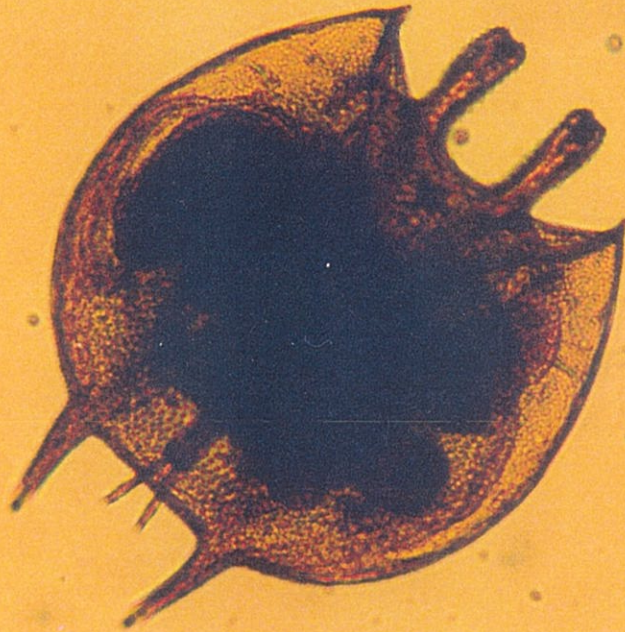




VANDMILJØ
overvågning



Søer 1995

Løbenr.: 48 1996

Eksemplar nr.: 1/1



Nordjyllands Amt
Miljøkontoret

Maj 1996

VANDMILJØ
OVERVÅGNING
SØER
1995

NORDJYLLANDS AMT

Datablad

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

Kontaktperson: Per Schriver, tlf: 96 35 14 17

Udgivelsestidspunkt: Maj 1996

Forside: *Platytas quadricornis*, hjuldyr fra Hornum Sø.
Foto, Per Schriver.

Oplagstal: 50

Sideantal: 38+bilag

Tryk: Nordjyllands Amt

ISBN-nummer: 87 - 7775 - 296 - 1

INDHOLD

0. Resume	5
1. Indledning	7
2. Metoder	8
2.1 Stationsnet i søerne	8
2.2 Feltnålinger	8
2.3 Prøveudtagning	9
2.4 Vegetationsundersøgelser	10
2.5 Beregninger vedr. vandkemi	10
2.6 Behandling af biologiske prøver	11
2.7 Vandbalance og belastningsforhold	11
2.8 Vandstand	13
3. Madum sø	16
3.1 Historie	16
3.2 Vand- og stofbalance	16
3.3 Udviklingstendenser i biologiske parametre	19
3.4 Fytoplankton	19
3.5 Zooplankton	21
3.6 Fisk	24
3.7 Bundvegetation	24
3.8 Samlet vurdering	26
4. Hornum sø	28
4.1 Historie	28
4.2 Vand- og stofbalance	28
4.3 Udviklingstendenser i biologiske parametre	30
4.4 Fytoplankton	32
4.5 Zooplankton	33
4.6 Bundvegetation	34
4.7 Samlet vurdering	35
5. Referencer	37
6. Bilag	39

BILAG:

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

0. Resume

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

Madum Sø

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold

- store variationer i sigtddybde, bundvegetationens dybdegrænse, fytoplankton- og zooplanktonbiomasse.
- artsfattigt fytoplankton, ofte dominans af arter mindre end 5 μm .
- artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små cladoceer, generelt fravær af *Daphnia* arter.
- fiskebestanden kraftigt domineret af aborre.

Der forekommer i perioden 1989 - 1995 i princippet to typiske tilstande:

- 1) Karakteriseret ved meget stor sigtddybde, lav fytoplanktonbiomasse og højt potentielt græsningstryk, forekommer i 1989 og 1991.
- 2) Karakteriseret ved perioder med forringet sigtddybde, relativt høj fytoplanktonbiomasse, og lavere græsningstryk, forekommer i 1990, 1992, 1993, 1994 og 1995.

Det formodes at det er fordelingen mellem fiskeædende og zooplanktonædende aborrrer der afgør om det er 1) eller 2) der beskriver søens tilstand.

Variationerne må derfor karakteriseres som udtryk for søens naturlige tilstand.

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

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

Hornum Sø

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold:

- Et relativt artsrigt fytoplankton, hvori optræder blågrønalger, rekylalger, furealger, gulalger, kiselalger, øjealger og grønalger.
- Artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små cladoceer, generelt ringe forekomst af *Daphnia* arter.
- Fiskebestanden domineret af Aborre.

Der forekommer i perioden 1989 - 1995 i princippet 2 typiske sommersituationer.

- 1) Karakteriseret ved ringe sommer sigtddybde, bl.a. i forbindelse med vandblomst af blågrønalger. Forekommer i 1989 og 1990 samt igen i 1994 og tildels 1995 hvor fytoplankton maksimaene dog udgøres af dinophyceer.
- 2) karakteriseret ved generelt god sigtddybde (ofte til bund), uden forekomst af vandblomst. Forekommer i 1991, 92 og 93.

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

1. Indledning

Folketinget vedtog den 31. januar 1987 "Handlingsplanen mod forureningen af det danske vandmiljø med næringsalte" (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 - 1995 for Madum og Hornum søer i Nordjyllands Amt.

Madum Sø er privatejet og tilhører Lindenberg Gods og Villestrup Gods i fællesskab. begge har velvilligt tilladt aktiviteterne på søen i forbindelse overvågningsprogrammet.

2. Metoder

Prøvetagningsprogrammet for 1995 har for begge søer omfattet i alt 17 prøvetagninger med "stratificeret" prøvetagningsfrekvens, der omfatter månedlige prøvetagninger i perioden 1/10 - 31/3 og prøvetagning med 14 dages interval i perioden 1/4 - 30/9. Perioden, hvor søernes dynamik formodes at være størst, undersøges således med den største intensitet. De overordnede principper for programmet er beskrevet i Miljøstyrelsens redegørelse 2/1993. (Miljøstyrelsen 1993).

2.1 Stationsnet i søerne

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

2.2 Feltnmålinger

Ved hver prøvetagning er følgende registreret:

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

Hvis temperaturprofilerne viser lagdeling er der foretaget profilmålinger af pH.

2.3 Prøveudtagning (vandkemi og biologi)

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

Delprøverne er blandet og herfra er udtaget en prøve (0,4 l) som er konserveret med en sur lugol opløsning til bestemmelse af fytoplanktons artssammensætning, antal og volumen. Desuden er udtaget en prøve (5 l) til laboratorieanalyse (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.

2.4 Vegetationsundersøgelser

I begge søer er der i august udført vegetationsundersøgelser efter teknisk anvisning nr. 6, DMU 1993 (Moeslund et. al. 1993). 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 undersøgelserne i 1993 er der i 1994 og 1995 ikke anvendt dykker. Dækningsgrader og plantehøjder på vanddybder over 1.5 - 4 m, afhængig af sigtforhold, er bedømt ved hjælp af "Sigurd Olsen rive". I 1995 er riven blevet modificeret med en modvægt, så hver prøvetagning repræsenterer et punkt i modsætning til et skrab af varierende længde. Data vedr. vegetationsundersøgelserne i 1995 findes i bilag 5 og 13.

2.5 Beregninger vedr. vandkemi.

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

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

hvor

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

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

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

De beregnede værdier fremgår af bilag 7 og 15.

2.6 Behandling og beregninger af biologiske prøver.

Artsbestemmelse og kvantificering af fytoplankton og zooplankton er udført på et omvendt mikroskop i Miljøkontorets eget laboratorie efter retningslinjerne i Miljøprojekt nr. 187 (Olrik 1991) og Miljøprojekt nr. 205 (Hansen et. al.1992). Data er oplagret og behandlet i "Algesys", Bio/consult 1992. Resultaterne af undersøgelserne i 1995 findes på tabelform i bilag 4 og 12, samt som tidsvægtede middelværdier i bilag 7 og 15.

2.7 Vandbalance og belastningsforhold

Madum og Hornum Sø er beliggende i et morænelandskab fra sidste istid. NØ for Madum Sø og NV for Hornum Sø er en rand moræne, der 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 boringer ses en direkte kontakt mellem smeltevandssand og den underliggende kalk. Stedvis er kalken og smeltevandssandet adskilt af et ler lag.

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

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

Da søerne er to lukkede systemer uden til og afstrømning kan paradigmaet for stof- og vandbalance med hensyn til fra og tilstrømning til søerne ikke afreporteres.

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

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

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

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

Næringsstofdeposition via luften:

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

Belastningen fra spredt bebyggelse beregnes som:

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

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

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:

$$\Delta H - (N - F) \pm A_u = 0$$

2.8 Vandstand

I realiteten er vandbalancen over året ikke nul. Madum og Hornum Sø er påvirket af to typer vandstandssvingninger, nemlig årstidssvingninger og langtidssvingning over flere år. Langtidssvingningen er en ændringer i grundvandsstanden fra år til år, således at reservoir ændringen over året ikke er nul. Grundvandet udgør ca. 30 gange mere vand, end det vand, der forefindes i søer og floder/vandløb (S. Rasmussen Kompendier i Fysisk Geografi nr. 7. 2. Udg. 1978). Grundvandet responderer derfor langsommere på de klimatiske ændringer end f.eks. vandløb. Det betyder at et tørt år, ikke nødvendigvis giver en grundvandsstand, der er lavere end den normale grundvandsstand (Gennemsnitsgrundvandsstanden over flere år), der skal flere tørre år til før det slår igennem på grundvandsstanden. Og omvendt skal der flere våde år til før en grundvandsstand stiger. Dette forhold kaldes vedvarende eller trend.

Årstidssvingningen er den variation, der er over året som følge af, at fordampningen overstiger nedbøren om sommeren. Således at der ikke tilføres men forbruges af grundvandet om sommeren og dermed en faldende grundvandsstand. Omvendt i vinterhalvåret overstiger nedbøren fordampningen således at der sker en nedsivning til grundvandet og dermed en stigende grundvandsstand. Tilsvarende har der været en periode i 1968-1976 med aftagende grundvands-/søvandsspejlet.

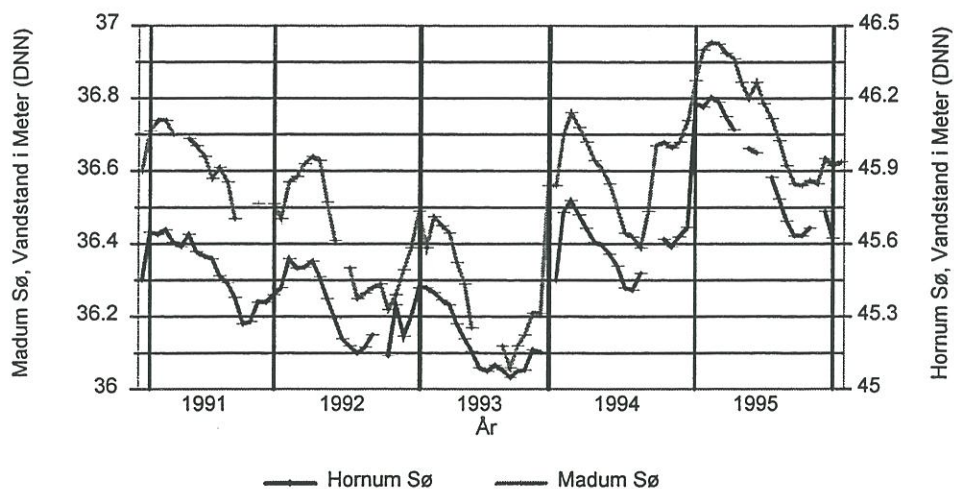


Fig.2.8.1 Viser søvandstanden (DNN) i Madum og Hornum Sø.

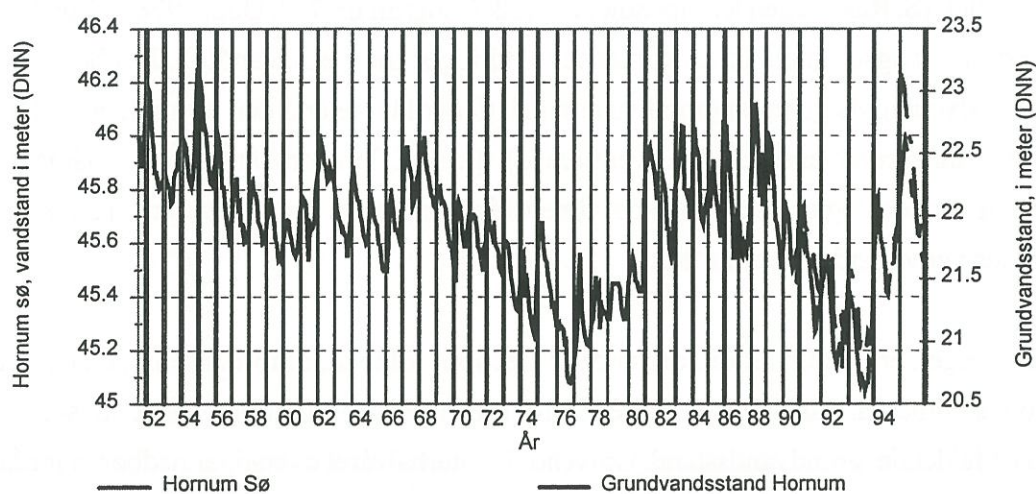


Fig 2.8.2 Viser søvandstanden i Hornum Sø sammen med grundvandstanden i en boring ved Hornum.

Figur 2.8.1 viser vandstandsvariationen i Madum og Hornum Sø for perioden december 1990 til februar 1995. Vandstanden er i forhold til DNN. Det ses at begge søer er påvirket af en langtidssvingning og en årstidssvingning og at vandstandsvariationen i de to søer følges pænt ad. Vandstanden har været generelt faldende fra 1991 til august 1993, herefter har vandstanden generelt været stigende. Dog har vandstanden mod slutningen af 1995 vist en aftagende tendens.

Figur 2.8.2 viser vandstanden i Hornum Sø sammen med en grundvandsstand i en boring ved Hornum. Det ses, at de to vandstande følges pænt ad. Derfor er grundvandsstanden ved Hornum brugt som reference til hvordan vandstanden i Hornum og Madum Sø har været i perioden før 1991. Den lave sommervandstand i 1993 i Hornum Sø har været helt specielt, ikke siden 1976-77 kan der formodes at have været så lav en søvandstand. Ligeledes kan den høje søvandstand i 1994 relateres til år som 1952, 1954-55, 1962, 1968, 1983-89. Der har således i perioden umiddelbar før vandmiljøplanen været en længerevarende periode med høj grundvands-/søvandstand. Perioden fra 1988 til 1993 har grundvandsstand/søvandstand generel været aftagende. Tilsvarende har der været en periode i 1968-1976 med aftagende grundvands-/søvandsstand.

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 Gjerdinges egns historie 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 forsurede 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 vårfuelarver, 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.
- tilladning af spildevand til søen.
- etablering af nye tilløb for overflade- eller drænvand.

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

Nordjyllands amt har i 1980 gennemført en "søkartering" af Madum sø (Larsen et. al. 1980). Heri beskrives søens vegetationsbælter ud fra én transekt. Resultatet viser at zonen med 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, 1991, målsat som A1 (naturvidenskabeligt referenceområde) og A2 (badevand) med en baggrundstilstand: "Næringsfattig, klarvand, sur, lobelia sø". Målsætningens krav til sommersigt dybde er større end 3 meter.

3.2 Vand- og stofbalance.

Vandbalancen for Madum Sø er beregnet ud fra en antagelse om underjordisk vandtilstrømning til

søen fra det opgjorte topografiske opland, med en areal specifik afstrømning svarende til Lille Blåkildes. Arealudnyttelsen for Madum sø og Lille Blåkilde er stort set identiske. Følgende data fra 1995 fra Lille Blåkilde er anvendt;

Oplandsareal:	1180 ha
Middel vandføring:	92,4 l/s
Middel koncentration for Total kvælstof:	2,095 mg N l ⁻¹
Middel koncentration for Total fosfor:	14,5 µg P l ⁻¹
Spredt Bebyggelse:	12 huse 2 gårde

Basiskoncentrationen for oplandet til Lille Blåkilde kan herefter beregnes til :

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

d.v.s.

$$\text{Total kvælstof} = \frac{6105 \text{ kg} - 84 \text{ kg}}{2.914 \cdot 10^6 \text{ m}^3} = 2.066 \text{ mg N l}^{-1}$$

$$\text{Total fosfor} = \frac{42.2 \text{ kg} - 27,5 \text{ kg}}{2.914 \cdot 10^6 \text{ m}^3} \approx 5.06 \text{ mikro.g P l}^{-1}$$

For oplandet til Lille Blåkilde beregnes en arealspecifik afstrømning på :

$$92,4 \text{ l/s} / 1180 \text{ ha} = 0,078 \text{ l s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$$

Indsivningen til Madum sø beregnes til: $818 \text{ ha} \cdot 0,078 \text{ l/s ha}^{-1} = 64,1 \text{ l s}^{-1}$

Den specifikke indstrømning er: $64,1 \text{ l/s} / 8,18 \text{ km}^2 = 7,8 \text{ l s}^{-1} \text{ pr. km}^2$

Indsivningen på $64,1 \text{ l s}^{-1}$ betyder for Madum sø en årlig vandtilførsel på $2,02 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Søvolumet er opgjort til $6,215 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Udsivningen er forudsat svarende til indsivning således at nedbør er lig fordampning og magasinændringen er nul. Opholdstiden for søen kan beregnes til 3,04 år.

	N		P	
	tons N/år	%	kg P/år	%
Basisbidrag	4,17	49	0,01	0
Spredt bebyggelse	0,1	1	27,5	39
Luftbidrag	4,24	50	42,4	61
Total tilførsel	8,51	100	69,91	100

Tabel 3.2.1. Belastningsopgørelse for Madum Sø gældende for 1995.

