fisk .....	20
4.3.6 Bundvegetation .....	20
4.4 Samlet vurdering .....	21
5. Referencer .....	23
7. Bilag .....	25

## **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.
8. Metoder Madum og Hornum søer
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.

# 1. Sammenfatning

## 1.1 Madum Sø

Der forekommer i Madum Sø i perioden 1989 - 1997 to typiske tilstande:

- 1) Karakteriseret ved god sigtdybde, ofte til bunden, lav fytoplanktonbiomasse og højt potentielt græsningstryk. Denne tilstand forekommer i 1989, 1991, 1996 og 1997.
- 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 sandsynligvis mængden af zooplanktonædende aborrengel der afgør om søen er i tilstand 1) eller 2).

De generelle krav til søens recipientkvalitet er opfyldt. Det specifikke krav til sommersigtdybden (> 3 m) er opfyldt i 8 ud af 9 år i overvågningsperioden.

År	Ssigtdybde (m)*	Fytoplankton biomasse (mg/l)*	Zooplankton biomasse (µgDW/l)*	Total fosfor (µg/l)*	Dybdegrænse, mosser (m)	Relativ Plantedækket Areal (%)
1989	6,3	1,3	406	26		
1990	4,7	3,9	105	26		
1991	4,9	0,9	339	21		
1992	2,7	6,1	162	36		
1993	5,0	1,9	165	29	bund (>7,3)	57
1994	5,7	2,2	145	27	bund (>7,3)	44
1995	3,8	20,7	58	31	5,5	54
1996	5,5	0,7	364	29	bund (>7,3)	52
1997	4,2	1,5	180	24	bund (>7,3)	44

Tabel 1.1: Samleskema med nøgletal for Madum sø i overvågningsperioden. \* angiver tidsvægtede sommermiddelværdier.

## 1.2 Hornum Sø

I Hornum Sø forekommer der i perioden 1989 - 1997 to typiske sommersituationer.

- 1) Karakteriseret ved generelt god sigtdybde (ofte til bund), uden forekomst af vandblomst. Denne tilstand forekommer i 1991, 1992 og 1993.
- 2) 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 i perioden 1994 - 1997.

Skiftet mellem de to tilstande hænger tilsyneladende sammen med de ændringer i fosforniveauet, der er indtrådt i 1990/91 og igen mellem 1993 og 1994. Fosforniveauet er koblet til den eksterne fosforbelastning, der som følge af lavere afstrømning var lav de tre klarvandede år.

Søen bevægede sig i 1991 fra en fytoplanktondomineret tilstand til en tilstand som er i overensstemmelse med recipientmålsætningen. I 1994 faldt søen tilbage igen, og i årene derefter har tendensen været henimod større fytoplanktonbiomasse og ringere sigtddybde.

Det specifikke krav til sommersigtddybden (>2 m) var kun opfyldt i 1991-93. Det tyder på at det er de lave afstrømninger, og dermed lave fosfortilførsler i perioden fra 1991 til 1993 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 der kun været vist en ringe interesse fra lodsejerens side for de miljøvenlige støtteordninger denne udpegelse åbnede mulighed for. I 1997 påbegyndte Nordjyllands Amt et Større Natur Genopretnings projekt (SNG) omkring søen, igen med henblik på en ekstensivering af landbrugsdriften.

År	Ssigtddybde (m)*	Fytoplankton biomasse (mg/l)*	Zooplankton biomasse (µgDW/l)*	Total fosfor (µg/l)*	Dybdegrænse, mosser (m)	Relativ Plantedækket Areal (%)
1989	1,8	19,9	690	66		
1990	1,1	28,7	88	74		
1991	2,7	3,34	598	27		
1992	2,3	12,9	690	38		
1993	2,4	0,4	323	29	bund (>2.6)	61
1994	1,8	12,0	735	114	bund (>2.6)	40
1995	1,7	2,9	336	55	bund (>2.6)	77
1996	1,7	4,9	440	58	bund (>2.6)	64
1997	1,3	16,5	510	75	2,0	34

Tabel 1.2: Samleskema med nøgletal for Hornum sø i overvågningsperioden. \* angiver tidsvægtede sommermiddelværdier.



## 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.

Denne rapport behandler resultaterne af overvågningsprogrammet i perioden 1989 - 1997 for Madum og Hornum søer.

## 3. Madum sø

### 3.1 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 Gjerdings egnhistorie for Hellum 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.

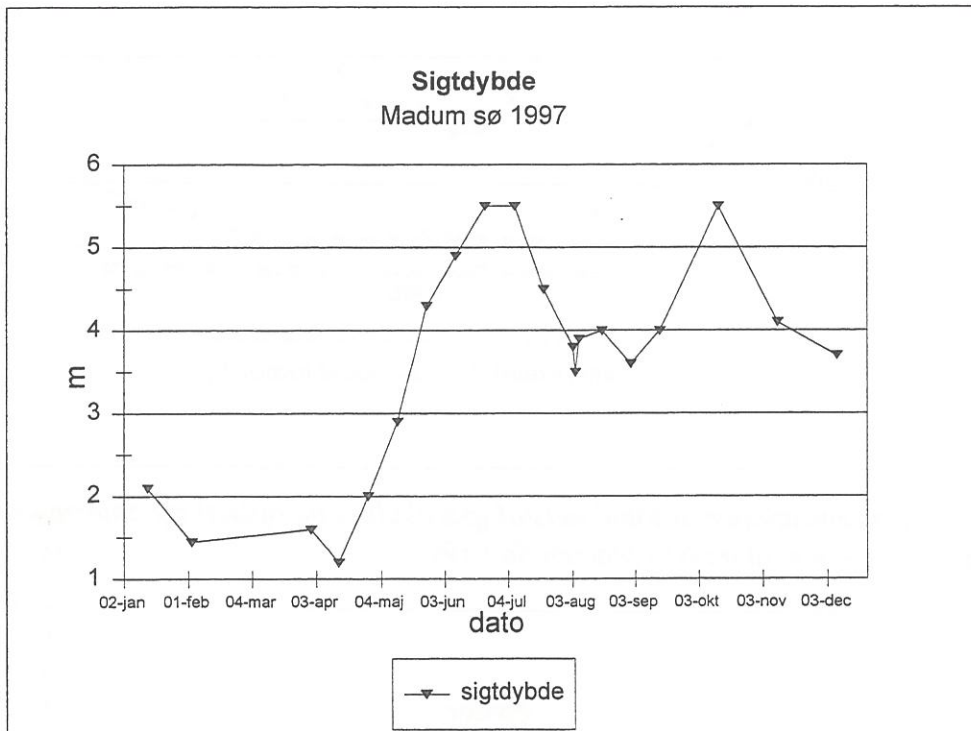
Der har omkring 1967 været udledning af spildevand fra en feriekoloni ved søens NØ-side, hvilket gav anledning til "lokal forurening" (Iversen, 1969 i Larsen et. al. 1980). Der foreligger ikke kvantitative oplysninger vedrørende dette.

Nordjyllands amt har i 1980 gennemført en "søkartering" af Madum sø (Larsen et. al. 1980). Heri beskrives søens vegetationsbælter ud fra ét transekt. Resultatet viser at zonen med grundskudsplanter 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, lobelie-sø". Målsætningens krav til sommersigt dybde er større end 3 meter.

### 3.2 Madum Sø 1997

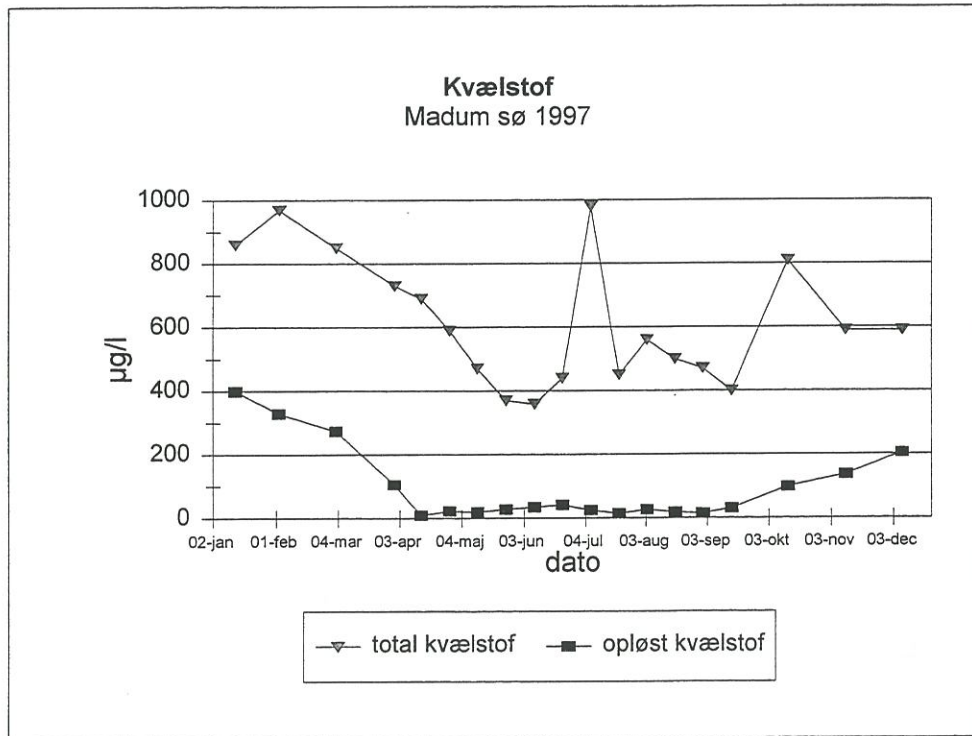
Sigt dybden i Madum sø var over 3m fra midt i maj og året ud (se fig. 3.2.1). Målsætningen for Madum sø for sommermiddelsigt dybden på 3m var således opfyldt. Sigt dybden i Madum sø er afhængig af mængden af fytoplankton. Fytoplanktonbiomassens årsmaksimum forekom i februar til maj, og der var et mindre efterårsmaksimum i august-september (se fig. 3.2.4).



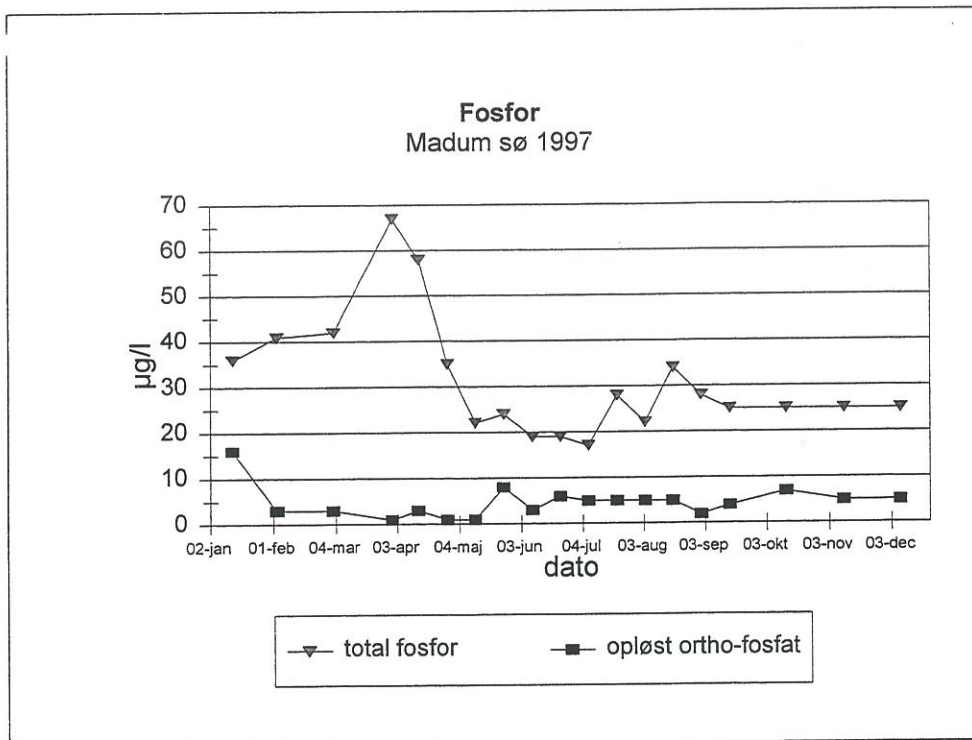
Figur 3.2.1: Udviklingen i sigt dybden i Madum Sø i 1997.

#### 3.2.1 Næringsalte

Koncentrationen af næringsalte er generelt lav i denne sø. Variationerne igennem året i kvælstof er vist på figur 3.2.2. Mængden af opløst kvælstof (nitrat og ammonium) faldt fra et højt vinterniveau til under 50 µg/l i løbet af det tidlige forår, og forblev lav indtil oktober måned. Faldet i foråret kan til dels tilskrives et fald i vandtilstrømningen og dermed i tilførslen af kvælstof fra oplandet. Temperaturstigningen betyder også en fraførsel af kvælstof ved denitrifikation. Samtidig steg fytoplanktonbiomassen voldsomt, og dermed det biologiske forbrug af opløst kvælstof. Variationerne i koncentrationen af fosforforbindelser er vist på figur 3.2.3. Niveaueet af opløst ortho-fosfat var lavt igennem hele året, og faldt til under detektionsgrænsen i foråret. Der ses meget lave koncentrationer i forbindelse med maxima i fytoplanktonbiomasse, svarende til algernes øgede forbrug af fosfat. Kurven for total fosfor afspejler dynamikken i fytoplanktonbiomassen, hvilket viser at hovedparten af det partikulære fosfor i suspension i vandfasen er indkorporeret i algerne.



Figur 3.2.2: Koncentrationer af totalkvælstof (partikulært og opløst) og opløste kvælstofsalte (nitrat/nitrit-N og ammonium-N) i Madum Sø i 1997.



Figur 3.2.3: Koncentrationer af totalfosfor (partikulært og opløst) og opløst fosfor i Madum Sø i 1997.

### 3.2.2 Fytoplankton

Sammensætningen og biomassen af fytoplankton er afbildet på figur 3.2.4, og den relative fordeling af biomassen på algegrupper er vist på figur 3.2.5. Vinterplankton i 96/97 var domineret af en picoplanktonisk chlorococcal grønalge. Forårsmaksimum var domineret af denne art, med co-dominans af furealgen *Peridinium willei*. Sommerens lave biomasse bestod af *Peridinium willei*, gulalgen *Chromulina* og forskellige chlorococcale og ulotrichale grønalger. Efterårsmaksimum var domineret af en nøgen dinoflagellat med islæt af en art af *Peridinium*. Om vinteren 97/98 bestod plankton af en picoplanktonisk chlorococcal grønalge, muligvis samme art som vinteren før, sammen med *Peridinium willei* og *Chromulina*. Den eneste anden algegruppe der spillede en rolle, omend begrænset, i Madum Sø i 1997 var rekylalgerne, der var repræsenteret i kortvarige perioder i juni og september.

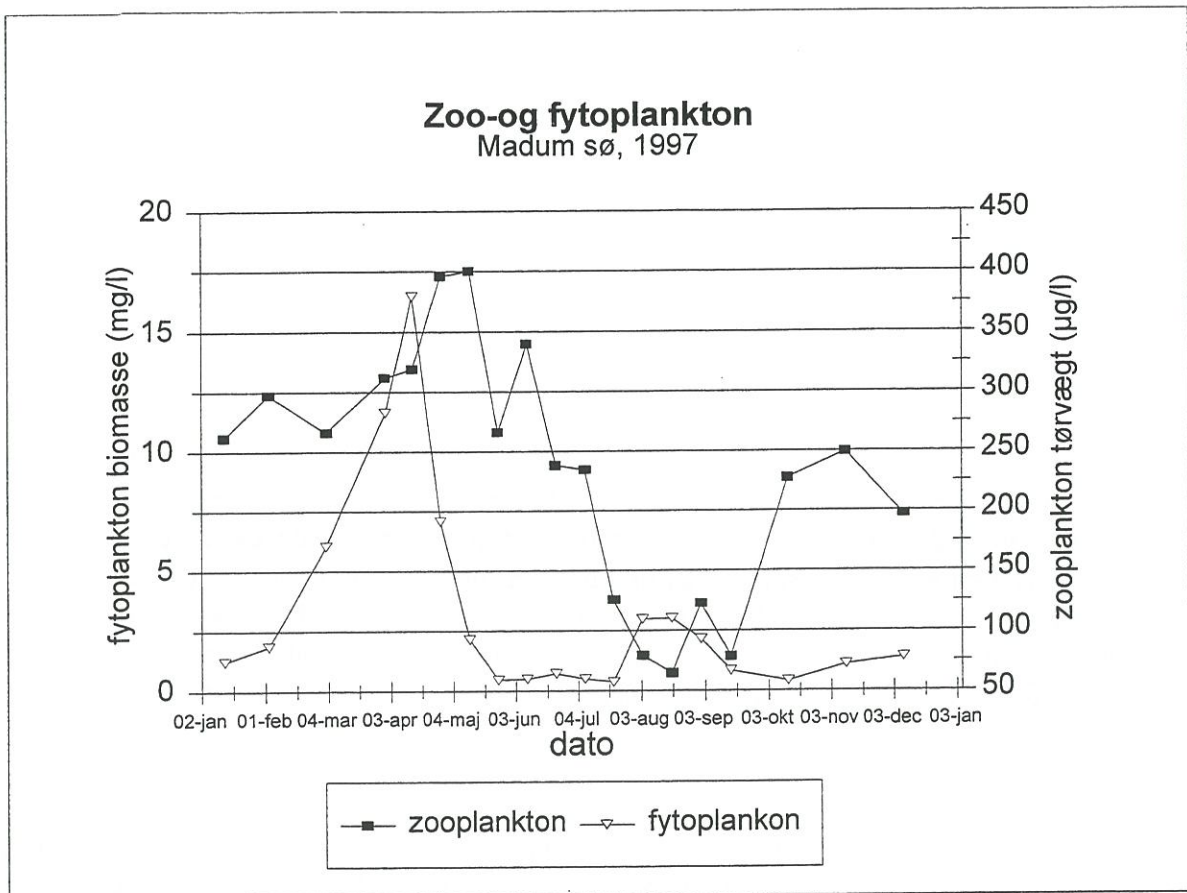
### 3.2.3 Zooplankton

Biomassen af de forskellige taxonomiske grupper af zooplankton er vist på figur 3.2.6, og deres relative mængde igennem året ses på figur 3.2.7. Biomassen faldt i sensommeren, og steg igen i oktober. Den altdominerende gruppe af zooplankton i søen var de calanoide copepoder. Cladocera var repræsenteret i sommeren og efteråret med en lille biomasse. Om efteråret var Cladocé-biomassen domineret af den store rov-daphnie *Leptodora kindtii*. I den periode i august og september hvor den totale zooplanktonbiomasse var lav, dominerede hjuldyrene biomassen. Maksimum for hjuldyrene sås umiddelbart efter furealgenes efterårsmaksimum.

### 3.2.5 Biologiske interaktioner

Variationerne igennem året i biomasserne af fytoplankton og zooplankton kan sammenlignes på figur 3.2.8. Tilsyneladende følger zooplanktonbiomassen efter fytoplanktonbiomassen, idet det absolutte zooplanktonmaksimum kommer efter fytoplanktons store forårsmaksimum, og der er også en top i zooplanktonbiomassen efter fytoplanktons efterårsmaksimum. Dette kunne tyde på "tracking" og dermed at zooplankton er reguleret af fødetilgængelighed. Samtidig ved vi fra tidligere undersøgelser at interaktioner med fiskeyngel også kan være med til at forklare mønsteret i zooplanktonmængde. Fiskeyngelens er istand til at yde et prædationstryk fra første halvdel af juli, hvor zooplankton falder meget, og prædationstrykket ophører når fiskeyngelmængden reduceres som følge af prædation fra større fisk i september/oktober, hvor zooplanktonbiomassen da også stiger igen.

