Arresø

Tilstand og udvikling
2002

Frederiksborg Amt Kongens Vænge 2 Hillerød

Indholdsfortegnelse

Forord

NOVA 2003 – Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet /3/ - afløste fra 1998 Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Ved revisionen af overvågningsprogrammet blev antallet af ferskvandssøer reduceret fra 37 til 27. I Frederiksborg Amt indgår Arresø og Bastrup Sø i overvågningsprogrammet.

Denne rapport beskriver resultaterne af overvågningen af Arresø i 2002. Der er lagt vægt på at give en kortfattet beskrivelse og vurdering af undersøgelsesresultaterne i 2002. Årets undersøgelsesresultater er desuden sammenstillet med resultaterne af de tidligere års undersøgelser til en beskrivelse og vurdering af udviklingstendenserne i søen. På den baggrund er også søens fremtidige udviklingsmuligheder vurderet.

Rapporteringen er hidtil foretaget af Frederiksborg Amt. I 2002 blev arbejdet med prøvetagning (sidste halvdel af året) og rapportering udliciteret til Hedeselskabet i samarbejde med Bio/consult as.

Sammenfatning

Rapportens indhold og omfang
Denne rapport indeholder en præsentation og vurdering af de undersøgelsesdata, der i medfør af NOVA 2003 er indsamlet i Arresø og dennes opland i 2002, og som indgår i den løbende overvågning af søen siden 1989.

Beliggenhed og morfometri
Arresø ligger i den nordvestlige del af Frederiksborg Amt, øst for Frederiksværk.

Arresø er Danmarks største sø med et areal på 3.987 ha. Søen er forholdsvis lavvandet med en største dybde på 5,9 meter og en middeldybde på 3,1 meter. Søens vandvolumen er opgjort til 122,75 mill. m^3.

Opland og arealanvendelse
Det topografiske opland til Arresø er opgjort til godt 215 kvadratkilometer, som for størstedelens vedkommende afvandes til søen via de fire store vandløb Ramløse Å, Pøleå, Æbelholt Å og Lyngby Å.

Oplandet består for en stor dels vedkommende af dyrkede landbrugsarealer, men derudover findes der flere større bysamfund i oplandet samt betydelige skovarealer.

Den usædvanligt store mængde nedbør i 2002 bevirkede store udvaskninger af næringsstoffer fra oplandsarealerne. Dertil kom også øgede udledninger af næringsstoffer med spildevandet, både fra renseanlæggene og fra de regnvandsbetingede udløb. Samlet set var næringsstofbelastningen af Arresø i 2002 den højeste i 7 år.

Vandbalance og hydraulisk opholdstid
Afstrømningen af vand fra oplandet var i 2002 stærkt præget af flere usædvanlige nedbørshændelser med store mængder nedbør i sommerhalvåret. Årsmiddelafstrømningen af vand (målt i oplandet til Havelse Å) var med en værdi på 9,0 l/s/km^2 næsten dobbelt så høj som middelværdien for perioden 1989-2002 (4,7 l/s/km^2). Tilstrømningen af vand var den hidtil højeste, der er registreret i perioden 1989-2002. Den store tilstrømning af vand til søen bevirkede, at vandets gennemsnitlige opholdstid var på kun 1,3 år, den hidtil laveste værdi, der er registreret i perioden 1989-2002.

Stofbalancer
Den store afstrømning af vand fra oplandsarealerne var ledsaget af store transporter af næringsstoffer og jern til søen. Den samlede tilførsel af fosfor var med knap 13 tons den højeste, der er registreret i de seneste 10 år, og også kvælstoftilførslen var med en værdi på godt 400 tons blandt de højeste i de seneste 10 år. Også tilførslen af jern var meget høj i 2002.

Mens hovedparten af den tilførte mængde jern blev tilbageholdt i søen, skete der i 2002 en meget stor frigivelse af fosfor fra søens bund. Ved årets slutning havde søen kun afgivet en mindre del af den frigivne mængde fosfor via afløbet, men for året som helhed var transporten ud af søen dog knap 7 tons større end tilførslen. Søen havde således aflastet en betydelig mængde fosfor fra søbunden.

For kvælstofs vedkommende var 2002 et mere normalt år, idet tilbageholdelsen af kvælstof lå på ca. 56% af den samlede tilførsel. Trods kort opholdstid var søen således i stand til at fjerne betydelige mængder kvælstof via denitrifikation, men det skal nævnes, at der i løbet af året også blev ophobet betydelige mængder kvælstof i vandmasserne.

Fysiske og kemiske forhold i søens vandmasser

Iltforholdene var generelt gode i søens vandmasser i 2002, idet der kun blev registreret et kortvarigt og meget beskedent fald i iltkoncentrationen i bundvandet. Der blev ikke på noget tidspunkt registreret temperaturlagdeling af vandmasserne.

Sigtdybden lå i 2002 på et lidt højere niveau end tidligere, men med en sommermiddelsigtdybde på kun 0,65 meter må Arresø også i dag karakteriseres som en uklar sø. Årets forhøjede sommermiddelværdi gjorde, at der for første gang i perioden var en statistisk signifikant stigende tendens.

Som følge af en meget omfattende frigivelse af fosfor fra sedimentet lå sommermiddelkoncentrationen af fosfor (0,277 mg/l total-fosfor) i 2002 markant højere end i de forudgående 7 år. Stigningen til trods lå middelkoncentrationen af fosfor i 2002 dog markant lavere end i begyndelsen af perioden 1989-2002, og årets høje middelværdi ændrede ikke på den signifikant faldende tendens for perioden som helhed.

Den store afstrømning af vand medførte tilførsel af store mængder kvælstof til søen, men alligevel var sommermiddelkoncentrationen med en værdi på 1,62 mg/l total-kvælstof den hidtil laveste, der er registreret i perioden 1989-2002. Årets store tilførsel af kvælstof kunne derfor heller ikke ændre den signifikant faldende tendens for kvælstofniveauet i søen.

Efter en årrække med meget lave siliciumkoncentrationer i søen har der i de seneste par år været en stigende tendens, og middelkoncentrationen i 2002 var den højeste i de seneste 6 år. Middelkoncentrationen i 2002 var dog markant lavere end i begyndelsen af perioden 1989-2002. Med det forhøjede koncentrationsniveau vurderes det, at silicium ikke længere er begrænsende for kiselalgernes vækst og udvikling.

Sedimentet i Arresø er i søens centrale dele præget af et betydeligt lag af meget vandigt og flygtigt slam med et meget højt indhold af organisk stof. Til trods for den tidligere meget store næringsstofbelastning af søen, viser sedimentet ikke nævneværdigt forhøjede koncentratio-

ner af hverken fosfor eller kvælstof. Den store tilførsel af jern til søen med det tilstrømmende vand er tydeligt afspejlet i sedimentet, idet dette har et forholdsvis højt indhold af jern. Jern:Fosfor-forholdet ligger så højt, at der erfaringsmæssigt kan forventes en forholdsvis god jernbinding af fosfor under iltede forhold. Sådanne forekommer dog sjældent nede i sedimenter med et højt indhold af organisk stof, og det betyder, at selv et højt Jern:Fosfor-forhold ikke kan sikre fosforbindingen, selv ikke hvis de overliggende vandmasser er iltrige. Det kan være forklaringen på, at der i 2002 skete en voldsom frigivelse af fosfor, til trods for at der ikke var lagdeling af vandmasserne og iltsvind i bundvandet.

Planteplanktonets sommermiddelbiomasse i 2002 var den hidtil laveste, der er registreret i perioden 1989-2002. Planteplanktonet var samtidig det mest artsrige, der er registreret. Også i 2002 havde de næringskrævende grønalger en mængdemæssigt underordnet rolle i planteplanktonet. Faldet i biomassen, den stigende artsrigdom og grønalgernes reducerede andel af den samlede planteplanktonbiomasse vurderes alle at være reaktioner på det reducerede fosforniveau i søen. Søen har således bevæget sig bort fra den meget næringsrige tilstand, men med den periodisk masseforekomst af blågrønalger er søen stadig langt fra den ønskede tilstand.

Dyreplanktonets middelbiomasse var i 2002 lidt lavere end i de to forudgående år, men lå stadig højere end i første halvdel af perioden 1989-2002. Biomassen var som tidligere domineret af dafnier, hvilket i sig selv er en positiv egenskab, idet den indikerer et begrænset prædationstryk fra fisk. I 2002 var der dominans af store former af dafnier, og det er med til at understrege den positive udvikling. Dyreplanktonets potentielle fødeoptagelse (græsning) oversteg i en stor del af tiden biomassen af den tilgængelige del af planteplanktonet, men fordi de store utilgængelige blågrønalger dominerede i sommerperioden, var dyreplanktonet ikke i stand til at regulere den samlede mængde af planteplankton.

Undersøgelserne af fiskeyngelen i juli måned viste forekomst af 4 arter – *skalle, brasen, aborre* og *sandart*, hvortil kom ældre individer af *regnløje*. Fiskeynglens tæthed var så ringe, at dens prædation på dyreplanktonet vurderes at have været begrænset. Denne vurdering understøttes af dyreplanktonets store biomasse, sammensætning og struktur.

Udviklingstendenser 1989-2002

Overvågningen viser en positiv udviklingstendens i perioden 1989-2002 for en række variablers vedkommende. Der er statistisk signifikante og talmæssigt betydende fald i næringsstofkoncentrationerne og den afledte planteplanktonbiomasse. Herudover er der i perioden et statistisk signifikant fald i koncentrationen af suspenderet stof.

På den anden side er der positive udviklingstendenser for sigtdybden og dyreplanktonbiomassen og sammensætningen heraf.

Der er således opnået betydelige forbedringer af søens tilstand, men denne er stadig præget af så uklart vand, at lysforholdene er begrænsende for undervandsvegetationens udvikling.

Målsætning og kvalitetskrav

Trods de positive udviklingstendenser for en række variabler, var kravene til sigtdybden (sommergennemsnit >0,8 meter) og fosforkoncentrationen (årsgennemsnit <0,06-0,07 mg/l total-fosfor) ikke opfyldt. Sigtdybden var i 2002 nærmest en opfyldelse af målsætningens kravværdi, mens fosforkoncentrationen som følge af den store interne belastning var langt fra at opfylde kravværdien.

Det vurderes, at den fastsatte kravværdi for sigtdybdens vedkommende ikke er tilstrækkelig stor til at sikre grundlaget for forekomst af en udbredt og veludviklet undervandsvegetation i Arresø.

Næringsstofbelastning og indsatsmuligheder

Trods en meget omfattende indsats over for især fosforbelastningen fra bysamfundene, viser størrelsen af den samlede fosforbelastning i 2002, at miljøtilstanden i Arresø stadig er under hårdt pres. Byspildevandet renses ganske vist langt bedre i dag end tidligere, og Engsøerne tilbageholder betydelige mængder næringsstoffer, men kildeopsplitningen viser, at en meget stor del af den samlede fosforbelastning i 2002 stammede fra spildevand og spildevandsrelaterede udledninger. Særlig de regnvandsbetingede udledninger var store i 2002 som følge af de store nedbørshændelser. Store mængder nedbør og deraf følgende regnvandsbetingede udledninger kan således føre til en reduktion af gevinsten ved en effektiv spildevandsrensning. Samlet set var oplandsarealerne dog i 2002 årsag til hovedparten af fosforbelastningen. Oplandsarealerne var også årsag til hovedparten af kvælstofbelastningen.

Set på den baggrund kræves der både yderligere begrænsninger af den spildevandsbetingede fosforbelastning og reduktioner af den dyrkningsbetingede fosforbelastning, dersom fosforniveauet i søen skal nedbringes til målsætningens kravværdi. På spildevandssiden bør der med den optimerede spildevandsrensning i første omgang fokuseres på de regnvandsbetingede udløb, og på landbrugssiden bør der fokuseres på overfladeafstrømningen. På landbrugssiden bør der imidlertid også fokuseres på fosforanvendelsen, idet reduceret fosforbindingskapacitet i landbrugsjorden med tiden kan føre til øget udvaskning. Der er ikke i målsætningen formuleret krav til kvælstofniveauet i søen, men skal kvælstofbelastningen reduceres, kræver det først og fremmest en nedbringelse af landbrugsbidraget.

Overvågningen i 2002 viste imidlertid, at målet for søens tilstand ikke på kort sigt kan nås alene gennem indgreb overfor den eksterne næringsstofbelastning. Søens sediment kan således under visse betingelser afgive langt større mængder fosfor end der tilføres søen udefra, og så længe dette potentiale er til stede og fra tid til anden bliver realiseret bl.a. som følge af klimatiske forhold, kan der ikke forventes en ubetinget positiv udvikling i forbindelse med nedbringelse af den eksterne næringsstofbelastning.

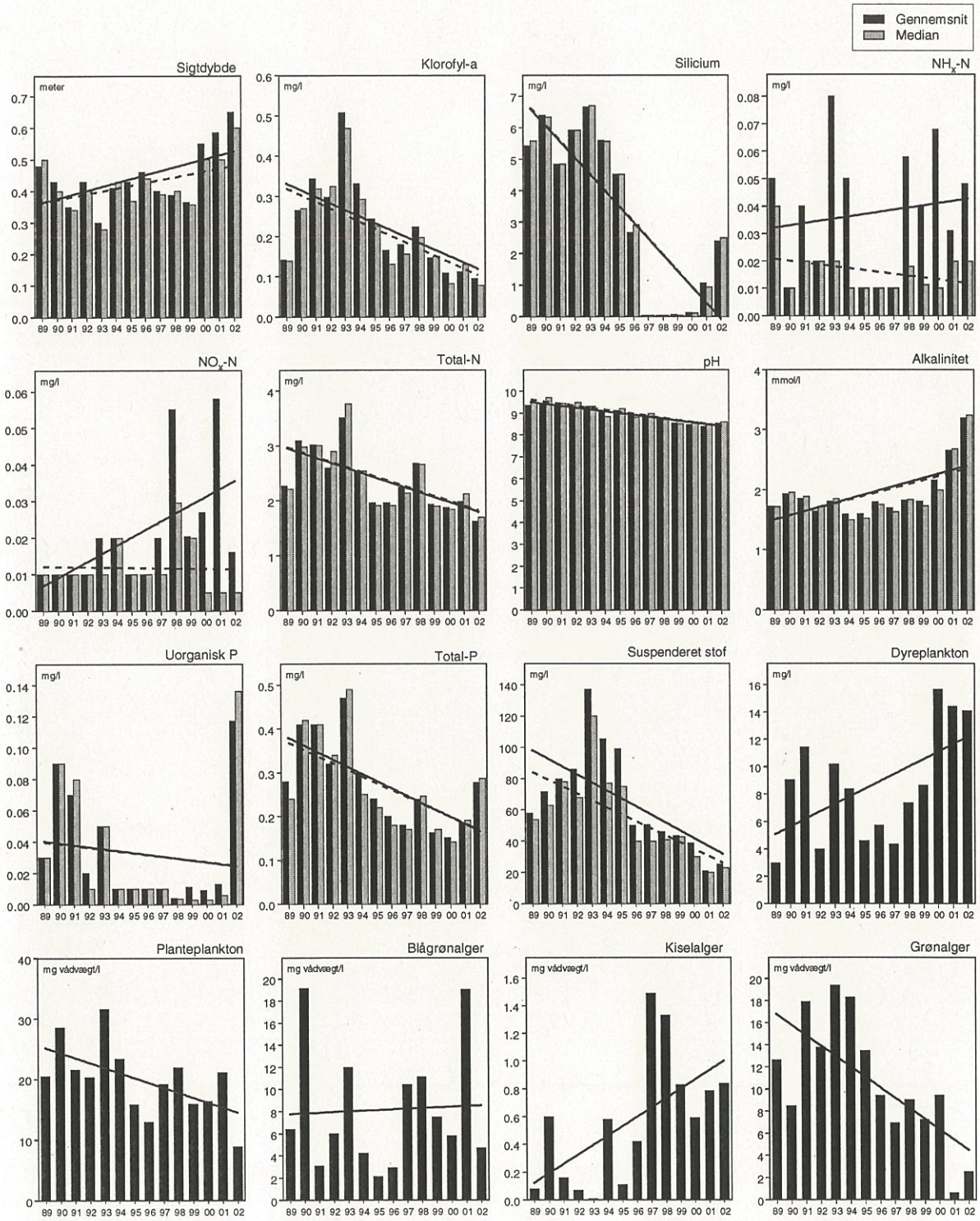
Set i det lys er forbedringen af miljøtilstanden i Arresø, herunder etablering af en veludviklet og stabiliserende undervandsvegetation, et langsigtet projekt. Det langsigtede perspektiv bør dog ikke afholde fra at have både spildevandsbidraget og dyrkningsbidraget af fosfor – samt også bidragene af kvælstof - som vigtige fokuspunkter i det fremtidige arbejde med at forbedre tilstanden i Arresø – og de tilgrænsende marine områder.

Nøgletal for Arresø 2002

Arresø 2002	Middel	Median	Min	Max
Hydraulisk middelopholdstid (år) - år	1,3	1,2	0,6 (feb)	2,1 (apr)
Hydraulisk middelopholdstid (år) - sommer	1,1	1,1	0,7 (aug)	1,5 (maj)
Fosforbelastning (tons/år)	12,868			
Fosforbelastning (mg/m^2/døgn)	0,88			
Fosfortilbageholdelse (mg/m^2/døgn)	-0,48			
Fosfortilbageholdelse (% af tilførsel)	-54			
Kvælstofbelastning (tons/år)	401,191			
Kvælstofbelastning (mg/m^2/døgn)	27,44			
Kvælstoftilbageholdelse (mg/m^2/døgn)	15,4			
Kvælstoftilbageholdelse (% af tilførsel)	56			
Sediment (0-10 cm), Total-fosfor (mg/g TS)	0,96			
Sediment (0-10 cm), Total-kvælstof (mg/g TS)	12,4			
Sediment (0-10 cm), Jern:Fosfor	16			
Total-fosfor (mg/l) - år	0,233	0,204	0,075 (apr)	0,387 (aug)
Total-fosfor (mg/l) - sommer	0,277	0,287	0,121 (maj)	0,387 (aug)
Uorganisk fosfor (mg/l) - år	0,107	0,099	0,005 (apr)	0,215 (dec)
Uorganisk fosfor (mg/l) - sommer	0,117	0,136	0,005 (maj)	0,173 (jul)
Total-kvælstof (mg/l) - år	1,840	1,700	0,920 (maj)	2,730 (nov)
Total-kvælstof (mg/l) - sommer	1,621	1,700	0,920 (maj)	2,590 (aug)
Uorganisk kvælstof (mg/l) - år	0,475	0,140	0,020 (maj)	1,520 (dec)
Uorganisk kvælstof (mg/l) - sommer	0,064	0,030	0,020 (maj)	0,160 (maj)
pH - år	8,38	8,50	7,90 (jan)	8,90 (sep)
pH - sommer	8,61	8,60	8,30 (maj)	8,90 (sep)
Sigtdybde (m) - år	0,69	0,60	0,45 (aug)	1,20 (apr)
Sigtdybde (m) - sommer	0,65	0,60	0,45 (aug)	1,10 (maj)
Klorofyl-a (mg/l) - år	0,075	0,073	0,012 (maj)	0,160 (jul)
Klorofyl-a (mg/l) - sommer	0,095	0,078	0,012 (maj)	0,160 (jul)
Suspenderet stof (mg/l) - år	20,5	20,0	7,8 (jan)	39,0 (aug)
Suspenderet stof (mg/l) - sommer	25,2	23,0	9,0 (maj)	39,0 (aug)

Arresø 2002	Middel	Median	Min	Max
Planteplankton (mm^3/l) - år	7,557	6,380	2,448 (nov)	15,639 (jul)
Planteplankton (mm^3/l) - sommer	8,870	8,547	2,629 (maj)	15,639 (jul)
Blågrønalger (% af total) - sommer	53	51	0 (forår)	79 (sep)
Kiselalger (% af total) - sommer	9	9	0 (efterår)	24 (jun)
Grønalger (% af total) - sommer	29	23	11 (jul)	88 (maj)
Dyreplankton (mg vådvægt/l) - år	14,24	10,41	2,76 (maj)	61,68 (jul)
Dyreplankton (mg vådvægt/l) - sommer	14,01	9,77	2,76 (maj)	61,68 (jul)
Hjuldyr (% af total) - sommer	1	1	0 (jul)	9 (maj)
Vandlopper (% af total) - sommer	12	18	1 (jul)	56 (aug)
Dafnier (% af total) - sommer	86	76	39 (aug)	98 (jul)
Dapnia : alle dafnier (dafnie-indeks$_{antal}$) - sommer	0,49	0,67	0,01 (jul)	1,0 (forår)
Biomasse af *Daphnia* (mg vådvægt/l) - sommer	10,19	6,29	0,22 (aug)	57,89 (jul)
Biomasse af alle dafnier (mg vådvægt/l) - sommer	12,15	7,45	1,94 (aug)	60,73 (jul)
Dyreplankton, pot. fødeoptagelse (μg C/l/døgn) - sommer	710,9	502,3	217 (sep)	3.080 (jul)
Pot. fødeoptagelse i % af totale planteplanktonbiomasse	73	42	17 (sep)	392 (jul)
Pot fødeoptagelse i % af planteplanktonbiomasse (<50 μm)	144	83	29 (sep)	2.930 (jul)
Fiskeyngel i pelagiet (individer/m^3)	0,66			
Fiskeyngel i littoralen (individer/m^3)	2,68			

Udviklingstendenser i Arresø 1989-2002 (sommergennemsnit og –median)

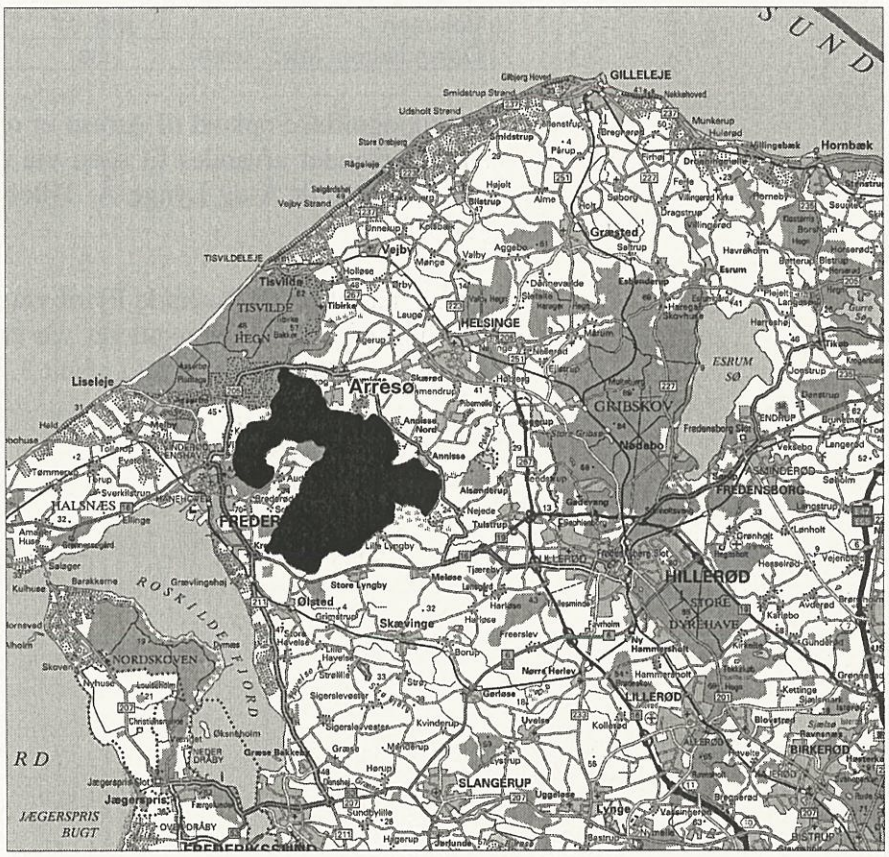


Optrukket line = tendenslinie for sommergennemsnit.
Stiplet linie = tendenslinie for sommermedian.

1. Indledning

Arresø er med et areal på 3.987 ha Danmarks største sø, beliggende i den nordvestlige del af Frederiksborg Amt, øst for Frederiksværk, se figur 1.1.

Figur 1.1.
Kort over Arresø's geografiske beliggenhed.



1.1. Baggrunden for overvågningen

Arresø indgår i det nationale overvågningsprogram NOVA 2003 som den ene af de i to overvågningssøer i Frederiksborg Amt. Formålet med overvågningen er at beskrive og vurdere søens miljøtilstand og udviklingen heraf. Overvågningen skal dokumentere hvordan og i hvilket omfang miljøtilstanden og udviklingen heraf afhænger på den ene side af de naturgivne forhold og på den anden side af menneskeskabte påvirkninger. Overvågningen skal på den baggrund belyse søens økologiske tilstand og skal derigennem anvise mulige miljøforbedrende indgreb og vurdere effekterne heraf.

1.2. Karakteristik af Arresø

Tabel 1.1. indeholder morfometriske data for Arresø. Dybdekort samt hypsografen og volumenkurven er vist i bilag 1.

Tabel 1.1
Morfometriske data for Arresø, angivet på grundlag af dybdekortet (T. Høy, 1995) og gældende ved vandspejlskote 3,97 m o. DNN.

Areal	ha	3.987
Middeldybde	m	3,1
Største dybde	m	5,9
Volumen	mill. m^3	122,750
Oplandsareal (excl. søen)	ha	21.500

Det topografiske opland til Arresø er opgjort til 21.500 ha. Hovedparten af oplandet afvandes til søen via de 4 store tilløb – Ramløse Å, Pøleå, Æbelholt Å og Lynge Å. Tilløbenes beliggenhed er vist på figur 3.1.

Arresø har afløb til Roskilde Fjord via Arresø Kanal i søens nordvestlige hjørne. Afløbet er reguleret via en sluse. En mere detaljeret beskrivelse af oplandet er givet i afsnit 3.

2. Klimatiske forhold

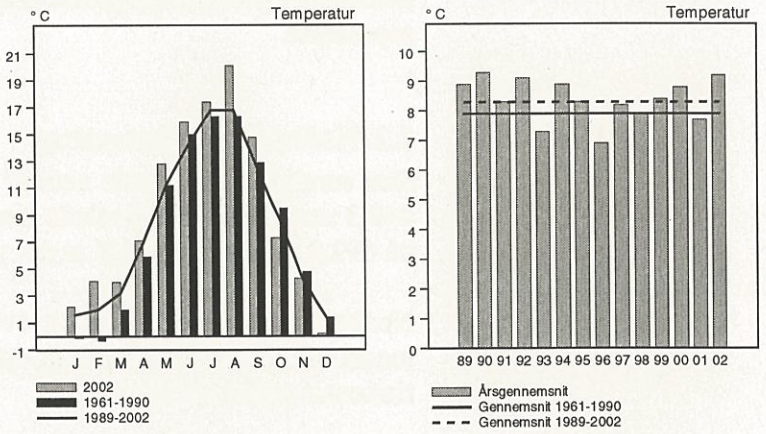
De klimatiske forhold har i almindelighed stor indvirkning på miljøtilstanden i søer, idet de bl.a. påvirker omrøringen af vandmasserne, temperaturlagdelingen, lysindstrålingen, nedbør og fordampning samt vand- og stoftilførslen.

De klimatiske forhold har særlig betydning for tilstanden i Arresø, idet det store vandspejl muliggør en kraftig vindbetinget omrøring af vandmasserne. Bilag 2 indeholder de klimadata, der danner grundlag for beskrivelsen af de klimatiske forhold i 2002.

2.1. Temperatur, globalindstråling og solskinstimer

Årsmiddeltemperaturen ved Arresø (20 km grid nr. 20153) var 9,2 °C i 2002. Denne værdi skal ses i forhold til en middeltemperatur på 8,3 °C for perioden 1989-2002 og en middeltemperatur på 7,9 °C for perioden 1960-1990. Den høje middeltemperatur i 2002 er blandt de højeste i perioden 1989-2002, og den er fremkommet som resultat af månedsmiddeltemperaturer over langtidsgennemsnittet i årets første 9 måneder, se figur 2.1.

Figur 2.1.
Månedsmiddeltemperaturer ved Arresø i 2002, vist i forhold til langtidsmiddeltemperaturen for perioderne 1961-1990 og 1989-2002 (tv.). Årsmiddeltemperaturen for perioden 1989-2002 vist i forhold til middeltemperaturen i perioderne 1960-1990 og 1989-2002 (th.).

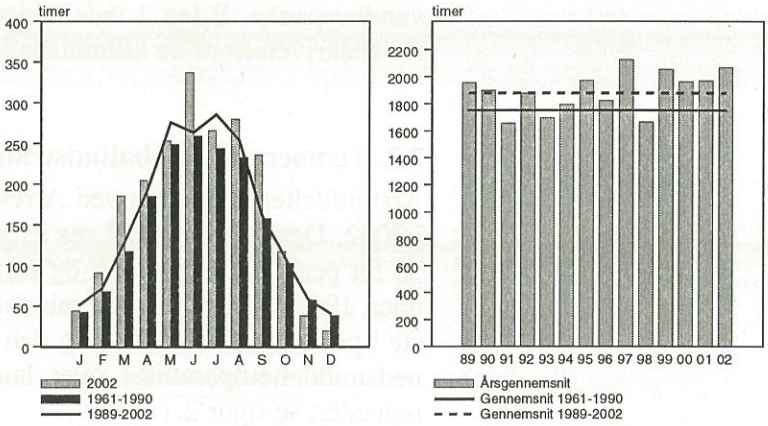


Årets laveste dagsmiddeltemperatur på –6,5 °C blev målt den 31. december. Der var i 2002 kun få dage med frost, og der var ingen måneder med en middeltemperatur under 0 grader. Årets højeste dagsmiddeltemperatur på 22,8 °C blev målt den 1. august, og august var årets varmeste måned med en middeltemperatur på 20,1 °C.

Den samlede globalindstråling ved Arresø var i 2002 på 3.723 MJ/m^2/år, hvilket er lidt højere end langtidsnormalen (3.644 MJ/m^2/år) for sjællandsområdet /4/.

Den høje globalindstråling var nært korreleret med antallet af solskinstimer. Det samlede antal solskinstimer var i 2002 på 2.072, hvilket skal ses i forhold til årsmiddelværdier på 1.883 timer for perioden 1989-2002 og 1.754 timer for perioden 1961-1990, jf. figur 2.2.

Figur 2.2.
Antallet af solskinstimer ved Nakkehoved Fyr i 2002, vist i forhold til langtidsmiddelværdierne for perioderne 1961-1990 og 1989-2002 (tv.). Antal solskinstimer i de enkelte år i perioden 1989-2002 vist i forhold til middelantallet af solskinstimer for perioderne 1960-1990 og 1989-2002 (th.).



Samlet set var 2002 et år præget af en høj middeltemperatur og et sommerhalvår med temperaturer noget over langtidsgennemsnittet. Antallet af solskinstimer var ligeledes noget højere end langtidsgennemsnittet, primært på grund af mange solskinstimer i juni og august-september.

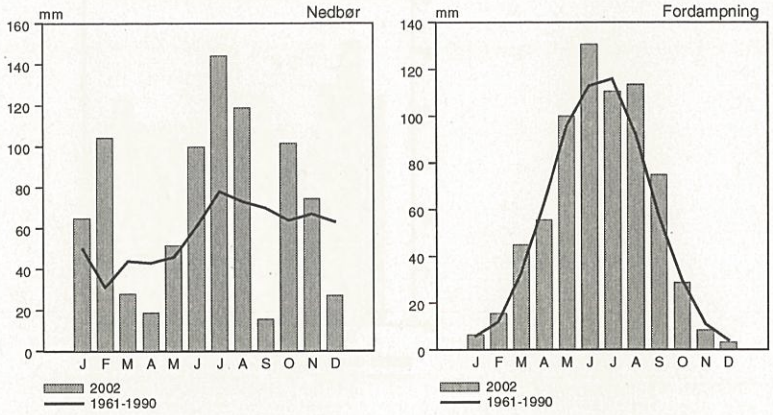
2.2. Nedbør og fordampning

Den samlede korrigerede nedbør (jf. /1/,/5/) ved Arresø var i 2002 på 849,3 mm, mens den samlede korrigerede fordampning (jf. /1/,/8/) var på 692,9 mm, svarende til at der var et nedbørsoverskud på 156,4 mm.

Nedbøren faldt meget ujævnt over året, mens fordampningen, der er meget afhængig af temperatur og vind, havde et langt mere jævnt variationsmønster, se figur 2.3.

Den store mængde nedbør, hvoraf en stor del faldt i sommermånederne, står i nogen grad som kontrast til det høje antal solskinstimer. Forklaringen er, at nedbøren i stor udstrækning faldt i forbindelse med en række isolerede, men voldsomme nedbørshændelser. Nedbørsmæssigt var 2002 imidlertid ikke blot præget af voldsomme nedbørshændelser, idet der også var flere måneder med en nedbør langt under langtidsnormalen.

Figur 2.3.
Oversigt over nedbør og fordampning ved Arresø. Månedsværdierne er vist i forhold til langtidsgennemsnittet for perioden 1961-1190.



Det varme og solrige vejr havde direkte indflydelse på fordampningen, der i flere af sommermånederne lå over langtidsnormalen, men bortset herfra lå fordampningen i de enkelte måneder nær langtidsnormalen. Årets store nedbørsoverskud fremkom derfor primært som resultat af en usædvanligt stor mængde nedbør og ikke som resultat af en lav fordampning.

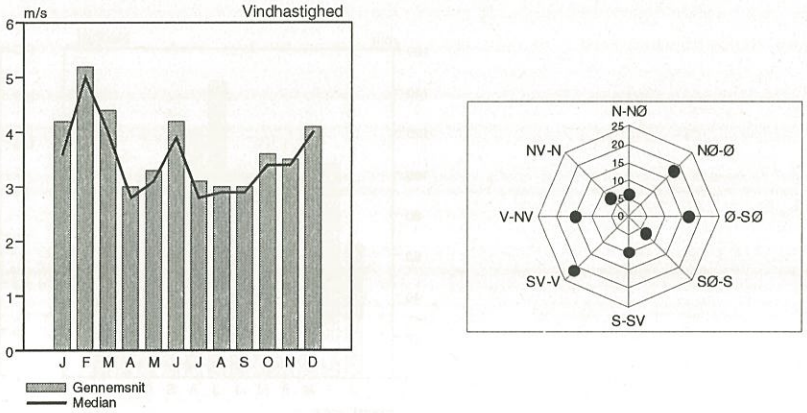
2.3. Vind

Vindforholdene er beskrevet ved målestation 30188 Sjælsmark, hvorfra der foreligger time-målinger af vindretning og -styrke.

