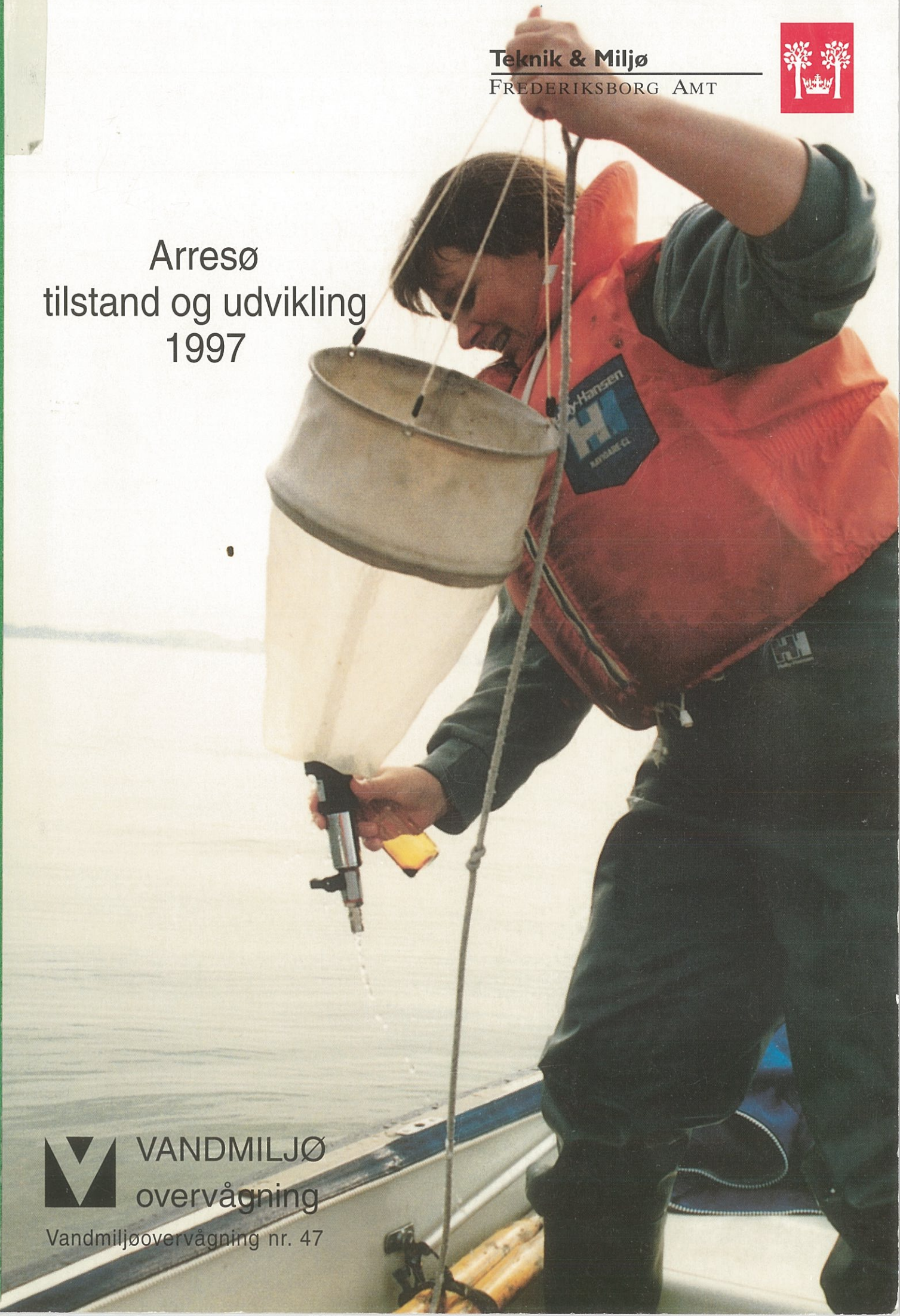
Teknik & Miljø
FREDERIKSBORG AMT

Arresø
tilstand og udvikling
1997



VANDMILJØ
overvågning

Vandmiljøovervågning nr. 47

Titel:	Arresø - tilstand og udvikling 1997
Serietitel:	Vandmiljøovervågning nr. 47
Udgiver:	Frederiksborg Amt, Teknik og Miljø Miljøafdelingen
Udgivelsesår:	1998
Sagsbehandler:	Helle Utoft Rasmussen
Rapport:	Helle Utoft Rasmussen
Grafik:	Helle Utoft Rasmussen, Bodil Aavad Jacobsen og Ruth Sthen Hansen
Forsidefoto:	Carsten Mouritsen
Tryk:	Hillerød Bogtrykkeri + Offset og Frederiksborg Amt
Oplag:	200 stk.
Copyright:	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Købes hos:	Frederiksborg Amt, Teknik & Miljø Miljøafdelingen, Kongens Vænge 2 3400 Hillerød tlf.: 48 20 50 00
Pris:	50 kr.
ISSN:	0906-7299
ISBN:	87-7781-146-1

6.dag for ladning med for 4.9t x 2 kes.
2 sæt etablert med på de Sørøyene
Stadion
Selbjørn Øyse
1992 sprengt fjell - mudre vestkai
Jan-april.

Landlocked Arctic char populations and lake morphometry in Greenland

F. Riget[1], E. Jeppesen[2], F. Landkildehus[2], T. L. Lauridsen[2], P. Gertz-Hansen[3], K. Christoffersen[4] and H. Sparholt[5]

[1]*~~Ministry of Environment and Energy~~, National Environmental Research Institute, Department of Arctic Environment, Tagensvej 135, 4th floor, DK-2200 Copenhagen N, Denmark;*
[2]*~~Ministry of Environment and Energy~~, National Environmental Research Institute, Department of Lake and Estuarine Ecology, ~~Lysbrogade 52,~~ DK-8600, Silkeborg, Denmark*
[3] Vejlsøvej 25
[4]*Freshwater Biological Laboratory, University of Copenhagen, Helsingørgade 51, DK-3400 Hillerød, Denmark*
[5]*International Council for the Exploration of the Sea, Paleagade 2-4, DK-1261 Copenhagen K, Denmark*

Abstract

Landlocked Arctic char *(Salvelinus alpinus)* populations in Greenland lakes have been studied by the use of multiple mesh size survey gillnets. Lake size ranged from small shallow lakes (0.01 km^2 and maximum depth 3.3 m) to one big, deep lake (43 km^2 and maximum depth > 200 m). Three different forms of Arctic char were found: a dwarf littoral form, a pelagic zooplankton-eating form and a large-sized cannibalistic form. The dwarf form occured in all lakes with a maximum depth above approximately 3 m and was the only form found in small shallow lakes. In small (surface area below approximately 0.5 km^2) and relatively shallow lakes, abundance of large-sized chars was low. The length-frequency distribution of char populations was unimodal with a bias to the right. The maximum size of char seems to increase with increasing maximum depth. Also water transparency seems to influence the population structure. In large and deep lakes, the length-frequency

Avlösd

OBS	SOENR	YEAR	PTILM2
134	300	1989	3.14268
135	300	1990	2.30817
136	300	1991	2.25033
137	300	1992	1.64584
138	300	1993	1.19393
139	300	1994	1.03441
140	300	1995	0.90539
141	300	1996	0.63648
142	300	1997	0.48385

OBS	SOENR	YEAR	PTILM2	TW
134	300	1989	3.14268	4.8798
135	300	1990	2.30817	3.7780
136	300	1991	2.25033	2.4129
137	300	1992	1.64584	2.8849
138	300	1993	1.19393	3.5179
139	300	1994	1.03441	1.9004
140	300	1995	0.90539	2.1490
141	300	1996	0.63648	10.6495
142	300	1997	0.48385	7.2173

mg P m^{-2} d^{-1}

Arresø

OBS	SOENR	YEAR	PTILKONC
134	300	1989	0.62351
135	300	1990	0.39562
136	300	1991	0.32485
137	300	1992	0.25989
138	300	1993	0.19760
139	300	1994	0.12778
140	300	1995	0.13394
141	300	1996	0.18868
142	300	1997	0.12161

$\mu g\ P\ l^{-1}$

Mandag 8. juni 1998

Debat

Arresø og biomanipulation

Peter B. Jørgensen, biolog, Frederiksborg Amt

Frederiksborg Amtsavis bragte d. 26. maj et læserbrev fra Ivan Abramowitz, der på vegne af Arresøforeningen beskrev foreningens oplevelser ved en tur til Finjasøen ved Häsleholm i Skåne.

Af læserbrevet fremgår det, at biomanipulation i form af opfiskning af skidtfisk (skalle og brasen) suppleret med udsætning af rovfisk, der blev påbegyndt i 1992, i dag har medført, at Finjasøen nu er blevet renvandet og at sigtdybden er over 1 meter.

Desuden har det tidligere været forsøgt at fjerne bundsedimentet i søen, men dette blev opgivet, efter man havde brugt 40 mio. kr. på dette.

IA ønsker på baggrund af resultaterne af den udførte biomanipulation i Finjasøen, at Frederiksborg Amt beslutter at gennemføre biomanipulation, som en metode til at fremskynde udviklingen i Arresø.

Spørgsmålet er om et indgreb af samme slags i Arresø vil medføre samme forbedringer og i givet fald, hvilke omkostninger det vil have.

Erfaringer fra danske og udenlandske forsøg viser generelt, at søvandets koncentration af fosfor skal være bragt et godt stykke ned under 0,1 mg/l. før biomanipulationen kan forventes at ville have varig effekt. Ved højere koncentrationer vil biomanipulationen kun have effekt i få år, før skidtfiskepopulationen atter når op på samme størrelsesorden som før indgrebet.

I dag ligger fosforkoncentrationen i Arresø på godt 0,2 mg/l, og koncentrationen er nu i større grad end tidligere afhængig af søens egen interne belastning fra sedimentet end fra omgivelserne. Inden den interne pulje er omsat, og uden afrystning kan man ikke forvente, at koncentrationen når ned under 0,1 mg/l. Derfor vil det på nuværende tidspunkt ikke være muligt at opnå en varig positiv effekt ved biomanipulationen.

En anden vigtig forudsætning for at biomanipulationen vil have positiv effekt er, at en meget stor del af skidtfiskebiomassen (mindst 80%) fjernes inden for ganske få år (2-3 år). Lykkes dette ikke, vil der stadig være en stor reproduktion af skidtfisk, hvilket kan få en negativ indflydelse på søens økologi. Dette skyldes, at brasenyngel i større grad end de voksne fisk lever af dyreplanktonet, og det er jo netop dyreplanktonets overlevelse, som man ønsker at fremme ved biomanipulationen.

I Finjasøen har man, som det fremgår af artiklen, fjernet 80% af skidtfiskene, svarende til 430 ton. Ved den seneste fiskeundersøgelse i Arresø i 1996 blev skidtfiskebiomassen vurderet til at være 2.655 ton, hvilket betyder, at der skal fjernes ca. 2.100 ton for at opnå en reduktion på 80%.

Cowi Consult har for Frederiksborg og Københavns amter i forbindelse med igangværende undersøgelser af restaureringsmuligheder i Furesøen beregnet, at fjernelse af 165 ton skidtfisk over 2 år vil kræve en arbejdsstyrke på 8 mand og beløbe sig til 6,6 mio. kr. i alt. Anvendes disse beregningsgrundlag for Arresø, vil dette resultere i en arbejdsstyrke på omkring 100 mand, og omkostningerne vil være knap 80 mio. kr. Selvom man skal være forsigtig med at overføre beregninger fra en sø til en anden, siger dette dog noget om størrelsesforholdene, når talen er om biomanipulation i Arresø.

Ønsker man desuden at udsætte rovfisk, kan man ikke bruge gedder, som ellers normalt anvendes i denne sammenhæng. Dette skyldes, at gedderne kræver rimeligt klart vand for at kunne fange deres bytte, hvilket der endnu ikke er i Arresø. I stedet må man anvende sandart, som godt kan fange sit bytte i uklart vand. I dag er der allerede en stor bestand af sandart i Arresø på ca. 400 ton, og det vurderes ikke at en udsætning ville kunne forøge bestanden væsentligt i forhold til den naturlige reproduktion.

Blandt andet på baggrund af disse forhold finder Frederiksborg Amt, at det på nuværende tidspunkt ikke vil være hverken miljømæssigt eller økonomisk hensigtsmæssigt at igangsætte biomanipulation i Arresø. Hvorvidt det kan komme på tale i fremtiden må bero på en vurdering af effekten på dette tidspunkt.

Her til sidst kan jeg nævne, at skidtfiskebiomassen fra 1991 frem til 1996, af naturlige årsager allerede reduceret fra ca. 5.000 ton til 2.600 ton, og bestanden af sandart er øget fra 11 ton til 420 ton, så spørgsmålet er vel, om ikke naturen selv i øjeblikket ændrer fiskesammensætningen i større grad, end vi på noget tidspunkt ville kunne gøre det.

En ren Arresø på 6 år - med ny viden

Af Ivan Abramowitz,
Parcelvej 79, 2830 Virum

Finjasøen er en sø i Sverige, der har en størrelse på 11 km² og en gennemsnitsdybde på 2,7 m. Søen har modtaget op til 70 tons fosfor/år.

Ved en forbedret rensning på renseanlæggene (for at stoppe udledningen fra byerne) og ved oprettelse af dyrkningsfrie bræmmer langs åerne (for at stoppe udledningen fra jorderne) samt oprettelsen af et vådområde mellem renseanlægget og Finjasøen er det lykkedes at nedsætte fosfortilførslen til ca. 5 tons/år.

Efter at have brugt 40 mio. kr. på opgravning af søsedimentet, opgav man dette, da det gav en for lille nedsættelse af fosforkoncentrationen i søvandet til at stoppe algevæksten. Eksperter fra Sverige, Tyskland og Danmark rådede i stedet til at gå i gang med ovennævnte tiltag, samt at foretage en opfiskning af fredfiskene brasen og skaller.

På 1½ år, ved effektiv trawlfiskning, lykkedes det at opfiske 430 tons fredfisk. Rovfiskene satte man ud igen og flere rovfisk blev udsat.

Allerede det første år faldt fosforkoncentrationen i søen fra 0,3 mg fosfor/ltr. til under 0,2. Næste år var fosfor koncentrationen under 0, 1 mg fosfor/ltr. søvand. I Arresø har vi de sidste 2 år haft en fosforkoncentration på 0,2 mg.

Klare kendsgerninger er, at opfiskningen startede i efteråret 1992, og i 1995 badede man i en klarvandet sø med en sigtdybde på over 1 m. Arresøforeningen besøgte Finjasøen i 1988, og da var søvandet lige så grønt som i Arresø. Den 15.05.1998 så vi en Finjasø uden grøn/blågrønalger. Sigtdybden målte vi til 1,5 m. Kiselalgerne gav søen en brunlig farve. Procesingeniør Per-Åke Nilsson fra Häsleholm kommune berettede om en iherdig indsats og et særdeles godt resultat. I dag er Finjasøen en af Häsleholms kommunes fineste badesøer.

Den nyeste erfaring - fortalte han - var, at målinger har konstateret, at fosforudslippet fra bunden er ophørt. Det fortæller noget om, at når først biologien i søen er i orden, så stopper udslippet af fosfor fra søbunden.

Det glædelige budskab for Arresø er derfor, at vi ikke behøver at vente 25 til 30 år, før vi får en ren Arresø. En politisk beslutning om at iværksætte en effektiv opfiskning af 80% af fiskebestanden i Arresø er det, vi nu mangler for at få en ren Arresø på 6 år.

Kommunerne har i mange år afsat penge til at forbedre renseanlæggene, og i øjeblikket vurderer man, hvor der skal gøres en ekstra indsats i det åbne land for at stoppe udsivningen af fosfor til Arresø fra sommerhusområder og den enkelte bebyggelse.

Vi er så langt nede i fosfortilførslen (ca. 5 til 8 tons/år, afhængig af nedbøren) til Arresø, at man parallelt med de sidste tiltag kan starte opfiskningen af fredfisken - det viser tallene fra Finjasøen med al tydelighed.

Arresøforeningen må appellere til Skov- og Naturstyrelsen, der ejer Arresø, om at udnytte erfaringerne fra Finjasøen til at skaffe pengene til fiskeprojektet. Danmarks største og mest forurenede sø vil da om få år være af med grønalgerne, og Arresø vil igen indgå i nordsjællændernes fritidsliv. Fuglebeskyttelsesområdet vil med al tydelighed kunne ses af enhver. Antallet af fuglearter vil mangedobles. □

Arresøs fremtid.....

Af Lars Kamp Nielsen,
Miljøfagligt Udvalg

Ivan Abramowitz fra Arresøforeningen opfordrer Skov- og Naturstyrelsen til, at de gode erfaringerne fra restaureringen af Finjasjön i Skåne udnyttes, og at man går i gang med at opfiske skidtfiskene i Arresø. Jeg havde selv fornøjelsen af at besøge Finjasjön dagen efter, at Ivan Abramowitz havde været der med Arresøforeningen, og fik også et begejstret foredrag af Per-Åke Nilsson.

Men helt så entydig sammenhæng mellem befiskningen og den forbedrede sigtdybde fik jeg og mine biologkolleger nu ikke indtryk af.

Som det bliver beskrevet, er der de sidste 20 år gennemført en række indgreb i og omkring søen - først en udbygning af spildevandsrensningen, dernæst en fjernelse af ca. 20% af overfladesedimentet og derefter en opfiskning af 80% af skalle- og brasenbestanden samtidigt med, at den eksterne fosforbelastning yderligere reduceredes ved efterpolering i damme, anlagt ved tilløbene. Der er således gennemført en række tiltag samtidigt, hvilket gør det svært at vurdere resultatet alene af befiskningen. Faktisk viste tidsforløbet for søens fosforkoncentration, at den var godt på vej nedad før befiskningen, i overensstemmelse med det en simpel modelberegning ville vise.

En artikel i den svenske miljøstyrelses "Miljöaktuellt" nr. 5 fra juni omtaler også Finjasjöns udvikling, men slutter med, at efter 3 års god udvikling i sigtdybde er den nu gal igen, og blågrønalgerne er vendt tilbage. Den tekniske chef i Hässleholm, Bejron Lundstedt, vil derfor gå i gang med yderligere opfiskning af et par hundrede tons skidtfisk, og man overvejer udsætning af rovfisk. Dette tyder på, at man som så mange andre steder er gået i gang med opfiskning af skidtfisk på et for højt grundlag af fosfor, og dermed ikke har kunnet opnå en stabil biologisk tilstand. Erfaringerne fra mange fiskemanipuleringsforsøg viser, at man skal ned på årsmiddelkoncentrationer af fosfor på ca. 0,1 mg/l, før stabile resultater kan forventes, og det er da også det, der satses på med alle de tiltag, der er i gang omkring Arresø.

Den seneste rapport fra Frederiksborg Amt: "Arresø - tilstand og udvikling 1997" viser, at både belastningen og søens koncentrationer af fosfor er faldende helt i overensstemmelse med de modelberegninger, der er grundlag for tiltagene. Men Arresø er stadig uklar med store koncentrationer af planktonalger, og i 1997 blev en begyndende positiv tendens brudt formentlig på grund af den meget varme sensommer.

Vi kan imidlertid forvente, at søens tilstand vil forbedres i løbet af få år, da vi nu er nået derned i fosforkoncentration, hvor den i stigende grad er begrænsende for planktonmængden, samtidigt med at massebalancerne for de seneste år viser, at sedimentet er under udtømning. Ledsages denne udvikling yderligere af ekstra tiltag overfor den diffuse tilførsel fra landbrugsarealer, behøver vi ikke at vente de 25-30 år, som Ivan Abramowitz antyder.

Men helt klar bliver Arresø næppe - med eller uden opfiskning af skidtfisk. Hertil kræves en reetablering af bundvegetationen, og med den kraftige ophvirvlning af sediment vil lysforholdene, på trods af reduceret planktonmængde, være så ringe, at undervandsvegetation kun vil kunne etableres på dybder under ca. 1,5 m.

I betragtning af de meget store usikkerheder og omkostninger, der vil være forbundet med en befiskning på nuværende fosforniveau, og hvor belastningsreduktionerne faktisk går bedre end forventet, og med tegn på, at forbedringer er lige om hjørnet, bør vi give Arresø endnu nogle år, før vi starter manipulationer. Og handler det om stabilisering af sedimentet gennem reetablering af undervandsvegetation, vil det måske være en bedre ide med en regulering af vandstanden. □

En
i H

Af Carsten
næstforman

Arresø
tilstand og udvikling
1997

Frederiksborg Amt Kongens Vænge 2 3400 Hillerød

Indholdsfortegnelse

Side

Forord

Med vedtagelsen af Vandmiljøplanen i Folketinget 1987 blev det besluttet, at næringsstofbelastningen af det danske vandmiljø skulle reduceres.

Et landsdækkende overvågningsprogram følger virkningerne af Vandmiljøplanen. Der er udpeget 37 nationale overvågningssøer, her i blandt er Arresø, Bastrup Sø og Fuglesø, som ligger i Frederiksborg Amt.

Denne rapport beskriver de undersøgelser, som Frederiksborg Amt har foretaget i Arresø i 1997, samt udviklingen i perioden 1985-1997.

1 Sammenfatning

Arresø er Danmarks største sø (39,87 km²), men er samtidig ret lavvandet (middeldybde 3,1 m). Arresø ligger i den nordvestlige del af Frederiksborg Amt øst for Frederiksværk.

Figur 1.1: Placering af søstationer i Arresø.

1 SAMMENFATNING

Vand- og stofbalance for Arresø er beregnet på baggrund af målinger i til- og afløb, bilag 2.2. Fysiske-, kemiske og biologiske forhold i Arresø er målt i søens frie vandmasser og i sedimentet, figur 1.1.

I dette kapitel gives et kort resume af de målte og beregnede forhold.

Vandbalance

Baseret på målinger af de fraførte vandmængder inklusive fordampning var opholdstiden 7,1 år i 1997. I sommerhalvåret (1. maj - 30. sep.) var opholdstiden en smule længere - 7,3 år.

Fosforbalance

Tilført fosfor	5,1 tons
Fraført fosfor	4,0 tons
Nettotilbageholdelse	1,1 tons

Mønstret, hvor Arresø siden 1991 har aflastet sin interne fosforpulje, blev brudt i 1996 og 1997.

Kvælstofbalance

Tilført kvælstof	176,0 tons
Fraført kvælstof	44,9 tons
Nettotilbageholdelse	131,1 tons

Kvælstoftilbageholdelsen var i 1997 ca. 88 % af den tilførte mængde.

Ilt

Iltforholdene i Arresø var gode i 1997. Kun i august måned var der tendens til iltsvind ved bunden. Det er usædvanligt, at der observeres iltsvind i de bundnære vandmasser i Arresø.

Fosforkoncentration

Tidsvægtet årsgennemsnit	0,23 mg tot-P/l
Sommer-gennemsnit	0,18 mg tot-P/l

Koncentrationen af total fosfor fortsatte sit signifikante fald om end ændringen i forhold til 1996 ikke er bemærkelsesværdig, bilag 8.1 og 8.2.

Koncentrationen af uorganisk opløst fosfor lå ligesom i de foregående år på et meget lavt niveau i hele 1997, på eller under laboratoriets detektionsgrænse, bilag 5.2.

Kvælstofkoncentration

Tidsvægtet årsgennemsnit	2,66 mg tot-N/l
Sommer-gennemsnit	2,24 mg tot-N/l

Koncentrationen af total kvælstof var i 1997 steget set i forhold til 1996, bilag 8.1. Der er dog ingen signifikant ændring i kvælstofkoncentrationen for perioden 1985-1997.