Zooplanktonbiomassen var relativt høj. Den beregnede potentielle græsning af fytoplankton (fig. 3.3.4) var høj igennem hele året. Tilstedeværelsen af *Leptodora kindtii* og det lave antal af cyclopoide copepoder tyder også på et lavt prædationstryk. Det eneste tidspunkt på året hvor cyclopoide copepoder blev set i plankton var i perioden i august/september hvor prædationstrykket formodentlig var højt.



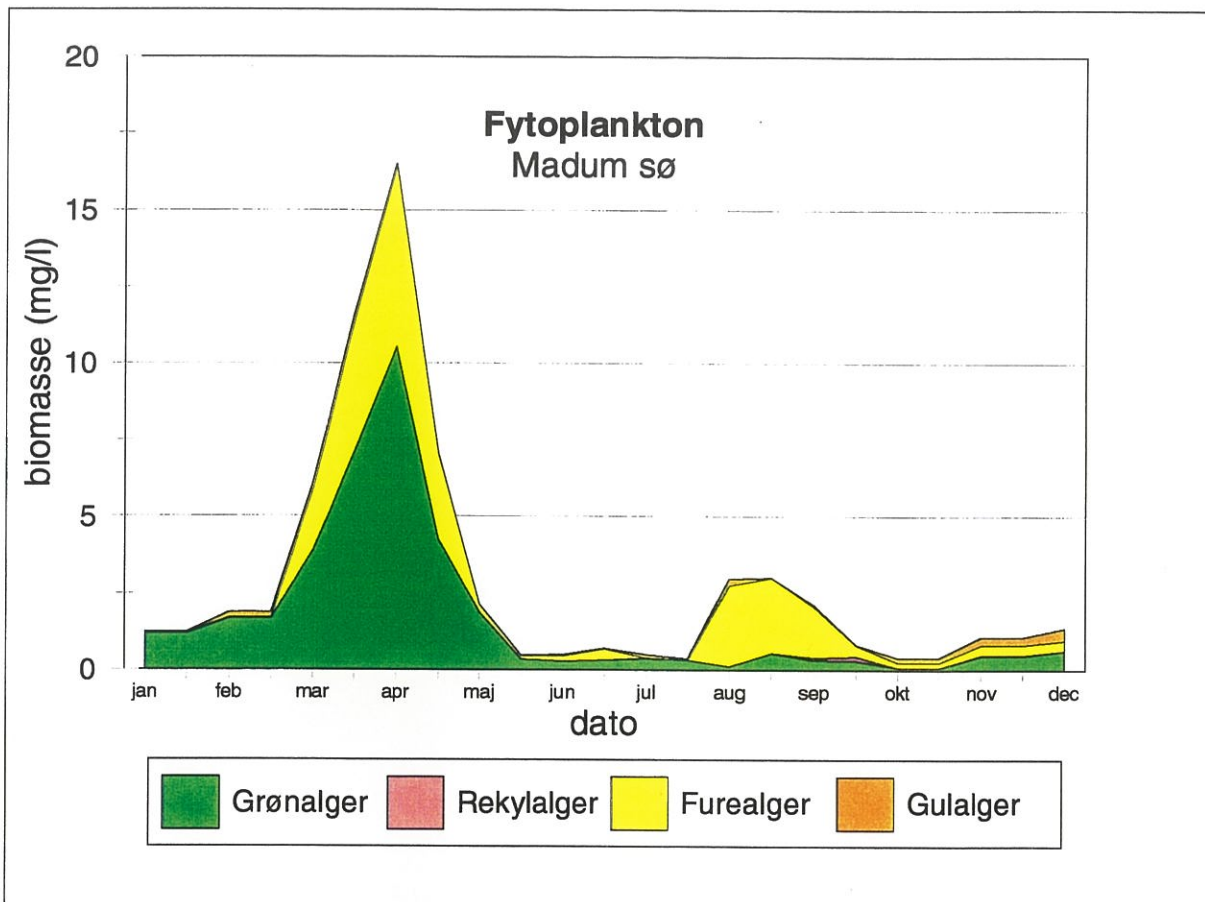
Figur 3.2.8: Biomassen af fytoplankton (mg/l) og zooplankton ( $\mu\text{g/l}$  tør vægt) i Madum Sø i 1997

### 3.3 Udviklingstendenser

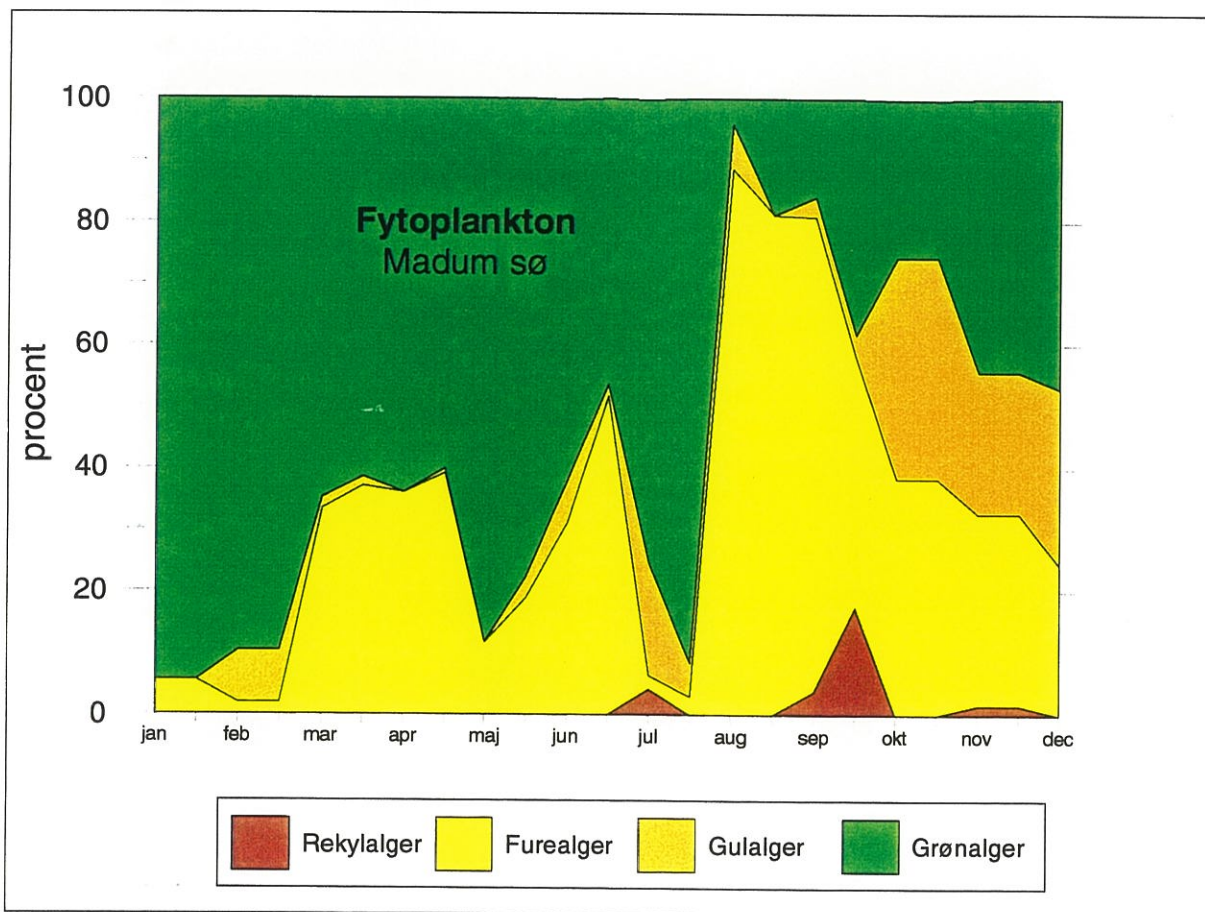
Der er ingen udviklingstendens i den gennemsnitlige sigtddybe i Madum Sø i overvågningsperioden fra 1989 til 1997 (se fig. 3.3.1). 1992 var et år med forringet sigtddybe, sommermiddelsigtddybden var 2,7 m, men de øvrige år har sigtddybden været tilfredsstillende i forhold til de fastsatte mål.

#### 3.3.1 Næringsalte og pH

Niveauet af totalfosfor placerer Madum sø blandt de mest næringsfattige i Danmark. Koncentrationerne af kvælstof- og fosforforbindelser i vandet i søen har været på et uændret niveau i hele overvågningsperioden (fig. 3.3.2 og 3.3.3). Der er ikke konstateret forsurening af søen ud fra lange tidsserier i dette århundrede.



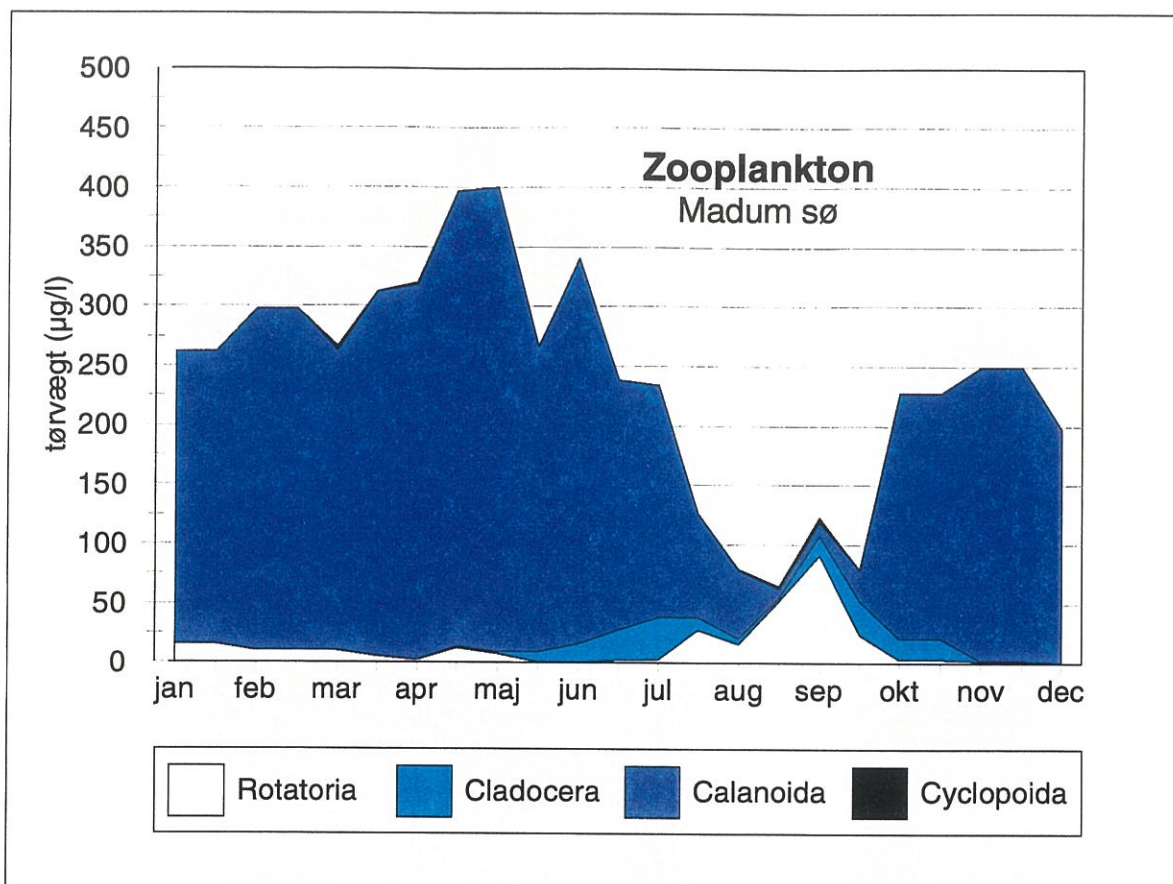
Figur 3.2.4: Fytoplanktonbiomassens fordeling på algegrupper i Madum Sø 1997.



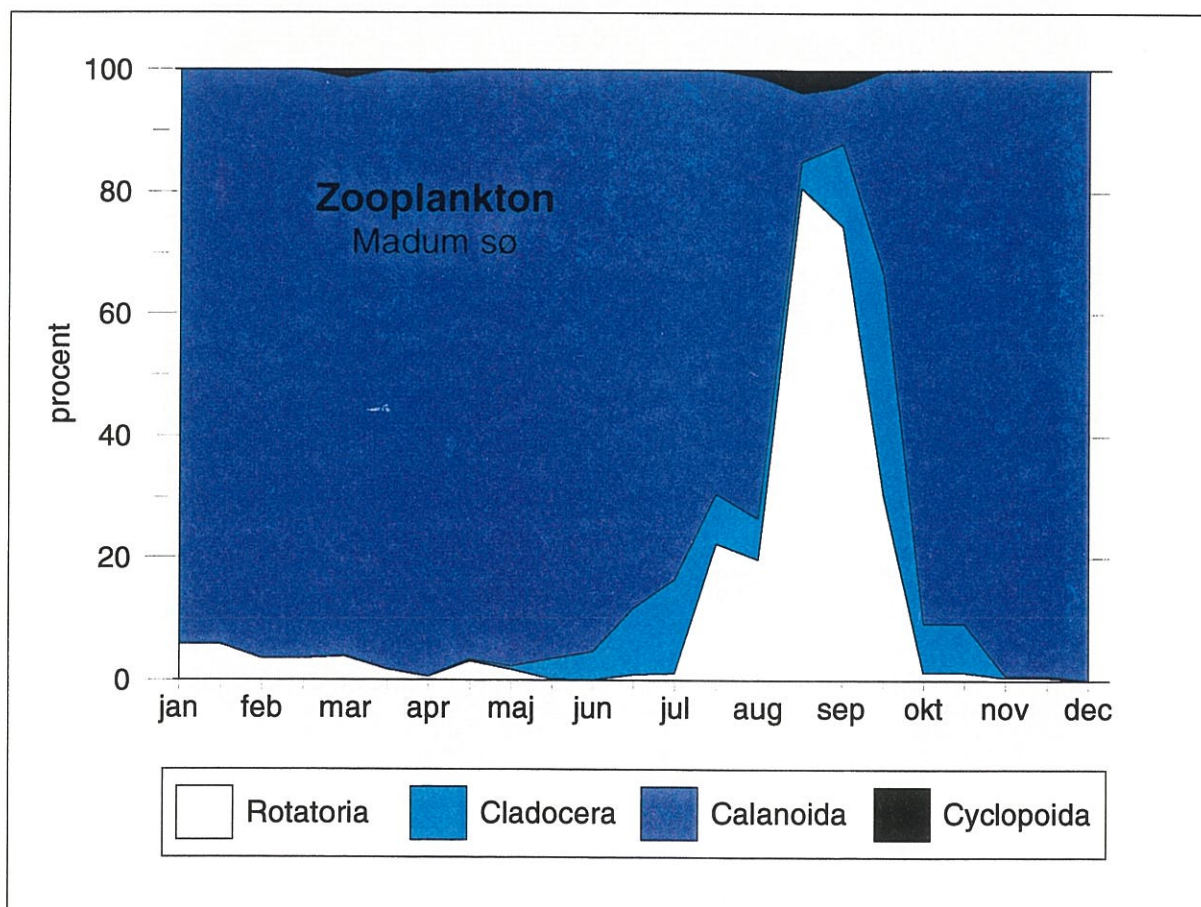
Figur 3.2.5: Algegruppernes relative andel af biomassen i Madum sø 1997.





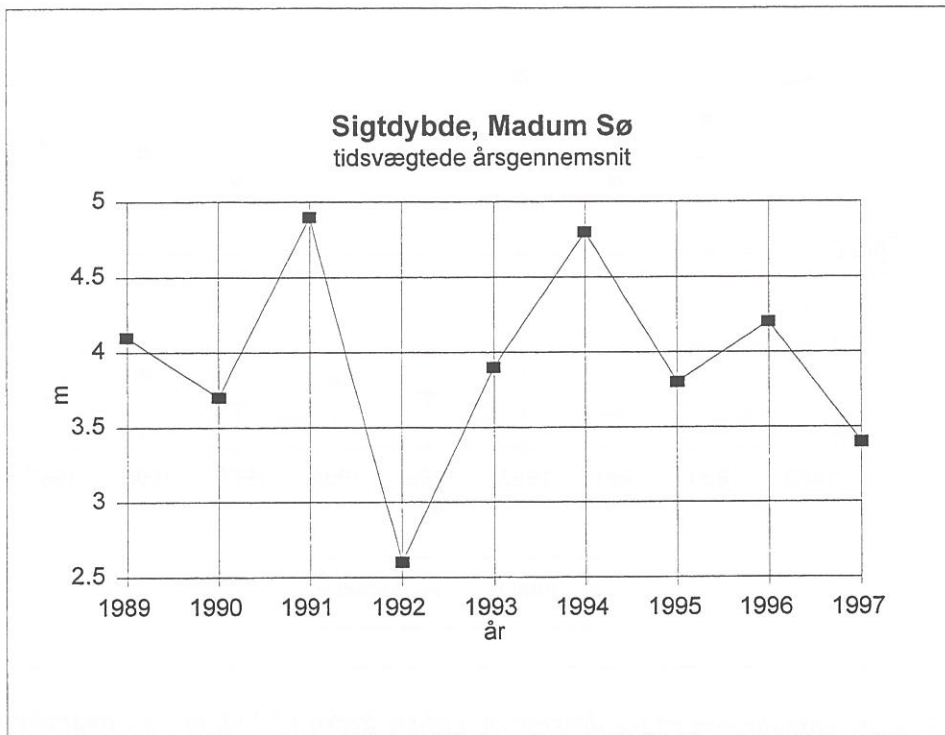


Figur 3.2.6: Zooplanktonbiomassens fordeling på taxonomiske grupper i Madum Sø 1997.

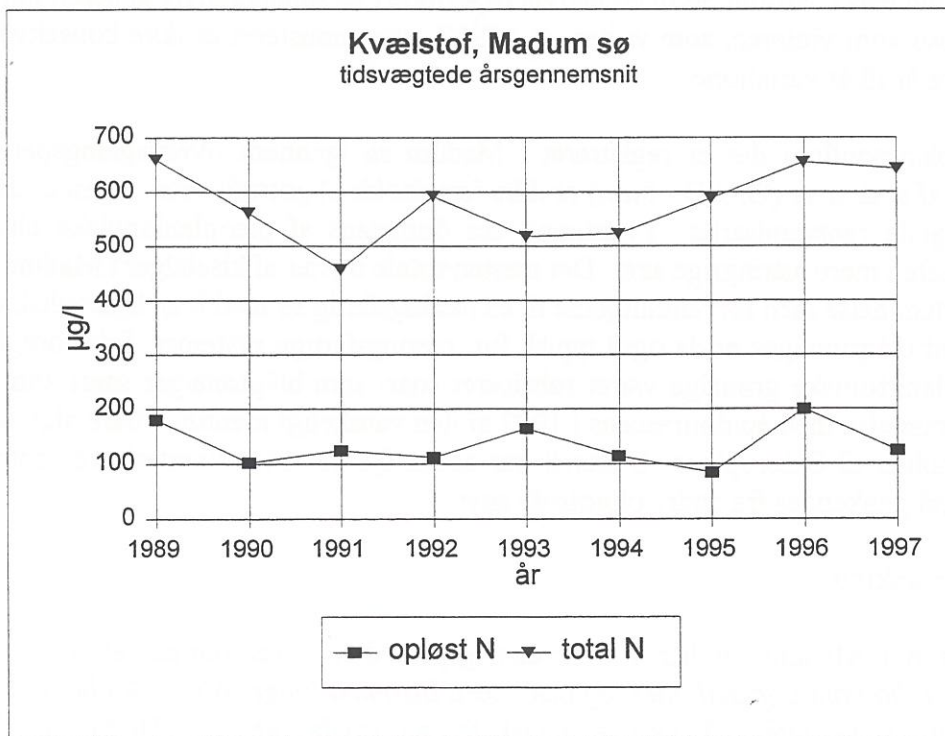


Figur 3.2.7: Zooplanktongruppernes relative andel af biomassen i Madum Sø 1997.