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. Det skal bemærkes at oplandet til Madum Sø er opdateret. Oplandet er nu opgjort til 8,18 km² mod tidligere 11,09 km².

Madum sø er karakteriseret ved surt, lavalkalisk vand (sommergennemsnit 1995 for pH 6, for alkalinitet 0,15 mmol/l). I modsætning hertil er Ll. 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.

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

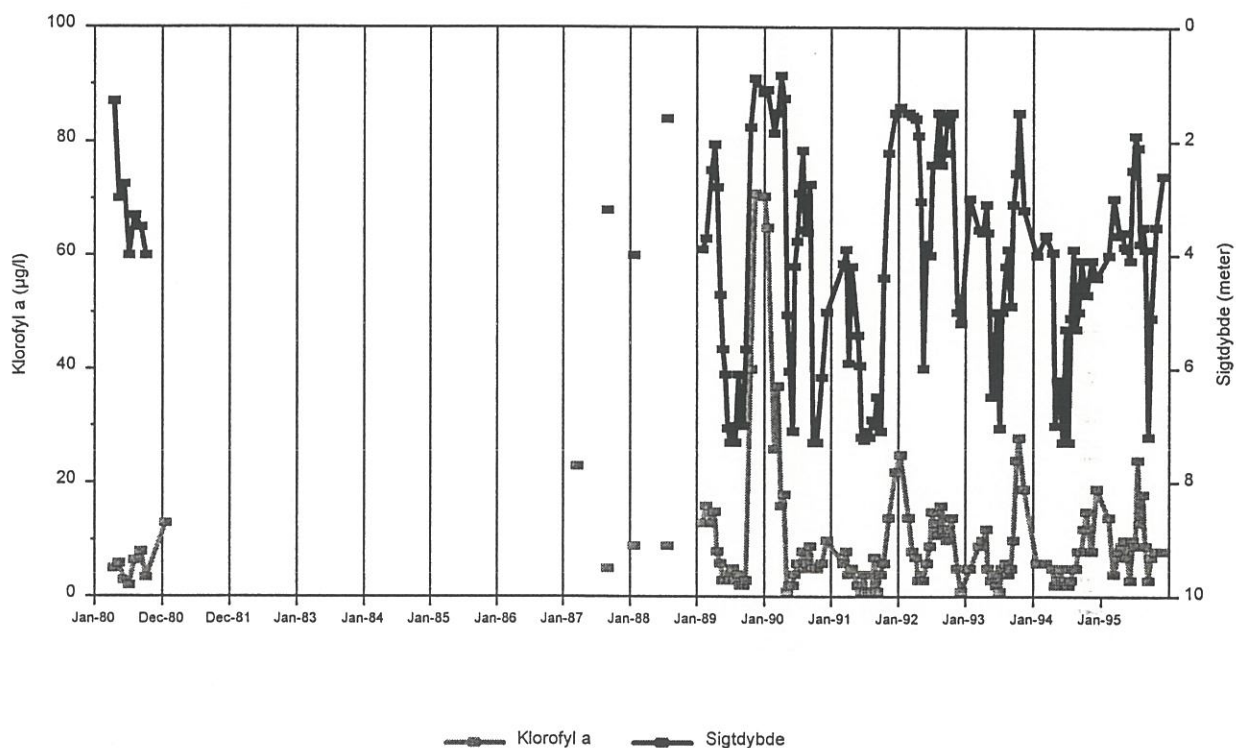
Af tabel 2.3.1 ses søvandspejlet at være lavest i sen sommeren og højest om vinteren, hvilket stemmer godt overens med den vandsspejls ændring, der kan forventes for årsvariationen. Der er generel en nettoudsivning af vand fra Madum Sø. I perioden 1991-95. Nettoudsivningen er opgjort til: 1991 = 217 mm, 1992 = 220 mm, 1993 = 209 mm, og i 1995 = 209. 1994 er det eneste år i perioden, hvor der er en nettoindsivning til søen. Nettoindsivningen i 1994 = 76 mm. Nettoudsivning fra søen passer fint med at vandstanden i Madum sø er faldende indtil 1993 fig. 1.3.1. Herefter har grundvandsstanden været stigende i forhold til minimumsvandstanden. Det skal gøres opmærksomt på at nedbør, N og potentiel fordampning, EP som følge af pardimaet er ganget op med henholdsvis 1,16 og 1,2. I bilag 6 er vandbalancen opgjort for hver måned i 1995.

	Vandstandsvariation, meter			Vandstand, meter		N-EP
	Maksimal	Minimal	Forskel	d. 1/1	ΔH	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				36.62	-0.15	

Tabel 3.2.1. Årlig vandstandsvariationen i Madum Sø, ΔH , er vandstandsændringen over året, N-EP angiver nedbør minus potentiel fordampning.

3.3 Udviklingstendenser i biologiske parametre

Der er ingen udviklingstendens i sigtddyben eller koncentrationen af klorofyl a i Madum Sø i overvågningsperioden fra 1989 til 1995. Heller ikke når resultaterne af tilsyn fra før overvågningsprogrammet inddrages er der noget der tyder på at eutrofieringsgraden af Madum Sø har ændret sig i perioden (figur 3.3.1). Derimod er det markant at sigtddybe og klorofyl a koncentrationen er stærkt svingende over tid. Sigtddyben svinger i overvågningsperioden fra 1 m til søens største dybde på 7,3 m, mens klorofyl a koncentrationen svinger fra 1 - 70 $\mu\text{g/l}$. Ligeledes er det påfaldende at der ikke er en stabil årstidsvariation i søen. Der er en tendens til en klarvands periode i forsommeren, og generelt høje klorofyl a koncentrationer om vinteren, men tendensen er på ingen måde konsekvent, hvilket resulterer i store år til år variationer.

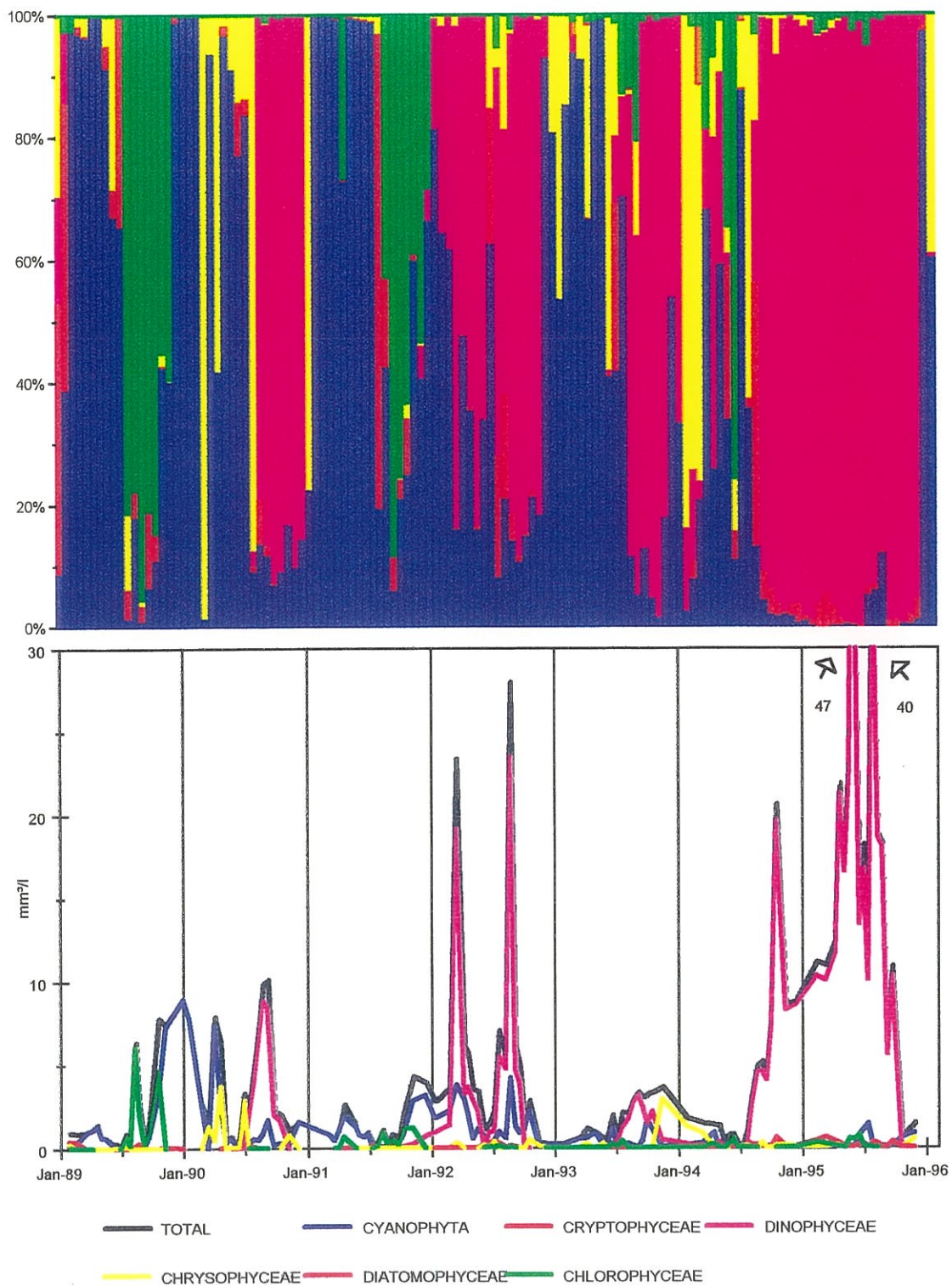


Figur 3.3.1. Sigtdybde (m) og koncentration af klorofyl-a ($\mu\text{g/l}$) i Madum Sø fra 1980 til 1995. Sigtdyberne i 1980 er bestemt på 4 m's dybde.

3.4 Fytoplankton

Ser man på fytoplanktonbiomassen fremgår det at "store" biomasser på over 5 mm^3/l med få undtagelser domineres af furealger (*DINOPHYCEAE*), fra midt i 1994 til sidst i 1995 med en voldsom dominans repræsenteret af en *Gymnodinium sp* på 30 - 40 μm (figur 3.4.1). Der er stort set ingen kiselalger (*DIATOMOPHYCEAE*) i Madum Sø, hvilket er i overensstemmelse med forventningerne til en næringsfattig sø med lang hydraulisk opholdstid. Tilgængelig er mængden af blågrønalger (*CYANOPHYTA*) væsentligt højere end forventet. Hertil skal det dog bemærkes at klassen er repræsenteret af en ganske lille Chroococcal blågrønalge på 1x2 μm , der åbenbart stiller andre økologiske krav end de typiske blågrønalger. Algen blev først bestemt til at være blågrønalge

illustreret ved mængden af ubestemte.

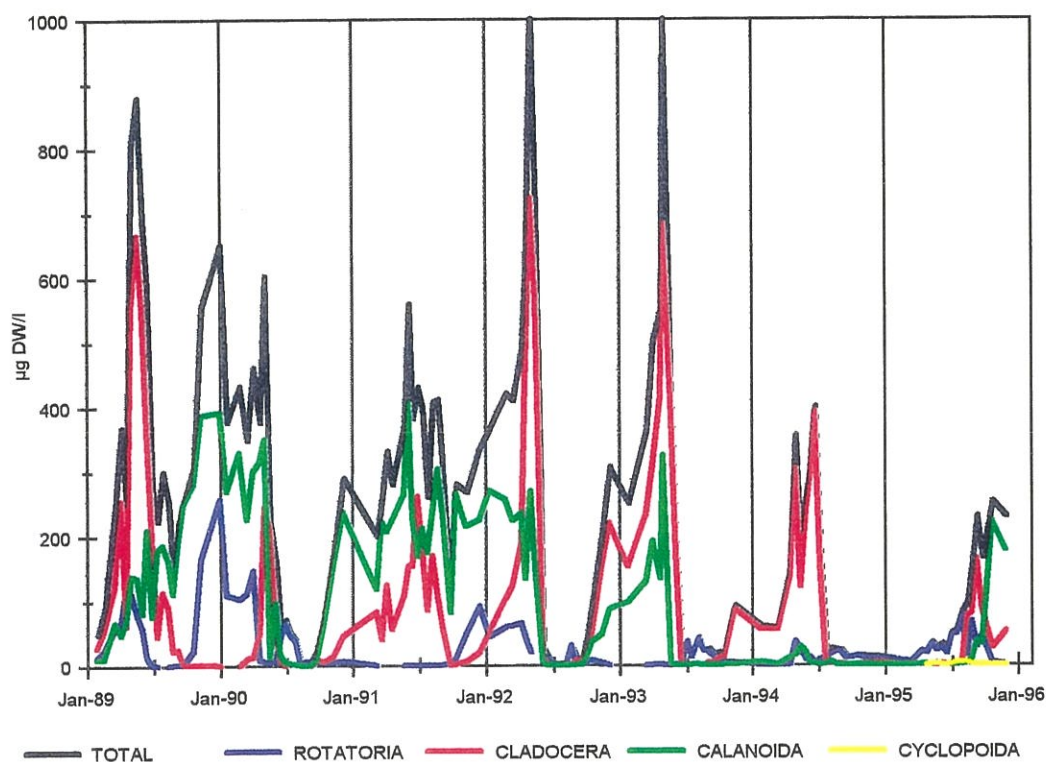


Figur 3.4.1. Algeklassernes procentvise andel af fytoplankton biomassen (øverst), og fytoplanktonbiomasse (mm^3/l) total og fordelt på klasser (nederst) i Madum Sø fra 1989 til 1995.

Fytoplankton floraen er herudover karakteriseret ved at være artsfattig og helt domineret af små arter, med *Micrasterias denticulata* som en markant, men fåtallig undtagelse (bilag 4).

3.5 Zooplankton

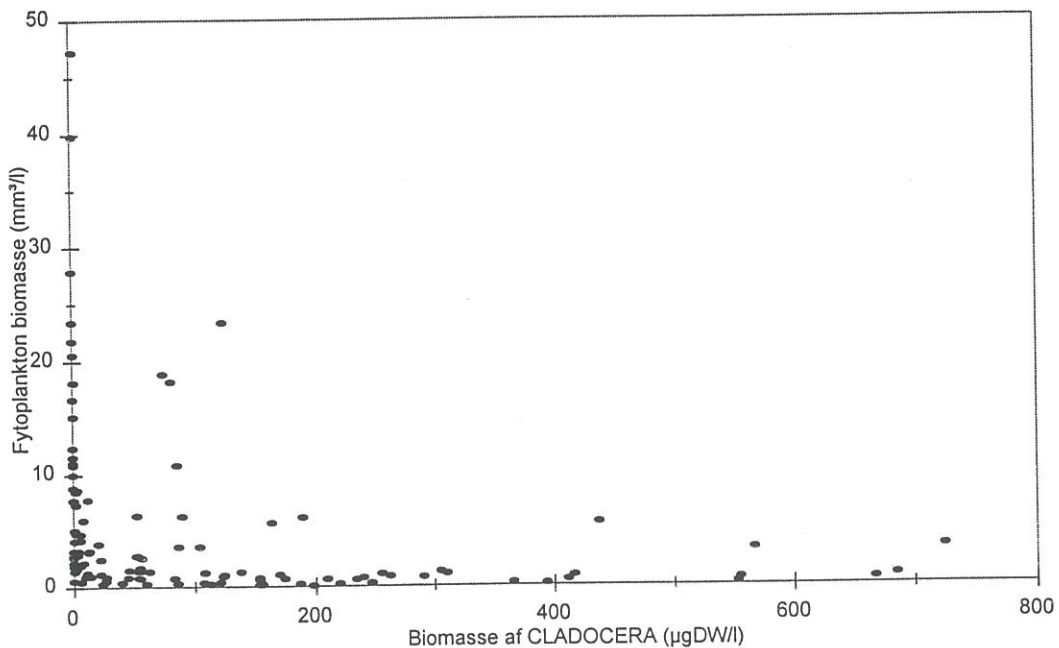
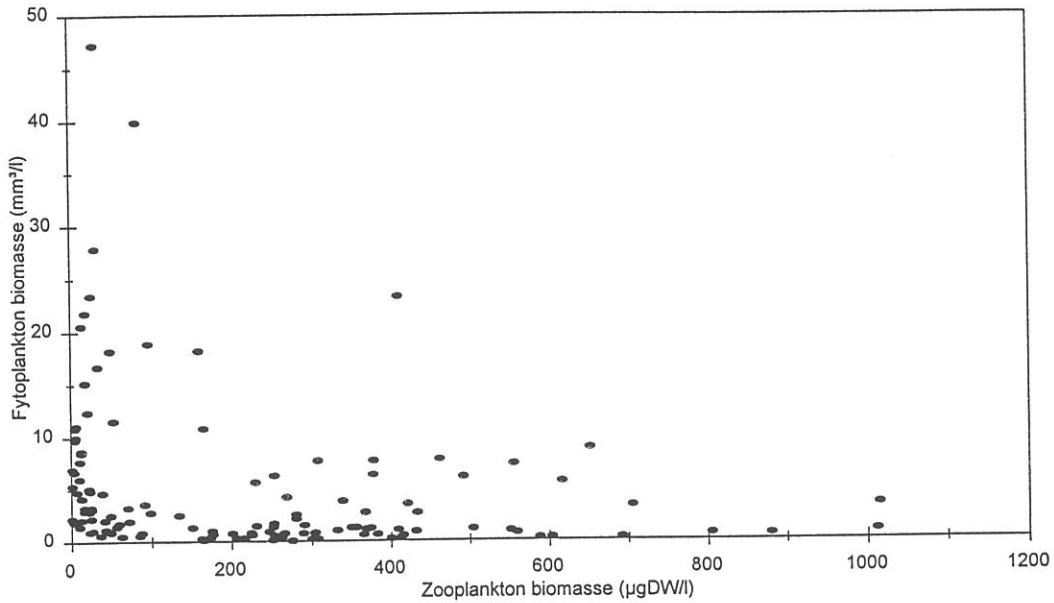
Zooplankton i Madum Sø domineres af den calanoide copepod *Eudiotomus graciloides* og cladoceen *Bosmina longirostris*. *Daphnia* arter har ingen kvantitativ betydning, hvilket er typisk for næringsfattige søer. Dominans af calanoide copepoder er beskrevet for Kvie sø og Holm sø (Ribe amt 1992), alpesøer (Lampert and Muck, 1985) og oligotrofe, blødvandede søer i Estland (Timm 1991). I 1995 er 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 (se afsnit 3.6). Sammenholdes fytoplankton sammensætningen med zooplanktonbiomassen, fremgår det at furealgerne, og dermed de store biomasser, kun forekommer i fravær af zooplankton generelt og cladoceer specielt (figur 3.5.1).