Den gennemsnitlige vindstyrke var 3,7 m/s, og største vindstyrke på 14,5 m/s blev målt i januar, da vinden kom fra sydvestlige retning. Perioden januar-marts havde årets højeste middelvindstyrker fra sydvestlige retninger, men også i juni og december var der forholdsvis høje middelvindstyrker, jf. figur 2.4., men her fra sydlige og sydøstlige retninger. Figur 2.4. viser også frekvensfordelingen af de målte vindretninger. For året som helhed dominerede vindretninger omkring sydvest og nordøst, og den gennemsnitlige vindretning var syd.

Med sydvestlige og nordøstlige vinde som de fremherskende var Arresø i en stor del af tiden udsat for vindpåvirkninger fra retninger, hvor der i forhold til søens vandspejl er et stort frit stræk, hvilket giver de største bølger og den kraftigste strøm. Til gengæld var vindhastighederne moderate, idet ca. 85% af samtlige vindmålinger viste hastigheder mindre end 6 m/s.

Figur 2.4.
Oversigt overmiddel vindhastigheden i de enkelte måneder i 2002 (tv.). Frekvensfordeling af de målte vindretninger ved Sjælsmark i 2002 (midt). Frekvensfordeling af vindhastigheder i 2002 (th.).

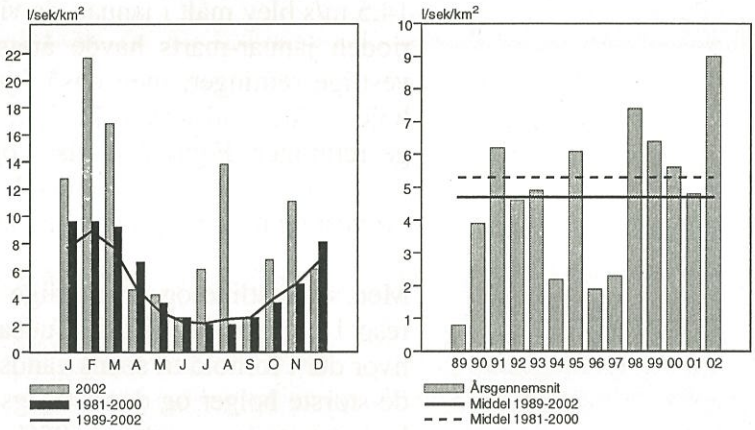


2.4. Ferskvandsafstrømning

Afstrømningen af vand fra landarealer via vandløb er beskrevet på grundlag af målinger af vandføringen i Havelse Å. Afstrømningsmålingerne er foretaget af Hedeselskabet /9/.

Der var i 2002 tre perioder med en arealspecifik afstrømning langt over langtidsnormalen, og det er hovedårsagen til, at middelafstrømningen for 2002 nåede op på 9,0 l/s/km^2, hvilket er langt over langtidsnormalerne, se figur 2.5.

Figur 2.5.
Månedsmiddelafstrømning i Havelse Å 2002 i sammenligning med middelværdier for perioderne 1981-2000 og 1989-2002 (tv.). Årsmiddelafstrømning 1989-2002 og langtidsgennemsnit for perioderne 1981-2000 og 1989-2002 (th.).

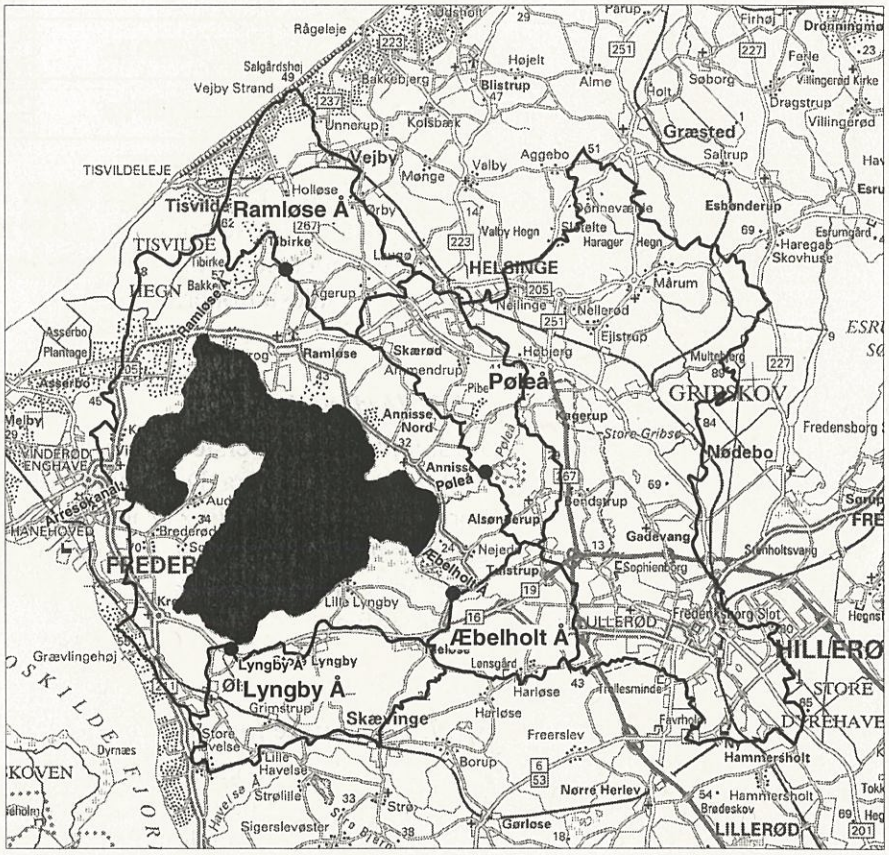


Blandt de store afstrømningshændelser bemærkes især dem i juli og august. Afstrømningen er normalt meget lav i disse to måneder, men i 2002 var den meget høj som følge af de store mængder nedbør, der faldt i disse to måneder samt i juni. Afstrømningsmæssigt var 2002 således et usædvanligt år.

3. Oplandsbeskrivelse og kildeopsplitning

Afgrænsningen af det topografiske opland til Arresø er vist i figur 3.1, der også viser afgrænsningen af deloplandene og beliggenheden af målestationerne i tilløbene og afløbet.

Figur 3.1.
Oversigt over afgrænsningen af det topografiske opland til Arresø med markering (•) af målestationerne i tilløb og afløb.



3.1. Oplandsanalyser

~~3.1.1.~~1.1.1. *Arealtypefordeling*

Det topografiske opland har et areal på 21.500 ha (eksklusive søens areal). Bilag 3.1. indeholder en redegørelse for deloplandene samt oversigt over arealtypefordelingen ifølge Miljø- og Energiministeriets Arealinformationssystem (AIS).

Godt halvdelen af oplandet består af landbrugsarealer (51%), men derudover findes der betydelige skovarealer (21%). Med to større bysamfund (Hillerød og Helsinge) er også en betydelig del (17%) dækket af bebyggelser. Den resterende del af oplandet (11%) består af natur, sø og andet.

Oplandene til de 4 store tilløb har forskellig størrelse og arealtypefordeling, se tabel 3.1.

Tabel 3.1.
Størrelse og arealtypefordeling i de 4 målte oplande til Arresø.

Vandløb	Oplandsareal til målestation	Arealtyper i opland
Pøleå	9.900 ha	Store landbrugsarealer og skovarealer. Adskillige bysamfund
Æbelholt Å	1.200 ha	Landbrugsarealer. Enkelte småbebyggelser
Lyngby Å	1.900 ha	Landbrugsarealer med enkelte mindre bysamfund
Ramløse Å	2.000 ha	Landbrugs-, skov- og mosearealer. Enkelte mindre bysamfund

Oplandet til de 4 målestationer udgør i alt 15.000 ha, svarende til det målte opland. De resterende ca. 6.500 ha er det umålte opland. Det består af oplandet nedstrøms målestationerne og af oplandet til mindre tilløb uden målestationer.

3.1.2. Jordbundsanalyse

Jordbunden i de øverste 20 cm af jordprofilen i oplandet til Arresø er beskrevet på kort fra Danmarks Jordbrugsforskning. Dataudtræk fra kortet, se bilag 3.1, viser at jordbunden i oplandet til Arresø hovedsagelig består af lerblandet sandjord (83%). Sandblandet lerjord udgør 10% og humusjorder 5%. Øvrige jordarter forekommer kun i ubetydeligt omfang.

3.1.3. Geologiske forhold

De geologiske forhold i oplandet er beskrevet på grundlag af kort fra Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS), se bilag 3.1. Oplandet er i geologisk henseende præget af smeltevandssand (33%), ferskvandstørv (31%), smeltevandsgrus (15%) og moræneler (14%). Øvrige geologiske formationer er af ubetydelig arealmæssig udstrækning.

3.2. Kilder til næringsstofbelastningen

Næringsstofbelastningen af Arresø skyldes bidrag fra punktkilder i oplandet, arealbidrag fra oplandsarealerne samt bidrag fra atmosfæren, se bilag 3.2. Vandbalancen viser, at der i nogle perioder er direkte grundvandsindsivning til søen, se bilag 4.1. Det vurderes, at usikkerheden på vandbalancen er betydelig. Der er ikke i kildeopsplitningen foretaget opgørelse af de mulige til- og fraførsler af næringsstoffer med det ind- og udsivende grundvand.

3.2.1. Fosfor

Tabel 3.2. og figur 3.2. indeholder en oversigt over kilderne til den samlede fosforbelastning af Arresø i perioden 1989-2002 (kildeopsplitning).

Tabel 3.2.
Arresø 1989-2002. Oversigt over fordelingen af den samlede fosforbelastning på kilder.

Fosfor, tons pr. år	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Byspildevand	26,54	22,18	13,26	8,94	7,88	9,47	5,10	3,71
Regnvandsbetinget overløb	2,03	2,03	2,03	2,38	2,22	2,22	2,23	1,60
Spredt bebyggelse	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0,97	0,97	0,23
Spildevand i alt	30,02	25,66	16,74	12,77	11,55	12,66	8,30	5,54
Baggrundsbidrag							3,68	0,70
Dyrkningsbidrag							0,57	-1,34
Diffus tilførsel i alt	-3,52	-3,48	6,23	-1,79	-1,22	6,86	4,24	-0,64
Atmosfærisk bidrag	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Andet (retention i engsøer)	0	0	0	0	0	8,97	4,59	-0,03
Samlet tilførsel	27,10	22,78	23,57	11,58	10,93	11,15	8,55	5,53
Indløbskoncentration (mg P/l)	0,801	0,567	0,436	0,266	0,240	0,159	0,151	0,241
Retention i Arresø	13	4,78	-1,43	-8,22	-6,18	-20,1	-14,7	3,47

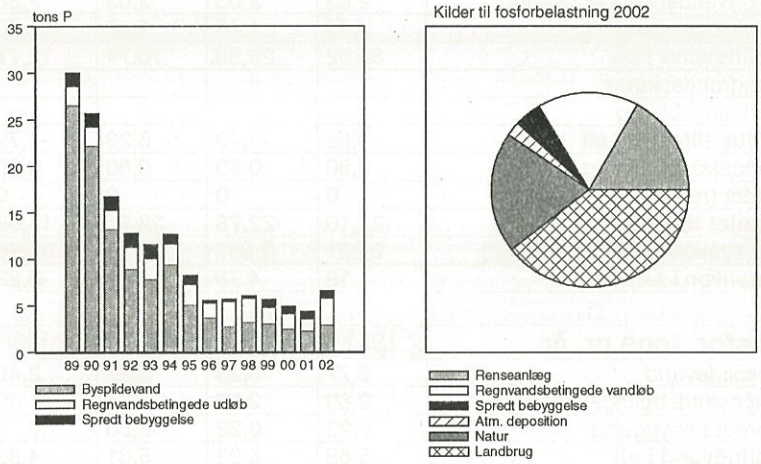
Fosfor, tons pr. år	1997	1998	1999	2000	2001	2002		
Byspildevand	2,77	3,23	3,07	2,49	2,26	2,94		
Regnvandsbetinget overløb	2,69	2,57	1,74	1,62	1,33	2,86		
Spredt bebyggelse	0,23	0,23	0,80	0,77	0,76	0,78		
Spildevand i alt	5,68	6,03	5,61	4,89	4,34	6,58		
Baggrundsbidrag	1,26	3,69	2,79	2,35	1,95	3,49		
Dyrkningsbidrag	-0,46	2,85	3,34	1,31	1,92	6,83		
Diffus tilførsel i alt	0,81	6,54	6,13	3,67	3,86	10,32		
Atmosfærisk bidrag	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,42		
Andet (retention i engsøer)	1,75	2,45	2,11	0,05	1,90	4,44		
Samlet tilførsel	5,14	10,52	10,03	8,90	6,71	12,88		
Indløbskoncentration (mg P/l)	0,188	0,159	0,167	0,173	0,143	0,177		
Retention i Arresø	1,13	-2,59	0,94	-5,71	-2,02	-6,99		

Kildeopsplitningen for 2002 viser en større samlet fosforbelastning, end i 2001 og de forudgående 9 år. De to vigtigste kilder var landbruget og spildevandsudledninger, der var ansvarlige for hovedparten af den samlede belastning, se figur 3.2. Kildeopsplitningen viser, at både spildevandsbidraget og dyrkningsbidraget er meget afhængig af afstrømningens størrelse. Bidraget fra renset spildevand var noget forhøjet, mens bidraget fra regnvandsbetingede udløb var mere end fordoblet. Sidstnævnte skal ses i lyses af både den generelt store mængde nedbør i 2002 og ikke mindst i lyset af de voldsomme nedbørshændelser. I kildeopsplitningen er spildevandsbidragene ganske vist jævnt fordelt over årets måneder, men i realiteten har fordelingen utvivlsomt været langt mere nedbørsafhængig, hvilket også ses af amtets data fra tilsynet med renseanlæggene. Det øgede dyrkningsbidrag skyldes formodentlig både øget udvaskning og øget overfladeafstrømning i forbindelse med store nedbørshændelser.

Overvågningen af tilbageholdelsen af fosfor i Engsøerne viser, at de i 2002 tilbageholdt en meget stor mængde fosfor. Uden denne tilbage-

holdelse ville fosforbelastningen af Arresø i 2002 have været ca. 35% større, og set på den baggrund må Engsøerne i 2002 tilskrives væsentlig betydning for fosforbelastningen af Arresø. For tilstanden i Arresø var tilbageholdelsen dog af mindre betydning, idet den interne belastning i 2002 var usædvanligt stor.

Figur 3.2.
Oversigt over udviklingen af fosforbelastningen af Arresø fra spildevandskilder i perioden 1989-2002(tv.) samt oversigt over fordelingen af fosforbelastningen i 2002 på samtlige kilder (th.).



Baggrundsbidraget har i perioden varieret inden for et forholdsvis snævert interval. Størrelsen af bidraget påvirkes i en vis udstrækning af vandafstrømningen fra oplandet. Størrelsen af dyrkningsbidraget er langt mere afhængigt af afstrømningen af vand, og det er på den baggrund ikke overraskende, at dyrkningsbidraget var det hidtil største, der er beregnet i perioden, idet afstrømningen i 2002 var den højeste i perioden.

Dyrkningsbidragets afhængighed af afstrømningen gør, at fosforbelastningen af Arresø vil udvise stor år-til-år-variation, og eneste mulighed for at afdæmpe udvaskningens størrelse synes på det foreliggende grundlag at være at reducere andelen af intensivt dyrkede arealer i oplandet og/eller øge beskyttelsen af vandløbene og søen selv mod overfladeafstrømning, eksempelvis gennem etablering af bræmmer og bufferzoner.

3.2.2. Kvælstof

Tabel 3.3. og figur 3.3. indeholder en oversigt over kilderne til den samlede fosforbelastning af Arresø i perioden 1989-2002 (kildeopsplitning).

Kildeopsplitningen for 2002 viser en markant større samlet kvælstofbelastning end i 2001, jf. figur 3.3, hvilket i al væsentlighed tilskrives den større mængde nedbør i 2002.

Tabel 3.3.
Arresø 1989-2002. Oversigt over fordelingen af den samlede kvælstofbelastning på kilder.

Kvælstof, tons pr. år	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Byspildevand	168,0	182,0	149,0	131,0	99,0	82,5	63,3	51,5
Regnvandsbetinget overløb	7,0	7,0	7,0	9,0	9,0	8,6	8,9	6,4
Spredt bebyggelse	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	1,1
Spildevand i alt	179,2	193,2	160,2	144,2	112,2	95,3	76,4	58,9
Baggrundsbidrag							75,6	14,2
Dyrkningsbidrag							155,5	27,4
Diffus tilførsel i alt	101,0	153,0	324,8	234,8	234,8	364,6	231,1	41,6
Atmosfærisk bidrag	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0	79,0
Andet (retention i engsøer)	0	0	0	0	0	22,9	12,1	6,6
Samlet tilførsel	359,2	425,2	564,0	458,0	426,0	516,0	374,5	172,9
Indløbskoncentration (mg N/l)	8,5	8,9	9,2	9,2	8,1	6,6	5,6	4,6
Retention	261	315	494	291	280	218	169	152

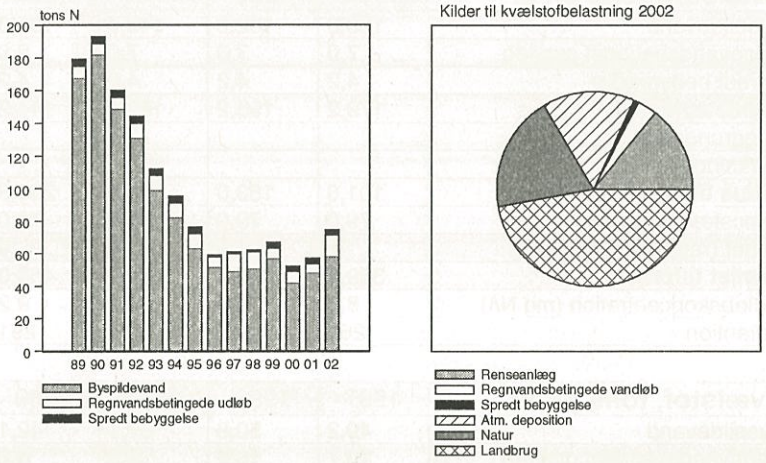
Kvælstof, tons pr. år	1997	1998	1999	2000	2001	2002		
Byspildevand	49,2	50,8	57,1	42,1	48,3	58,3		
Regnvandsbetinget overløb	10,7	10,2	6,3	6,8	5,6	12,8		
Spredt bebyggelse	1,1	1,1	3,5	3,4	3,3	3,4		
Spildevand i alt	61,0	61,6	66,9	52,3	57,2	74,5		
Baggrundsbidrag	36,1	116,3	62,9	53,3	45,2	79,0		
Dyrkningsbidrag	37,8	260,1	189,2	154,9	118,6	191,8		
Diffus tilførsel i alt	73,9	376,4	252,0	208,2	163,7	270,8		
Atmosfærisk bidrag	59,8	59,8	59,4	59,5	59,5	62,4		
Andet (retention i engsøer)	18,7	12,8	16,5	9,3	9,8	6,6		
Samlet tilførsel	176,0	485,4	361,9	310,7	270,7	401,2		
Indløbskoncentration (mg N/l)	4,6	6,7	5,3	5,1	4,8	4,8		
Retention	131	303	234	126	157	224		

For spildevandsbidragets vedkommende havde nedbørsforholdene især indflydelse på størrelsen af bidraget fra de regnvandsbetingede udløb samt også på bidraget fra renset byspildevand. Disse relativt store stigninger ændrede dog ikke ved det forhold, at hovedparten af kvælstofbelastningen også i 2002 skyldtes udvaskningen fra oplandsarealerne, se figur 3.3.

Dyrkningsbidraget var det største enkeltbidrag, og det udgjorde knap 50% af den samlede belastning. Også baggrundsbidraget var betydeligt og viste stor afhængighed af nedbørs- og afstrømningsforholdene.

Dyrkningsbidragets afhængighed af afstrømningen gør, at kvælstofbelastningen af Arresø vil udvise stor år-til-år-variation, og eneste mulighed for at afdæmpe udvaskningens størrelse synes på det foreliggende grundlag at være at reducere andelen af intensivt dyrkede arealer i oplandet og/eller øge beskyttelsen af vandløbene og søen selv mod overfladeafstrømning, eksempelvis gennem etablering af bræmmer og bufferzoner.

Figur 3.3.
Oversigt over udviklingen af kvælstofbelastningen af Arresø fra spildevandskilder i perioden 1989-2002(tv.) samt oversigt over fordelingen af kvælstofbelastningen i 2002 på samtlige kilder (th.).



3.3. Indsatsområder

Med spildevandet som kilde til en meget væsentlig del af den samlede fosforbelastning er spildevandsudledningerne via renseanlæg og regnvandsbetingede udløb blandt de umiddelbart mest oplagte mål for miljøforbedrende indgreb. Spildevandsrensningen er ganske vist optimeret siden begyndelsen af perioden, og der er med etableringen af Engsøerne allerede taget væsentlige skridt til at begrænse tilførslen af fosfor fra spildevandsanlæggene (og de opstrøms søerne beliggende oplandsarealer), og søerne har vist sig at kunne tilbageholde betydelige mængder fosfor, selv under en så stor hydraulisk belastning, som forekom i 2002. Det må imidlertid forventes, at Engsøernes evne til at tilbageholde fosfor kan blive reduceret med tiden, efterhånden som de fyldes op af fosforholdigt sediment. På den baggrund bør fosforbidraget fra spildevand, ikke mindst via de regnvandsbetingede udløb, fortsat være et indsatsområde i arbejdet med at forbedre tilstanden i Arresø.

Modsat situationen i de to forudgående år var dyrkningsbidraget i 2002 det største enkeltbidrag, og det betyder – set i lyset af den optimerede spildevandsrensning – at man ikke kommer uden om en reduktion af dyrkningsbidraget, dersom fosforbelastningen af Arresø skal nedbringes til det ønskelige niveau. Opmærksomheden bør rettes mod både overfladeafstrømningen og udvaskningen af fosfor.

For kvælstofs vedkommende er dyrkningsbidraget det vigtigste fokuspunkt, idet op mod halvdelen af den samlede kvælstofbelastning skyldes den landbrugsmæssige udnyttelse af oplandsarealerne. Behovet for nedbringelse af kvælstofbelastningen vurderes dog ikke på kort sigt at have samme høje prioritet som behovet for nedbringelsen af fosforbelastningen, og der vurderes heller ikke på kort sigt at være samme mulighed for at nedbringe kvælstofbelastningen. Men også for

kvælstofs vedkommende vil etablering af bufferzoner og bræmmer være et skridt til nedbringelse af belastningen via overfladeafstrømning.

Når der er grund til at pege på behovet for i almindelighed at nedbringe dyrkningsbidraget, skyldes det også bekymringen for at den intensive dyrkning med tiden vil kunne føre til øget udvaskning af fosfor i takt med at fosforbindingskapaciteten opbruges, jf. /10/. Øget udvaskning af fosfor fra oplandsarealerne vil i værste fald kunne opveje selv betydelige reduktioner af spildevandsbidraget, og hvis det sker, vil fosforbelastningen være flyttet fra en kontrollerbar kilde over til en kilde, der er langt vanskeligere at kontrollere og hvor tidsperspektivet er meget længere. Dertil kommer naturligvis hensynet til recipienten for det udstrømmende vand fra søen – Roskilde Fjord.

4. Vand- og stofbalancer

Der er hvert år i perioden 1989-2002 opstillet vand- og stofbalancer for Arresø på grundlag af punktmålinger af stofkoncentrationer og kontinuerte målinger af vandføringen i de 4 store tilløb – Æbelholt Å, Lyngby Å, Ramløse Å og Pøleå, der dækker 70% af de samlede opland til søen (jf. kapitel 3.1. og bilag 3), samt i afløbet fra søen – Arresø Kanal.

Samtlige måledata er bearbejdet i beregningsprogrammet STOQ til fremstilling af vand- og stofbalancer samt kildeopsplitning.

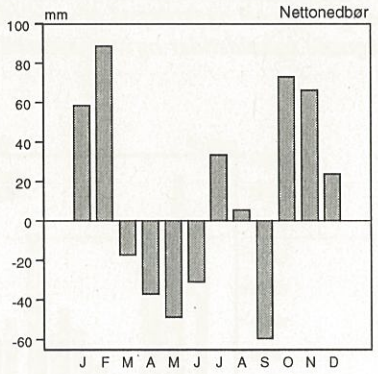
Stoftilførslerne fra arealerne nedstrøms målestationerne i de store tilløb samt fra de øvrige arealer, der ikke er dækket af målestationerne, er opgjort ved at benytte vandføringsvægtede månedsmiddelkoncentrationer fra de målte oplande under hensyntagen til sammenlignelighed med hensyn til arealanvendelse og arealspecifik afstrømning. Hertil lægges de kendte bidrag fra punktkilder i de umålte oplande, jf. /1/. For Arresø's umålte opland benyttes der værdier fra de målte oplande til Lyngby Å og Æbelholt Å.

Til beregning af stofbidraget fra atmosfæren direkte til søen er der benyttet standardværdier på 0,1 kg fosfor/ha/år og 15 kg kvælstof/ha/år, jf. /6/.

4.1. Vandbalance

Som beskrevet i kapitel 2.2. faldt der i 2002 i alt 849 mm nedbør over Arresø, mens fordampningen var på i alt 693 mm. Nettonedbøren for 2002 var på i alt 156 mm, hvis fordeling over året er vist i figur 4.1.

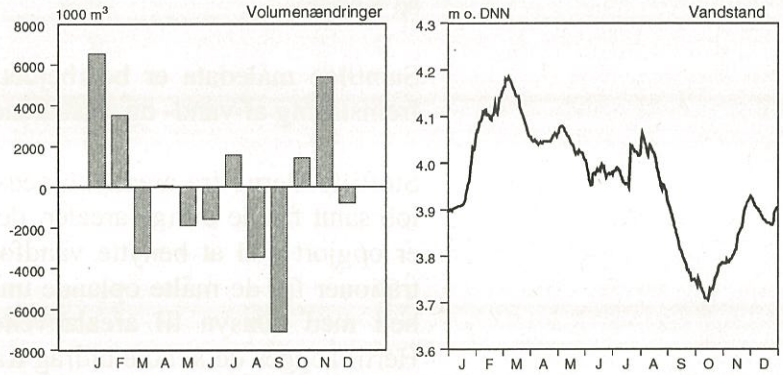
Figur 4.1.
Nettonedbøren (nedbør minus fordampning) ved Arresø 2002.



4.1.1. Vandstand og volumenændringer

Vandspejlskoten i Arresø er beregnet som gennemsnit af målinger på 3 stationer. Højeste vandspejlskote (4,18 m o. DNN) blev målt i marts, mens laveste kote (3,70 m o. DNN) blev målt i oktober, se figur 4.2.

Figur 4.2.
Oversigt over variationen af middelvandspejlskoten i Arresø 2002 (th.). Oversigt over de månedlige ændringer af søens volumen i 2002 (tv.).

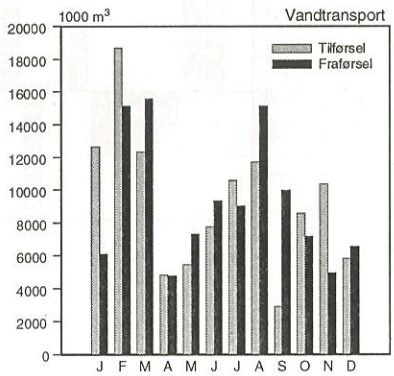


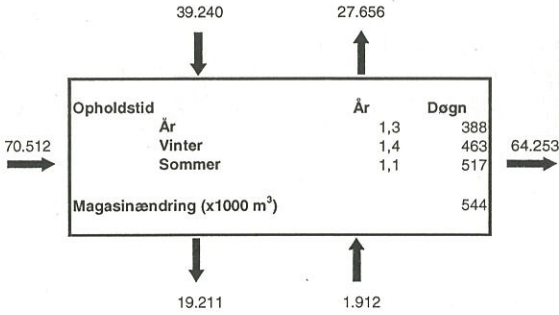
Forskellen mellem højeste og laveste vandspejlskote var 48 cm. Det skal nævnes, at i en så stor sø som Arresø er der stor stedlig forskel på vandspejlskoten på grund af især vinden, og det er derfor vanskeligt at give et korrekt billede af vandspejlskoten, og dermed af vandvolumenet. Den registrerede forskel mellem højeste og laveste vandspejl svarer til en volumenforskel i søen på ca. 19 mill. m^3. Trods den betydelige variation over året, var vandspejlskoten ved årets slutning næsten den samme som ved årets begyndelse.

4.1.2. Vandbalance

Variationen af den månedlige til- og fraførsel af vand til og fra Arresø er vist i figur 4.3. En detaljeret vandbalance er vist i bilag 4.

Figur 4.3.
Oversigt over den månedlige tilførsel og fraførsel af vand til/fra Arresø i 2002 (tv.). Skematisk oversigt over til- og fraførsler af vand samt beregnede opholdstider og magasinændring (th.). Alle vandmængderer givet i 1000 m^3.





Vandbalancen viser, at der i 2002 skete en meget betydelig udsivning af vand fra søen. Det er tidligere vurderet, at udsivningen af vand kun finder sted ringe omfang /2/, og på den baggrund vurderes det, at den beregnede udsivning for hovedpartens vedkommende kan tilskrives usikkerheden på den samlede vandbalance.

Forholdet mellem tilførsel og fraførsel af vand var i stor udstrækning påvirket af nedbørsforholdene og afstrømningen af vand fra oplandet, og det resulterede i adskillige skift mellem nettotilgang af vand og nettotab af vand fra søen. Ved årets slutning var søens vandvolumen en smule større end ved årets begyndelse. Den samlede tilførsel af vand i 2002 var den største, der er registreret i perioden 1989-2002, jf. bilag 4.

4.1.3. Vandets opholdstid

Vandets opholdstid i Arresø er beregnet på månedsbasis, se bilag 4.

Tabel 4.1. indeholder en oversigt over middelopholdstidens variation i perioden 1989-2002.

Tabel 4.1.
Oversigt over beregnede opholdstider for vandet i Arresø i perioden 1989-2002. Bemærk: opholdstiden er i 2002 beregnet på grundlag af den samlede afstrømning af vand fra søen (afløb + udsivning).

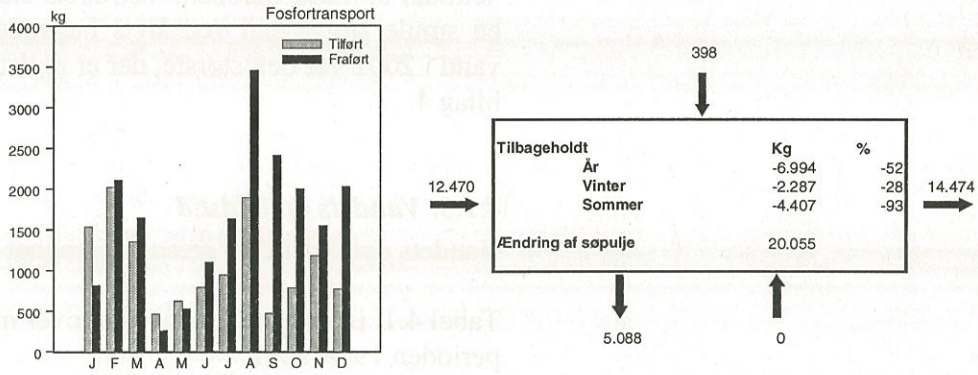
År	Års-gennemsnit	Sommer-gennemsnit	Max	Min
1989	4,9	6,1	7,2 (jul)	2,6 (jan)
1990	3,8	4,7	5,3 (sep)	1,7 (feb)
1991	2,4	2,4	4,5 (sep)	1,4 (jan)
1992	2,9	5,2	7,9 (okt)	1,2 (feb)
1993	3,5	8,4	9,8 (maj)	1,5 (jan)
1994	1,9	5,4	7,6 (aug)	0,8 (mar)
1995	2,2	4,8	9,6 (sep)	0,7 (feb)
1996	10,3	10,6	13,4 (dec)	7,1 (jan)
1997	7,1	7,3	7,4 (mar)	6,8 (okt)
1998	2,0	3,4	7,9 (jun)	1,0 (nov)
1999	2,3	5,1	5,8 (jun)	1,0 (jan)
2000	2,4	5,0	6,2 (jun)	1,0 (jan)
2001	3,7	5,8	9,6 (aug)	1,9 (jan)
2002	1,3	1,1	2,1 (apr)	0,6 (feb)

Vandets opholdstid i 2002 var den korteste, der hidtil er registreret, hvilket hænger sammen med de store nedbørsmængder og den deraf følgende store afstrømninger af vand gennem søen. Det bemærkes, at beregning af opholdstiden på grundlag af den samlede afstrømning ikke vurderes at påvirke størrelsesordenen af opholdstiden, om end beregning alene på grundlag af afstrømningen via afløbet ville have bevirket lidt længere opholdstider. Det bemærkes endvidere, at en af de korteste opholdstider på månedsbasis forekom i august, da der faldt usædvanligt store mængder nedbør i oplandet til søen.

4.2. Fosforbalance

Fosforbalancen viser, at der i de første 5 måneder af 2002 var omtrent balance mellem tilførslen og fraførslen af fosfor. I de følgende 7 måneder var fraførslen meget større end tilførslen, hvilket for året som helhed resulterede i et nettotab af fosfor fra søen på ca. 7 tons, se figur 4.4. og bilag 4.

Figur 4.4.
Oversigt over de månedlige tilførsler og fraførsler af fosfor til og fra Arresø i 2002 (tv.). Skematisk oversigt over tilførsler og fraførsler af fosfor til og fra Arresø 2002 med angivelse af tilbageholdelsen i søen (th.).



Den store nettotransport af fosfor ud af søen i årets sidste 7 måneder hænger sammen med, at der fra medio maj og fremefter skete en voldsom frigivelse af fosfor fra søens sediment, jf. kapitel 5.1. Den voldsomme frigivelse fra sedimentet gjorde, at den samlede transport af fosfor ud af søen for året som helhed var ca. 52% større end den samlede tilførsel til søen. Søen aflastede således en i forhold til tilførslen meget betydelig mængde fosfor.