Koncentrationen af opløst, uorganisk kvælstof var, ligesom for opløst uorganisk fosfor, meget lav i hele 1997 på nær i årets vintermåneder, (januar-marts og november-december), hvor der sker en årstidsbetinget stigning i koncentrationen af uorganisk kvælstof i vandet, bilag 5.2.

Silikat

Udviklingen i Arresøs silikatkoncentration er bemærkelsesværdig. Koncentrationen faldt i slutningen af oktober 1996 til et meget lavt niveau (<0,05 mg/l). Efter en mindre stigning i koncentrationen målt i februar 1997, faldt koncentrationen igen og forblev lav (<0,05 mg/l) resten af året.

Sigtdybde

Se skema.

Årsmiddel sigtdybde	0,38 m
Sommermiddel sigtdybde	0,40 m

Klorofyl

Se skema.

Tidsvægtet årsgennemsnit	245 µg/l
Sommer-gennemsnit	180 µg/l

Planteplankton

Planteplanktonet i Arresø er artsfattigt og domineret af arter, der er karakteristiske for meget næringsrige søer. Den tidsvægtede gennemsnitsbiomasse for perioden marts-oktober var 20 mm^3/l og for sommerperioden (maj-september) 19 mm^3/l. Der er imidlertid sket en ændring i planteplanktonsammensætningen. Der er kommet færre grønalger, men flere blågrønalger og kiselalger.

Dyreplankton

Den gennemsnitlige tidsvægtede biomasse af dyreplankton for perioden marts-oktober var 3,6 mg våd vægt/l. I sommerperioden (maj-september) var gennemsnittet 4,3 mg våd vægt/l. Hvor det tidligere har været daphnier, der dominere-

de dyreplanktonet, er det i 1997 vandlopperne, der dominerer den totale biomasse/11/.

Udvikling 1985-97

Beregninger ved hjælp af regressionsstatistik viser et signifikant fald i perioden 1985-97 i koncentration af total fosfor og uorganisk orthofosfat. Også pH falder signifikant, kap.8, bilag 8.2 og 8.3.

På trods af det signifikante fald i fosforkoncentrationen, er søkoncentrationen stadig høj og medvirker til en kraftig algeudvikling i søen. Som følge af den betydelige resuspension i Arresø har faldet i fosforkoncentrationen endnu ikke resulteret i et tilsvarende fald i koncentrationen af klorofyl a og en deraf følgende øget sigtdybde.

I 1997 var der masseopblomstring af blågrønalger sensommer og efterår. Det fald i algebiomasse, som ses i perioden 1993-1996, fortsætter altså ikke. Ser man derimod på den gennemsnitlige grønalgebiomasse, er der sket et fald de sidste 5 år til det hidtil laveste niveau, der blev målt i 1985 (6,9 mm^3/l mod 8,5-19 mm^3/l i 1986-1996).

Kiselalger har normalt kun haft ringe kvantitativ betydning i sommerperioden, men i 1997 udgjorde de 8-9% af den gennemsnitlige biomasse, (normalt 0-3%). Der ses her en sammenhæng med det dramatiske fald i silikatkoncentration, der har fundet sted i perioden 1996-1997.

Fremtidig udvikling

Simple modelberegninger viser, at Arresø med en reduceret fosforbelastning vil kunne øge sin sigtdybde/7/. Modelberegningerne tager imidlertid ikke hensyn til, at den store og lavvandede Arresø i betydelig grad er præget af resuspension. Dette betyder, at koncentrationen af næringssalte og klorofyl a samt sigtdybde i høj grad er afhængige af vindforholdene.

Ud over en række indgreb overfor punktkilderne til fosforbelastning af Arresø, etableres der 7 søer i oplandet til Arresø. Disse søer skal tilbageholde fosfor i oplandet til Arresø og dermed være medvirkende til at fosforkoncentrationen i Arresø reduceres.

2 Beskrivelse af Arresø og det topografiske opland

2.1 Beliggenhed og morfometri

Areal	39,87 km²
Gennemsnitsdybde	3,1 m
Maksimaldybde	5,9 m
Vandvolumen	122,75 mio. m³
Vandspejlskote	3,97 m o. DDN
Topografisk opland	216 km²
Opholdstid (1997)	7,10 år (år) 7,30 år (sommer)

Det topografiske opland til Arresø består hovedsagelig af landbrugsområder. De største byer i oplandet er Hillerød og Helsinge, bilag 2.1.

Tilløb

131 km² af de i alt 216 km² opland afvandes til søen via de 4 største vandløb:

Vandløb	Oplands-areal	Oplandstype
Pøle Å	79 km²	1) Store landbrugs- og skovområder 2) En række bysamfund, hvoriblandt særligt Hillerød og Helsinge har betydning.
Æbelholt Å	12 km²	1) Landbrugsarealer 2) Enkelte småbebyggelser
Lyngby Å	19 km²	1) Landbrugsarealer med enkelte mindre bysamfund Vandet fra åen pumpes op i Arresø
Ramløse Å	20 km²	1) Landbrugs-, skov- og moseområder Afstrømningen herfra tilledes diffust eller via mindre vandløb/grøfter.

I de 4 store tilløb foretages der løbende målinger af vandføring og stoftransport.
De resterende 85 km² af oplandet afvandes til søen via en række mindre vandløb og grøfter, hvori der ikke måles vandføring og stoftransport.

Afløb

Arresø har afløb til Roskilde Fjord gennem Arresø Kanal i Frederiksværk, hvori der løbende måles vandføring og stoftransport. Afløbet har i de sidste ca. 240 år været reguleret med henblik på at styre vandstanden i søen. I dag er afløbskoten for vandspejlet i søen fastsat til 3,97 m o. DNN. I tørre, nedbørsfattige somre kan vandspejlskoten dog komme langt under den fastsatte afløbskote.

2.2 Målsætning

Målsætning:	Generel B
Kvalitetskrav:	
Total fosfor (årsgennemsnit)	≤ 0,6-0,7 mg/l
Sigtdybde (sommergennemsnit (maj-oktober))	≥ 0,8 m

Tabel 2.1: Målsætning og kvalitetskrav for Arresø.

Arresø er i "Vandområdeplan for Arresø og opland"/8/ målsat med generel målsætning, se tabel 2.1.

Indsats: spildevand

Der sker en begrænsning i udledningen af fosfor, ved at stille krav til bl.a. renseanlæg. På de 6 største anlæg opnås den bedste rensning for fosfor med kemisk fældning efterfulgt af filtrering. Dette vedrører anlæggene i Helsinge, Tisvilde, Vejby, Kagerup, Hillerød og Gadevang. Ved de mindre anlæg etableres nye mekaniske anlæg med fosforfældning. For to anlægs vedkommende er der tale om udbygning med biologisk rensning og etablering af biologiske sandfiltre eller andre foranstaltninger for at opnå større fosforfjernelse. Totalt set skal spildevandsbelastningen af Arresø nedbringes til ca. 6 tons fosfor pr. år, som er forudsætningen for at kunne opfylde den generelle målsætning.

SFL-områder

Frederiksborg Amt har udpeget en række Særligt Følsomme Landbrugsområder, SFL-områder/9; 10/.

Næringsstofbelastningen fra landbruget er især forsøgt nedbragt ved jordbrugsforanstaltninger. I oplandet til Arresø har amtet udpeget et 150 meter bredt SFL-område omkring søen samt på skrånende arealer ned til de vandløb, der løber

til søen. Fra disse arealer er det vigtigt at mindske overfladeafstrømningen af fosfor, og det sker meget effektivt ved etablering af vedvarende græs. Landbrugets belastning til Arresø forventes på denne måde nedbragt fra 4,9 tons fosfor pr. ha pr. år i 1991 til 2 tons fosfor pr. ha pr. år i 2000. Amtet informerer landmændene om støttemuligheder til vedvarende græsningsarealer, nedsat kvælstofforbrug, sprøjtefri dyrkning, etablering af våde enge m.m. Ordningerne administreres af amtet og medfinansieres af EU. Der ud over kan der opnås støtte til økologisk jordbrug. Støtten til denne driftsform administreres af staten.

2.3 Beskrivelse af Arresøs miljøtilstand

Arresø opfylder ikke sin målsætning. Årsagen er, at søen gennem tiderne bl.a. er tilført store mængder fosfor, dels fra renseanlæg, dels via spildevand fra spredt bebyggelse og dels via afstrømning fra dyrkede marker. Som følge af de store mængder fosfor, der gennem mange år er ophobet i søbunden, er der en meget stor såkaldt intern belastning, hvor fosfor bliver frigivet fra søbunden i sommerperioden.

Arresø er som følge at den store næringssaltkoncentration i søvandet karakteriseret ved en stor planteplanktonbiomasse og en heraf følgende ringe sigtdybde. Det uklare vand bevirker, at Arresø er uden væsentlig undervandsvegetation.

Ud over en række indgreb overfor kilderne til fosforbelastning af Arresø, etableres der 7 søer i oplandet til Arresø. Disse søer skal tilbageholde fosfor i oplandet til Arresø og dermed være medvirkende til at fosforkoncentrationen i Arresø reduceres. De første 2 søer er etablerede i henholdsvis 1993 (Solbjerg Engsø) og 1996 (Strødam Engsø)

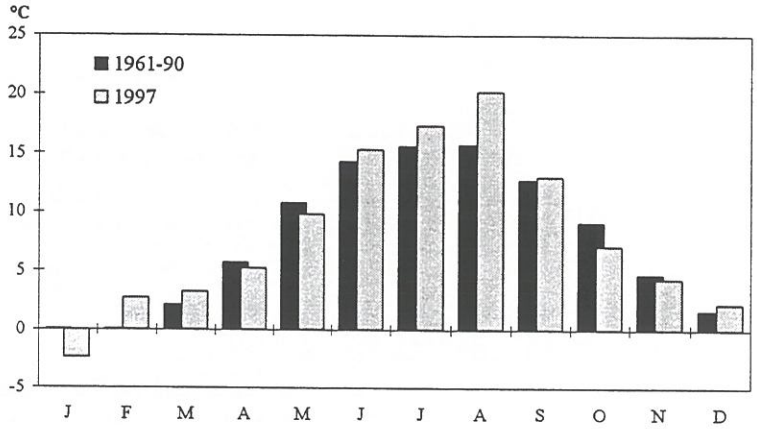
3 Meteorologiske og hydrologiske forhold

De klimatiske forhold har stor betydning for en søs miljøtilstand, idet de bl.a. er bestemmende for søens omrøringsforhold og vandtemperatur samt for ferskvandsafstrømningen og stoftilførslen til søen.

I det følgende gives en kort præsentation af temperatur- og nedbørsforhold i Frederiksborg Amt i 1997 sammenlignet med normalen for perioden 1961-90 samt af afstrømningsforholdene i et udvalgt vandløbssystem.

3.1 Lufttemperatur

Månedsmiddeltemperaturen målt ved Flyvestation Værløse er afbildet i figur 3.1 sammen med de tilsvarende værdier for perioden 1961-90.



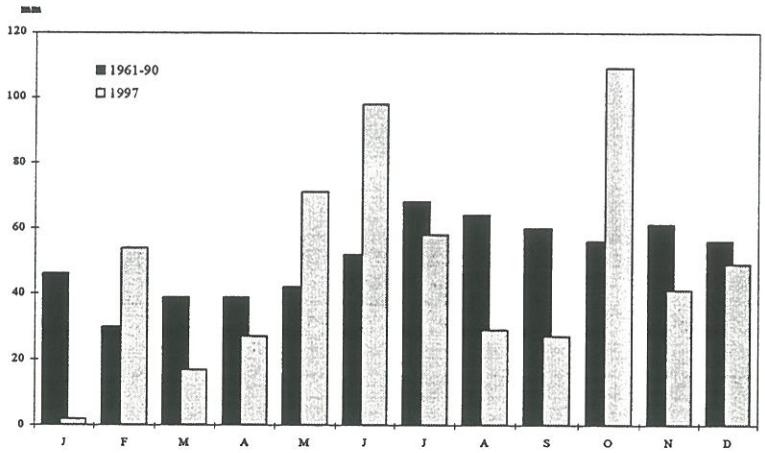
Figur 3.1 *Månedsmiddeltemperatur for 1997 og 1961-90 målt ved Flyvestation Værløse.*

Temperaturgennemsnittet for 1997 (8,2°C) var ½ grad højere end middeltemperaturen for normalperioden (7,7°C).

Januar måned var ret kold med en middeltemperatur på -2,4°C, hvor middeltemperaturen for måneden i perioden 1961-90 er 0,05°C. August måned var derimod usædvanlig varm, med en middeltemperatur på 20,2°C, hvor middeltemperaturen for måneden i perioden 1961-90 var 4,5 grader lavere.

3.2 Nedbør

Månedsmidler for nedbøren i 1997 samt for perioden 1961-90 er afbildet i figur 3.2.



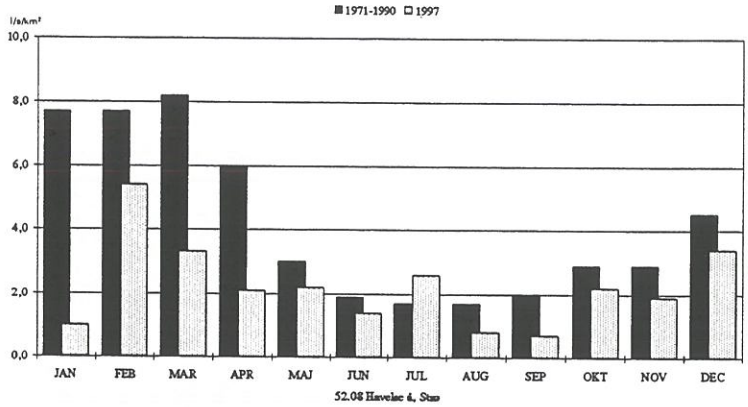
Figur 3.2 *Nedbør i Frederiksborg Amt. Månedsværdier for 1997 samt normalværdier for perioden 1961-90 (Danmarks Meteorologiske Institut).*

Årsnedbøren i 1997 var 582 mm, hvilket kun er 5% lavere end årsgennemsnittet for perioden 1961-90 (613 mm). Januar måned var ekstremt nedbørsfattig, der faldt 2 mm mod normalt 46. I månederne februar, maj, juni og oktober faldt der godt 40 % nedbør mere end normalt, mens der i månederne marts, august og september faldt godt 50 % mindre end normalt.

3.3 Ferskvandsafstrømning

Til beskrivelse af afstrømningen til Arresø i 1997 er anvendt afstrømningsdata fra station 52.08, Havelse Å, Strø. Månedsmiddelafstrømningen i Havelse Å i 1997 er afbildet i figur 3.3 sammen med den gennemsnitlige afstrømning for perioden 1961-90.

Årsmiddelafstrømningen ved Havelse Å var i 1997 2,2 l/s/km^2, mod en normal på 4,6 l/s/km^2 for perioden 1961-1990. Trods en nedbørsmængde tæt på normalen var afstrømningen alligevel, igen i 1997, under 50% af den normale årsafstrømning ved Havelse Å, Strø.



Figur 3.3 *Månedsmiddelafstrømning i Havelse Å, 1997, samt normalværdier for perioden 1971-90.*

3.4 Konklusion

De klimatiske forhold var i 1997 kendetegnet ved forholdsvis høj gennemsnitstemperatur på 8,2°C hvilket er 0,5°C over normalen, mens nedbørsmængden var 95% af normalen. Januar var en rekordtør, solrig og kold måned mens august var en rekordvarm, solrig og tør måned.

På trods af at 1997 var et år med meget forskellig månedsnedbør, ses dette ikke at have stor indflydelse på afstrømningen ved Havelse Å, Strø. Selv om der var flere måneder med en nedbørsmængde over normalen, var det kun månedsmiddelafstrømningen i juli, der nåede over en normal månedsmiddel (>150%).

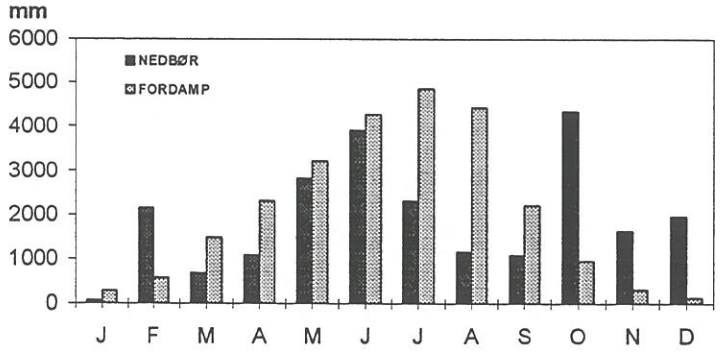
4. Vand- og stofbalance

Der er opstillet vand- og stofbalancer for årene (1985-) 1989-1997 baseret på kontinuerlige registreringer af vandføringerne i Æbelholt Å, Lyngby Å, Ramløse Å og Pøle Å, der tilsammen udgør ca. 60 % af det samlede opland til Arresø, bilag 4.1-4.6. Stofbidraget til søen fra arealer nedstrøms målestationerne samt arealerne udenfor de større tilløb er opgjort ved at benytte vandføringsvægtede årsmiddelkoncentrationer fra målte oplande, som er sammenlignelige med hensyn til arealanvendelse med mere, multipliceret med middelafstrømningen. Hertil lægges bidrag fra punktkilder i det umålte opland/14/

Der er for 1997 benyttet vandføringsvægtede koncentrationer på 5,10 mg N/l, 0,094 mg P/l baseret på 1997 målinger i oplandene til Æbelholt Å. Den anvendte afstrømning er sat til 2,92 l/s/km² eller 92 mm. Det umålte oplandsareal er på 85,08 km².

4.1 Vandbalance

Nedbør og fordampning



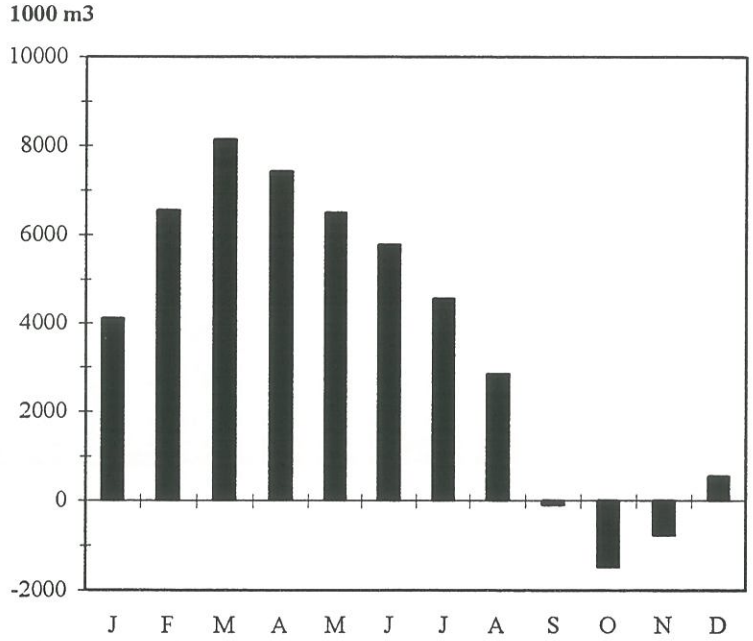
Figur 4.1: Oversigt over variationen af den månedlige nedbør og fordampning på Arresø i 1997.

Nedbøren på Arresø er beregnet til 23.204 mm Fordampningen fra Arresø blev beregnet til 25.030 mm svarende til at der på årsbasis har været et nedbørsunderskud på 1.826 mm, figur 4.1. Differencen er et udslag af, at nedbørsmængden kun i månederne februar, maj, juni og oktober var over middel, figur 3.2.

Vandstand og volumenændringer

Vandspejlskoten i Arresø har varieret betydeligt i 1997. Den månedlige middelvandspejlskote har varieret fra maksimum 4,02 m o. DNN i marts til minimum 3,77 m o. DNN i september. Vandspejlskoten er til en vis grad bestemt af vandindtaget på Stålvalseværket i Frederiksværk. Middelvandspejlskoten i 1997 er beregnet til 3,90 m o. DNN, hvilket er hele 7 cm lavere end det fastsatte flodemål på 3,97 m o. DNN.

Vandspejlsvariationerne er årsag til store variationer i søens volumen, figur 4.2. Det bemærkes i den forbindelse, at en vandspejlsændring på 1 cm svarer til en volumenændring på ca. 400.000 m³. Det betyder, at der i en sø som Arresø, hvor vandspejlskoten kan variere meget fra sted til sted som følge af vinden, er betydelig usikkerhed på bestemmelsen af middelvandspejlskoten og dermed på søens volumen.



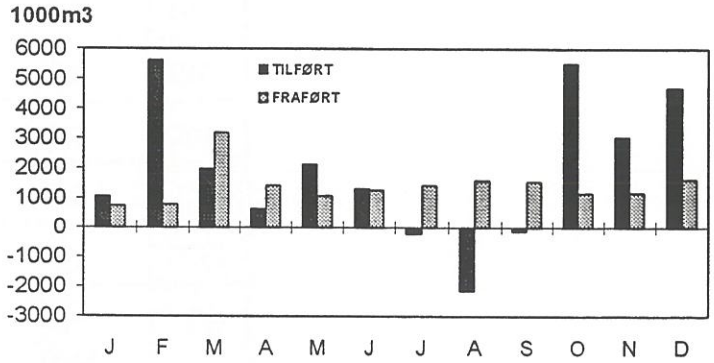
Figur 4.2: Oversigt over variation i månedlig volumenændring i Arresø 1997.

Fraløb

Arresø har afløb til Arresø Kanal, der udmunder i den nordlige del af Roskilde Fjord. Afløbet har i de sidste ca. 240 år været reguleret, og afkøbskoten er i dag fastsat til 3,97 m o. DNN. Fraførslen af vand fra Arresø blev i 1997 målt til 16.974.000 m³.

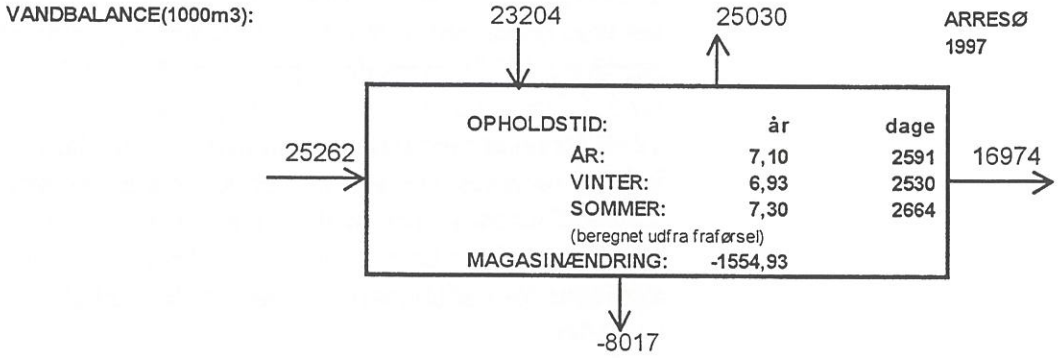
Vandbalance

Ud fra løbende målinger i tilløbene og afløbet samt løbende målinger af vandstand, nedbør og fordampning er der opstillet en detaljeret vandbalance for Arresø 1997, bilag 4.1, 4.2 og 4.4.



Figur 4.3: Variation i den månedlige nettotransport af vand til og fra Arresø, 1997.

Figur 4.3 præsenterer variationen i de samlede tilførte vandmængder inklusive nedbør samt i de vandmængder, der forlader søen via afløbet og som fordampning på månedsbasis. Figur 4.4 viser en oversigt over vandbalance og opholdstider for Arresø 1997.