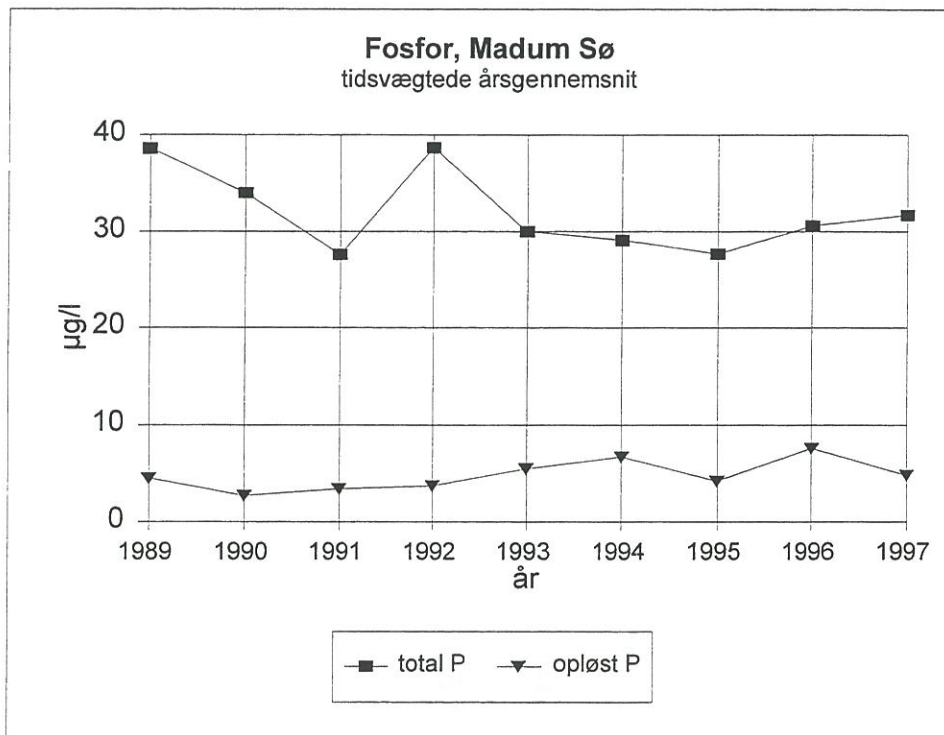




Figur 3.3.1: Tidsvægtede årsgennemsnit af sigtdybden i Madum Sø i overvågningsperioden.



Figur 3.3.2: Koncentrationen af totalkvælstof og opløste kvælstofsalte (nitrat/nitrit-N og ammonium-N) i Madum Sø i overvågningsperioden.



Figur 3.3.3: Koncentrationen af totalfosfor og opløst fosfat i Madum Sø i overvågningsperioden.

### 3.3.2 Fytoplankton

Der er en tendens i Madum Sø til en klarvandsperiode i forsommeren og generelt høj fytoplanktonbiomasse som vinteren, som vi har set i 1997, men mønsteret er ikke konsekvent, der har været store år til år variationer.

Den fytoplanktonflora der er registreret i Madum sø igennem overvågningsperioden, med dominans af små arter ( $GALD < 5 \mu m$ ) er ikke forbeholdt oligotrofe søer. Ingen af de talte arter er udprægede rentvandsarter. Tværtimod ses dominans af picoplanktoniske chlorococcale grønalge ofte i mere næringrige søer. Det næsten totale fravær af kiselalger i Madum Sø, er dog i overensstemmelse med forventningerne til en næringsfattig sø med lang hydraulisk opholdstid. Fraværet af blågrønalger er da også typisk for næringsfattige systemer. I de foregående år er den picoplanktoniske grønalge været rubriceret snart som blågrønalger snart som grønalger, men undersøgelse med epifluorescens i 1997 af den vanskeligt identificerbare alge har fastslået tilhørsforholdet til Chlorophyta. Generelt kan søens fytoplankton karakteriseres som artsfattig, hvilket også genkendes fra andre oligotrofe søer.

### 3.3.3 Zooplankton

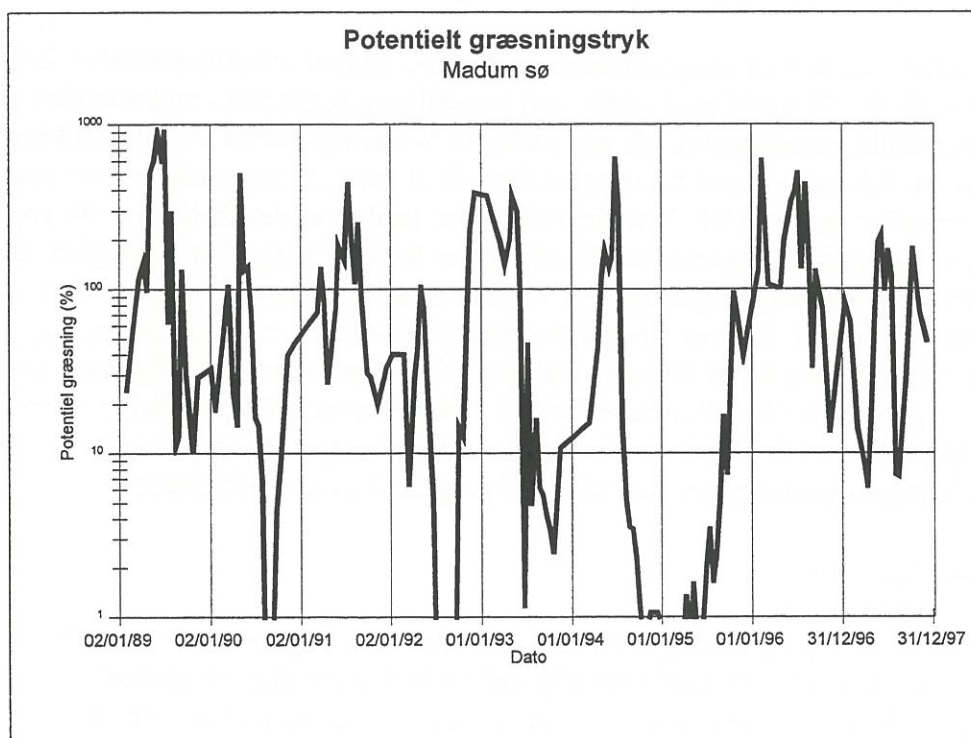
Zooplankton i Madum Sø har i overvågningsperioden været domineret af den calanoide copepod *Eudiotomus graciloides* og cladoceen *Bosmina longirostris*. *Daphnia* arter har ikke haft kvantitativ betydning, hvilket er typisk for næringsfattige søer. Dominans af calanoide copepoder er beskrevet for Kvie 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 som i 1997 fundet enkelte individer af rovdafnien *Leptodora kindti*, som er meget følsom overfor predation.

### 3.3.4 Potentielt græsningstryk

Det potentielle græsningstryk af zooplankton på fytoplankton angiver den procentvise andel af fytoplanktonbiomassen der teoretisk kan fortæres af zooplanktonbiomassen om dagen (figur 3.3.4). 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 fødebegrænset, 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  $\mu\text{g}$  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 potentielt spiselig for zooplankton. Det ses på figur 3.3.4 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. Fiskeyngelundersøgelser indgår ikke i overvågningsprogrammet, men ud fra sammenhængen med zooplanktontætheden og resultaterne af fiskeundersøgelser ser det ud til at aborrrens ynglesucces har været god de pågældende år.



Figur 3.3.4 Zooplanktons potentielle græsningstryk på fytoplankton (%) i Madum Sø fra 1989 til 1997. Se tekst for forklaring.

### 3.3.5 Fisk

Der blev udført fiskeundersøgelser i Madum sø i 1991 og 1996, og resultaterne er afrapporteret udførligt i sø-rapporten fra 1997, Nordjylland Amt.

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).

Aborre udgør 92-95% af biomassen, 99% af individantallet, og aldersfordelingen viste i 1996 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 aborrrer, at mængden af gedder er meget lille. Det skyldes at aborrbestanden 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 i 1996 desuden fanget ca. 30% flere aborre end i 1991, 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 predationstryk på ynglen fra rovfiskene i årene op til 1996.

- 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 halvt 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 god overensstemmelse. 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. Det er således sandsynligt at det er tilgangen af aborreyngel der afgør om zooplanktonbestanden bliver lav om sommeren, og dermed om fytoplanktonbiomassen bliver forøget. Det kan ikke afgøres om yngeltilgangen bestemmes af rovfiskenes predation eller klimatiske forhold. Dette kan kun afgøres ved en egentlig fiskeyngelundersøgelse hvert år. Med revisionen af overvågningsprogrammet med virkning fra 1998 indgår fiskeyngel undersøgelser som standard program i overvågningssøerne.

### 3.3.6 Bundvegetation

Rørskovens areal er på grundlag af luftfotos bestemt til at udgøre ca. 7% af søens areal i 1997. Opgørelsen er dog behæftet med betydelig usikkerhed, da rørskoven generelt er så tynd at det er svært at definere grænsen (se forside foto). Ved Geodætisk Instituts opmåling af søen i juni 1932, er der angivet "grænse for sivbæltet". Dette areal udgør 9%. På trods af de usikkerheder der ligger i at sammenligne de to undersøgelser, synes rørskovens areal således ikke at være blevet større fra trediverne til i dag, hvilket ville være en naturlig følge af en eventuel eutrofi-ering. Bundvegetationen dommineres af strandbo, lobelie og brasenføde indtil ca. 2 til 3 meters

dybde, hvorefter mosserne kildemos, seglmos og *Sphagnum sp.* dominerer. Plantesamfundet er karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø. Dækningsgraden ligner i 1997 de foregående år.

### 3.4 Samlet vurdering

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold

- store variationer i sigtdybde, bundvegetationens dybdegrænse, fytoplankton- og zooplanktonbiomasse.
- artsfattigt fytoplankton, dominans af små arter med GALD < 5 µm. Fravær af kiselalger og blågrønalger.
- artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små cladoccer, generelt fravær af *Daphnia* arter.
- fiskebestanden kraftigt domineret af aborre, Skidtfiskindex = 0.
- makrofytsamfundet er karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø.

Der forekommer i perioden 1989 - 1997 to typiske tilstande:

- 1) Karakteriseret ved god sigtdybde, ofte til bunden, lav fytoplanktonbiomasse og højt potentielt græsningstryk. Denne tilstand forekommer i 1989, 1991, 1996 og 1997.
- 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 sandsynligvis mængden af zooplanktonædende aborre yngel der afgør om søen er i tilstand 1) eller 2).

De generelle krav til søens recipientkvalitet er opfyldt. Det specifikke krav til sommersigtdybden (> 3 m) er opfyldt i 8 ud af 9 år i overvågningsperioden.

## 4. Hornum sø

### 4.1 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, lobeliesø". Kravet til sommersigt dybde er større end 2 meter (Nordjyllands amt 1995).

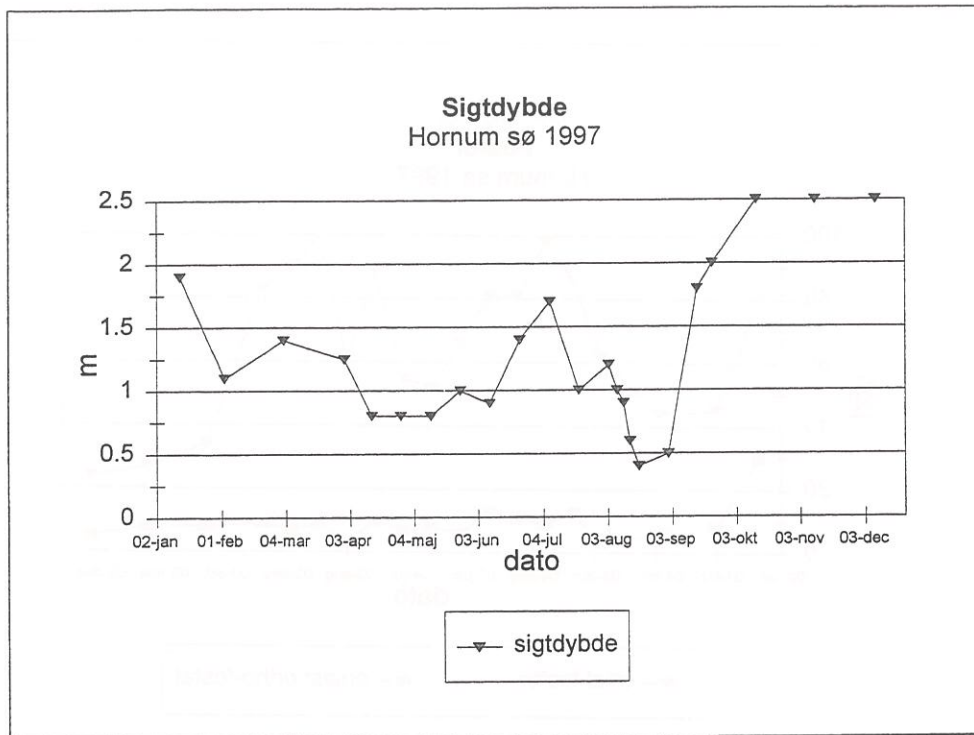
### 4.2 Hornum Sø 1997

Sigdybden i Hornum sø var på under 2m fra årets start og frem til september (se fig. 4.2.1). Målsætningen for søen, som er en sommermiddelsigt dybde på over 2m var således ikke opfyldt. Fytoplanktonbiomassen havde et lille forårsmaksimum og et stort efterårsmaksimum med opblomstring af blågrønalger i september (se fig. 4.2.4). Der var udstedt badeforbud i søen i 1997 fra midt i august til 1. oktober på grund af de potentielt toksiske blågrønalger. Fra oktober og året ud var der sigt til bunden (2.5 m).

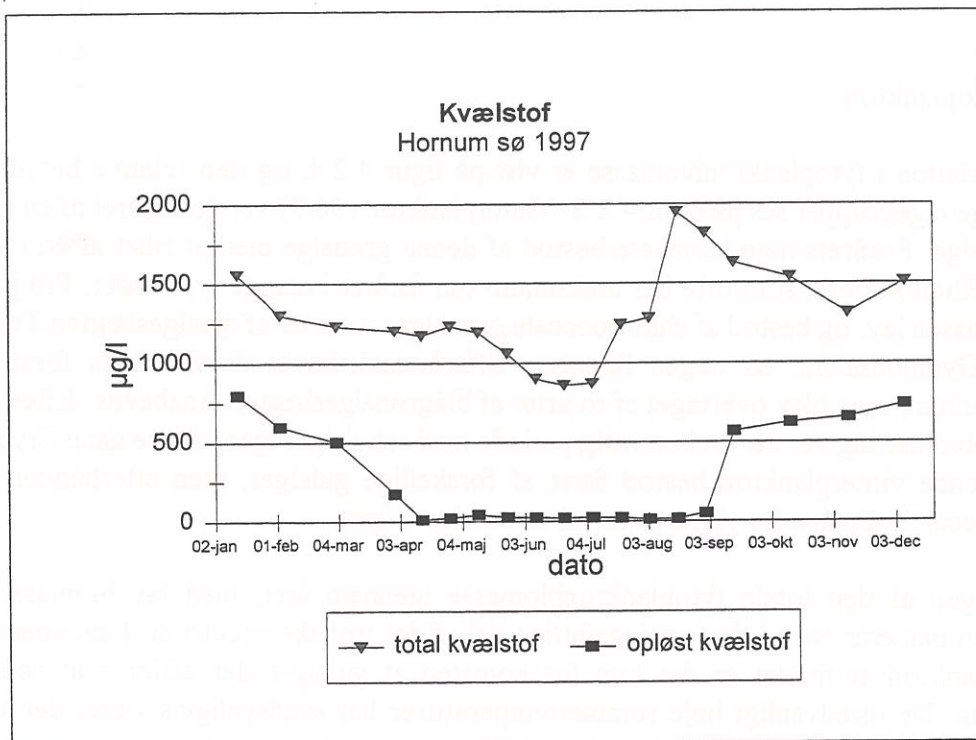
#### 4.2.1 Næringsalte og pH

Niveauet af opløst orthofosfat var jævnt og relativt lavt, bortset fra et maksimum i januar under is, og kortvarige minima i forbindelse med fytoplankton maksima (se fig. 4.2.2). Opløst kvælstof havde en høj koncentration i vinterperioden og lav i sommerperioden (fig.4.2.3). Forklaringen på dette mønster er ændringer i tilstrømning og i omsætning (se afsnit 3.2.1). Forholdet mellem kvælstof og fosfor var på et niveau (under 20 µg/l i vægt) der forøger risikoen for dominans af blågrønalger (Sandgren, 1988). I forbindelse med de to fytoplanktonmaksima steg pH i den ellers let sure sø til over pH 9.

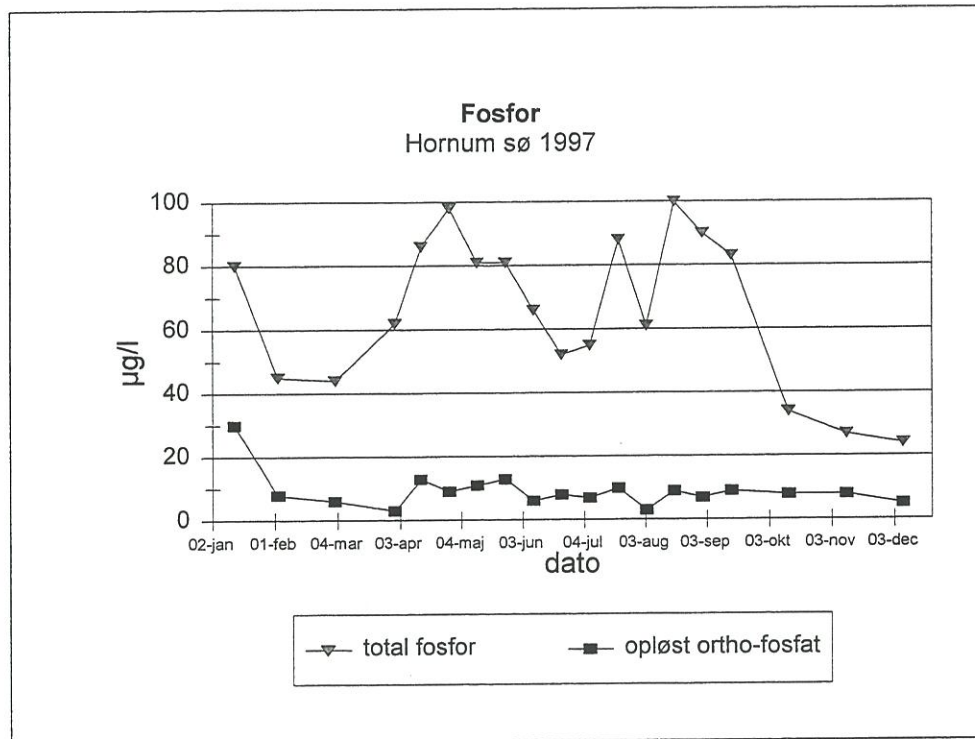




Figur 4.2.1: Udviklingen i sigtdybden i 1997 i Hornum sø.



Figur 4.2.2: Koncentrationer af totalkvælstof (partikulært og opløst) og opløste kvælstofsalte (nitrat/nitrit-N og ammonium-N) i Hornum Sø i 1997.



Figur 4.2.3: Koncentrationer af totalfosfor (partikulær og opløst) og opløst fosfor i Hornum Sø i 1997.