Det skal dog bemærkes, at kun en mindre del af den fra sedimentet frigivne fosformængde blev transporteret ud af søen. Hovedparten af den frigivne fosfor blev ophobet i vandmasserne, således at koncentrationen ved årets slutning var knap 4 gange højere end ved årets begyndelse med en tilsvarende stor stigning i magasinpuljen af fosfor.

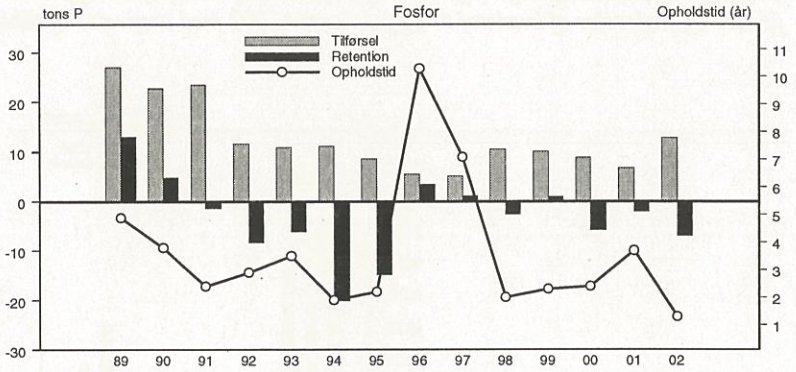
Der er tale om en voldsom aflastning af sedimentet, der under gunstige afstrømningsforhold (kort opholdstid) kunne have ført til en endnu større nettoeksport af fosfor ud af søen end tilfældet var. I 2002 var opholdstiden ganske vist kort, men samtidig var fosforfrigivelsen og ophobningen af fosfor i vandmasserne så stor, at der ikke var mulighed for transport af hele den frigivne mængde fosfor ud af søen i 2002.

Det bemærkes endvidere, at fosforfrigivelsen fandt sted i form af uorganisk fosfor, og at den frigivne fosfor i stor udstrækning forblev på uorganisk form.

I henseende til fosfortilførsel og fosfortilbageholdelse var 2002 et ekstremt år, se figur 4.5. Den samlede tilførsel af fosfor var næsten

fordoblet i forhold til 2001, og transporten ud af søen (negativ tilbageholdelse) var blandt de højeste, der er beregnet i perioden 1989-2002. Samtidig var opholdstiden den hidtil korteste som følge af den hidtil største vandtilførsel.

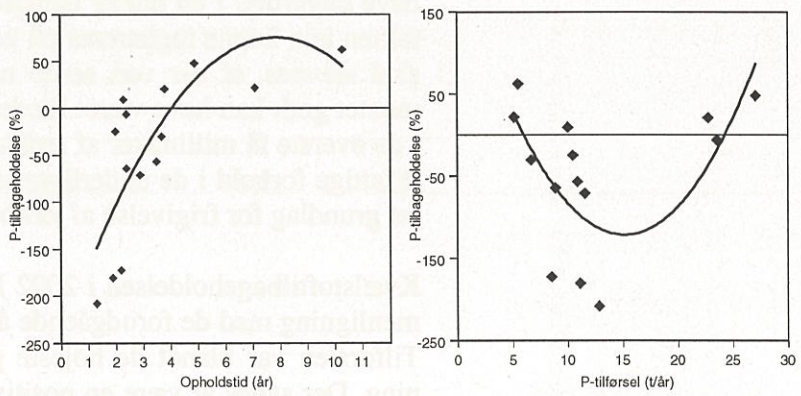
Figur 4.5.
Oversigt over årsværdier af fosfortilførsel, fosfortilbageholdelse og vandets opholdstid i Arresø i perioden 1989-2002.



Den store vandtilførsel var utvivlsomt den væsentligste årsag til den store fosfortilførsel fra oplandet, og det må formodes, at de voldsomme nedbørshændelser har bevirket usædvanligt store transporter af partikulært bundet fosfor, bl.a. som følge af overfladeafstrømning.

Årsagen til den voldsomme frigivelse af fosfor fra sedimentet er ikke umiddelbart indlysende, men der er formodentlig en sammenhæng med årets høje vandtemperaturer, og der synes endvidere at være en tendens til, at kort opholdstid er forbundet med stor fosforfrigivelse (= ringe tilbageholdelse), se figur 4.6.

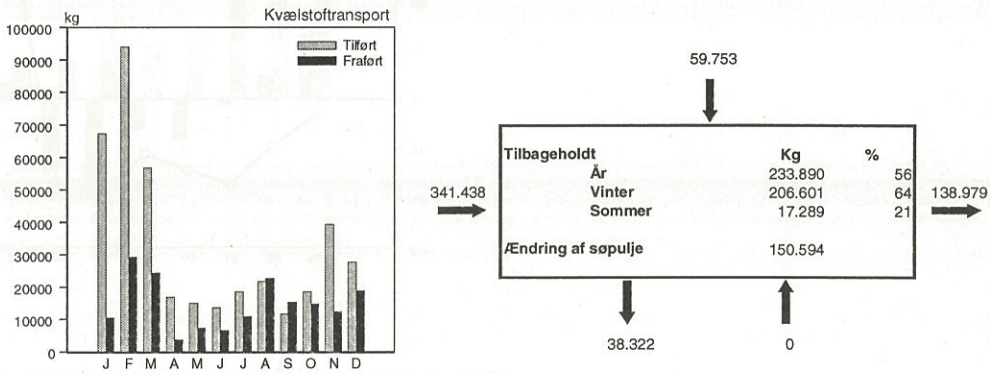
Figur 4.6.
Fosfortilbageholdelsen i % af tilførslen afbildet i forhold til opholdstiden (tv.) og fosfortilførslen (th.).



4.3. Kvælstofbalance

Kvælstofbalancen viser, at mere end halvdelen af den samlede tilførsel af kvælstof i 2002 fandt sted i årets første tre måneder i forbindelse med de store tilførsler af vand, se figur 4.7. og bilag 4. Til gengæld var sommerens store tilførsler af vand ikke ledsaget af tilsvarende store tilførsler af kvælstof, hvilket hænger sammen med at potentialet for udvaskning er mindre i sommerhalvåret end i vinterhalvåret.

Figur 4.7.
Oversigt over de månedlige tilførsler og fraførsler af kvælstof til og fra Arresø i 2002 (tv.). Skematisk oversigt over tilførsler og fraførsler af kvælstof til og fra Arresø 2002 med angivelse af tilbageholdelsen i søen (th.).



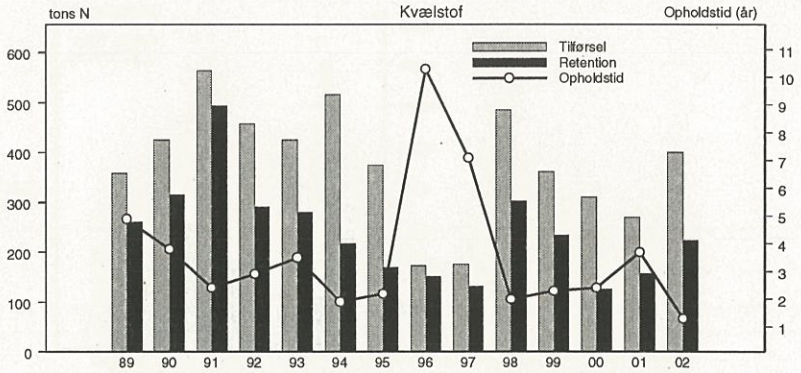
For 2002 som helhed udgjorde tilbageholdelsen af kvælstof (denitrifikation + sedimentation) ca. 56% af den samlede tilførsel, se figur 4.7.

Det er ikke umiddelbart indlysende, hvad der var årsag til den negative kvælstoftilbageholdelse i august. En mulig medvirkende årsag kan have været, at kvælstoffikserende blågrønalger har bundet luftformig kvælstof og derigennem øget vandets indhold af total-kvælstof, således som det skete fra medio maj og fremefter. En anden mulig årsag kan være, at der i sommeren 2002 skete en omfattende aerob nedbrydning af organisk stof i søbunden, således at der blev frigivet store mængder kvælstof. Der blev ganske vist ikke registreret forhøjede værdier af uorganisk kvælstof i søens vandmasser, men det vurderes at have baggrund i en hurtig optagelse i planteplanktonet, således at effekten kun kunne registreres på koncentrationen af total-kvælstof. Det skal nævnes, at der ved aerob nedbrydning af organisk stof i sedimentet godt kan have været iltede forhold i vandet over sedimentet og i de øverste få millimeter af sedimentet, samtidig med at der har været iltfattige forhold i de underliggende sedimentlag, hvorved der har været grundlag for frigivelse af jernbundet fosfor, jf. kapitel 4.2.

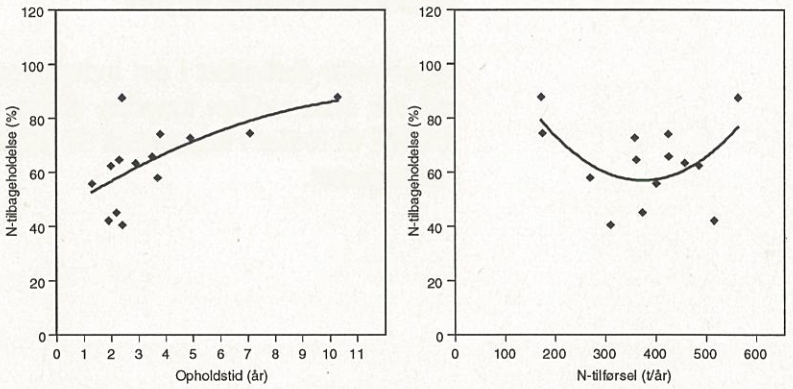
Kvælstoftilbageholdelsen i 2002 lå på et gennemsnitlig niveau i sammenligning med de forudgående år i perioden 1989-2002, se figur 4.8. Tilførslen var blandt de højeste på grund af den store vandtilstrømning. Der synes at være en positiv sammenhæng mellem størrelsen af kvælstoftilbageholdelsen og størrelsen af tilførslen. Der synes også i

en vis udstrækning at være en positiv sammenhæng mellem vandets opholdstid og tilbageholdelsen af kvælstof, se figur 4.9

Figur 4.8.
Oversigt over årsværdier af kvælstoftilførsel, kvælstoftilbageholdelse og vandets opholdstid i Arresø i perioden 1989-2002.



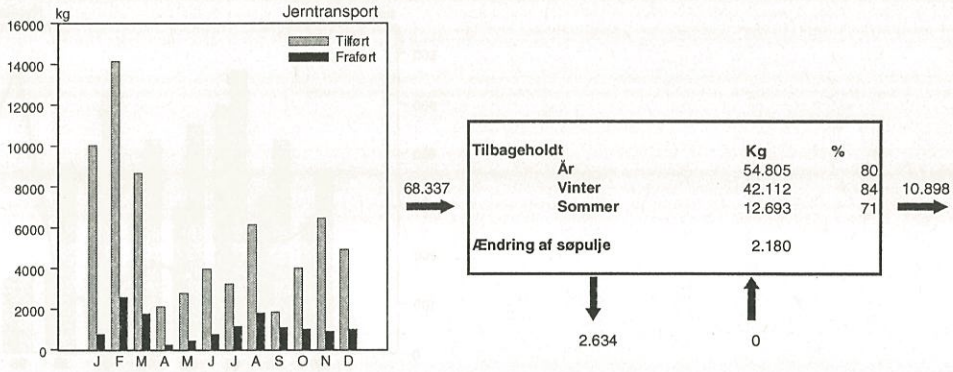
Figur 4.9.
Kvælstoftilbageholdelsen i % af tilførslen afbildet i forhold til opholdstiden (tv.) og kvælstoftilførslen (th.).



4.4. Jernbalance

Jernbalancen viser, at der i 2002 var en stor tilførsel af jern og at jerntilførslen i stor udstrækning var positivt korreleret med vandtilførslen, se figur 4.8. og bilag 4. Derudover viste jernbalancen, at hovedparten af den tilførte jernmængde blev tilbageholdt i søen, mest om vinteren og mindst om sommeren, se figur 4.10.

Figur 4.10.
Oversigt over de månedlige tilførsler og fraførsler af jern til og fra Arresø i 2002 (tv.). Skematisk oversigt over tilførsler og fraførsler af jern til og fra Arresø i 2002 med angivelse af tilbageholdelsen i søen (th.).



Den forholdsvis ringe tilbageholdelse af jern i sommeren 2002 synes at hænge godt sammen med den omfattende frigivelse af fosfor, idet en stor del af fosforen i sedimentet i Arresø er bundet til jern. Opløsning af jern-fosfor-forbindelserne må derfor forventes at føre til frigivelse af både fosfor og jern.

Jern:Fosfor-forholdet i det indstrømmende vand var 5,3 som gennemsnit for året, hvilket betyder, at der a priori er et underskud af jern i forhold til fosfor i henseende til sikring af en god jernbinding af fosfor i sedimentet.

5. Miljøtilstand 2002 og udvikling 1989-2002

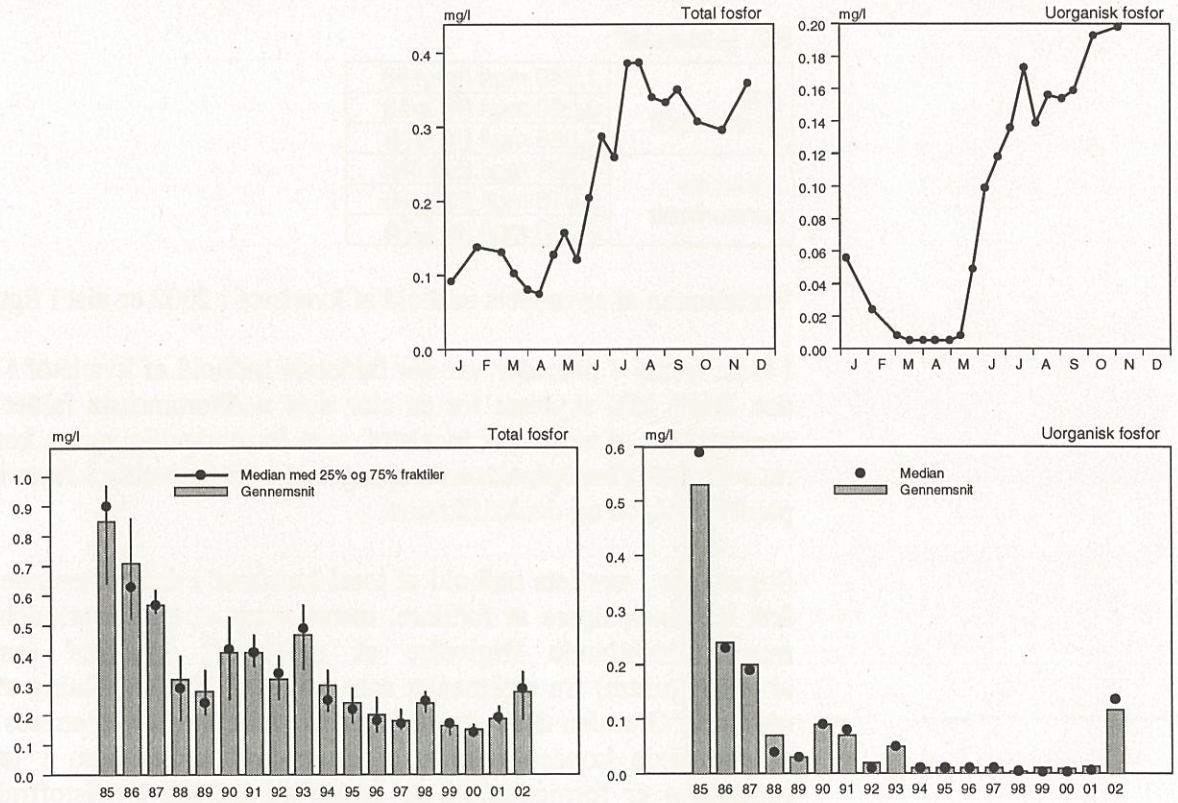
Dette afsnit indeholder en kortfattet vurdering af tilstanden i Arresø i 2002 med fokus på de vigtigste tilstandsvariabler og en mere summarisk behandling af de øvrige variabler. Sidst i afsnittet er årets data sammenstillet med de tidligere års data til en beskrivelse og vurdering af udviklingen i søen.

5.1. Fosfor

Års-gennemsnit	0,233 mg/l (total-P)
	0,107 mg/l (uorganisk P)
Sommer-gennemsnit	0,277 mg/l (total-P)
	0,117 mg (l (uorganisk P)

Variationen af søvandets indhold af fosfor i 2002 er vist i figur 5.1.

Figur 5.1.
Oversigt over variationen af fosfor i Arresø 2002 samt oversigt over variationen af sommermiddelkoncentrationen af fosfor 1985-2002.



Koncentrationen af total-fosfor lå i årets første måneder på et forholdsvis lavt niveau omkring 0,100 mg/l, men fra midt i april og frem til begyndelsen af august var der en kraftig og vedvarende stigning op til knap 0,400 mg/l, hvorefter koncentrationen i årets sidste del lå på et niveau omkring 0,350 mg/l.

Dette mønster skyldes i udstrakt grad stigningen i søvandets indhold af uorganisk fosfor. I årets første måneder skete der et fald i koncentrationen af uorganisk fosfor til værdier nær 0, formodentlig som følge af planteplanktonets optagelse, men fra begyndelsen af maj steg koncentrationen kraftigt og vedvarende frem til slutningen af året, da koncentrationen nåede op på over 0,200 mg/l.

Der er tale om et bemærkelsesværdigt variationsmønster. Stigningen i koncentrationen af uorganisk fosfor gennem det meste af året og opretholdelse af høje koncentrationer af plantetilgængeligt fosfor i perioder med et veludviklet planteplankton i god vækst indikerer, at der er andre vækstbegrænsende faktorer, af hvilke tilgængeligheden af uorganisk kvælstof vurderes at være den vigtigste, jf. kapitel 5.2. Det er dog bemærkelsesværdigt, at kvælstoffikserende blågrønalger ikke udviklede sig mere markant i det fosforrige miljø.

Stigningen i vandets indhold af uorganisk fosfor vurderes at skyldes en meget omfattende frigivelse af fosfor fra sedimentet, idet der ikke i perioden skete tilførsel af store mængder uorganisk fosfor fra oplandet.

5.2. Kvælstof

Års-gennemsnit	1,840 mg/l (total-N)
	0,220 mg/l (NO_x-N)
	0,255 mg/l (NH_x-N)
Sommer-gennemsnit	1,621 mg/l (total-N)
	0,016 mg/l (NO_x-N)
	0,048 mg/l (NH_x-N)

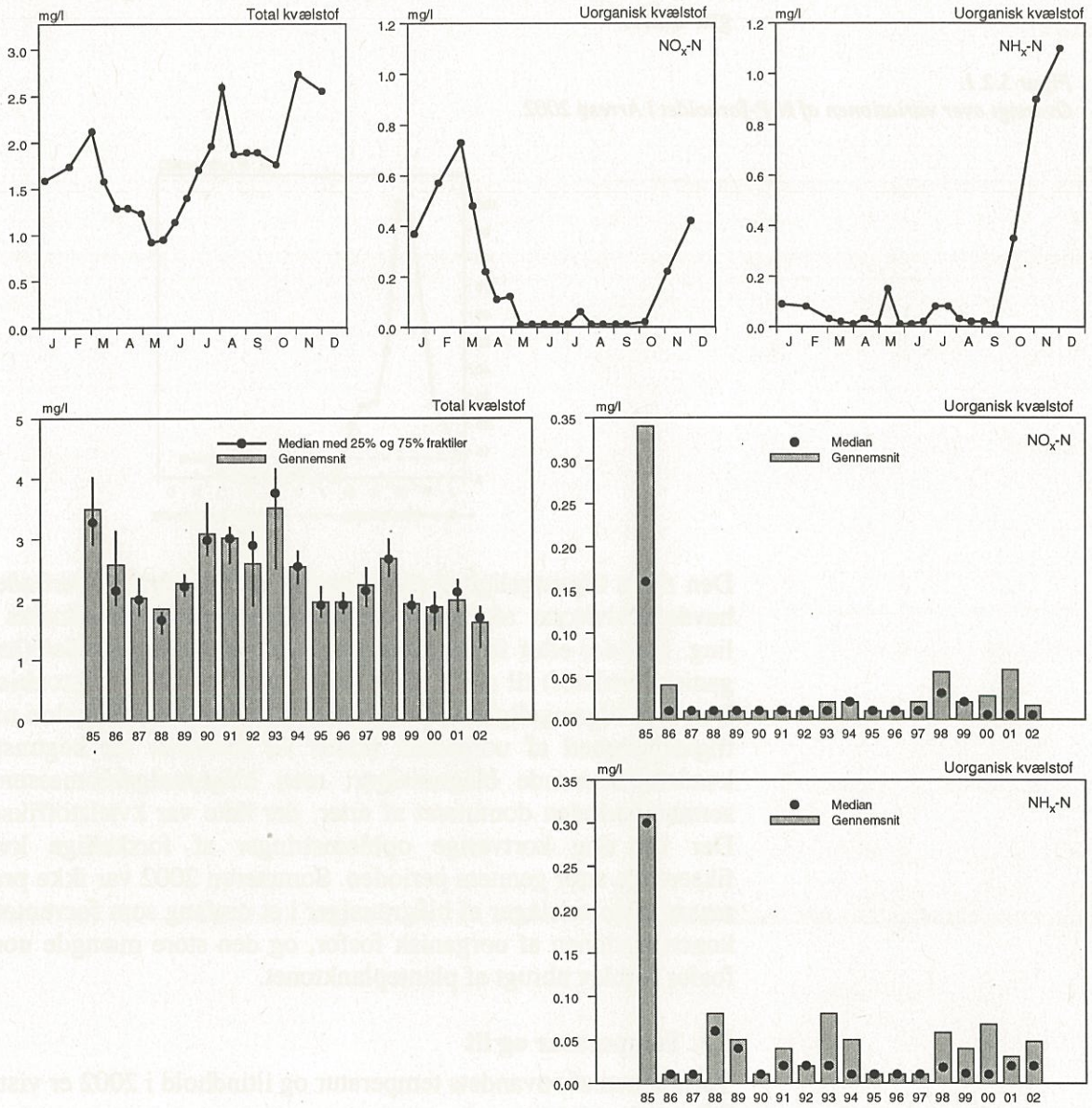
Variationen af søvandets indhold af kvælstof i 2002 er vist i figur 5.2.

I årets første 4 måneder var der faldende indhold af kvælstof i søvandet. Dette fald skyldtes for en stor dels vedkommende faldet i koncentrationen af uorganisk kvælstof, som formodentlig var en kombineret effekt af planteplanktonets optagelse, sedimentation i form af dødt planteplankton og denitrifikation.

Stigningen i vandets indhold af total-kvælstof i den resterende del af året er vanskeligere at forklare, mens synes at have oprindelse i en meget omfattende frigivelse af uorganisk kvælstof (ammoniak+ammonium) fra sedimentet som følge af stor omsætning af organisk stof. Grunden til at denne frigivelse ikke kunne registreres i form af forhøjede koncentrationer af ammoniak+ammonium i løbet af sommeren er formodentlig, at denne uorganiske kvælstoffraktion i sommerperioden blev optaget af planteplanktonet i samme takt som den blev frigivet til vandmasserne. Derved blev stigningen i vandets indhold af kvælstof alene registreret på koncentrationen af total-kvælstof. I årets sidste måneder faldt planteplanktonbiomassen til et meget lavt niveau, og i samme periode skete der en meget voldsom

stigning i vandets indhold af ammoniak+ammonium i takt med at planteplanktonets optagelse aftog.

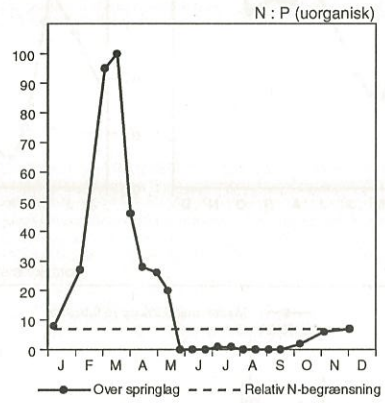
Figur 5.2.
Oversigt over variationen af kvælstof i Arresø 2002 samt oversigt over variationen af sommermiddelkoncentrationen af kvælstof 1987-2002.



Dette udviklingsforløb forklarer også i udstrakt grad, hvorfor der i sommeren 2002 var en meget stor negativ tilbageholdelse af fosfor i søen (= frigivelse af fosfor fra sedimentet). Normalt sker der i sommerperioden et betydeligt tab af kvælstof fra vandet til sedimentet, men i sommeren 2002 skete det modsatte.

Uorganisk kvælstof i form af nitrit+nitrat (NO_x) og ammonium+ammoniak (NH_x) blev i 2002 hurtigt brugt op af planteplanktonet i forårsperioden, og i resten af vækstperioden og videre ind i vinterperioden lå koncentrationen af uorganisk kvælstof på et så lavt niveau, at det i sig selv var begrænsende for planteplanktonets vækst. Også i forhold til fosfor var kvælstof begrænsende i hovedparten af vækstperioden, idet N:P-forholdet i hovedparten af tiden lå meget lavt (<7), se figur 5.2.1.

Figur 5.2.1.
Oversigt over variationen af N:P-forholdet i Arresø 2002.



Den ringe tilgængelighed af uorganisk næringsstof i overfladevandet havde utvivlsomt afgørende betydning for planteplanktonets udvikling, idet der efter forårsmaksimet ikke var næringsstoffer (læs: uorganisk kvælstof) til stede til at understøtte en stor planktonbiomasse. Den lave tilgængelighed af uorganisk kvælstof i kombination med stor tilgængelighed af uorganisk fosfor vil teoretisk set begunstige de kvælstoffikserende blågrønalger; men blågrønalgebiomassen var i sommerperioden domineret af arter, der ikke var kvælstoffikserende. Der var dog kortvarige opblomstringer af forskellige kvælstoffikserende arter gennem perioden. Sommeren 2002 var ikke præget af masseopblomstringer af blågrønalger i et omfang som forventet ud fra koncentrationen af uorganisk fosfor, og den store mængde uorganisk fosfor forblev ubrugt af planteplanktonet.

5.3. Temperatur og ilt

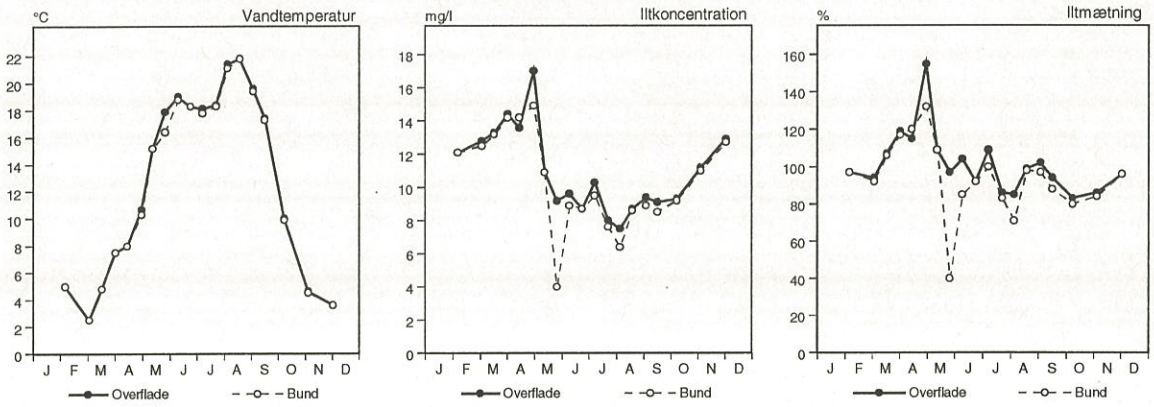
Variationen af søvandets temperatur og iltindhold i 2002 er vist i figur 5.3.

Overfladevandets temperaturkurve havde et jævnt, sæsonbetinget forløb, hvor den varme sensommer er tydeligt afspejlet i form af særligt høje vandtemperaturer med maksimum på 21,8 °C.

I en kort periode i maj-juni var der tilløb til temperaturlagdeling af vandmasserne, men temperaturforskellen mellem overflade- og bund-

vandet blev aldrig stor nok til egentlig lagdeling, og i resten af året var temperaturen den samme i overfladen og ved bunden.

Figur 5.3.
Oversigt over variationen af temperatur og ilt i vandmasserne i Arresø 2002.



Overfladevandets iltindhold (koncentration) er grundlæggende styret af temperaturen, og på grund af den omvendte proportionalitet mellem temperatur og iltindhold var der som forventet faldende iltindhold i forbindelse med stigende temperatur. I årets første måneder blev dette grundlæggende variationsmønster imidlertid ændret af planteplanktonets iltproduktion, således at der frem til begyndelsen af maj var stigende iltindhold, trods stigende temperatur. På grund af omrøringen af vandmasserne var variationsmønsteret det samme i bundvandet.

Variationsmønsteret for både temperatur og ilt adskilte sig i 2002 væsentligt fra mønsteret i 2001, da der var flere kortvarige lagdelinger af vandmasserne med deraf følgende mere udtalt iltsvind i bundvandet.

Bundvandets iltindhold lå i hovedparten af tiden på samme niveau eller lidt under niveauet i overfladevandet, hvilket trods omrøringen af vandmasserne var forventeligt i og med at sedimentet har et betydeligt iltforbrug. I april og især i maj-juni var der tilløb til iltsvind i bundvandet, men meget lave iltniveauer opstod ikke på noget tidspunkt.

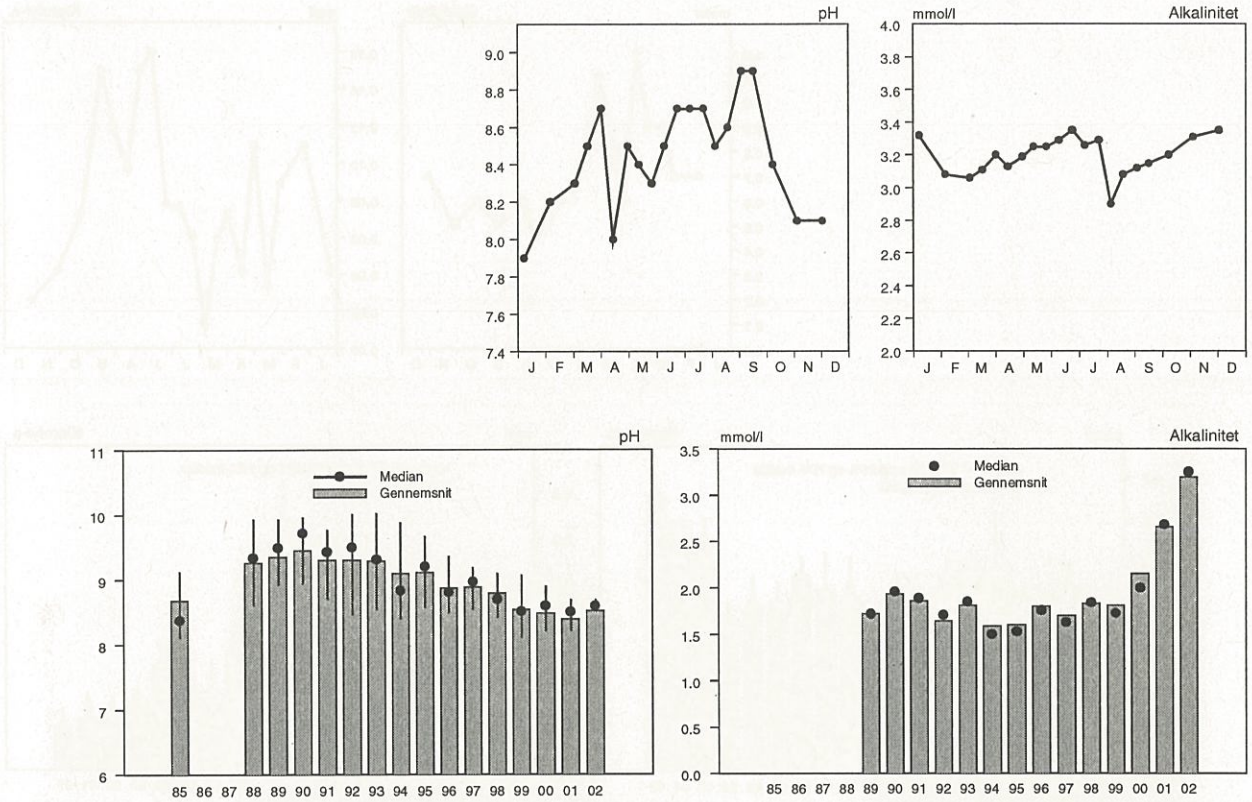
5.4. pH og alkalinitet

Års-gennemsnit	8,38 (pH)
	3,21 mmol/l (alkalinitet)
Sommer-gennemsnit	8,61 (pH)
	3,19 mmol/l (alkalinitet)

Variationen af søvandets pH og alkalinitet er vist i figur 5.4.

pH varierede i 2002 inden for intervallet 7,8-8,9 med de laveste værdier først og sidst på året og de højeste værdier i forbindelse med planteplanktonets vækst.

Figur 5.4.
Oversigt over variationen af pH og alkalinitet i Arresø 2002 samt oversigt over variationen af sommermiddelværdierne 1985-2002.



Alkaliniteten i Arresø lå i 2002 på et generelt forholdsvis højt niveau, men med en betydelig sæsonvariation, der for en stor dels vedkommende vurderes at være affødt af planteplanktonets vækst og den deraf følgende påvirkning af vandets indhold af uorganisk kulstof.