Figur 4.4: Vandbalance og opholdstider for Arresø, 1997. Tallene ved pilene angiver 1000 m³ vand.

I /12/ blev det vurderet, at udveksling af vand mellem Arresø og grundvandet ikke havde nogen stor betydning. De 8 millioner m³, der i følge beregningerne skulle sive ind fra grundvandet i 1997 tilskrives til dels usikkerhed på bestemmelsen af de øvrige til- og fraførte vandmængder.

Opholdstid

År	Års-gennemsnit	Sommer-gennemsnit	Max.	Min.
1989	4,9	6,1	7,2 (jul)	2,6 (jan)
1990	3,8	4,7	5,3 (sep)	1,7 (feb)
1991	2,4	2,4	4,5 (sep)	1,4 (jan)
1992	2,9	5,2	7,9 (okt)	1,2 (feb)
1993	3,5	8,4	9,8 (maj)	1,5 (jan)
1994	1,9	5,4	7,6 (aug)	0,8 (mar)
1995	2,2	4,8	9,6 (sep)	0,7 (feb)
1996	10,25 (3,4)	10,56 (2,2)	13,44 (dec) (11,8 (dec))	7,10 (jan) (1,9 (aug))
1997	7,10	7,30	7,36 (mar)	6,80 (okt)

Tabel 4.1: Oversigt over variationen af vandets teoretiske års- og sommermiddelopholdstid (år) i Arresø 1989-1997, beregnet på grundlag af vandtransporten ud af søen, tallene i parentes for 1996 angiver opholdstiden beregnet på grundlag af fraført vand inklusive fordampning, hvilket videreføres i 1997..

Den teoretiske opholdstid har for hele 1997 været 7,10 år, mens opholdstiden i sommerperioden (maj-september) er beregnet til 7,30 år. Tabel 4.1 indeholder en oversigt over variationen af års- og sommermiddelopholdstiden i perioden 1989-1997. Bemærk at opholdstiden i 1996 også er beregnet med fraført vand inklusive fordampning, (hvilket er videreført i 1997), mens den i perioden 1989-1995 er beregnet med fraført vand eksklusiv fordampning. Opholdstiden i 1996 beregnet med fraført vand inklusive fordampning er indsat i parentes. Det ses, at beregningsresultaterne på grund af Arresøs store fordampningsareal er vidt forskellige. Desuden skal det bemærkes, at opholdstiden er meget følsom over for variationen i nedbør og dermed afstrømning fra oplandet.

4.3 Næringsstofbalancer

Oplandet

For perioden (1985-)1989-1997 er der opstillet massebalancer for kvælstof og fosfor baseret på daglige registreringer af vandføringen i tilløbene og afløbet samt 26 årlige målinger af stofkoncentrationerne, bilag 4.1. Beregningerne er udført efter C-interpolationsmetoden. Bidraget fra arealer nedstrøms målestationerne samt arealer udenfor de større tilløb er opgjort ved at benytte arealkoefficienter fra målte oplande, der er sammenlignelige med hensyn til arealanvendelse.

Atmosfærisk bidrag

Det atmosfæriske bidrag på søoverfladen er anslået til 15 kg N/ha og 0,10 kg P/ha/15/.

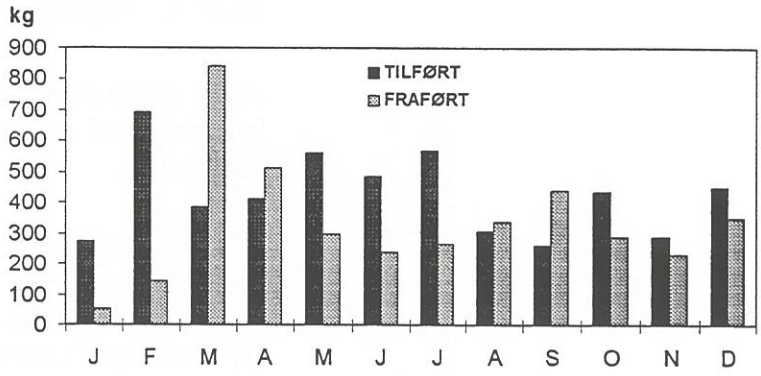
Fosfor

Der blev i 1997 tilført i alt 5,1 tons fosfor til Arresø, tabel 4.2, bilag 4.1 og 4.5.

Måned	Tilført (kg)	Fraført (kg)	Difference (kg)
Januar	275	52	223
Februar	697	141	556
Marts	388	841	-453
April	415	513	-98
Maj	562	298	264
Juni	486	240	246
Juli	572	268	304
August	308	340	-32
September	262	441	-179
Oktober	435	288	147
November	289	230	59
December	449	354	95
Ialt	**5138**	**4006**	**1132**

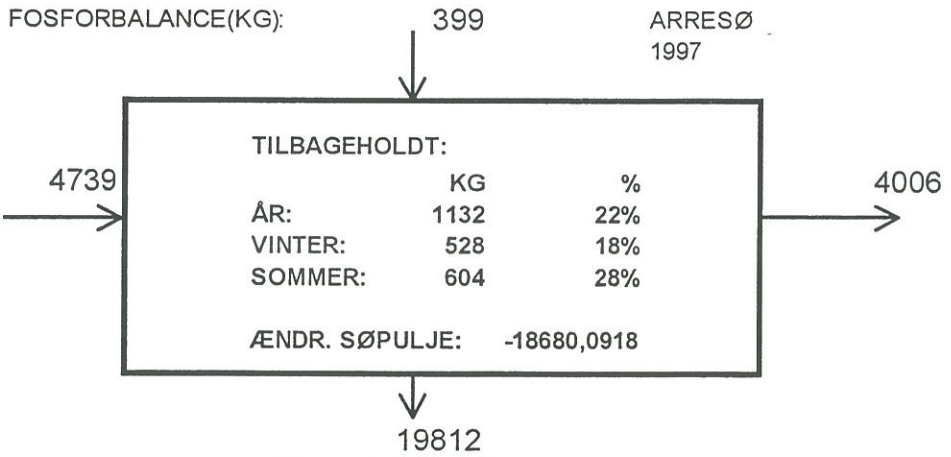
Tabel 4.2: Månedlige til- og fraførsler af fosfor i 1997, incl. atmosfærisk deposition.

Den fosforaflastning der har fundet sted siden 1991, er i 1996 og 1997 afløst af en tilbageholdelse på henholdsvis 3,5 og 1,1 tons.



Figur 4.5: Til- og fraført fosformængde, Arresø 1997.

Årsagen hertil er formodentlig, at aflastningen finder sted i vinter- og forårsmånederne, hvor der i 1996-97 har været is på Arresø fra omkring november til slutningen af februar.



Figur 4.6: Fosforbalance for Arresø 1997.

En oversigt over Arresøs fosforbalance i 1997 er givet i figur 4.6. I bilag 4.1 og 4.5 findes detaljerede balancer på månedsbasis.

Kildeopsplitning

Kildeopsplitning	Fosfor, kg
Renseanlæg	2770 (54%)
Regnvandsbetingede udledninger	2690 (52%)
Spredt bebyggelse	230 (5%)
Atmosfærisk deposition	400 (8%)
Diffust bidrag	-940(-18%)
Total	**5150**

Tabel 4.3: Fosforbidraget til Arresø 1997 opdelt på belastningskilder

Langt størstedelen af den fosfor der tilledes Arresø stammer fra spildevand og regnvandsbetingede udløb, tabel 4.3 og bilag 4.3.

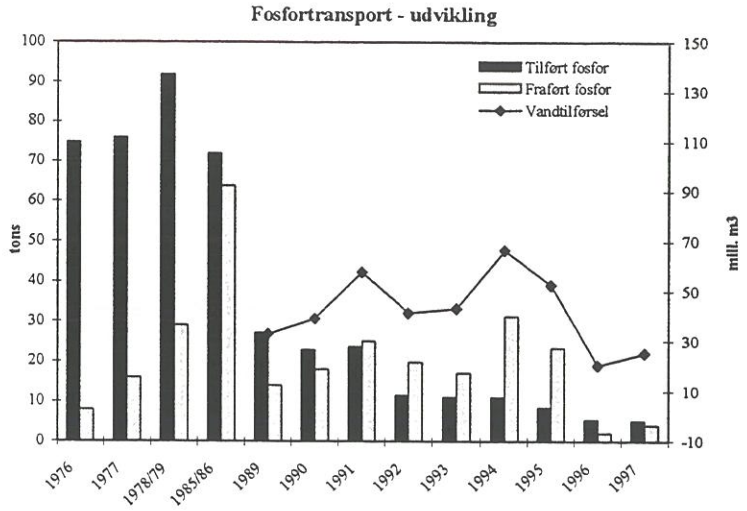
En stor del af det udledte fosfor blev tilbageholdt i oplandet, i vandløbene og i de to engsøer, inden det ledtes ud i Arresø. Det medførte, at den diffuse belastning fra landbrugsarealer, der er beregnet som forskellen mellem den totale tilførsel og de øvrige bidrag, blev negativ.

Udviklingen 1976-1997

Figur 4.7 viser variationen af den årlige transport af fosfor til og fra Arresø i perioden 1976-1997.

Der er ofret store midler på at rense spildevandet for fosfor. Den mængde fosfor, der kommer til søen fra spildevand er reduceret med knap 23 tons siden 1989. Dette har resulteret

i, at Arresø har aflastet fosfor i perioden 1991-1995.



Figur 4.7: *Udvikling i til- og fraførsel af fosfor samt vandtilførslentil Arresø 1976-1997.*

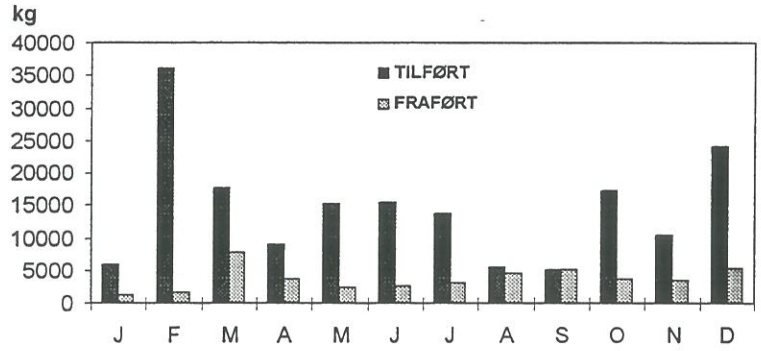
At der ikke sker fosforaflastning i 1997 kan tildels skyldes, at man har ophobet vand i Arresø i 1997, idet vandspejlskoten i løbet af 1995-96 er kommet under det fastsatte flademål på 3,97 m o. DNN. Desuden har isdækning, som tidligere nævnt, i januar og februar bevirket en ringe vandfraførsel.

Kvælstof

Måned	Tilført (kg)	Fraført (kg)	Differenc (kg)
Januar	6062	1313	4749
Februar	36082	1752	34330
Marts	17833	7735	10098
April	9036	3763	5273
Maj	15229	2382	12847
Juni	15438	2579	12859
Juli	13731	3166	10565
August	5491	4537	954
September	5092	5078	14
Oktober	17363	3775	13588
November	10527	3509	7018
December	24131	5349	18782
I alt	**176015**	**44939**	**131076**

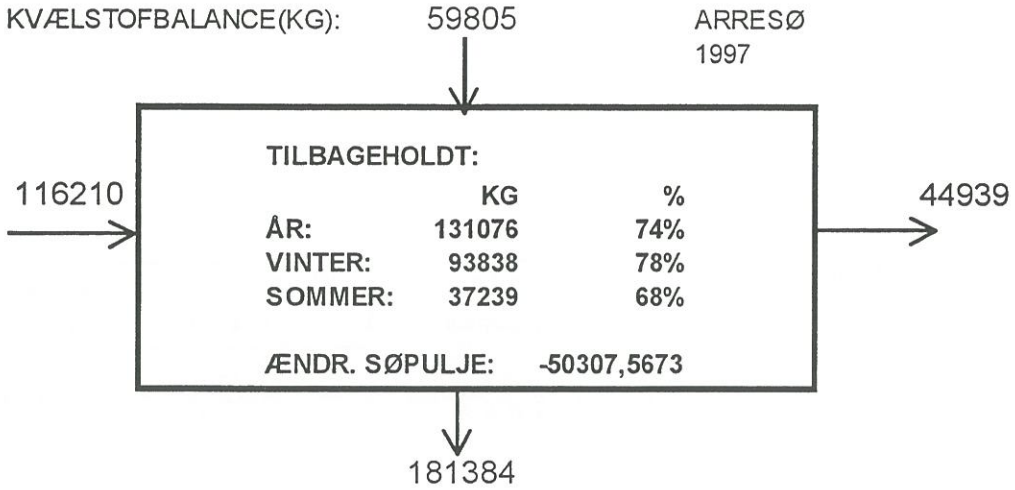
Tabel 4.4: *Månedlige til- og fraførsler af kvælstof i 1997, incl. atmosfærisk deposition.*

Der blev i 1997 tilført i alt 176 tons kvælstof til Arresø, tabel 4.4, bilag 4.1 og 4.6.



Figur 4.8: Til- og fraførte kvælstofmængder i Arresø 1997.

En oversigt over Arresøs kvælstofbalance i 1997 er givet i figur 4.9. Det fremgår af figuren, at der er en stor tilbageholdelse af kvælstof i søen. Tilbageholdelsen sker ved sedimentation og denitrifikation.



Figur 4.9: Kvælstofbalance for Arresø 1997.

Kildeopsplitning

Bilag 4.1 og 4.6 indeholder detaljerede balancer på månedsbasis, bilag 4.3 viser balancer på årsbasis for 1989-1997.

Kvælstofbelastningen til Arresø er i 1997 næsten ligeligt fordelt på spildevand, atmosfærisk deposition og diffust bidrag fra landbrugsoplandet, tabel 4.5.

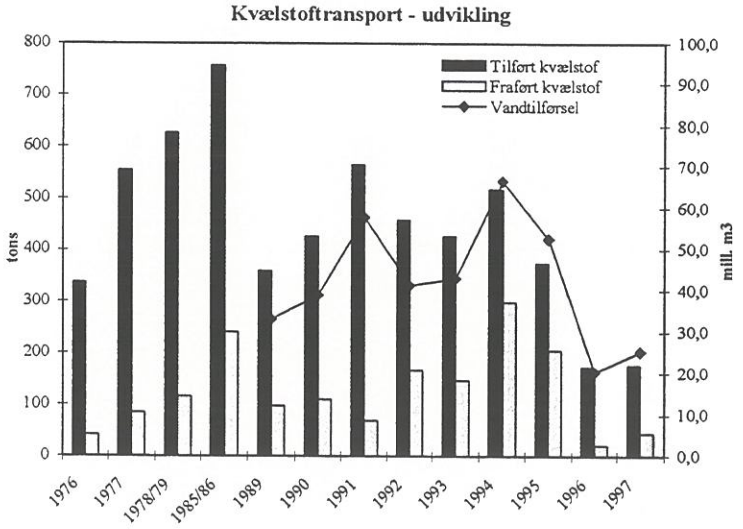
Kildeopsplitning	Kvælstof, kg
Renseanlæg	49180 (28%)
Regnvandsbetingede udledninger	10730 (6%)
Spredt bebyggelse	1060(0,6%)
Atmosfærisk deposition	59810 (34%)
Diffust bidrag	55240 (31%)
Total	**176020**

Tabel 4.5: Kvælstofbidraget til Arresø 1997 opdelt på belastningskilder.

Udviklingen 1976-1997

For kvælstof er der sket en reduktion i tilførslen via spildevand, mens regnvandsbetingede udløb er øget betydelig set i forhold til det nedbørsfattige år 1996. Den atmosfæriske deposition er reduceret med knap 25%. Det er imidlertid for størstedelen et regneteknisk fald på grund af, at nye måleresultater har medført en reduktion af depositionen fra 20 kg/ha til 15 kg/ha.

De øvrige kilder er stort set uændrede. Udsving i tilførslen, kan iøvrigt for en stor del skyldes variationer i nedbøren mellem de enkelte år.



Figur 4.10: Udvikling i til- og fraførsel af kvælstof samt vandtilførsel til Arresø 1976-1997.

4.3 Konklusion

Næringssaltbelastningen er præget af at afstrømningen trods en nedbørsmængde tæt på normalen alligevel i 1997, var under 50% af den normale afstrømning, (Havelse Å, Strø). Fosfor- og kvælstoftilførslerne var næsten lige så lave som i 1996. Udviklingen 1991-1995 hvor Arresø aflastede fosfor blev brudt i 1996 og 1997, hvor søen igen tilbageholdt fosfor.

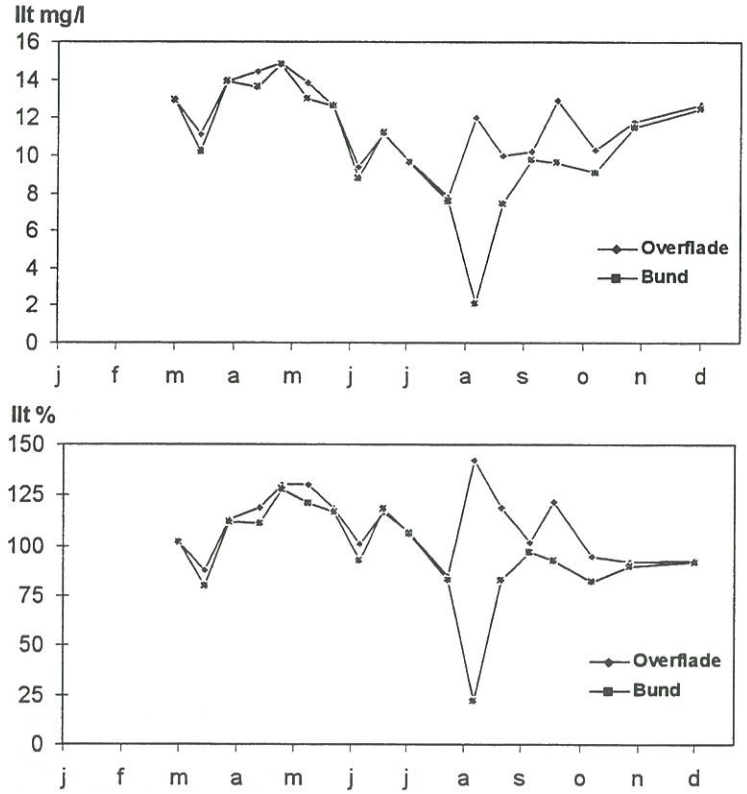
5. Vandkemi og feltmålinger

De fysiske og kemiske forhold i de frie vandmasser er beskrevet på grundlag af 18 prøvetagningstogter. Figur 5.1 viser beliggenheden af prøvetagningsstationerne.

Figur 5.1: Stationsplacering i Arresø..

Målinger af ilt, temperatur og pH er foretaget på station 1690. Vanddybden på denne station er ca. 4,5 m. Prøverne til vandkemiske undersøgelser er udtaget på samme station. En oversigt over samtlige måleresultater findes i bilag 5.1 og 5.2.

5.1 Ilt



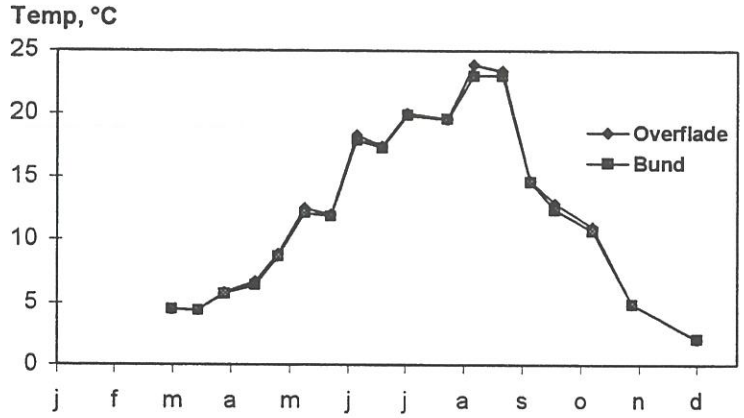
Figur 5.1: Iltmålinger i Arresø, 1997.

Iltkoncentrationen på station 1690 var høj i 1997, i overfladen såvel som ved bunden, figur 5.1. Kun i august måned blev der konstateret tendens til iltsvind ved bunden. I overfladen varierede iltmætningen hele året mellem 88% og 130% i overfladen og (22%) 80% og 128 % ved bunden.

I august var iltkoncentrationen i overfladen 12 mg/l, mens den var 2,1 mg/l i bundvandet, figur 5.1.

Arresøs størrelse og høje grad af vindeksponering bevirker, at søens vand altid er fuldt opblandet. Sommerens opvarmning af vandmasserne giver normalt ingen anledning til lagdeling. Det er af den grund usædvanligt, at der er observeret tendens til iltsvind i de bundnære vandmasser i august måned.

5.2 Temperatur



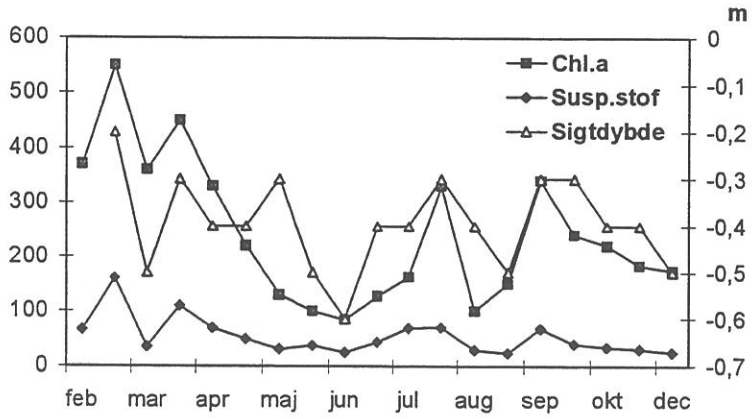
Figur 5.2: Variation i temperatur, Arresø 1997.

På intet tidspunkt i 1997 måltes der nogen betydende forskel på temperaturen i henholdsvis overflade- og bundvand i Arresø, figur 5.2.

5.3 pH

Der blev i 1997 målt pH-værdier i overfladen mellem 8,5 og 9,5. Maksimum på pH 9,5 blev målt i juli måned, mens minimum pH 8,5 blev målt i februar og november, se bilag 5.2. Det tidsvægtede årsgennemsnit er beregnet til pH 8,89, mens sommergennemsnittet er pH 9,22 i 1997.

5.4 Sigtdybde



Figur 5.3: Variation i sigtdybde og koncentration af chlorofyl a (µg/l) og suspenderet stof (mg/l) i Arresø, 1997.

Arresø er karakteriseret ved sit uklare vand. Der er således ikke sket nogen statistisk signifikant ændring i sigtdybden i perioden 1989-97. Det tidsvægtede årsgennemsnit var i 1997 0,38 m og sommergennemsnittet var 0,40 m. At års-

midlen ikke er bedre end sommermidlen skyldes, at resuspension er størst i årets første og sidste måneder. Arresø lever ikke op til målsætningens krav om mindst 0,8 meters sigtdybde /8/. Figur 5.3 viser en vis sammenhæng mellem målte koncentrationer af klorofyl og suspenderet stof og sigtdybdemålinger i 1997.

5.5 Suspenderet stof

Resuspension af sediment i forbindelse med blæsevejr er årsag til periodevis høje værdier af suspenderet stof i vandfasen.

Års- og sommermiddelkoncentrationen af suspenderet stof er beregnet til henholdsvis 51 mg/l og 44 mg/l. Begge disse værdier er meget høje og er med til at understrege Arresøs status som en stor, lavvandet sø med en betydelig resuspension af sediment.