Figur 3.5.1. Zooplankton biomasse ($\mu\text{g DW/l}$) total samt fordelt på taxonomiske grupper i Madum Sø fra 1989 til 1995.

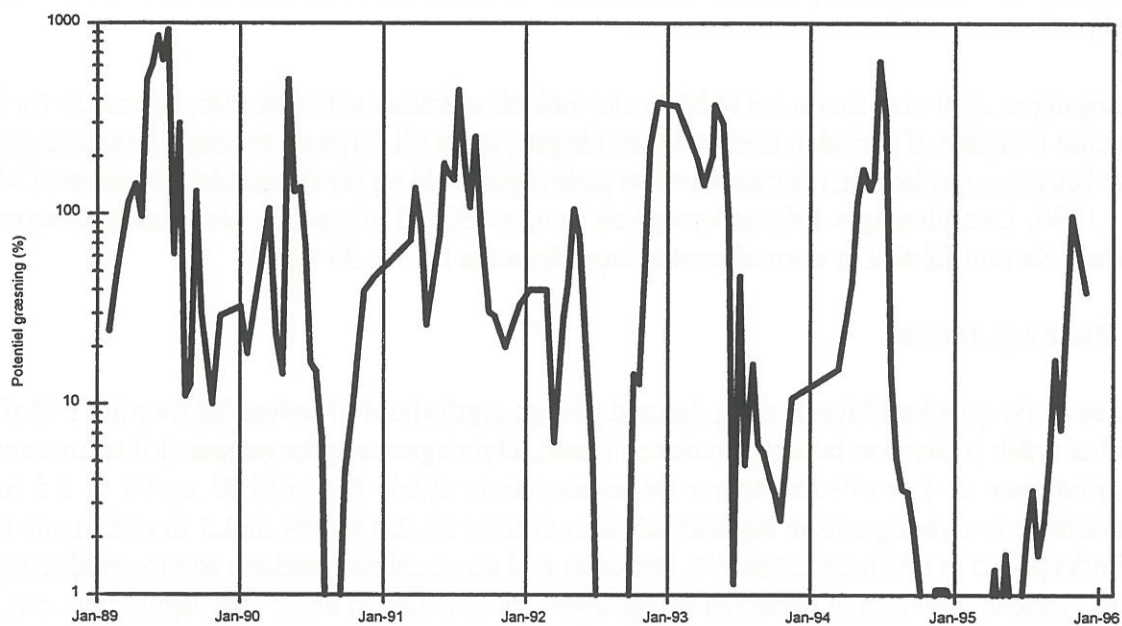
Plottes fytoplanktonbiomasse mod zooplanktonbiomasse ses en tydelig negativ eksponentiel sammenhæng (figur 3.5.2). Det potentielle græsningstryk af zooplankton på fytoplankton angiver den procentvise andel af fytoplanktonbiomassen der teoretisk kan fortæres af zooplanktonbiomassen om dagen (figur 3.5.3). 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 fødebegræn-

tryk, 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 μg kulstof pr. liter pr. dag, og at de alle udelukkende lever af fytoplankton (Windolf et al. 1993).



Figur 3.5.2. Fytoplankton biomasse (mm^3/l) i relation til zooplankton biomasse ($\mu\text{gDW/l}$) (øverst) og biomasse af cladoceer ($\mu\text{gDW/l}$) (nederst). Data fra 1989 til 1995.

Stort set al fytoplankton i Madum Sø er under 50 μm , og dermed potentiel spiselig for zooplankton. Til beregning af potentielt græsningstryk kan fytoplanktonbiomasse alternativt udtrykkes som klorofyl a koncentration gange en faktor 40, men da relationen mellem zooplanktonbiomasse og klorofyl a koncentration i Madum Sø er svag, er her anvendt det direkte fytoplanktonbiomasse mål. Det ses på figur 3.5.3 at zooplankton generelt kan kontrollere fytoplanktonbiomassen, endog med meget høje græsningstryk i forsommeren, men at der i 90, 92, 93 og 94 er et markant fald i den potentielle græsning midt på sommeren, svarende til det tidspunkt hvor årsynglen af aborre begynder at kunne kontrollere zooplankton (sammenlign med figur 3.3.1 og 3.4.1). Fiskeyngel undersøgelser indgår ikke i overvågningsprogrammet, men ud fra sammenhængen med zooplanktontætheden må det formodes at aborrrens yngelsucces har været god de pågældende år. Generelt er aborrrens yngelsucces dårlig når forsommeren er kold (Jeppesen, DMU, pers. com.), hvilket var tilfældet i 91 og 95, i overensstemmelse med den observerede zooplankton respons.



Figur 3.5.3. Zooplanktons potentielle græsning af fytoplankton (%) i Madum Sø fra 1989 til 1995. Se tekst for forklaring.

3.6 Fisk

Fiskeundersøgelsen i 1991 viste at aborre udgjorde 95% af biomassen, 99% af individ antallet, og at aldersfordelingen blandt aborrene var skæv, med en kraftig overvægt af store, 7-9 år gamle og dermed fiskeædende individer. Der blev fanget ligeså meget 1-årsyngel som årsyngel, hvilket dødeligheden taget i betragtning betyder at yngelsuccesen har været væsentlig bedre i 90 end i 91, i overensstemmelse med ovenstående betragtninger. Den formodede gode yngelsucces i 92, 93 og 94 kan på dette grundlag være forstærket af at der, efterhånden som de store årgange af gamle fisk dør, kun er små årgange af fiskeædende fisk, og dermed en ringe predation af yngel. Denne effekt synes at kulminere i 94-95, hvor de store årgange af gamle fisk har nået deres maksimale levealder på 10-12 år, og følgelig kun er få tilbage, mens 92 årgangen endnu ikke er blevet fiskeædende. Dette har resulteret i en formodet god overlevelse af yngel, der har bevirket at zooplankton bestanden har været helt ubetydelig i en lang periode fra midt i 94 til sidst i 95 (figur 3.5.1 og 3.5.3). Som følge af den ringe zooplankton biomasse bliver fytoplankton biomassen stor i perioden (figur 3.4.1).

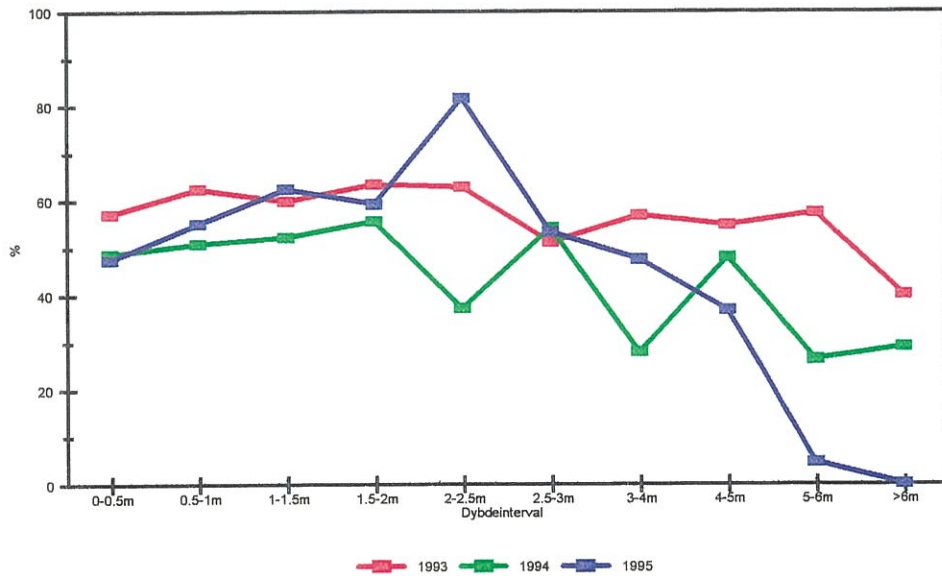
92 årgangen af aborre forventes at blive stor nok til at kunne æde fisk i 96, og må derfor kunne begynde længden af perioden med lavt græsningstryk der vil følge en eventuel yngelsucces. Hvis disse betragtninger holder, må man forvente gode sigtforhold og lav fytoplanktonbiomasse i Madum Sø i 1996. Den planlagte fiskeundersøgelse i august 96 vil afgøre om aborrers aldersstruktur i Madum Sø rent faktisk er domineret af store årgange fra 92, 93 og 94.

3.7 Bundvegetation

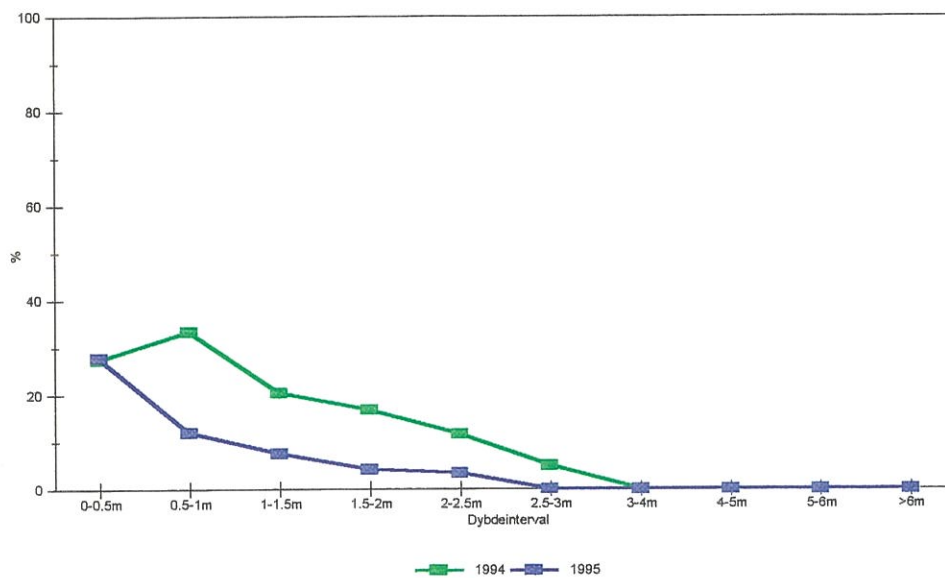
Den store fytoplanktonbiomasse og dermed dårlige sigtforhold i Madum Sø fra midt i 94 til sidst i 95 har tydeligt påvirket bundvegetationen i søen. Dybdegrænsen for mosser (kildemos, seglmos og *Sphagnum sp.*) er således ændret fra søens største dybde (7,3 m) i 93 og 94 til 5,5 m i 95. Tilsvarende er dybdegrænsen for brasenføde reduceret fra 2,6 m i 94 til 2,3 m i 95, mens lobelie er fundet på 2,5 m i 95 mod 2,2 m i 94. Der er en god sammenhæng mellem sommermiddelsigtddybde og dybdeudbredelsen af undervandsvegetation. På grundlag af de 17 overvågningssøer hvor der er foretaget vegetationsundersøgelser i 93 og 94 har DMU opstillet følgende relationer (Jensen et al. 1995):

Rodfæstede planter;	$\text{dybdegrænse} = 2,02 * \text{sigtddybde} - 0,74 \text{ m}$
Alle planter;	$\text{dybdegrænse} = 1,99 * \text{sigtddybde} - 0,10 \text{ m}$

Benyttes disse formeler på Madum Sø i 95 fås at dybdegrænsen for mosser i relation til sommermiddelsigtddybden (3,8 m) burde være 7,5 m, mens den for brasenføde burde være 6,9 m. Dybdegrænsen af brasenføde og lobelie er nok snarere bestemt af konkurrencen med mosser end af lysgennemtrængeligheden i Madum Sø. Jævnfør Kvie Sø, hvor en reduktion af mosserne som følge af en pH stigning har resulteret i en væsentlig forøget dybdeudbredelse af gulgrøn brasenføde (Moeslund, pers. com.). For mosserne skal formelens dårlige forudsigelse måske findes i det forhold at der i perioden fra midt i juni til sidst i juli 95 er meget lave sigtddybder på omkring 2 m. Det kan tænkes at en sådan periode på halvanden til 2 måneder er nok til at skygge de dybest placerede mosser ihjel. Hverken i 93 eller 94 hvor mosserne var udbredt til søens største dybde var der perioder med så lav sigtddybde. I 1980 blev der i Madum Sø gennemført en transektundersøgelse af vegetationen, der viste at mos fandtes til ca. 5 m's dybde, mens områder under 5 m var vegetationsløse (Larsen et



Figur 3.7.1. Bundvegetationens relative dækningsgrad i de forskellige dybdeintervaller i Madum Sø fra 1993 til 1995.



Figur 3.7.2. Den relative dækningsgrad af epifytiske trådalger i de forskellige dybdeintervaller i Madum Sø i 1994 og 1995.

Det relative plantedækkede areal reagerer ligesom mossernes dybdegrænse negativt på den store fytoplanktonbiomasse i 95 (figur 3.7.1). Således er dækningsgraden på dybder over 3 m væsentligt lavere i 95 end i 93 og 94. De lavere dækningsgrader på dybt vand i 94 sammenlignet med 93 kan måske skyldes at disse dybder i 93 blev bestemt ved hjælp af dykker, mens de i 94 blev vurderet ved hjælp af "Sigurd Olsen rive". I 1995 er riven blevet modificeret med en modvægt, så hver prøvetagning repræsenterer et punkt i modsætning til et skrab af varierende længde, hvilket har forbedret

måske skyldes at disse dybder i 93 blev bestemt ved hjælp af dykker, mens de i 94 blev vurderet ved hjælp af "Sigurd Olsen rive". I 1995 er riven blevet modificeret med en modvægt, så hver prøvetagning repræsenterer et punkt i modsætning til et skrab af varierende længde, hvilket har forbedret estimeringen af dækningsgraden. På dybder under 3 m er det relative plantedækkede areal derimod højere i 95 end i 94, med undtagelse af det laveste dybdeinterval. Dette forhold skal måske ses i sammenhæng med at dækningsgraden af trådalger i de samme dybdeintervaller er lavere i 95 end i 94 (figur 3.7.2).

I 93 blev dækningsgraden af trådalger ikke bedømt. Hvorvidt der er tale om en reel lavere dækningsgrad af grundskudsplanterne ved højere dækningsgrad af trådalger, eller om det er estimeringen af dækningsgraden der vanskeliggøres af trådalgerne, kan ikke afgøres. Den lavere dækningsgrad af trådalger i 95, kan have forbindelse til den forøgede fytoplankton biomasse, der kan have begrænset de lyskrævende algers vækst. Dette underbygges af at trådalgedækningsgraden i det laveste dybdeinterval er uændret de to år. Klimatisk ligner de to sommre hinanden, antallet af solskinstimer fra maj til august var 1042 og 1152 i hhv. 94 og 95. Det Relative Plantefyldte Volumen er lavt (fra 0,7 - 1,4%) i Madum Sø, som følge af søens relative store dybde og isoetidernes ringe højde.

3.8 Samlet vurdering

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold

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

Der forekommer i perioden 1989 - 1995 i princippet to typiske tilstande:

- 1) Karakteriseret ved god sigtddybde, lav fytoplanktonbiomasse og højt potentielt græsningstryk, forekommer i 1989 og 1991.
- 2) Karakteriseret ved perioder med forringet sigtddybde, relativt høj fytoplanktonbiomasse, og lavere græsningstryk, forekommer i 1990, 1992, 1993, 1994 og 1995.

Det formodes at det er fordelingen mellem fiskeædende og zooplanktonædende aborrer der afgør om det er 1) eller 2) der beskriver søens tilstand.

Variationerne må derfor karakteriseres som udtryk for søens naturlige tilstand.

Fiskebestandens artssammensætning og biomasse er i god overensstemmelse med de generelle

relationer for danske søer, baseret på total- fosforkoncentrationen. Artssammensætningen er tilsyneladende uændret siden 18' århundrede (Gjerding 1890).

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

Der er ikke konstateret forsuring af søen ud fra lange tidsserier i dette århundrede.

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

Det specifikke krav til sommersigdybden (> 3 m) er opfyldt i 6 ud af 7 år i overvågningsperioden. I 1992 var sommermiddelsigdybden 2,7 m.

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, lobelia sø". Kravet til sommersigt dybde er større end 2 meter (Nordjyllands amt 1991).

4.2 Vand- og stofbalance

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 1995 fra Øster Å - systemet:

Oplandsareal:	10.099 ha
Middelfafstrømning:	854 l/s
Arealbidrag kvælstof:	156.492 tons/år
Arealbidrag fosfor:	2.769 tons/år

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

Arealspecifik afstrømning:	0,085 l/s ha ⁻¹
Koncentration af Total kvælstof:	5,8478 mg N l ⁻¹
Koncentration af Total fosfor:	0,103 mg P l ⁻¹

Herefter kan indsivningen til Hornum Sø beregnes til:

$$688 \text{ ha} \cdot 0,085 \text{ l/s ha}^{-1} = 58,2 \text{ l/s}$$

Den specifik afstrømning er 8,5 l/s km²

En indsivning på 58,2 l/s svarer til en årlig tilførsel af vand på $1,834 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vand, hvilke giver søen en opholdstid på 33 dage. Søens volumen er opgjort til $167,3 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

	N		P	
	tons N/år	%	kg P/år	%
Basisbidrag	10,7	98	189	99
Spredt bebyggelse	0	0	0	0
Luftbidrag	0,2	2	2,3	1
Total tilførsel	10,9	100	191,3	100

Tabel 4.2.1 Belastningsopgørelse for Hornum Sø gældende for 1995

Hornum Sø's opland er opdateret til 6,88 km² mod tidligere 7,89 km². Det betyder at, den beregnede P og N tilførelse er reduceret, da basisbidraget er areal afhængig.