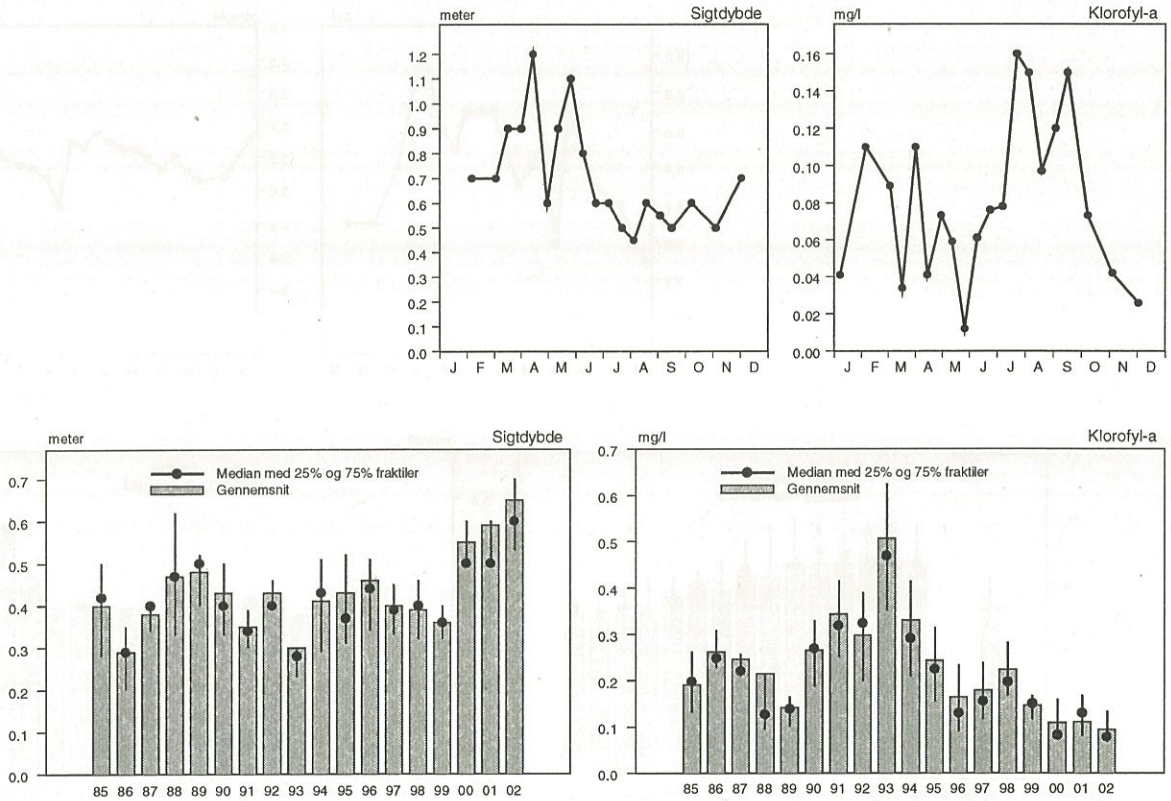
Både pH- og alkalinitetsniveauet karakteriserer Arresø som en alkalisk sø.

5.5. Sigtdybde og klorofyl-a

Års-	0,69 m (sigtdybde)
gennemsnit	0,075 mg/l (klorofyl-a)
Sommer-	0,65 m (sigtdybde)
gennemsnit	0,095 mg/l (klorofyl-a)

Variationen af sigtdybden og koncentrationen af klorofyl-a i 2002 er vist på figur 5.5.

Figur 5.5.
Oversigt over variationen af sigtdybde og klorofyl-a i Arresø 2002 samt oversigt over variationen af sommermiddelværdierne for de to variabler i perioden 1985-2002.



Sigtdybden i Arresø lå i 2002 generelt på et lavt niveau med værdier i intervallet 0,4-1,2 meter. I årets første halvdel lå sigtdybden vedvarende over 0,6 meter med kortvarige stigninger til mere end 1 meter. I forbindelse med opblomstringen af blågrønalger skete der et markant fald i sigtdybden, som lå på et lavt niveau omkring 0,5 meter frem til slutningen af året, da der igen skete en svag stigning i forbindelse med nedgangen i planteplanktonbiomassen.

Der kan ikke herske nogen tvivl om, at sigtdybden i Arresø i stor udstrækning er styret af planteplanktonet, hvorfor der i søen er en omvendt proportionalitet mellem koncentrationen af klorofyl-a og sigtdybden. Der kan imidlertid heller ikke herske tvivl om, at andre partikler end levende planteplankton også spiller en stor rolle i et sømiljø, hvor den vindbetingede omrøring af vandmasserne og ophvirvling af sediment er betydelig.

Ser man på sigtdybdeudviklingen i perioden 1985-2002 er der en svagt stigende tendens, og særlig de tre seneste år har været en markant positiv udvikling af sommermiddel- og –mediansigtdybden, hvilket betyder, at udviklingstendensen nu er statistisk signifikant. Udviklingen af sigtdybden er sket sideløbende med signifikant faldende tendens for både klorofyl-a (og planteplanktonbiomassen) og suspenderet

stof. Den faldende tendens for suspenderet stof giver anledning til at antage, at der, trods den vindbetingede ophvirvling af sediment, er sket et fald i mængden af suspenderbart stof, som for hovedpartens vedkommende består af planktondetritus (dødt planteplankton).

Overvågningen siden 1985 viser således, at der er sket et markant fald planteplanktonets sommermiddelbiomasse, hvilket givetvis skyldes faldet i søvandets fosforindhold. Den mindskede produktion af planteplankton har haft en markant afledt effekt på koncentrationen af suspenderet stof i søens vandmasser, og der vurderes på den baggrund at være sket vigtige forandringer af de faktorer, som påvirker vandets klarhed i søen. På den baggrund er der grundlag for at forvente en øget sigtdybde i søen i de kommende år, forudsat at den faldende tendens for planteplanktonbiomassen fastholdes.

5.6. Silicium og suspenderet stof

Års-gennemsnit	3,14 mg/l (silicium)
	20,5 mg/l (suspenderet stof)
Sommer-gennemsnit	2,38 mg/l (silicium)
	25,2 mg/l (suspenderet stof)

Blandt de øvrige målte variabler er især silicium af interesse i relation til kiselalgers og andre algers udvikling. Variationen af søvandets indhold af silicium er vist i figur 5.6.

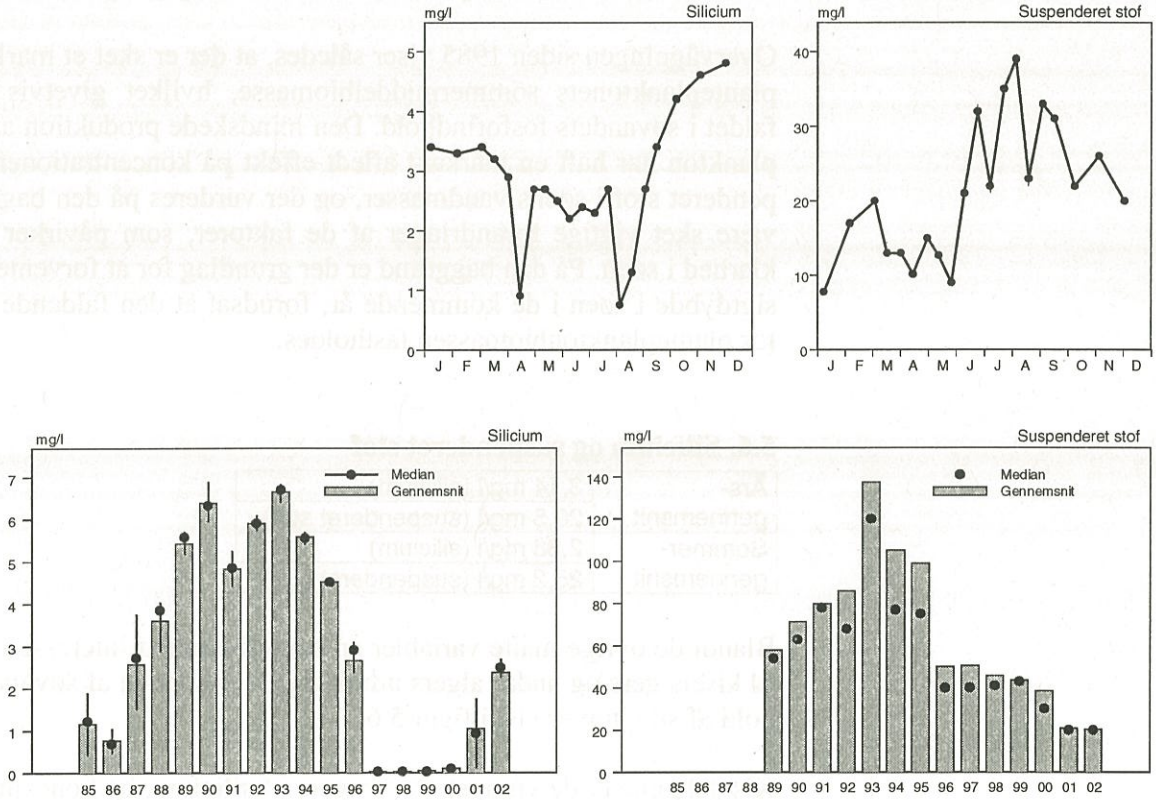
Kiselalgerne er de vigtigste forbrugere af silicium, og koncentrationen af silicium er derfor først og fremmest påvirket af kiselalgernes optagelse af silicium og af frigivelsen i forbindelse med nedbrydningen af døde kiselalger.

Koncentrationen af silicium udviser kun begrænset respons på kiselalgebiomassens størrelse, og det er kun i forbindelse med sensommerens kiselalgemaksimum, at der sker et fald i siliciumkoncentrationen, som kan relateres til kiselalgernes optagelse. Siliciumkoncentrationen nåede ikke på noget tidspunkt i 2002 ned på så lave værdier, at silicium var begrænsende for kiselalgernes vækst.

Koncentrationen af suspenderet stof lå i 2002 på et let forhøjet niveau i forhold til 2001, men middelkoncentrationerne var til trods herfor blandt de laveste, der er registreret i perioden 1989-2002. Det vurderes, at det lave niveau for suspenderet stof hænger sammen med ændringerne i planteplanktonets sammensætning og planteplanktonbiomassens størrelse derved, at produktionen af planktondetritus i dag er mindre end i begyndelsen af perioden.

Eftersom vindbetinget resuspension af sediment har stor indflydelse på vandets klarhed i Arresø, vurderes faldet i koncentrationen af suspenderet stof at være en vigtig afledt effekt af den næringsstofbetingede ændring af planteplanktonets sammensætning og biomasse.

Figur 5.6.
Oversigt over variationen af silicium og suspenderet stof i Arresø i 2002, samt oversigt over variationen af sommermiddelværdierne for de to variabler i perioden 1985-2002.



Trods faldet lå koncentrationen af suspenderet stof dog også i 2002 på et forholdsvis højt niveau i sammenligning med andre danske søer.

5.7. Sediment

Der er i 2002 gennemført undersøgelse af sedimentets sammensætning og næringsstofindhold på 3 stationer (samme stationer som anvendes til indsamling af dyreplanktonprøver). Data fra sedimentundersøgelsen er vist i bilag 5, der også indeholder en kortfattet beskrivelse af sedimentet på indsamlingstidspunktet. Sedimentets sammensætning og næringsstofindhold mv. er vist i figur 5.7.

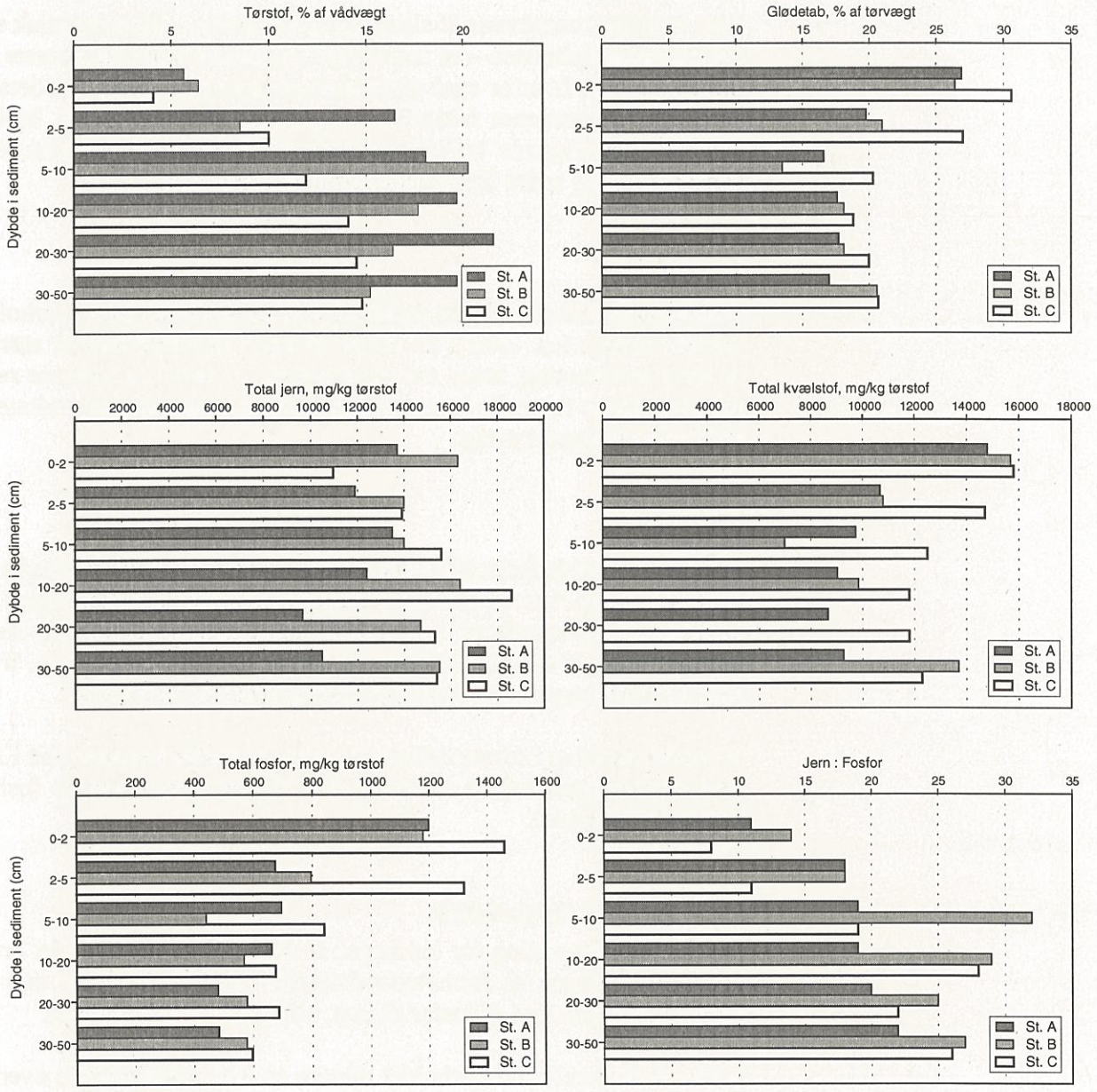
5.7.1. Sedimentkarakteristik

På to af de tre stationer (A og B) bestod sedimentet fortrinsvis af sand fra 15-20 centimeters dybde og nedefter, mens der på den sidste station var et mere løst sediment med en dårligere defineret tekstur.

På alle tre stationer var der øverst et tyndt, meget vandigt lag slam, der kan betegnes som kulturslam, der i udstrakt grad er dannet af dødt

planteplankton, det vil sige på grund af menneskelig påvirkning af søen med næringsstoffer.

Figur 5.7.
Oversigt over sedimentets sammensætning på 3 stationer i Arresø 2002.



5.7.2. Tørstof

Slamlagets vandige karakter er tydeligt afspejlet i det lave tørstofindhold på kun ca. 5%. Et så vandigt slamlag har næsten samme massefylde som vand, og slammet er derfor meget let ophvirvleligt i forbindelse med både bølgeslag og strøm.

Ned gennem sedimentet øges tørstofindholdet hurtigt og ligger fra 5 centimeters dybde på et markant højere niveau. De tre stationer adskiller sig markant fra hinanden.

5.7.3. Glødetab

Som naturlig konsekvens af slamlagets oprindelse – dødt organisk stof fra især planteplankton – er indholdet af organisk stof i de øverste sedimentlag højt, hvorfor også glødetabet er højt (gns. 28%). Glødetabet er på alle tre stationer faldende ned gennem sedimentsøjlen, hvilket afspejler det stigende indhold af mineralske sedimentpartikler, fortrinsvis sand og andre finkornede sedimentfraktioner.

5.7.4. Jern

Sedimentets indhold af jern ligger på alle tre stationer på et forholdsvis højt niveau (ca. 1,4%). På station A og B er jernindholdet størst i de øvre sedimentlag, mens det på station C er størst i de dybere sedimentlag. Disse forskelle hænger formodentlig sammen med sedimentsammensætningen i øvrigt.

5.7.5. Fosfor

Sedimentets fosforindhold følger samme mønster på alle tre stationer med de højeste koncentrationer i de øvre sedimentlag (slamlaget) og de laveste koncentrationer i de dybere lag. Denne fordeling skyldes i udstrakt grad, at sedimentets øverste lag er dannet i en periode, hvor søen har været og til dels stadig er kraftigt belastet med fosfor.

Til trods herfor er koncentrationsniveauet for fosfor i sedimentet i Arresø ikke markant højere end hvad man finder i langt mindre fosforbelastede sømiljøer.

5.7.6. Jern:Fosfor-forholdet

Jern har stor betydning for bindingen af fosfor i sedimentet. Det er en tommelfingerregel, at Jern:Fosfor-forholdet skal være større end 15 for at sikre bindingen af fosfor til jern, selv under iltede forhold.

I Arresø er Jern:Fosfor-forholdet mindre end 15 i sedimentets øverste få centimeter (slamlaget), men ligger over 15 i den resterende del af sedimentsøjlen.

Det lave Jern:Fosfor-forhold i de øverste centimeter af sedimentet skyldes ikke lave jernkoncentrationer, men forhøjede fosforkoncentrationer. En analyse viser, at der er en markant lineær sammenhæng mellem sedimentets indhold af fosfor og Jern:Fosfor-forholdet, hvilket betyder, at det er fosforindholdet, der er bestemmende for Jern:Fosfor-forholdets størrelse.

Set i det lys kan det konkluderes, at det lave Jern:Fosfor-forhold i sedimentets øverste lag skyldes den store fosforbelastning og ikke et lavt jernindhold. Det lave Jern:Fosfor-forhold betyder, at sedimentet vil have vanskeligt ved at binde fosfor, selv under iltede forhold.

5.7.7. Kvælstof

Sedimentets indhold af kvælstof følger i betydelig grad samme mønster som indholdet af fosfor, det vil sige høje værdier i overfladelagene og faldende koncentrationer ned gennem sedimentsøjlen.

Set i forhold til at søen ligger i et opland med omfattende landbrugsdrift og deraf følgende stor kvælstofbelastning ligger sedimentets indhold af kvælstof på et moderat niveau. Det skyldes formodentlig, at der løbende sker omsætning af det organiske stof, hvorved kvælstof frigives (som ammoniak), der hurtigt oxideres og denitrificeres. Der er således ikke for kvælstofs vedkommende grundlag for samme grad af ophobning i sedimentet som der er for fosfors vedkommende.

5.8. Plankton

Plante- og dyreplanktonet i Arresø i 2002 er beskrevet i et særskilt notat "Arresø – Plante- og dyreplankton 2002" /11/, der ligger som eksternt bilag til denne rapport. I det følgende er der givet en kortfattet beskrivelse og vurdering af planktonet på grundlag af notatets mere detaljerede beskrivelser og vurderinger.

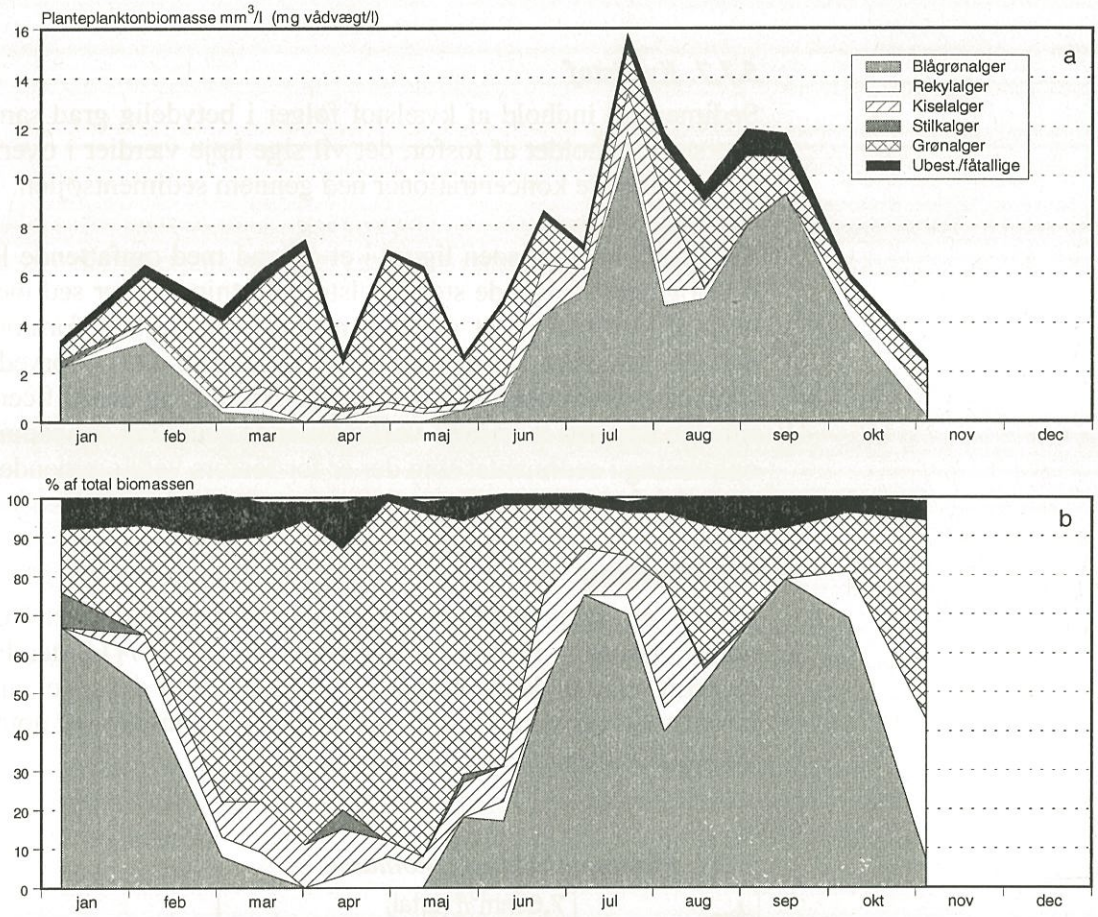
5.8.1. Planteplanktonets biomasse

Års-gennemsnit	7,6 mm^3/l (total) 3,4 mm^3/l (blågrønalger) 2,8 mm^3/l (grønalger)
Sommer-gennemsnit	8,9 mm^3/l (total) 4,7 mm^3/l (blågrønalger) 2,6 mm^3/l (grønalger)

Variationen af planteplanktonets biomasse og sammensætning er vist i figur 5.7. Bilag 5 indeholder oversigter over hovedtallene for planteplanktonet i 2002.

Planteplanktonet var i 2002 som helhed betragtet mængdemæssigt domineret af blågrønalger (45% af årsmiddelbiomassen og 53% af sommermiddelbiomassen), der havde maksimum i årets første måneder og i årets sidste halvdel. Den mængdemæssigt næstvigtigste gruppe var grønalger (36% af årsmiddelbiomassen og 29% af sommermiddelbiomassen), der dominerede i årets første halvdel, men som også forekom i betydelig mængde i årets sidste halvdel.

Figur 5.7.
Oversigt over variationen af planteplanktonets biomasse (mm³/l = mg vådvægt/l) og procentuelle sammensætning (hovedgrupper) i Arresø 2002.



Grønalgerne udgjorde i perioden marts-juni hovedparten af biomassen. I samme periode var biomassen af blågrønalger meget ringe. I sammenligning med blågrønalgerne og grønalgerne var forekomsten af de øvrige hovedgrupper af planteplankton af mindre betydning. Det gælder således også kiselalgerne, der udgjorde 9% af den samlede års- og sommermiddelbiomasse.

Den samlede biomasse lå på et forholdsvis stabilt niveau frem til begyndelsen af juli, da der skete en voldsom udvikling af blågrønalger, der indtil oktober bragte den samlede biomasse op på et næsten dobbelt så højt niveau som i årets første halvdel.

5.8.2. Planteplanktonets sammensætning og sæsonvariation

Med forekomsten af i alt 133 arter/identifikationsgrupper fordelt på 9 hovedgrupper, må planteplanktonet i Arresø 2002 karakteriseres som artsrigt. Der var fortrinsvis tale om arter med tilknytning til næringsri-

ge søer, men derudover blev der registreret et mindre antal arter fra mere næringsfattige søer.

Blandt de i alt 36 arter af blågrønalger dominerede *Planktothrix agardhii* i januar-februar (marts) og i oktober, mens det var småcellede kolonier (*Chroococcales* spp.), der udgjorde hovedparten af blågrønalgebiomassen i den resterende del af året. Ind imellem var der kortvarige opblomstringer af en række andre arter – *Anabaena mendotae, Anabaena pertubata, Anabaena flos-aquae* og *Woronichinia compacta.*

Blandt de i alt 48 arter af grønalger var der gennem året skiftende dominans af nogle få, næringskrævende arter – *Dictyosphaerium pulchellum, Tetrastrum triangulare, Pediastrum* spp., *Oocystis* spp., *Scenedesmus* spp., *Monoraphidium contortum, Chlorella* spp. og *Dictyosphaerium subsolitarium* - mens flertallet af arterne var uden mængdemæssig betydning.

Kiselalgerne var i 2002 repræsenteret af i alt 15 arter og identifikationsgrupper, og de havde kortvarige maksima i juni og august. De vigtigste arter var *Asterionella formosa, Aulacoseira granulata* var. *angustissima* og *Synedra berolinensis.*

5.8.3. Dyreplanktonets biomasse

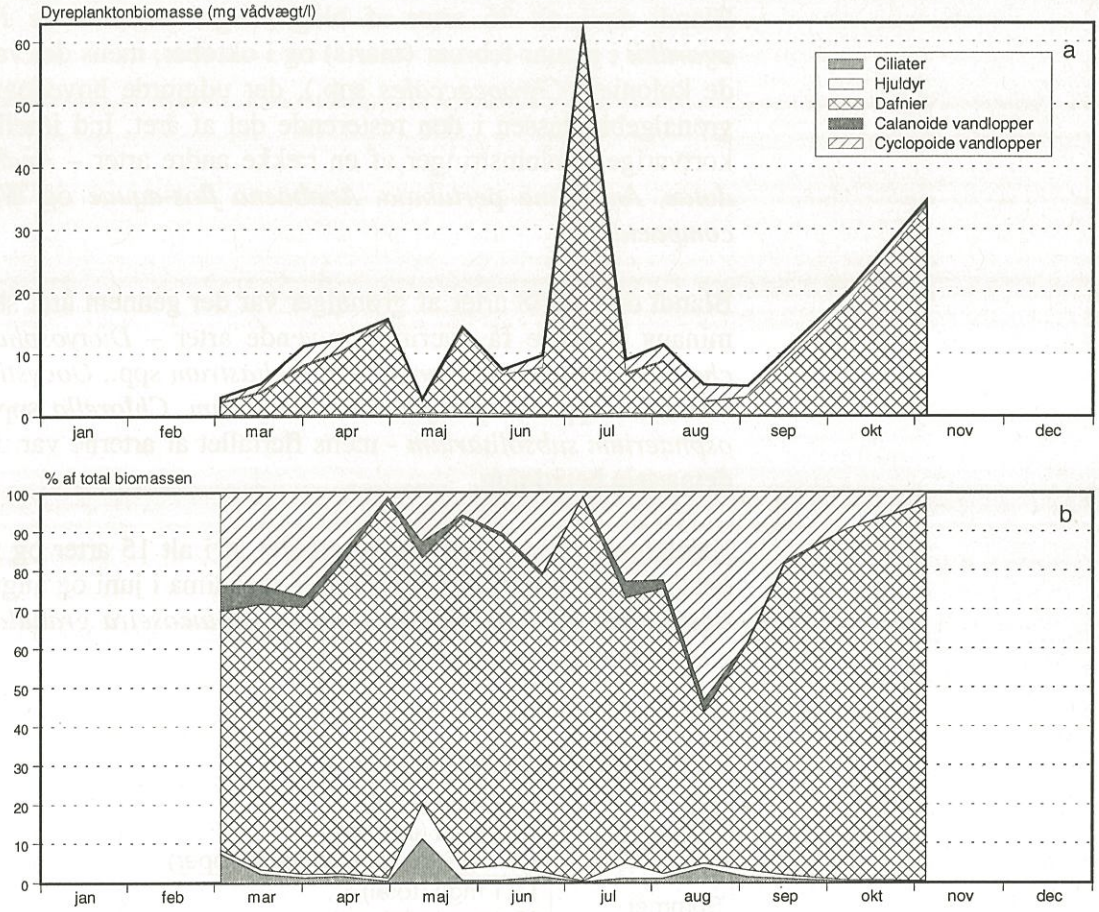
Års-gennemsnit	14,2 mg/l (total) 12,3 mg/l (dafnier) 1,6 mg/l (cyclopoide vandlopper)
Sommer-gennemsnit	14,1 mg/l (total) 12,1 mg/l (dafnier) 1,5 mg/l (cyclopoide vandlopper)

Variationen af dyreplanktonets biomasse og sammensætning er vist i figur 5.8. Bilag 5 indeholder oversigter over hovedtallene for dyreplanktonet i 2002.

Dyreplanktonets biomasse var i 2002 helt ensidigt domineret af dafnier, idet denne ene gruppe udgjorde 86% af dyreplanktonets års- og sommermiddelbiomasse. Bortset fra en kort periode i slutningen af august var dyreplanktonbiomassen domineret af dafnier i hele 2002. Dafnierne havde i 2002 to markante biomassemaksima, et kortvarigt men værdimæssigt stort maksimum i juni-juli og et mere langvarigt, men værdimæssigt mindre maksimum i årets sidste måneder.

Cyclopoide vandlopper var den eneste anden mængdemæssigt betydende gruppe, og de udgjorde 11% af dyreplanktonets års- og sommermiddelbiomasse. De havde kortvarig dominans over dafnierne i en kort periode i slutningen af august.

Figur 5.8.
Oversigt over variationen af dyreplanktonets biomasse (mg vådvægt/l) og den procentuelle sammensætning (hovedgrupper) i Arresø 2002.



De øvrige 4 hovedgrupper af dyreplankton var som gennemsnit for året uden mængdemæssig betydning.

5.8.4. Dyreplanktonets sammensætning og sæsonvariation

Der blev i 2002 registreret i alt 13 arter/grupper af dafnier, men blandt disse var især tre af mængdemæssig betydning. Sommerens biomassemaksimum var domineret af *Daphnia hyalina* (80%), og denne art var også på årsbasis den vigtigste af samtlige arter. Efterårets maksimum var domineret af *Bosmina coregoni* (40%) og *Daphnia hyalina* (33%), men i denne periode var der også betydelig forekomst af *Chydorus sphaericus* og *Diaphanosoma brachyurum*.

Der blev registreret i alt 5 arter af vandlopper -1 calanoid og 4 cyclopoide. Sensommerens vandloppemaksimum var domineret af den cyclopoide art *Acanthocyclops vernalis*. Af andre vandlopper med mængdemæssig betydning kan nævnes: *Eudiaptomus graciloides, Cyclops vicinus* og *Achantocyclops vernalis*. De calanoide vandlopper forekom med de største biomasser i årets første måneder.

Hjuldyrene var med i alt 15 arter den artsrigeste gruppe af dyreplankton, men mængdemæssigt havde de begrænset betydning, idet gruppen som helhed maksimalt nåede op på 9% af den samlede biomasse i begyndelsen af maj. De vigtigste arter *var Keratella quadrata, Polyarthra vulgaris/dolichoptera, Pompholyx sulcata* og *Asplanchna priodonta.*

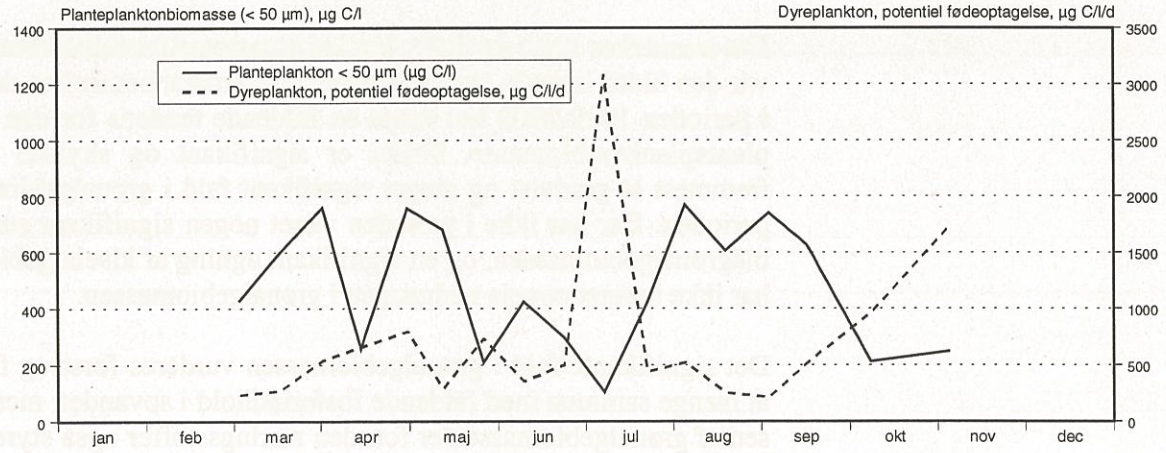
Ciliater var repræsenteret af i alt 8 slægter, og de udgjorde kun kortvarigt mængdemæssig betydning i begyndelsen af maj, da deres samlede biomasse udgjorde 11% af den samlede biomasse.

5.8.5. Vekselvirkninger mellem plante- og dyreplanktonet

Med den mængdemæssige dominans af blågrønalger var en stor del af den samlede planteplanktonbiomasse vanskeligt tilgængelig som føde for dyreplanktonet, mens hovedparten af den resterende del af biomassen var umiddelbart tilgængelig som føde.

Beregninger af dyreplanktonets potentielle fødeoptagelse viser - trods de høje dyreplanktonbiomasser - at fødeoptagelsen kun periodisk oversteg mængden af planteplankton <50 μm., se figur 5.9. Mest markant var dyreplanktonets potentielle fødeoptagelse i forhold til mængden af tilgængeligt planteplankton i forbindelse med dafniernes sommermaksimum. Efter dette maksimum fulgte en lang periode, hvor dyreplanktonets fødeoptagelse var markant mindre end mængden af planteplankton, og det var først i forbindelse med den stigende dafniebiomasse og den samtidigt faldende planteplanktonbiomasse i årets sidste måneder, at dyreplanktonet igen opnåede kontrol med planteplanktonet.