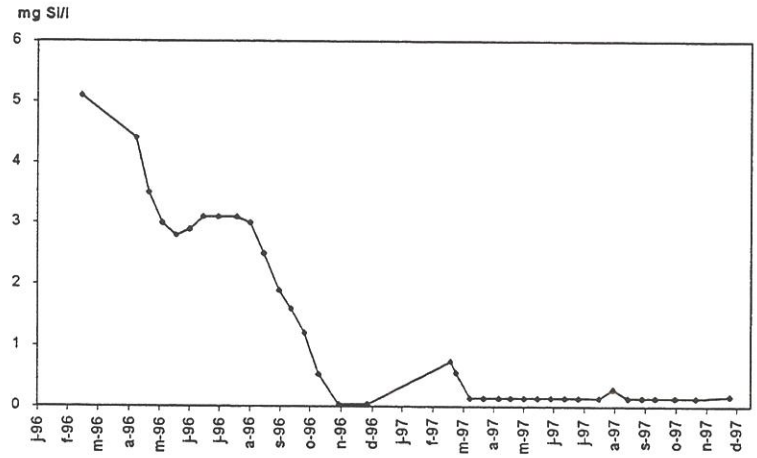
Af figur 5.3 ses det, at det bl.a. er koncentrationen af suspenderet stof og chlorofyl a (og dermed levende plankton), der påvirker sigtdybden i Arresø.

5.6 Klorofyl a

Vandets indhold af klorofyl a steg i 1997 set i forhold til 1996, bilag 5.2. Års- og sommermiddelkoncentrationen er beregnet til henholdsvis 245 μg/l og 180 μg/l . Den gennemsnitlige klorofyl-koncentration i Arresø er væsentlig højere end i de øvrige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram/2/, hvor den gennemsnitlige 75%-fraktil for sommergennemsnittet i perioden 1994-1996 kan beregnes til 110 μg/l.

5.7 Silikat

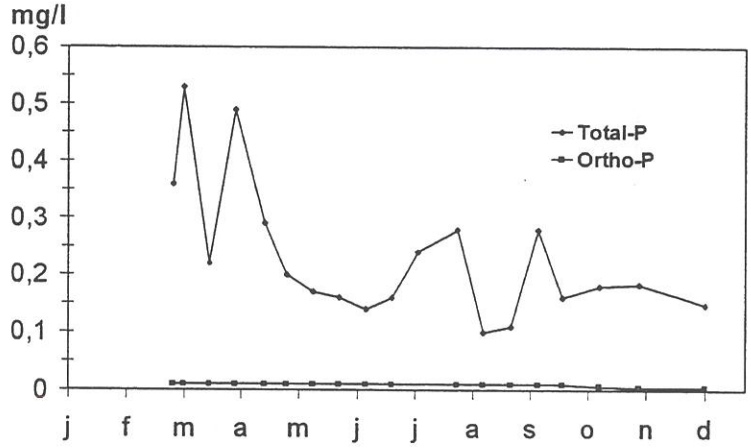
Udviklingen i silikatkoncentrationen i Arresø er bemærkelsesværdig. Udviklingen startede allerede i 1996, hvor Si-koncentrationen faldt fra 5,1 mg Si/l i februar måned til <0,05 mg Si/l i november måned. Niveauet steg svagt i februar og marts 1997, for resten af 1997 at ligge under detektionsgrænsen, figur 5.4. I kap. 6 og 7 diskuteres fænomenet nærmere.



Figur 5.4: Silikatkoncentration i Arresø, st. 1690. 1996-1997.

5.8 Fosforkoncentration

Års- og sommermiddelkoncentrationen af total-fosfor er i 1997 beregnet til henholdsvis 0,23 μg/l og 0,18 μg/l.



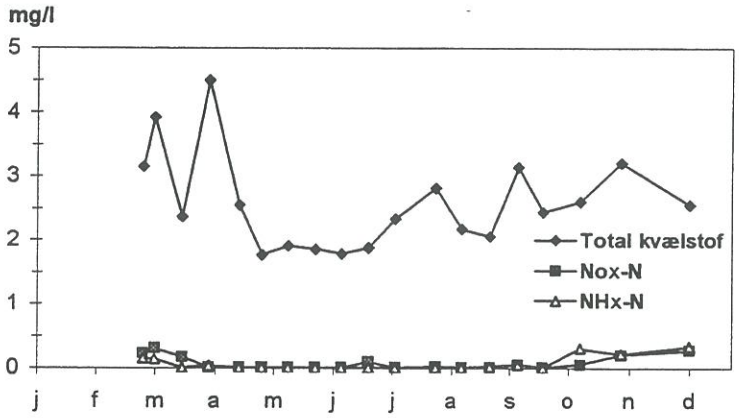
Figur 5.5: Oversigt over variationen af vandets indhold af fosfor i Arresø 1997.

I 1997 var fosforkoncentrationen højest i marts og april måned, figur 5.5 og bilag 5.2.

5.9 Kvælstofkoncentration

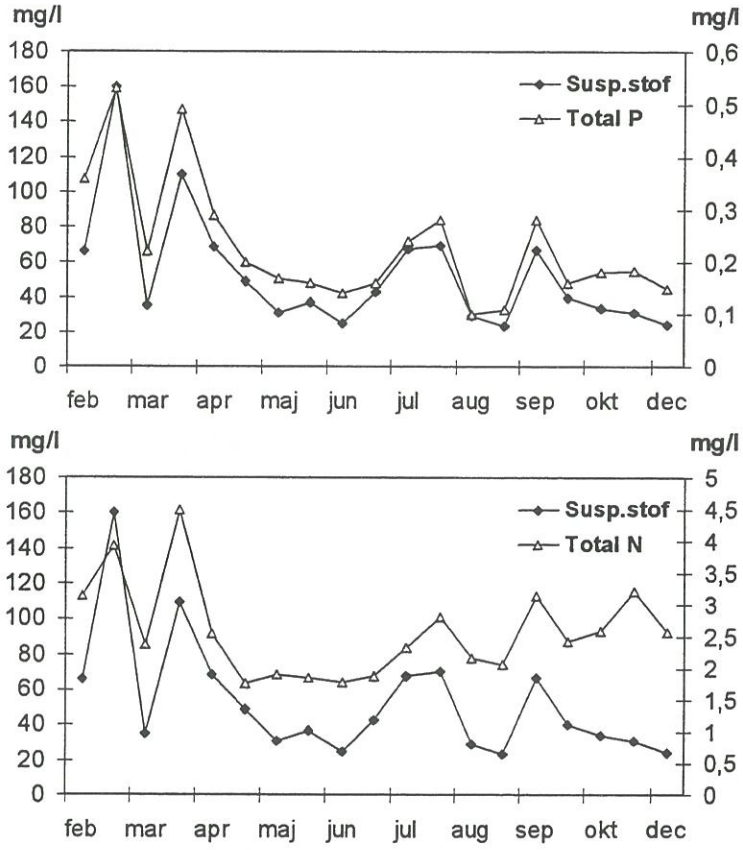
Variationen af vandets indhold af kvælstof i Arresø er vist i figur 5.6 og bilag 5.2.

Års- og sommermiddelkoncentrationen af total-kvælstof i 1997 er beregnet til henholdsvis 2,66 mg/l og 2,24 mg/l. Kvælstofkoncentrationerne varierer fra 1,77 mg N/l til 4,5 mg N/l.



Figur 5.6: *Oversigt over variationen af vandets indhold af kvælstof i Arresø 1997.*

Konklusion



Figur 5.7: *Sammenhæng mellem koncentration af suspenderet stof og henholdsvis total fosfor og total kvælstof i Arresø 1997.*

Der ses en tydelig sammenhæng mellem koncentrationen af suspenderet stof og koncentrationen af henholdsvis total

fosfor og total kvælstof, figur 5.7. Resuspensionen i den lavvandede Arresø, fremmer fluxen af næringssalte fra dødt partikulært materiale til planteplankton. Kvælstoffraktionerne NH_4-N, NO_3-N, NO_2-N og PO_4-P ligger under eller lige omkring detektionsgrænsen fra april til og med september. Se iøvrigt bilag 5.2.

6 Plante- og dyreplankton

Der er i 1997 foretaget 18 undersøgelser af plante- og dyreplankton i Arresø. Dokumentation for resultaterne findes i et særskilt notat/11/.

6.1 Planteplankton

6.1.1 Artssammensætning

Der er i 1997 i alt registreret 92 arter/slægter i Arresø, hvilket var lidt flere end i 1996 (86 arter). Ligesom de foregående år var langt den overvejende del arter/slægter karakteristiske for næringsrige søer:

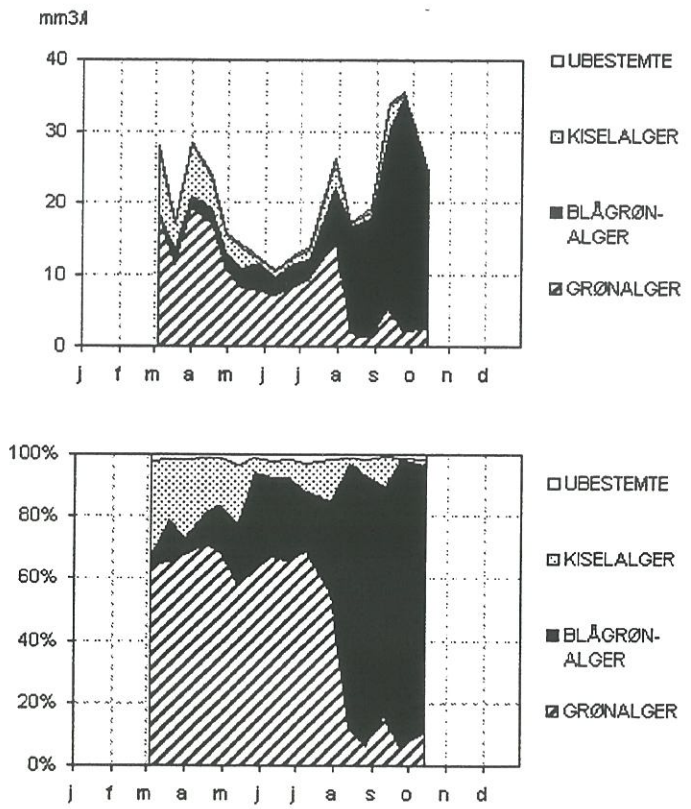
-	Blågrønalger	29
-	Centriske kiselalger	3
-	Chlorococcale grønalger	35
-	Øjealger	1

Furealger, gulalger, gulgrønalger og koblingsalger (Zygnematales), hvis hovedudbredelse er rene til svagt næringspåvirkede søer, var kun repræsenteret med 12 arter, og ingen af disse fandtes i målelige mængder.

6.1.2 Biomasse og årstidsvariation

I 1997, bilag 6.1A, fandtes et generelt højere biomasse niveau samt højere maksima end i 1996. Planteplanktons biomasseudvikling i 1997 var karakteriseret ved høj biomasse hele året (marts-december) og ved 5 markante maksima, i begyndelsen af marts (28 mm^3/l), i begyndelsen af april (29 mm^3/l) , sidst i juli (26 mm^3/l), i september (35 mm^3/l) samt i december (35 mm^3/l). De to forårsmaksima bestod næsten udelukkende af de små chlorococcale grønalger *Chlorella spp.* (39-53%) og *Scenedesmus spp.* (10-27%) samt den pennate kiselalge *Synedra berolinensis* (20-27%). Sommermaksimum bestod især af *Chlorella spp.* (41%) samt trådformede blågrønalger (28%), hvorimod årsmaksima efterår og vinter udelukkende bestod af trådformede blågrønalger (91-93%).

Som gennemsnit udgjorde blågrønalger 46%, grønalger 41% og kiselalger 11% af den totale biomasse i perioden marts-oktober. De tilsvarende tal for sommerperioden maj-september var: blågrønalger 54%, grønalger 36% og kiselalger 8%. Planteplanktonsamfundet var domineret af grønalger i perioden marts-juli (55-71%) og af blågrønalger resten af året (74-93%).



Figur 6.1: *Arresø 1997. Planteplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper.*

Kiselalger

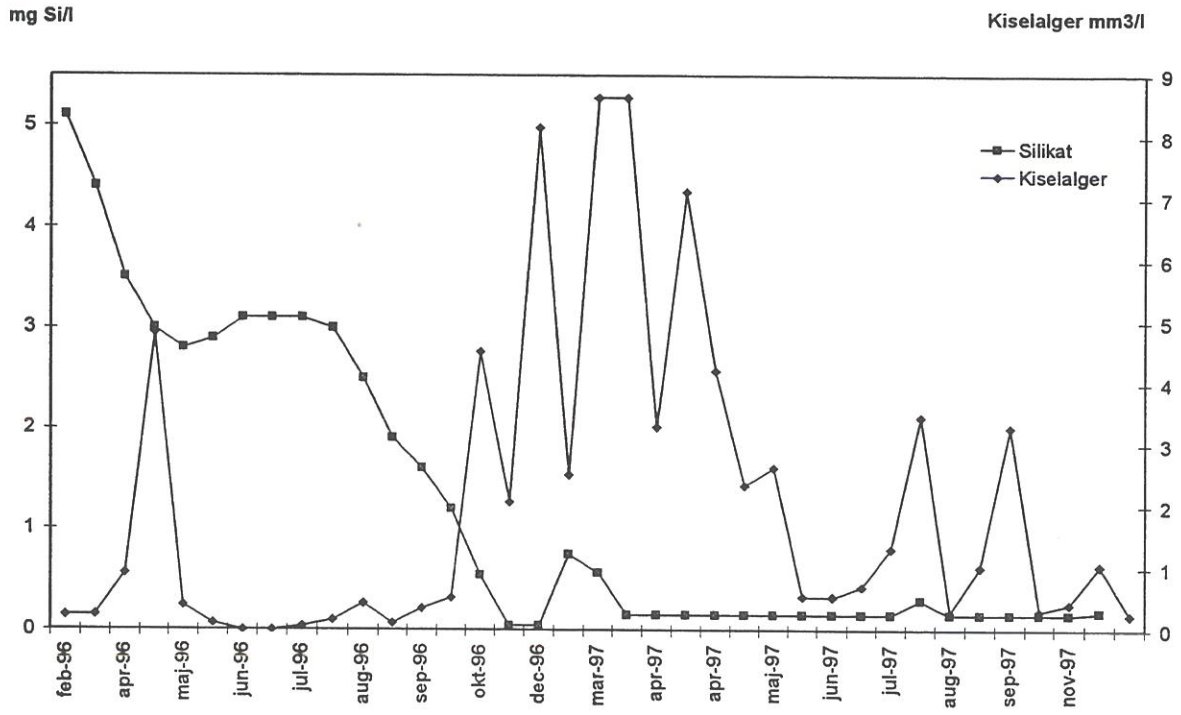
Figur 6.2, viser biomassen af kiselalger som funktion af silikatkoncentrationen. Der er i 1996-1997 observeret et bemærkelsesværdigt fald i silikatkoncentrationen i Arresø. Samtidig har der været en betydelig forekomst af *Synedra* sp., hvilket kan være en del af forklaringen på, at silikaten er opbrugt.

Kiselalgernes udvikling er afhængig af forholdet mellem næringsstofferne fosfat, kvælstof og silikat/1/.

Der er forskellige teorier om hvad der styrer algesuccessionen. I tilfælde hvor successionen styres af ændringer i forholdet mellem begrænsende ressourcer, anfører /1/, at et faldende Si/P forhold f.eks. kan selektere fra kiselalger til grønalger, og et stigende Si/P forhold vil medføre et artsskifte indenfor kiselalgerne fra små, centriske til store, bånd- og nåleformede (*Synedra spp.)* arter/1/.

Kiselalger, især familien *Diatomaceae* (pennate, rafeløse former), der indeholder slægten *Synedra spp.*, er tidlige successionsarter. De kan også optræde senere ved gentagne

vertikalcirkulationer af Si fra bundvandet. Sedimentation og resuspension er netop af stor betydning i den lavvandede Arresø.



Figur 6.2 *Arresø 1996-97. Kiselalgebiomasse som funktion af silikatkoncentrationen.*

Silikat-tilførslen har sandsynligvis været lav i august-september 1996, som følge af ringe nedbør, og silikatkoncentrationen i Arresø derfor faldende. Kiselalgernes biomasse stiger fra oktober og medvirker til et yderligere fald i silikatkoncentrationen. Kiselalgernes biomasse er høj resten af 1996 og stort set hele 1997. Silikatkoncentrationen forbliver lav hele 1997, hvilket tyder på en hurtig veksling mellem henholdsvis omsætning, optagelse, sedimentation og resuspension.
De plantetilgængelige, uorganiske fraktioner af fosfor og kvælstof er under detektionsgrænsen i 1997.

De voldsomme udsving i planteplanktonbiomasse i slutningen af 1996 og begyndelsen af 1997 er givetvis bestemt af vekslende omrøringsforhold og isdække. Kiselalgerne vil sedimentere hurtigt ud ved stille vejr og/eller hvis de er næringssaltbegrænsede (N, P, Si).

Den dominerende kiselalgeart, *Synedra beroliensis*, er en stjerneformet koloni (diam. =40 μm). Den kan sandsynligvis græsses af store daphnier, der især er vigtige i maj-juni 1997. Enkeltceller kan også græsses af små daphnier og af rotatorier.

Skiftet fra grønalger til blågrønalger i august er ret markant, bilag 6.1A. Blågrønalger anses i den såkaldte PEG-model/1/ at være favoriseret ved silikatbegrænsning og fortsat fosfatbegrænsning. Desuden kan blågrønalger aktivt veksle mellem en øvre lyszone og en dybere næringsrig zone.

Blågrønalger fandtes hele året, men havde størst betydning i august-september, hvor de fuldstændig dominerede planteplanktonsamfundet med 74-93% af den totale biomasse, (93% i december). Det var de trådformede blågrønalger der dominerede blågrønalgebiomassen i 1997. *Limnothrix spp* og *Limnothrix redekei* karakteriseres i /1/ som forstyrrelsestolerante. Arten optræder især sommer og efterår, ofte i næringsrige søer med cirkulation. Faldende Si/P favoriserer trådformede blågrønalger frem for tråd- og båndformede kiselalger. Også den varme sommer og den ringe omrøring har givet fordel for arter med luftvakuoler. Tunge arter som kiselalger sedimenterer ud i stille vejr.

6.1.3 Planteplanktonsamfundet 1985-1997

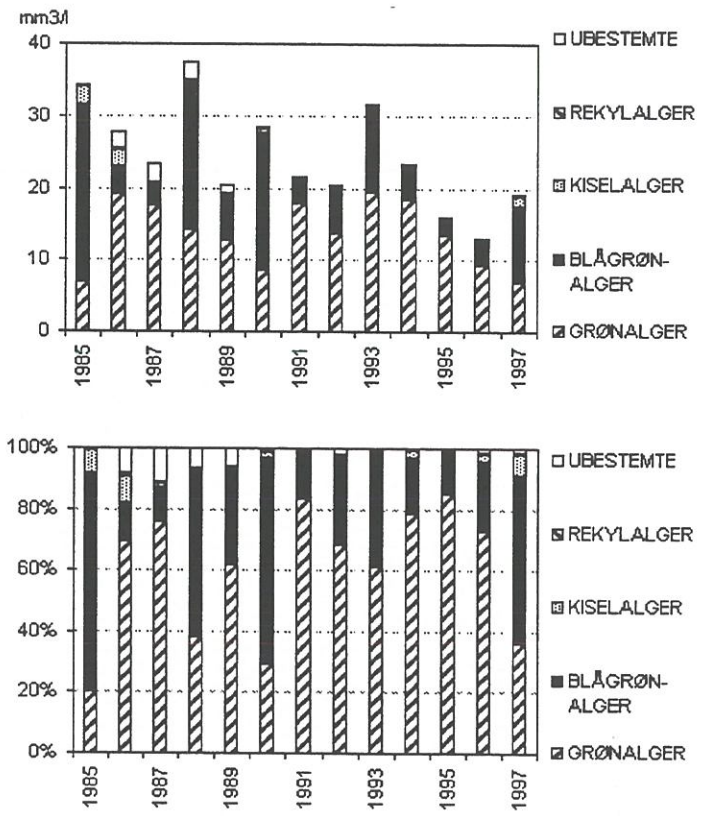
For at kunne sammenligne med de tidligste undersøgelsesår, er de gennemsnitsværdier, der refereres til i det følgende udelukkende fra sommerperioden maj-september.

Den gennemsnitlige planteplanktonbiomasse og den procentvise sammensætning fra sommerperioden (maj-september) fra årene 1985-1997 ses i figur 6.3 og bilag 6.2.

Biomasse

Det fald i gennemsnitlig sommerbiomasse, der fandt sted fra 1993-1996, fortsatte ikke i 1997, idet der i 1997 fandtes masseopblomstring af blågrønalger sensommer og efterår. Den gennemsnitlige grønalgebiomasse, er faldet de sidste 5 år til det hidtil laveste niveau, der blev målt i 1985 (6,9 mm^3/l mod 8.5-19 mm^3/l i 1986-96).

Den højeste gennemsnitlige biomasse er fundet i år med kraftig masseopblomstring af blågrønalger 1985, 1988, 1990, 1993 og 1997. I de 4 førstnævnte år dominerede kolonidannende blågrønalger (*Microcystis*-arter), men i 1997 bestod blågrønalgebiomassen næsten udelukkende af trådformede blågrønalger.



Figur 6.3: *Arresø 1985-97. Planteplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper. Tidsvægtede gennemsnit for sommerperioden maj-september (bilag 6.2).*

Artssammensætning

Blågrønalger fandtes alle år i sommerperioden, men havde meget varierende andel (11-71%) af den gennemsnitlige biomasse. *Microcystis wesenbergii* var oftest den dominerende blågrønalge i 1985-92 og *Microcystis viridis* i 1993-95, men i 1996 fandtes et mere varieret blågrønalgesamfund med både koloniformer og trådformer, men med overvægt af trådformede arter (bl.a. *Limnothrix spp.* og *Aphanizomenon spp.*). I 1997 udgjorde trådformede arter 96% af den gennemsnitlige blågrønalgebiomasse, og de vigtigste arter var *Limnothrix spp.* og *Pseudanabaena limnetica.*

Et gennemgående træk ved planteplanktonsamfundet i Arresø var dominans af små næringskrævende arter, især *Chlorella spp.* og *Scenedesmus* spp. Kun under masseopblomstring af blågrønalger, hvor store former dominerede, blev deres dominans brudt i en kortere eller længere periode.

I sommerperioden havde kiselalger normalt ringe kvantitativ betydning (0-3%), men i 1985-86 og i 1997 udgjorde kiselalger 8-9% af den gennemsnitlige biomasse. I 1997 fandtes

desuden et veludviklet forårsmaksimum af kiselalger. Det er tidligere kun set i 1985-86, 1988, 1991 samt meget kortvarigt i 1996.

Planteplanktonsamfundet i Arresø må i hele perioden 1985-97 karakteriseres som artsfattigt og hypereutroft med kvantitativ dominans af ganske få arter.

6.2 Dyreplankton

6.2.1 Artssammensætning

Der blev i alt identificeret 39 arter/slægter af ciliater, hjuldyr og krebsdyr i Arresø, 1997.

-	Ciliater	5
-	Hjuldyr	19
-	Daphnier	12
-	Vandlopper	3

6.2.2 Biomasse og årstidsvariation

Den totale dyreplanktonbiomasse, biomassen af de enkelte dyregrupper samt disses procentvise andel af den totale biomasse i Arresø 1997 fremgår af figur 6.4 samt bilag 6.1B.