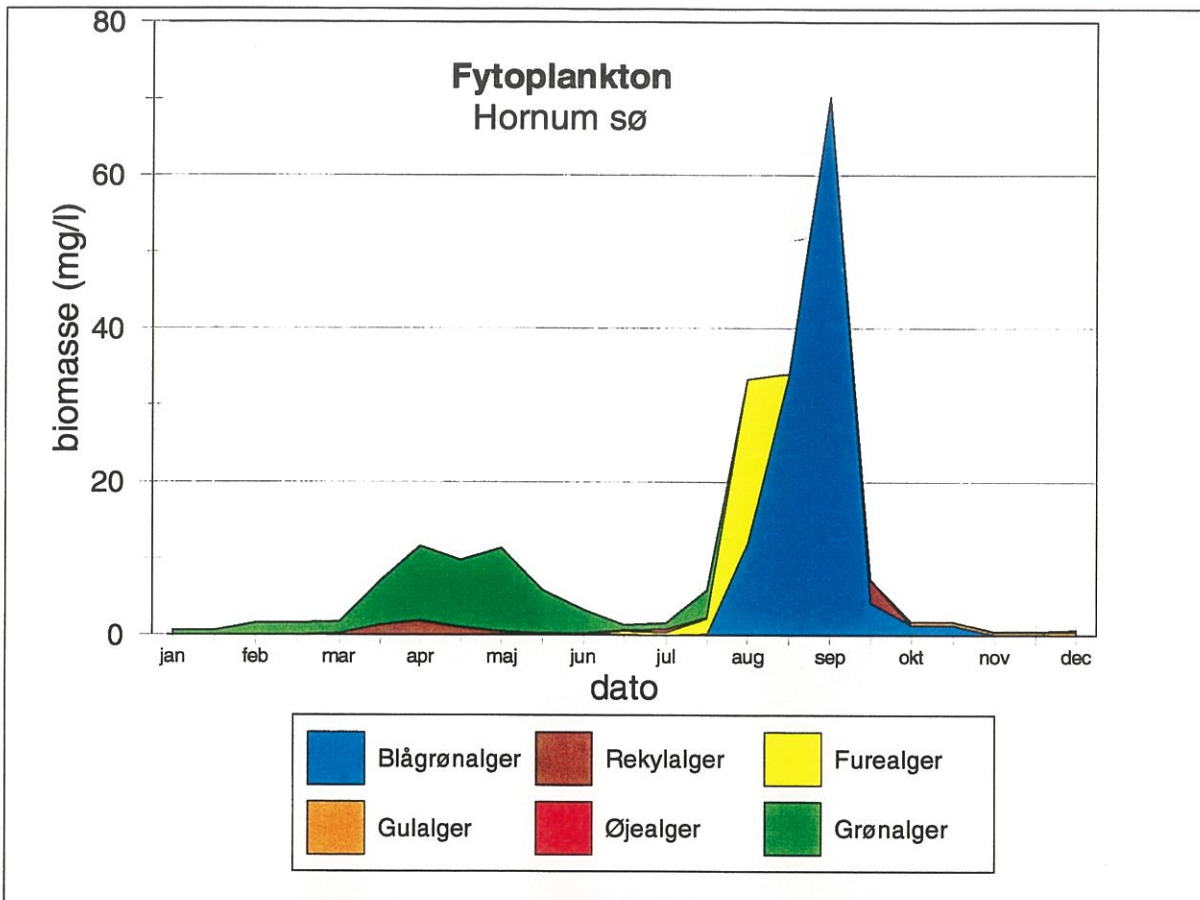
#### 4.2.2 Fytoplankton

Årets variation i fytoplanktonbiomasse er vist på figur 4.2.4, og den relative betydning af de forskellige algegrupper ses på figur 4.2.5. Vinterplankton i 96/97 var domineret af en chlorococcal grønalge. Forårets høje biomasse bestod af denne grønalge med et islæt af en rekyalge af slægten *Rhodomonas*, som ofte har maksimum om foråret i mange typer søer. Fra juni måned var biomassen lav, og bestod af chlorococcale grønalger, to arter af øjealgeslægten *Trachelomonas* og *Gymnodinium*, en nøgen furealge. Efterårsmaksimum domineredes først af denne *Gymnodinium*, men blev overtaget af to arter af blågrønalgeslægten *Anabaena*. Efter kollaps af denne opblomstring var der en kortvarig periode med rekyalger igen, denne gang *Cryptomonas*. Det følgende vinterplankton bestod først af forskellige gulalger, men efterhånden kom den chlorococcale grønalge fra vinteren før til at dominere igen.

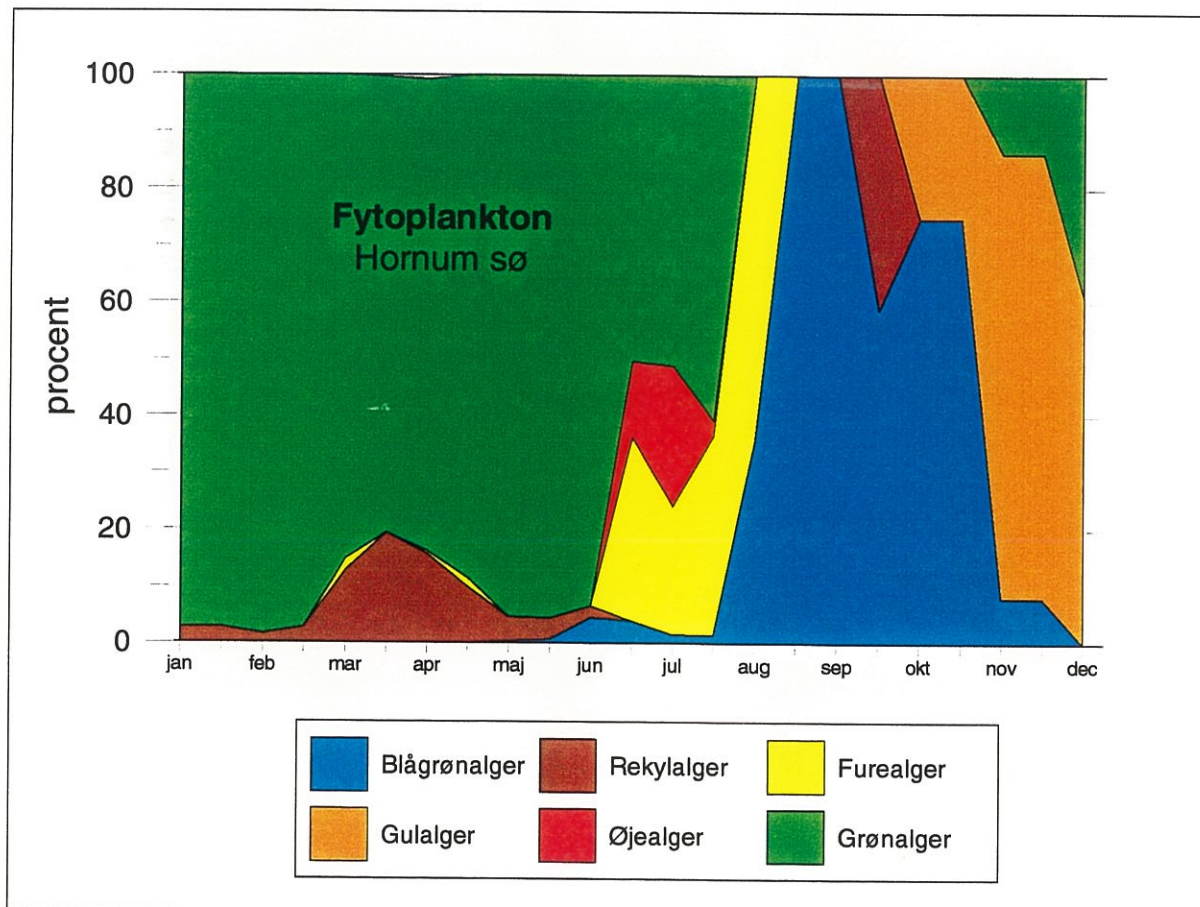
Udviklingen af den totale fytoplanktonbiomasse igennem året, med lav biomasse midt på sommeren placerer søen i den næringsfattige del af det trofiske spektrum. I sammensætningen af fytoplanktonsamfundet er det kun forekomsten af gulalger der afslører at søen ikke er næringsrig. De usædvanligt høje sommertemperaturer har sandsynligvis været den udslagsgivende faktor i udviklingen af vandblomst i 1997.

#### 4.2.3 Zooplankton og biologiske interaktioner

Biomassen af zooplankton, udtrykt i tørvægt, er vist på figur 4.2.6. Den relative betydning af de forskellige taxonomiske grupper ses på figur 4.2.7. Udviklingen igennem året i biomasserne af fytoplankton og zooplankton er sammenholdt på figur 4.2.8. Zooplankton var i vinter- og

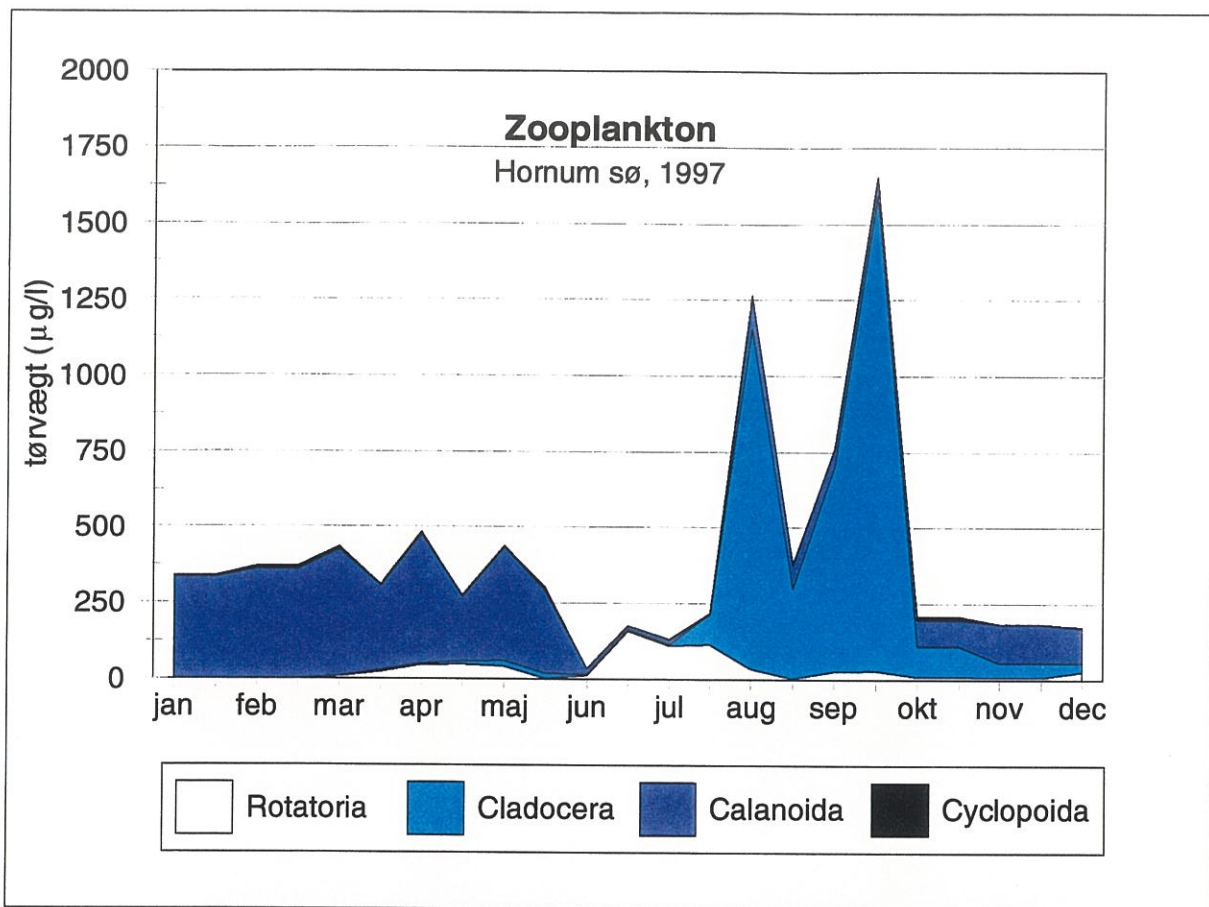


Figur 4.2.4: Fytoplanktonbiomassens fordeling på algegrupper i Hornum Sø 1997.

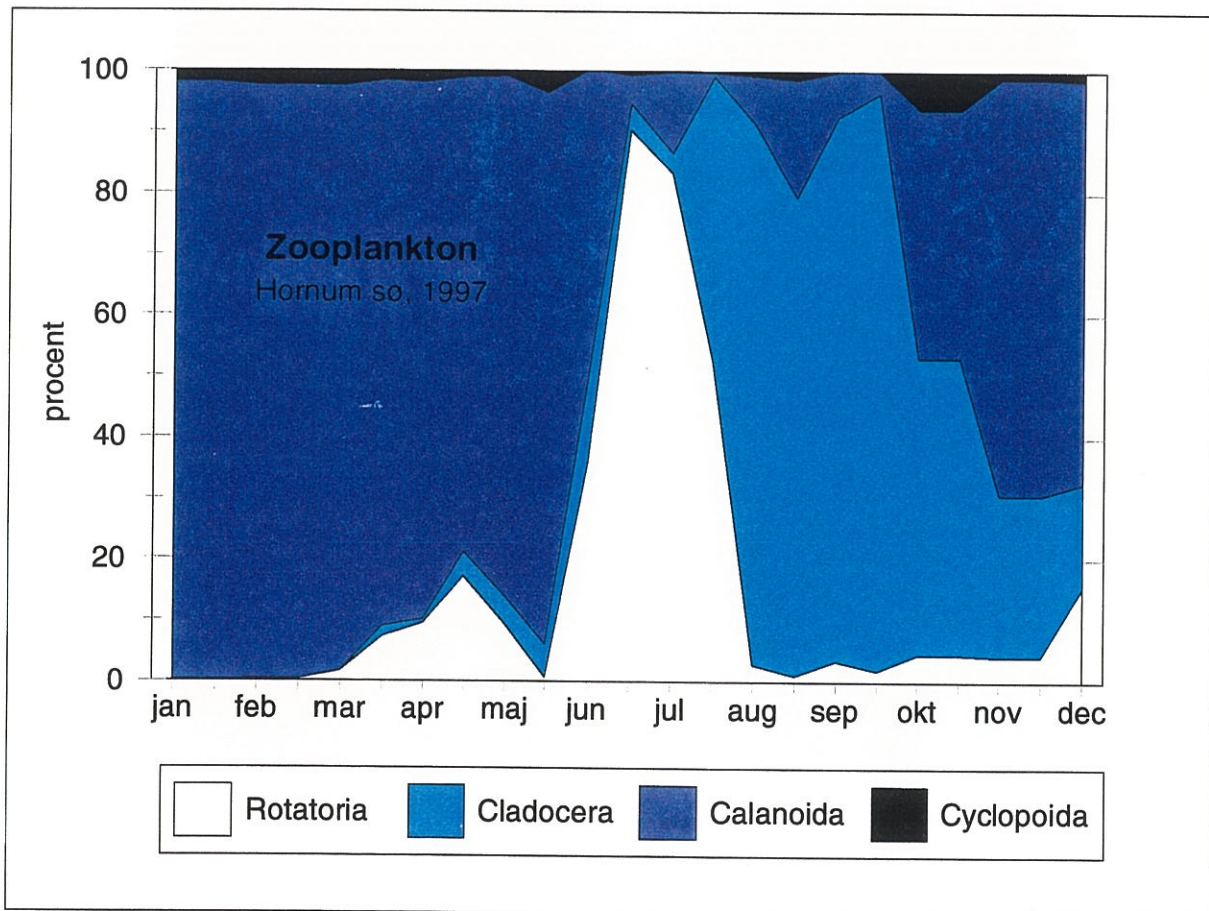


Figur 4.2.5: Algegruppernes relative andel af biomassen i Hornum sø 1997.





Figur 4.2.6: Zooplanktonbiomassens fordeling på taxonomiske grupper i Hornum Sø 1997.

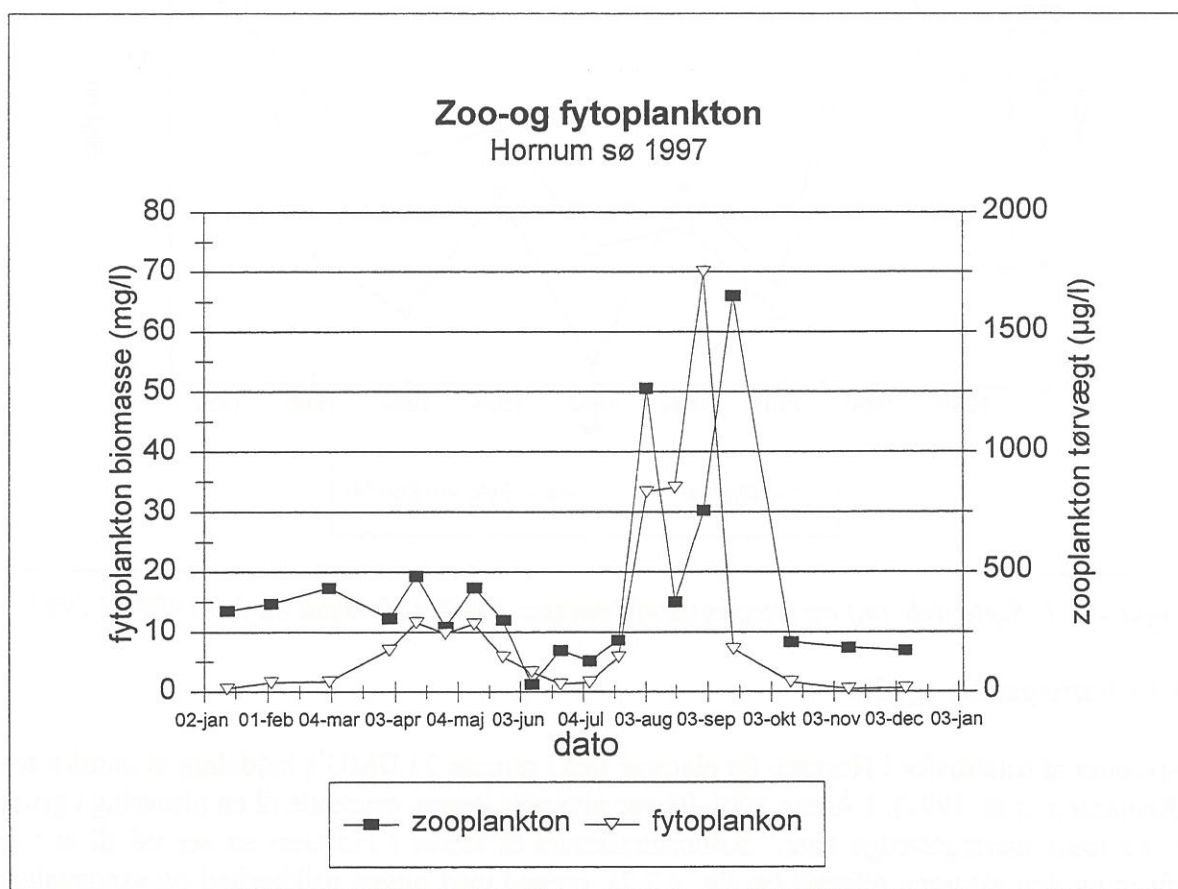


Figur 4.2.7: Zooplanktongruppernes relative andel af biomassen i Hornum sø 1997.



forårsperioden i 1997 domineret af calanoide copepoder. I begyndelsen af juni faldt biomassen brat til et meget lavt niveau. Samtidig ændrede sammensætningen af zooplankton sig, og hjuldyrene (Rotatoria) kom til at dominere. Dette skete samtidig med et skift i sammensætningen af fytoplankton, idet øjealger og furealger fik stor relativ betydning. Den beregnede potentielle græsning faldt på det tidspunkt til 1%.