Figur 5.9.
Oversigt over dyreplanktonets potentielle fødeoptagelse i forhold til størrelsen af den tilgængelige del af planteplanktonbiomassen i Arresø 2002.



For året som helhed udgjorde dyreplanktonets potentielle fødeoptagelse 151% af den græsningsfølsomme planteplanktonbiomasse (<50

µm), men kun 86% af den totale planteplanktonbiomasse. I sommerperioden var de tilsvarende værdier 144% henholdsvis 73%. Bag disse gennemsnitsværdier gemmer der sig minimums- henholdsvis maksimumsværdier på 29% i begyndelsen af september og 2.930% i begyndelsen af juli. Sidstnævnte meget høje værdi er årsag til, at de gennemsnitlige græsningstryk kommer til at ligge meget højt. Udelades den meget høje værdi af beregningerne, ligger det gennemsnitlige græsningstryk på den græsningsfølsomme del af planteplanktonet på et markant lavere niveau, hvilket svarer bedre til det billede, som er vist i figur 5.9.

Samlet set var der i 2002 i Arresø et meget veludviklet dyreplankton, hvilket var ensbetydende med et forholdsvis stort græsningstryk på den græsningsfølsomme del af planteplanktonet. På grund af blågrønalgernes dominans var en stor del af planteplanktonbiomassen imidlertid i en stor del af tiden uden for regulerende påvirkning fra dyreplanktonet. Set i forhold til det samlede planteplankton var dyreplanktonet således ikke i stand til at regulere biomassen, særlig ikke i sommerperioden, da hovedparten af planteplanktonbiomassen var vanskeligt tilgængelig som føde for dyreplanktonet.

5.8.6. Vekselvirkninger mellem fisk og dyreplanktonet

Dyreplanktonets høje middelbiomasse i 2002 indikerer sammen med at dafnier er den dominerende gruppe (med den store art *Daphnia hyalina* som den dominerende art), at prædationstrykket fra fiskene ikke er så stort, som det umiddelbart kunne forventes i en sø med en stor og veludviklet bestand af skidtfisk (= planktivore fisk).

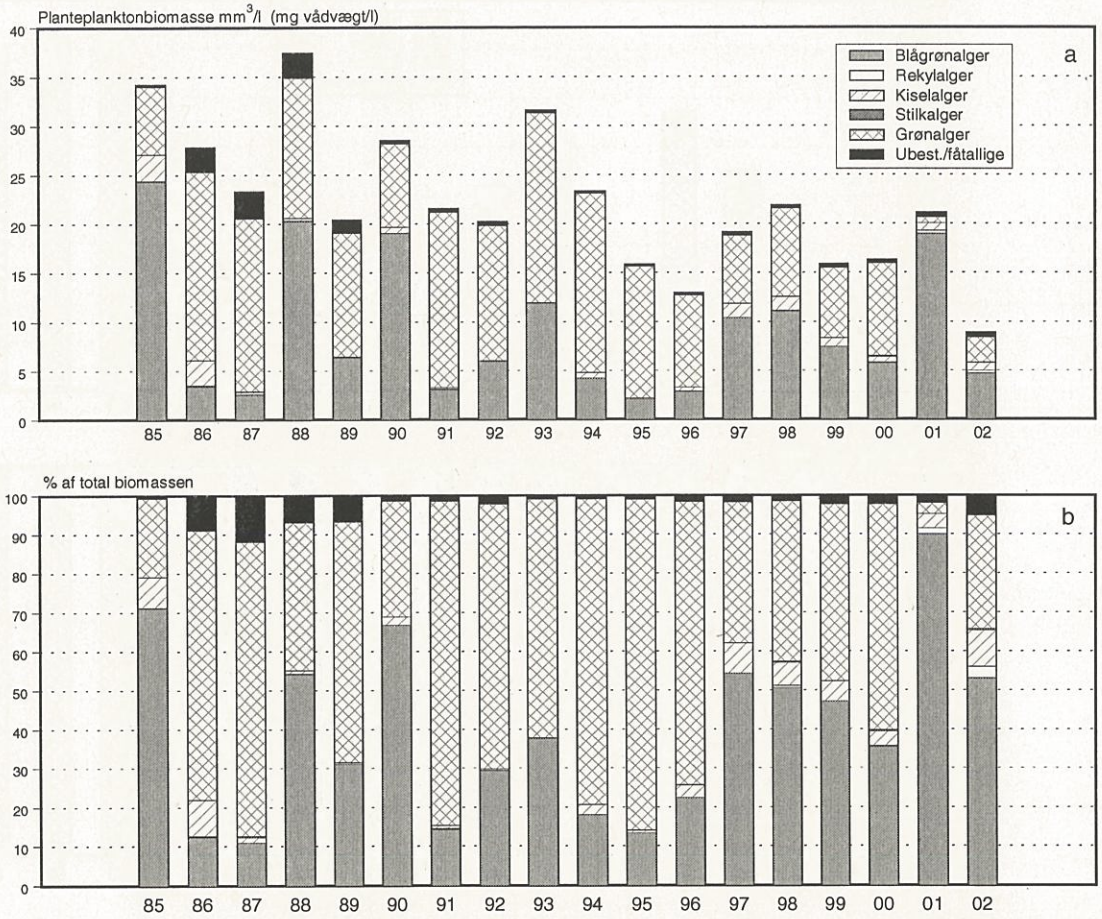
5.8.7. Planktonets udvikling 1989-2002

Figur 5.10 indeholder en oversigt over variationen af planteplanktonets biomasse og sammensætning i perioden 1989-2002.

Det bemærkes først og fremmest, at sommermiddelbiomassen i 2002 var den hidtil laveste, der er registreret. Dernæst bemærkes det, at der i perioden 1989-2002 har været en faldende tendens for den samlede planteplanktonbiomasse. Faldet er signifikant og skyldes først og fremmest et gradvist og meget signifikant fald i grønalgebiomassen i perioden. Der har ikke i perioden været nogen signifikant ændring af blågrønalgebiomassen, og en signifikant øgning af kiselalgebiomassen har ikke kunnet opveje nedgangen i grønalgebiomassen.

Det signifikante fald i grønalgebiomassen vurderes først og fremmest at hænge sammen med faldende fosforindhold i søvandet, men størrelsen af grønalgebiomassen er foruden næringsstoffer også styret af blågrønalgernes udvikling (konkurrence). Blågrønalgernes biomasse er også påvirket af næringsstoftilgængeligheden, men derudover er den også i betydelig grad påvirket af de klimatiske forhold.

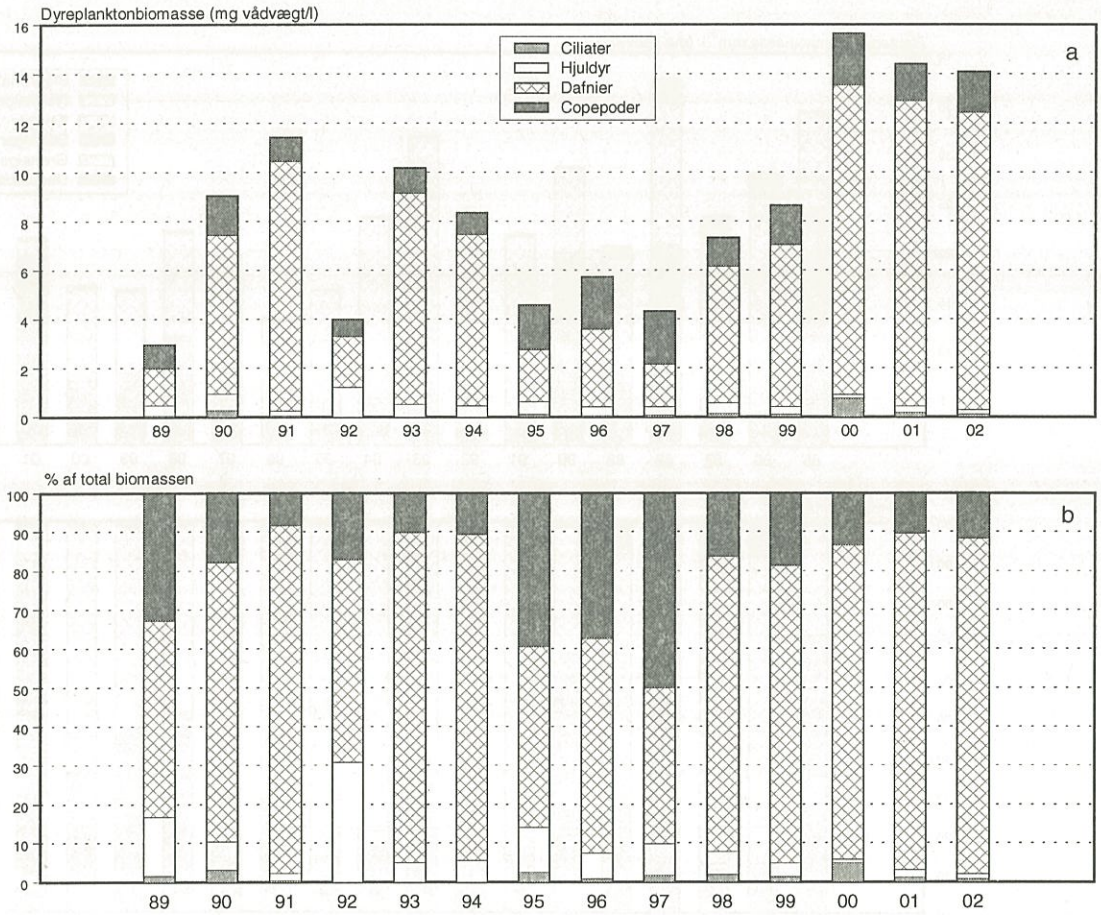
Figur 5.10.
Oversigt over variationen af planteplanktonets sammensætning (middelbiomasse marts-oktober) i Arresø i perioden 1989-2002.



Bag den signifikante, kvantitative ændring af planteplanktonet gemmer sig også markante kvalitative ændringer. I periodens begyndelse var planteplanktonet artsfattigt og helt ensidigt domineret af næringskrævende arter, fortrinsvis grønalger. I takt med faldet af biomassen er der sket en stigning i antallet af arter, og i 2002 fremstod planteplanktonet mere artsrigt end på noget tidligere tidspunkt i perioden. Der var tilmed sparsom forekomst af arter med tilknytning til mere næringsfattige sømiljøer.

Figur 5.11 indeholder en oversigt over variationen af dyreplanktonets sammensætning i perioden 1989-2002. I årene 1989-1997 var der stor variation i dyreplanktonets sommermiddelbiomasse, idet lave værdier vekslede med temmelig høje værdier. I årene 1997-2002 har der været en gradvis stigning i dyreplanktonets sommermiddelbiomasse, og værdien har i de tre seneste år ligger markant højere end på noget tidligere tidspunkt i perioden. De seneste tre års høje værdier gør, at der for perioden som helhed nu er en svagt stigende, men signifikant tendens.

Figur 5.11.
Oversigt over variationen af dyreplanktonets sammensætning (middelbiomasse marts-oktober) i Arresø i perioden 1989-2002.



Dafnier har været den mængdemæssigt dominerende gruppe i alle årene undtagen 1997, da vandlopper var den dominerende gruppe. Frem til 1997 var der hyppige skift med hensyn til den dominerende art. *Daphnia galeata* var den oftest dominerende art, men også *Chydorus sphaericus* dominerede i flere af årene. Siden 1997 har *Daphnia hyalina* været den dominerende art. *Daphnia hyalina* er en større art end de tidligere dominerende arter, og sammen med forekomst af den store art *Daphnia magna* i 2002 og den generelt øgede biomasse, indikerer skiftet i dafniernes artssammensætning et mindsket prædationstryk fra fisk.

5.9. Vegetation

Der er ikke gennemført undersøgelser af søens vegetation i 2002

5.10. Fiskeyngel

Forekomsten af fiskeyngel i søens vandmasser er beskrevet på grundlag af en undersøgelse natten mellem den 2. og 3. juli 2002. Undersø-

gelsen er gennemført af Fiskeøkologisk Laboratorium efter forskrifterne i den tekniske anvisning /12/, og resultaterne er beskrevet i en særskilt rapport, "Fiskeynglen i Arresø juli 2002" /13/. I det følgende er der givet en kortfattet oversigt over og vurdering af undersøgelsens resultater. Oversigter over undersøgelsens hoveddata findes i bilag 5.9.

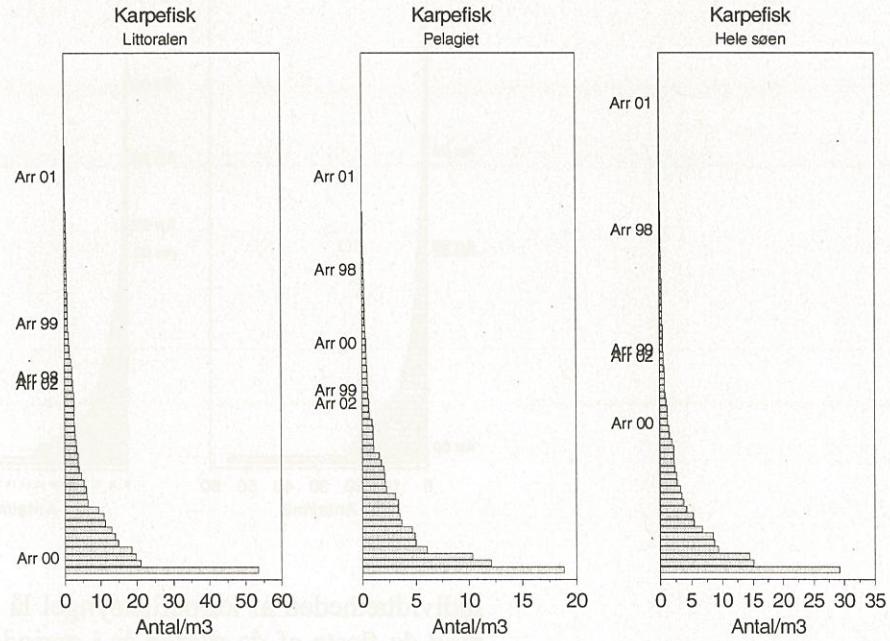
5.10.1. Artssammensætning og tæthed

Der blev ved undersøgelserne i 2002 registreret yngel af 4 arter – *skalle, brasen, aborre* og *sandart* samt ét-årige individer af *regnløje*.

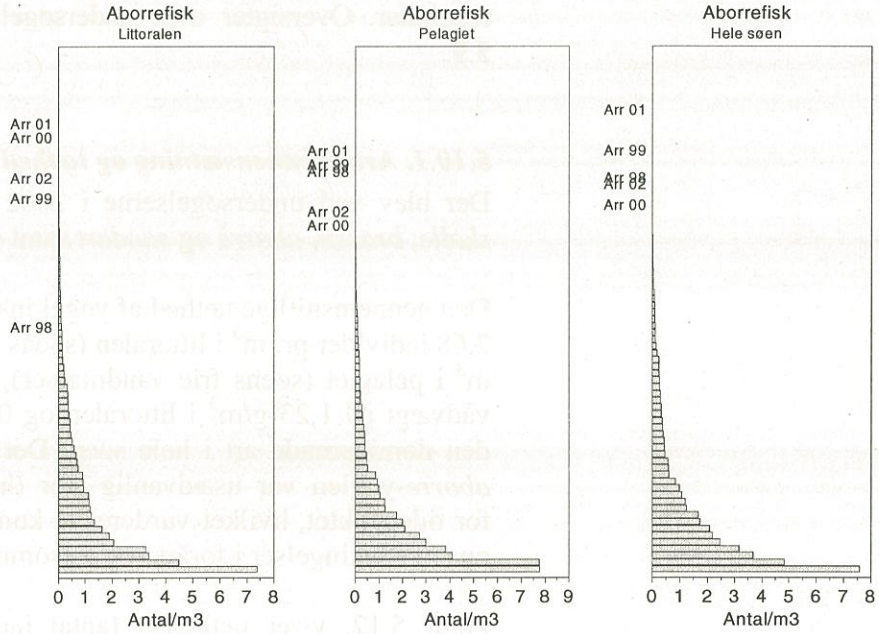
Den gennemsnitlige tæthed af yngel inklusive de ét-årige regnløjer var 2,68 individer pr. m^3 i littoralen (søens bredzone) og 0,66 individer pr. m^3 i pelagiet (søens frie vandmasser), svarende til en gennemsnitlig vådvægt på 1,23 g/m^3 i littoralen og 0,36 g/m^3 i pelagiet. *Skalle* var den dominerende art i hele søen. Det bemærkes, at både *skalle*- og *aborre*-ynglen var usædvanlig stor (høj gennemsnitlig middelvægt) for tidspunktet, hvilket vurderes at kunne have årsag i gode gyde- og opvækstbetingelser i forårs- og forsommerperioden 2002.

Figur 5.12. viser tætheden (antal individer/m^3) af karpefiskeyngel (*skalle*, og *brasen*) i Arresø i 2002 i sammenligning med årene 1998-2001 og i sammenligning med andre danske søer, mens figur 5.13. på tilsvarende vis viser tætheden af aborrefiskeyngel (*aborre* og *sandart*).

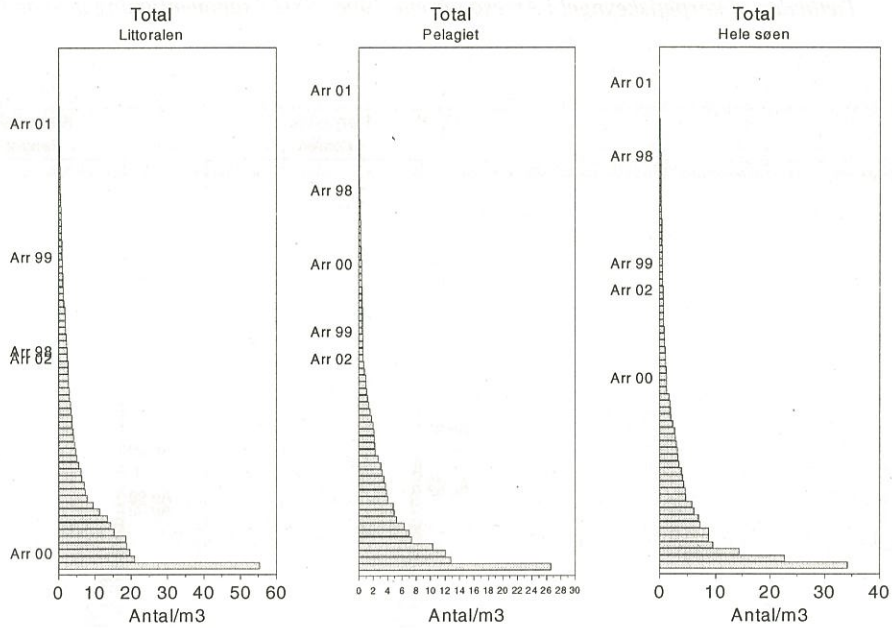
Figur 5.12.
Tætheden af karpefiskeyngel i Arresø i årene 1998-2002 i sammenligning med andre danske søer.



Figur 5.13.
Tætheden af aborrefiskeyngel i Arresø i årene 1998-2002 i sammenligning med andre danske søer.



Figur 5.14.
Tætheden af fiskeyngel i Arresø i 2002 i sammenligning med de øvrige år i Arresø og i sammenligning med andre danske søer.



Individtætheden af karpefiskeyngel lå på et højt niveau i sammenligning de fleste af de øvrige år i perioden 1998-2002, og for pelagiets

vedkommende var der tale om den hidtil højeste tæthed. I forhold til andre danske søer lå tætheden i 2002 nær medianen for samtlige søer.

Individtætheden af aborrefiskeyngel lå på et forholdsvis højt niveau i forhold til de øvrige år i perioden 1998-2002, men i forhold til andre danske søer lå tætheden lavt.

For fiskeynglens vedkommende var der således tale om stor tæthed af karpefisk og ringe tæthed af aborrefisk.

På grund af fiskeynglens generelt store individstørrelse for årstiden lå biomassetætheden på et forholdsvis højt niveau, set i forhold til både de øvrige år i perioden og i forhold til andre danske søer, jf. figur 5.14.

5.10.2. Årgangsstyrke

Det er velkendt, at søernes fiskearter er underlagt variationer i ynglesuccessen på grund af eksempelvis variationer af temperaturen i gydeperioden og i ynglens første levetid samt på grund af variationer af fødetilgængeligheden for den spæde yngel.

Den usædvanligt store individstørrelse for årstiden indikerer, at både *skalle* og *aborre* havde gode ynglebetingelser i 2002. For skalles vedkommende var 2002 et af de hidtil to bedste år, men den gode ynglesucces og den deraf følgende gode årgangsstyrke i Arresø 2002 var afvigende fra de øvrige danske søer.

For aborres vedkommende var den relativt store individstørrelse ikke ledsaget af en stor tæthed af yngel, og på den baggrund vurderes situationen for *aborre* i 2002 at være på linie med situationen i de forudgående år, hvor tæthed og biomasse af aborreyngel lå på et forholdsvis lavt niveau.

5.10.3. Fiskeynglens påvirkning af dyreplanktonet

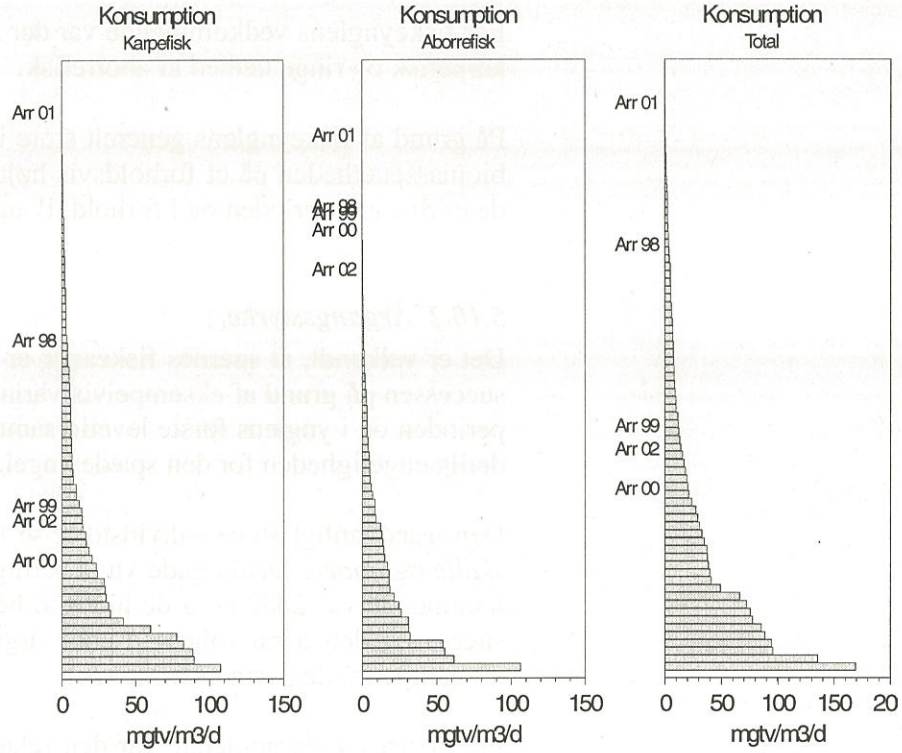
Fiskeynglen, både karpefisk og aborrefisk, lever i udstrakt grad af dyreplankton, og tætheden af fiskeyngel har derfor betydning for dyreplanktonets udviklingsmuligheder. Det skal dog nævnes, at ikke blot ynglen, men også ældre individer lever af dyreplankton. Beregning af fiskeynglens prædation på dyreplanktonet giver derfor ikke det fulde billede af fiskefaunaens påvirkning af dyreplanktonet.

Fiskeynglens samlede fødeoptagelse (konsumption af dyreplankton) er for 2002 beregnet til 14,6 mg tørvægt/m^3/døgn, hvilket er i den nedre del af normalområdet for middeldybe, uklare og middelnæringsrige søer, jf. figur 5.15.

Det vurderes, at fiskeynglens prædation på dyreplanktonet i 2002 var moderat, hvilket understøttes af det faktum, at biomassen af dyre-

plankton nåede maksimum i juli, der er det tidspunkt, hvor fiskeynglens prædation almindeligvis er stor.

Figur 5.15.
Oversigt over fiskeynglens komsumptionsrate i Arresø 1998-2002 i sammenligning med andre danske søer.



Et moderat prædationstryk fra ynglen er dog ikke ensbetydende med, at prædationstrykket fra fiskene generelt er lavt, idet de større fisk også kan påføre dyreplanktonet et betydeligt prædationstryk. Men heller ikke dette synes at have været tilfældet i 2002, hvor middelbiomassen af dyreplankton var blandt de hidtil højeste, der er registreret, og hvor den græsningsfølsomme *Daphnia hyalina* var den dominerende dafnieart.

Samlet set synes der i 2002 at have været en moderat "top down" kontrol fra fiskene på dyreplanktonet, der til gengæld i kraft af høj biomasse og dominans af dafnier havde en betydelig "top down" effekt på den tilgængelige del af planteplanktonet.

5.11. Det biologiske samspil

Arresø var i begyndelsen af perioden 1989-2002 præget af et meget næringsrigt miljø. Som resultat af indgrebene overfor den eksterne næringsstofbelastning (forbedret spildevandsrensning og etablering af engsøer) skete der i perioden en markant reduktion af især fosforbelastningen.

Den reducerede næringsstofbelastning har i søen bevirket en reduktion af næringsstofgrundlaget for søens planteplankton, og der er i sidste halvdel af perioden sket en nedgang i planteplanktonbiomassen, fortrinsvis som følge af en nedgang i biomassen af den mest næringskrævende gruppe, de chlorococcale grønalger.

Med indgrebene i søen er der således skabt grundlag for en "bottom up" kontrol af planteplanktonet i søen. Biomassen er ganske vist stadigvæk høj, men der er igangsat en udvikling, der har medført signifikante ændringer i søen, både for de vandkemiske variabler og for de afledte biologiske variabler.

Samtidig med at der er etableret en vis næringsstofstyring af planteplanktonet, er der også i søen sket en positiv udvikling af dyreplanktonbiomassen, således at der i tillæg til "bottom up" kontrollen af planteplanktonet nu også er en betydelig "top down" kontrol. Dafnierne har udviklet sig positivt, og dyreplanktonets græsningstryk var i 2002 i en stor del af tiden tilstrækkeligt stort til at påføre planteplanktonet en betydelig regulerende effekt.

Den faldende grønalgebiomasse er formodentlig en medvirkende årsag til, at der i sidste halvdel af perioden 1989-2002 er sket et markant fald i vandets indhold af suspenderet stof, idet produktionen af planktondetritus (slam) har været faldende.

Problemet er imidlertid, at søen stadig er så næringsrig, at der er grundlag for betydelig forekomst af blågrønalger, som i stor udstrækning er uden for dyreplanktonets kontrollerende græsning. Modsat grønalgebiomassen er der ikke i perioden 1989-2002 sket nogen ændring af blågrønalgebiomassen, og det betyder, at der i perioder er dominans af planktonformer, der i kraft af deres store størrelse (>50 µm) ikke kan reguleres af dyreplanktonet.

Ved fortsatte fald i næringsstofniveauerne må det forventes, at også blågrønalgernes biomasse falder, og dermed vil der opstå grundlag for at dyreplanktonet kan kontrollere en større del af det samlede planteplankton.

Selvom Arresø huser en veludviklet skidtfiskebestand, var fiskeynglens prædationstryk på dyreplanktonet efter alt at dømme ikke stort i 2002.

Samlet set et det gennem reduktion af den eksterne næringsstofbelastning lykkedes at opnå markante forandringer af søens plankton. Trods stigende tendens og den hidtil højeste sommermiddelsigtdybde, var der ikke i 2002 opnået væsentlige forbedringer af vækstbetingelserne for undervandsvegetationen i søen. Vandet er således stadig for uklart til, at søens store potentiale kan udmøntes i forekomst af en stor og veludviklet undervandsvegetation.

5.12. Udviklingen af søens miljøtilstand 1989-2002

I dette kapitel er der foretaget en opsummering af miljøtilstandens udvikling i perioden 1989-2002, baseret på de foreliggende fysiske, kemiske og biologiske data.

For alle variabler med et talmæssigt anvendeligt grundlag er der foretaget en statistisk analyse af udviklingstendenserne i perioden. Udviklingstendenserne er analyseret ved lineær regression af logaritmetransformerede års- og sommermiddelværdier. Tabel 5.1 indeholder en oversigt over de resultaterne af tendensanalysen for de vigtigste variabler, mens bilag 5.4. indeholder resuméerne af de statistiske analyser.

Tabel 5.1.
Oversigt over udviklingstendensen for de vigtigste variabler i Arresø i perioden 1989-2002. 0 = ingen signifikans +/-, ++/-- og +++/--- angiver positiv henholdsvis negativ udviklingstendens på 10, 5 og 1% signifikansniveau.

Variabel	Sommergennemsnit		Årsgennemsnit		Sommermedian	
	Tendens	R^2/p-værdi	Tendens	R^2/p-værdi	Tendens	R^2/p-værdi
Total-fosfor, søkoncentration	---	0,499/0,005			--	0,378/0,019
Total-fosfor, indløbskoncentration			---	0,657/0,0004		
Total-kvælstof, søkoncentration	---	0,504/0,004			--	0,428/0,011
Total-kvælstof, indløbskoncentration			---	0,719/0,0001		
Sigtdybde	+	0,260/0,062			0	0,191/0,118
Klorofyl-a	---	0,451/0,009			---	0,476/0,006
Suspenderet stof	---	0,565/0,002			---	0,593/<0,001
pH	---	0,914/<0,001			---	0,864/<0,001
Alkalinitet	++	0,415/0,013			++	0,308/0,040
Silicium	--	0,357/0,024			--	0,359/0,023
Planteplanktonbiomasse	--	0,361/0,023				
Blågrønalgebiomasse	0	0,006/0,787				
Kiselalgebiomasse	++	0,350/0,026				
Grønalgebiomasse	---	0,452/0,008				
Dyreplanktonbiomasse	+	0,282/0,051				

Den statistiske analyse viser, at der er statistisk signifikant udviklingstendens for en række variabler i perioden 1989-2002.

Blandt de registrerede ændringer har især ændringerne af næringsstofniveauerne i søen stor funktionel betydning, idet de har bevirket ændringer i vækstgrundlaget for planteplanktonet. Sommermiddelkoncentrationerne af både total-fosfor og total-kvælstof udviser således meget signifikant faldende tendens, for fosfors vedkommende til trods for at der i de seneste to år har været tendens til stigende middelkoncentrationer. Af større betydning end den statistiske signifikans er det imidlertid, at den faldende tendens har bevirket næsten en halvering af sommermiddelkoncentrationen af fosfor fra periodens begyndelse og frem til i dag.

For total-fosfors vedkommende har faldet bragt sommermiddelkoncentrationen ned på et niveau, hvor der kan forventes effekter på planteplanktonets vækst, og der er da også registreret et statistisk signifikant fald i planteplanktonets sommermiddelbiomasse. Faldet i middelbiomassen har ikke været så markant som for næringsstoffernes

vedkommende, men der er tale om en betydelig ændring af biomasseniveauet fra periodens begyndelse og frem til i dag. I 2002 lå sommermiddelbiomassen tilmed på det hidtil laveste niveau, trods forhøjet koncentration af total-fosfor. Analysen viser, at faldet i planteplanktonets sommermiddelbiomasse har rod i et signifikant og talmæssigt stort fald i grønalgebiomassen. Til gengæld er der ikke nogen signifikant udviklingstendens for sommermiddelbiomassen af blågrønalger, og en stigende tendens for kiselalger har ikke kunnet opveje faldet i grønalgebiomassen.

Det vurderes, at den faldende sommermiddelbiomasse af planteplankton har været medvirkende årsag til at også sommermiddelkoncentrationen af suspenderet stof udviser en signifikant faldende tendens i perioden, idet mindre planteplanktonbiomasse er ensbetydende med mindre produktion af planktondetritus, som skønnes at udgøre hovedparten af det resuspenderbare materiale på søbunden. Udtrykt i absolutte tal har faldet i middelkoncentrationen af suspenderet stof været den mest markante hændelse i perioden, idet sommermiddelkoncentrationen i 2002 lå på kun ca. 20% af niveauet i 1993. Der er samtidig tale om et meget jævnt og stabilt fald gennem en lang periode.

Med markante fald i næringsstofgrundlaget og afledte markante fald i planteplanktonbiomassen og koncentrationen af suspenderet stof er der grundlag for at forvente en effekt på vandets klarhed. Med den fortsatte øgning af sommermiddelsigtdybden gennem de seneste tre år lå sommermiddelsigtdybden i 2002 på det hidtil højeste niveau i perioden, og det har bevirket, at der nu er statistisk signifikant positiv udviklingstendens for sigtdybden i Arresø i perioden 1989-2002. Der er tale om en relativt stor stigning i sommermiddelsigtdybden, men i forhold til både målsætningen og undervandsvegetationen er der tale om en beskeden ændring.

6. Miljøtilstand og målsætning

Dette kapitel indeholder en kortfattet vurdering af søens miljøtilstand og udviklingen heraf i relation til målsætningen for søen og de deri indeholdte kvalitetskrav.

6.1. Målsætning og kvalitetskrav

Arresø er i Regionplan 2001 for Frederiksborg Amt /7/ målsat med en generel målsætning, se tabel 6.1.

Tabel 6.1.
Målsætning og kvalitetskrav for Arresø.

Målsætning
B – Generel målsætning
Kvalitetskrav
Sigtdybde (sommergennemsnit): >0,8 meter
Total-fosfor (årsgennemsnit): < 0,060-0,070 mg/l

6.2. Målsætningsopfyldelse 2002

Med en sommermiddelsigtdybde på 0,65 meter og en årsmiddelkoncentration af total-fosfor på 0,233 mg/l er det let at konstatere, at målsætningens krav ikke var opfyldt i 2002.

Selvom der i perioden 1989-2002 har været en faldende tendens for koncentrationen af total-fosfor og den afledte biologiske variabel – planteplanktonbiomassen, var tilstanden i Arresø således også i 2002 temmelig langt fra at opfylde målsætningens krav.