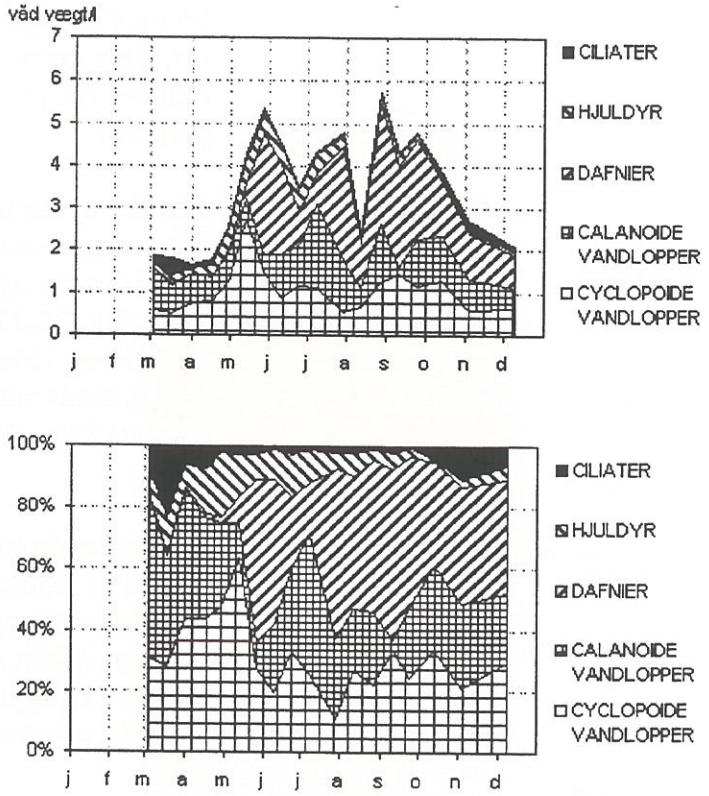
Biomasse

Biomassen varierede mellem 1,7 mg/l i april og 5,7 mg/l sidst i august. Gennemsnit for perioden marts-oktober var 3,6 mg/l og for sommerperioden, maj-september, 4,3 mg/l.

Dyreplanktonbiomassen var konstant høj fra maj til september (4-6 mg/l), bortset fra en enkelt dato i august. Resten af året var biomassen ca. 2 mg/l. Maksima fandtes sidst i maj (5,3 mg/l), sidst i juli (4,8 mg/l), sidst i august (5,7 mg/l) samt sidst i september (4,8 mg/l). Alle maksima var domineret af daphnier (40-55%) og vandlopper (36-48%).

Artssammensætning

I 1997 var vandlopper som gennemsnit den vigtigste dyregruppe, hvor det de foregående år har været daphnier. Vandlopper udgjorde 54% af biomassen i perioden marts-oktober og 50% i sommerperioden.



Figur 6.4: *Arresø 1997. Dyreplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper.*

Ciliater

Ciliater havde maksima midt i marts (0,43 mg/l) hvor de udgjorde 23% af den totale biomasse. Resten af året udgjorde de 1-11%.

Hjuldyr

Hjuldyr havde maksimum sidst i april og begyndelsen af maj (0,54-0,58 mg/l), hvor de udgjorde 13-21% af den totale biomasse. Resten af året udgjorde hjuldyr 1-15% af den totale biomasse.

Daphnier

Daphnier havde 3 markante maksima i årets løb, et forårsmaksimum sidst i maj (2,8 mg/l) og et to-toppet sommermaksimum sidst i juli samt sidst i august. Daphnier havde størst betydning sommer og efterår, hvor de udgjorde 16-56% af den totale biomasse.

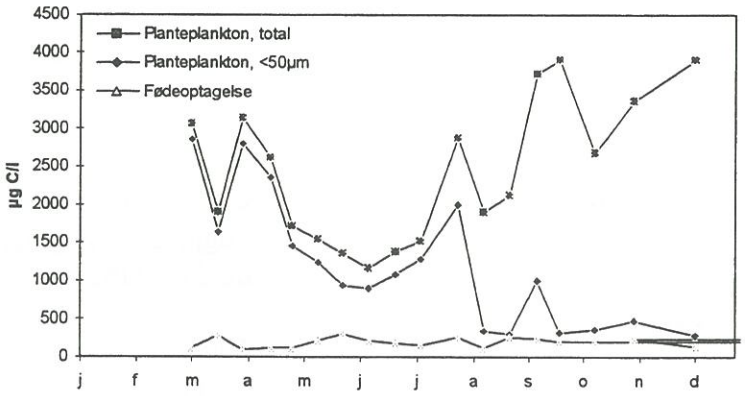
6.2.3 Dyreplanktons fødeoptagelse

Dyreplanktons potentielle fødeoptagelse, beregnet ud fra deres daglige fødebehov fremgår af bilag 6.3.

Dyreplanktons potentielle fødeoptagelse varierede mellem 96 µg C/l/døgn i begyndelsen af april og 307 µg C/l/døgn i maj. Den gennemsnitlige fødeoptagelse i perioden marts-oktober var 192 µg C/l/døgn. og 213 µg C/l/døgn i sommerperioden.

Alle fire dyregrupper havde væsentlige andele i fødeoptagelsen som gennemsnit i perioden marts-oktober stod daphnier og ciliater for lige store andele af den gennemsnitlige fødeoptagelse (32-33%) og vandlopper og hjuldyr for henholdsvis 21% og 15%. I sommerperioden dominerede daphnier (41%), mens vandlopper, ciliater og hjuldyr udgjorde henholdsvis 22%, 21% og 16% af den gennemsnitlige fødeoptagelse.

Ciliater havde størst betydning for fødeoptagelsen i marts-april samt oktober-december, hvor de udgjorde 45-84% af den totale fødeoptagelse. Daphnier dominerede sidst i maj og begyndelsen af juni samt august-september (41-60%), mens 3-4 dyregrupper udgjorde væsentlige andele af fødeoptagelsen resten af året.



Figur 6.5: Dyreplanktons potentielle fødeoptagelse samt planteplanktonbiomassen totalt og <50 µm.

Af figur 6.5 fremgår det, at i perioden marts-juli bestod størsteparten af planteplanktonet af arter <50 µm og var dermed tilgængelig som føde for dyreplankton. Det ses imidlertid også af figuren, at dyreplanktons græsning ikke har nogen indflydelse på udviklingen i planteplanktonbiomassen, kun i august måned kan der være tilløb til en regulerende effekt på arter <50 µm.

6.2.4 Sammenligning med dyreplanktonsamfundet 1989-96.

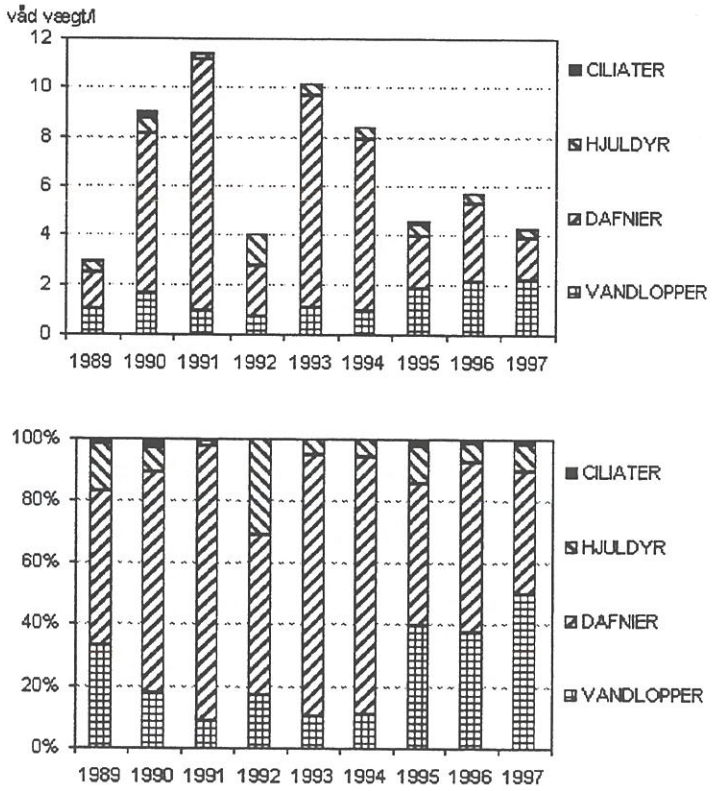
Dyreplanktons biomasse og gruppernes procentvise fordeling som gennemsnit i sommerperioden (maj-september) for årene 1989-97 ses af figur 6.6 og bilag 6.2. Endvidere frem-

går årenes maksimale biomasse af bilag 6.2.

Biomasse

I 1997 var den gennemsnitlige sommerbiomasse 4,3 mg/l, hvilket var lidt lavere end i 1996, men på samme niveau som i 1992 og 1995 og lidt større end i 1989. De øvrige undersøgelsesår var den gennemsnitlige biomasse 2-3 gange højere end i 1997. Den maksimale biomasse var 3 gange lavere i 1997 end i 1996 og på samme niveau som den hidtil laveste i 1989.

I 1989-96 var daphnier den vigtigste dyregruppe, men de sidste 4 år er både vandloppernes absolutte og relative andel steget, så de i 1997 var den vigtigste dyregruppe med 50% af den gennemsnitlige sommerbiomasse. Daphnier havde størst betydning i 1990-91 og 1993-94, hvor de var totalt dominerende i sommerperioden (72-89%). De øvrige år udgjorde daphnier 40-52% af den gennemsnitlige biomasse.



Figur 6.6: *Arresø 1989-97. Dyreplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper. Tidsvægtede gennemsnit for sommerperioden maj-september (bilag 6.2).*

Hjuldyr havde størst kvantitativ betydning i 1992, hvor de udgjorde 31% af den gennemsnitlige sommerbiomasse. De øvrige år udgjorde hjuldyr 2-15%.

Ciliater blev kun undersøgt i 1989-91 og 1995-1997, og i disse år udgjorde de 1-3% af den gennemsnitlige biomasse i sommerperioden. Ciliater har dog alle år haft en større kvantitativ betydning i en kortere eller længere periode, der ofte lå udenfor sommerperioden.

7 Sedimentundersøgelse

7.1 Prøvetagning

Sedimentsøjlerne blev udtaget den 11. november 1997 med kajakprøvetager. På hver af 3 stationer i Arresø benævnt 1690A, 1690B og 1690C blev der udtaget 3 søjler. I sedimentprøverne er der udført analyser med henblik på en beskrivelse af profilet af parametrene tørstof (TS), glødetab, total kvælstof, total fosfor, jern (Fe) samt calcium (Ca). Endvidere er der foretaget fosforfraktionering i profil.

7.2 Resultater

7.2.1 Visuel beskrivelse

Søjlerne fra hver af de tre stationer var meget ens i udseende.

	0-0,5 cm	0,5-35 cm	35-43 cm
Station 1690 A Længste søjle på stationen var 43 cm	Grønt algelag	Grågrønt og homogent silt, mod dybden mere gråligt	Lysere grå
Station 1690 B Længste søjle på stationen var 41 cm	Som søjlerne på station 1690 A dog mere mørk i farven		
Station 1690 C Længste søjle på stationen var 39 cm.	Som søjlerne på station 1690 A, dog ingen klar grænse i dybden 35 cm		

Tabel 7.1: Visuel beskrivelse af sedimentsøjler, Arresø 1997.

7.2.2 Analyser

Resultatet af analyser iflg. /13/ er vedlagt som bilag 7.1.

7.2.2.1 Profilmålinger

Ingen af de målte analyseværdier er vurderet til at være atypiske, og forskellene mellem de 3 stationer er forholdsvis små. Sedimentet på de 3 stationer er forholdsvis ens både i udseende og i indhold af de målte stoffer.

Tørstofindholdet er jævnt stigende mod dybden på alle stationer med meget højt vandindhold især i de øverste lag fra ca. 0 cm til ca. 20 cm. Glødetabet er omvendt jævnt faldende mod dybden.

Både total kvælstof og total fosfor er faldende mod dybden. På station 1690 A er tTotal fosfor indholdet 0,59 g P/kg tørstof i dybden 30 til 43 cm, hvilket er lavt i forhold til overvågningssøerne generelt. Medianværdien for 32 af overvågningssøerne er 1 g P/kg tørstof i lag dybere end 20-30 cm /6/.

Indholdet af Fe er jævnt stigende mod dybden, mens indholdet af Ca er nogenlunde jævnt ned igennem søjlerne.

7.2.2.2 Fosforfraktionering

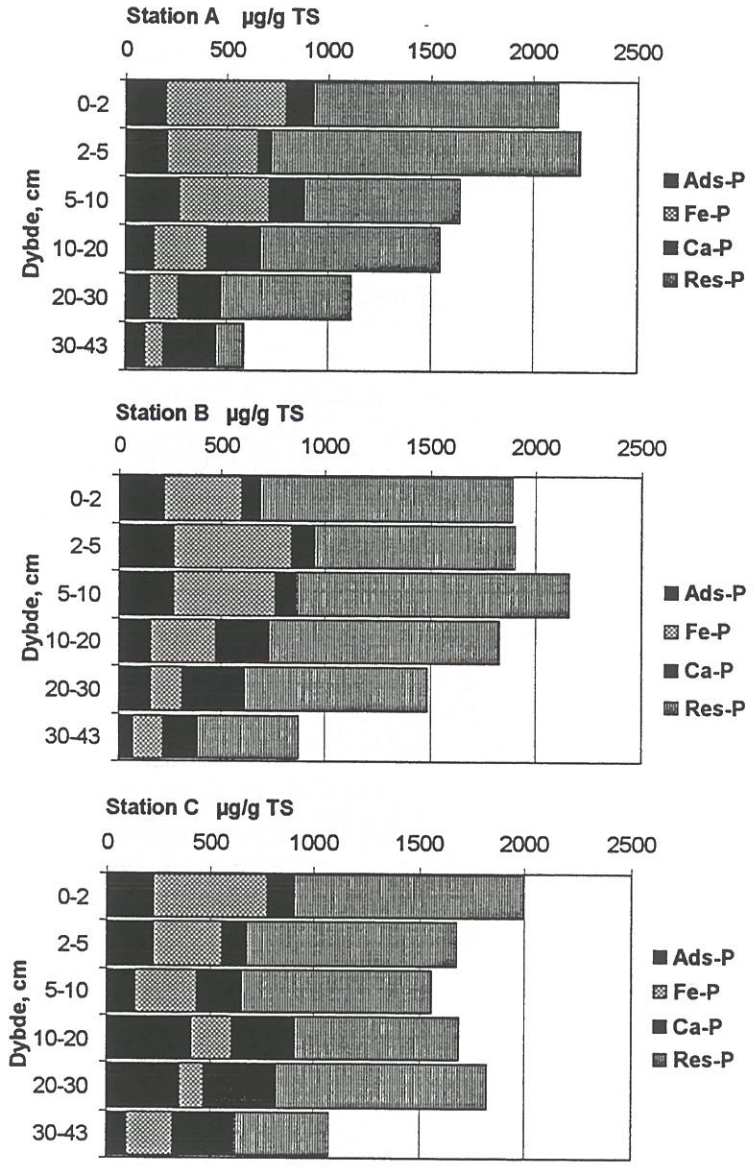
Opdelingen af fosfor er bestemt i 4 faser:

1: Adsorberet fosfor
2. Jernbundet fosfor
3. Calciumbundet fosfor
4: Residual fosfor

Sedimentprøverne er opdelt efter anvisninger i reference /4/. I øvrigt fremgår metodebeskrivelsen af bilag 7.3.

Residual fosfor, som er bestemt som forskellen mellem totalfosfor og summen af de første 3 faser, er en estimering af det organisk bundne fosforindhold.

Andelen af det adsorberbare fosfor samt fosfor bundet til jern og i organisk stof i relation til tørstof er faldende mod dybden, mens det calcium bundne er stigende.



Figur 7.1: Fosforfraktionering på station A, B og C i Arresø, 1997

Tidligere undersøgelser

Der er foretaget en sedimentundersøgelse i 1993/3/ og 1988/5/.

Tabel 7.2 viser variationen i sedimentdata i perioden 1988-1997. Resuspensionen spiller en væsentlig rolle i Arresø. Data for tørstofindhold, bilag 7.1, indikerer i 1997, at en stor del af sedimentet forud for prøvetagningen har været resuspenderet. Dette stemmer udmærket overens med, at der har været hård vind i området forud for prøvetagningen i 1997. Først i fraktionerne dybere end 20 cm, synes tørstof-indholdet at ændre sig. Anderledes forholder det sig for data fra 1993, bilag 7.2, med hensyn til tørstofindhold. Her synes

kun de øverste 0-2 cm at være påvirket af resuspension. Men det lave indhold af total fosfor og total kvælstof samt sedimentsøjlernes ringe længde indikerer, at en del af sedimentet kan være resuspenderet på prøvetagningsdagen i 1993.

	Arresø 1997 A+B+C	Arresø 1993 A1+A2	Arresø 1988 A+B+C	VMP-søer i Frederiksborg Amt Bastrup Sø	Fuglesø	VMP-søer i DK 1991
Tørstof, %	2,8-3,2	5,1-19,6	2-4	4	12	11
Glødetab % af TS	42-48	32,4-7,2	40-45	45	16,2	27
Kvælstof, mg/g TS	25	17-4,2	18-22	20,3	10	13
Fosfor, mg/g TS	1,9-2,1	1,4-0,5	2,0-3,0	1,66	3,28	2,4
Jern, mg/g TS	6,7-7,9	11-3,9		8,93	1	27
Calcium, mg/g TS	140-160	170-28		99	27	90

Tabel 7.2: Sedimentdata fra overfladesediment i Arresø 1997/13/, 1993 /3/ og 1988/5/ sammenlignet med data fra Frederiksborg Amts øvrige overvågningssøer samt et gennemsnit for de 37 danske overvågningssøer/6/.

På grund at den betydelige resuspension i Arresø, er det meget vanskeligt at tolke sedimentdata. Der må derfor tages forbehold for de følgende sammenligninger af data. Sammenligninger af total-fosfor for det øverste sedimentlag i perioden 1988-1997 viser ikke nogen tydelig forskel i koncentration. Total-fosfor i overfladesedimentet er faldet i perioden 1988-1997, udviklingen er dog ikke signifikant. Omvendt har sedimentet i Arresø i 1997 en højere koncentration af kvælstof og fosfor målt som mg/g tørstof end i 1993, bilag 7.1 og 7.2. Set i forhold til den gennemsnitlige kvælstofkoncentration i de danske overvågningssøer var koncentrationen i Arresø forhøjet, mens indholdet af fosfor var mindre i Arresøs sediment. Fosforkoncentrationen i den spildevandsbelastede Fuglesø, er dog betydelig højere end i Arresø, tabel 7.2.

8 Udvikling i Arresøs miljøstilstand.

I det følgende afsnit gives en vurdering af, hvorledes miljøtilstanden i Arresø har udviklet sig siden overvågningsprogrammets start i 1985 og frem til i dag (1997).

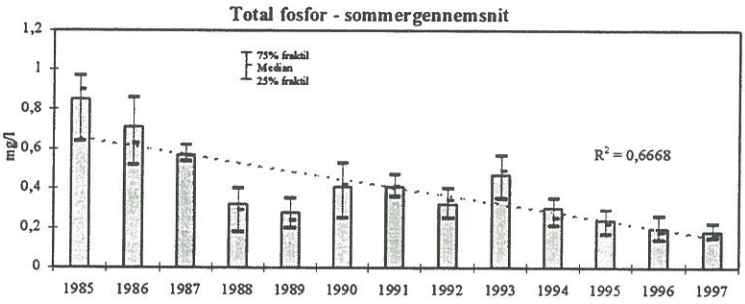
8.1 Udvikling i 1985-97

I rapporteringen af data fra Arresø, 1996/8/, blev den tidsmæssige variation i års- og sommergennemsnit af 4 udvalgte nøgleparametre, sigtdybde, klorofyl-a, kvælstof og fosfor analyseret ved hjælp af regressionsstatistik. Kun for total fosfor og ortho-fosfat fandtes et signifikant fald i koncentration for perioden 1985-1996. Der er udført lineær regression på gennemsnit og medianværdier til vurdering af udviklingen. Den samme vurdering er gentaget med perioden 1985 (-86)-1997, denne gang er også udviklingen i pH for perioden 1988-1997 medtaget. Tabel 8.1 og bilag 8.2-8.3 viser resultaterne af analysen for de to parametre, hvor der var en signifikant udvikling, (1% niveau), i koncentrationen af total fosfor og i pH.

Total kvælstof, klorofyl-a og sigtdybde viser ingen udvikling.

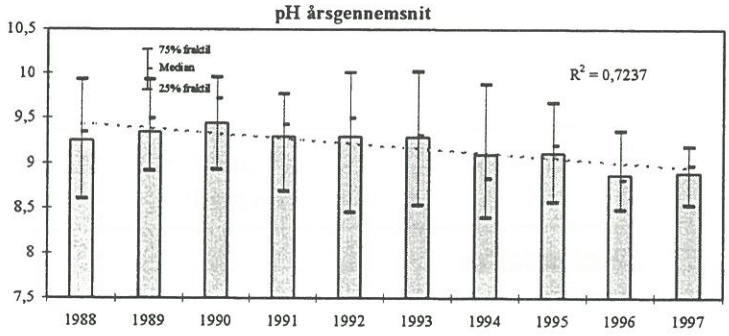
Parameter	Kvadreret r-værdi	p-værdi	Tendens
Total fosfor			
sommermiddel	0,6668	0,000659	↓↓
sommermedian	0,6111	0,001597	↓
pH			
årsmiddel	0,7237	0,001807	↓↓
årsmedian	0,5835	0,010114	↓

Tabel 8.1: Beregnede udviklingstendenser i sommergennemsnit og medianværdier for total fosfor og pH i Arresø. Et signifikant fald på 1% niveau er betegnet med ↓↓ og på 10% niveau med ↓.



Figur 8.1: Udvikling i totalfosfor sommergennemsnit 1985-1997

Figur 8.1 viser udviklingen i tidsvægtede sommergennemsnit, median- og kvartilværdier for total fosfor i Arresø 1985-1997. Analysen viser, som det også var tilfældet i 1996/7/, at der er sket et signifikant (1% niveau) fald i koncentrationen af total fosfor (sommergennemsnit) i Arresø fra 1985-1997, bilag 8.2. En analyse at pH-målingerne for perioden 1988-1997 viser, at der er sket et signifikant fald (1% niveau) i årsgennemsnittet, bilag 8.3.



Figur 8.2: Udvikling i pH årsgennemsnit 1988-1997 i Arresø.

Resuspension, en stor intern pulje af næringsstof i Arresø samt det store landbrugsdominerede opland er årsagen til, at man ikke ser noget signifikant fald i kvælstofkoncentrationen i Arresø.

9 Samlet vurdering af tilstanden i Arresø, 1997

Faldet i fosforkoncentration i Arresø er en følge af forbedret spildevandsrensning i oplandet, samt anlægget af de to søer Solbjerg Engsø og Strødam Engsø, som opfanger en del af den fosfor, der ellers ville blive tilført Arresø.

Resuspension

Der opretholdes høje planteplanktonbiomasser samtidig med, at koncentrationerne af uorganisk kvælstof og fosfor til stadighed ligger lavt. Dette skyldes, at der i forbindelse med resuspensionen er en stor fluks af næringsstoffer fra dødt partikulært stof til planteplanktonet. Optagelsen af de remineraliserede næringsstoffer er så hurtig, at remineraliseringen aldrig resulterer i forhøjede værdier af uorganisk kvælstof, fosfor og silikat i vandfasen. Det må være forklaringen på, at der kan opretholdes meget høje planteplanktonbiomasser i et miljø med vedvarende lave koncentrationer af plantetilgængelige næringsstoffer.