I løbet af sommeren steg zooplanktonbiomassen igen, og andelen af hjuldyr faldt. Zooplankton havde et maksimum i sensommeren i forbindelse med opblomstringen af furealger, domineret af Cladocera. I forbindelse med algernes blågrønalgeopblostring faldt zooplanktonbiomassen imidlertid brat, og kom derefter op i sit årsmaksimum da blågrønalgeopblomstringen kollapsede og rekylalgerne kom igen. Senere faldt zooplanktonbiomassen til et lavt vinterniveau, og andelen af calanoide copepoder steg igen, så sammensætning lignede den fra vinteren før.



Figur 4.2.8: Biomassen af fytoplankton (mg/l) og zooplankton (µg/l tørvægt) i Hornum Sø i 1997.

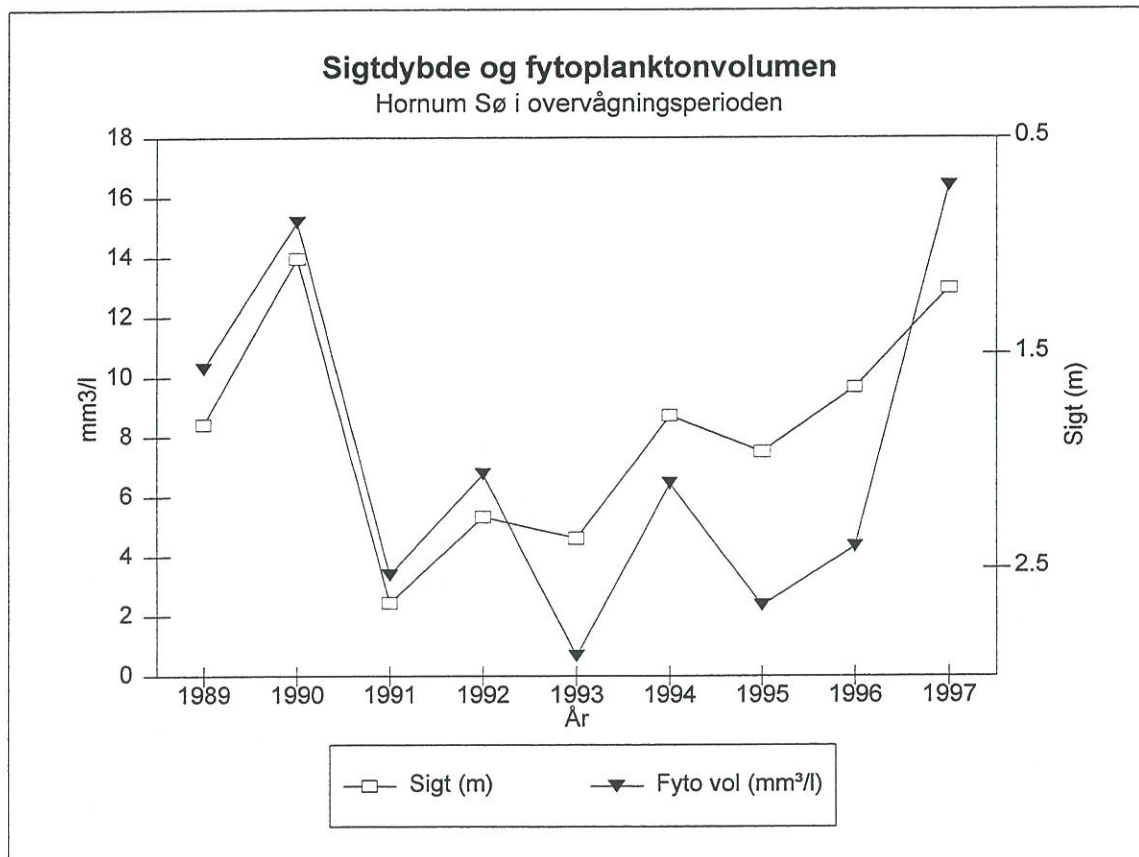
#### 4.2.4 Bundvegetation.

Der var en negativ effekt af blågrønalgeopblomstringen på bundvegetationens dybdegrænse i 1997 (se afsnit 4.3.6).

### 4.3 Udviklingstendenser

Når de tidsvægtede årsgennemsnit af sigtddyben i overvågningsperioden betragtes (fig. 4.3.1), synes der at have været en tendens til forringelse af sigtddyben siden 1991. Året 1991 var et "godt" år med god sigtddybe og lav fytoplanktonbiomasse og målsætningen for sigtddybe var

opfyldt både i 1991 og i de to følgende år, men siden da har tilstanden i søen været forringet. Undersøgelser i 1981 tyder på at en tilstand med lav sigt og vandblomst af blågrønner om sommeren har været gældende i en årrække før overvågningsprogrammets start.



Figur 4.3.1. Sigt dybde (m) og fytoplanktonbiomasse (mg/l) i Hornum Sø fra 1989 til 1997.

#### 4.3.1 Næringssalte og pH

Niveauet af totalfosfor i Hornum Sø placerer den i gruppe 2 i DMU's inddeling af danske søer. (Kritiansen et al. 1992). I Årene 1991-93 var niveauet lavere, svarende til en placering i gruppe 1, de mest næringsfattige søer. Koncentrationen af fosfor i Hornum sø ser ud til at være afhængig den eksterne tilførsel (se fig. 4.3.2), omend med nogen usikkerhed og sandsynligvis en forsinkelse.

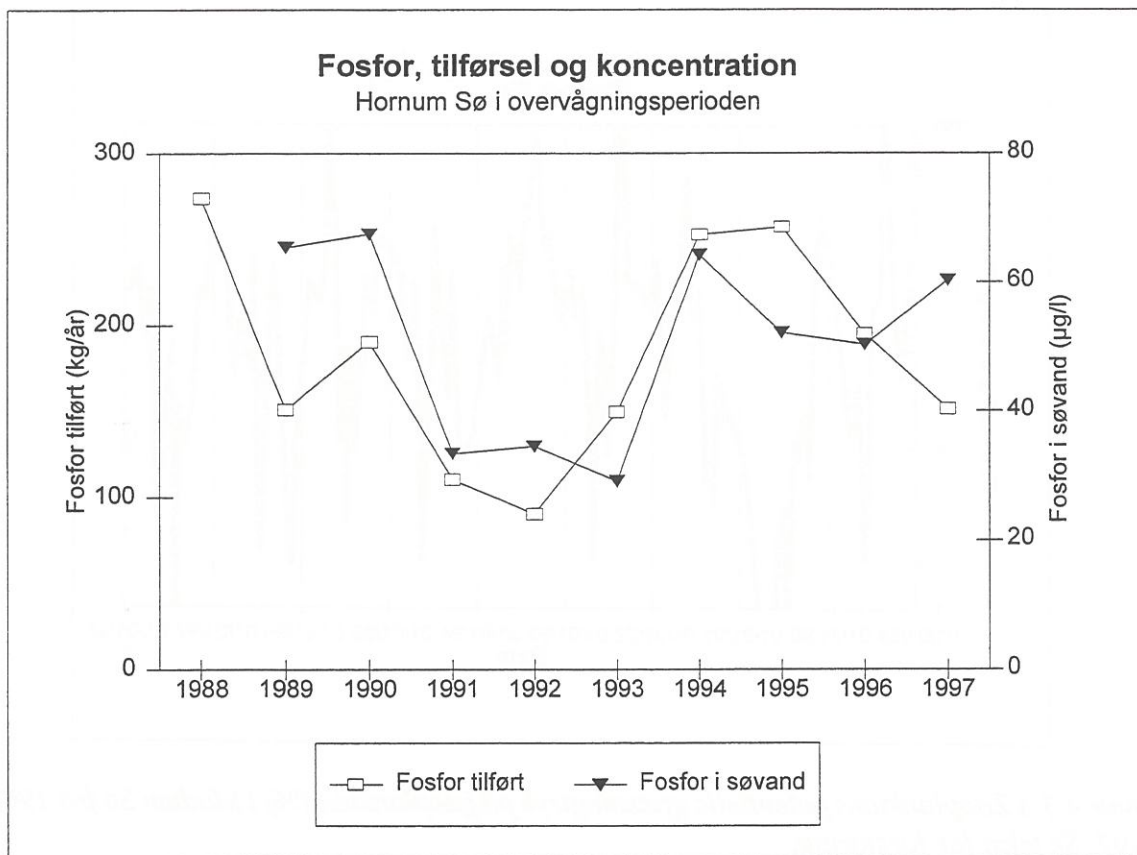
Det er ikke muligt at lave en eksakt belastningsopgørelse for Hornum Sø uden at kende grundvandsgennemstrømningen og dennes koncentration af fosfor og kvælstof. Ikke desto mindre er det rimeligt at antage at den arealspecifikke afstrømning i søens opland ligger på niveau med det målte Øster Ås opland, 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 14). Sammenholdes den beregnede fosfortilførsel med den målte fosfor koncentration i søvandet ses da også et vist kurvesammenfald. Sammenlignes disse kurver med de tidsvægtede sommerrmiddelværdier af sigt dybde og fytoplankton biomasse (figur 4.3.1), ses det at de tre klarvandede år 91, 92 og 93 har den laveste fosfortilførsel og -koncentration, og at kurveforløbet på de to figurer i øvrigt ligner hinanden. Det tyder således på at søen reagerer på ændringer i fosfortilførslen. 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 fosforpuljen 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.

På grund af de sidste par tørre år har tilførslen til søen været faldende, uden at det dog har haft nogen umiddelbar effekt på søens fosforkoncentration eller på fytoplanktonbiomassen.

Der har ikke været nogen entydig udvikling i koncentration af kvælstof i overvågningsperioden. Der er ingen tegn på forsurening i Hornum sø.



Figur 4.3.2 Beregnet årlig tilførsel af fosfor (kg/år) til Hornum Sø og tidsvægtet årsmiddelværdi af søens koncentration af total fosfor (µg/l) fra 1988 til 1997.

#### 4.3.2 Fytoplankton

Fytoplankton i Hornum sø er artsrigt, og sammensætningen såvel som biomassen varierer meget fra år til år. Igennem årene har biomassen bestået af arter af blågrønalger, rekylalger, furealger, gulalger, kiselalger, øjealger og grønalger. Blågrønalgeopblomstringer forekom i 1989 og 1990, og igen i 1997. Tilstedeværelsen af gulalger i fytoplankton er typisk for et forholdvis næringfattigt økosystem.

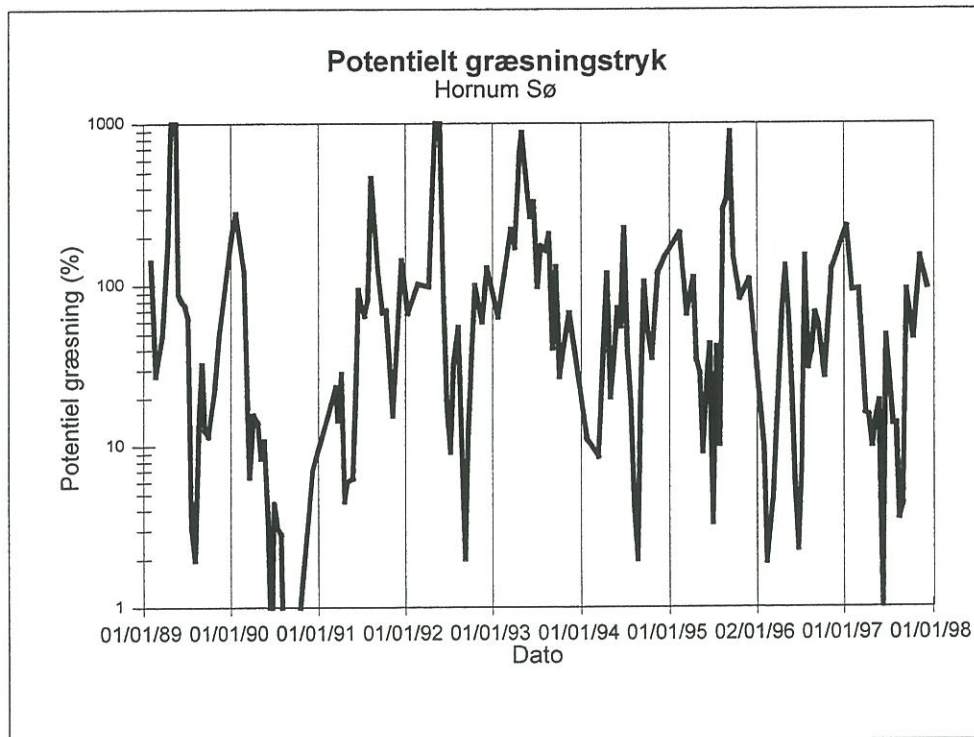
#### 4.3.3 Zooplankton

Zooplanktonsamfundet er artsfattigt, og som regel domineret af calanoide copepoder og små cladocéer. Der er generelt en ringe forekomst af *Daphnia* arter. Der har været store år til år

variationer i biomassen men kun mindre variationer i artssammensætningen.

#### 4.3.4 Potentielt græsningstryk

Det beregnede potentielle græsningstryk i Hornum sø er vist på figur 4.3.3. Sammenlignet med tidligere år var 1997 et dårligt år for zooplanktons kontrol med fytoplanktonbiomassen. Det potentielle græsningstryk nåede ned på de laveste værdier siden 1990, hvor der også var blågrønalgopblomstring. Ændringer i det beregnede græsningstryk kan ikke forklare forskellen i fytoplanktonmængden mellem de tre klarvandede år og de mere fytoplanktonrige år før og siden.



Figur 4.3.3 Zooplanktons potentielle græsningstryk på fytoplankton (%) i Madum Sø fra 1989 til 1997. Se tekst for forklaring.

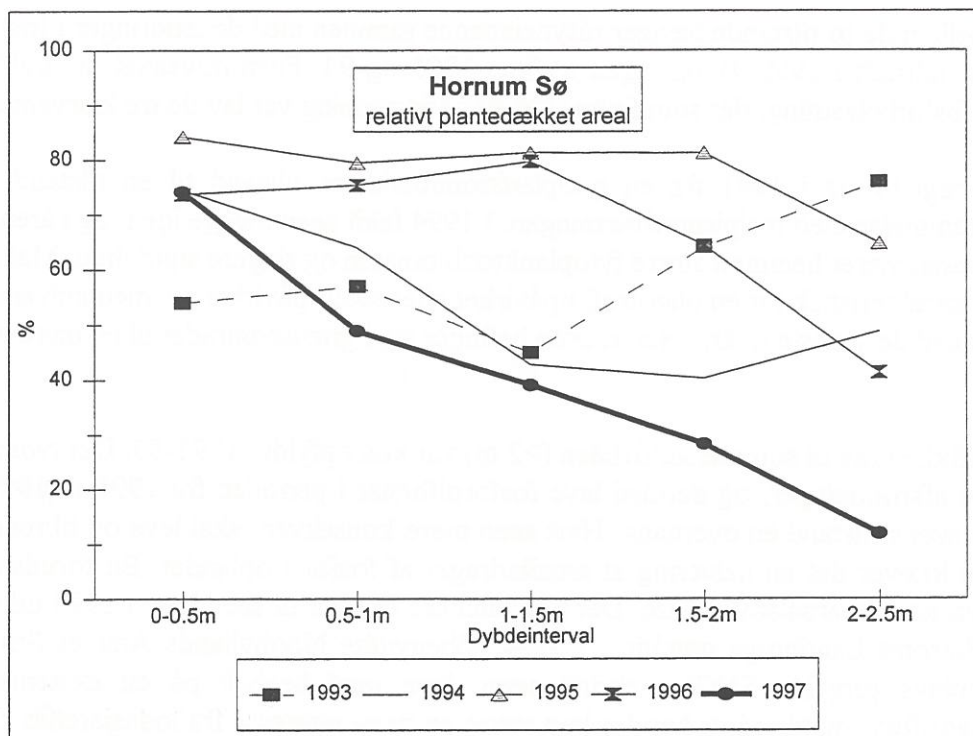
#### 4.3.5 Fisk

Der udførtes fiskeundersøgelser i Hornum sø i 1991 og 1996. Resultaterne af disse undersøgelser er bragt og analyseret i sørporten fra 1997, Nordjyllands Amt. Søens fiskebestand er karakteriseret af en svingende, men i 1996 "normal", bestand af aborrer fra 10 til 25 cm. Herudover er der en bestand af gedder og enkelte skaller. Predationstrykket på zooplankton er ikke særligt stort. Zooplanktonbestanden kontrolleres derfor kun i ringe grad af fiskene.

#### 4.3.6 Bundvegetation

Makrofytsamfundet i Hornum Sø er domineret af strandbo, kildemos og kransnålalgen glanstråd. Lobelie og sortgrøn bransføde er almindelige, men mere lokalt udbredt. I 1996 etablerede hårtusindblad sig i søen, og den er påny fundet på enkelte lokaliteter i 1997. Denne indvandring af en langskuds plante i en lobelie sø, kan tages som udtryk for at søen bevæger sig mod en mere eutrof tilstand. Undervandsvegetationens dækningsgrad blev i 1997 tydeligt

forringet i forhold til foregående år (Figur 4.3.4). Det ses således at det relative plantedækkede areal i alle intervaller dybere end en halv meter i 1997 er det mindste hidtil observeret. På dybder større end 2 meter var dækningsgraden kun 11%, hvilket afspejler at dybdegrænsen for kildemos var 2 meter, mens glanstråd var kraftigt reduceret i hele søen. De foregående år har dybdegrænsen for de to arter været større end søens største dybde. Den reducerede sigtddybde, som følge af den kraftige blågrønalg oplomstring umiddelbart før undersøgelsestidspunktet, har sikkert været medvirkende til den ringe dækningsgrad på dybere vand.



Figur 4.3.4: Dækningsgrad af undervandsvegetation i overvågningsperioden.

#### 4.4 Samlet vurdering

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold:

- Et relativt artsrigt fytoplankton, med sjældne oplomstringer af blågrønalger.
- Artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små cladocéer, generelt ringe forekomst af *Daphnia* arter.
- Fiskebestanden domineret af Aborrer, skidtfiskeindex = 0,3 - 0,6 %.
- Makrofytsamfundet karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø.

Der forekommer i perioden 1989 - 1997 to typiske sommersituationer.

- 1) Karakteriseret ved stærkt varierende og ofte ringe sigtdybde, bl.a. i forbindelse med vandblomst af blågrønner. Denne tilstand forekommer i 1989 og 1990 samt igen i perioden 1994 -1997.
- 2) Karakteriseret ved generelt god sigtdybde (ofte til bund), uden forekomst af vandblomst. Denne tilstand forekommer i 1991, 92 og 93.

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

Søen bevægede sig i 1991 fra en fytoplanktondomineret tilstand til en tilstand som er i overensstemmelse med recipientmålsætningen. I 1994 faldt søen tilbage igen, og i årene derefter har tendensen været henimod større fytoplanktonbiomasse og ringere sigtdybde. Makrofytsamfundet er karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø, men indvandringen af hårtusindblad de seneste to år, viser at søen befinger sig i grænseområdet til en mere næringsrig tilstand.

Det specifikke krav til sommersigtdybden (>2 m) var kun opfyldt i 1991-93. Det tyder på at det er de lave afstrømninger, og dermed lave fosfortilførsler i perioden fra 1991 til 1993 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. I 1997 påbegyndte Nordjyllands Amt et Større Natur Genopretnings projekt (SNG) omkring søen, igen med henblik på en ekstensivering af landbrugsdriften. Indtil videre har der kun været en ringe interesse fra lodsejerens side for de miljøvenlige støtteordninger.