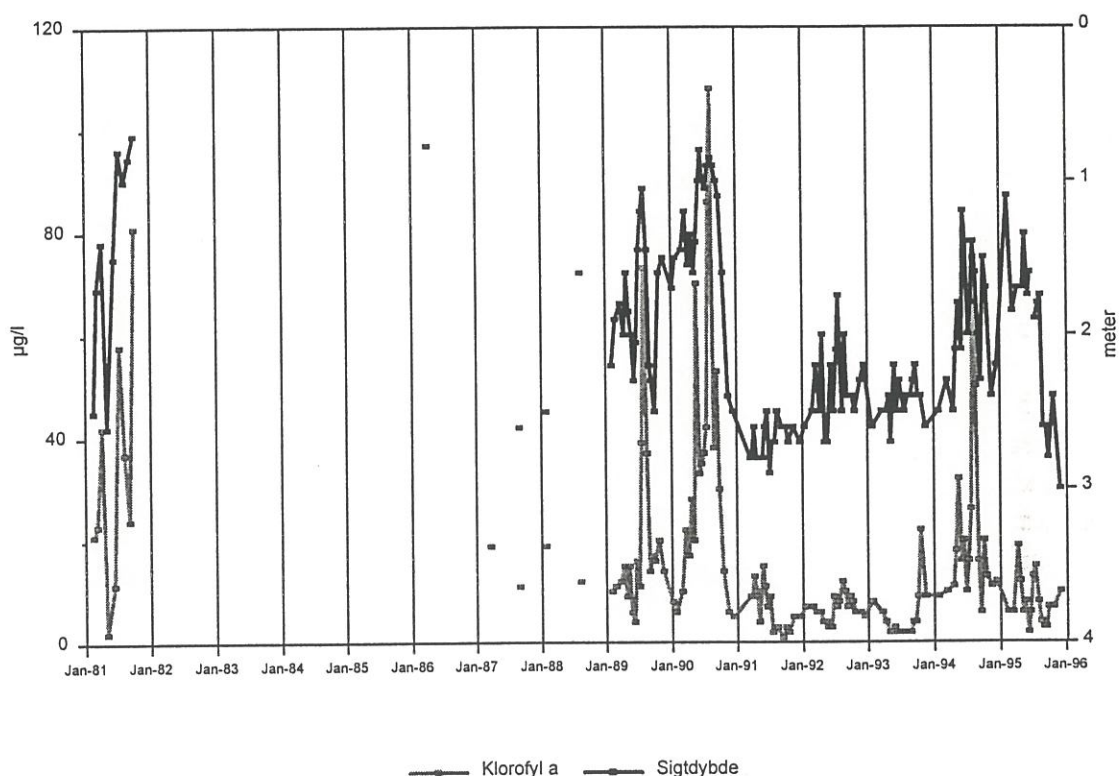
Der er opstillet en vandbalance, baseret på nedbør, N, potentiel fordampning, EP, og registreret vandstandsændring, ΔH i søen. Vandbalance beregningerne er netto værdier for til/fra afstrømning til søerne. Balancen er opgjort pr. måned og år. Af tabel 2.3.2 ses vandstanden at være lavest i august-september og højest om vinteren. Der er generel en nettoudsivning fra Hornum Sø i perioden 1991 til 1995. Nettoudsivningen fra søen er beregnet til: 1991 = 307 mm, 1992 = 268 mm, 1993 = 320 mm og 1995 = 315 mm. I 1994 er der en nettotilgang af vand til Hornum Sø på 131 mm vandstand. Nedbøren er ganget op med 1.16 i følge pardimaet. I bilag 2.3.2 er vandbalancen opgjort for hver måned i 1995.

	Vandstandsvariation, meter			Vandstand, meter		N-EP
	Maksimal	Minimal	Forskel	d. 1/1	ΔH , 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	46.19, mar.	45.64, aug.	0.55	45.83	+0.47	0.059
1996				45.68	-0.15	

Tabel 3.2.1. Årlig vandstandsvariationen i Madum Sø, ΔH , er vandstandsændringen over året, N-EP angiver nedbør minus potentiel fordampning.

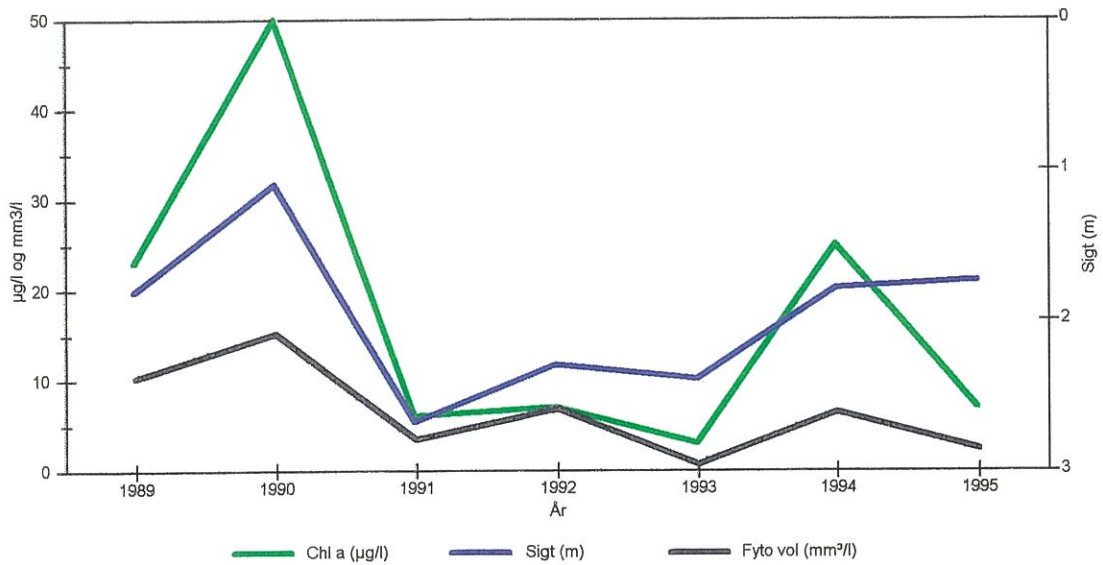
4.3 Udviklingstendenser i biologiske parametre

Der er ingen entydig udviklingstendens i sigtddybden og klorofyl-a koncentrationen i Hornum Sø (figur 4.3.1). Tilgængæld er der et markant skift i niveauerne i 91, hvor den høje sommerkoncentration af klorofyl-a udebliver, og der bliver sigt til bunden en stor del af året. Denne klartvandstilstand holder indtil 94, hvor søen falder tilbage til noget der ligner tilstanden før 91. Undersøgelser i 1981 tyder på at denne tilstand med dårligt sigt og vandblomst af blågrøn alger om sommeren, har været gældende i en årrække.



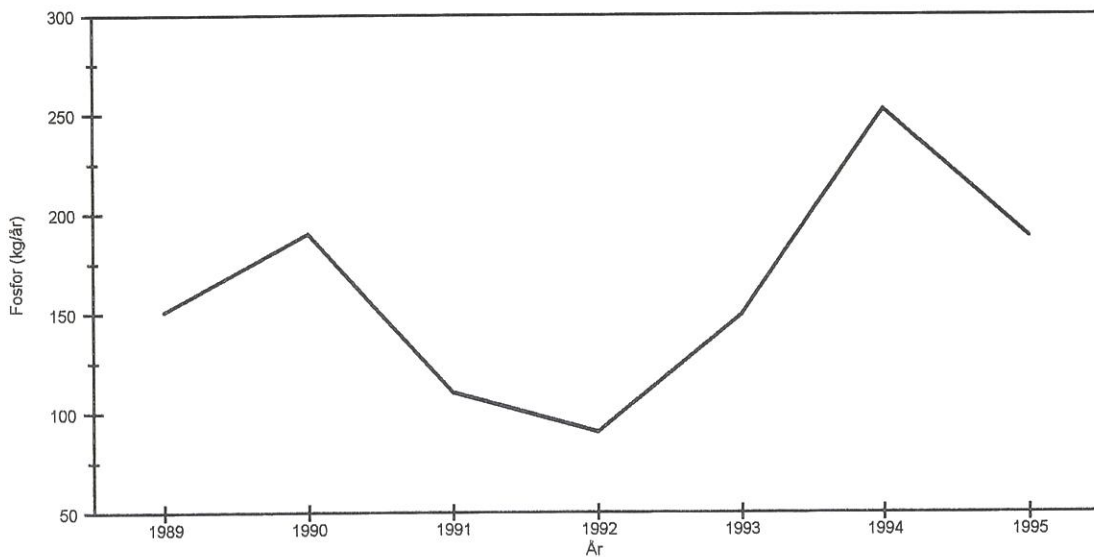
Figur 4.3.1. Sigtddybde (m) og koncentration af klorofyl-a ($\mu\text{g/l}$) i Hornum Sø fra 1981 til 1995.

94 ligger på niveau med 89 hvad angår sigtddybde og klorofyl-a koncentration, hvilket også er tilfældet for sigtddybden i 95, hvorimod 95 klorofyl-a niveau ligner 91 og 92, ligesom fytoplankton biomassen også er lav dette år (figur 4.3.2). Dette kunne tyde på at søen er på vej mod en ny klartvandet periode.



Figur 4.3.2. Tidsvægtede sommer middelværdier af koncentration af klorofyl-a ($\mu\text{g/l}$), sigt dybde (m) og fytoplankton biomasse (mm^3/l) i Hornum Sø fra 1989 til 1995.

Det er ikke muligt at lave en eksakt belastningsopgørelse for Hornum Sø uden at kende grundvands gennemstrømningen og dennes koncentration af fosfor og kvælstof. Ikke desto mindre er det rimeligt at antage at den arealspecifikke afstrømning i søens opland ligger på niveau med det målte Øster Ås opland, i hvilket søen ligger. Begge oplande er domineret af landbrug. På dette grundlag kan beregnes en årlig belastning, der i det mindste er et anvendeligt relativt mål for tilførslen af fosfor til søen (figur 4.3.3 og afsnit 4.2).



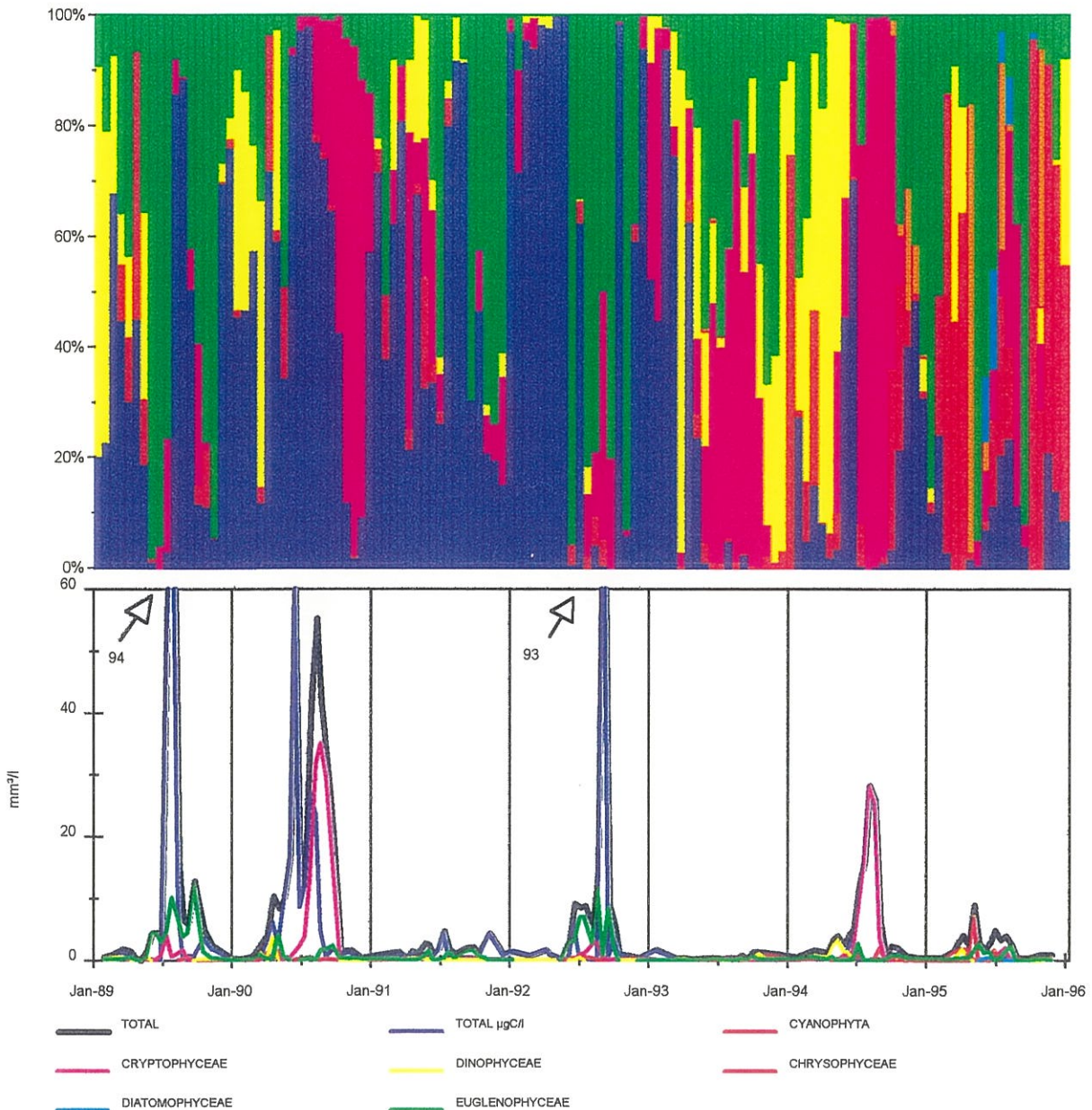
Figur 4.3.3. Beregnet årlig tilførsel af fosfor (kg/år) til Hornum Sø fra 1989 til 1995

Fosfor er den mest interessante parameter, da fytoplankton i Hornum Sø i reglen er fosforbegrænset (Nordjyllands Amt, 1995). Det ses at de tre klarvandede år 91, 92 og 93 har den laveste fosfor tilførsel, og at kurveforløbet på de to figurer ivoirigt ligner hinanden. Det kunne således tyde på at

søen reagerer umiddelbart på ændringer i fosfor tilførslen. Det kan diskuteres om det er rimeligt af forvente en så hurtig respons på belastningsændringer, men søen er lille (11,2 ha) med en kort opholdstid (1 mnd.), og der er aldrig målt anaerobe forhold ved bunden. Det må derfor forventes at søen er kraftigt påvirket af de omliggende arealer, og at den interne belastning er ringe. Ændringerne i tilstanden kan ikke forklares ud fra græsningstrykket af zooplankton (se afsnit 4.4 og 4.5).

4.4 Fytoplankton

I hornum Sø er fytoplankton biomasser over 10 mm³/l domineret af *Anabaena lemmermannii*, *Volvox aureus*, *V. globator* og *Ceratium hirundinella* (figur 4.4.1 og bilag 12).



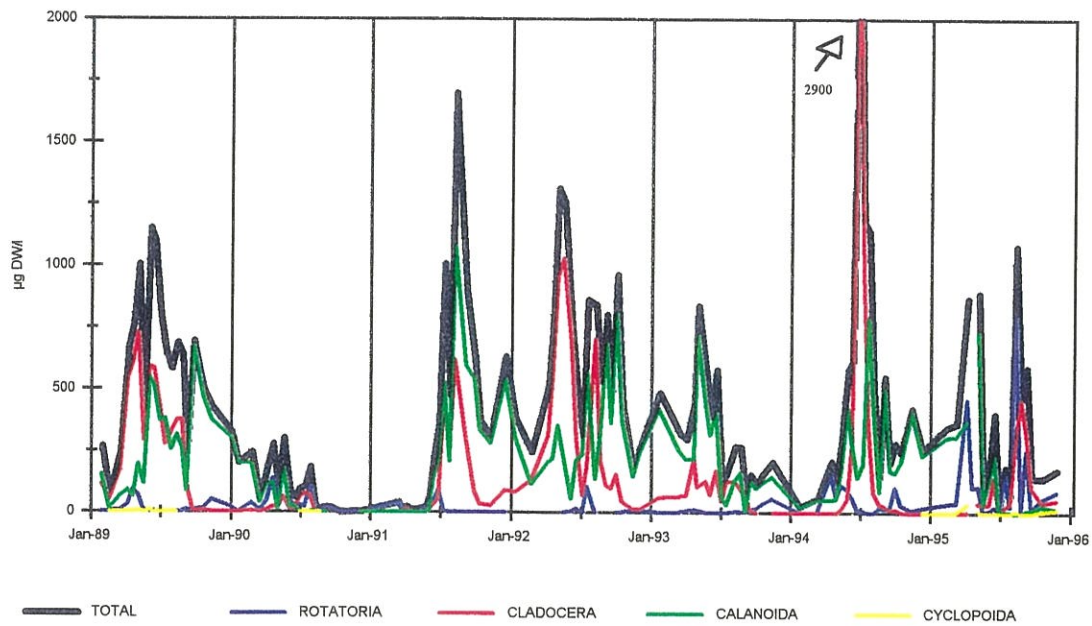
Figur 4.4.1. Algeklassernes procentvise andel af fytoplankton biomassen (øverst), og fytoplanktonbiomasse (mm³/l) total og fordelt på klasser (nederst) i Hornum Sø fra 1989 til 1995.