Den ringe sigtdybde i Arresø tilskrives også resuspensionen, som dels resulterer i forsyning af planteplankton med næringsstoffer, dels i sig selv ved ophvirvling af suspenderet materiale forårsager en ringe sigtdybde.

Referencer

/1/ Miljøministeriet, Miljøstyrelsen 1993. "Planteplankton-økologi". Miljøprojekt nr. 243. Udarbejdet for Miljøstyrelsen af Kirsten Olrik, Miljøbiologisk Laboratorium.

/2/ Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser 1997. "Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Ferske vandområder - søer". Faglig rapport fra DMU, nr. 211

/3/ Frederiksborg Amt 1994. "Overvågningssøer 1993 - Tilstand og udvikling" - Vandmiljøovervågning nr. 11.

/4/ Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. "Prøvetagning og analysemetoder i søer. Overvågningsprogram". Teknisk anvisning fra DMU, nr. 1.

/5/ Arresø-arbejdsgruppen 1989. Restaurering og fremtidig tilstand af Arresø. - Arbejdsrapport udført af COWIconsult i samarbejde med Danmarks Miljøundersøgelser.

/6/ Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser 1992. "Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1991. Ferske vandområder - søer". Faglig rapport fra DMU, nr. 63.

/7/ Frederiksborg Amt 1997. Arresø, tilstand og udvikling 1996. Vandmiljøovervågning nr. 34.

/8/ Frederiksborg Amt, 1993. Vandområdeplan for Arresø og opland, Planlægningsdokument nr. 2.

/9/ Frederiksborg Amt 1996. Forslag til regionplan 1997 for Frederiksborg Amt.

/10/ Frederiksborg Amt 1997. Hvidbog - Forslag til Regionplan 1997. Amtsrådets behandling af indsigelser og bemærkninger.

/11/ Arresø 1997. Plante- og dyreplankton. Rapport udført for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium 1998

/12/ Frederiksborg Amt 1995. Arresø, tilstand og udvikling 1994. Vandmiljøovervågning nr. 21.

/13/ Frederiksborg Amt 1998. Sedimentundersøgelse i Arresø. Profilmålinger og fosforfraktionering. Internt notat udarbejdet af VKI for Frederiksborg Amt.

/14/ Danmarks Miljøundersøgelser, marts 1994. Notat fra en arbejdsgruppe om beregning af den diffuse tilførsel af total N og total P fra umålte oplande i overvågningsprogrammet

/15/ Danmarks Miljøundersøgelser 1998. Bemærkninger til Vandløbsskema 1 i forbindelse med indberetning af data fra Vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Arresø
Tilstand og udvikling
1997

BILAG

Bilag

Side

2 Morfometri og topografisk opland

2.1 Morfometri, opland og jordtype

2.2 Topografisk opland med vandløbsstationer

2.3 Arresø med søstationer

Morfometriske data

Arresø	
Vandspejlskote (m)	3,97
Største dybde (m)	5,90
Middeldybde (m)	3,10
Areal (ha)	3.987
Volumen (1000 m³)	122.750

OPLANDSKARAKTERISTIKA:

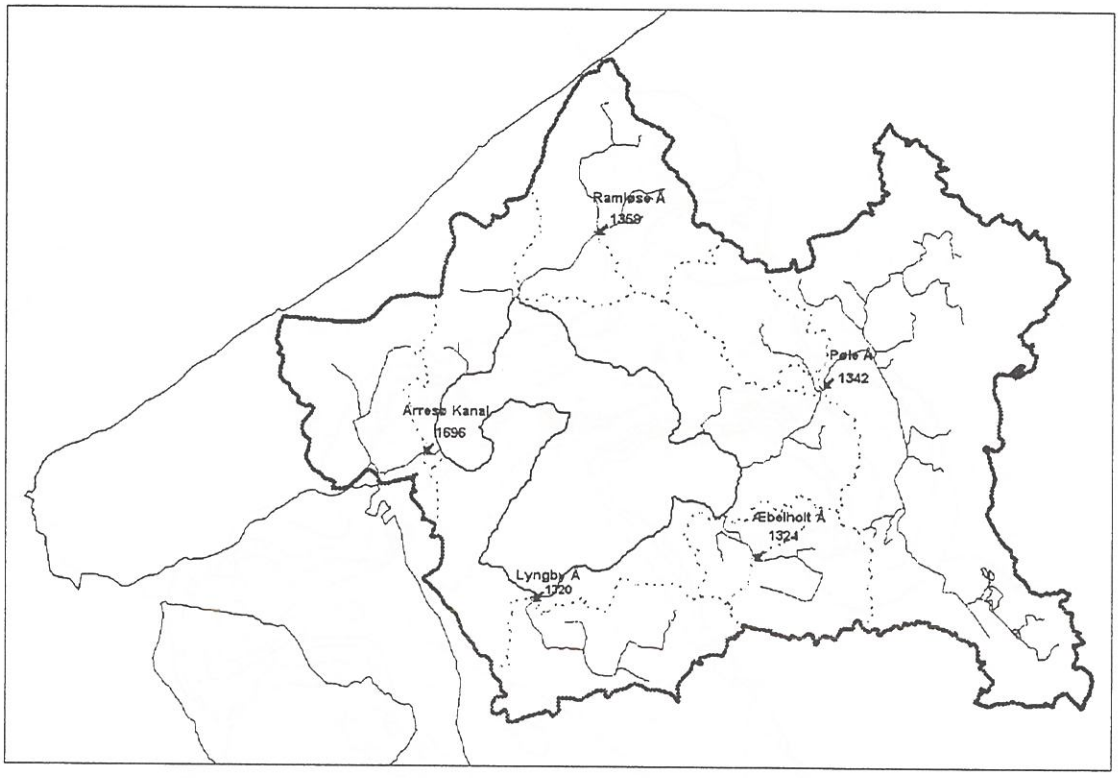
Oplandsstørrelse, arealanvendelse og jordtypefordeling
Opmåling af Arresø iflg. T. Høy 1995
Oplandstype iflg. CORINE
Jordtype iflg.

Arresø, 1997 Oplandsareal: 21.600 ha		
Oplandstype	**Areal, ha**	**%**
bebyggelse og tekniske anlæg	3246	15,03
dyrket land	11683	54,09
skov	5038	23,32
natur	630	2,92
vådområder	1000	4,62
ferskvand		0,2
Sum	21600	100

Jordtypefordeling:

FK1	**Grovsandet**	0,4%
FK2	**Finsandet**	0,2%
FK3	**Lerblandet sand**	76,6%
FK4	**Sandblandet ler**	15,8%
FK5	**Ler**	0,4%
FK6	**Svær lerjord**	0,7%
FK7	**Humus**	6,0%
FK8	**Speciel jordtype**	0%
	***** (evt. byzone)**	%
Ialt		100%

Kort over topografisk opland med angivelse af vandløbsstationer



Kort over placering af sø stationer

ARRESØ

STATIONSPLACERING

x Zooplanktonstation

* Vandkemi- og fytoplanktonstation

4 Vand- og stofbalance

4.1 Balancer på månedsbasis 1997

4.2 Nedbør, fordampning og opholdstid 1997

4.3 Balancer på årsbasis 1989-1997

4.4 Vandbalance 1997

4.5 Fosforbalance 1997

4.6 Kvælstofbalance 1997

Arresø 1997, tilførsel

	VAND - 1000 m3					KVÆLSTOF - kg						FOSFOR -kg						ORTO-FOSFAT - kg			
	Q 4 tilløb	%fbel	Qmålt	Qpunkt	Qind total	N 4 tilløb	%fbel	Nmålt	Npunkt	Natmosfære	Ntotal	P 4 tilløb	%fbel	Pmålt	Ppunkt	Patmosfære	Ptotal	PO4 4 tilløb	%fbel	PO4 umålt	PO4 total
jan	720	4,27	334	185	1239	4132	2,98	1191	533	4984	10840	158	3,02	22	93	33	307	72	4,06	0	72,1
feb	2372	19,07	1496	185	4052	18399	29,01	11602	533	4984	35517	390	23,93	177	93	33	693	145	18,87	0	145,3
mar	1729	10,99	862	185	2775	10037	13,79	5517	533	4984	21070	211	9,72	72	93	33	409	58	9,00	0	57,6
apr	1151	6,49	509	185	1844	4033	4,24	1695	533	4984	11246	252	7,00	52	93	33	430	40	5,66	0	40,0
maj	1425	11,27	884	185	2494	4846	6,39	2554	533	4984	12917	368	7,07	52	93	33	547	48	7,40	0	48,0
jun	953	6,92	542	185	1680	2948	4,72	1887	533	4984	10352	268	7,73	57	93	33	452	91	7,84	0	91,2
jul	1495	7,94	623	185	2303	4424	7,04	2814	533	4984	12755	377	8,47	63	93	33	566	174	9,00	0	174,4
aug	658	3,52	276	185	1119	1500	1,20	478	533	4984	7495	171	3,31	25	93	33	321	112	5,08	0	112,2
sep	531	3,61	283	185	998	1183	1,50	601	533	4984	7302	128	3,09	23	93	33	277	58	5,08	0	57,7
okt	1284	8,48	665	185	2134	3445	5,46	2184	533	4984	11146	216	6,92	51	93	33	394	101	10,89	0	101,0
nov	1073	6,12	480	185	1738	3768	5,03	2013	533	4984	11297	128	5,38	40	93	33	294	76	6,53	0	75,9
dec	1812	11	888	185	2885	11107	19	7456	533	4984	24080	216	14,36	106	93	33	449	111	10,60	0	110,5
total	15201	100,00	7841	2219	25262	69823	100,00	39991	6396	59805	176015	2883	100,00	740	1116	399	5138	1086	100,00	0	1085,9
			7841	2219				39991	6396	59805				740	1116	399				0 *	

Arresø 1997, fraførsel

	VAND - 1000 m3				KVÆLSTOF - kg					FOSFOR -kg					ORTO-FOSFAT - kg			
	Q st1696	%	Qfor meget	Qud total	N st1696	%	Nfor meget	Npunkt	Nud total	Pst1696	%	Pfor meget	Ppunkt	Pud total	PO4 st1696	%	PO4 for meg	PO4 total
jan	743	4,37	1,5	742	1319	2,92	5,1	1	1313	53	1,31	0,0	0,3	52	3,8	3,74	0	3,8
feb	770	4,53	1,5	769	1760	3,90	6,8	1	1752	141	3,52	0,1	0,3	141	8,9	8,77	0	8,9
mar	3203	18,83	6,4	3197	7766	17,21	29,9	1	7735	842	20,98	0,7	0,3	841	16,0	15,76	0	16,0
apr	1412	8,30	2,8	1409	3779	8,37	14,6	1	3763	514	12,81	0,4	0,3	513	22,9	22,56	0	22,9
maj	1075	6,32	2,2	1073	2392	5,30	9,2	1	2382	299	7,44	0,2	0,3	298	6,6	6,50	0	6,6
jun	1280	7,53	2,6	1277	2590	5,74	10,0	1	2579	241	6,00	0,2	0,3	240	6,4	6,31	0	6,4
jul	1418	8,34	2,8	1415	3180	7,05	12,3	1	3166	269	6,69	0,2	0,3	268	7,1	7,00	0	7,1
aug	1597	9,39	3,2	1593	4556	10,10	17,6	1	4537	340	8,48	0,3	0,3	340	8,0	7,88	0	8,0
sep	1536	9,03	3,1	1532	5099	11,30	19,7	1	5078	441	11,00	0,4	0,3	441	7,7	7,59	0	7,7
okt	1165	6,85	2,3	1163	3791	8,40	14,6	1	3775	289	7,20	0,2	0,3	288	5,6	5,52	0	5,6
nov	1178	6,92	2,4	1175	3523	7,81	13,6	1	3509	230	5,73	0,2	0,3	230	3,6	3,55	0	3,6
dec	1631	9,59	3,3	1628	5371	11,90	20,7	1	5349	354	8,83	0,3	0,3	354	4,9	4,83	0	4,9
total	17008	100,00	34,1	16974	45126	100,00	173,9	13	44939	4012	100,00	3,2	3,0	4006	101,5	100,00	0	101,5
			34,1				173,9	13				3,2	3,0				0 *	

*ikke beregnet

Arresø 1997

	Nedbør mm	Fordampning mm	Vandstand m	Opholdstid år
JAN	2	7,1	3,944	7,13
FEB	54	14,6	4,005	7,27
MAR	17	37,3	4,024	7,36
APR	27	57,7	3,969	7,32
MAJ	71	80,5	3,977	7,27
JUN	98	107	3,933	7,22
JUL	58	121,8	3,916	7,15
AUG	29	110,9	3,847	7,05
SEP	27	55,3	3,768	6,88
OKT	109	24	3,778	6,80
NOV	41	8,2	3,803	6,84
DEC	49	3,4	3,844	6,91

SØSKEMA 1, 1998 - VAND- OG STOFBALANCER

Sønavn: **Arresø**

Amt: Frederiksborg
Hydrologisk reference: 3221S4900000000000000000001970

Vandbalance 106 m3 * år-1	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Vandtilførsel[1)]	33,10	39,10	52,70	41,30	43,00	66,50	52,50	20,45	25,26
Nedbør	0	0	0	0	0	30,95	23,30	17,30	23,20
Total tilførsel	**33,10**	**39,10**	**52,70**	**41,30**	**43,00**	**97,45**	**75,80**	**37,75**	**48,47**
Vandfraførsel[2)]	39,90	50,70	74,40	48,30	44,00	64,50	57,00	11,45	16,97
Fordampning	0	0	0	0	0	25,64	24,90	23,14	25,03
Total fraførsel	**39,90**	**50,70**	**74,40**	**48,30**	**44,00**	**90,14**	**81,90**	**34,59**	**42,00**
Udsivning	-6,80	-11,60	-21,70	-7,00	-1,00	12,35	0,50	8,63	8,02
Magasinændring	0	0	0	0	0	-5,04	-6,60	-5,47	-1,55
Fosfor t P/år	**1989**	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**
Udledt spildevand i alt[3)]	30,02	25,66	16,74	12,77	11,55	12,66	8,30	5,54	5,68
heraf:									
- a) Byspildevand	26,54	22,18	13,26	8,94	7,88	9,47	5,10	3,71	2,77
- b) Regnvandsbetinget	2,03	2,03	2,03	2,38	2,22	2,22	2,23	1,60	2,69
- c) Industri	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- d) Dambrug	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- e) Spredt bebyggelse	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0,97	0,97	0,23	0,23
Diffus tilførsel[4)]	-3,52	-3,48	6,23	-1,79	-1,22	-2,11	-0,35	-0,61	-0,94
Atmosfærisk deposition[5)]	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40
Andet[6)]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total tilførsel[7)]	**27,10**	**22,78**	**23,57**	**11,58**	**10,93**	**11,15**	**8,55**	**5,53**	**5,14**
Magasinændring	13,10	4,78	-1,43	-8,22	-6,18	-20,10	-14,72	3,47	1,13
Total fraførsel[8)]	**14,00**	**18,00**	**25,00**	**19,80**	**17,11**	**31,25**	**23,27**	**2,06**	**4,01**
Indløbskoncentration, mg P/l	0,801	0,567	0,436	0,266	0,240	0,159	0,151	0,241	0,188
Retention	13,10	4,78	-1,43	-8,22	-6,18	-20,10	-14,72	3,47	1,13
Retention - procent	48	21	-6	-71	-57	-180	-172	63	22
Kvælstof t N/år	**1989**	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**
Udledt spildevand i alt[3)]	179,00	193,00	160,20	144,20	112,20	95,30	76,44	58,94	60,97
heraf:									
- a) Byspildevand	168,00	182,00	149,00	131,00	99,00	82,50	63,34	51,52	49,18
- b) Regnvandsbetinget	7	7	7	9	9	8,6	8,9	6,36	10,73
- c) Industri	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- d) Dambrug	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- e) Spredt bebyggelse	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	1,06	1,06
Diffus tilførsel[4)]	101,00	153,00	324,80	234,80	234,80	341,70	219,04	40,08	55,24
Atmosfærisk deposition[5)]	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	59,81
Andet[6)]	0	0		0	0	0	0	-5,1	
Total tilførsel[7)]	**359,00**	**425,00**	**564,00**	**458,00**	**426,00**	**516,00**	**374,48**	**172,92**	**176,01**
Magasinændring	261,00	315,00	494,00	291,00	280,00	217,80	169,48	151,92	131,08
Total fraførsel[8)]	**98,00**	**110,00**	**70,00**	**167,00**	**146,00**	**298,20**	**205,00**	**21,00**	**44,94**
Indløbskoncentration, mg N/l	8,46	8,85	9,20	9,18	8,07	6,57	5,63	4,59	4,60
Retention	261	315	494	291	280	218	169	152	131
Retention - procent	73	74	88	64	66	42	45	88	74
Naturlig baggrundskoncentration:									
Total-N mg N/l							1,44	0,69	1,430
Total-P mg P/l							0,07	0,03	0,048

fortsættes...

Bilag 4.3 (fortsat)

Anvendte normtal pr. PE for kvælstof: 4.4 kg N/år Fosfor: 1 kg P/år.
Før 1994 satte vi nedbør = fordampning, vi kan derfor ikke gøre rede for de tal der er skrevet der.
1) og 2): For at lette overskueligheden har vi skilt den beregnede ind/udsivning ud fra til- og fraførslen

Forklaringer til SKEMA 1

1) Vandtilførsel fra målt opland+umålt opland. Excl. nedbør og indsivning.

2) Vandfraførsel i afløb. Excl. fordampning og udsivning.

3) Summen af a-e

4) Differencen mellem total tilførsel og tilførslen fra spildevand og atmosfære.

5) 20 kg N/ha/år og 0,15 kg P/ha/år

6) Evt. bidrag fra fugle, løvfald o.lign.

7) Summen af 3-6

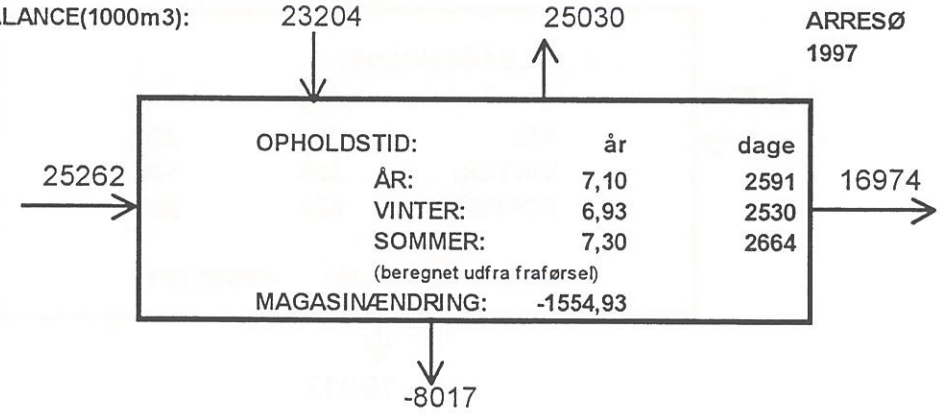
VAND- OG STOFBALANCER:

SØNAVN: ARRESØ ÅR: 1997
FL.MÅL. 3,81 m (DNN)
AREAL 3987 ha VOL. 116819 *1000m3
MID.DYB. 2,93 m
FOSFORDEPOSITION: 0,1 kg/ha
KVÆLSTOFDEPOSITION: 15 kg/ha
COD-DEPOSITION: kg/ha

VANDBALANCE(1000m3):

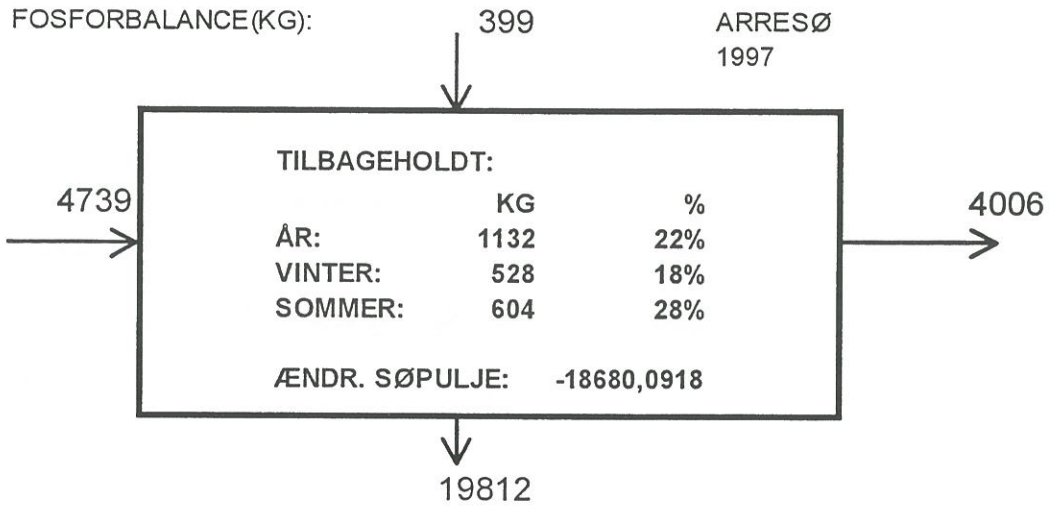
	TILLØB	NEDBØR	FORDAMP	TILFØRT	FRAFØRT	DIFF.:	MAGASIN ÆNDRING	DIFF. INCL. MAGASIN ÆNDRING
J	1239	80	283	**1036**	742	294	2432,07	-2138
F	4052	2153	582	**5623**	769	4854	2432,07	2422
M	2775	678	1487	**1966**	3197	-1231	757,53	-1988
A	1844	1076	2300	**620**	1409	-789	-2192,85	1404
M	2494	2831	3210	**2115**	1073	1042	318,96	723
J	1680	3907	4266	**1321**	1277	44	-1754,28	1798
J	2303	2312	4856	**-240**	1415	-1656	-677,79	-978
A	1119	1156	4422	**-2147**	1593	-3740	-2751,03	-989
S	998	1076	2205	**-130**	1532	-1662	-3149,73	1487
O	2134	4346	957	**5523**	1163	4361	398,7	3962
N	1738	1635	327	**3046**	1175	1871	996,75	874
D	2885	1954	136	**4703**	1628	3075	1634,67	1440
SUM	25262	23204	25030	**23436**	16974	6462	-1554,93	8017

VANDBALANCE(1000m3):



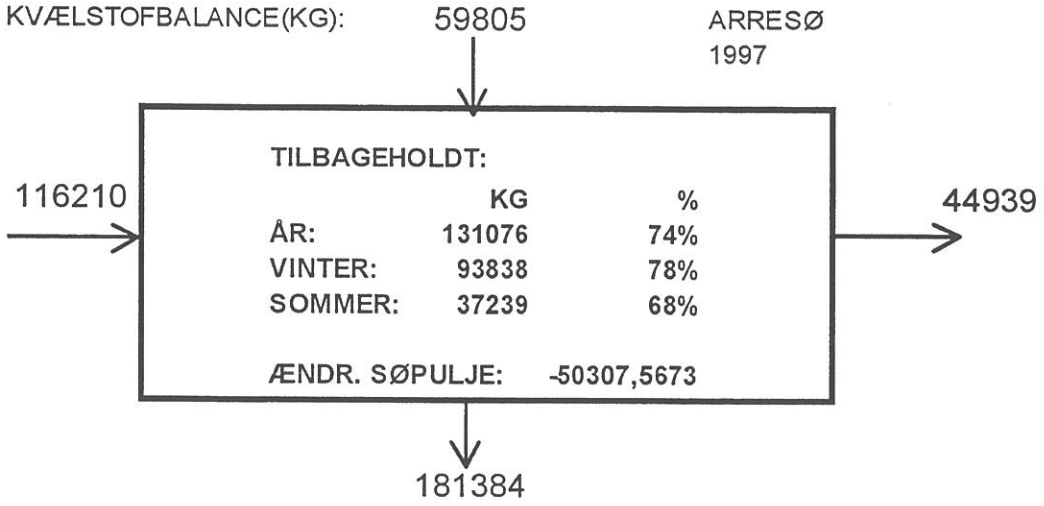
FOSFORBALANCE(KG): ARRESØ
1997

	TILFØRT	ATMOS:	TILFØRT	FRAFØRT	DIFF.:	SØPULJE
JAN	273	1,4	**274,7011**	52	222	36284
FEB	660	37,0	**696,507**	141	556	44416
MAR	376	11,6	**387,8409**	841	-453	46865
APR	396	18,5	**414,939**	513	-98	40590
MAJ	514	48,6	**562,2259**	298	264	20347
JUN	419	67,1	**485,7243**	240	245	18390
JUL	533	39,7	**572,3688**	268	304	31560
AUG	288	19,9	**308,0762**	340	-32	12565
SEP	244	18,5	**262,2721**	441	-179	25678
OKT	360	74,7	**435,0686**	288	147	20762
NOV	261	28,1	**289,1472**	230	59	20887
DEC	415	33,6	**448,8761**	354	95	17604
SUM	4739	398,7	**5137,747**	4006	1132	



KVÆLSTOFBALANCE(KG): ARRESØ
1997

	TILFØRT	ATMOS:	TILFØRT	FRAFØRT	DIFF.:	SØPULJE
JAN	5856	206	**6062**	1313	4749	350742
FEB	30533	5549	**36082**	1752	34330	388640
MAR	16086	1747	**17833**	7735	10098	393039
APR	6262	2774	**9036**	3763	5273	365309
MAJ	7933	7296	**15229**	2382	12847	232454
JUN	5368	10070	**15438**	2579	12859	224971
JUL	7771	5960	**13731**	3166	10564	312564
AUG	2511	2980	**5491**	4537	954	253102
SEP	2318	2774	**5092**	5078	14	325647
OKT	6162	11201	**17363**	3775	13587	299894
NOV	6314	4213	**10527**	3509	7018	372494
DEC	19096	5035	**24131**	5349	18782	300435
SUM	116210	59805	**176015**	44939	131076	



5 Vandkemi og feltmålinger

5.1 Temperatur- og iltprofiler 1997

5.2 Sigtdybde, pH og vandkemi 1997

Arresø 1997. Temperaturprofiler.