6.2.1. Vurdering af målsætningens kravværdier

Målsætningens krav til sigtdybden synes at være lavt sat i forhold til forekomsten af undervandsvegetation. Hvis der ønskes potentiale for forekomst af en bare nogenlunde veludviklet undervandsvegetation med en dækningsgrad stor nok til at give undervandsvegetationen væsentlig betydning for miljøtilstanden, skal målet være en markant højere sommermiddelsigtdybde. Ser man på hypsografen og antager, at rørskoven potentielt opfylder hovedparten af dybdeintervallet 0-1 meter, skal sommermiddelsigtdybden være mindst 1,5 meter for at skabe grundlag for forekomst af undervandsvegetation på ca. 30% af bunden.

Spørgsmålet om kravværdierne vil i de kommende år blive aktualiseret i forbindelse med implementeringen af Vandrammedirektivet. Uden at kende referencetilstanden for Arresø vurderes det, at kravet til undervandsvegetationens dybdeudbredelse i fremtiden vil komme til at ligge markant højere end det nuværende krav, det vil sige omkring de foreslåede 1½ meter.

6.3. Belastning og indsatsmuligheder

Trods reduktionerne af den eksterne næringsstofbelastning, er denne stadig stor nok til at skabe problematisk høje næringsstofkoncentrationer i søen. Samtidig er årtiers ophobning af fosfor i sedimentet med til at skabe grundlag for en ikke ubetydelig intern fosforbelastning.

Opfyldelse af målsætningen kræver imidlertid yderligere reduktioner af den eksterne næringsstofbelastning. Trods forbedret rensning var spildevand også i 2002 kilde til en meget væsentlig del af den samlede fosforbelastning, og det bevirkede sammen med et stort dyrkningsbidrag, at den gennemsnitlige indløbskoncentration lå på et problematisk højt niveau.

En videregående indsats overfor fosforbelastningen, der i dag anses for at være den største trussel mod søens tilstand, kræver således indgreb overfor både spildevandsbelastningen, herunder ikke mindst belastningen via de regnvandsbetingede udløb, samt overfor dyrkningsbidraget.

7. Referencer

/1/ Kronvang, B., J. P. Jensen, M. L. Pedersen, S. E. Larsen, D.-I. Müller-Wohlfeil, L. Wiggers, H. Kronquist, H Tornbjerg og O. Ringborg 1999. Oplandsanalyse af vandløbs- og søoplande 1998-2003. Vandløb og søer. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser – Teknisk anvisning fra DMU, nr. 15.

/2/ Frederiksborg Amt 1995. Arresø, tilstand og udvikling 1994. Vandmiljøovervågning nr. 21.

/3/ Miljø- og Energiminiteriet. Miljøstyrelsen 2000. NOVA 2003. Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 1.

/4/ Jensen, J. P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, R. Bjerring Olsen, F. Landkildehus, T. L. Lauridsen, L. Sortkjær & A. M. Poulsen 2000. Søer 1999. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 108 s. Faglig rapport fra DMU nr. 335.

/5/ Scharling, M. & C. Kern-Hansen 2000. Klimagrid – Danmark. Praktisk anvendelse af nedbørskorrektion på gridværdier. Danmarks Meteorologiske Institut. Teknisk rapport nr. 00-21.

/6/ Hovmand, M. F., K. Kemp og W. Aistrup 1993. Atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor. Miljøministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 91.

/7/ Hovedstadens Udviklingsråd 2001. Regionplan 2001 for Frederiksborg Amt.

/8/ Blicher-Mathiesen, G., H. E. Andersen 2002. Overskud i vandbalancer. Vand og Jord. 2.

/9/ Frederiksborg Amt 2003. Afstrømningsmålinger 2002. Rapport udført for Frederiksborg Amt af Hedeselskabet A/S.

/10/ Wiggers, Lisbeth 2003. Diffus fosforbelastning – transportveje og regulering. Vand og Jord, 10. årgang, nr. 1, februar, side 17-20.

/11/ Miljøbiologisk Laboratorium 2003. Arresø 2002. Plante- og dyreplankton. Notat.

/12/ Lauridsen, T. L., J. P. Jensen, S. Berg, K. Michelsen, T. Rugaard, P. Schriver og A. C. Rasmussen 1998. Fiskeyngelundersøgelser i søer. Metoder til anvendelse i søer i det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk Anvisning fra DMU, nr. 14.

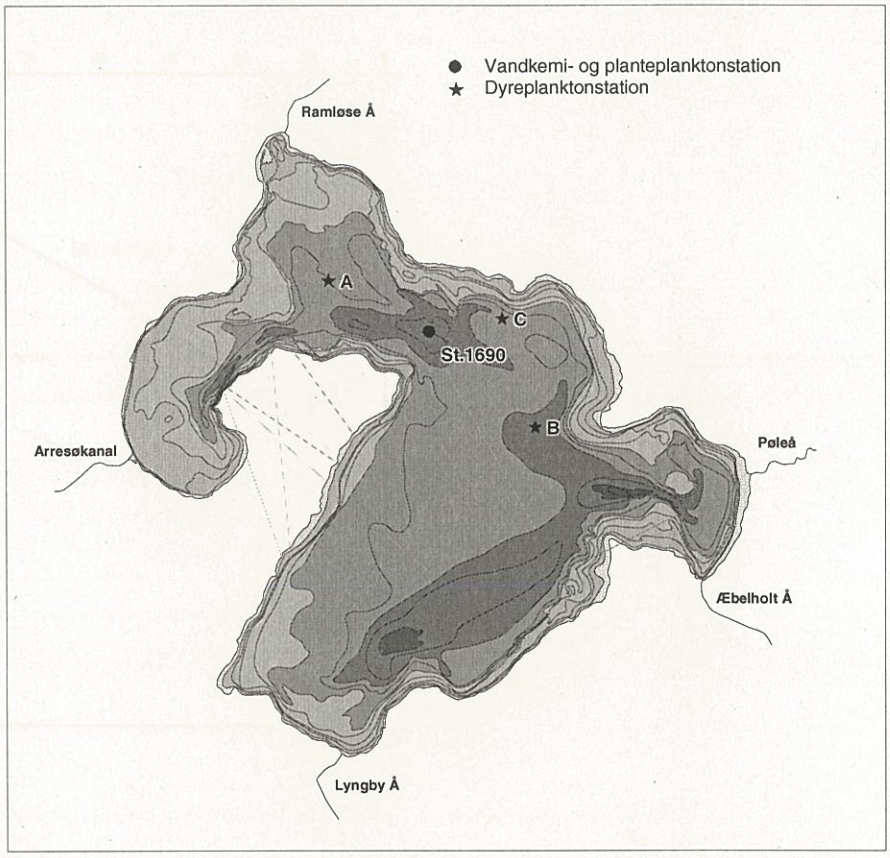
/13/ Fiskeøkologisk Laboratorium 2002. Fiskeynglen i Arresø juli 2002. Notat.

Bilagsfortegnelse

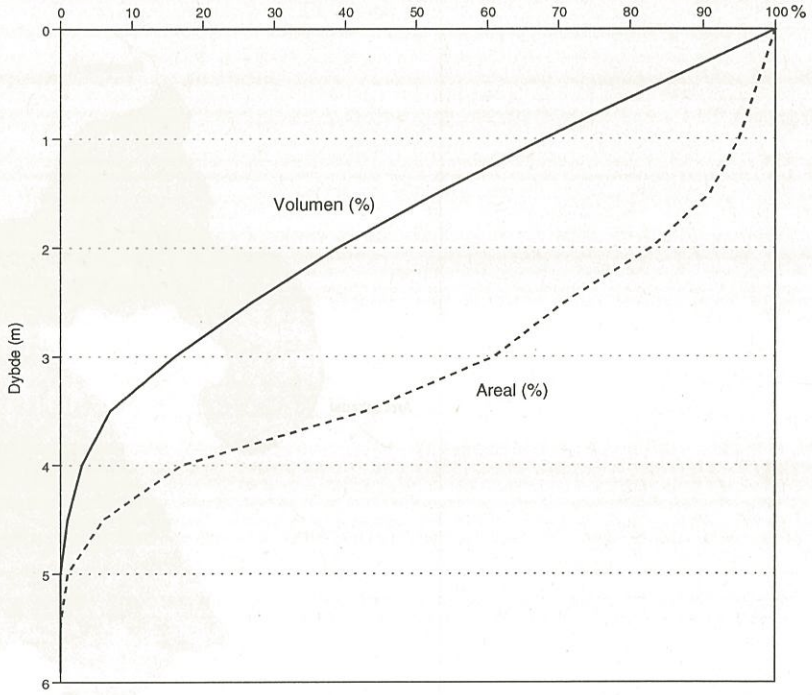
Bilag 1

1.1. Dybdekort med måle- og prøvetagningsstationer
1.2. Hypsograf og volumenkurve

Bilag 1.1.
Dybdekort over Arresø med indtegnede dybdekurver (1-meterkurver) og angivelse af prøvetagningsstationer.



Bilag 1.2.
Hypsograf og volumenkurve for Arresø angivet ved vandspejlskote 3.70 m o. DNN.



Bilag 2

Bilag 2.1.
Lufttemperatur 2002 og langtidsnormalerne 1961-1990 og 1989-2002, 20 km gridnr. 20153

Arresø 20 km gridnr. 20153			
Måned	Middeltemperatur 2002	Middeltemp. 1961-1990	Middeltemp. 1989-2002
	°C	°C	°C
J	2,2	-0,1	1,6
F	4,1	-0,3	2,0
M	4,0	2,0	3,2
A	7,1	5,9	6,9
M	12,8	11,2	11,2
J	15,9	15,0	14,3
J	17,4	16,3	16,8
A	20,1	16,3	16,8
S	14,8	12,9	12,6
O	7,3	9,5	8,6
N	4,3	4,8	4,2
D	0,2	1,4	1,4
Årsgns.	9,2	7,9	8,3

Arresø 20 km gridnr. 20153	
År/Periode	Lufttemperatur (°C)
	Årsgennemsnit
1989	8,9
1990	9,3
1991	8,3
1992	9,1
1993	7,3
1994	8,9
1995	8,3
1996	6,9
1997	8,2
1998	7,9
1999	8,4
2000	8,8
2001	7,7
2002	9,2
1989-2002	8,3
1961-1990	7,9

Bilag 2.2.
Globalindstråling 2002, 20 km gridnr. 20153

Arresø 20 km gridnr. 20153	
Måned	Globalindstråling 2002
	MJ/m^2
J	47,1
F	108,4
M	312,8
A	349,8
M	534,4
J	656,0
J	538,6
A	529,1
S	383,2
O	176,7
N	59,5
D	27,1
Året	3.722,7

Bilag 2.3.
Solskinstimer 2002, station 30010, Nakkehoved Fyr

	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	Gns. 89-02	Gns. 61-90
JAN	46	24	78	62	79	34	56	27	80	73	29	72	24	44	52	43
FEB	58	86	56	49	57	48	61	58	104	57	85	82	110	91	72	68
MAR	103	160	80	99	120	119	126	114	182	162	82	145	138	186	130	117
APR	200	239	166	114	228	178	192	245	207	131	208	229	158	205	193	185
MAJ	328	299	253	322	303	248	263	154	218	285	274	340	329	253	276	249
JUN	308	194	133	367	288	251	257	234	273	227	297	247	286	337	264	259
JUL	288	290	277	298	182	381	325	270	323	210	334	218	345	266	286	244
AUG	215	252	225	208	205	239	332	295	332	210	275	237	247	280	254	233
SEP	185	121	173	164	84	106	121	206	197	113	231	195	115	236	161	158
OKT	88	113	120	96	95	102	116	97	129	99	134	132	87	117	109	103
NOV	95	75	52	56	23	60	69	57	58	48	58	42	100	38	59	57
DEC	43	48	45	45	36	31	56	70	24	53	50	25	32	19	41	38
Årssum	1957	1901	1658	1880	1700	1797	1974	1827	2127	1668	2057	1964	1971	2072	1883	1754

Bilag 2.4.
Nedbør 2002 og langtidsnormalen 1961-1990, 10 km gridnr. 10544

Arresø Sø 10 km gridnr. 10544				
Måned	Nedbør (mm) 2002		Nedbør (mm) 1961-1990	
	Målt	Korrigeret	Målt	Korrigeret
J	56,0	65,0	43,0	50,0
F	90,0	104,4	27,0	31,0
M	24,0	27,8	38,0	44,0
A	16,2	18,8	37,0	43,0
M	44,5	51,6	40,0	46,0
J	86,0	99,8	53,0	61,0
J	124,2	144,1	67,0	78,0
A	102,6	119,0	63,0	73,0
S	13,4	15,6	60,0	70,0
O	87,7	101,7	55,0	64,0
N	64,2	74,5	58,0	67,0
D	23,3	27,0	54,0	63,0
Året	732,2	849,3	595,0	690,0

Bilag 2.5.
Fordampning 2002 og langtidsnormalen 1961-1990, 10 km gridnr. 10544

Arresø Sø 20 km gridnr. 20153				
Måned	Fordampn. (mm) 2002		Fordampn. (mm) 1961-1990	
	Målt	Korrigeret	Målt	Korrigeret
J	5,9	6,5	5	6
F	14,2	15,6	11	12
M	40,9	45,0	30	33
A	50,5	55,6	56	62
M	91,1	100,2	87	96
J	118,8	130,7	103	113
J	100,6	110,7	105	116
A	103,1	113,4	84	92
S	68,2	75,0	52	57
O	26,1	28,7	27	30
N	7,6	8,4	10	11
D	2,9	3,2	4	4
Året	629,9	692,9	574	632

Bilag 2.6.
Afstrømning 2002, station 52.08 Havelse Å, Strø

52.08 Havelse Å, Strø 2002 Månedsmiddelvandføring l/s	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Max	34,9	43,7	44,2	6	10,3	3,8	21,6	40,6	3,3	16,3	21,2	13,2
Min	4,2	11,2	6,2	3,6	2,4	1,5	1,4	3,5	2,1	1,9	5,8	3,4
Middel	12,8	21,7	16,8	4,6	4,2	2,5	6,1	13,8	2,5	6,8	11,1	6,1

Årsmiddel	928	l/s
Døgnmax	01.03.2002	dato
	4535	l/s
Døgnmin	17.07.2002	dato
	146	l/s
Opland	102,7	km²

MÅNEDSMIDDELAFSTRØMNING 1998-2002 samt langtidsnormaler 52.08 Havelse å, Strø	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	året
l/s/km²													
1981-2000	9,6	9,6	9,2	6,6	3,6	2,5	2,0	2,0	2,5	3,6	5,0	8,1	5,3
1998	6,3	10,6	10,7	8,7	2,9	2,0	3,6	3,1	5,3	13,1	11,7	10,7	7,4
1999	14,2	10,4	16,0	7,5	4,2	3,6	1,9	1,9	1,0	2,0	2,2	12,1	6,4
2000	8,0	9,6	13,1	7,6	2,7	2,0	1,7	1,5	4,0	2,9	5,5	8,4	5,6
2001	8,8	11,3	5,6	4,6	2,9	2,2	1,4	1,6	5,7	4,5	4,5	5,6	4,8
2002	12,8	21,7	16,8	4,6	4,2	2,5	6,1	13,8	2,5	6,8	11,1	6,1	9,0
mm													
1971-90	25,7	23,2	24,6	17,2	9,7	6,5	5,5	5,2	6,5	9,7	12,9	21,7	168,3
1998	17,0	25,7	28,7	22,5	7,8	5,3	9,7	8,2	13,6	35,1	30,2	28,5	232,3
1999	38,1	25,2	43,0	19,5	11,3	9,3	5,2	5,1	2,6	5,4	5,6	32,5	202,7
2000	21,5	23,9	35,0	19,6	7,2	5,1	4,4	4,0	10,4	7,6	14,3	22,6	175,5
2001	23,6	27,3	14,9	11,8	7,8	5,8	3,7	4,2	14,7	12,1	11,7	14,9	152,6
2002	34,3	52,5	45,0	11,9	11,2	6,5	16,3	37,0	6,5	18,2	28,8	16,3	284,5

Bilag 2.7.
Vindretning og –styrke, station 30188, Sjælsmark

Station 30188 Sjælsmark					
Måned	Vindretning (grader)				
	Gennemsnit	Median	25%	75%	Max
J	242	247	215	266	
F	233	244	213	260	
M	223	252	187	275	
A	150	125	75	212	
M	167	129	86	265	
J	189	216	97	267	
J	185	199	101	268	
A	151	104	82	247	
S	151	104	82	247	
O	165	148	72	265	
N	149	109	81	217	
D	127	98	72	135	
Året	181	194	91	263	
Måned	Vindstyrke (m/s)				
	Gennemsnit	Median	25%	75%	Max
J	4,2	3,6	2,4	5,6	14,5
F	5,2	5,0	3,5	6,8	13,3
M	4,4	4,0	2,6	6,2	12,2
A	3,0	2,8	1,7	4,0	8,5
M	3,3	3,1	2,1	4,1	11,7
J	4,2	3,9	2,5	5,9	10,6
J	3,1	2,8	1,8	3,9	11,0
A	3,0	2,9	2,1	3,9	7,5
S	3,0	2,9	2,1	3,9	7,5
O	3,6	3,4	2,1	5,1	10,5
N	3,5	3,4	2,2	4,7	8,5
D	4,1	4,0	2,3	5,6	10,0
Året	3,7	3,4	2,1	4,9	14,5

Bilag 3

3.1. Oplandsstørrelse, arealanvendelse, jordtyper og geologiske forhold

3.2. Kildeopsplitning. Tilførsel fra opland og opstrøms beliggende oplande

Bilag 3.1.
Oplandsstørrelser ifølge oplandsregistrering fra Hedeselskabet 1998. Alle værdier er givet i ha.

Æbelholt Å	1.179
Ramløse Å	2.026
Lyngby Å	1.942
Pøleå	9.888
Arresø Kanal (for meget målt opland)	31
Direkte opland (umålt)	6.622
Topografisk opland i alt	21.507

Bilag 3.1.
Arealanvendelse i oplandet til Arresø i følge AIS.

Type	Areal (ha)	Areal (%)
Landbrug	10.995	51
Skov	4.612	21
Søer (excl. Arresø)	298	1
Bebyggelse	3.635	17
Natur	1.393	7
Andet	522	3
Uklassificeret	60	<1
I alt	**21.515**	**100**

Bilag 3.1. Jordtyper i oplandet til Arresø ifølge Statens Jordbrugsforskning.

Type	Areal (ha)	Areal (%)
Grov og fin lerblandet	18.026	83,37
sandjord	2.231	10,32
Grov og fin sandblan-	1.132	5,24
det lerjord	94	0,43
Humus	59	0,27
Svær – meget svær	55	0,25
lerjord, silt	25	0,12
Grovsandet jord		
Lerjord		
Finsandet jord		
I alt	**21.622**	**100**

Bilag 3.1.
Geologiske forhold i oplandet til Arresø ifølge GEUS.

Type	Areal (ha)	Areal (%)
Smeltevandssand	6.986	32,47
Ferskvandstørv	6.602	30,69
Smeltevandsgrus	3.251	15,11
Moræneler	2.966	13,79
Flyvesand	715	3,32
Smeltevandsler	415	1,93
Ferskvandsler	111	0,52
Ferskvandssand	99	0,46
Ferskvand (excl. Ar-	83	0,39
resø)	77	0,36
Saltvandsgrus	62	0,29
Ferskvandsgytje	55	0,26
Ikke karteret	39	0,18
Ferskvandsgrus	17	0,08
By	16	0,07
Okker og myremalm	13	0,06
Saltvandssand	6	0,03
Smeltevandssilt		
I alt	**21.513**	**100**

Bilag 3.2.
Kildeopsplitning. Tilførsel fra opland og opstrøms beliggende oplande

Tilførsel fra opland og opstrøms oplande
Total-kvælstof (kg)

Kilde	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	Året
Renseanlæg	4.861	4.861	4.861	4.861	4.861	4.861	4.861	4.861	4.861	4.861	4.861	4.861	24.305	58.332
Regnvandsbetingede udløb	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	5.325	12.780
Spredt bebyggelse	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286	1.430	3.432
Atm. deposition	5.191	5.242	5.256	5.226	5.229	5.210	5.204	5.222	5.165	5.137	5.165	5.183	26.030	62.429
Natur	11.926	17.828	12.297	2.780	2.587	2.729	3.826	6.994	1.367	3.877	8.072	4.739	17.503	79.022
Landbrug	44.912	61.919	29.964	4.838	1.153	-394	4.752	6.656	833	3.692	21.732	11.785	13.000	191.842
Søretention	915	-2.752	-3.123	2.167	130	151	1.492	3.384	1.860	406	1.820	196	7.017	6.646
Samlet tilførsel	67.326	93.953	56.852	16.889	15.051	13.606	18.502	21.700	11.717	18.512	39.361	27.723	80.575	401.191

Tilførsel fra opland og opstrøms oplande
Total-fosfor (kg)

Kilde	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	Året
Renseanlæg	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245	1.225	2.940
Regnvandsbetingede udløb	238	238	238	238	238	238	238	238	238	238	238	238	1.190	2.856
Spredt bebyggelse	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	325	780
Atm. deposition	34,6	35	35,1	34,9	34,9	34,7	34,7	34,8	34,4	34,3	34,4	34,6	174	416
Natur	526	787	543	123	114	120	169	309	60	171	357	209	772	3.488
Landbrug	1.000	1.151	213	136	-331	-23	967	1.926	116	36	949	687	2.656	6.828
Søretention	567	494	-15	378	-261	-114	770	924	287	-2	707	705	1.606	4.440
Samlet tilførsel	1.541	2.027	1.354	464	627	794	949	1.894	472	792	1.181	774	4.735	12.868

Tilførsel fra opland og opstrøms oplande
Vandføring (x1000 m^3)

Kilde	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	Året
Renseanlæg	970	970	970	970	970	970	970	970	970	970	970	970	4.851	11.643
Regnvandsbetingede udløb	238	238	238	238	238	238	238	238	238	238	238	238	1.190	2.855
Natur	8.431	12.609	8.709	1.978	1.839	1.933	2.715	4.973	977	2.758	5.725	3.367	12.436	56.014
Samlet tilførsel	9.639	13.817	9.917	3.187	3.047	3.141	3.923	6.181	2.185	3.966	6.933	4.575	18.477	70.512

Bilag 4

Bilag 4.1.
Vand- og stofbalancer for Arresø opgjort på månedsbasis

VANDBALANCE
Alle værdier i 1000 m^3

Tilførsel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Til. 1320	673,9	1.136,4	878,6	306,2	257,6	176,2	355,2	856,1	199,2	415,7	721,7	480,4	1.844,4	6.457,2	4.612,9
Til. 1324	463,0	663,7	516,1	149,6	137,9	133,1	166,4	263,0	86,0	195,6	330,8	221,0	786,5	3.326,3	2.539,8
Til. 1348	5.077,9	6.939,2	4.678,0	1.412,2	1.442,8	1.723,8	1.874,1	2.341,0	1.004,5	1.680,1	3.077,9	1.970,6	8.386,2	33.222,0	24.835,9
Til. 1358	859,2	1.188,6	789,0	217,5	221,7	272,0	297,4	379,3	145,9	263,4	509,5	314,3	1.316,4	5.457,8	4.141,5
Umålt opland	2.565,1	3.889,5	3.055,8	1.101,2	987,2	835,7	1.229,8	2.341,8	749,2	1.410,9	2.293,5	1.589,1	6.143,6	22.048,6	15.905,1
Tilløb i alt	9.639,1	13.817,4	9.917,5	3.186,7	3.047,2	3.140,8	3.922,9	6.181,2	2.184,8	3.965,7	6.933,4	4.575,4	18.477,1	70.511,9	52.035,2
Nedbør	2.996,5	4.862,6	1.298,4	873,0	2.397,3	4.619,0	6.660,5	5.519,9	715,6	4.637,7	3.416,8	1.242,7	19.912,4	39.240,2	19.327,7
Grundvand	0,0	0,0	1.119,7	791,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.911,5	1.911,6
Ialt	12.635,7	18.680,0	12.335,5	4.851,4	5.444,6	7.760,0	10.583,4	11.701,1	2.900,5	8.603,4	10.350,1	5.818,1	38.389,5	111.663,7	73.274,2
Fraførsel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Afl. 1696	4.182,5	10.897,5	13.766,3	2.561,8	3.169,8	2.345,7	3.953,1	7.979,1	4.626,5	3.515,7	2.834,4	4.420,1	22.074,2	64.252,5	42.178,3
Fordampning	271,0	627,2	1.811,4	2.223,4	4.013,3	5.213,9	4.409,3	4.535,0	2.966,1	1.128,6	330,5	126,6	21.137,6	27.656,3	6.518,7
Grundvand	1.638,8	3.620,7	0,0	0,0	134,3	1.775,5	652,0	2.634,2	2.412,9	2.525,4	1.788,4	2.028,7	7.608,8	19.210,8	11.602,0
Ialt	6.092,4	15.145,4	15.577,6	4.785,3	7.317,4	9.335,1	9.014,3	15.148,4	10.005,4	7.169,7	4.953,3	6.575,3	50.820,6	111.119,6	60.299,0
Magasinering og opholdstid	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Magasinering	6.543,3	3.534,5	-3.242,1	66,1	-1.872,8	-1.575,1	1.569,1	-3.447,3	-7.105,0	1.433,7	5.396,8	-757,2	-12.431,1	544,1	12.975,1
Opholdstid, døgn	608	235	257	780	530	393	419	254	345	481	699	558	388	463	517
Opholdstid, år	1,7	0,6	0,7	2,1	1,5	1,1	1,1	0,7	0,9	1,3	1,9	1,5	1,1	1,3	1,4

KVÆLSTOFBALANCE

Alle værdier i kg

Tilførsel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Til. 1320	6.704,2	10.953,6	6.904,2	2.123,0	1.446,6	867,8	2.495,4	2.627,8	1.226,1	2.510,7	5.672,4	3.524,7	8.663,7	47.056,6	38.392,8
Til. 1324	3.453,2	5.110,6	3.180,8	607,1	550,9	416,9	504,2	811,3	246,7	635,6	1.668,6	1.047,1	2.530,0	18.233,0	15.703,0
Til. 1348	26.548,2	34.787,7	18.293,4	2.876,2	2.819,3	3.427,3	3.660,6	5.248,4	1.632,4	3.222,4	10.923,4	7.685,9	16.787,9	121.125,2	104.337,2
Til. 1358	4.379,4	5.137,7	2.553,5	416,5	667,8	691,5	637,6	745,1	298,1	629,1	1.405,9	1.077,4	3.040,0	18.639,7	15.599,5
Umålt opland	21.273,3	32.944,0	20.887,1	5.863,1	4.560,0	3.215,3	6.223,3	7.268,9	3.371,5	6.600,4	14.748,9	9.427,7	24.639,0	136.383,4	111.744,5
Tilløb i alt	62.358,3	88.933,6	51.819,0	11.885,9	10.044,6	8.618,8	13.521,1	16.701,5	6.774,8	13.598,2	34.419,2	22.762,8	55.660,6	341.437,9	285.777,0
Grundvand	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Atm. deposit	4.967,7	5.019,2	5.032,7	5.003,2	5.006,1	4.987,3	4.980,6	4.998,5	4.942,2	4.913,6	4.942,2	4.959,7	24.914,8	59.753,1	34.838,3
Ialt	67.326,1	93.952,9	56.851,8	16.889,1	15.050,7	13.606,1	18.501,7	21.699,9	11.717,0	18.511,9	39.361,4	27.722,6	80.575,5	401.191,0	320.615,8
Fraførsel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Afl. 1696	7.835,4	22.534,6	24.469,1	3.711,9	7.381,9	4.446,0	9.703,7	17.362,6	10.890,2	9.702,8	7.601,3	13.339,8	49.784,4	138.979,4	89.194,9
Grundvand	2.674,1	6.736,4	0,0	0,0	124,1	2.174,0	1.188,6	5.454,6	4.560,3	5.082,2	4.761,4	5.565,9	13.501,6	38.321,5	24.820,0
Ialt	10.509,5	29.270,9	24.469,1	3.711,9	7.505,9	6.620,1	10.892,3	22.817,2	15.450,5	14.785,1	12.362,7	18.905,7	63.286,0	177.300,9	114.014,9
Magasinering og retention	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Magasinering	10.543,1	50.476,7	-96.937,1	-12.703,3	-31.600,4	61.985,9	102.342,9	-61.224,6	-21.937,8	89.554,8	13.422,5	46.670,8	49.565,9	150.593,3	101.027,5
Retention	46.273,5	14.205,3	129.319,7	25.880,4	39.145,2	-54.999,8	-94.733,5	60.107,4	18.204,3	-85.828,0	13.576,3	-37.854,0	-32.276,4	73.296,8	105.573,2
Ialt	56.816,6	64.681,9	32.382,6	13.177,2	7.544,8	6.986,1	7.609,4	-1.117,3	-3.733,5	3.726,8	26.998,7	8.816,9	17.289,5	223.890,1	206.600,7

FOSFORBALANCE

Alle værdier i kg

Tilførsel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Til. 1320	106,2	188,6	123,2	18,6	22,8	18,9	76,0	332,4	26,0	50,4	96,4	69,1	476,0	1.128,5	Vinter
Til. 1324	90,5	96,5	75,2	11,1	13,7	13,8	16,8	35,9	12,1	49,4	72,0	43,8	92,4	531,0	438,5
Til. 1348	765,5	994,3	605,1	236,3	346,8	488,2	407,4	538,4	192,2	349,0	513,5	311,0	1.973,1	5.747,9	3.774,7
Til. 1358	71,8	83,1	55,1	52,1	83,3	119,0	189,7	240,2	80,2	40,6	58,3	31,1	712,5	1.104,7	392,1
Umålt opland	474,0	630,6	462,1	112,8	126,9	120,4	225,8	714,0	128,1	269,3	408,0	286,0	1.315,2	3.958,1	2.642,8
Tilløb i alt	1.508,0	1.993,1	1.320,7	430,9	593,5	760,3	915,7	1.860,9	438,6	758,7	1.148,2	741,0	4.569,2	12.470,2	7.900,6
Grundvand	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Atm. deposit	33,1	33,5	33,6	33,4	33,4	33,2	33,2	33,3	32,9	32,8	32,9	33,1	166,1	398,4	232,4
Ialt	1.541,1	2.026,6	1.354,3	464,2	626,9	793,6	948,8	1.894,2	471,8	791,5	1.181,3	774,0	4.735,4	12.868,4	8.133,0

Fraførsel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Afl. 1696	645,0	1.615,2	1.648,6	263,6	510,8	692,6	1.424,2	2.527,9	1.577,8	1.234,1	978,1	1.355,9	6.733,3	14.473,9	7.740,5
Grundvand	171,7	491,6	0,0	0,0	20,4	410,1	208,1	930,1	840,2	768,1	571,7	676,2	2.408,8	5.088,2	2.679,3
Ialt	816,7	2.106,9	1.648,6	263,6	531,2	1.102,7	1.632,3	3.458,0	2.418,0	2.002,1	1.549,9	2.032,1	9.142,1	19.562,0	10.419,9

Magasinering og retention	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Magasinering	191,3	813,1	-6.391,6	4.853,8	2.103,9	16.089,7	14.114,6	-7.577,8	-3.631,4	-2.474,8	8.268,9	-6.304,6	21.099,0	20.055,1	-1.043,9
Retention	533,1	-893,4	6.097,3	-4.653,2	-2.008,2	-16.398,8	-14.798,1	6.014,0	1.685,2	1.264,2	-8.637,5	5.046,5	-25.505,9	-26.748,9	-1.243,0
Ialt	724,4	-80,3	-294,3	200,6	95,7	-309,1	-683,5	-1.563,8	-1.946,2	-1.210,6	-368,6	-1.258,1	-4.406,9	-6.693,8	-2.286,9

JERNBALANCE

Alle værdier i kg

Tilførsel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Til. 1320	599,4	1.211,8	851,3	140,1	143,9	77,2	122,7	663,7	116,8	288,4	413,6	365,7	1.124,2	4.994,6	3.870,3
Til. 1324	578,7	687,6	525,7	90,1	92,6	78,3	73,5	145,9	72,5	395,0	552,1	428,0	462,8	3.720,1	3.257,2
Til. 1348	5.884,4	7.793,8	4.158,9	1.262,6	1.780,3	3.122,9	2.255,6	3.417,8	1.084,6	1.677,7	3.184,4	2.251,7	11.661,2	37.874,7	26.213,5
Til. 1358	410,2	558,3	299,6	141,0	260,0	355,4	354,0	396,2	173,2	112,4	142,2	96,5	1.538,8	3.299,1	1.760,2
Umålt opland	2.567,3	3.902,2	2.855,0	479,6	492,4	340,6	405,5	1.521,1	392,8	1.546,5	2.179,5	1.766,1	3.152,5	18.448,8	15.296,2
Tilløb i alt	10.040,0	14.153,7	8.690,5	2.113,4	2.769,2	3.974,4	3.211,3	6.144,7	1.839,9	4.020,0	6.471,8	4.908,0	17.939,5	68.337,3	50.397,4
Grundvand	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Atm. deposit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ialt	10.040,0	14.153,9	8.690,5	2.113,5	2.769,1	3.974,3	3.211,3	6.144,6	1.840,0	4.020,1	6.472,0	4.907,9	17.939,4	68.337,3	50.397,9

Fraførsel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Afl. 1696	671,2	2.156,6	1.762,8	234,1	440,1	455,6	1.015,7	1.407,0	825,7	637,0	545,0	747,4	4.144,1	10.898,3	6.754,1
Grundvand	102,0	434,5	0,0	0,0	9,0	305,8	124,9	389,5	273,1	457,6	350,8	268,9	1.102,3	2.716,1	1.613,8
Ialt	773,2	2.591,1	1.762,8	234,1	449,1	761,4	1.140,6	1.796,6	1.098,8	1.094,7	895,8	1.016,3	5.246,4	13.614,5	8.368,0

Magasinering og retention	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	År	Vinter
Magasinering	587,8	2.297,5	-7.706,9	1.744,9	-776,5	16.712,3	3.828,9	-12.967,0	-74,1	8.879,2	-7.339,2	-3.006,9	6.723,5	2.179,9	-4.543,6
Retention	8.679,0	9.265,3	14.634,7	134,4	3.096,5	-13.499,3	-1.758,1	17.315,1	815,3	-5.953,8	12.915,3	6.898,5	5.969,5	52.542,9	46.573,4
Ialt	9.266,8	11.562,8	6.927,7	1.879,4	2.320,0	3.213,0	2.070,7	4.348,1	741,2	2.925,4	5.576,1	3.891,6	12.693,0	54.722,8	42.029,8