Ingen af disse arter græsses i betydeligt omfang af zooplankton, da de er for store. Zooplankton kan derfor ikke kontrollere fytoplankton biomassen under disse opblomstringer. På figur 4.4.1 er mængden af *Volvox* reduceret med en faktor 10 i 91,92 og 94, da algen disse år er beregnet på grundlag af volumen af kolonierne og ikke af cellerne. Denne rettelse er også foretaget i bilag 15. Uden for perioderne med opblomstring af *Anabaena* er blågrønalgerne repræsenteret af en lille chroococcal blågrønalg på $1 \times 2 \mu\text{m}$. Algen blev først bestemt til at være en blågrønalg i 1993 af Bio/Consult, bl.a. ved hjælp af epifluoresens. Før den tid blev den kvantificeret i gruppen af ubestemte, som den dominerende. På figur 4.4.1 er mængden af blågrønalger før 1993 derfor forøget med mængden af ubestemte. Der er på trods af dette ingen tvivl om at den relative andel af blågrønalger er blevet mindre efter 1993.

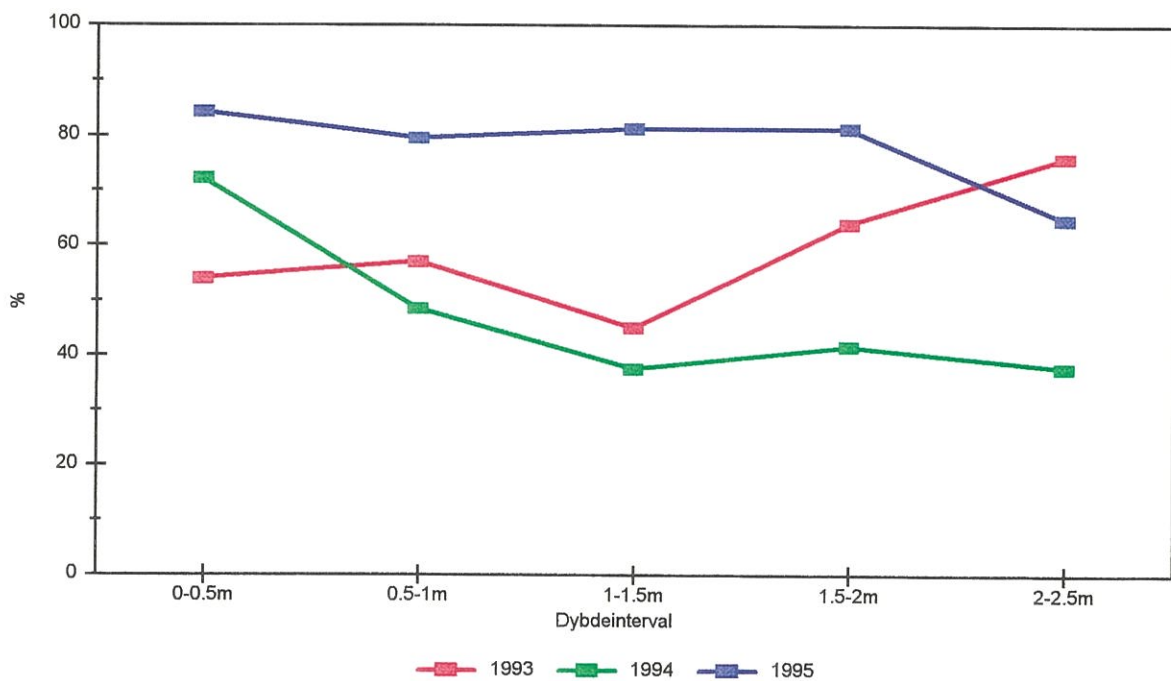
1995 adskiller sig fra de øvrige år ved at have en påfaldende større andel af rekylalger, og ved at øjealgerne er blevet repræsenteret i søen ved *Trachelomonas volvocina* og *T. hispida*. Kiselalger er ligeledes som noget nyt blevet repræsenteret i fytoplankton biomassen med betydelige andele. Der er her tale om en meget stor ($120 \times 30 \mu\text{m}$) centrisk kiselalge, der i samråd med Bio/Consult vurderes til at være en marin art, muligvis af slægten *Coscinodiscus*. Der kan ikke være tale om at prøverne er blevet forurenede med marint materiale, da der ikke benyttes det samme prøvetagningsudstyr til sø- som til marintilsyn, ydermere er algen fundet i den kvantitative fytoplanktonprøve med op til 18 celler/ml. Den marine alge må åbenbart trives i søen, hvilket der findes eksempler på i litteraturen (Jette Mikkelsen, Bio/Consult, pers. com.). Algen vil blive eftersøgt i 96 i ukonserverede prøver fra søen, da den i frisk tilstand bør kunne artsbestemmes.

4.5 Zooplankton

Zooplankton i Hornum Sø domineres af den calanoide copepod *Eudiaptomus graciloides* og cladoceen *Bosmina longirostris*. *Daphnia* arter har ingen kvantitativ betydning, hvilket er typisk for næringsfattige søer. Biomassen er generel stor, med undtagelse af en periode fra 90 til 91 hvor den er forsvindende lille (figur 4.5.1). Denne periode falder sammen med skiftet fra grønvandet til klarvandet tilstand, så zooplankton græsning kan ikke forklare tilstandsskiftene i søen. Det er i modsætning til Madum Sø ikke muligt at se en årstidssvingning der kan henføres til predation fra aborre yngel i Hornum Sø. Ved fiskeundersøgelsen i 1991 var biomassen lavere end hvad der kunne forventes ved søens fosfor-niveau. Fiskebestanden var domineret af Aborre, skidtfiskeindex = 0,3%. Ved undersøgelsen fandtes ingen tegn på stor yngelrekruttering af aborre i 1990, som det var forventeligt ud fra zooplanktonbiomassen og erfaringerne fra Madum sø. Det tyder således på at zooplankton bestanden kun i ringe grad kontrolleres af fiskene, men at zooplankton omvendt heller ikke kontrollerer fytoplankton biomassen, da denne domineres af store uspiselige arter.



Figur 4.5.1. Zooplankton biomasse ($\mu\text{g DW/l}$) total samt fordelt på taxonomiske grupper i Hornum Sø fra 1989 til 1995.

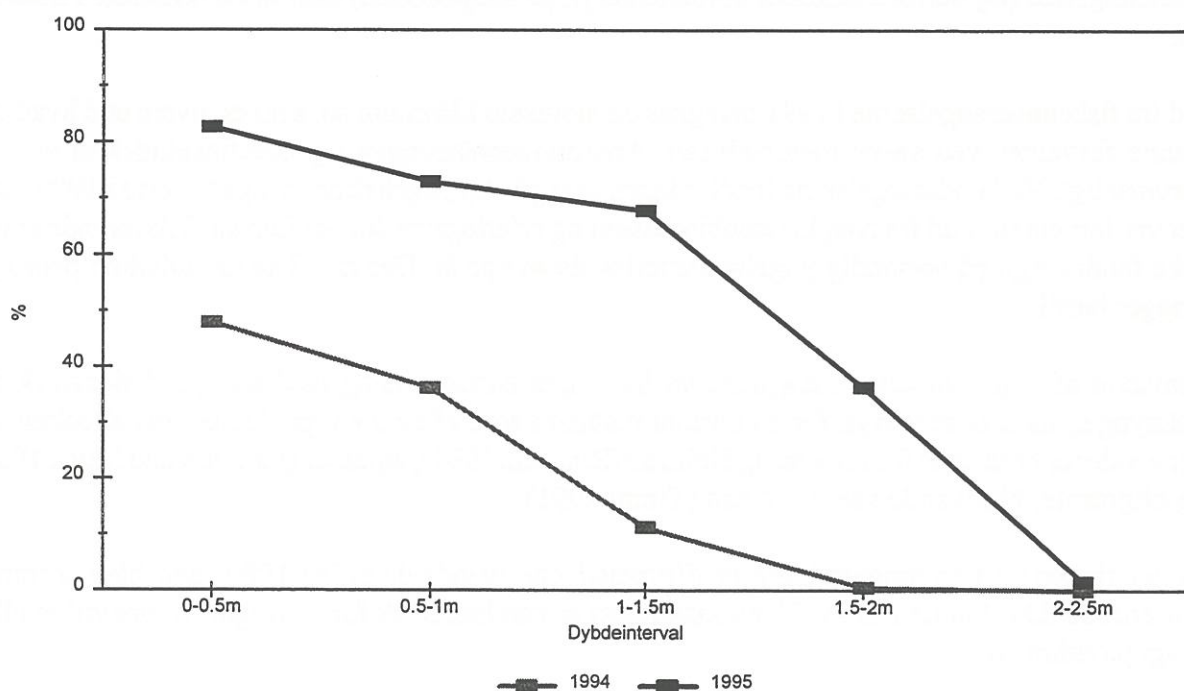


Figur 4.6.1. Bundvegetationens relative dækningsgrad i de forskellige dybdeintervaller i Hornum Sø fra 1993 til 1995.

4.6 Bundvegetation

Den dominerende undervandsvegetation i Hornum Sø er strandbo, kildemos og glanstråd. Lobelie og sortgrøn bransenføde er almindelige men mere spredt udbredt, i 1995 blev bransenføde ikke fundet.

Dybdegrænserne for isoetiderne forventes at være begrænset af udbredelsen af mosser og glanstråd (se afsnit 3.7). Mosser og glanstråd fandtes alle årene til søens største dybde (2,6 - 3 m), hvilket er i overensstemmelse med den generelle relation mellem sigtddybde og dybdegrænse (se afsnit 3.7). Det relative plantedækkede areal viser ingen konsekvent respons på ændringerne i sigtddybde fra 93 til 94 og 95. Ganske vist var dækningsgraden, på dybt vand, lavere i 94 end i 93, i overensstemmelse med ændringen i sigtddybden, men niveauet i 95, hvor sigtddybden var lige så ringe som i 94, var langt over de to foregående år (figur 4.6.1). Dette billede kompliceres yderligere af at det relative trådalge dækkede areal også var højere i 95 end i 94 (figur 4.6.2). Udviklingen af benthiske trådalger (blågrønalger tilhørende *OSCILLATORIALES*) var meget kraftig i 95, faktisk lå dækningsgraden i de tre laveste dybdeintervaller på 70 - 80 %, ikke væsentlig forskellig fra dækningsgraden af bundvegetationen. Det er overraskende at en så kraftig algeudvikling, kombineret med relativt lav sigtddybde ikke påvirker dækningsgraden af bundvegetationen negativt. Forklaringen må være at algeudviklingen er sket sidst på vækstsæsonen oven på en veludviklet bundvegetation, der på undersøgelsestidspunktet endnu ikke havde taget synlig skade. De benthiske trådalger var i 94 domineret af *Spirogyra sp.*, *Oedogonium sp.* og *Bulbocet sp.* men der fandtes også kiselalger og blågrønalger som i 95. Årsagen til opblomstringen af de benthiske alger i 95 kan ikke på grundlag af de forhåndenværende data forklares.



Figur 4.6. 2. Den relative dækningsgrad af benthiske trådalger i de forskellige dybdeintervaller i Hornum Sø i 1994 og 1995.

4.7 Samlet vurdering

Søens biologiske system er karakteriseret ved følgende forhold:

- Et relativt artsrigt fytoplankton, hvori optræder blågrønalger, rekyalger, furealger, gualger, kiselalger, øjealger og grønalger.

- Artsfattigt zooplankton, som regel dominans af calanoide copepoder og små cladoceer, generelt ringe forekomst af *Daphnia* arter.
- Fiskebestanden domineret af Aborre, skidtfiskeindex = 0,3%.

Der forekommer i perioden 1989 - 1995 i princippet 2 typiske sommersituationer.

- 1) Karakteriseret ved ringe sommer sigtddybde, bl.a. i forbindelse med vandblomst af blågrønalger. Forekommer i 1989 og 1990 samt igen i 1994 og tildels 1995 hvor fytoplankton maksimaene dog udgøres af dinophyceer.
- 2) Karakteriseret ved generelt god sigtddybde (ofte til bund), uden forekomst af vandblomst. Forekommer i 1991, 92 og 93.

Skiftet mellem de to tilstande hænger sandsynligvis sammen med de ændringer i vandkemien, specielt fosfor niveauet, der er indtrådt i 1990/91 og tilsyneladende igen mellem 1993 og 94. År til år variationerne i sigtddybde og algebiomasse kan således ikke forklares alene ud fra zooplanktons græsningsrate (og dermed fiskenes predationstryk på zooplankton) som det er tilfældet i Madum sø.

Ud fra fiskeundersøgelserne i 1991 beregnes en biomasse i Hornum sø, som er lavere end hvad der kunne forventes ved søens fosfor-niveau. Artssammensætningen og skidtfiskeindekset er som forventeligt. Ved undersøgelserne fandtes ingen tegn på stor yngelrekruttering af aborre i 1990, som det var forventeligt ud fra zooplanktonbiomassen og erfaringerne fra Madum sø. Tilsvarende er der ikke fundet tegn på væsentlig yngelrekruttering de øvrige år. Der kan ikke umiddelbart peges på årsager hertil.

Fraværet af *Daphnia* arter i zooplankton har ingen sammenhæng med højt predationstryk fra fiskeyngel, men er et udtryk for en normal tilstand i søer af denne type. Dominans af calanoide copepoder er beskrevet for Kvie sø og Holm sø (Ribe amt 1991), alpesøer (Lampert and Muck 1985) og oligotrofe, blødvande søer i Estland (Timm 1991).

Vegetationens artssammensætning er tilsyneladende uændrede siden 1980, dog blev sortgrøn brasenføde ikke fundet i 1995. Plantesamfundet er karakteristisk for en oligotrof, upåvirket eller svagt påvirket sø.

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

5. Referencer.

- Bidstrup, J. 1993: Fiskene i Madum og Hornum sø 1991, Nordjyllands amt, Miljøkontoret, intern rapport, 24 s + bilag.
- 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.
- 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.
- Lyshede, J.M. 1955: Hydrological studies of danish watercourses. Folia geographica danica. Tom. VI. København.
- Miljøstyrelsen 1993: Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1993-1997. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2 1993.
- Moeslund, B., P. Hald Møller, J. Windolf og P. Schriver 1993: Vegetationsundersøgelser i søer. Metoder til anvendelse i søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. 45 s.-Teknisk anvisning

fra DMU nr. 6.

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

Nordjyllands Amt 1991: 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.

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 forsuringstruede søer. - Status og udviklingstendenser. Miljøprojekt nr. 184. Miljøstyrelsen.

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

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

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

6. Bilag

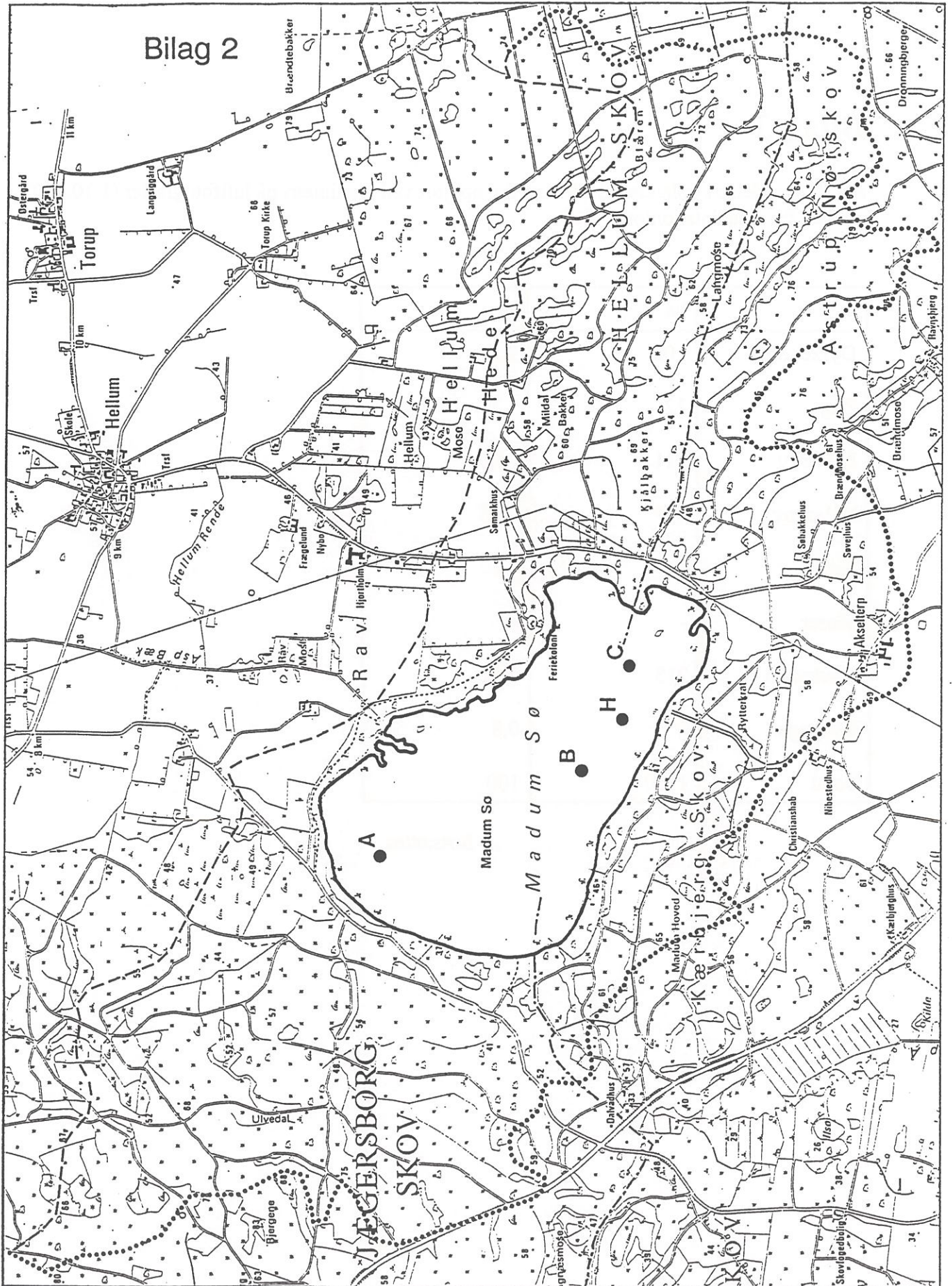
№	№	№
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81
82	83	84
85	86	87
88	89	90
91	92	93
94	95	96
97	98	99
100	101	102

Bilag 1

Morfometriske data for Madum sø.