TEMPERATUR, °C	Dato																	
Dybde	04-03-97	18-03-97	01-04-97	17-04-97	29-04-97	13-05-97	27-05-97	10-06-97	24-06-97	08-07-97	29-07-97	12-08-97	27-08-97	11-09-97	24-09-97	14-10-97	04-11-97	09-12-97
Overflade	4,5	4,4	5,8	6,7	8,9	12,5	12	18,3	17,4	20	19,6	23,9	23,4	14,7	12,9	11	4,9	2,1
Bund	4,5	4,4	5,7	6,4	8,7	12,1	11,9	17,9	17,3	19,9	19,6	23	23	14,6	12,4	10,7	4,9	2,1

Arresø 1997. Iltprofiler.

ILTKONC., mg/l	Dato																	
Dybde	04-03-97	18-03-97	01-04-97	17-04-97	29-04-97	13-05-97	27-05-97	10-06-97	24-06-97	08-07-97	29-07-97	12-08-97	27-08-97	11-09-97	24-09-97	14-10-97	04-11-97	09-12-97
Overflade	12,9	11,1	13,9	14,4	14,9	13,8	12,6	9,4	11,1	9,7	7,8	12	10	10,2	12,9	10,3	11,8	12,7
Bund	12,9	10,2	13,9	13,6	14,8	13	12,6	8,8	11,2	9,6	7,6	2,1	7,4	9,8	9,6	9,1	11,5	12,5

ILT-PROCENT, %	Dato																	
Dybde	04-03-97	18-03-97	01-04-97	17-04-97	29-04-97	13-05-97	27-05-97	10-06-97	24-06-97	08-07-97	29-07-97	12-08-97	27-08-97	11-09-97	24-09-97	14-10-97	04-11-97	09-12-97
Overflade	102	88	113	119	130	130	118	101	117	107	85	142	119	102	122	95	92	93
Bund	102	80	112	111	128	121	117	93	118	106	83	22	83	97	93	82	90	92

Vandkemi og sigtdybde, Arresø 1997.

VANDKEMI, blandingspr.	DATO															
PARAMETER	26-02-97	04-03-97	18-03-97	01-04-97	17-04-97	29-04-97	13-05-97	27-05-97	10-06-97	24-06-97	08-07-97	29-07-97	12-08-97	27-08-97	11-09-97	24-09-97
Sigtdybde, m		0,2	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3
pH felt		8,2	9,4	9,1	9,1	9,3	9,5	9,5	9,4	9,3	9,4	8,2	9,4	8,9	8,2	9
pH lab.	8,5	8,7	9,1	9,1	9,1	9,1	9,3	9,3	9,5	9,4	9,5	8,9	9,4	9,1	8,7	9,2
Total alkalinitet, mmol/l	2,25	1,75	1,59	1,69	1,6	1,63	2,35	1,52	2,34	1,49	2,17	2,53	1,99	2,36	2,25	1,65
Total fosfor, mg/l	0,36	0,53	0,22	0,49	0,29	0,2	0,17	0,16	0,14	0,16	0,24	0,28	0,1	0,11	0,28	0,16
PO4-P, mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Total kvælstof, mg/l	3,15	3,92	2,37	4,5	2,55	1,77	1,91	1,86	1,79	1,88	2,33	2,82	2,17	2,06	3,14	2,44
NO2+NO3-N, mg/l	0,23	0,31	0,17	<0,01	0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,05	<0,01
NH3+NH4-N, mg/l	0,15	0,14	0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	<0,01
N/P forhold (total)	9	7	11	9	9	9	11	12	13	12	10	10	22	19	11	15
N/P forhold (opløst)	38	45	18	5	2	2	2	2	2	11		3	2	3	10	2
Klorofyl a, µg/l	370	550	360	450	330	220	130	100	84	127	163	330	100	150	340	240
COD-Susp.stof, mg/l	85	160	50	130	80	50	51,2	45,3	43	46	67	85	32	31	70	46
Susp. stof, mg/l	66	160	35	110	69	49	31	37	25	43	68	70	29	23	67	40
Jern, mg/l	0,23	0,5	0,14	0,49	0,18	0,15	0,12	0,16	0,09	0,12	0,23	0,21	0,05	0,04	0,29	0,08
Ledningsevne, mS/m	53,5	54	54	55,8	56	51,2	48,6	47,6	46,5	47,5	47,5	48,5	48,7	51,5	50,5	54,1
Silikat, mg/l	0,25	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05	<0,05

fortsættes...

(fortsat)

VANDKEMI, blandingspr.	DATO			Års	Som.
PARAMETER	14-10-97	04-11-97	09-12-97	gns.	gns.
Sigtdybde, m	0,4	0,4	0,5	0,38	0,4
pH felt	9,2	8,8	8,4		
pH lab.	8,7	8,5	8,301	8,89	9,22
Total alkalinitet, mmol/l	1,9	2,48	2,65	2,07	1,7
Total fosfor, mg/l	0,18	0,183	0,148	0,23	0,18
PO4-P, mg/l	0,007	<0,005	<0,005	0,01	0,01
Total kvælstof, mg/l	2,6	3,21	2,56	2,66	2,24
NO2+NO3-N, mg/l	0,05	0,2	0,28	0,11	0,02
NH3+NH4-N, mg/l	0,31	0,22	0,34	0,11	0,01
N/P forhold (total)	14	18	17	12	12
N/P forhold (opløst)	51	84	124	22	3
Klorofyl a, µg/l	220	184	174	245	180
COD-Susp.stof, mg/l	43	38	30	62	52,5
Susp. stof, mg/l	34	31	24	51	44
Jern, mg/l	0,07	0,08	0,05	0,17	0,14
Ledningsevne, mS/m	55,8	56	56,5	52,5	49,1
Silikat, mg/l	<0,05	<0,05	0,06	0,06	0,03

6 Plante- og dyreplankton

6.1A Planteplankton biomasse 1997

6.1B Dyreplankton biomasse 1997

6.2 Plante- og dyreplankton biomasse 1985-97

6.3 Dyreplankton potentiel fødeoptagelse 1997

Arresø 1997

Planteplankton

Biomassegennemsnit og procentvis sammensætning i sommerperioden (1.5-30.9)

Arresø 1997
Station: 1690
Konsulent: Miljøbiologisk Laboratorium ApS
Dybde: Blanding
Emne: Planteplankton volumenbiomasse, mm³/l og procentvis sammensætning

Dato:	04-mar	18-mar	01-apr	17-apr	29-apr	13-maj	27-maj	10-jun	24-jun	08-jul	29-jul	12-aug	27-aug	11-sep	24-sep	14-okt	04-nov	09-dec	Vægtet gns. 04-mar 31-okt	Vægtet gns. 01-maj 30-sep
mm³/l																				
BLÅGRØNALGER	0,704	2,351	1,693	2,349	2,464	2,798	3,982	2,691	3,425	2,640	7,904	14,672	16,610	25,007	32,563	21,055	26,282	32,867	9,403	10,434
KISELALGER	8,641	3,306	7,119	4,214	2,340	2,628	0,548	0,547	0,698	1,322	3,463	0,292	1,023	3,293	0,309	0,424	1,037	0,250	2,191	1,493
GRØNALGER	17,935	11,346	19,253	16,999	10,676	8,096	7,592	7,043	8,159	9,468	14,336	2,035	1,232	5,189	2,230	2,468	2,982	2,107	8,324	6,918
UBESTEMTE OG FÅTALLIGE ARTER	0,561	0,317	0,444	0,329	0,222	0,504	0,153	0,240	0,248	0,356	0,442	0,223	0,335	0,245	0,335	0,454	0,265	0,244	0,327	0,310
TOTAL	27,840	17,320	28,509	23,891	15,702	14,026	12,275	10,520	12,530	13,788	26,144	17,221	19,199	33,735	35,436	24,400	30,568	35,468	20,244	19,154
procent																				
BLÅGRØNALGER	3	14	6	10	16	20	32	26	27	19	30	85	87	74	92	86	86	93	46	54
KISELALGER	31	19	25	18	15	19	4	5	6	10	13	2	5	10	1	2	3	1	11	8
GRØNALGER	64	66	68	71	68	58	62	67	65	69	55	12	6	15	6	10	10	6	41	36
UBESTEMTE OG FÅTALLIGE ARTER	2	2	2	1	1	4	1	2	2	3	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Dyreplankton

Biomassegennemsnit og procentvis sammensætning i sommerperioden (1.5-30.9)

Arresø 1997
Station: 1690
Konsulent: Miljøbiologisk Laboratorium ApS
Dybde: Blanding
Emne: Dyreplankton biomasse og procentvis sammensæting

Dato:	04-mar	18-mar	01-apr	17-apr	29-apr	13-maj	27-maj	10-jun	24-jun	08-jul	29-jul	12-aug	27-aug	11-sep	24-sep	14-okt	04-nov	09-dec	Vægtet gns. 04-mar 31-okt	Vægtet gns. 01-maj 30-sep
mg våd vægt/liter																				
CILIATER	0,137	0,427	0,104	0,133	0,063	0,126	0,149	0,043	0,092	0,058	0,095	0,059	0,061	0,097	0,040	0,165	0,287	0,127	0,111	0,082
HJULDYR	0,154	0,217	0,125	0,258	0,537	0,577	0,433	0,444	0,491	0,455	0,253	0,177	0,210	0,227	0,121	0,041	0,072	0,097	0,282	0,346
CLADOCERER	0,005	0,009	0,007	0,032	0,042	0,372	2,842	2,145	0,802	0,706	2,658	1,038	2,818	2,423	2,324	1,294	1,034	0,784	1,253	1,741
COPEPODER	1,576	1,165	1,426	1,348	1,925	3,213	1,909	1,887	2,108	3,108	1,789	1,127	2,641	1,591	2,272	2,365	1,334	1,097	1,947	2,168
TOTAL	1,872	1,818	1,661	1,770	2,568	4,289	5,333	4,519	3,493	4,327	4,797	2,402	5,730	4,339	4,757	3,865	2,728	2,105	3,593	4,338
procent af total																				
CILIATER	7	23	6	8	2	3	3	1	3	1	2	2	1	2	1	4	11	6	3	2
HJULDYR	8	12	7	15	21	13	8	10	14	11	5	7	4	5	3	1	3	5	8	8
CLADOCERER	0	1	0	2	2	9	53	47	23	16	55	43	49	56	49	33	38	37	35	40
COPEPODER	84	64	86	76	75	75	36	42	60	72	37	47	46	37	48	61	49	52	54	50
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
mg våd vægt/liter																				
Calanoide copepoder	0,998	0,659	0,697	0,571	0,700	0,491	0,445	1,013	0,956	1,992	1,264	0,485	1,385	0,148	1,112	1,077	0,764	0,471	0,877	0,954
Cyclopoide copepoder	0,578	0,506	0,729	0,776	1,225	2,722	1,464	0,875	1,152	1,116	0,525	0,643	1,255	1,444	1,160	1,288	0,569	0,627	1,070	1,214
Copepoder i alt	1,576	1,165	1,426	1,348	1,925	3,213	1,909	1,887	2,108	3,108	1,789	1,127	2,641	1,591	2,272	2,365	1,334	1,097	1,947	2,168
procent af total copepod																				
Calanoide copepoder	63	57	49	42	36	15	23	54	45	64	71	43	52	9	49	46	57	43	45	44
Cyclopoide copepoder	37	43	51	58	64	85	77	46	55	36	29	57	48	91	51	54	43	57	55	56
Copepoder i alt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Arresø 1985-1997.

Plante- og dyreplankton

Biomassegennemsnit og procentvis sammensætning i sommerperioden (1.5-30.9)

Planteplanktonbiomasse	1985		1986		1987		1988		1989		1990		1991	
	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%
Blågrønalger	24,43	71	3,48	13	2,6	11	20,33	54	6,39	31	19,11	67	3,11	14
Rekylalger	0,04	0	0,06	0			0,04	0					0,06	0
Furealger			0	0										
Kiselalger	2,67	9	2,6	9	0,31	1	0,31	1	0,08	0	0,6	2	0,16	1
Stilkalger					0,05	0								
Grønalger	6,9	20	19,24	69	17,64	76	14,23	38	12,64	62	8,47	30	17,91	84
Ubestemte arter	0,21	1	2,44	9	2,74	12	2,54	7	1,33	7	0,35	1	0,31	1
Total biomasse	34,24		27,82		23,35		37,45		20,45		28,52		21,55	
Max. biomasse	66		57		30		63		34		81		44	
Måned	aug.-sep.		aug.		maj+sep		sep.		okt.		sep.		maj	

Dyreplanktonbiomasse	1985		1986		1987		1988		1989		1990		1991	
	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%
Ciliater									0,05	1,7	0,28	3,1	0,06	0,5
Rotatorier									0,45	15,2	0,67	7,4	0,21	1,8
Cladocerer									1,5	50,5	6,5	71,8	10,2	89,3
Copepoder									0,97	32,7	1,6	17,7	0,95	8,3
Total biomasse									2,97		9,05		11,42	
Max. biomasse									5,6		15,4		55,1	
Måned									okt.		aug.		jun.	

Fortsættes...

Arresø 1985-1997. (fortsat)
Plante- og dyreplankton
Biomassegennemsnit og procentvis sammensætning i sommerperioden (1.5-30.9)

Planteplanktonbiomasse	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%	mm3/l	%
Blågrønalger	6	30	11,97	38	4,24	18	2,13	13	2,913	23	10,43	54
Rekylalger				0	0,01			0		0		0
Furealger			0,03	0				0		0		0
Kiselalger	0,07	0	0,01	0	0,58	2	0,11	1	0,42	3	1,49	8
Stilkalger							0,02	0	0,007	0		0
Grønalger	13,78	68	19,38	61	18,32	79	13,45	85	9,405	73	6,92	36
Ubestemte arter	0,41	2	0,21	1	0,18	1	0,15	1	0,189	1	0,31	2
Total biomasse	20,26		31,59		23,33		15,86		12,934		19,15	
Max. biomasse	45		54		45		39		24,11		35	
Måned	dec.		jul.		sep.		feb.		maj + nov.		sep + dec	

Dyreplanktonbiomasse	1992		1993		1994		1995		1996		1997	
	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%	mg vv./l	%
Ciliater	-	-	-	-	-	-	0,12	3	0,05	1	0,08	2
Rotatorier	1,23	30,8	0,52	5,1	0,47	6	0,53	12	0,38	7	0,35	8
Cladocerer	2,08	52,1	8,64	84,8	7,01	84	2,13	46	3,17	55	1,74	40
Copepoder	0,68	17	1,03	10,1	0,88	11	1,81	40	2,14	37	2,17	50
Total biomasse	3,99		10,19		8,37		4,6		5,74		4,34	
Max. biomasse	9,5		24,1		19,81		11,88		18,14		5,73	
Måned	jun.		jun.		jun.		okt.		jun.		aug.	

Arresø 1997

Dyreplankton potentiel fødeoptagelse (µg C/l/døgn)														
Dato:	04-mar		18-mar		01-apr		17-apr		29-apr		13-maj		27-maj	
	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%
CILIATER	75,33	61	234,63	84	57,12	59	73,04	57	34,75	28	69,49	32	81,91	27
HJULDYR	15,45	12	21,70	8	12,45	13	25,81	20	53,74	43	57,74	27	43,30	14
CLADOCERER	0,24	0	0,47	0	0,36	0	1,59	1	2,08	2	18,62	9	142,08	46
COPEPODER	32,94	27	22,41	8	26,18	27	27,23	21	34,19	27	71,62	33	39,66	13
TOTAL	123,96	100	279,21	100	96,11	100	127,66	100	124,77	100	217,46	100	306,94	100

Dato:	10-jun		24-jun		08-jul		29-jul		12-aug		27-aug		11-sep	
	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%
CILIATER	**23,48**	**11**	**50,73**	**27**	**31,64**	**19**	**52,49**	**21**	**32,33**	**25**	**33,52**	**13**	**53,58**	**23**
HJULDYR	44,39	20	49,14	26	45,53	27	25,33	10	17,71	14	20,97	8	22,70	10
CLADOCERER	107,24	48	40,09	22	35,32	21	133,35	53	51,91	41	140,92	54	121,15	51
COPEPODER	46,22	21	46,05	25	57,26	34	39,09	16	25,10	20	63,32	24	37,85	16
TOTAL	221,32	100	186,02	100	169,74	100	250,27	100	127,06	100	258,73	100	235,28	100

Dato:	24-sep		14-okt		04-nov		09-dec		Vægtet gns. 04-mar 31-okt		Vægtet gns. 01-maj 30-sep	
	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%	µg C/l/døgn	%
CILIATER	21,86	11	90,86	45	158,11	65	69,63	48	60,93	32	45,11	21
HJULDYR	12,13	6	4,10	2	7,24	3	9,69	7	28,19	15	34,64	16
CLADOCERER	116,18	60	64,69	32	51,70	21	39,22	27	62,69	33	87,11	41
COPEPODER	42,42	22	40,60	20	27,91	11	27,10	19	40,08	21	46,54	22
TOTAL	192,58	100	200,25	100	244,95	100	145,64	100	191,89	100	213,40	100

7 Sedimentundersøgelse

7.1 Analyseresultater 1997

7.2 Analyseresultater 1993

7.3 Metodebeskrivelse

Tabel 1: Analyseresultater sediment fra Frederiksborg Amt, 1997.

Sø: Arresø

Station	Dybde, cm	TN g/kg TS	TP g/kg TS	Fe g/kg TS	Ca g/kg TS	TS g/kg TS	TS %	GT g/kg TS	GT %	P-fraktionering Ads-P ug/g TS	Fe-P ug/g TS	Ca-P ug/g TS	Res-P ug/g TS
A	0-2	25	2,1	6,8	140	28	2,8	450	45	200	590	130	1200
	2-5	26	2,2	6,5	140	37	3,67	440	44	210	450	64	1500
	5-10	24	1,6	6,7	150	48	4,77	310	31	270	440	170	760
	10-20	19	1,6	9,1	180	63	6,29	340	34	140	260	270	880
	20-30	14	1,1	16	170	100	10,00	210	21	120	140	210	640
	30-43	9,2	0,59	14	130	150	15,00	170	17	100	89	260	140
B	0-2	25	1,9	7,9	160	34	3,42	420	42	220	380	89	1200
	2-5	25	1,9	7,6	180	39	3,93	420	42	270	570	110	950
	5-10	28	2,2	6,5	150	42	4,18	460	46	270	490	100	1300
	10-20	20	1,8	9,1	180	61	6,10	362	36,2	160	310	260	1100
	20-30	19	1,5	12	150	96	9,56	250	25	160	150	300	880
	30-41	9,6	0,87	15	120	130	13,00	180	18	74	140	170	490
C	0-2	25	2,0	6,7	150	33	3,32	480	48	230	550	120	1100
	2-5	21	1,7	6,3	150	52	5,22	380	38	230	330	120	1000
	5-10	18	1,6	7,8	180	65	6,49	350	35	140	300	210	910
	10-20	17	1,7	10	180	76	7,58	320	32	410	200	300	780
	20-30	17	1,8	11	170	90	9,03	290	29	350	120	350	1000
	30-39	13	1,1	14	130	120	12,00	240	24	100	220	300	450

Tabel 2: Analyseresultater sediment fra Frederiksborg Amt, 1993.

Sø: Arresø

Station	Dybde, cm	TN g/kg TS	TP g/kg TS	Fe g/kg TS	Ca g/kg TS	TS g/kg TS	TS %	GT g/kg TS	GT %	P-fraktionering Ads-P µg/g TS	Fe-P µg/g TS	Al-P µg/g TS	Ca-P µg/g TS	Res-P µg/g TS
St. A1	0-2	16,6	1,42	11	170	50,1	5,01	323	32,3	51	219	126	427	595
	2-5	10,6	0,70	14	83	109	10,9	180	18	28	75	24	253	321
	5-10	11,8	0,60	18	65	136	13,6	201	20,1	16	74	<5	233	279
	10-20	13	0,65	14	58	141	14,1	216	21,6	13	88	<5	271	278
	20-30	12,5	0,75	18	53	163	16,3	215	21,5	10	120	37	240	338
	30-38	17,4	1,24	18	61	135	13,5	319	31,9	19	522	126	190	381
St. A2	0-2	4,18	0,48	3,9	28	196	19,6	72,4	7,24	14	36	29	223	175
	2-5	5,05	0,45	6,7	33	231	23,1	85,2	8,52	11	37	8	191	201
	5-10	12,6	0,69	17	75	123	12,3	212	21,2	19	90	8	257	311
	10-20	11,8	0,58	14	57	157	15,7	203	20,3	6	44	28	121	378
	20-30	14,8	1,03	17	64	145	14,5	262	26,2	20	362	366	10	275
	30-38	13,1	0,60	14	57	167	16,7	228	22,8	9	90	<5	225	274
St. C	0-2	3,74	3,74	9,6	20	155	15,5	75,3	7,53	7	51	64	1050	2570
	2-5	0,41	0,41	9,9	25	703	70,3	11,4	1,14	<5	12	<5	178	220
	5-8	0,25	0,59	20	67	794	79,4	10,8	1,08	<5	10	<5	334	250

Metodebeskrivelse

Bestemmelse af total nitrogen (T-N) (sediment)

PRINCIP: Prøvens organiske stof destrueres i en blanding af svovlsyre, kaliumsulfat, salicylsyre og natriumthiosulfat med en selenreaktionsblanding som katalysator, hvorved tilstedeværende kvælstof reduceres til NH_3-N. Efter destruktion af organisk materiale gøres reaktionsblandingen basisk. NH_3-N afdestilleres med borsyre i forlag og bestemmes titrimetrisk.