Bilag 4.2.
Retention i Engsøerne 2002

Kvælstof	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Sommer	Året
Strødam tilførsel	7792	10589	6306	2823	2103	2675	3415	4368	2283	2433	4485	3262	17.667	52.534
Strødam fraførsel	5992	9129	6039	2323	2797	2927	3192	2638	1118	2449	3651	2534	14.995	44.789
Strødam tilbageholdelse	**1800**	**1460**	**267**	**500**	**-694**	**-252**	**223**	**1730**	**1165**	**-16**	**834**	**728**	2.672	7.745
Solbjerg Engsø tilførsel	9304	12186	8348	2784	2255	1945	3062	2548	1076	2905	5055	3777	13.670	55.245
Solbjerg Engsø fraførsel	8404	12884	8945	1789	1667	1936	1852	1569	875	3047	4381	3690	9.688	51.039
Solbjerg Engsø tilbageholdelse	**900**	**-698**	**-597**	**995**	**588**	**9**	**1210**	**979**	**201**	**-142**	**674**	**87**	3.982	4.206
Alsønderup Enge tilførsel	23743	31173	16568	3857	2907	3373	3834	5264	2084	4419	10230	6844	21.319	114.296
Alsønderup Enge fraførsel	25528	34687	19361	3185	2671	2979	3775	4589	1590	3855	9918	7463	18.789	119.601
Alsønderup Enge tilbageholdelse	**-1785**	**-3514**	**-2793**	**672**	**236**	**394**	**59**	**675**	**494**	**564**	**312**	**-619**	2.530	-5.305
Fosfor	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**	**Sommer**	**Året**
Strødam tilførsel	366	678	490	243	301	412	873	1128	359	367	849	468	3.316	6.534
Strødam fraførsel	242	342	313	185	464	591	286	266	74	186	197	144	1.866	3.290
Strødam tilbageholdelse	**124**	**336**	**177**	**58**	**-163**	**-179**	**587**	**862**	**285**	**181**	**652**	**324**	1.450	3.244
Solbjerg Engsø tilførsel	550	554	413	309	360	268	392	305	79	187	328	470	1.713	4.215
Solbjerg Engsø fraførsel	213	383	357	179	313	268	300	250	137	348	225	161	1.447	3.134
Solbjerg Engsø tilbageholdelse	**337**	**171**	**56**	**130**	**47**	**0**	**92**	**55**	**-58**	**-161**	**103**	**309**	266	1.081
Alsønderup Enge tilførsel	756	1154	586	490	212	422	526	514	284	398	543	354	2.448	6.239
Alsønderup Enge fraførsel	650	1167	834	300	357	357	435	507	224	420	591	282	2.180	6.124
Alsønderup Enge tilbageholdelse	**106**	**-13**	**-248**	**190**	**-145**	**65**	**91**	**7**	**60**	**-22**	**-48**	**72**	268	115

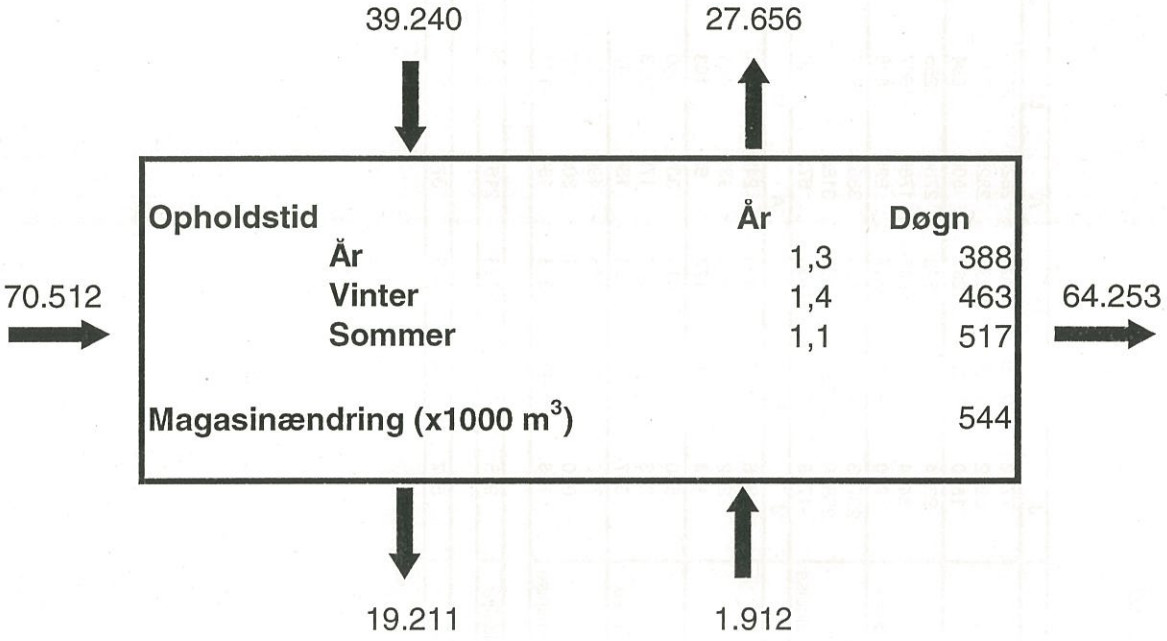
Samlet kvælstoftilbageholdelse	915	-2752	-3123	2167	130	151	1492	3384	1860	406	1820	196	9.184	6.646

Samlet fosfortilbageholdelse	567	494	-15	378	-261	-114	770	924	287	-2	707	705	1.984	4.440

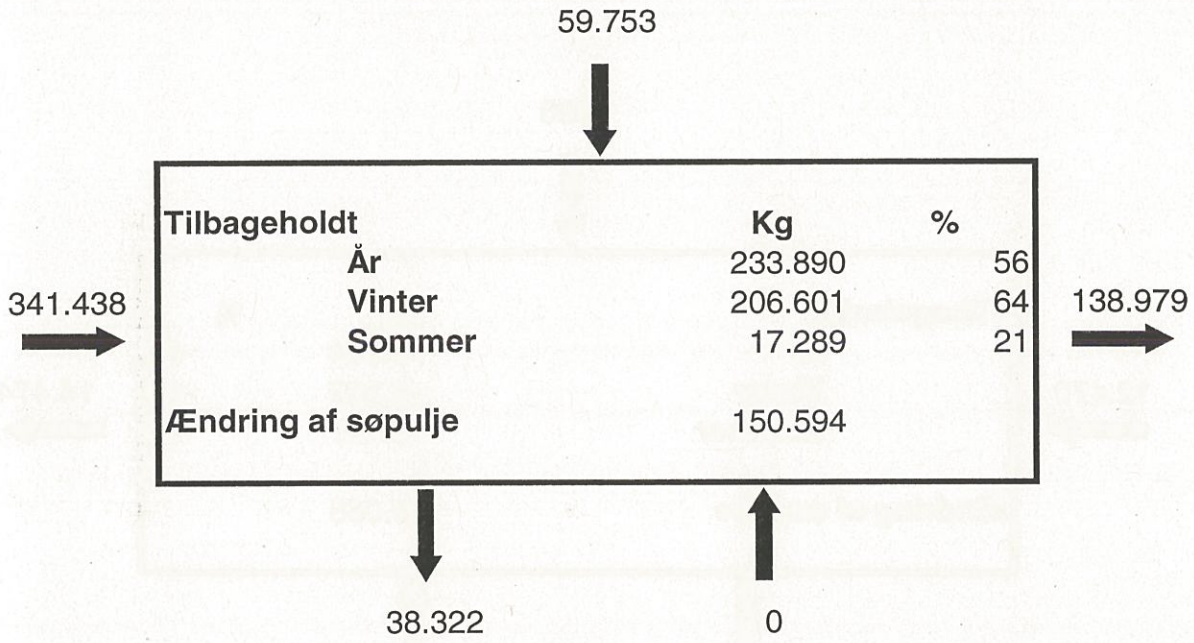
Bilag 4.3
Dokumentation for beregninger

Sø	Arresø
Vandspejlskote	3,81 m o. DNN
Areal	3.987 ha
Middeldybde	2,93 m
Volumen	116,819 mill. m^3
Atmosfærisk fosfordeposition	0,1 kg/ha/år
Atmosfærisk kvælstofdeposition	15 kg/ha/år

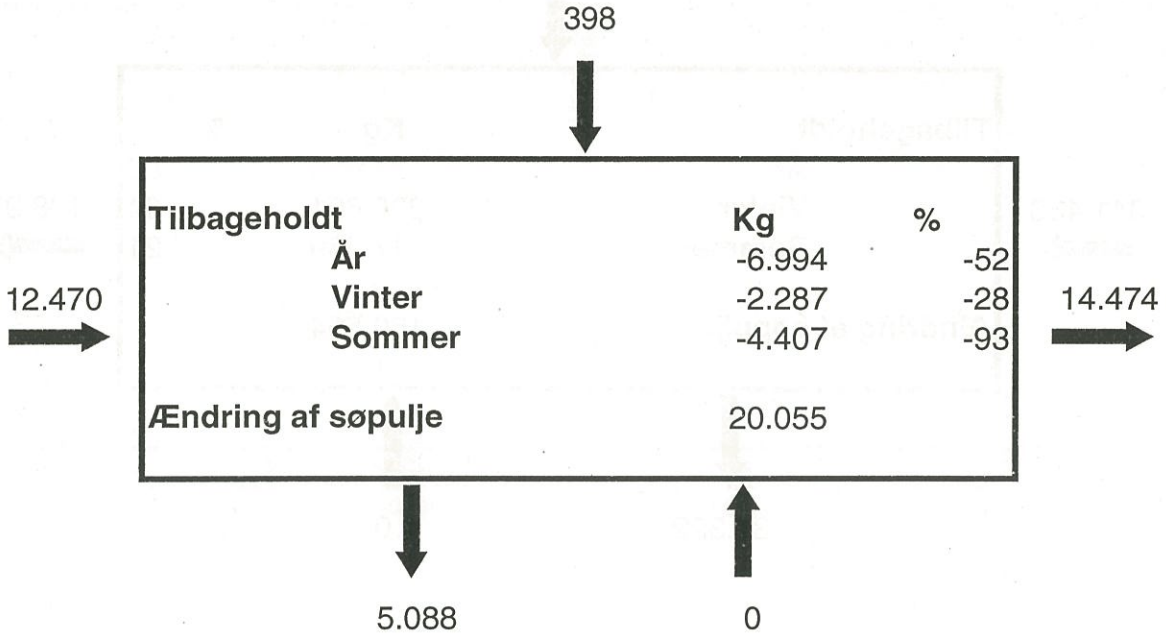
Q (10^3 m^3)	Tilløb	Grundvand	Nedbør	**Tilført i alt**	Fordamp-ning	Afløb	Grundvand	**Fraført i alt**	Magasin-ændring
J	9.639,1	0,0	2.996,5	**12.635,7**	271,0	4.182,5	1.638,8	**6.092,4**	6.543,3
F	13.817,4	0,0	4.862,6	**18.680,0**	627,2	10.897,5	3.620,7	**15.145,4**	3.534,5
M	9.917,5	1.119,7	1.298,4	**12.335,5**	1.811,4	13.766,3	0,0	**15.577,6**	-3.242,1
A	3.186,7	791,9	873,0	**4.851,4**	2.223,4	2.561,8	0,0	**4.785,3**	66,1
M	3.047,2	0,0	2.397,3	**5.444,6**	4.013,3	3.169,8	134,3	**7.317,4**	-1.872,8
J	3.140,8	0,0	4.619,0	**7.760,0**	5.213,9	2.345,7	1.775,5	**9.335,1**	-1.575,1
J	3.922,9	0,0	6.660,5	**10.583,4**	4.409,3	3.953,1	652,0	**9.014,3**	1.569,1
A	6.181,2	0,0	5.519,9	**11.701,1**	4.535,0	7.979,1	2.634,2	**15.148,4**	-3.447,3
S	2.184,8	0,0	715,6	**2.900,5**	2.966,1	4.626,5	2.412,9	**10.005,4**	-7.105,0
O	3.965,7	0,0	4.637,7	**8.603,4**	1.128,6	3.515,7	2.525,4	**7.169,7**	1.433,7
N	6.933,4	0,0	3.416,8	**10.350,1**	330,5	2.834,4	1.788,4	**4.953,3**	5.396,8
D	4.575,4	0,0	1.242,7	**5.818,1**	126,6	4.420,1	2.028,7	**6.575,3**	-757,2
Sum	70.512,1	1.911,6	39.240,0	**111.663,8**	27.656,3	64.252,5	19.210,9	**111.119,6**	544,0



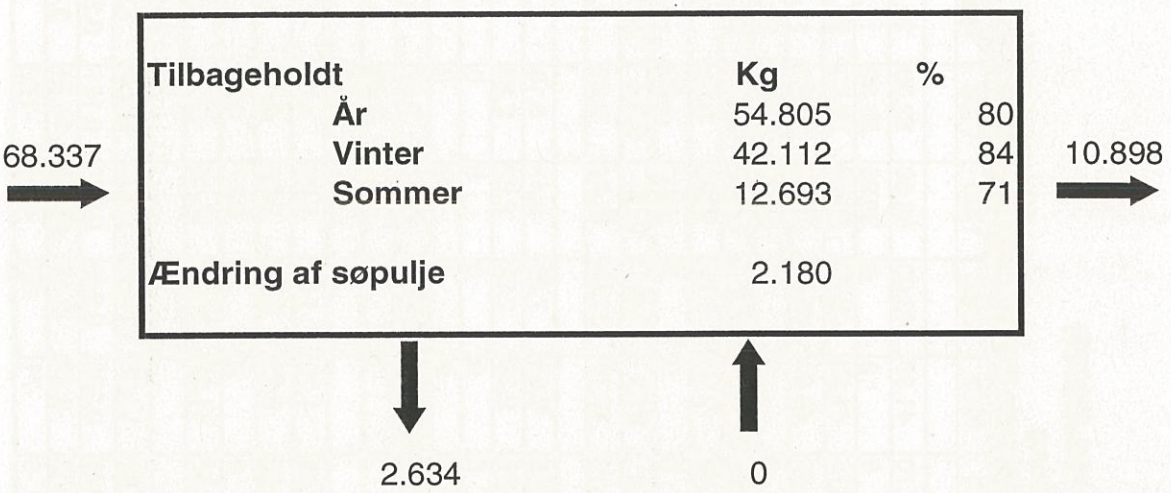
N (kg)	Tilløb	Grundvand	Nedbør	**Tilført i alt**	Afløb	Grundvand	**Fraført i alt**	Tilbage-holdelse	Magasin-ændring
J	62.358	0	4.968	**67.326**	7.835	2.674	**10.510**	56.817	10.543
F	88.934	0	5.019	**93.953**	22.535	6.736	**29.271**	64.682	50.477
M	51.819	0	5.033	**56.852**	24.469	0	**24.469**	32.383	-96.937
A	11.886	0	5.003	**16.889**	3.712	0	**3.712**	13.177	-12.703
M	10.045	0	5.006	**15.051**	7.382	124	**7.506**	7.545	-31.600
J	8.619	0	4.987	**13.606**	4.446	2.174	**6.620**	6.986	61.986
J	13.521	0	4.981	**18.502**	9.704	1.189	**10.892**	7.609	102.343
A	16.702	0	4.999	**21.700**	17.363	5.455	**22.817**	-1.117	-61.225
S	6.775	0	4.942	**11.717**	10.890	4.560	**15.451**	-3.734	-21.938
O	13.598	0	4.914	**18.512**	9.703	5.082	**14.785**	3.727	89.555
N	34.419	0	4.942	**39.361**	7.601	4.761	**12.363**	26.999	13.423
D	22.763	0	4.960	**27.723**	13.340	5.566	**18.906**	8.817	46.671
Sum	341.438	0	59.753	**401.191**	138.979	38.322	**177.301**	223.890	150.594



P (kg)	Tilløb	Grundvand	Nedbør	**Tilført i alt**	Afløb	Grundvand	**Fraført i alt**	Tilbage-holdelse	Magasin-ændring
J	1.508	0	33	**1.541**	645	172	**817**	724	191
F	1.993	0	34	**2.027**	1.615	492	**2.107**	-80	813
M	1.321	0	34	**1.354**	1.649	0	**1.649**	-294	-6.392
A	431	0	33	**464**	264	0	**264**	201	4.854
M	594	0	33	**627**	511	20	**531**	96	2.104
J	760	0	33	**794**	693	410	**1.103**	-309	16.090
J	916	0	33	**949**	1.424	208	**1.632**	-684	14.115
A	1.861	0	33	**1.894**	2.528	930	**3.458**	-1.564	-7.578
S	439	0	33	**472**	1.578	840	**2.418**	-1.946	-3.631
O	759	0	33	**792**	1.234	768	**2.002**	-1.211	-2.475
N	1.148	0	33	**1.181**	978	572	**1.550**	-369	8.269
D	741	0	33	**774**	1.356	676	**2.032**	-1.258	-6.305
Sum	12.470	0	398	**12.868**	14.474	5.088	**19.562**	-6.694	20.055



Fe (kg)	Tilløb	Grundvand	**Tilført i alt**	Afløb	Grundvand	**Fraført i alt**	Tilbage-holdelse	Magasin-ændring
J	10.040	0	**10.040**	671	102	**773**	9.267	588
F	14.154	0	**14.154**	2.157	435	**2.591**	11.563	2.298
M	8.691	0	**8.691**	1.763	0	**1.763**	6.928	-7.707
A	2.113	0	**2.114**	234	0	**234**	1.879	1.745
M	2.769	0	**2.769**	440	9	**449**	2.320	-777
J	3.974	0	**3.974**	456	306	**761**	3.213	16.712
J	3.211	0	**3.211**	1.016	125	**1.141**	2.071	3.829
A	6.145	0	**6.145**	1.407	390	**1.797**	4.348	-12.967
S	1.840	0	**1.840**	826	273	**1.099**	741	-3.142
O	4.020	0	**4.020**	637	375	**1.012**	3.008	11.114
N	6.472	0	**6.472**	545	351	**896**	5.576	-6.506
D	4.908	0	**4.908**	747	269	**1.016**	3.892	-3.007
Sum	68.337	0	**68.337**	10.898	2.634	**13.532**	54.805	2.180



Bilag 4.3.
Vand- og stofbalancer (årsværdier) for Arresø 1989-2002

SØSKEMA 1, 1989-2002 - VAND- OG STOFBALANCER

Sønavn: **Arresø** Amt: Frederiksborg

Hydrologisk reference: 3221s4900000001970

Vandbalance 10^6 m^3 * $år^{-1}$	**1989**	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
Vandtilførsel[1)]	33,10	39,10	52,70	41,30	43,00	66,50	52,50	20,45	25,26	63,57	57,61	49,10	44,07	70,52
Nedbør[1a)]	0	0	0	0	0	30,95	23,30	17,30	23,20	35,52	32,21	30,37	29,31	39,24
Total tilførsel	**33,10**	**39,10**	**52,70**	**41,30**	**43,00**	**97,45**	**75,80**	**37,75**	**48,47**	**99,09**	**89,82**	**79,47**	**73,38**	**109,76**
Vandfraførsel[2)]	39,90	50,70	74,40	48,30	44,00	64,50	57,00	11,45	16,97	61,25	51,03	49,11	32,05	64,25
Fordampning[2a)]	0	0	0	0	0	25,64	24,90	23,14	25,03	23,49	21,94	21,03	26,02	27,66
Total fraførsel	**39,90**	**50,70**	**74,40**	**48,30**	**44,00**	**90,14**	**81,90**	**34,59**	**42,00**	**84,73**	**72,97**	**70,14**	**58,08**	**91,91**
Udsivning	-6,80	-11,60	-21,70	-7,00	-1,00	12,35	0,50	8,63	7,99	13,66	17,51	8,33	16,72	19,21
Magasinændring[3)]	0	0	0	0	0	-5,04	-6,60	-5,47	-1,53	0,70	-0,66	0,99	-1,41	0,54
Fosfor t P/år	**1989**	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
Udledt spildevand i alt[4)]	30,02	25,66	16,74	12,77	11,55	12,66	8,30	5,54	5,68	6,03	5,62	4,89	4,34	6,58
heraf:														
- a) Byspildevand	26,54	22,18	13,26	8,94	7,88	9,47	5,10	3,71	2,77	3,23	3,07	2,49	2,26	2,94
- b) Regnvandsbetinget	2,03	2,03	2,03	2,38	2,22	2,22	2,23	1,60	2,69	2,57	1,74	1,62	1,33	2,86
- c) Industri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- d) Dambrug	0	0	0	0	0	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	0,23	0,80	0,77	0,76	0,78
Baggrundsbidrag[5a)]							3,68	0,70	1,26	3,69	2,79	2,35	1,95	3,49
Dyrkningsbidrag[5b)]							0,57	-1,34	-0,46	2,85	3,34	1,31	1,92	6,82
Diffus tilførsel[5c)]	-3,52	-3,48	6,23	-1,79	-1,22	6,86	4,24	-0,64	0,81	6,54	6,13	3,67	3,86	9,93
Atmosfærisk deposition[6)]	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Andet[7)] (retention opstr. søer)	0	0	0	0	0	8,97	4,59	-0,03	1,75	2,45	2,11	0,05	1,90	4,44
Total tilførsel[8)]	**27,10**	**22,78**	**23,57**	**11,58**	**10,93**	**11,15**	**8,55**	**5,53**	**5,14**	**10,52**	**10,03**	**8,90**	**6,71**	**12,47**
Magasinændring[3)]								-13,99	-18,68	-13,62	-2,63	3,98	-12,54	20,06
Total fraførsel[9)]	**14,00**	**18,00**	**25,00**	**19,80**	**17,11**	**31,25**	**23,27**	**2,06**	**4,01**	**13,11**	**9,09**	**14,62**	**8,73**	**19,56**
Indløbskoncentration, mg P/l[10)]	0,801	0,567	0,436	0,266	0,240	0,159	0,151	0,241	0,188	0,159	0,167	0,173	0,143	0,177
Retention	13	4,78	-1,43	-8,22	-6,18	-20,10	-14,72	3,47	1,13	-2,59	0,94	-5,71	-2,02	-6,69
Retention - procent	48	21	-6	-71	-57	-180	-172	63	22	-25	9	-64	-30	-52

Kvælstof t N/år	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Udledt spildevand i alt[4)]	179,00	193,00	160,20	144,20	112,20	95,30	76,44	58,94	60,97	62,04	66,96	52,31	57,23	74,54
heraf:														
- a) Byspildevand	168,00	182,00	149,00	131,00	99,00	82,50	63,34	51,52	49,18	50,81	57,12	42,11	48,29	58,34
- b) Regnvandsbetinget	7	7	7	9	9	8,6	8,9	6,36	10,726	10,172	6,32	6,82	5,63	12,78
- c) Industri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- d) Dambrug	0	0	0	0	0	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	1,06	3,52	3,38	3,31	3,43
Baggrundsbidrag[5a)]							75,60	14,20	36,12	116,34	62,88	53,25	45,18	79,02
Dyrkningsbidrag[5b)]							155,54	27,38	37,82	260,05	189,15	154,90	118,55	191,85
Diffus tilførsel[5c)]	101,00	153,00	324,80	234,80	234,80	364,60	231,14	41,58	73,94	376,39	252,03	208,15	163,73	284,16
Atmosfærisk deposition[6)]	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	79,00	59,81	59,81	59,41	59,54	59,54	59,54
Andet[7)] (søretention)	0	0		0	0	22,9	12,1	6,6	18,7	12,8	16,51	9,31	9,82	6,65
Total tilførsel[8)]	**359,00**	**425,00**	**564,00**	**458,00**	**426,00**	**516,00**	**374,48**	**172,92**	**176,01**	**485,44**	**361,89**	**310,68**	**270,67**	**411,60**
Magasinændring[3)]								-37,00	-50,31	-178,25	49,29	-21,25	-177,58	150,59
Total fraførsel[9)]	**98,00**	**110,00**	**70,00**	**167,00**	**146,00**	**298,20**	**205,00**	**21,00**	**44,94**	**182,79**	**128,26**	**185,03**	**113,29**	**178,25**
Indløbskoncentration, mg N/l[10)]	8,46	8,85	9,20	9,18	8,07	6,57	5,63	4,59	4,60	6,70	5,25	5,11	4,79	4,84
Retention	261	315	494	291	280	218	169	152	131	303	234	126	157	224
Retention - procent	73	74	88	64	66	42	45	88	74	62	65	40	58	56
Naturlig baggrundskoncentration[11)]:														
Total-N mg N/l							1,44	0,69	1,43	1,83	1,38	1,33	1,30	1,03
Total-P mg P/l							0,07	0,03	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,03

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.

1a) Målt nedbør (fra DMI, gsn. for Frederiksborg Amt)

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

2a) Potentiel fordampning (fra Dansk Jordbrugsforskning)

3) Magasinændring

4) Summen af a-e

5a) Baggrundsbidrag beregnet på basis af vandføringsvægtede middelkoncentrationer i Fønstrup Bæk

5b) Dyrkningsbidrag beregnet som diffus belastning - baggrundskoncentration

5c) Differencen mellem total tilførsel og tilførslen fra spildevand og atmosfære. Inkl. baggrundsbelastning.

6) 15 kg N/ha/år og 0,10 kg P/ha/år (jf. DMU's vejledning til Vandløbsskema 1)

7) Evt. bidrag fra fugle, løvfald o.l. Nettotabet i Solbjerg Engsø, Strødam Engsø og Alsønderup Enge er indsat fra 1999.

8) Summen af 4-7

9) Sum af fraførsel i afløb, udpumpning og udsivning

10) Total stoftilførsel excl. atmosfærebidrag divideret med total vandtilførsel excl. nedbør

11) Naturlig baggrundskonc. i tilløb excl. nedbør

Indsivning af stof med grundvand er ikke beregnet

Bilag 5

Bilag 5.1.
Temperatur- og iltprofiler 2002

Arresø st. 1690. Profilmålinger af temperatur og ilt						
Dato	Temperatur (grader C)		Iltkoncentration (mg/l)		Iltmætning (%)	
	Top	Bund	Top	Bund	Top	Bund
06-02-02	5	5	12,1	12,1	97	97
05-03-02	2,5	2,5	12,8	12,5	94	92
19-03-02	4,8	4,8	13,3	13,2	107	106
03-04-02	7,5	7,5	14,4	14,2	119	117
16-04-02	8	8	13,6	14,2	115	120
02-05-02	10,7	10,3	17	14,9	155	132
14-05-02	15,2	15,2	10,9	10,9	109	109
28-05-02	17,9	16,4	9,2	4	97	40
11-06-02	19	18,8	9,6	8,9	104	85
25-06-02	18,3	18,3	8,7	8,7	92	92
09-07-02	18,1	17,8	10,3	9,5	109	100
24-07-02	18,4	18,3	8	7,6	86	83
06-08-02	21,4	21,1	7,5	6,4	85	71
20-08-02	21,8	21,8	8,7	8,6	99	98
04-09-02	19,6	19,4	9,4	8,9	102	97
17-09-02	17,4	17,3	9,1	8,5	94	88
09-10-02	10	9,9	9,3	9,2	83	80
05-11-02	4,6	4,5	11,2	11	86	84
03-12-02	3,6	3,6	12,9	12,7	96	96

Bilag 5.2.
Fysiske og kemiske variabler 2002

Arresø, station 1690. Blandingsprøve

Dato	Lednings-evne	PH	Suspende-ret stof	Glødetab	Alkalinitet	Ammoniak +ammonium-kvælstof	Nitrit+nitrat-kvælstof	Total-kvælstof	Uorganisk fosfor	Total-fosfor	Jern	Silicium	Klorofyl-a (ukorr.)	Sigt-dybde
	mS/m	pH	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m
08-01-02	66,0	7,9	7,8	4,0	3,32	0,090	0,370	1,590	0,056	0,092	0,04	3,40	0,041	
06-02-02	61,0	8,2	17,0	11,0	3,08	0,080	0,570	1,740	0,024	0,138	0,12	3,30	0,110	0,70
05-03-02	59,0	8,3	20,0	12,0	3,06	0,030	0,730	2,120	0,008	0,131	0,12	3,40	0,089	0,70
19-03-02	58,3	8,5	13,0	9,0	3,11	0,020	0,480	1,580	<0,005	0,103	0,07	3,20	0,034	0,90
03-04-02	58,0	8,7	13,0	10,0	3,20	<0,010	0,220	1,290	<0,005	0,081	0,06	2,90	0,110	0,90
16-04-02	60,0	8,0	10,2	7,4	3,13	0,030	0,110	1,290	<0,005	0,075	0,03	0,91	0,041	1,20
02-05-02	59,0	8,5	15,0	12,0	3,19	<0,010	0,120	1,230	<0,005	0,128	0,08	2,70	0,073	0,60
14-05-02	58,2	8,4	12,7	10,3	3,25	0,150	<0,010	0,920	0,008	0,157	0,07	2,70	0,059	0,90
28-05-02	59,0	8,3	9,0	7,0	3,25	<0,010	<0,010	0,950	0,049	0,121	0,05	2,50	0,012	1,10
11-06-02	59,0	8,5	21,0	11,0	3,29	<0,010	<0,010	1,140	0,099	0,204	0,13	2,20	0,061	0,80
25-06-02	58,3	8,7	32,0	21,0	3,35	0,020	<0,010	1,400	0,118	0,287	0,26	2,40	0,076	0,60
09-07-02	60,0	8,7	22,0	16,0	3,26	0,080	<0,010	1,700	0,136	0,259	0,13	2,30	0,078	0,60
24-07-02	58,0	8,7	35,0	25,0	3,29	0,080	0,060	1,960	0,173	0,386	0,26	2,70	0,160	0,50
06-08-02	76,5	8,5	39,0	19,0	2,90	0,030	<0,010	2,590	0,139	0,387	0,22	0,76	0,150	0,45
20-08-02	57,5	8,6	23,0	16,0	3,08	0,020	<0,010	1,870	0,156	0,340	0,12	1,30	0,097	0,60
04-09-02	57,0	8,9	33,0	23,0	3,12	0,020	<0,010	1,890	0,154	0,333	0,14	2,70	0,120	0,55
17-09-02	57,0	8,9	31,0	22,0	3,15	<0,010	<0,010	1,890	0,159	0,350	0,11	3,40	0,150	0,50
09-10-02	58,0	8,4	22,0	16,0	3,20	0,350	0,020	1,760	0,193	0,307	0,12	4,20	0,073	0,60
05-11-02	59,5	8,1	26,0	14,0	3,31	0,900	0,220	2,730	0,198	0,296	0,23	4,60	0,042	0,50
03-12-02	58,5	8,1	20,0	16,0	3,35	1,100	0,420	2,550	0,215	0,359	0,14	4,80	0,026	0,70
Sommer-gennemsnit	59,9	8,6	25,2	16,8	3,19	0,048	0,016	1,621	0,117	0,277	0,14	2,38	0,095	0,65
Års-gennemsnit	60,0	8,4	20,5	13,6	3,21	0,255	0,220	1,840	0,107	0,233	0,13	3,14	0,075	0,69

Bilag 5.3

Middelværdier, medianværdier og 25% og 75% fraktiler (års- og sommerværdier) for fysiske og kemiske variabler samt plankton i Arresø 1989-2002