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

Bilag 2



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

Bilag 3

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

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

fortsættes

Bilag 3 fortsat

Arealanvendelse i oplandet til Madum Sø, opgjort i corine.

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

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

Madum Sø, Hovedstation

Fytoplankton volumenbiomasse SUM mm ³ /l = mg vådvægt/l	DATO																
	950213	950313	950414	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
GRAND TOTAL	11.163	10.960	12.444	21.876	16.761	23.490	47.289	15.218	18.231	11.638	39.929	18.924	18.250	5.748	10.880	.617	1.501
Taxonomisk grupper																	
CYANOPHYTA	.005	.002	.050	.083	.107	.072	.072	.820	1.110	1.431	.075	.026	.105	.037	.139	.602	.906
CRYPTOPHYCEAE	.442	.617	.375	.267	.047	.041	.067	.178	.205	.044	.341	.243	.020	.082	.372	.006	
DINOPHYCEAE	10.328	10.036	11.761	21.305	16.578	22.792	46.641	13.443	16.804	10.074	39.505	18.655	18.125	5.629	10.369	.010	.014
CHRYSOPHYCEAE	.044	.057	.151	.139													.579
DIATOMOPHYCEAE																	.001
CHLOROPHYCEAE	.345	.248	.106	.082	.029	.585	.509	.777	.111	.089	.008						

Madum Sø, Hovedstation

Fytoplankton SUM antal/ml	DATO																
	950213	950313	950414	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
GRAND TOTAL	9290.5	7251.3	35692	56159	69008	47815	49551	91976	95643	176336	49981	17661	67282	24133	89263	382956	594284
Taxonomisk grupper																	
CYANOPHYTA	3112.4	1461.0	31895	53090	67906	45682	45785	89513	93063	174705	47534	16668	66672	23870	88690	382951	576999
CRYPTOPHYCEAE	412.8	818.0	643.1	468.1	118.3	72.0	118.3	312.1	170.3	26.9	190.3	171.5	12.0	71.2	307.0	5.1	
DINOPHYCEAE	337.9	316.6	673.5	655.3	633.2	918.8	1960.0	652.2	1572.6	544.5	2127.2	821.4	598.5	191.5	265.8	.3	.1
CHRYSOPHYCEAE	1311.8	1697.7	1337.6	1028.9													17285
DIATOMOPHYCEAE																	.4
CHLOROPHYCEAE	4115.5	2958.0	1142.1	915.7	349.8	1142.1	1687.4	1498.7	837.7	1059.8	128.6						

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton µg DW/l	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA																	
Keratella cochlearis						.3	.4	39.9	21.1	61.6	2.5	28.9	19.2	15.9			.0
Trichocerca spp.																	
Ploesoma sp.	.9	.1	.1	.5	12.9	15.5	17.0	6.8	25.4	14.8	12.5	38.0	9.1	13.3	2.5		
Polyarthra remata	5.9	5.0	20.2	17.4	20.2	7.4	7.8		2.4					17.5	1.9		
Synchaeta spp.																	
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum						.1	.1	.0	.1					38.8	2.2		
Ceriodaphnia sp						2.1	.4	1.3	.3	1.9	74.5	40.4	125.1	66.2	24.4		52.9
Daphnia spp.			.2			.2	.4	.0	.1	.0							
Bosmina longirostris			.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1								
Alonella nana	.0																
Chydorus sphaericus																	
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	.1	.1	1.0	1.2	.6	2.6	1.3	.5	.0	.8	1.3	2.8	10.2	37.5	222.5	178.0	
CYCLOPOIDA																	
Cyclops sp.				.0	.8	.7	1.1	.3	2.0	3.8	4.6	3.8	1.1	.1	1.0		.2

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM µg DW/l	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT	DWTOT
GRAND TOTAL	6.9	5.2	21.6	19.2	34.5	26.3	32.4	18.7	50.1	54.0	84.2	97.3	159.7	230.0	165.7	253.5	231.1
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA	6.9	5.0	20.3	17.9	33.1	23.0	27.4	17.3	46.7	48.9	76.4	15.8	66.9	28.5	46.7	4.4	.0
CLADOCERA	.0		.3	.0	.0	.0	2.5	.5	1.3	.4	1.9	75.0	81.6	163.9	86.0	26.6	52.9
CALANOIDA	.1	.1	1.0	1.2	.6	2.6	1.3	.5	.0	.8	1.3	2.8	10.2	37.5	31.9	222.5	178.0
CYCLOPOIDA				.0	.8	.7	1.1	.3	2.0	3.8	4.6	3.8	1.1	.1	1.0		.2

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton antal/l	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA																	
Keratella cochlearis						9.7	11.7	1248.0	12.0	902.0	77.0	902.0	598.9	496.8			5.5
Trichoerca spp.									660.0	1925.1	22.0		5.3				
Ploesoma sp.	114.8	5.6	6.9	44.2	1500.8	1934.4	2619.0	888.0	3534.0	2148.3	1143.0	5082.0	837.4	1380.0	241.3		
Polyarthra remata	29.7	75.6	101.2	86.9	100.8	37.2	38.8		12.0				87.4		9.5		
Synchaeta spp.																	
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum							.1	.8	.1		.2	55.9	38.2	10.7	1.0		
Ceriodaphnia sp.							.2	.4	.3	1.8	62.2	22.9	49.1	22.4	12.6		20.7
Daphnia spp.							.3	.4	.7	.2							
Bosmina longirostris							.3	.4	.7	.2							
Alonella nana	.1		.8	.2	.3	.2	.1	.4	.7	.2							
Chydorus sphaericus							.1	.1	.3	.7	.4	1.2	36.1	56.0	41.9		25.9
CALANOIDA	.2	.6	2.1	2.1	.7	1.2	.6	.2	.1	.3	.7	.4	1.2	36.1	56.0	41.9	25.9
Eudiaptomus graciloides							.6	.2	.1	.3	.7	.4	1.2	36.1	56.0	41.9	25.9
CYCLOPOIDA							.6	.2	.1	.3	.7	.4	1.2	36.1	56.0	41.9	25.9
Cyclops sp.				.1	3.0	.6	3.6	1.3	7.9	14.1	13.8	12.3	.8	.3	.6		.9

Madum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM antal/l	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
GRAND TOTAL	144.8	81.8	111.2	133.5	1605.6	1973.6	2672.6	2002.8	2146.8	4233.6	4089.8	1317.2	6064.8	1565.4	2053.8	306.2	52.9
Taxonomisk grupper	144.5	81.2	108.1	131.1	1601.6	1971.6	2667.5	2000.7	2136.0	4218.0	4073.4	1242.0	5984.0	1441.6	1964.2	250.8	5.5
ROTATORIA	.1		1.0	.2	.3	.2	1.0	.6	2.8	1.1	2.0	62.4	78.8	87.3	33.1	13.6	20.7
CLADOCERA	.2	.6	2.1	2.1	.7	1.2	.6	.2	.1	.3	.7	.4	1.2	36.1	56.0	41.9	25.9
CALANOIDA																	
CYCLOPOIDA				.1	3.0	.6	3.6	1.3	7.9	14.1	13.8	12.3	.8	.3	.6		.9

Bilag 5

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

Sø: Madum sø Ar: 1995

Amt: Nordjyllands Amt Periode: 16.8.95-31.8.95

Delområde nr	Normaliseret vand - dybdeinterval m										Sum
	0-0,5m	0,5-1m	1-1,5m	1,5-2m	2-2,5m	2,5-3 m	3-4 m	4-5 m	5-6 m	>6 m	
	Plantedækket areal fra delområder, 10e3m2										
1	6,435										6,435
2	15,4136765	14,1001786	53,3888889	42,8052083							125,707952
3	0	0	0	0							0
4	2,4384375	2,40288462	19,8981818								24,7395039
5	14,3091667	12,5354167	20,1055556	15,5	5,16923077	3,045	1,10727273				71,7716424
6		9,325625	18,4684821	18,3375							46,1316071
7	8,93	11,1982609	20,7555	20,7833621							61,6671229
8	4,96269231	9,492	15,09375	18,046875							47,5953173
9					57,64375	34,5	85	42,8886364	4,15227273		224,184659
10					80,9475	52,1307692	159,251786				292,330055
11					25,4965909	20,775	10,12	37,985	4,675		99,0515909
Sum plantedækket areal, 10e3m2	52,4889729	59,0543657	147,710358	115,472945	169,257072	110,450769	255,479058	80,8736364	8,92727273	0	999,614451
Total bundareal 10e3m2	110,9	107,3	237,25	195,35	207,6	207,6	538,4	220	191,5	26,1	2042
Gns. total dækningsgrad %	47,3300027	55,0366875	62,2593713	59,1107988	81,5303813	53,2036461	47,4515339	36,7607438	4,60954189	0	
Total plantedækket areal i sø, 10e3m2	999,614451										
Søareal 10e3m2	2042										
Total dækningsgrad %	48,9527155										

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

Sø: Madum sø Ar: 1995

Amt: Nordjyllands Amt Periode: 16.8.95-31.8.95

Delområde nr	Normaliseret vand - dybdeinterval m											Sum
	0-0,5 m	0,5-1 m	1-1,5 m	1,5-2 m	2-2,5 m	2,5-3 m	3-4 m	4-5 m	5-6 m	> 6 m		
	Plantefyldt volumen, 10 e3 m3											
1	2,574											2,574
2	0,61654706	0,42300536	1,60166667	2,14026042								4,7814795
3	0,0975375	0,07208654	0,59694545									0
4	0,71545833	0,3760625	0,80422222	0,775	0,25846154	0,15225	0,05536364					3,13681823
6	0,4465	0,27976875	0,55405446	0,916875								1,75069821
7	0,29776154	0,33594783	1,037775	0,83133448								2,65155731
8		0,37968	0,60375	0,90234375								2,18353529
9					5,1879375	2,415	11,05	3,85997727	0,24913636			0 22,7620511
10					4,85685	5,21307692	19,1102143					0 29,1801412
11					2,29469318	1,03875	0,6072	3,0388	0			0 6,97944318
Sum plantefyldt volumen, 10e3m3	4,74780443	1,86655097	5,19841381	5,56581365	12,5979422	8,81907692	30,8227779	6,99877727	0,24913636	0	0	76,7662936
Vandvolumen 10e3m3	28,475	80,475	296,56	329,61	467,1	570,9	1608,6	1314,1	992,75	463,75		6152,32
Relativt plantefyldt volumen, %	16,6735889	2,31941718	1,75290458	1,68860582	2,69705464	1,54476737	1,91612445	0,52498115	0,02509558	0	0	1,24776172
Total plantefyldt volumen i sø, 10em3	76,7662936											
Søvolumen (excl. rørskov), 10e3m3	6152,32											
Relativt plantefyldt volumen, %	1,24776172											

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

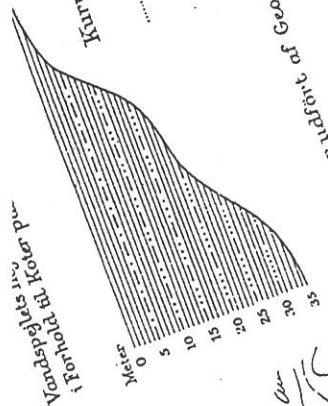
SØ: Madum

AMT: Nordjylland ÅR: 1993 - 95

ID-Kode	Art	Dansk navn	1993	1 9 9 4	1 9 9 5
Fontinazm2	Fontinalis sp	Kildemos sp	X	X	X
Isoe Lacb4	Isoetes lacustris	Sortgrøn Brasenføde	X	X	X
Lobe Dorb4	Lobelia dortmanna	Lobelia	X	X	X
Litt Unib4	Littorella uniflora	Strandbo	X	X	X
Sphagnuzm2	Sphagnum sp.	Art af Tørvemos	X	X	X
Drepanczm2	Drepanocladus sp.	Seglmos sp.	X	X	X
Junc Bulb4	Juncus bulbosus	Liden Siv	X	X	X
Phragmizb4	Phragmites sp.	Tagrør sp.	X	X	X
Crostrab4	Carex rostrata	Nøb-Star	X	X	X
Eleo Palbx	Eleocharis palustris	Alm. Sumpstrå	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
Batrachzb4	Batrachium sp.	Art af Vandranunkel	X		
Chara ZP4	Chara sp.	Art af Kransnål	X		
Sparganzb4	Sphagnum sp.	Art af Pindsvine- knop	X		
Font Antm2	Fontinalis antipyretica	Almindelig Kildemos	X		
		Vandnavle	X	X	X
		Lysesiv		X	X
		Bredbladet dunham- mer		X	X
		Krybende ranunkel		X	
		Fliget brøndsel		X	
		Rørgræs		X	X
		Gul Iris			X
		Kragefod			X

Kirvornas Højdeforskel og på Landjorden 5.4
 Grænsen for Subøket

Vandspejlets niveau i forhold til foden på
 Kirvornas Højdeforskel



117



Vandbalance Madum Sø 1995

Bilag 6

Dato	Datevalue	Måned	Vandspejl DNN i meter	Vandspejlsændring mm	Nedbør mm	Fordampning mm	Af/tilstr mm	Søareal m2	Af-/Tilstrømning m3
01/01/1995	34700		36.77						
01/02/1995	34731	januar	36.83	54	83	2	-27	2120000	-56971
01/03/1995	34759	februar	36.9	70	59	10	21	2120000	43510
01/04/1995	34790	marts	36.95	50	59	27	18	2120000	38160
01/05/1995	34820	april	36.94	-11	39	52	2	2120000	4089
01/06/1995	34851	maj	36.83	-105	53	79	-79	2120000	-168237
01/07/1995	34881	juni	36.79	-39	40	86	7	2120000	15749
01/08/1995	34912	juli	36.68	-114	17	108	-23	2120000	-47851
01/09/1995	34943	august	36.56	-116	11	103	-24	2120000	-51789
01/10/1995	34973	september	36.57	9	113	38	-66	2120000	-139314
01/11/1995	35004	oktober	36.58	9	58	17	-32	2120000	-67480
01/12/1995	35034	november	36.63	52	49	6	9	2120000	19753
01/01/1996	35065	december	36.62	-10	17	1	-26	2120000	-55468