## 5. 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. Datarapport, 18 s.
- Bio/consult. 1996: Fiskeundersøgelse i Madum Sø 1996. Datarapport, 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 Hellum 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.
- Kristiansen, P., Windolf, J., Jeppesen, E., Søndergaard, M. & L. Sortkjær 1992: Ferske vandområder. Søer.- Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1991. Danmarks Miljøundersøgelser. 111 s. Faglig rapport fra DMU nr. 63. ISBN nr. 87-7772-080-6
- 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.
- Moeshund, 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.
- Sandgren, C. D. 1988: Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge University press.
- 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.

## 7. 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.
8. Metoder Madum og Hornum søer
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.

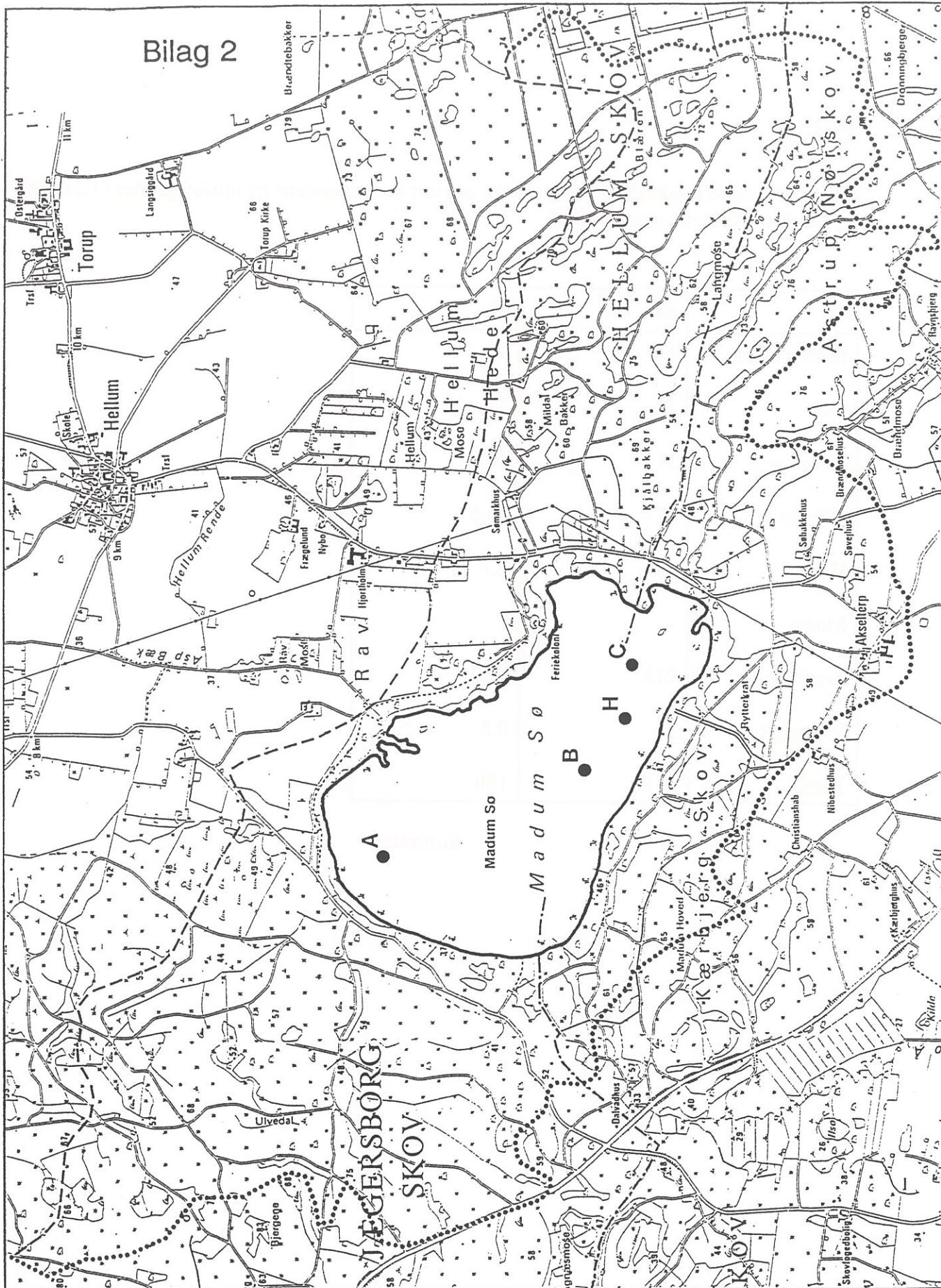
# Bilag 1

## Morfometriske data for Madum sø.

Søens areal	km <sup>2</sup>	2,120
Søens volumen	mio. m <sup>3</sup>	6,215
Største dybde	m	8,1
Middel dybde	m	2,93
Kystlængde	km	6,492
Arealindex I(a)	km <sup>2</sup>	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

Madum sø

Fytoplankton antal/ml	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
DATO																			
Taxonomisk gruppe																			
CRYPTOPHYCEAE																			
Cryptomonas sp.																			
Cryptomonas spp. (20-30 µm)																			
Cryptophyceae spp. (>14µm)																			
DINOPHYCEAE																			
Gymnodinium sp.																			
Peridinium willei	0.6	0.3	17.9	38.1	52.4	24.5	2.2	0.8	1.4	3.3	0.1	0.1	120	163.3	90.9	22.8	3.1		
Peridinium cf. umbonatum																			
CHRYSOPHYCEAE																			
Dinobryon cylindricum																			
Dinobryon acuminatus																			
Mallomonas sp.																			
Mallomonas akrokomos																			
Uroglena sp.																			
Chromulina sp.	2400.7	3163.8		5195.9 +	1543.3		463	1028.9	411.6	1097.5					1034				
DIATOMOPHYCEAE																			
Pennate kiselalger																			
Tabellaria flocculosa																			
CHLOROPHYCEAE																			
Chlorococcales																			
Chlorococcale grønne cf.																			
Diogenes	280886	400648	936697	2.00E+06	3.00E+06	1.00E+06	85192	6790.6	36217	58441 +									
Chlorococcales grønne kugler							427193	68730											
Dicysosphaerium pulchellum																			
Kirchneriella sp.																			
Oocystis sp.																			
Sphaerocystis schroeteri								3343.9	1762		1247.5								
Monoraphidium cf. dybowskii								205.8	18468	10443	2546.5 +								
CHLOROPHYCEAE																			
Ultricales																			
Koliella longiseta																			
Eliaktothrix gelatinosa																			
CHLOROPHYCEAE																			
Zygnematales																			
Staurastrum sp.																			
Cosmarium bioculatum																			
Mougeotia sp.																			
Pleurotaenium ehrenbergii																			
Staurodesmus triangularis																			
Euastrium didella																			
Madum SØ, Hovedstation																			
Fytoplankton																			
SUM antal/ml																			
GRAND TOTAL	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
Taxonomisk gruppe	280886	403049	939878	2.00E+06	3.00E+06	1.00E+06	512389	79534	57941	69557	6989.2	12425	7349.7	133692	330507	311684	82730	132492	164901
CRYPTOPHYCEAE																			
DINOPHYCEAE	0.6	0.3	17.9	38.1	52.4	24.5	2.2	0.8	1.4	3.3	0.1	0.1	444.1	245.6	116.7	23	4.1	3	3
CHRYSOPHYCEAE								463	1028.9	411.6	1097.5	265.8	938	1034	1034	226.4	10495	16534	8095.6
DIATOMOPHYCEAE																			
CHLOROPHYCEAE																			
CHLOROPHYCEAE	280886	400648	936697	2.00E+06	3.00E+06	1.00E+06	512387	79070	56910	69142	5840.2	12159	5967.5	133446	329305	311341	72229	115894	156802



Madum sø

Zooplankton antall/	DATO	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
Taxonomisk gruppe																			
ROTATORIA																			
Keratella cochlearis	216.8	30.8	36.5	5.3	4.3	2.9	35	66.2	80.8	174.4	350.6	3188.6	1889.4	1799.4	121.3	17.7	2.7		
Keratella quadrata	424.2	200.3	193.7	109	42.5	220.6	124.6	7.9		24	14.5	34.3	20.4	35.1					
Kellicottia longispina								+				22.9							
Euchlanis sp.																	5.4	5.3	
Trichocerca spp.													30.6	8.8	819	848.8	10.9		
Ploesoma sp.																			
Polyarthra remata												45.7	20.4	5591.4	8988.8	1671.2	179	5.3	4.7
Conochilus spp.															91		5.4	5.3	
Synchaeta spp.	31.8	55.5	8.4																
CLADOCERA																			
Diaphanosoma brachyurum					0.4	0.9	4	7.1	37.8	56	12.9	2.1	0.7	2	3.3	2.8	0.3		
Ceriodaphnia sp															0.1	0.4	0.6	0.1	
Bosmina longirostris			0.4		0.4										13	0.6	1.2	0.1	0.1
Leptodora kindtii															0.2	1	0.1		
CALANOIDA																			
Eudiplomus graciloides	46.1	74.4	93.8	118.2	110.2	112	123.5	74.2	109.3	104	141.8	64.4	25.1	9.9	17.4	11.3	55.6	92.2	77.4
CYCLOPOIDA																			
Cyclops sp.			0.4		0.4								0.8	2	2				
Madum Sø, Hovedstation																			
Zooplankton	DATO																		
SUM antall/		970113	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
GRAND TOTAL	718.9	361	333.3	232.6	157.4	336.4	284	152.2	197.3	340.2	562.9	3368.8	1989.5	7450.4	10055	2554.3	263.7	108.7	82.2
Taxonomisk gruppe																			
ROTATORIA	672.8	286.6	238.6	114.3	46.8	223.5	159.6	74	80.8	198.4	365.1	3291.4	1960.9	7434.8	10020	2537.7	203.5	15.9	4.7
CLADOCERA			0.4		0.9	0.9	0.9	4	7.1	37.8	56	12.9	2.8	3.8	15.3	5.3	4.7	0.6	0.1
CALANOIDA	46.1	74.4	93.8	118.2	110.2	112	123.5	74.2	109.3	104	141.8	64.4	25.1	9.9	17.4	11.3	55.6	92.2	77.4
CYCLOPOIDA			0.4		0.4								0.8	2	2				

Madum sø

Zooplankton µg DW/l	DATO	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT
Taxonomisk gruppe																				
ROTATORIA																				
Keratella cochlearis	1.9	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0.2	0.5	1.1	2	17.2	10.3	7.7	0.4	0.1	0		
Keratella quadrata	13.5	10.3	10	2.1	12.3	2.1	12.3	7.1	0.4		1.2	0.7	1.7	0.1	0.2					
Kellicottia longispina													0.2							
Euchlanis sp.															0.3	9.1	9.6	0.1		0.2
Trichocerca spp.														1.2						
Ploesoma sp.															44.3	63.4	14.2	1.8	0.1	0.1
Polyarthra remata													9.1	4.1	18.2			1.1	1.1	
Synchaeta spp.																				
Conochilus spp.	0	0.1	0																	
CLADOCERA																				
Diphanosoma brachyurum							1	2	8.8	15.6	25.9	35.9	10.3	4.6	1.5	4.4	8.7	6.1	0.7	
Ceriodaphnia sp																0.1	0.3	0.3	0.1	
Bosmina longirostris			0.4				0.4							0.6	1.3	11.4	0.5	1.2	0.1	0.1
Leptodora kindtii																0.7	19	10.4		
CALANOIDA																				
Eudiaptomus graciloides	246.4	287.3	251.9	306.7	315.7	315.7	382.7	391.1	256.7	324	210.2	195.7	87.4	57.3	7.3	11.2	26.1	206.5	247.6	197.1
CYCLOPOIDA																				
Cyclops sp.						1.6								0.9	2.4	3.5				
Madum Sø, Hovedstation																				
Zooplankton																				
SUM µg DW/l	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
DWTOT	261.8	297.8	266.1	312.2	319.4	396.4	396.4	400.3	266.1	340.1	238.4	234.4	125.9	79.2	65	122.4	78.6	227.7	249.8	197.2
GRAND TOTAL																				
Taxonomisk gruppe																				
ROTATORIA	15.5	10.5	10.1	5.5	2.1	12.4	12.4	7.2	0.6	0.5	2.3	2.8	28.2	15.7	52.5	91.2	23.9	3.2	1.3	0.1
CLADOCERA			0.4		1.4	1.4	1.4	2	8.8	15.6	25.9	35.9	10.3	5.3	2.8	16.6	28.5	18	0.9	0.1
CALANOIDA	246.4	287.3	251.9	306.7	315.7	382.7	382.7	391.1	256.7	324	210.2	195.7	87.4	57.3	7.3	11.2	26.1	206.5	247.6	197.1
CYCLOPOIDA			3.6		1.6									0.9	2.4	3.5				

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

Madum Sø

AMT: Nordjylland ÅR: 1993-1997

ID-Kode	Art	Dansk navn	1993	1994	1995	1996	1997
Fontinazm2	Fontinalis sp.	Kildemos sp.	X	X	X	X	X
Isoe Lacb4	Isoetes lacustris	Sortgrøn Brasenføde	X	X	X	X	X
Lobe Dorb4	Lobelia dortmanna	Lobelia	X	X	X	X	X
Litt Unib4	Littorella uniflora	Strandbo	X	X	X	X	X
Sphagnuzm2	Sphagnum sp.	Art af Tørvemos	X	X	X	X	X
Drepanczm2	Drepanocladus sp.	Seglmos sp.	X	X	X	X	X
Junc Bulb4	Juncus bulbosus	Liden Siv	X	X	X	X	X
Phragmizb4	Phragmites sp.	Tagrør sp.	X	X	X	X	X
Crostrab4	Carex rostrata	Næb-Star	X	X	X	X	X
Eleo Palbx	Eleocharis palustris	Alm. Sumpstrå	X	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	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	X
		Bredbladet dunhammer		X	X	X	X
		Krybende ranunkel		X			
		Fliget brøndsel		X			
		Rørgræs		X	X		
		Star sp.				X	
		Sødgræs sp				X	
		Kragefod			X		
		Gul iris			X		



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

Sø: Madum sø År: 1997Amt: Nordjyllands Amt Periode: 5. - 12. 8. 1997

## Dækningsgrad af trædalger

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	5.566										5.566
2	10.105192	10.381389	9.24	12.58125							42.307831
3	0	0	0	0							0
4	0.95625	1.3359783	1.95	3.78							8.0222283
5	4.6520833	7.459375	7.93375	11.7425	0	0	0				31.787708
6	0	6.076875	21.170139	24.168103							51.415117
7	3.0288889	3.4932432	4.0505208	6.4219167							16.99457
8	5.1488889	2.296875	6.78125	7.5355603							21.762574
9					0	0	0	0	0	0	0
10					0	0	0				0
11					0	0	0	0	0	0	0
Sum algedækket areal, 10e3m2	29.457303	31.043735	51.12566	66.22933	0	0	0	0	0	0	177.85603
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 %	25.862426	28.93172	25.397745	29.52712	0	0	0	0	0	0	8.5858571
Total algedækket areal i sø, 10e3m2	177.85603										
Søareal 10e3m2	2071.5										
Total algedækningsgrad %	8.5858571										

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

Sø: Madum sø Ar: 1997Amt: Nordjyllands Amt Periode: 5. - 12. 8. 1997

## 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, 10e3m <sup>2</sup>											
1	5.071											5.071
2	12.428846	11.962571	34.98	55.825								115.19642
3	0	0	0	0								0
4	1.986875	1.9790217	8.76	12.996								25.721897
5	10.032212	8.3270833	18.846576	35.070764	2.275	0.9	0.0570833					75.508718
6	0	0	14.297935	13.982344								28.280279
7	8.0422222	10.403514	26.880729	31.873917								77.200382
8	8.9911111	6.076875	21.170139	24.168103								60.406228
9					12.50625	24.415385	51.516667	45.970455	23.255769	3.70333333		161.36786
10					36.491538	27.61	252.02827					316.12981
11					7.5597917	7.27125	1.5	36.234091	7.24625	0		59.811383
Sum plantedækket areal, 10e3m <sup>2</sup>	46.552266	38.749065	124.93538	173.91613	58.83258	60.196635	305.10202	82.204545	30.502019	3.70333333		924.69397
Total bundareal 10e3m <sup>2</sup>	113.9	107.3	201.3	224.3	207.6	207.6	534.8	220	180.5	74.2		2071.5
Gns. total dækningsgrad %	40.871173	36.112829	62.064272	77.537284	28.393993	28.996452	57.049742	37.365702	16.898626	4.9910153		44.638859
Total plantedækket areal i sø, 10e3m <sup>2</sup>	924.69397											
Søareal 10e3m <sup>2</sup>	2071.5											
Total dækningsgrad %	44.638859											

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

Sø: Madum sø      År: 1997

Amt: Nordjyllands Amt      Periode: 5. - 12. 8. 1997

## 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	0.45639											0.45639
2	0.24857692	0.23925143	0.6996	2.79125								3.97867835
3	0	0	0	0								0
4	0.0397375	0.03958043	0.1752	0.6498								0.90431793
5	0.30096635	0.2498125	0.56539728	1.75353819	0.11375	0.018	0.00114167					3.00260599
6	0	0	0.71489674	0.69911719								1.41401393
7	0.32168889	0.41614054	1.07522917	1.59369583								3.40675443
8	0.44955556	0.243075	0.63510417	1.20840517								2.53613989
9					0.6253125	1.22076923	2.57583333	2.29852273	1.16278846	0.18516667		8.06839292
10					1.82457692	1.3805	12.6014135					15.8064904
11					0.37798958	0.3635625	0.075	1.81170455	0.3623125	0		2.99056913
Sum plantefyldt volumen, 10e3m3	1.81691521	1.1878599	3.86542736	8.69580639	2.94162901	2.98283173	15.2533885	4.11022727	1.52510096	0.18516667		42.564353
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, %	6.38073824	1.47606077	1.53618573	2.21535097	0.62976429	0.52247885	0.81490482	0.41517447	0.15362387	0.03752643		0.693333439
Total plantefyldt volumen i sø, 10em3	42.564353											
Søvolumen (excl. rørskov), 10e3m3	6139.08											
Relativt plantefyldt volumen, %	0.693333439											

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

Sø: Madum sø      År: 1997

Amt: Nordjyllands Amt      Periode: 5. - 12. 8. 1997

Dækningsgrad af trædalger

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	5.566											5.566
2	10.105192	10.381389	9.24	12.58125								42.307831
3	0	0	0	0								0
4	0.95625	1.3359783	1.95	3.78								8.0222283
5	4.6520833	7.459375	7.93375	11.7425	0	0	0					31.787708
6	0	6.076875	21.170139	24.168103								51.415117
7	3.0288889	3.4932432	4.0505208	6.4219167								16.99457
8	5.1488889	2.296875	6.78125	7.5355603								21.762574
9					0	0	0	0	0	0	0	0
10					0	0	0	0	0	0	0	0
11					0	0	0	0	0	0	0	0
Sum algedækket areal, 10e3m2	29.457303	31.043735	51.12566	66.22933	0	0	0	0	0	0	0	177.85603
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 %	25.862426	28.93172	25.397745	29.52712	0	0	0	0	0	0	0	8.5858571
Total algedækket areal i sø, 10e3m2	177.85603											
Søareal 10e3m2	2071.5											
Total algedækningsgrad %	8.5858571											