REFERENCE: Nordforsk 1975:6, modificeret

INTERN KVALITETSKONTROL: Metoden kontrolleres ved samtidig analyse af naturlig kontrolprøve.

USIKKERHED: Ved kontrolanalyse af naturlige kontrolprøver er der en analyseusikkerhed inden for dagen, CV_W, 3% og mellem dagene, CV_B, 5%.

Bestemmelse af total fosfor (T-P) (sediment)

PRINCIP: Prøvens organiske stof destrueres i en blanding af svovlsyre, kaliumsulfat, salicylsyre og natriumthiosulfat med en selenreaktionsblanding som katalysator, hvorved organisk bundet fosfor og uorganiske polyphosphater omdannes til orthophosphat. En delprøve udtages og neutraliseres. Indholdet af orthophosphat bestemmes ved kobling med ammoniummolybdat og reduktion med ascorbinsyre. Det dannede molybdænblåt bestemmes spektrofotometrisk.

REFERENCE: Nordforsk 1975:6

INTERN KVALITETSKONTROL: Metoden kontrolleres ved samtidig analyse af naturlig kontrolprøve.

USIKKERHED: Ved kontrolanalyse af naturlige kontrolprøver er der en analyseusikkerhed inden for dagen, CV_W, 1,5% og mellem dagene, CV_B, 2%.

Bestemmelse af tørstof og glødetab

PRINCIP: Tørstofindholdet bestemmes ved at en kendt prøvemængde tørres ved 105°C, og den tilbageværende rest vejes. Gløderesten bestemmes ved, at prøvens tørstof glødes ved 550°C, og den tilbageværende rest vejes. Glødetabet er differncen mellem tørstofmængden og gløderesten.

REFERENCE: DS 204:1980

DETEKTIONSGRÆNSE: Tørstof: 20 mg/kg, glødetab 20 mg/kg TS

INTERN KVALITETSKONTROL: Metoden kontrolleres ved dobbeltbestemmelse af en naturlig prøve i hver analyseserie.

USIKKERHED: Ved dobbeltbestemmelsen af en naturlig prøve er der en analyseusikkerhed indenfor dagen, CV_W, tørstof, 0,1-1%, CV_W, glødetab, 5-10%.

Bestemmelse af metaller og sporelementer i sediment

PRINCIP:
Forbehandling: Prøvematerialet homogeniseres.
Destruktion: En repræsentativ udtaget delprøve af det foreliggende prøvemateriale afvejes i specialrensede glasflasker. 20 ml 7 M salpetersyre tilsættes. Prøveblandingerne destrueres under tryk ved opvarmning i autoklave til 120°C (200kPa) i 30 minutter. Blindprøver samt referencemateriale destrueres parallelt med prøverne.
Analyse:
Ca, Fe: De destruerede prøver analyseres ved hjælp af atomabsorptionsspektrometri med flammeteknik (FAAS), idet der anvendes baggrundkorrektion, og måling foretages ved brug af en kalibreringskurve.

REFERENCE:
Destruktion: Dansk Standard DS 259

Måling ved FAAS: Dansk Standard DS 238, DS 263, DS 284, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 3111 A+B+D, 18th edition (1992). Perkin Elmer Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry 1990.

DETEKTIONSGRÆNSER: Analysedetektionsgrænserne er følgende bestemt ved FAAS: Ca, Fe: 1-10 mg/kg.

INTERN KVALITETSKONTROL: Resultaterne er kontrolleret ved samtidig analyse af syntetiske og naturlige referencematerialer.

USIKKERHED: Ved kontrolanalyse er der en analyseusikkerhed, CV_{Total}, på 5-10%

Fraktionering af phosphorpuljer i sø-sediment

PRINCIP: Med denne metode kan man fraktionere sedimenters totale phosphorpulje i følgende puljer:

Pulje	Ekstraktionsmiddel
Let adsorberet P	Natriumchloridopløsning
P bundet til jern/aluminium	Natriumhydroxidopløsning
P bundet til calcium/magnesium	Saltsyreopløsning

Endvidere bestemmes residual P (et estimat for organisk bundet P) som differensen mellem total P i sedimentet og ovenstående 3 fraktioner.
En delprøve afvejes og homogeniseres, hvorefter de tre ekstraktioner foretages umiddelbart efter hinanden efter ovenstående skema.
Det bemærkes, at de puljer, som man kommer frem til ved en fraktionering, defineres ud fra de anvendte ekstraktionsmidler. Man kan derfor ikke vide med bestemthed, men kun sandsynliggøre, at man f.eks. ved ekstraktion med natriumhydroxid får fat i nøjagtig den phosphormængde, som er bundet til jern.

Orthophosphat-indholdet (o-P) i de enkelte fraktioner bestemmes ifølge DS291, se nedenstående.

REFERENCE: "Overvågningsprogram. Vand. og sedimentanalyser i ferskvand - særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder". Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, Teknisk rapport nr. 21 og Publikation nr. 98, 1988.

Bestemmelse af orthophosphat (o-P)

PRINCIP: Prøvens indhold af orthophosphat bestemmes ved reaktion med ammoniummolybdat der under katalytisk indvirkning af kaliumantimonyltartrat reduceres af ascorbinsyre til molybdænblåt, hvis absorbans måles ved 880 nm.

REFERENCE: DS 291:1985

INTERN KVALITETSKONTROL: Metoden kontrolleres ved samtidig analyse af syntetisk kontrolprøve.

USIKKERHED: Ved kontrolanalyse af syntetiske kontrolprøver er der en analyseu-

sikkerhed indenfor dagen CV_W, saltvand 0,5-1% ferskvand 0,5-1% og mellem dagene, CV_W, saltvand 1-3% ferskvand 1-3%.

8 Udvikling i Arresøs miljøtilstand

8.1 Gennemsnit for nøgleparametre 1985-1997

8.2 Regressionsanalyse total-fosfor 1985-1997

8.3 Regressionsanalyse pH 1988-1997

Gennemsnits-, fraktil- og medianværdier for sigtdybde og vandkemi, 1985-1997

Arresø 1985-1997

Årstal		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Sigtdybde	Gennemsnit	0,35	0,36	0,35	0,39	0,43	0,35	0,37	0,41	0,28	0,35	0,35	0,45	0,38
	Median	0,3	0,3	0,36	0,36	0,4	0,33	0,37	0,4	0,25	0,31	0,31	0,44	0,39
Sigtdybde	Gennemsnit	0,4	0,29	0,38	0,47	0,48	0,43	0,35	0,43	0,3	0,41	0,43	0,46	0,4
(1/5-1/10)	75% fraktil	0,5	0,35	0,4	0,62	0,52	0,5	0,39	0,46	0,3	0,51	0,52	0,51	0,45
	25% fraktil	0,28	0,2	0,34	0,33	0,4	0,33	0,3	0,4	0,23	0,29	0,31	0,34	0,33
	Median	0,42	0,29	0,4	0,47	0,5	0,4	0,34	0,4	0,28	0,43	0,37	0,44	0,39
Klorofyl	Gennemsnit	216	240	207	274	256	345	336	393	552	413	438	224	245
	Median	241	246	207	254	255	340	327	380	566	372	402	230	218
Klorofyl	Gennemsnit	192	263	246	215	142	265	343	298	507	331	244	165	180
(1/5-1/10)	75% fraktil	263	309	258	213	166	330	416	390	625	415	315	234	239
	25% fraktil	131	227	209	94	101	186	251	199	350	208	154	90	116
	Median	198	249	221	127	139	270	319	324	469	292	225	130	156
Silikat	Gennemsnit	1,25	0,78	2,29	4,13	5,42	6,18	5,25	5,82	6,51	5,7	4,78	2,61	0,06
	Median	1,3	0,76	2,33	4,44	5,33	6,24	5,39	5,77	6,55	5,61	4,6	3	0,03
Silikat	Gennemsnit	1,16	0,77	2,57	3,61	5,43	6,39	4,83	5,91	6,66	5,59	4,53	2,66	0,03
(1/5-1/10)	Median	1,23	0,69	2,72	3,86	5,58	6,33	4,85	5,91	6,7	5,56	4,52	2,91	0,03
NH4-H	Gennemsnit	0,24	0,04	0,1	0,15	0,07	0,03	0,11	0,05	0,06	0,03	0,02	0,04	0,11
	Median	0,15	0,02	0,01	0,1	0,06	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04
NH4-H	Gennemsnit	0,31	0,01	0,01	0,08	0,05	0,01	0,04	0,02	0,08	0,05	0,01	0,01	0,01
(1/5-1/10)	Median	0,3	0,01	0,01	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
NO2-N	Gennemsnit	0,88	0,6	0,07	0,52	0,2	0,21	0,23	0,3	0,49	0,42	0,24	0,06	0,11
	Median	0,81	0,09	0,01	0,18	0,01	0,01	0,03	0,07	0,34	0,26	0,04	0,02	0,04
NO2-N	Gennemsnit	0,34	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
(1/5-1/10)	Median	0,16	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
TOT-N	Gennemsnit	4,28	3,24	2,25	3,04	3	3,5	2,99	3,72	4,63	3,61	3,38	2,5	2,66
	Median	4,46	3,21	2,14	3,13	3,01	3,58	2,91	3,24	4,8	3,22	2,76	2,46	2,71
TOT-N	Gennemsnit	3,5	2,58	2,03	1,85	2,27	3,09	3,02	2,6	3,51	2,54	1,96	1,96	2,24
(1/5-1/10)	75% fraktil	4,03	3,14	2,35	1,8	2,42	3,6	3,2	3,13	4,35	2,81	2,22	2,11	2,53
	25% fraktil	2,9	1,9	1,73	1,43	2,05	2,72	2,59	1,89	2,5	2,25	1,7	1,76	1,87
	Median	3,28	2,15	2	1,66	2,21	2,98	3,01	2,9	3,76	2,54	1,91	1,91	2,14
pH	Gennemsnit	8,68	-	-	9,26	9,35	9,45	9,3	9,3	9,29	9,1	9,11	8,91	8,89
	75% fraktil	9,13			9,93	9,93	9,96	9,77	10,01	10,02	9,88	9,67	9,36	9,19
	25%fraktil	8,1			8,6	8,91	8,93	8,69	8,45	8,53	8,39	8,56	8,48	8,53
	Median	8,38	-	-	9,34	9,49	9,72	9,43	9,5	9,31	8,83	9,2	8,81	8,97
pH	Gennemsnit	9,17	-	-	9,89	9,93	9,96	9,78	10,04	10,02	9,83	9,69	9,34	9,22
(1/5-1/10)	Median	9,1	-	-	9,94	9,97	9,98	9,81	10,05	10,16	9,95	9,8	9,4	9,27
PO4-P	Gennemsnit	0,65	0,45	0,32	0,23	0,13	0,14	0,11	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01
	Median	0,71	0,47	0,33	0,27	0,1	0,15	0,12	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
PO4-P	Gennemsnit	0,53	0,24	0,2	0,07	0,03	0,09	0,07	0,02	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
(1/5-1/10)	Median	0,59	0,23	0,19	0,04	0,03	0,09	0,08	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01
TOT-P	Gennemsnit	1	0,91	0,65	0,55	0,46	0,51	0,41	0,43	0,55	0,41	0,4	0,24	0,23
	Median	1	0,93	0,61	0,61	0,51	0,57	0,43	0,41	0,58	0,36	0,35	0,24	0,19
TOT-P	Gennemsnit	0,85	0,71	0,57	0,32	0,28	0,41	0,41	0,32	0,47	0,3	0,24	0,2	0,18
(1/5-1/10)	75% fraktil	0,97	0,86	0,62	0,4	0,35	0,53	0,47	0,4	0,57	0,35	0,29	0,26	0,22
	25% fraktil	0,64	0,52	0,54	0,18	0,2	0,25	0,36	0,25	0,35	0,21	0,17	0,14	0,15
	Median	0,9	0,63	0,57	0,29	0,24	0,42	0,41	0,34	0,49	0,25	0,22	0,18	0,17
COD partik.	Gennemsnit	-	-	-	61	65	87	88	99	149	115	119	64	62
	Median	-	-	-	59	65	85	85	94	156	95	110	65	53
COD partik.	Gennemsnit	-	-	-	46	54	70	74	82	144	94	79	56	53
(1/5-1/10)	Median	-	-	-	30	52	72	69	82	145	80	71	49	50

Regressionsstatistik

TOTAL FOSFOR - SOMMERGENNEMSNIT, ARRESØ 1985-1997

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,816553176
R-kvadreret	0,66675909
Justeret R-kvadreret	0,636464461
Standardfejl	0,121029549
Observationer	13

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,322393407	0,322393407	22,00915241	0,000659271
Residual	11	0,16112967	0,014648152		
I alt	12	0,483523077			

	Koefficienter	*Standardfejl*	*t-stat*	*P-værdi*	*Nedre 95%*	*Øvre 95%*	*Nedre 95,0%*	*Øvre 95,0%*
Skæring	84,20164835	17,86190395	4,714035446	0,000635544	44,88784295	123,5154538	44,88784295	123,5154538
X-variabel 1	-0,042087912	0,008971307	-4,691391309	0,000659271	-0,061833636	-0,022342188	-0,061833636	-0,022342188

TOTAL FOSFOR - SOMMERMEDIAN, ARRESØ 1985-1997

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,781708269
R-kvadreret	0,611067819
Justeret R-kvadreret	0,575710348
Standardfejl	0,13782871
Observationer	13

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,328312637	0,328312637	17,28256577	0,001596807
Residual	11	0,208964286	0,018996753		
I alt	12	0,537276923			

	Koefficienter	*Standardfejl*	*t-stat*	*P-værdi*	*Nedre 95%*	*Øvre 95%*	*Nedre 95,0%*	*Øvre 95,0%*
Skæring	84,95587912	20,34117442	4,1765474	0,001545535	40,18523344	129,7265248	40,18523344	129,7265248
X-variabel 1	-0,042472527	0,010216544	-4,157230541	0,001596807	-0,064959	-0,019986055	-0,064959	-0,019986055

Regressionsstatistik

pH - ÅRSGENNEMSNIT, ARRESØ 1988-1997

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,850713307
R-kvadreret	0,723713131
Justeret R-kvadreret	0,689177272
Standardfejl	0,108227454
Observationer	10

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,245454545	0,245454545	20,95541154	0,001807429
Residual	8	0,093705455	0,011713182		
I alt	9	0,33916			

	Koefficienter	*Standardfejl*	*t-stat*	*P-værdi*	*Nedre 95%*	*Øvre 95%*	*Nedre 95,0%*	*Øvre 95,0%*
Skæring	117,8738182	23,74155986	4,964872523	0,001100152	63,12564757	172,6219888	63,12564757	172,6219888
X-variabel 1	-0,054545455	0,011915451	-4,57770811	0,001807429	-0,082022551	-0,027068359	-0,082022551	-0,027068359

pH - ÅRSMEDIAN, ARRESØ 1988-1997

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,763869282
R-kvadreret	0,58349628
Justeret R-kvadreret	0,531433315
Standardfejl	0,208500781
Observationer	10

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,487219394	0,487219394	11,20751153	0,010113853
Residual	8	0,347780606	0,043472576		
I alt	9	0,835			

	Koefficienter	*Standardfejl*	*t-stat*	*P-værdi*	*Nedre 95%*	*Øvre 95%*	*Nedre 95,0%*	*Øvre 95,0%*
Skæring	162,3806061	45,73824469	3,550215081	0,007507084	56,90795647	267,8532557	56,90795647	267,8532557
X-variabel 1	-0,076848485	0,022955181	-3,347762167	0,010113853	-0,12978326	-0,023913709	-0,12978326	-0,023913709

9 Tidligere undersøgelser og rapporter

9.1 Udførte undersøgelser i Arresø 1976-1997

9.2 Tidligere undersøgelser og rapporter

Udførte undersøgelser i Arresø

Årstal for tilsyn	Omfang af tilsyn	Status for rapportering
1976	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
1977	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
1978	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
	Planteplankton n=14	ref. /1/
	Vegetation	ref. /1/
	Dyreplankton	ref. /1/
	Bunddyr	ref. /1/
1979	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
	Planteplankton n=15	ref. /1/
	Dyreplankton n=9	ref. /1/
1980-1982	Vandbalance	ref. /5/
1984	Fisk	ref. /6/
1985	Vandkemi n=10	ref. /8/
	Planteplankton	ref. /4/
1986	Vandkemi n=12	ref. /8/
	Sediment	ref. /8/
	Planteplankton	ref. /7/
1987	Vandkemi n=11	ref. /8/
	Sediment	ref. /8/
	Vegetation	ref. /16/
1988	Vandkemi n=14	ref. /8/
	Sediment	ref. /10, 16/
1989	VMPB + Plankton	ref. /9, 14/
1990	VMPB + Plankton	ref. /12, 21/
1991	VMPB	ref. /16/
	Vegetation	ref. /16/
	Fisk	ref. /16, 17/
1992	VMPB + Plankton	ref. /20, 22/
1993	Sediment	
	VMPB + Plankton	ref. /23, 24/
1994	VMPB + Plankton	ref. /32, 34/
1995	VMPB + Plankton	ref. /37, 38/
1996	VMPB + Fisk + Plankton	ref. /38, 40, 41/
1997	VMPB + Sediment + Plankton	ref. /44, 43, 42/

Tabel 2: Oversigt over undersøgelser foretaget i Arresø, 1974-1997 (VMPB=Vandmiljøplanens basisprogram).

Tidligere undersøgelser og rapporter

/1/ Hovedstadsrådet 1982. Recipientundersøgelser af Arresø 1976-1981 - Arbejdsdokument udarbejdet af Vandkvalitetsinstituttet og COWIconsult,

/2/ Hovedstadsrådet 1984. Forslag til Recipientkvalitetsplan for Roskilde Fjord og opland. Planlægningsdokument 421

/3/ Hovedstadsrådet, 1986. Recipientkvalitetsplan for Roskilde Fjord og opland, Planlægningsdokument 421

/4/ Hovedstadsrådet 1986. Phytoplankton i Arresø 1985. Recipientovervågning nr. 25, rapport udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium,

/5/ Hovedstadsrådet 1987. Arresøs vandbalance 1980, 1981 og 1982., Recipientovervågning nr. 27. Rapport udarbejdet af Det Danske Hedeselskab

/6/ Hovedstadsrådet 1987. Fiskene i Arresø. Recipientovervågning nr. 26,

/7/ Hovedstadsrådet 1988. Phytoplankton i Arresø 1986. Recipientovervågning nr. 34. Rapport udarbejdet af Marinbiologisk Laboratorium,

/8/ Hovedstadsrådet 1989. Arresø 1985-1988, Tilsynsdata. Recipientovervågning nr. 45. Rapport udarbejdet af COWIconsult,

/9/ Resultaterne af vandmiljøplanens overvågning 1989.

/10/ Restaurering og fremtidig tilstand af Arresø. Arresøarbejdsgruppen 1989

/11/ Frederiksborg Amt 1989. Tilførsel af næringsstoffer fra enkeltudledere og gårde i oplandet til Arresø.

/12/ Frederiksborg Amt 1991. Arresø, Tilstand og udvikling 1990. Recipientovervågning nr. 10.

/13/ Frederiksborg Amt, 1991. Arresø 1987 og 1988. Phytoplankton. Vandmiljøundersøgelser nr. 7. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/14/ Frederiksborg Amt, 1991. Arresø 1989. Phyto- og zooplankton. Vandmiljøundersøgelser nr. 8. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/15/ Oplandsanalyse. Reduktion af Arresøens belastning. Skov- og Naturstyrelsen & Frederiksborg Amt, Teknisk Forvaltning, 1991

/16/ Frederiksborg Amt 1992. Arresø, Tilstand og udvikling 1991. Vandmiljøovervågning nr. 3. Frederiksborg Amt og Waterconsult

/17/ Frederiksborg Amt, 1993 Fiskebestanden i Arresø, august 1991. Vandmiljøundersøgelser nr. 18. Udført og rapporteret for Frederiksborg Amt af Fiskeøkologisk Laboratorium.

/18/ Frederiksborg Amt, 1993. Vandområdeplan for Arresø og opland, Planlægningsdokument nr. 2.

/19/ Frederiksborg Amt, 1991. Vandløb og kilder, tilstand og udvikling 1992, Vandmiljøovervågning nr. 10.

/20/ Frederiksborg Amt 1993. Arresø, Tilstand 1992, Vandmiljøovervågning nr. 7.

/21/ Frederiksborg Amt 1992. Arresø 1985-1991. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/22/ Frederiksborg Amt 1993. Arresø 1992. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/23/ Frederiksborg Amt 1994. Overvågningssøer 1993. Tilstand og udvikling. Vandmiljøplanovervågning nr. 11,

/24/ Frederiksborg Amt, 1994. Arresø 1993. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/25/ Frederiksborg Amt, 1994. Resultater af fosforfraktionering på sedimenter fra Arresø 1993. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Vandkvalitetsinstituttet.

/26/ Frederiksborg Amt, 1994. Afstrømningsmålinger 1993. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

/27/ Frederiksborg Amt 1994 Redegørelse for de tekniske, lovmæssige, administrative og økonomiske forhold ved frilæggelse af rørlagte vandløbsstrækninger i oplandet til Arresø. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af N&R Consult a/s.

/28/ Frederiksborg Amt 1994. Forundersøgelser af mulige søprojekter i Arresøplanen.

/29/ Frederiksborg Amt 1994. Søprojekter i Arresøens opland.

/30/ Frederiksborg Amt 1995. Vandløb og kilder, tilstand og udvikling 1994. vandmiljøovervågning nr. 2.

/31/ Frederiksborg Amt 1995. Solbjerg Engsø, en del af Arresøplanen. Etablering og udvikling 1993/94.

32/ Frederiksborg Amt, 1995. Arresø 1994. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/33/ Frederiksborg Amt, 1995. Afstrømningsmålinger 1994. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

/34/ Frederiksborg Amt 1995. Arresø - Tilstand og udvikling 1994. Vandmiljøovervågning nr. 21.

/35/ Frederiksborg Amt, 1996. Arresø 1995. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/36/ Frederiksborg Amt, 1996. Afstrømningsmålinger 1995. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

/37/ Frederiksborg Amt 1996. Arresø - Tilstand og udvikling 1995. Vandmiljøovervågning nr. 25.

/38/ Frederiksborg Amt, 1997. Arresø 1996. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/39/ Frederiksborg Amt, 1997. Afstrømningsmålinger 1996. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

/40/ Frederiksborg Amt, 1997. Fiskeundersøgelse i Arresø 1996. Udført og rapporteret for Frederiksborg Amt af Fiskeøkologisk Laboratorium.

/41/ Frederiksborg Amt 1997. Arresø - Tilstand og udvikling 1996. Vandmiljøovervågning nr. 34.

/42/ Frederiksborg Amt, 1998. Arresø 1997. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet for Frederiksborg Amt af Miljøbiologisk Laboratorium ApS.

/43/ Frederiksborg Amt 1998. Sedimentundersøgelse i Arresø. Profilmåling og fosforfraktionering. - Notat udarbejdet af VKI.

/44/ Frederiksborg Amt 1998. Arresø - Tilstand og udvikling 1997. Vandmiljøovervågning nr. 48.

/45/ Frederiksborg Amt, 1998. Afstrømningsmålinger 1997. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

3809506

Fe-lokalitet