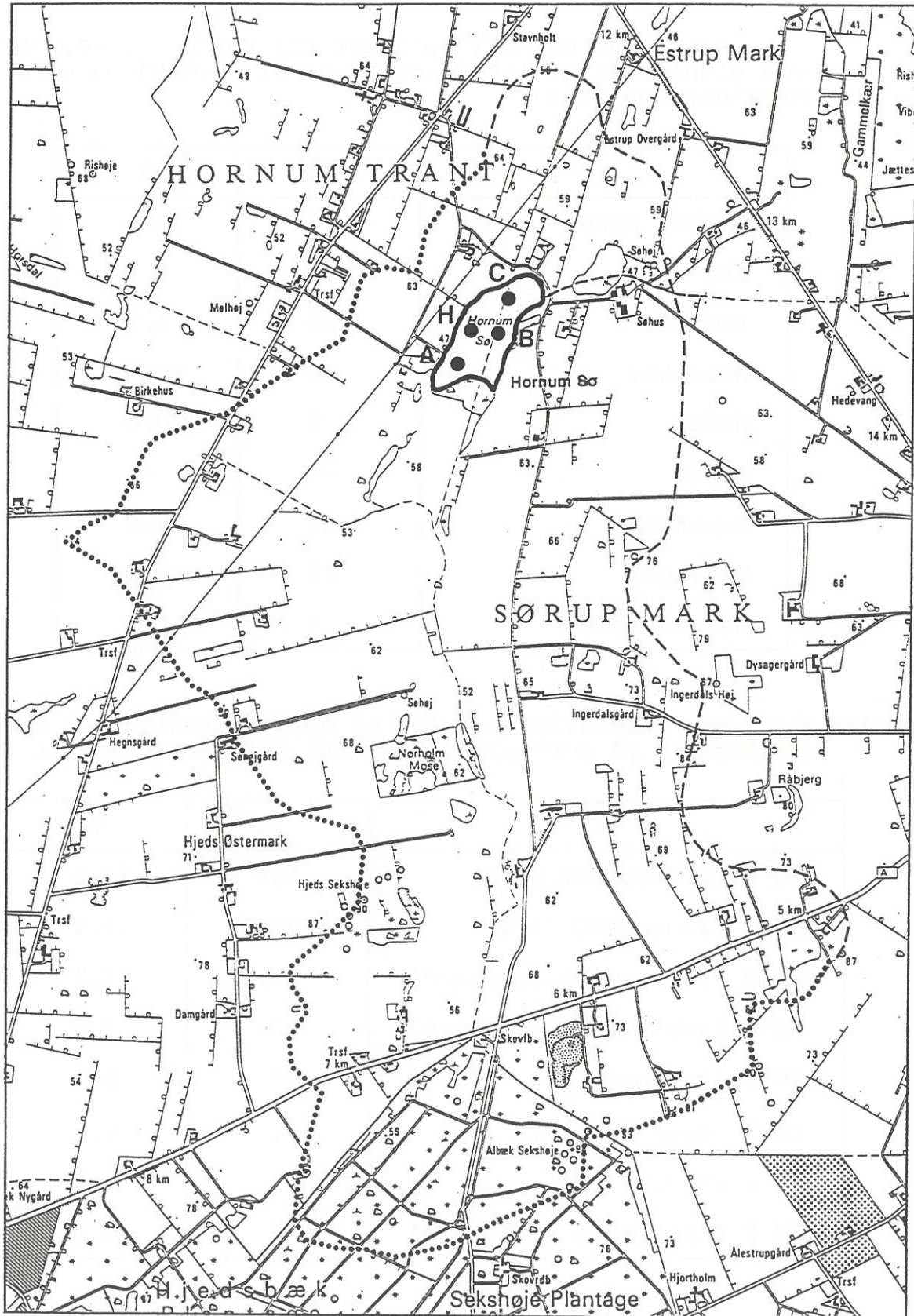
Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet							
Sigtdybde - sommer (1/5 - 30/9)							
Sigtdybde, tidsvægtet gennemsnit (m)	6,31	4,72	4,94	2,74	4,97	5,70	3,76
Sigtdybde, 50 % fraktil (m)	6,60	3,74	4,76	2,40	5,00	5,30	3,85
Største sigtdybde (m)	7,30	7,30	7,30	6,00	7,05	7,30	7,20
Mindste sigtdybde (m)	1,75	2,15	2,75	1,50	3,10	3,90	1,90
Fosfor - sommer (1/5 - 30/9)							
Total fosfor, tidsvægtet gennemsnit (µg P/l)	26	26	21	36	29	27	31
Total fosfor, 50% fraktil (µg P/l)	26	27	19	34	28	24	26
Total fosfor, max. (µg P/l)	39	34	31	56	50	62	60
Total fosfor, min. (µg P/l)	15	17	15	20	15	15	13
Opløst fosfat, tidsvægtet gns. (µg P/l)	4	3	3	3	7	7	5
Opløst fosfat, 50% fraktil (µg P/l)	3	3	3	3	4	4	3
Opløst fosfat, max. (µg P/l)	10	5	5	4	25	22	12
Opløst fosfat, min. (µg P/l)	2	2	2	2	1	2	2
Part. P (PTOT-PO4P), tidsv gns. (µg P/l)	22	23	18	33	22	20	27
Part. P (PTOT-PO4P), 50% (µg P/l)	21	23	16	31	24	20	24
Part. P (PTOT-PO4P), max. (µg P/l)	21	32	27	52	25	40	49
Part. P (PTOT-PO4P), min. (µg P/l)	21	15	12	17	13	13	6
Kvælstof - sommer (1/5 - 30/9)							
Total kvælstof, tidsvægtet gns. (µg N/l)	517	471	563	548	398	468	602
Total kvælstof, 50% fraktil (µg N/l)	498	457	524	520	390	470	590
Total kvælstof, max. (µg N/l)	900	620	620	780	510	660	860
Total kvælstof, min. (µg N/l)	250	330	330	370	330	340	450
Opl. uorg. N, tidsvægtet gns. (µg N/l)	67	22	138	50	48	55	32
Opl. uorg. N, 50% fraktil (µg N/l)	42	11	170	20	25	30	29
Opl. uorg. N, max. (µg N/l)	213	59	270	180	217	146	56
Opl. uorg. N, min. (µg N/l)	20	10	20	20	20	20	20

Madum sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet							
Part-N/part-P - sommer (1/5 - 30/9)							
Part-N/part-P, tidsvægtet gennemsnit	22,1	20,2	24,9	16,2	17,0	26,9	26,9
Part-N/part-P, 50% fraktil	22,2	19,6	20,3	16,8	16,3	21,6	21,3
Part-N/part-P, max.	43,8	21,8	47,1	24,5	23,8	63,3	68,8
Part-N/part-P, min.	8,1	12,1	12,5	10,6	11,7	6,7	11,8
Klorofyl a - sommer (1/5 - 30/9)							
Klorofyl a, tidsvægtet gennemsnit (µg/l)	4	6	6	10	5	5	10
Klorofyl a, 50% fraktil (µg/l)	5	6	6	11	5	3	9
Klorofyl a, max. (µg/l)	40	9	10	16	10	8	24
Klorofyl a, min. (µg/l)	2	1	4	3	1	2	3
Øvrige parametre - (1/5 - 30/9)							
pH, tidsvægtet gennemsnit	5,38	5,71	5,45	5,92	5,16	5,49	6,00
Total alkalinitet, tidsvægtet gns. (meq/l)	0,14	0,08	0,07	0,17	0,06	0,08	0,15
Silikat, tidsvægtet gennemsnit (mg/si/l)	0,10	0,16	0,10	0,12	0,15	0,11	0,18
Suspenderet stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,1	2,39	5,59
Glødetab af susp. stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,0	1,75	3,73
Total COD, tidsv. gns. (mg O ₂ /l)	6,3	8,1	7,2	15,0	6,2	3,45	6,50
Nitrat+nitrit+kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	49	22	127	36	36	44	21
Ammonium-kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	18	12	11	14	12	11	11
Alle parametre - vinter (1/12 - 31/3)							
Total fosfor, tidsvægtet gns. (µg P/l)	49	56	27	35	28	36	21
Opløst fosfat, tidsvægtet gns. (µg P/l)	6	3	2	3	7	10	5
Total kvælstof, tidsvægtet gns. (µg N/l)	873	726	958	790	732	579	527
Nitrat+nitrit+kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	422	124	14	273	357	167	57
Ammonium-kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	50	33	8	19	48	58	12
Klorofyl a, tidsvægtet gennemsnit (µg/l)	14	52	5	11	6	9	13
pH, tidsvægtet gennemsnit	5,71	5,41	5,22	6,3	5,64	5,19	5,63
Total alkalinitet, tidsvægtet gns. (meq/l)	0,16	0,08	0,06	0,13	0,07	0,07	0,11
Silikat, tidsvægtet gennemsnit (mg Si/l)	0,51	0,35	0,10	0,18	0,19	0,21	0,13
Suspenderet stof, tidsvægtet gns. (mg ts/l)					2,5	3,0	4,26
Glødetab af susp. stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					3,3	2,3	3,56
Part. COD, tidsvægtet gns. (mg O ₂ /l)	7,6	12,3	12,3	10,3	9,3	5,5	3,78

Bilag 9

Morfometriske data for Hornum sø.

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



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

Bilag 11

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

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

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

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

Bilag 11 fortsat

Arealanvendelse i oplandet til Hornum Sø, opgjort i corine.

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

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

Bilag 12

Hornum Sø, Hovedstation

Fytoplankton volumenbiomasse mm ³ /l = mg vådvægt/l	DATO															
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950828	950911	950925	951023	951129
Taxonomisk gruppe																
CYANOPHYTA																
Chroococcales	.1096	.0459			.1351	.0129	.1360	.3350	1.0056	.7837	.2838			.1274	.0811	
Anabaena lemmermannii					.0088						.1700	.1015				
Pseudoanabaena limnetica																
Planktothrix agardhii																
CRYPTOPHYCEAE																
Cryptomonas spp. (10-20 my)	.0195	1.1823	.1541	.0096			.0269	.4598	.9018	.5000		.0806	.0120	.5280	.0037	
Cryptomonas spp. (20-30 my)		.0276	1.6948	1.6229	.0943							.3820	.0802	.2709	.3084	
Peridinium sp.	.0960												.0204	.0037	.1193	
Cryptophyceae spp. (5-10my)																
DINOPHYCEAE																
Ceratium hirundinella							.0072	.0143	.0549	1.1405	2.0500	.0393	.0250			
Gymnodinium sp.							.0039	.2601	.0792	.1583		.0103				
Peridinium williei						.1357	.1568					.0582	.0215			
Negne furealger (a) 10-20my		.0108														
CHRYSOPHYCEAE																
Dinobryon cylindricum			1.5543	.2909									.0250	.0102	.3054	
Synura sp.			.3521	.1895											.0410	
Chromulina sp.																
DIATOMOPHYCEAE																
Centriske kiselalger																
Melosira varians					.0364				1.6625				.1821			
Centrisk kiselalge sp.					7.2731											
DIATOMOPHYCEAE																
Pennate kiselalger		.0074														
Nitzschia sp.							.1018			.0530						
EUGLENOPHYCEAE																
Trachelomonas volvocina							.2251	.5336	.2848	.2924		.0074				
CHLOROPHYCEAE																
Volvocales																
Chlamydomonas sp.		.0148	.2586	.0055									.0062	.0279	.0110	
Eudorina elegans																
CHLOROPHYCEAE																
Chlorococcales																
Kirchneriella sp.	.0170	.0215	.0313	.0957	.3715	1.0757	.2931	.1396		.0095			.0062	.0050	.0080	
Oocystis sp.																
Scenedesmus sp.	.1264	.0400	.0034	.0017						.1000				.0145	.0164	
Scenedesmus armatus																
Scenedesmus ecornis								.4879								
Sphaerocystis sp.							.4281	.4741								
Sphaerocystis Schroeteri	.0032	.0042	.0062	.0127	.0113	.0237	.0119		.0054	.1241			.0037	.1849	.0002	
Monoraphidium contortum	.0138	.0019	.0036	.0017	.3413	.6206	.2000	.1052	.0448	.0070			.0132	.0317	.0322	
Monoraphidium cf. dybowskii																
Ankara judai			.0240	.0509	.0069	.0776								.0039		
Crucigenia sp.																

(fortsættes)

Hornum Sø, Hovedstation

Fytoplankton antal/ml	DATO																	
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129	
Taxonomisk gruppe																		
CYANOPHYTA																		
Chroococcales	69758	29220			86015						180672					81076	51650	
Anabaena lemmermannii					133.8	197.0	2078.3	5118.7	15365	11974	1353.0	807.7			43.7			
Pseudoanabaena limnetica																		
Planktothrix agardhii																		
CRYPTOPHYCEAE																		
Cryptomonas spp. (10-20 my)	34.3	5226.7															18.0	
Cryptomonas spp. (20-30 my)		41.2	133.8	6.9					192.1	192.9			144.0	22.3	172.3	347.2	87.5	
Peridinium sp.		10.3											54.9	53.2			8.4	
Cryptophyceae spp. (5-10my)	463.0		12707	12398	720.2		205.8	2597.9	4784.3	463.0			2078.3	141.5	118.3	18.0		
DINOPHYCEAE																		
Ceratium hirundinella							.3	.6	2.3	36.0	41.0	1.2		.5				
Gymnodinium sp.							.2					.4						
Peridinium williei							1.8	2.3	.7	1.4								
Negene furealger (a) 10-20my									186.9			92.6		5.1				
CHRYSOPHYCEAE																		
Dinobryon divergens																		
Dinobryon cylindricum																		
Synura sp.																		
Chromulina sp.																		
DIATOMOPHYCEAE																		
Centriske kiselalger																		
Melosira varians																		
Centrisk kiselalge sp.																		
DIATOMOPHYCEAE																		
Pennate kiselalger																		
Nitzschia sp.																		
TRIBOPHYCEAE																		
Pseudostaurastrum limneticum																		
EUGLENOPHYCEAE																		
Trachelomonas hispida																		
Trachelomonas volvocina																		
CHLOROPHYCEAE																		
Volvocales																		
Chlamydomonas sp.																		
Eudorina elegans																		
Volvox aureus																		
Gonium pectorale																		
Gonium sociale																		
CHLOROPHYCEAE																		
Chlorococcales																		
Ankistrodesmus fusiformis																		
Kirchneriella sp.																		
Oocystis sp.																		
Pediastrum boryanum	1011.7	1286.1	1869.1	5710.3	22172	64202	17491	8334.0		565.9		452.7				298.4	812.8	

(fortsattes)

Hornum Sø, Hovedstation

Fytoplankton antal/ml	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
Pediastrum duplex																	
Scenedesmus sp.																	
Scenedesmus armatus	3772.6	1193.5	102.9	51.4												432.1	391.0
Scenedesmus ecorinis																	
Sphaerocystis sp.							1596.8	14559		2983.8							
Sphaerocystis Schroeteri								14147			463.0						
Tetraedron minimum																	
Monoraphidium contortum	102.9	133.8	596.8	1217.5	1080.3	2263.5	1131.8										23.1
Monoraphidium cf. dybowskii	205.8	61.7	113.2	82.3	5093.0	9260.0	2983.8	1569.0		514.4	668.8	221.2		54.9	259.8	1697.7	252.1
Ankyra judaei										668.8	411.6	123.5		745.9	219.9		
Crucigenia sp.			2860.3	6070.4	823.1	9260.0											
chlorococcal grønalge (Radiococcus nimbatus)																	
CHLOROPHYCEAE																	
Ulotricales																	
Koliella longiseta	68.6	843.7	308.7	257.2						102.9	102.9						136.3
Elakatothrix genevensis																	
Gloeothila cf. contorta	2623.7	3776.0	730.5	353.3	5350.2	34365	11215	4938.6	1234.7								
CHLOROPHYCEAE																	
Zygnematales																	
Closterium acutum								70.3									
Staurastrum sp.																	
Cosmarium bioculatum				13.7													
Staurodesmus triangularis				253.8	288.1	5.0	4.1		66.9	97.7	411.6						

Hornum Sø, Hovedstation

Fytoplankton SUM antal/ml	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
GRAND TOTAL	78041	41845	25678	28383	121698	119561	36814	51603	22023	17984	209332	51909	2898.0	2378.0	814.1	84333	55379
Taxonomisk grupper																	
CYANOPHYTA	69758	29220			86149	197.0	2078.3	5118.7	15365	11974	182025	807.7			43.7	81076	51650
CRYPTOPHYCEAE	497.3	5278.2	12840	12405	720.2		205.8	2597.9	4976.4	655.9				216.9	290.7	365.3	113.9
DINOPHYCEAE		20.6				1.2	2.3	2.9	189.9	37.4	41.0	94.2		5.6			
CHRYSOPHYCEAE			5761.8	1948.0	22.3		.3		4.9	113.2						432.1	1958.3
DIATOMOPHYCEAE		20.6					104.9	265.8	161.2	136.3							
EUGLENOPHYCEAE							34422	43618	1325.5	5067.3							
CHLOROPHYCEAE	7785.2	7305.1	7075.3	14031	34807	119363	34807	119363	1325.5	5067.3	27265	51007	617.3	855.7	479.7	2459.0	1656.5

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton µg DW/l	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA																	
Brachionus angularis	34.3	39.2	153.1	20.5	4.5	.7	7.7	.7	.2							.8	.7
Keratella cochlearis	4.2	5.7	21.0	40.2	19.9	1.9	.3	.2	1.6	12.7		.0		.0	.2	4.1	3.1
Keratella quadrata			1.9	1.6			2.9	25.2	1.0						.6	.4	
EPIPHANOIDAE								.3	.1	7.8				2.9			
Trichocerca spp.			.7			.8			.4	1.4							
Ploesoma sp.			27.4	6.1	79.8	.2			3.7	95.9	.2	.1	.5	48.8	6.6	39.7	15.9
Polyarthra remata			254.6	38.0	3.2				6.8	38.4	5.0	791.4	8.8	202.0	12.0	15.4	68.4
Synchaeta spp.																	
Asplancha sp. 1.											22.0	8.9	3.1	1.4			
Hexarthra sp.									.6								
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum							1.2	7.3	2.4								
Ceriodaphnia sp					9.1	13.6	9.3	74.1	2.7	14.3	3.4	34.8	384.8	290.1	86.6		
Daphnia spp.					10.7	10.6	8.9										
Bosmina longirostris	1.3	2.1	3.2		20.4	11.2	16.1	61.8	1.5	8.4	38.5	241.6	71.5	32.5	19.8	42.8	53.2
Acroperus harpae										1.2				1.3	.3	.3	.0
Alonella nana					.9												
Chydorus sphaericus	.4																
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	307.8	311.9	370.3		736.3	40.4	129.8	232.5	8.9	6.1	3.6			10.7	15.6	31.0	16.9
CYCLOPOIDA																	
Cyclops sp.	1.8	5.1	36.6		5.9	1.3	2.3			1.2	2.3	5.8		.3	.7	8.2	16.7

Hørnum Sø, Hovedstation

Zooplankton antal/l	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA																	
Brachionus angularis	347.8	1117.6	1824.0	582.7	128.0	19.4	220.0	18.8	4.6							22.0	19.0
Platyas quadricornis																	
Keratella cochlearis	1212.6	1628.0	5996.4	11476	5677.8	552.9	80.0	65.8	445.9	3640.0		4.7	11.0	10.0	70.0	1166.0	874.0
Keratella quadrata				31.7			140.0	667.4	50.1								
EPIPHANOIDA																	
Trichoerca spp.								9.4	4.6	245.0				90.0	20.0	11.0	
Ploesoma sp.			19.0			19.4			9.1	35.0							
Polyarthra remata			532.0	563.7	1960.0	14.6			336.7	8120.0	20.0	4.7	44.0	1710.0	410.0	2849.0	1273.0
Synchaeta spp.			1273.0	190.0	16.0						10.0	507.6	44.0	1010.0	60.0	77.0	342.0
Asplancha sp. 1.									13.7								
Hexarthra sp.									9.1	1050.0	650.0	126.9	44.0	20.0			
CLADOCERA																	
Diaphanosoma brachyurum							1.1	3.3	1.1								
Ceriodaphnia sp					8.9	7.6	23.8	106.7	8.4	27.8	8.4	80.0	524.4	186.7	39.8		
Daphnia spp.					1.1	1.1	2.0										
Bosmina longirostris	1.3	2.2	1.1		12.2	6.2	12.6	48.9	3.1	20.9	111.1	541.1	64.4	30.0	18.2	58.7	37.1
Acroperus harpae										.7				1.1	.2	.2	.2
Alonella nana					1.1												
Chydorus sphaericus	.4																
Eurycerus lamellatus																	
CALANOIDA																	
Eudiaptomus graciloides	47.1	119.3	245.0		298.9	12.1	66.8	76.1	12.9	11.6	3.3		++	5.6	11.3	11.1	7.3
CYCLOPOIDA																	
Cyclops sp.	7.1	15.6	34.4		15.6	.7	.7			3.4	7.7	21.2		.1	1.1	2.7	1.3