Vandbalance Madum sø 1997

Dato	Datevalue	måned	Vandspejl Kote DNN i meter	Vandsp. ændr, mm	nedbør mm	fordampning mm	Af/tilstr mm	søareal m <sup>2</sup>	af/tilstr m <sup>3</sup>	Q af/tilst l/s
01/01/1997	35431		36.40							
01/02/1997	35462	januar	36.43	33	9	0	24	2120000	50144	18.72
01/03/1997	35490	februar	36.45	23	81	10	-48	2120000	-102063	-38.11
01/04/1997	35521	marts	36.43	-28	23	27	-24	2120000	-51659	-19.29
01/05/1997	35551	april	36.38	-42	31	59	-14	2120000	-29983	-11.19
01/06/1997	35582	maj	36.33	-55	58	71	-42	2120000	-88434	-33.02
01/07/1997	35612	juni	36.16	-172	59	92	-139	2120000	-294074	-109.79
01/08/1997	35643	juli	36.20	44	54	109	99	2120000	210486	78.59
01/09/1997	35674	august	36.14	-66	38	87	-17	2120000	-35434	-13.23
01/10/1997	35704	september	36.11	-25	60	47	-38	2120000	-80560	-30.08
01/11/1997	35735	oktober	36.10	-9	61	15	-55	2120000	-116070	-43.34
01/12/1997	35765	november	36.10	-0	48	5	-43	2120000	-91160	-34.04
01/01/1998	35796	december	36.11	4	68	1	-63	2120000	-134090	-50.06
				-293	590	523	-350	2120000	-741273	-23.44

## Bilag 7 tidsvægtede gennemsnit af planktonbiomasse

<b>Madum Sø</b>	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<b>Fytoplankton - sommer (1/5-30/9)</b>									
Total biomasse (mm <sup>3</sup> /l) Tidvgtgns.	1,31	3,94	0,885	6,11	1,86	2,24	20,7	0,689	1,51
Biomasse (mm <sup>3</sup> /l) fordelt på klasser Tidsvægtede gennemsnit									
CYANOPTYTA									
CRYPTOPHYCEAE	0,055	0,034	0,041	0,159	0,012	0,110	0,148	0,013	0,027
DINOPHYCEAE		2,96		4,75	1,22	1,76	20,0	0,080	0,830
CHRYSOPHYCEAE	0,028	0,320	0,004	0,071	0,077	0,077	0,002	0,150	0,051
DIATOMOPHYCEAE					0,001				
CHLOROPHYCEAE	0,945	0,006	0,255	0,030	0,477	0,234	0,556	0,437	0,599
Ubestemte	0,285	0,614	0,585	1,10	0,077	0,054		0,009	
<b>Fytoplankton - hele året</b>									
Total biomasse (mm <sup>3</sup> /l) Tidvgtgns.	2,97	3,68	1,66	5,74	1,72	4,25	14,9	1,04	3,21
Biomasse (mm <sup>3</sup> /l) fordelt på klasser Tidsvægtede gennemsnit									
CYANOPTYTA									
CRYPTOPHYCEAE	0,079	0,016	0,023	0,077	0,007	0,113	0,213	0,007	0,015
DINOPHYCEAE	0,013	1,57	0,084	4,00	0,867	3,50	14,1	0,110	1,22
CHRYSOPHYCEAE	0,026	0,492	0,004	0,108	0,208	0,276	0,063	0,241	0,107
DIATOMOPHYCEAE				0,001	0,001	0,017			
CHLOROPHYCEAE	0,784	0,003	0,407	0,014	0,559	0,284	0,484	0,669	1,87
Ubestemte	2,07	1,61	1,14	1,55	0,080	0,055		0,008	
<b>Zooplankton - sommer (1/5-30/9)</b>									
Total biomasse (µgDW/l) Tidsvægtede gennemsnit	406	105	339	162	165	145	58,3	364	180
Biomasse (µgDW/l) fordelt på taxo- nomiske grupper Tidvgtgns.									
ROTATORIA	24,7	20,2	0,190	7,58	14,4	13,1	14,6	0,796	18,1
CLADOCERA	238	47,2	122	120	123	127	36,4	176	11,4
CALANOIDA	143	37,6	216	33,2	27,7	4,78	6,74	188	150
CYCLOPOIDA							0,583	0,137	
<b>Zooplankton - hele året</b>									
Total biomasse (µgDW/l) Tidsvægtede gennemsnit	374	205	305	252	218	101	78,0	353	222
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	11,3
CLADOCERA	139	31,4	82,1	134	154	88,0	28,0	140	6,28
CALANOIDA	170	133	210	96,0	56,2	3,77	40,5	212	204
CYCLOPOIDA							0,339	0,073	

Bilag 7 fortsat

Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<b>Vandkemi &amp; fysiske målinger i søvandet</b>									
<b>Sigt dybde - sommer (1/5 - 30/9)</b>									
Sigt dybde, tidsvægtet gennemsnit (m)	6,31	4,72	4,94	2,74	4,97	5,70	3,76	5,54	4,20
Sigt dybde, 50 % fraktil (m)	6,60	3,74	4,76	2,40	5,00	5,30	3,85	6,00	4,00
Største sigt dybde (m)	7,30	7,30	7,30	6,00	7,05	7,30	7,20	7,00	5,50
Mindste sigt dybde (m)	1,75	2,15	2,75	1,50	3,10	3,90	1,90	4,00	2,90
<b>Fosfor - sommer (1/5 - 30/9)</b>									
Total fosfor, tidsvægtet gennemsnit (µg P/l)	26	26	21	36	29	27	31	29	24
Total fosfor, 50% fraktil (µg P/l)	26	27	19	34	28	24	26	25	25
Total fosfor, max. (µg P/l)	39	34	31	56	50	62	60	61	34
Total fosfor, min. (µg P/l)	15	17	15	20	15	15	13	16	17
Opløst fosfat, tidsvægtet gns. (µg P/l)	4	3	3	3	7	7	5	6	4
Opløst fosfat, 50% fraktil (µg P/l)	3	3	3	3	4	4	3	5	5
Opløst fosfat, max. (µg P/l)	10	5	5	4	25	22	12	17	8
Opløst fosfat, min. (µg P/l)	2	2	2	2	1	2	2	1	1
<b>Kvælstof - sommer (1/5 - 30/9)</b>									
Total kvælstof, tidsvægtet gns. (µg N/l)	517	471	563	548	398	468	602	458	509
Total kvælstof, 50% fraktil (µg N/l)	498	457	524	520	390	470	590	445	485
Total kvælstof, max. (µg N/l)	900	620	620	780	510	660	860	520	980
Total kvælstof, min. (µg N/l)	250	330	330	370	330	340	450	370	360
<b>Klorofyl a - sommer (1/5 - 30/9)</b>									
Klorofyl a, tidsvægtet gennemsnit (µg/l)	4	6	6	10	5	5	10	2	4
Klorofyl a, 50% fraktil (µg/l)	5	6	6	11	5	3	9	1,5	4
Klorofyl a, max. (µg/l)	40	9	10	16	10	8	24	4	9
Klorofyl a, min. (µg/l)	2	1	4	3	1	2	3	1	1
<b>Øvrige parametre - (1/5 - 30/9)</b>									
pH, tidsvægtet gennemsnit	5,38	5,71	5,45	5,92	5,16	5,49	6,00	5,58	5,6
Total alkalinitet, tidsvægtet gns. (meq/l)	0,14	0,08	0,07	0,17	0,06	0,08	0,15	0,10	0,17
Silikat, tidsvægtet gennemsnit (mg/si/l)	0,10	0,16	0,10	0,12	0,15	0,11	0,18	0,15	0,21
Suspenderet stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,1	2,39	5,59	2,40	2,54
Glødetab af susp. stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,0	1,75	3,73	1,55	1,81
Nitrat+nitrit+kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	49	22	127	36	36	44	21	58	20
Ammonium-kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	18	12	11	14	12	11	11	23	8

## Bilag 8, Metoder

Prøvetagningsprogrammet for 1997 har for begge søer omfattet i alt 19 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).

### 8.1 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.

### 8.2 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, ellers er pH målt i blandingsprøven.

### 8.3 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 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 cladoceer og copepoder. Begge prøvetypers indhold er konserveret med sur lugol.

#### 8.4 Vegetationsundersøgelser

I begge søer er der i august - september udført vegetationsundersøgelser efter teknisk anvisning nr. 6, DMU 1993 (Moeslund et. al. 1993). Fra og med 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 blev 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 blev riven modificeret med en modvægt, så hver prøvetagning repræsenterer et punkt i modsætning til et skrab af varierende længde. Data vedr. vegetationsundersøgelserne i 1997 findes i bilag 5 og 13.

#### 8.5 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

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

$$X_j, X_{(j-1)} = \text{koncentrationen af X på de to prøvetagningsdatoer}$$

$$\text{Antal dage} = \text{i midlingsperioden, år, sommer eller vinter}$$

De beregnede værdier fremgår af bilag 7 og 15.

### 8.6 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.

### 8.7 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 indicerer 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 borer 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 grunde 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.

Næringsstofdeposition via luften:

Fosfor:	0,20 kg P ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>
Kvælstof:	20,0 kg N ha <sup>-1</sup> år <sup>-1</sup>

Belastningen fra spredt bebyggelse beregnes som:

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

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

### 8.7.1 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:

$$\Delta H - (N - A_o) - A_u = 0$$

### 8.7.2 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 Blåkilde. 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:	88,7 l/s
Middel koncentration for Total kvælstof:	1,925 mg N l <sup>-1</sup>
Middel koncentration for Total fosfor:	10,25 µg P l <sup>-1</sup>
Spredt Bebyggelse:	12 huse 2 gårde

Basiskoncentrationen for oplandet til Lille Blåkilde kan herefter beregnes til :

$$\frac{\text{Bidrag fra det åbne land} - \text{bidrag fra spredt bebyggelse/år}}{\text{vandføring/år}}$$

d.v.s.

$$\text{Total kvælstof} = \frac{5398 \text{ kg} - 84 \text{ kg}}{1,939 \cdot 10^6 \text{ m}^3} = 1,894 \text{ N l}^{-1}$$

$$\text{Total fosfor} = \frac{28,7 - 27,5}{1,939 \cdot 10^6 \text{ m}^3} = 0,617 \mu \text{g/l}$$

For oplandet til Lille Blåkilde beregnes en arealspecifik afstrømning på :

	88,7 l/s / 1180 ha	= 0,075 l s <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup>
Indsivningen til Madum sø beregnes til:	818 ha · 0,075 l/s ha <sup>-1</sup>	= 61,5 l s <sup>-1</sup>
Den specifikke indstrømning er:	61,5 l/s / 8,18 km <sup>2</sup>	= 7,5 l s <sup>-1</sup> pr. km <sup>2</sup>

Indsivningen på  $61,5 \text{ l s}^{-1}$  betyder for Madum sø en årlig vandtilførsel på  $1,94 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . 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 3.2 år.

	N		P	
	tons N/år	%	kg P/år	%
Basisbidrag	3,67	45,82	0,81	1,15
Spredt bebyggelse	0,1	1,25	27,5	38,89
Luftbidrag	4,24	52,93	42,4	59,96
Total tilførsel	8,01	100	70,71	100

*Tabel 8.7.1 Belastningsopgørelse for Madum Sø gældende for 1997*

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  $8.18 \text{ km}^2$ .

Som det fremgår af afsnit 5.2.7 er Madum sø karakteriseret ved surt, lavalkalisk vand (sommeregnensnit 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.

### 8.7.3 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 1997 fra Øster Å - systemet:

Oplandsareal:	10.099 ha
Middelafløbstrømning:	514 l/s
Arealbidrag kvælstof:	86.510 tons/år
Arealbidrag fosfor:	2.183 tons/år

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

*Bilag 8, Metoder, Madum og Hornum søer*

Arealspecifik afstrømning:	0,051 l/s ha <sup>-1</sup>
Koncentration af Total kvælstof:	5.3370 mg N l <sup>-1</sup>
Koncentration af Total fosfor:	0,135 mg P l <sup>-1</sup>

Herefter kan indsivningen til Hornum Sø beregnes til:

$$688 \text{ ha} \cdot 0,051 \text{ l/s ha}^{-1} = 35.02 \text{ l/s}$$

Den specifik afstrømning er:  $= 5.09 \text{ l/s km}^2$

En indsivning på 35.02 l/s svarer til en årlig tilførsel af vand på  $1.104 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  vand, hvilket giver søen en opholdstid på 55 dage. Søens volumen er opgjort til  $167,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ .

	N		P	
	tons N/år	%	kg P/år	%
Basisbidrag	5,9	96,72	149	98,48
Spredt bebyggelse	0	0	0	0
Luftbidrag	0,2	3,28	2,3	1,52
Total tilførsel	6,1	100	151,3	100

*Tabel 8.7.2 Belastningsopgørelse for Hornum Sø gældende for 1997*

Hornum Sø's opland er opgjort til 6,88 km<sup>2</sup>.

#### 8.7.4 Vandbalance

Der er opstillet en vandbalance, baseret på nedbør, N, potentiel fordampning, EP, og registreret vandstandsændring,  $\Delta H$  i søen. Vandbalance beregningerne er netto værdier for til/fra afstrømning til søerne. Balancen er opgjort pr. måned og år.

#### 8.7.5 Madum Sø

Af tabel 8.7.3 ses søvandspejlet at være lavest i sen sommeren og højest om vinteren, hvilket stemmer godt overens med den vandsspejls ændring, der kan forventes for årsvariationen. Det skal gøres opmærksomt på at nedbør, N og potentiel fordampning, EP som følge af paradokset er ganget op med henholdsvis 1,16 og 1,2. I bilag 6 er vandbalancen opgjort for hver måned i 1997.

Bilag 8, Metoder, Madum og Hornum søer

	Vandstandsvariation, meter			Vandstand, meter		N-EP
	Maksimal	Minimal	Forskel	d. 1/1	$\Delta H$	Meter
1991	36.74, mar.	36.48, aug.	0.26	36.63		0.097
1992	36.63, apr.	36.25, sep	0.38	36.51	-0.12	0.150
1993	36.47, jan	36.08, aug	0.39	36.44	-0.07	0.229
1994	36.77, dec	36.43, juli	0.34	36.48	+0.02	0.214
1995	36.95, mar	36.56, aug	0.39	36.77	+0.29	0.059
1996	36.82, feb	36.19, okt	0.63	36.62	-0.15	-0.002
1997	36.45, feb	36.10, okt	0.35	36.4	-0.22	0.057
1998				36.11	-0.29	

*Tabel 8.7.3 viser den årlige vandstandsvariationen i Madum Sø, sammen med  $\Delta H$ , der er vandstandsændringen over året. Yderlig er nedbør, N minus potentiel fordampning, EP vist.*

### 8.7.6 Hornum Sø

Af tabel 8.7.4 ses vandstanden at være lavest i august-september og højest om vinteren. Nedbøren er ganget op med 1.16 i følge pardimaet. I bilag 6 er vandbalancen opgjort for hver måned i 1997.

	Vandstandsvariation, meter			Vandstand, meter		N-EP
	Maksimal	Minimal	Forskel	d. 1/1	$\Delta H$ , året	Meter
1991	45.68, mar	45.27, sep	0.38	45.50		0.097
1992	45.52, apr	45.15, sep	0.36	45.38	-0.12	0.150
1993	45.42, feb	45.06, aug	0.36	45.36	-0.02	0.229
1994	45.83, dec	45.42, juli	0.41	45.36	+0.00	0.214
1995	46.08, mar	45.57, aug	0.51	45.83	+0.47	0.059
1996	46.19, jan	45.42, sep	0.77	45.93	+0.10	-0.002
1997	45.85, feb	45.48, sep	0.37	45.71	-0.22	0.057
1998				45.57	-0.14	

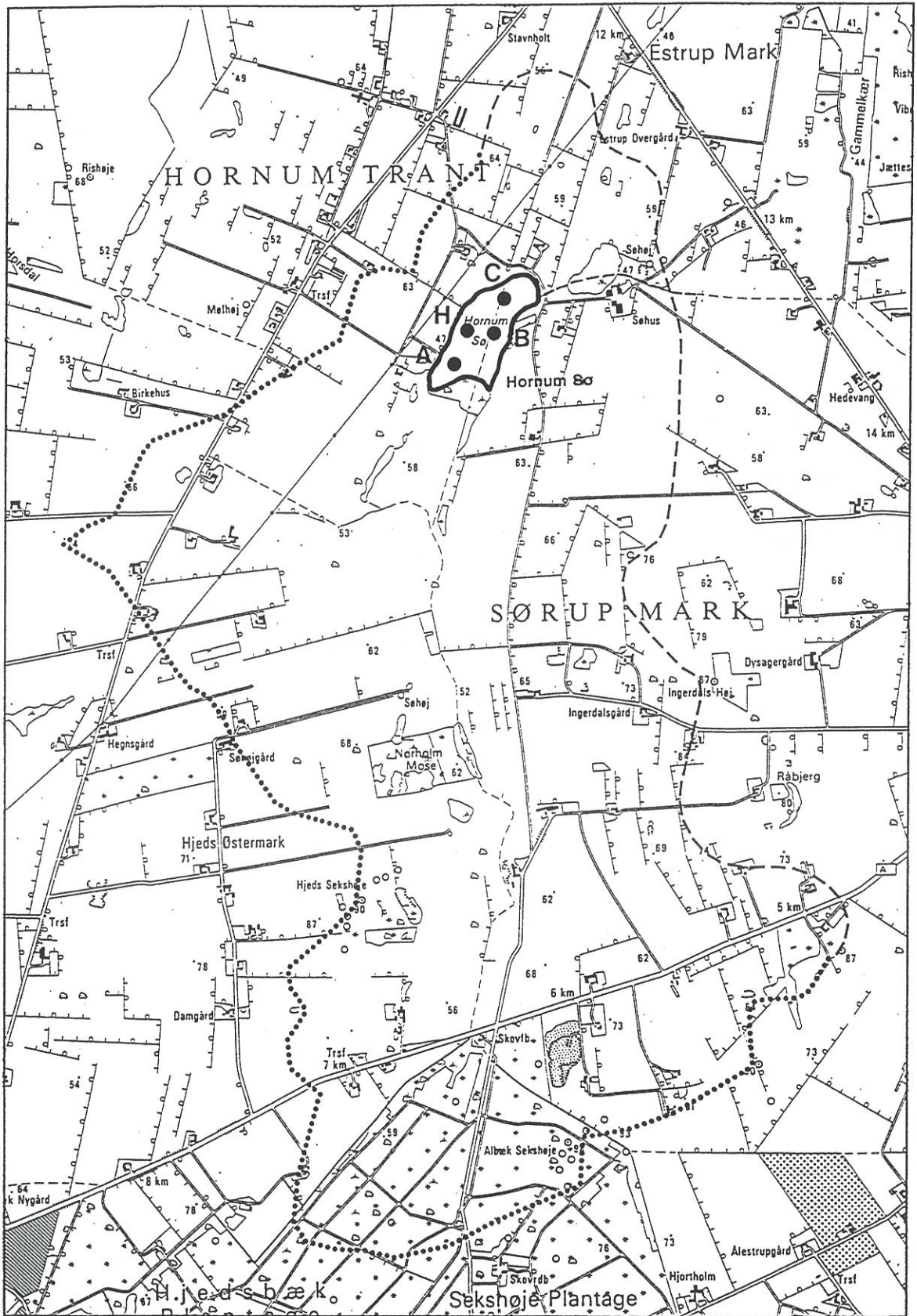
*Bilag 8, Metoder, Madum og Hornum søer*

*Tabel 8.7.4 viser den årlige vandstandsvariationen i Hornum Sø, sammen med  $\Delta H$ , der er vandstandsændringen over året. Yderlig er nedbør,  $N$  minus potentiel fordampning,  $EP$  vist.*



## Morfometriske data for Hornum Sø.

Søens areal (km <sup>2</sup> )	0,112
Søens volumen (mio. m <sup>3</sup> )	0,164
Største dybde (m)	2,6
Middel dybde (m)	1,46
Kystlængde (km)	1,6
Arealindex I(a) (km <sup>2</sup> )	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