Hørnum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM antal/l	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
GRAND TOTAL	1616.4	2882.7	9963.0	12844	8119.6	633.9	546.9	996.4	899.2	13155	811.6	1287.2	731.9	3064.4	630.7	4197.7	2554.0
Taxonomisk gruppe																	
ROTATORIA	1560.4	2745.6	9682.4	12844	7781.8	606.3	440.0	761.4	873.6	13090	680.0	643.9	143.0	2840.0	560.0	4125.0	2508.0
CLADOCERA	1.8	2.2	1.1		23.3	14.9	39.5	158.9	12.7	49.3	119.6	621.1	588.9	217.8	58.2	58.9	37.3
CALANOIDA	47.1	119.3	245.0		298.9	12.1	66.8	76.1	12.9	11.6	3.3			5.6	11.3	11.1	7.3
CYCLOPOIDA	7.1	15.6	34.4		15.6	.7	.7			4.4	8.7	22.2		1.1	1.1	2.7	1.3

Sø: Hornum sø År: 1995Amt: Nordjyllands Amt Periode: _____

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	2,50081019	2,47580208	5,58816818	5,80458	9,6822		26,0515605	
2	1,41375	0,87	0,87627273	0,5535	0,564375		4,27789773	
3	3,60195	3,61965	3,58153125	3,2542125	1,23226667		15,2896104	
4	2,33364583	2,539875	12,8327455	10,6536	9,99728889		38,3571552	
5	0,39886364	0,35974432	0,79242188	0,11613889	0		1,66716872	
6	0,29	0,3128125	0				0,6028125	
Sum plantedækket areal, 10e3m2	10,5390197	10,1778839	23,6711395	20,3820314	21,4761306		86,246205	
Total bundareal 10e3m2	12,509	12,809	29,124	25,084	33,165		112,691	
Gns. total dækningsgrad %	84,2514962	79,4588485	81,2770893	81,2551084	64,7554065			
Total plantedækket areal i sø. 10e3m2			86,246205					
Søareal 10e3m2			112,691					
Total dækningsgrad %			76,5333567					

Hornum Sø, Hovedstation

Zooplankton SUM µg DW/l	DATO																
	950213	950313	950410	950424	950508	950522	950606	950619	950703	950717	950731	950814	950828	950911	950925	951023	951129
GRAND TOTAL	349.7	364.0	868.9	106.3	890.7	80.6	178.6	402.1	30.0	187.5	75.0	1082.5	468.7	590.0	142.4	142.5	174.8
Taxonomisk grupper																	
ROTATORIA	38.5	44.9	458.8	106.3	107.4	3.5	10.9	26.4	14.4	156.3	27.3	800.3	12.4	255.1	19.5	60.3	88.0
CLADOCERA	1.6	2.1	3.2		41.1	35.4	143.3	6.7	23.9	23.9	41.9	276.4	456.3	323.9	106.7	43.0	53.2
CALANOIDA	307.8	311.9	370.3		736.3	40.4	129.8	232.5	8.9	6.1	3.6			10.7	15.6	31.0	16.9
CYCLOPOIDA	1.8	5.1	36.6		5.9	1.3	2.3			1.2	2.3	5.8		.3	.7	8.2	16.7

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

Sø: Hornum sø År: 1995

Amt: Nordjyllands Amt Periode: _____

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	0,07502431	0,1237901	0,39117177	0,870687	0,96822	2,42889318
2	0,084825	0,0609	0,18401727	0,1107	0,0564375	0,49687977
3	0,144078	0,1809825	0,35815313	0,520674	0,12322667	1,32711429
4	0,14001875	0,3555825	1,79658436	1,06536	1,39962044	4,75716606
5	0,02393182	0,03597443	0,11886328	0,01161389	0	0,19038342
6	0,0232	0,01564063	0	0	0	0,03884063
Sum plantefyldt volumen, 10e3m3	0,49107787	0,77287016	2,84878982	2,57903489	2,54750461	9,23927735
Vandvolumen 10e3m3	3,127	9,38	36,32	42,98	75,45	167,257
Relativt plantefyldt volumen, %	15,7044411	8,23955396	7,84358429	6,00054651	3,37641433	
Total plantefyldt volumen i sø, 10em3		9,23927735				
Søvolumen (excl. rørskov), 10e3m3		167,257				
Relativt plantefyldt volumen, %		5,5240004				

BILAG 12: Artsliste for undervands- og flydebladsplanter samt dominerende arter fra rørskov.

SØ: Hornum

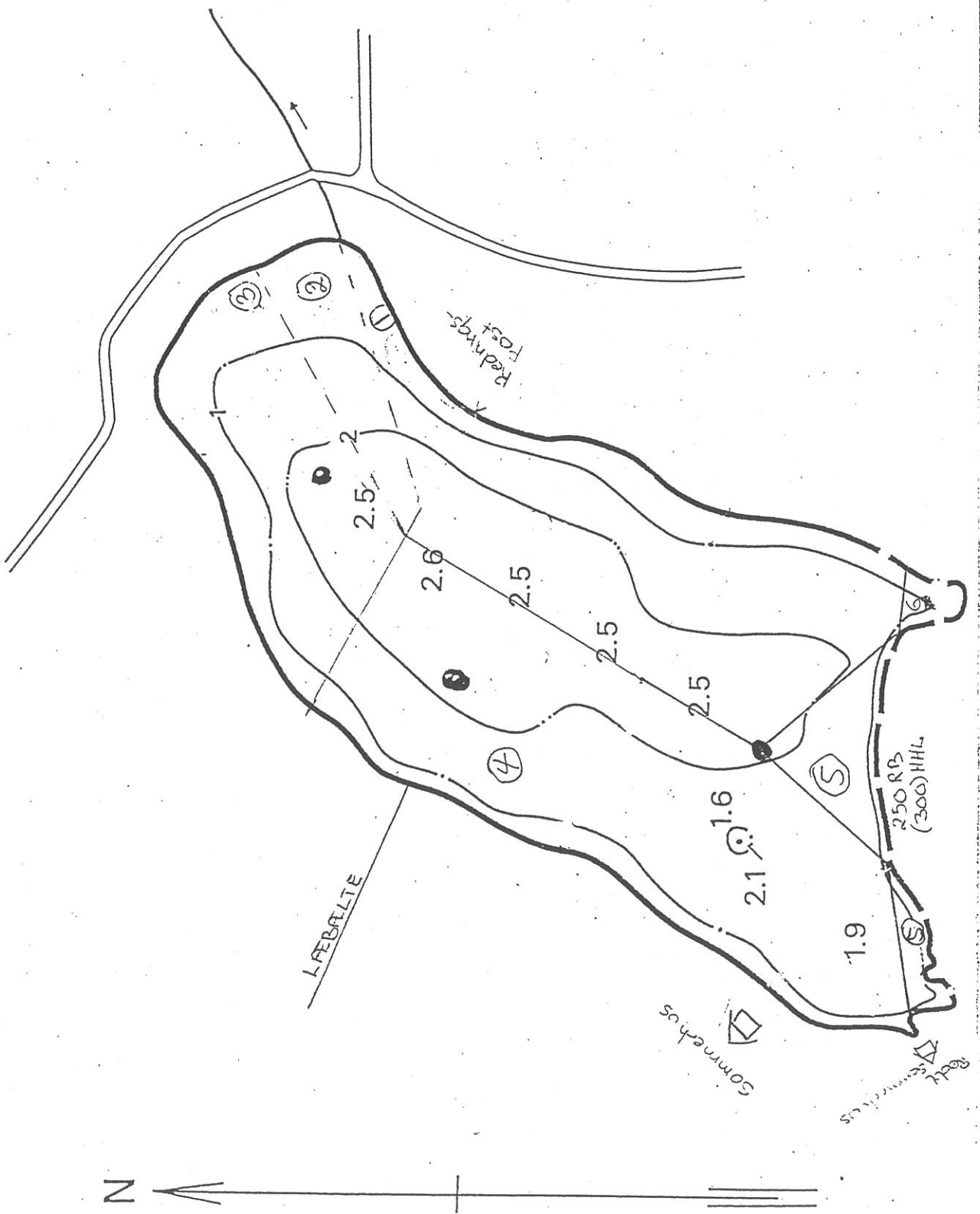
AMT: Nordjylland ÅR: 1993 og 1994

ID-Kode	Art	Dansk navn	1993	1994	1995
Fontinam2	Fontinalis sp	Kildemos	X	X	X
Isoe Lacb4	Isoetes lacustris	Sortgrøn Brasen- føde	X	X	
Poly Ampb4	Polygonum amphibium	Vand-Pileurt	X	X	X
Hydr Vulb4	Hydrocotyle vulgaris	Vandnavle	X	X	X
Litt Unib4	Littorella uniflora	Strandbo	X	X	X
Lobe Dorb4	Lobelia dortmanna	Lobelie	X	X	X
Junc Bulb4	Juncus bulbosus	Liden Siv	X	X	X
Spar Emeb4	Sparganium emersum	Enkelt Pindsvi- neknop	X		
Eleo Palb4	Eleocharis palustris	Almindelig Sump- strå	X	X	X
Myri Galb4	Myrica gale	Mose-Pors	X	X	X
Junc Artb4	Juncus articulatus	Glanskapslet Siv	X	X	
Batrachzb4	Batrachium sp.	Art af vandranun- kel	X		
Lemn Minb4	Lemna minor	Liden Andemad	X		
Acor Calb4	Acorus calamus	Kalmus	X	X	X
C Rostrab4	Carex rostrata	Nøb-Star	X	X	X
Nitellazp4	Nitella sp.	Art af Glanstråd	X	X	X
		Krybende ranunkel		X	X
		Rørgræs		X	X
		Dusk Fredløs		X	X
		Vandmynte		X	
		Nedbøjet ranunkel		X	X
		Kærnerre		X	
		Smalbladet æren- pris		X	

Forglemmigej sp.	X	
Mannasødgræs	X	
Kragefod	X	X
Vedbendvandranun- kel	X	
Bukkeblad	X	X
Svartevæld	X	
Pindsvineknop sp	X	X
Gærdesnerle	X	X

Hornum
DECEMBER 7994

1:5000
Forslow 1,414 ~ 1:3536



Vandbalance Hornum Sø 1995

Bilag 14

Dato	Datevalue	Måned	Vandspejl kote DNN i m	Vandspejlsændring i mm	Nedbør mm	Fordampning mm	Af/Tilstr mm	Søareal m ²	Q-nedbør m ³	Q-tilfra m ³
01/01/1995	34700		45.83							
01/02/1995	34731	januar	46.08	251	83	2	170	112592	9345	19135
01/03/1995	34759	februar	46.17	88.6	59	10	40	112592	6643	4455
01/04/1995	34790	marts	46.19	20.7	59	27	-11	112592	6643	-1271
01/05/1995	34820	april	46.15	-39.6	39	52	-27	112592	4391	-3000
01/06/1995	34851	maj	46.04	-112.5	53	79	-87	112592	5967	-9739
01/07/1995	34881	juni	45.93	-107.9	40	86	-62	112592	4504	-6965
01/08/1995	34912	juli	45.78	-153.6	17	108	-63	112592	1914	-7045
01/09/1995	34943	august	45.64	-143.6	11	103	-52	112592	1239	-5807
01/10/1995	34973	september	45.67	36.5	113	38	-39	112592	12723	-4339
01/11/1995	35004	oktober	45.7	33.4	58	17	-8	112592	6530	-857
01/12/1995	35034	november	45.73	26.5	49	6	-16	112592	5517	-1852
01/01/1996	35065	december	45.68	-55.9	17	1	-72	112592	1914	-8096

Hornum sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet							
Sigtdybde - sommer (1/5 - 30/9)							
Sigtdybde, tidsvægtet gennemsnit (m)	1,81	1,10	2,68	2,30	2,39	1,79	1,74
Sigtdybde, 50 % fraktil (m)	1,88	0,97	2,65	2,40	2,40	1,80	1,78
Største sigtdybde (m)	2,05	1,60	2,9	2,7	2,7	2,3	2,8
Mindste sigtdybde (m)	1,05	0,80	2,5	1,8	2,2	1,2	1,35
Fosfor - sommer (1/5 - 30/9)							
Total fosfor, tidsvægtet gennemsnit (µg P/l)	66	74	27	38	29	114	55
Total fosfor, 50% fraktil (µg P/l)	66	69	27	34	30	60	53
Total fosfor, max. (µg P/l)	106	98	39	52	43	540	91
Total fosfor, min. (µg P/l)	45	53	15	22	14	38	39
Opløst fosfat, tidsvægtet gns. (µg P/l)	6	7	5	4	5	49	13
Opløst fosfat, 50% fraktil (µg P/l)	6	6	3	4	3	8	8
Opløst fosfat, max. (µg P/l)	10	9	12	7	13	460	62
Opløst fosfat, min. (µg P/l)	2	2	2	3	2	2	2
Part. P (PTOT-PO4P), tidsv gns. (µg P/l)	60	67	22	34	24	50	41
Part. P (PTOT-PO4P), 50% (µg P/l)	61	63	22	30	27	52	37
Part. P (PTOT-PO4P), max. (µg P/l)	101	89	37	47	30	80	57
Part. P (PTOT-PO4P), min. (µg P/l)	42	51	13	19	15	36	29
Kvælstof - sommer (1/5 - 30/9)							
Total kvælstof, tidsvægtet gns. (µg N/l)	944	1360	575	660	527	943	936
Total kvælstof, 50% fraktil (µg N/l)	918	1203	583	665	540	870	910
Total kvælstof, max. (µg N/l)	1100	2080	1140	930	590	1220	1190
Total kvælstof, min. (µg N/l)	810	770	108	500	440	660	730
Opl. uorg. N, tidsvægtet gns. (µg N/l)	85	79	170	99	28	55	64
Opl. uorg. N, 50% fraktil (µg N/l)	45	27	84	37	24	30	37
Opl. uorg. N, max. (µg N/l)	338	160	790	370	41	161	157
Opl. uorg. N, min. (µg N/l)	17	10	20	20	20	20	25

Hornum sø	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Vandkemi & fysiske målinger i søvandet							
Part-N/part-P - sommer (1/5 - 30/9)							
Part-N/part-P, tidsvægtet gennemsnit	15,2	19,3	19,9	17,4	22,7	26,9	22,2
Part-N/part-P, 50% fraktil	15,8	18,4	15,7	17,3	22,3	24,5	22,4
Part-N/part-P, max.	21,6	23,4	50,2	23,9	28,0	63,3	36,8
Part-N/part-P, min.	8,8	12,1	3,0	11,2	16,5	6,7	14,8
Klorofyl a - sommer (1/5 - 30/9)							
Klorofyl a, tidsvægtet gennemsnit (µg/l)	23	50	6	7	3	25	7
Klorofyl a, 50% fraktil (µg/l)	17	46	3	8	2	18	6
Klorofyl a, max. (µg/l)	73	108	15	12	4	75	15
Klorofyl a, min. (µg/l)	4	20	1	3	2	6	2
Øvrige parametre - (1/5 - 30/9)							
pH, tidsvægtet gennemsnit	6,51	6,72	6,21	6,42	6,45	7,14	7,23
Total alkalinitet, tidsvægtet gns. (meq/l)	0,17	0,12	0,13	0,020	0,11	0,19	0,23
Silikat, tidsvægtet gennemsnit (mg/si/l)	0,13	0,26	0,11	0,10	0,15	0,15	0,19
Suspenderet stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					2,3	6,96	4,17
Glødetab af susp. stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					1,9	5,8	2,84
Total COD, tidsv. gns. (mg O ₂ /l)	19	28	10,7	10,7	9,45	9,70	7,93
Nitrat+nitrit+kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	66	79	153	153	16	31	37
Ammonium-kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	19	11	18	18	11	21	27
Alle parametre - vinter (1/12 - 31/3)							
Total fosfor, tidsvægtet gns. (µg P/l)	59	71	44	33	28	40	46
Opløst fosfat, tidsvægtet gns. (µg P/l)	18	16	16	5	5	30	8
Total kvælstof, tidsvægtet gns. (µg N/l)	1239	1274	1589	765	592	791	1080
Nitrat+nitrit+kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	558	544	907	293	194	233	350
Ammonium-kvælstof, tidsv. gns. (µg N/l)	55	69	16	21	12	562	84
Klorofyl a, tidsvægtet gennemsnit (µg/l)	11	11	7	6	7	9	9
pH, tidsvægtet gennemsnit	6,35	6,55	5,91	6,08	6,07	6,49	6,85
Total alkalinitet, tidsvægtet gns. (meq/l)	0,39	0,58	0,08	0,13	0,29	0,15	0,20
Silikat, tidsvægtet gennemsnit (mg Si/l)	0,20	0,38	0,15	0,10	0,19	0,20	0,19
Suspenderet stof, tidsvægtet gns. (mg ts/l)					2,5	5,0	5,15
Glødetab af susp. stof, tidsv. gns. (mg ts/l)					3,3	3,4	3,02
Part. COD, tidsvægtet gns. (mg O ₂ /l)	15,5	16,9	9,2	9,7	11,0	5,43	7,48

Bilag 15 tidsvægtede gennemsnit af planktonbiomasse

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

ISBN 87-7775-296-1