## Hornum sø

Hornum Sø, Hovedstation																			
Fytoplankton	DATO																		
SUM antal/ml	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
	283958	621824	324819	1.E+06	2.E+06	2.E+06	3.E+06	1.E+06	2.E+06	444845	119616	27624	22464	12630	20509	2572.2	40984	27549	52401
GRAND TOTAL																			
Taxonomisk grupper																			
CYANOPHYTA							1303.3	1172.9	4645.4	1172.9	231.5	920.9	21824	12630	20509	1034.0	291.9	.9	
CRYPTOPHYCEAE	120.0	205.8	1738.8	10495	13993	7459.4	3738.3	1646.2	514.4	185.2	116.6	91.0	640.0			1538.2			
DINOPHYCEAE			.3		.5	1.3											40692	12424	6728.9
CHRYSPHYCEAE																			
DIATOMOPHYCEAE				144.0	442.4														
EUGLENOPHYCEAE																			
CHLOROPHYCEAE	283838	621618	323080	1.E+06	2.E+06	2.E+06	3.E+06	1.E+06	2.E+06	443372	119196	26597						15125	45672



## Hornum sø

Zooplankton antal/l	DATO	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
Taxonomisk gruppe																				
ROTATORIA																				
Brachionus angularis	10.2	8.1	86.2	324.8	580.8	718.3	430.9	18.1	186.7					10.1						
Keratella cochlearis	15.2	16.3	15.7	20.6	34.6	64.0	53.2	18.1	129.5	4259.2	4119.8	438.7					10.3	9.3		
Keratella quadrata	8.1			16.4	3.8	4.9		47.9												
EPIPHANOIDAE																				
Euchlanis sp.																				
Trichocerca spp.							10.6	15.1	93.8	239.8	208.9	41.3	199.1	940.9	1177.7	61.9	18.6			
Polyarthra remata			3.9	4.1	46.2	34.4	191.5	132.6	39.1	1107.0	937.3	835.6	506.3	19.0			72.2	102.0	377.8	
Synchaeta spp.									3.0				51.7				31.0	27.8	73.7	
Asplancha sp. 1.												43.6	62.7	41.3						
Hexarthra sp.												3705.6	3760.0	10.3						
Filinia longiseta										57.2	5722.7									
CLADOCERA																				
Diaphanosoma brachyurum						3.0	6.7	4.4	.2		2	2.2	59.3	394.1	877.8	982.2	48.4	.7		
Bosmina longirostris				3.3	3.0	4.4	5.2	6.7	4.0	7.6	16.0	243.0	1370.4	191.1	115.6	777.8	44.9	35.1	20.2	
CALANOIDA																				
Eudiaptomus graciloides	48.7	68.4	88.2	144.4	165.9	108.1	132.6	64.4	22.7	5.3	9.8	4.4	59.3	17.8	77.8	40.0	19.3	16.9	18.9	
CYCLOPOIDA																				
Cyclops sp.	1.8	2.4	4.2	4.9	3.7	1.5	4.4	3.0	.7	.7	.7	2.2	17.8	1.5			2.2	.9	.4	
Hornum S, Hovedstation																				
Zooplankton																				
SUM antal/l	DATO																			
970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208		
75.9	103.4	198.2	518.6	838.0	938.6	882.9	247.3	457.4	11196	9072.5	5557.6	2157.7	822.5	2032.3	2977.7	290.3	211.3	491.0		
GRAND TOTAL																				
Taxonomisk grupper																				
ROTATORIA	25.4	32.5	105.8	365.9	655.4	821.6	734.0	168.7	430.5	11183	9046.1	5305.8	651.0	218.0	961.2	1177.7	175.4	157.7	451.5	
CLADOCERA				3.3	3.0	7.4	11.9	11.1	4.2	7.8	16.0	245.2	1429.6	585.2	993.3	1760.0	93.3	35.8	20.2	
CALANOIDA	48.7	68.4	88.2	144.4	165.9	108.1	132.6	64.4	22.7	5.3	9.8	4.4	59.3	17.8	77.8	40.0	19.3	16.9	18.9	
CYCLOPOIDA	1.8	2.4	4.2	4.9	3.7	1.5	4.4	3.0	.7	.7	2.2	17.8	1.5				2.2	.9	.4	



## Hornum sø

	DATO	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208
	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT
Hornum Sø, Hovedstation																				
Zooplankton																				
µg DW/l	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208	
Taxonomisk gruppe																				
ROTATORIA																				
Brachionus angularis	.4	.3	7.0	21.8	45.4	46.0	30.7	.6	8.0						.4					
Keratella cochlearis	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.2	.1	.5	15.9	13.4	1.5					.5			
Keratella quadrata	.4			.8	.2		1.0													
EPIPHANOIDAE																				
Euchlanis sp.																				
Trichocerca spp.							.3	.5	.5	3.0	7.7	6.7	1.3	3.4	25.1	30.1	2.0	.6		
Polyarthra remata						.4	8.8	1.4	.4	23.8	15.7	9.5	5.2	.2			.8	1.1	11.9	
Synchaeta spp.			.0	.0	.5			.6									6.2	5.6	14.7	
Asplancha sp. 1.													25.8							
Hexarthra sp.											3.1	4.4	2.9							
Filinia longiseta									1.4	115.5	69.1	92.1	.2							
CLADOCERA																				
Diaphanosoma brachyurum						6.5	14.6	9.8	.5	.5	4.3	4.9	18.7	125.5	556.8	710.8	43.2	1.5		
Bosmina longirostris				5.1	2.8	4.2	4.9	6.3	3.8	7.2	4.3	96.7	1102.3	171.2	118.9	852.5	58.5	47.2	29.7	
CALANOIDA																				
Eudaptomus graciloides	332.8	358.9	416.6	277.1	425.6	212.5	372.1	271.7	16.1	8.3	17.3	1.2	99.1	72.9	56.7	58.2	85.3	126.4	114.1	
CYCLOPOIDA																				
Cyclops sp.	6.4	8.8	10.8	4.8	9.3	2.9	3.6	10.7		.9	.2	.6	9.6	5.3			13.2	2.0	2.6	
Hornum Sø, Hovedstation																				
Zooplankton																				
SUM æg DW/l	970113	970203	970303	970401	970414	970428	970512	970526	970609	970623	970707	970721	970804	970818	970901	970915	971013	971110	971208	
GRAND TOTAL	339.6	368.5	434.5	309.8	483.9	272.8	436.3	300.6	31.7	175.0	130.8	217.5	1265.1	378.5	758.3	1651.6	209.7	184.8	173.1	
Taxonomisk grupper																				
ROTATORIA	.4	.7	7.0	22.7	46.2	46.8	41.0	2.1	11.4	158.1	109.0	114.2	35.5	3.6	25.9	30.1	9.5	7.7	26.7	
CLADOCERA				5.1	2.8	10.7	19.6	16.1	4.3	7.6	4.3	101.6	1120.9	296.7	675.7	1563.3	101.7	48.7	29.7	
CALANOIDA	332.8	358.9	416.6	277.1	425.6	212.5	372.1	271.7	16.1	8.3	17.3	1.2	99.1	72.9	56.7	58.2	85.3	126.4	114.1	
CYCLOPOIDA	6.4	8.8	10.8	4.8	9.3	2.9	3.6	10.7		.9	.2	.6	9.6	5.3			13.2	2.0	2.6	

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

Hornum Sø

AMT: Nordjylland ÅR: 1993 til 1997

ID-Kode	Art	Dansk navn	1993	1994	1995	1996	1997
Fontinam2	Fontinalis sp	Kildemos	X	X	X	X	X
Isoe Lacb4	Isoetes lacustris	Sortgrøn Brasenføde	X	X		X	X
Poly Ampb4	Polygonum amphibium	Vand-Pileurt	X	X	X	X	X
Hydr Vulb4	Hydrocotyle vulgaris	Vandnavle	X	X	X	X	
Litt Unib4	Littorella uniflora	Strandbo	X	X	X	X	X
Lobe Dorb4	Lobelia dortmanna	Lobelie	X	X	X	X	X
Junc Bulb4	Juncus bulbosus	Liden Siv	X	X	X	X	X
Spar Emeb4	Sparganium emersum	Enkelt Pindsvineknop	X				
Eleo Palb4	Eleocharis palustris	Almindelig Sumpstrå	X	X	X	X	X
Myri Galb4	Myrica gale	Pors	X	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	X
C Rostrab4	Carex rostrata	Næb-Star	X	X	X	X	X
Nitellazp4	Nitella sp.	Art af Glanstråd	X	X	X	X	X
		Krybende ranunkel		X	X		
		Rørgræs		X	X	X	X
		Dusk Fredløs		X	X	X	X
		Vandmynte		X			
		Nedbøjet ranunkel		X	X		
		Kærnerre		X			
		Smalbladet ærenpris		X			
		Forglemmigej sp.		X			
		Mannasødgræs		X			
		Kragefod		X	X	X	
		Vedbendvandranunkel		X			
		Bukkeblad		X	X		
		Sværtvæld		X			
		Pindsvineknop sp		X	X		X
		Hårtusindblad				X	X
		Pil	X			X	X
		Alm Fredløs	X			X	
		Gærdesnerle		X	X		

Sø: Hornum søÅr: 1997Amt: Nordjyllands AmtPeriode: 22.-23.9.97

## 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	1.7337875	0.7928375	0.10375909	0.03261	0	2.66299409
2	0.63638889	0.00725	0			0.64363889
3	2.4662	1.15935	0.0094875	0.0094875	0	3.644525
4	1.471825	0.75645192	0	0.03026591	0.03146	2.29000283
5	0.1321875	0.07066406	0	0.00168182		0.20453338
6	0.123	0.16275				0.28575
Sum algedækket areal, 10e3m2	6.56338889	2.94930349	0.11324659	0.07404523	0.03146	9.73144419
Total bundareal 10e3m2	12.509	12.809	31.494	24.004	31.875	112.691
Gns. total alge dækningsgrad %	52.4693332	23.0252439	0.35958148	0.30847037	0.09869804	8.63551144
Total algedækket areal i sø. 10e3m2			9.73144419			
Søareal 10e3m2			112.691			
Total alge dækningsgrad			%			
			8.63551144			

Sø: Hornum søÅr: 1997Amt: Nordjyllands AmtPeriode: 22.-23.9.97

## 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	2.12833929	2.47435	0.84489545	0.146745	1.3203	6.91462974
2	0.90222222	0	0.22425			1.12647222
3	3.26447	2.11515	0.26565	0.79695	0	6.44222
4	2.44544375	1.13718269	10.986525	5.75052273	2.48534	22.8050142
5	0.324375	0.13816406	0.01002273	0.09502273		0.56758452
6	0.208	0.40075				0.60875
Sum plantedækket areal, 10e3m2	9.27285026	6.26559675	12.3313432	6.78924045	3.80564	38.4646706
Total bundareal 10e3m2	12.509	12.809	31.494	24.004	31.875	112.691
Gns. total dækningsgrad %	74.1294289	48.9155809	39.1545792	28.2837879	11.9392627	34.1328683
Total plantedækket areal i sø. 10e3m2			38.4646706			
Søareal 10e3m2			112.691			
Total dækningsgrad %			34.1328683			

Sø: Hornum søÅr: 1997Amt: Nordjyllands AmtPeriode: 22.-23.9.97

## 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	0.10641696	0.1237175	0.04224477	0.00733725	0.13203	0.41174649
2	0.03608889	0	0.0112125			0.04730139
3	0.1632235	0.084606	0.0132825	0.079695	0	0.340807
4	0.12227219	0.04548731	1.0986525	0.57505227	0.372801	2.21426527
5	0.01621875	0.0069082	0.00050114	0.00950227		0.03313036
6	0.00832	0.0280525				0.0363725
Sum plantefyldt volumen, 10e3m3	0.45254029	0.28877151	1.16589341	0.6715868	0.504831	3.08362301
Vandvolumen 10e3m3	3.127	9.38	36.32	42.98	75.45	167.257
Relativt plantefyldt volumen, %	14.4720272	3.07858754	3.21005895	1.56255653	0.66909344	1.84364362
Total plantefyldt volumen i sø, 10e3m3			3.08362301			
Søvolumen (excl. rørskov), 10e3m3			167.257			
Relativt plantefyldt volumen, %			1.84364362			

Hornum sø 1997

Date	value	måned	Vandspejl kote DNN i m	Vandspejlsændring i mm	nedbør mm	fordampn mm	af/tilstr mm	areal m <sup>2</sup>	Q-nedbør m <sup>3</sup>	Q-til/fra m <sup>3</sup>	Q-til/fra l/s
35431			45.71								
35462		januar	45.77	62.9	9	0	54	112592	1013	6064	2.26
35490		februar	45.85	80.0	81	10	9	112592	9120	1013	0.38
35521		marts	45.84	-14.3	23	27	-10	112592	2590	-1158	-0.43
35551		april	45.75	-85.7	31	59	-58	112592	3490	-6498	-2.43
35582		maj	45.73	-20.7	58	71	-8	112592	6530	-869	-0.32
35612		juni	45.65	-83.6	59	92	-51	112592	6643	-5694	-2.13
35643		juli	45.55	-98.2	54	109	-43	112592	6080	-4866	-1.82
35674		august	45.48	-71.8	38	87	-23	112592	4278	-2565	-0.96
35704		september	45.48	2.9	60	47	-10	112592	6756	-1142	-0.43
35735		oktober	45.49	5.5	61	15	-40	112592	6868	-4556	-1.70
35765		november	45.51	20.4	48	5	-23	112592	5404	-2549	-0.95
35796		december	45.57	64.9	68	1	-2	112592	7656	-242	-0.09
				-138	590	523	-194.6	112592	66429	-21913	-0.69

## Bilag 15 tidsvægtede gennemsnit af planktonbiomasse

<b>Hornum Sø</b>	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<b>Fytoplankton - sommer (1/5-30/9)</b>									
Total biomasse (mm <sup>3</sup> /l) Tidvgtgns.	19,9	28,7	3,34	12,9	0,442	12,0	2,94	4,86	16,5
Biomasse (mm <sup>3</sup> /l) fordelt på klasser Tidsvægtede gennemsnit									
CYANOPTYTA	13,9	12,1	0,068	8,40	0,007	0,608	0,277	0,554	11,2
CRYPTOPHYCEAE	0,101	0,201	0,039	0,151	0,004	0,348	0,337	0,375	0,453
DINOPHYCEAE	0,794	12,4	0,164	0,818	0,155	7,76	0,410	0,041	2,23
CHRYSOPHYCEAE	0,055	0,037	0,070	0,042	0,066	0,714	0,009	0,004	0,012
DIATOMOPHYCEAE					0,001	0,034	0,780	0,022	
EUGLENOPHYCEAE							0,121	0,047	0,066
CHLOROPHYCEAE	4,82	0,916	2,07	2,7	0,162	2,53	1,01	3,81	2,51
Ubestemte	0,229	3,03	0,929	0,776	0,046	0,041			
<b>Fytoplankton - hele året</b>									
Total biomasse (mm <sup>3</sup> /l) Tidvgtgns.	10,3	15,2	3,39	6,75	0,677	6,44	2,35	4,33	9,38
Biomasse (mm <sup>3</sup> /l) fordelt på klasser Tidsvægtede gennemsnit									
CYANOPTYTA	6,28	5,94	0,039	3,90	0,170	0,447	0,179	0,400	5,32
CRYPTOPHYCEAE	0,060	0,181	0,026	0,075	0,047	0,222	0,603	1,01	0,447
DINOPHYCEAE	0,358	6,22	0,163	0,423	0,090	3,70	0,217	0,22	1,04
CHRYSOPHYCEAE	0,154	0,280	0,069	0,029	0,170	0,532	0,186	0,687	0,085
DIATOMOPHYCEAE						0,047	0,450	0,014	0,005
EUGLENOPHYCEAE							0,064	0,025	0,030
CHLOROPHYCEAE	2,727	0,644	1,90	1,35	0,133	1,45	0,646	2,181	2,45
Ubestemte	0,732	1,95	1,19	0,930	0,066	0,049			
<b>Zooplankton - sommer (1/5-30/9)</b>									
Total biomasse (µgDW/l) Tidsvægtede gennemsnit	690	88,0	598	690	323	735	336	440	510
Biomasse (µgDW/l) fordelt på taxo- nomiske grupper Tidvgtgns.									
ROTATORIA	11,1	40,4	17,2	12,5	4,25	45,7	102	79,5	44,9
CLADOCERA	373	29,2	215	351	96,8	421	132	219	390
CALANOIDA	304	18,5	365	327	222	269	102	122	75,3
CYCLOPOIDA	1,41					0,001	0,210	19,9	0,36
<b>Zooplankton - hele året</b>									
Total biomasse (µgDW/l) Tidsvægtede gennemsnit	529	97,8	457	555	312	458	315	345	402
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	26,8
CLADOCERA	241	16,0	135	281	79,2	202	82,0	125	207
CALANOIDA	268	48,7	311	266	223	203	149	122	167
CYCLOPOIDA	0,670						4,14	35,0	1,20

Bilag 15 fortsat

Hornum sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet									
Sigt dybde - sommer (1/5 - 30/9)									
Sigt dybde, tidsvægtet gennemsnit (m)	1,81	1,10	2,68	2,30	2,39	1,79	1,74	1,66	1,29
Sigt dybde, 50 % fraktil (m)	1,88	0,97	2,65	2,40	2,40	1,80	1,78	1,55	1,14
Største sigt dybde (m)	2,05	1,60	2,9	2,7	2,7	2,3	2,8	2,5	2,2
Mindste sigt dybde (m)	1,05	0,80	2,5	1,8	2,2	1,2	1,35	0,7	0,4
Fosfor - sommer (1/5 - 30/9)									
Total fosfor, tidsvægtet gennemsnit (µg P/l)	66	74	27	38	29	114	55	58	75
Total fosfor, 50% fraktil (µg P/l)	66	69	27	34	30	60	53	60	78
Total fosfor, max. (µg P/l)	106	98	39	52	43	540	91	100	100
Total fosfor, min. (µg P/l)	45	53	15	22	14	38	39	29	52
Opløst fosfat, tidsvægtet gns. (µg P/l)	6	7	5	4	5	49	13	13	8
Opløst fosfat, 50% fraktil (µg P/l)	6	6	3	4	3	8	8	11	8
Opløst fosfat, max. (µg P/l)	10	9	12	7	13	460	62	40	13
Opløst fosfat, min. (µg P/l)	2	2	2	3	2	2	2	1	3
Kvælstof - sommer (1/5 - 30/9)									
Total kvælstof, tidsvægtet gns. (µg N/l)	944	1360	575	660	527	943	936	970	1297
Total kvælstof, 50% fraktil (µg N/l)	918	1203	583	665	540	870	910	910	1213
Total kvælstof, max. (µg N/l)	1100	2080	1140	930	590	1220	1190	1380	1950
Total kvælstof, min. (µg N/l)	810	770	108	500	440	660	730	810	860
Klorofyl a - sommer (1/5 - 30/9)									
Klorofyl a, tidsvægtet gennemsnit (µg/l)	23	50	6	7	3	25	7	8,5	9,0
Klorofyl a, 50% fraktil (µg/l)	17	46	3	8	2	18	6	6	7
Klorofyl a, max. (µg/l)	73	108	15	12	4	75	15	24	29
Klorofyl a, min. (µg/l)	4	20	1	3	2	6	2	3	1
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	7,71
Total alkalinitet, tidsvægtet gns. (meq/l)	0,17	0,12	0,13	0,020	0,11	0,19	0,23	0,23	0,27
Silikat, tidsvægtet gennemsnit (mg/si/l)	0,13	0,26	0,11	0,10	0,15	0,15	0,19	0,18	0,26
Suspenderet stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,3	6,96	4,17	7,68	12,2
Glødetab af susp. stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					1,9	5,8	2,84	5,48	9,3
Nitrat+nitrit+kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	66	79	153	153	16	31	37	24	48
Ammonium-kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	19	11	18	18	11	21	27	14	63