Årstal		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
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	0,45	0,44	0,53	0,67	0,69
01.01-31.12	Median	0,30	0,30	0,36	0,36	0,40	0,33	0,37	0,40	0,25	0,31	0,31	0,44	0,39	0,47	0,42	0,50	0,60	0,60
Sigtdybde	Gennemsnit	0,40	0,29	0,38	0,47	0,48	0,43	0,35	0,43	0,30	0,41	0,43	0,46	0,40	0,39	0,36	0,55	0,59	0,65
01.05-30.09	75% fraktil	0,50	0,35	0,40	0,62	0,52	0,50	0,39	0,46	0,30	0,51	0,52	0,51	0,45	0,46	0,40	0,60	0,60	0,70
	25% fraktil	0,28	0,20	0,34	0,33	0,40	0,33	0,30	0,40	0,23	0,29	0,31	0,34	0,33	0,32	0,32	0,50	0,50	0,53
	Median	0,42	0,29	0,40	0,47	0,50	0,40	0,34	0,40	0,28	0,43	0,37	0,44	0,39	0,40	0,36	0,50	0,50	0,60
Klorofyl	Gennemsnit	0,216	0,240	0,207	0,274	0,256	0,345	0,336	0,393	0,552	0,413	0,438	0,224	0,245	0,201	0,162	0,125	0,100	0,075
01.01-31.12	Median	0,241	0,246	0,207	0,254	0,255	0,340	0,327	0,380	0,566	0,372	0,402	0,230	0,218	0,188	0,154	0,132	0,110	0,073
Klorofyl	Gennemsnit	0,192	0,263	0,246	0,215	0,142	0,265	0,343	0,298	0,507	0,331	0,244	0,165	0,180	0,224	0,146	0,109	0,111	0,095
01.05-30.09	75% fraktil	0,263	0,309	0,258	0,213	0,166	0,330	0,416	0,390	0,625	0,415	0,315	0,234	0,239	0,282	0,168	0,160	0,169	0,135
	25% fraktil	0,131	0,227	0,209	0,094	0,101	0,186	0,251	0,199	0,350	0,208	0,154	0,090	0,116	0,167	0,115	0,071	0,079	0,067
	Median	0,198	0,249	0,221	0,127	0,139	0,270	0,319	0,324	0,469	0,292	0,225	0,130	0,156	0,197	0,150	0,082	0,130	0,078
Silicium	Gennemsnit	1,250	0,780	2,290	4,130	5,420	6,180	5,250	5,820	6,510	5,700	4,780	2,610	0,060	0,080	0,146	0,281	1,349	3,140
01.01-31.12	Median	1,300	0,760	2,330	4,440	5,330	6,240	5,390	5,770	6,550	5,610	4,600	3,000	0,030	0,025	0,052	0,100	1,000	2,700
Silicium	Gennemsnit	1,160	0,770	2,570	3,610	5,430	6,390	4,830	5,910	6,660	5,590	4,530	2,660	0,030	0,025	0,053	0,110	1,057	2,380
01.05-30.09	75% fraktil	1,900	1,050	3,750	4,040	5,710	6,900	5,260	6,100	6,840	5,700	4,610	3,100	0,030	0,025	0,160	0,162	1,750	2,700
	25% fraktil	0,410	0,460	1,500	2,860	5,170	5,940	4,400	5,720	6,390	5,390	4,470	2,360	0,030	0,025	0,025	0,025	0,108	2,250
	Median	1,230	0,690	2,720	3,860	5,580	6,330	4,850	5,910	6,700	5,560	4,520	2,910	0,030	0,025	0,025	0,100	0,940	2,500
Suspenderet stof	Gennemsnit					47,7	64,7	79,1	66,7	130,8	80,2	67,3	53,0	44,5	58,6	47,1	30,0	21,4	20,5
01.01-31.12	Median					39,0	60,0	73,0	63,0	130,0	69,0	61,0	38,0	37,0	54,0	44,0	24,0	21,0	20,0
Suspenderet stof	Gennemsnit					57,9	71,5	79,8	86,0	137,4	105,3	99,0	50,1	50,5	45,9	43,6	38,7	21,0	25,2
01.05-30.09	Median					54,0	63,0	78,0	68,0	120,0	77,0	75,0	40,0	40,0	41,0	43,0	30,0	20,0	23,0
NH_x-N	Gennemsnit	0,240	0,040	0,100	0,150	0,070	0,030	0,110	0,050	0,060	0,030	0,020	0,040	0,110	0,141	0,237	0,302	0,216	0,255
01.01-31.12	Median	0,150	0,020	0,010	0,100	0,060	0,020	0,030	0,030	0,010	0,010	0,010	0,010	0,040	0,081	0,020	0,020	0,030	0,030
NH_x-N	Gennemsnit	0,310	0,010	0,010	0,080	0,050	0,010	0,040	0,020	0,080	0,050	0,010	0,010	0,010	0,058	0,040	0,068	0,031	0,048
01.05-30.09	Median	0,300	0,010	0,010	0,060	0,040	0,010	0,020	0,020	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,018	0,011	0,010	0,020	0,020
NO_x-N	Gennemsnit	0,880	0,600	0,070	0,520	0,200	0,210	0,230	0,300	0,490	0,420	0,240	0,060	0,110	0,338	0,299	0,363	0,232	0,220
01.01-31.12	Median	0,810	0,090	0,010	0,180	0,010	0,010	0,030	0,070	0,340	0,260	0,040	0,020	0,040	0,226	0,117	0,060	0,020	0,020
NO_x-N	Gennemsnit	0,340	0,040	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,010	0,020	0,055	0,020	0,027	0,058	0,016
01.05-30.09	Median	0,160	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,030	0,020	0,005	0,005	0,005
TOT-N	Gennemsnit	4,280	3,240	2,250	3,040	3,000	3,500	2,990	3,720	4,630	3,610	3,380	2,500	2,660	2,840	2,442	2,611	2,249	1,840
01.01-31.12	Median	4,460	3,210	2,140	3,130	3,010	3,580	2,910	3,240	4,800	3,220	2,760	2,460	2,710	2,792	2,480	2,140	2,190	1,700
TOT-N	Gennemsnit	3,500	2,580	2,030	1,850	2,270	3,090	3,020	2,600	3,510	2,540	1,960	1,960	2,240	2,681	1,930	1,874	1,984	1,621
01.05-30.09	75% fraktil	4,030	3,140	2,350	1,800	2,420	3,600	3,200	3,130	4,350	2,810	2,220	2,110	2,530	3,002	2,078	2,125	2,335	1,890
	25% fraktil	2,900	1,900	1,730	1,430	2,050	2,720	2,590	1,890	2,500	2,250	1,700	1,760	1,870	2,367	1,755	1,480	1,790	1,185
	Median	3,280	2,150	2,000	1,660	2,210	2,980	3,010	2,900	3,760	2,540	1,910	1,910	2,140	2,662	1,899	1,840	2,120	1,700

Årstal		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
pH	Gennemsnit	9,17	-	-	9,89	9,93	9,96	9,78	10,04	10,02	9,83	9,69	9,34	9,22	9,18	8,73	8,80	8,56	8,38
01.01-31.12	Median	9,10	-	-	9,94	9,97	9,98	9,81	10,05	10,16	9,95	9,80	9,40	9,27	9,22	9,06	8,70	8,60	8,50
pH	Gennemsnit	8,68	-	-	9,26	9,35	9,45	9,30	9,30	9,29	9,10	9,11	8,87	8,89	8,79	8,54	8,48	8,39	8,61
01.05-30.09	75% fraktil	9,13			9,93	9,93	9,96	9,77	10,01	10,02	9,88	9,67	9,36	9,19	9,10	9,07	8,90	8,70	8,70
	25%fraktil	8,10			8,60	8,91	8,93	8,69	8,45	8,53	8,39	8,56	8,48	8,53	8,40	8,10	8,20	8,20	8,50
	Median	8,38	-	-	9,34	9,49	9,72	9,43	9,50	9,31	8,83	9,20	8,81	8,97	8,70	8,51	8,60	8,50	8,60
Alkalinitet	Gennemsnit					2,115	2,186	2,165	2,020	2,087	2,006	2,083	2,057	2,069	2,166	2,285	2,552	2,936	3,214
01.01-31.12	Median					1,830	2,080	1,990	1,740	1,900	1,750	1,860	1,940	1,990	2,040	2,020	2,540	2,770	3,200
Alkalinitet	Gennemsnit					1,724	1,934	1,860	1,647	1,810	1,593	1,603	1,803	1,699	1,830	1,810	2,156	2,658	3,194
01.05-30.09	Median					1,720	1,960	1,890	1,710	1,850	1,500	1,530	1,760	1,630	1,840	1,730	2,000	2,680	3,250
PO4-P	Gennemsnit	0,650	0,450	0,320	0,230	0,130	0,140	0,110	0,040	0,050	0,020	0,010	0,010	0,010	0,004	0,015	0,028	0,042	0,107
01.01-31.12	Median	0,710	0,470	0,330	0,270	0,100	0,150	0,120	0,040	0,050	0,010	0,010	0,010	0,010	0,003	0,003	0,003	0,020	0,099
PO4-P	Gennemsnit	0,530	0,240	0,200	0,070	0,030	0,090	0,070	0,020	0,050	0,010	0,010	0,010	0,010	0,004	0,011	0,009	0,013	0,117
01.05-30.09	Median	0,590	0,230	0,190	0,040	0,030	0,090	0,080	0,010	0,050	0,010	0,010	0,010	0,010	0,004	0,003	0,003	0,006	0,136
TOT-P	Gennemsnit	1,000	0,910	0,650	0,550	0,460	0,510	0,410	0,430	0,550	0,410	0,400	0,240	0,230	0,208	0,185	0,194	0,198	0,233
01.01-31.12	Median	1,000	0,930	0,610	0,610	0,510	0,570	0,430	0,410	0,580	0,360	0,350	0,240	0,190	0,209	0,188	0,157	0,191	0,204
TOT-P	Gennemsnit	0,850	0,710	0,570	0,320	0,280	0,410	0,410	0,320	0,470	0,300	0,240	0,200	0,180	0,239	0,163	0,151	0,187	0,277
01.05-30.09	75% fraktil	0,970	0,860	0,620	0,400	0,350	0,530	0,470	0,400	0,570	0,350	0,290	0,260	0,220	0,278	0,185	0,168	0,229	0,345
	25% fraktil	0,640	0,520	0,540	0,180	0,200	0,250	0,360	0,250	0,350	0,210	0,170	0,140	0,150	0,207	0,130	0,124	0,168	0,181
	Median	0,900	0,630	0,570	0,290	0,240	0,420	0,410	0,340	0,490	0,250	0,220	0,180	0,170	0,246	0,170	0,142	0,191	0,287

Planktonbiomasse		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Kiselalger, mm^3/l	Sommergns.	2,67	2,60	0,31	0,31	0,08	0,60	0,16	0,07	0,01	0,58	0,11	0,42	1,49	1,33	0,83	0,59	0,79	0,84
Grønalger, mm^3/l	Sommergns.	6,90	19,24	17,64	14,23	12,64	8,47	17,91	13,78	19,38	18,32	13,45	9,41	6,92	9,01	7,21	9,44	0,60	2,58
Blågrønalger, mm^3/l	Sommergns.	24,43	3,48	2,60	20,33	6,39	19,11	3,11	6,00	11,97	4,24	2,13	2,91	10,43	11,10	7,50	5,82	19,02	4,72
Planteplankton, mm^3/l	Sommergns.	34,24	27,82	23,35	37,45	20,45	28,52	21,55	20,26	31,59	23,33	15,86	12,93	19,15	21,91	15,89	16,33	21,11	8,87
Dyreplankton, mg vv/l	Sommergns.					2,97	9,05	11,42	3,99	10,19	8,37	4,60	5,74	4,34	7,35	8,65	15,65	14,40	14,09
Dyreplankton, mg tv/l	Sommergns.					0,30	0,91	1,14	0,40	1,02	0,84	0,46	0,57	0,43	0,74	0,87	1,57	1,44	1,41
Dyrepl. : Plantepl.	Sommergns.					0,01	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	0,05	0,10	0,07	0,16
Dafnieindeks (antal)						0,05	0,06	0,19	0,11	0,30	0,16	0,12	0,12	0,18	0,04	0,17	0,41	0,34	0,49

Bilag 5.4.
Resumé af trendanalyser for perioden 1989-2002

Sommermiddelsigtdybde 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,510312
R-kvadreret	0,260418
Justeret R-kvadreret	0,198786
Standardfejl	0,080557
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,02742	0,02742	4,225383	0,062255899
Residual	12	0,077873	0,006489		
I alt	13	0,105294			

Klorofyl-a, Sommermiddelkoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,67139
R-kvadreret	0,450765
Justeret R-kvadreret	0,404995
Standardfejl	0,167079
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,274925	0,274925	9,848559	0,008559827
Residual	12	0,334983	0,027915		
I alt	13	0,609908			

Sommermediansigtdybde 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,437181
R-kvadreret	0,191127
Justeret R-kvadreret	0,123721
Standardfejl	0,078361
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,017411	0,017411	2,835454	0,118015357
Residual	12	0,073685	0,00614		
I alt	13	0,091096			

Klorofyl-a, Sommermediankoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,689817
R-kvadreret	0,475847
Justeret R-kvadreret	0,432168
Standardfejl	0,174146
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,330383	0,330383	10,89408	0,006333486
Residual	12	0,363922	0,030327		
I alt	13	0,694305			

Silicium, Sommermiddelkoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,597903
R-kvadreret	0,357489
Justeret R-kvadreret	0,303946
Standardfejl	0,789535
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	4,162032	4,162032	6,67671	0,023923812
Residual	12	7,480388	0,623366		
I alt	13	11,64242			

NHx, Sommermiddelkoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,177451
R-kvadreret	0,031489
Justeret R-kvadreret	-0,049221
Standardfejl	0,348179
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,047297	0,047297	0,39015	0,54391428
Residual	12	1,454745	0,121229		
I alt	13	1,502042			

Silicium, Sommermediankoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,599415
R-kvadreret	0,359299
Justeret R-kvadreret	0,305907
Standardfejl	0,825087
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	4,581213	4,581213	6,729476	0,023478838
Residual	12	8,169218	0,680768		
I alt	13	12,75043			

NHx, Sommermediankoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,254931
R-kvadreret	0,06499
Justeret R-kvadreret	-0,012928
Standardfejl	0,190524
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,030277	0,030277	0,834084	0,379078187
Residual	12	0,435594	0,0363		
I alt	13	0,465871			

NOx, Sommermiddelkoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,664841
R-kvadreret	0,442013
Justeret R-kvadreret	0,395514
Standardfejl	0,207409
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,408929	0,408929	9,505889	0,00948204
Residual	12	0,516222	0,043019		
I alt	13	0,925152			

Total-N, Sommermiddelkoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,710285
R-kvadreret	0,504504
Justeret R-kvadreret	0,463213
Standardfejl	0,071492
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,062448	0,062448	12,21817	0,004418748
Residual	12	0,061333	0,005111		
I alt	13	0,12378			

NOx, Sommermediankoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,257513
R-kvadreret	0,066313
Justeret R-kvadreret	-0,011495
Standardfejl	0,228856
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,044638	0,044638	0,852269	0,374101424
Residual	12	0,628503	0,052375		
I alt	13	0,673141			

Total-N, Sommermediankoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,654563
R-kvadreret	0,428453
Justeret R-kvadreret	0,380824
Standardfejl	0,08059
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,058425	0,058425	8,99565	0,011081619
Residual	12	0,077938	0,006495		
I alt	13	0,136363			

pH, Sommermiddelværdi 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,966261
R-kvadreret	0,933661
Justeret R-kvadreret	0,928132
Standardfejl	0,004786
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,003868	0,003868	168,888	1,98E-08
Residual	12	0,000275	2,29E-05		
I alt	13	0,004143			

Alkalinitet, Sommermiddelværdi 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,643833
R-kvadreret	0,414521
Justeret R-kvadreret	0,365731
Standardfejl	0,068492
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,039856	0,039856	8,496038	0,012965042
Residual	12	0,056294	0,004691		
I alt	13	0,09615			

pH, Sommermedianværdi 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,929335
R-kvadreret	0,863664
Justeret R-kvadreret	0,852303
Standardfejl	0,007748
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,004564	0,004564	76,01784	1,54177E-06
Residual	12	0,00072	6E-05		
I alt	13	0,005284			

Alkalinitet, Sommermedianværdi 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,554574
R-kvadreret	0,307552
Justeret R-kvadreret	0,249848
Standardfejl	0,07899
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,033255	0,033255	5,32982	0,03957355
Residual	12	0,074873	0,006239		
I alt	13	0,108128			

PO4-P, Sommermiddelkoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,347437
R-kvadreret	0,120713
Justeret R-kvadreret	0,047439
Standardfejl	0,432444
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,30808	0,30808	1,647417	0,223542917
Residual	12	2,244095	0,187008		
I alt	13	2,552175			

Total-P, Sommermiddelkoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,706115
R-kvadreret	0,498599
Justeret R-kvadreret	0,456815
Standardfejl	0,115022
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,157872	0,157872	11,93292	0,004766079
Residual	12	0,158759	0,01323		
I alt	13	0,316631			

PO4-P, Sommermediankoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,43622
R-kvadreret	0,190288
Justeret R-kvadreret	0,122812
Standardfejl	0,525298
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,778169	0,778169	2,82009	0,118917656
Residual	12	3,311251	0,275938		
I alt	13	4,08942			

Total-P, Sommermediankoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,614772
R-kvadreret	0,377945
Justeret R-kvadreret	0,326107
Standardfejl	0,136102
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,135054	0,135054	7,29089	0,019303485
Residual	12	0,222284	0,018524		
I alt	13	0,357338			

Suspenderet stof, Sommermiddelkoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,713367
R-kvadreret	0,508893
Justeret R-kvadreret	0,467967
Standardfejl	0,153708
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,29378	0,29378	12,43458	0,004174972
Residual	12	0,283512	0,023626		
I alt	13	0,577292			

Suspenderet stof, Sommermediankoncentration 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,681182
R-kvadreret	0,464009
Justeret R-kvadreret	0,419343
Standardfejl	0,168274
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,294159	0,294159	10,38842	0,007312208
Residual	12	0,339793	0,028316		
I alt	13	0,633953			

Blågrønalger, Sommermiddelbiomasse 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,079486
R-kvadreret	0,006318
Justeret R-kvadreret	-0,076489
Standardfejl	0,304844
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,00709	0,00709	0,076298	0,787078138
Residual	12	1,115158	0,09293		
I alt	13	1,122249			

Kiselager, Sommermiddelbiomasse 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,5917
R-kvadreret	0,350109
Justeret R-kvadreret	0,295952
Standardfejl	0,516263
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	1,723006	1,723006	6,464644	0,025816199
Residual	12	3,19833	0,266528		
I alt	13	4,921336			

Grønalger, Sommermiddelbiomasse 1989-2002
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,672461
R-kvadreret	0,452203
Justeret R-kvadreret	0,406554
Standardfejl	0,307659
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,937639	0,937639	9,905944	0,008415918
Residual	12	1,13585	0,094654		
I alt	13	2,073488			

Fosfor, Årsmiddelindløbskoncentration
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,810464
R-kvadreret	0,656852
Justeret R-kvadreret	0,628256
Standardfejl	0,142465
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,466213	0,466213	22,97034	0,000438929
Residual	12	0,243555	0,020296		
I alt	13	0,709768			

Kvælstof, Årsmiddelindløbskoncentration
RESUMEOUTPUT

Regressionsstatistik	
Multipel R	0,848008
R-kvadreret	0,719117
Justeret R-kvadreret	0,69571
Standardfejl	0,065986
Observationer	14

ANAVA

	fg	*SK*	*MK*	*F*	*Signifikans F*
Regression	1	0,13377	0,13377	30,72238	0,000127234
Residual	12	0,05225	0,004354		
I alt	13	0,18602			

Bilag 5.5.
Sedimentkemi 2002

Station A						
	Tørstof	Glødetab	Total-jern	Total-N	Total-P	Jern:Fosfor
Dybde i sedimentet	% af VV	% af TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	
0-2 cm	5,7	26,9	13.700	14.800	1.200	11
2-5 cm	16,5	19,8	11.900	10.700	675	18
5-10 cm	18,1	16,6	13.500	9.750	697	19
10-20 cm	19,7	17,6	12.400	9.030	662	19
20-30 cm	21,6	17,7	9.660	8.670	481	20
30-50 cm	19,7	17	10.500	9.250	485	22
Station B						
	Tørstof	Glødetab	Total-jern	Total-N	Total-P	Jern:Fosfor
Dybde i sedimentet	% af VV	% af TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	
0-2 cm	6,41	26,4	16.300	15.700	1.180	14
2-5 cm	8,55	21	14.000	10.800	796	18
5-10 cm	20,3	13,5	14.000	6.990	441	32
10-20 cm	17,7	18,1	16.400	9.860	569	29
20-30 cm	16,4	18,1	14.700		579	25
30-50 cm	15,2	20,6	15.500	13.700	577	27
Station C						
	Tørstof	Glødetab	Total-jern	Total-N	Total-P	Jern:Fosfor
Dybde i sedimentet	% af VV	% af TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	
0-2 cm	4,11	30,6	10.970	15.800	1.460	8
2-5 cm	10	27	13.900	14.700	1.320	11
5-10 cm	11,9	20,3	15.600	12.500	842	19
10-20 cm	14,1	18,8	18.600	11.800	676	28
20-30 cm	14,5	20	15.300	11.800	687	22
30-50 cm	14,8	20,7	15.400	12.300	595	26
Gennemsnit alle stationer						
	Tørstof	Glødetab	Total-jern	Total-N	Total-P	Jern:Fosfor
Dybde i sedimentet	% af VV	% af TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	
0-2 cm	5,4	28,0	13.657	15.433	1.280	11
2-5 cm	11,7	22,6	13.267	12.067	930	15
5-10 cm	16,8	16,8	14.367	9.747	660	23
10-20 cm	17,2	18,2	15.800	10.230	636	25
20-30 cm	17,5	18,6	13.220	10.235	582	23
30-50 cm	16,6	19,4	13.800	11.750	552	25

Sedimentkarakteristik – Arresø d. 5/11 2002

Station A:

Meget tyndt egentligt slamlag (sort/brunt): 2-3 cm

Fint sort bælte v. ca. 10-12 cm

Primært sand fra ca. 10-15 cm

Station B:

Slamlag (brunt): ca. 5 cm

Diffust sort bælte ca. 15-20 cm (bredere end St. A)

Primært sand fra ca. 15 cm.

Station C:

Slamlag (brunt/sort): ca. 8 cm tykt

Mere løst sediment end A og B

Ingen karakteristisk bælter (tegn på større sedimentomlejring?)

Bilag 5.6.
Planteplankton (biomasse) 2002

Sag: Arresø 2002
Station: 1690
Konsulent: Miljøbiologisk Laboratorium ApS
Dybde: Blanding
Emne: Planteplankton volumenbiomasse, mm³/l

Dato:	08-jan	06-feb	05-mar	19-mar	03-apr	16-apr	02-maj	14-maj	28-maj	11-jun	25-jun	09-jul	24-jul	06-aug	20-aug	04-sep	17-sep	09-okt	05-nov	Vægtet gns. 01-mar 31-okt	Vægtet gns. 01-maj 30-sep
mm³/l																					
BLÅGRØNALGER	2,240	3,245	0,366	0,274					0,467	0,826	4,326	5,343	10,992	4,697	4,981	7,966	9,234	4,108	0,180	3,394	4,721
REKYLALGER		0,593	0,232	0,334		0,089	0,529	0,323		0,222			0,814	0,649	0,401			0,702	0,891	0,305	0,261
KISELALGER		0,291	0,391	0,806	0,836	0,306	0,253	0,194	0,249	0,435	2,042	0,845	1,553	3,774						0,661	0,838
STILKALGER	0,296					0,139			0,058						0,103	0,061	0,046			0,024	0,026
GRØNALGER	0,528	1,793	3,073	4,223	6,165	1,777	6,002	5,577	1,697	3,279	1,937	0,764	1,787	2,077	3,464	2,785	1,502	0,918	1,247	2,758	2,576
UBESTEMTE OG FÅTALLIGE ARTER	0,274	0,457	0,529	0,561	0,389	0,329	0,151	0,211	0,159	0,162	0,241	0,191	0,493	0,526	0,649	1,068	0,912	0,257	0,129	0,415	0,448
TOTAL	3,339	6,380	4,589	6,199	7,390	2,639	6,935	6,305	2,629	4,924	8,547	7,143	15,639	11,723	9,599	11,880	11,695	5,985	2,448	7,557	8,870
procent																					
BLÅGRØNALGER	67	51	8	4	0	0	0	0	18	17	51	75	70	40	52	67	79	69	7	45	53
REKYLALGER	0	9	5	5	0	3	8	5	0	5	0	0	5	6	4	0	0	12	36	4	3
KISELALGER	0	5	9	13	11	12	4	3	9	9	24	12	10	32	0	0	0	0	0	9	9
STILKALGER	9	0	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
GRØNALGER	16	28	67	68	83	67	87	88	65	67	23	11	11	18	36	23	13	15	51	36	29
UBESTEMTE OG FÅTALLIGE ARTER	8	7	12	9	5	12	2	3	6	3	3	3	3	4	7	9	8	4	5	5	5
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Bilag 5.7.
Planteplankton (biomasse), sommermiddelværdier 1989-2002

SØ: ARRESØ 1985-2002
STATION: 1690
KONSULENT: Miljøbiologisk Laboratorium ApS
DYBDE: Blandingsprøver
EMNE: Planteplankton biomassegennemsnit og procentvis sammensætning i sommerperioden (1.5-30.9)

ÅR	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Gennemsnit																		
mm³/l																		
BLÅGRØNALGER																		
Kolonidannende	24,29	3,48	2,47	15,72	5,69	15,11	1,13	3,54	9,46	3,16	1,19	0,96	0,39	2,05	4,55	0,92	0,02	3,59
Trådformer m. heterocyt				2,91	0,26	1,04	0,91	1,24	0,05	0,60	0,27	0,72	3,02	1,01	0,84	2,70	1,08	1,04
Trådformer u. heterocyt	0,14		0,14	1,70	0,44	2,95	1,07	1,22	2,45	0,48	0,66	1,23	7,03	8,04	2,12	2,19	17,92	0,09
BLÅGRØNALGER ialt	24,43	3,48	2,60	20,33	6,39	19,11	3,11	6,00	11,97	4,24	2,13	2,91	10,43	11,10	7,50	5,82	19,02	4,72
REKYLALGER	0,04	0,06		0,04			0,06			0,01				0,11	0,00	0,04	0,31	0,26
FUREALGER		0,00							0,03									
KISELALGER	2,67	2,60	0,31	0,31	0,08	0,60	0,16	0,07	0,01	0,58	0,11	0,42	1,49	1,33	0,83	0,59	0,79	0,83
STILKALGER			0,05								0,02	0,01		0,05		0,07	0,00	0,03
GRØNALGER	6,90	19,24	17,64	14,23	12,64	8,47	17,91	13,78	19,38	18,32	13,45	9,41	6,92	9,01	7,21	9,44	0,60	2,58
UBESTEMTE ARTER	0,21	2,44	2,74	2,54	1,33	0,35	0,31	0,41	0,21	0,18	0,15	0,19	0,31	0,30	0,35	0,37	0,39	0,45
TOTAL	34,24	27,82	23,35	37,45	20,45	28,52	21,55	20,26	31,59	23,33	15,86	12,93	19,15	21,91	15,89	16,33	21,11	8,87
ÅRSMAKSIMUM	66	57	30	63	34	81	44	45	54	45	39	24	35	37	22	36	38	16
Måned	aug-sep	aug	maj+sep	sep	okt	sep	maj	dec	jul	sep	feb	maj+nov	sep+dec	maj	apr+jul	aug	jul	jul
procent																		
BLÅGRØNALGER	71	13	11	54	31	67	14	30	38	18	13	23	54	51	47	36	90	53
REKYLALGER	0	0		0			0		0		0	0		1	0	0	1	3
FUREALGER		0							0		0	0						
KISELALGER	8	9	1	1	0	2	1	0	0	2	1	3	8	6	5	4	4	9
STILKALGER			0								0	0				0	0	0
GRØNALGER	20	69	76	38	62	30	84	68	61	79	85	73	36	41	46	58	3	29
UBESTEMTE ARTER	1	9	12	7	7	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	5

Bilag 5.8.
Dyreplankton (biomasse) 2002

Sag: Arresø 2002
Station: 1690
Konsulent: Miljøbiologisk Laboratorium ApS
Dybde: Blanding
Emne: Dyreplankton biomasse, mg våd vægt/liter

Dato:	05-mar	19-mar	03-apr	16-apr	02-maj	14-maj	28-maj	11-jun	25-jun	09-jul	24-jul	06-aug	20-aug	04-sep	17-sep	09-okt	05-nov	Vægtet gns. 05-mar 31-okt	Vægtet gns. 01-maj 30-sep
mg våd vægt/liter																			
CILIATER	0,222	0,113	0,149	0,189	0,037	0,311	0,074	0,039	0,134	0,029	0,093	0,110	0,184	0,067	0,094	0,037	0,057	0,108	0,107
ROTATORIER	0,030	0,061	0,085	0,098	0,159	0,246	0,420	0,290	0,127	0,109	0,360	0,137	0,054	0,082	0,097	0,073	0,046	0,146	0,186
CLADOCERER	1,858	3,540	7,767	9,961	15,126	1,744	12,916	6,285	7,451	60,727	6,121	8,358	1,940	2,787	8,315	17,903	33,401	12,277	12,149
CALANOIDE COPEPODER	0,197	0,249	0,309	0,245	0,119	0,108	0,071	0,066	0,046	0,153	0,387	0,273	0,152	0,037	0,068		0,085	0,144	0,131
CYCLOPOIDE COPEPODER	0,723	1,236	3,029	1,980	0,174	0,353	0,830	0,781	2,014	0,657	2,059	2,565	2,661	1,849	1,839	1,852	0,973	1,561	1,513
HARPACTICOIDER					0,004													0,000	0,000
TOTAL	3,030	5,200	11,339	12,473	15,620	2,762	14,311	7,462	9,772	61,675	9,020	11,443	4,991	4,822	10,413	19,865	34,562	14,237	14,086
procent																			
CILIATER	7	2	1	2	0	11	1	1	1	0	1	1	4	1	1	0	0	1	1
ROTATORIER	1	1	1	1	1	9	3	4	1	0	4	1	1	2	1	0	0	1	1
CLADOCERER	61	68	69	80	97	63	90	84	76	98	68	73	39	58	80	90	97	86	86
CALANOIDE COPEPODER	7	5	3	2	1	4	0	1	0	0	4	2	3	1	1	0	0	1	1
CYCLOPOIDE COPEPODER	24	24	27	16	1	13	6	10	21	1	23	22	53	38	18	9	3	11	11
HARPACTICOIDER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Bilag 5.9.
Dyreplankton (biomasse), sommermiddelværdier 1989-2002

SØ: ARRESØ 1989-2002
STATION: Dyreplankton
KONSULENT: Miljøbiologisk Laboratorium ApS
DYBDE: Blandingsprøver fra 3 stationer
EMNE: Dyreplankton biomassegennemsnit og procentvis sammensætning i sommerperioden (1.5-30.9)

ÅR	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Gennemsnit														
mg våd vægt/liter														
CILIATER	0,05	0,28	0,06	-	-	-	0,12	0,05	0,08	0,15	0,12	0,78	0,18	0,11
ROTATORIER	0,45	0,67	0,21	1,23	0,52	0,47	0,53	0,38	0,35	0,43	0,31	0,14	0,27	0,19
CLADOCERER	1,50	6,50	10,20	2,08	8,64	7,01	2,13	3,17	1,74	5,58	6,62	12,65	12,47	12,15
COPEPODER	0,97	1,60	0,95	0,68	1,03	0,88	1,81	2,14	2,17	1,19	1,60	2,08	1,49	1,64
TOTAL DYREPLANKTONBIOMASSE	2,97	9,05	11,42	3,99	10,19	8,37	4,60	5,74	4,34	7,35	8,65	15,65	14,40	14,09
MAKSIMAL BIOMASSE	5,60	15,40	55,10	9,50	24,10	19,81	11,88	18,14	5,73	25,34	40,67	73,17	48,72	61,68
måned	okt	aug	jun	jun	jun	jun	okt	jun	aug	jun	okt	maj	maj	juli
Procent														
CILIATER	2	3	1	-	-	-	3	1	2	2	1	5	1	1
ROTATORIER	15	7	2	31	5	6	12	7	8	6	4	1	2	1
CLADOCERER	51	72	89	52	85	84	46	55	40	76	77	81	87	86
COPEPODER	33	18	8	17	10	11	39	37	50	16	19	13	10	12

Bilag 5.10.
Fiskeyngel 2002

Antal/m^3	Littoralen	Pelagiet	Procent Littoralen	Pelagiet
Skalle 0+	2,552	0,641	95	97
Brasen 0+	0,103	0,000	4	0
Regnløje 1+		0,004	0	1
Aborre 0+	0,026	0,008	1	1
Sandart 0+		0,008	0	1

Antal/m^3	Littoralen	Pelagiet	Procent Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	2,655	0,645	99	98
Aborrefisk	0,026	0,015	1	2
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	2,680	0,660	100	100

Vådvægt/m^3 (g)	Littoralen	Pelagiet	Procent Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	1,194	0,339	97	96
Aborrefisk	0,038	0,016	3	4
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	1,231	0,355	100	100

Vådvægt/m^3 (g)	Littoralen	Pelagiet	Procent Littoralen	Pelagiet
Skalle 0+	1,188	0,335	96	95
Brasen 0+	0,006	0,000	0	0
Regnløje 1+		0,004	0	1
Aborre 0+	0,038	0,011	3	3
Sandart 0+		0,005	0	1

Bilag 6

6.1. Undersøgelser i Arresø 1989-2002
6.2. Rapporter og notater om undersøgelser i Arresø 1989-2003

Bilag 6.1.
Oversigt over undersøgelser i Arresø 1976-2002. VMPB = Vandmiljøplanens Basisprogram 1989-1998 NOVA = Det reviderede nationale program til overvågning af vandmiljøet 1998-2003.

År	Omfang af tilsyn	Rapportering
1976	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
1977	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
1978	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
	Planteplankton, 14 prøver	ref. /1/
	Vegetation	ref. /1/
	Dyreplankton	ref. /1/
	Bunddyr	ref. /1/
1979	Vandkemi	ref. /1/
	Bakterier	ref. /1/
	Planteplankton, 15 prøver	ref. /1/
1980-1982	Dyreplankton, 9 prøver	ref. /1/
	Vandbalance	ref. /5/
1984	Fisk	ref. /6/
1985	Vandkemi, 10 prøver	ref. /8/
	Planteplankton	ref. /4/
1986	Vandkemi, 12 prøver	ref. /8/
	Sediment	ref. /8/
	Planteplankton	ref. /7/
1987	Vandkemi, 11 prøver	ref. /8/
	Sediment	ref. /8/
	Vegetation	ref. /16/
1988	Vandkemi, 14 prøver	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	VMPB + plankton	ref. /23/, /24/
	Sediment	
1994	VMPB + Plankton	ref. /32/, /34/
1995	VMPB + Plankton	ref. /37/, /38/
1996	VMPB + Plankton + fisk	ref. /38/, /40/, /41/
1997	VMBP + sediment + plankton	ref. /44/, /43/, /42/, /45/
1998	NOVA	ref. /46/, /47/, /48/, /49/
1999	NOVA	ref. /50/, /51/, /52/, /53/
2000	NOVA	ref. /54/, /55/, /56/, /57/
2001	NOVA	ref. /58/, /59/, /60/, /61/, /62/, /63/
2002	NOVA + sediment	ref. /64/, /65/, /66/, /67/

Bilag 6.2.
Rapporter om undersøgelser i Arresø 1976-2003.

/1/ Hovedstadsrådet 1982. Recipientundersøgelser i Arresø 1976-1981. Arbejdsdokument udarbejdet af Vandkvalitetsinstituttet og COWI.

/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 Miljøbiologisk Laboratorium.

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

/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. Vandmiljøundersøgelse nr. 7. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.

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

/15/ Skov- og Naturstyrelsen & Frederiksborg Amt 1991. Reduktion af Arresøens belastning.

/16/ Frederiksborg Amt 1992. 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 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 af Miljøbiologisk Laboratorium.

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

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

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

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

/26/ Frederiksborg Amt 1994. Afstrømningsmålinger 1993. Rapport udarbejdet 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 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 af Miljøbiologisk Laboratorium.

/33/ Frederiksborg Amt 1995. Afstrømningsmålinger 1994. Rapport udarbejdet 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 af Miljøbiologisk Laboratorium.

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

/37/ Frederiksborg Amt 1996. Arresø – Tilstand og udvikling 1995. Vandmiljøovervågning nr. 25. Rapport udarbejdet af Bio/consult as.

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

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

/40/ Frederiksborg Amt 1997. Fiskeundersøgelse i Arresø 1996. Udført og rapporteret 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 af Miljøbiologisk Laboratorium.

/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.

/46/ Frederiksborg Amt 1999. Arresø – Tilstand og udvikling 1998. Vandmiljøovervågning nr. 56.

/47/ Frederiksborg Amt 1999. Arresø 1998. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.

/48/ Frederiksborg Amt 1999. Fiskeynglen i Arresø, juli 1998. Rapport udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

/49/ Frederiksborg Amt 1999. Afstrømningsmålinger 1998. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

/50/ Frederiksborg Amt 2000. Arresø – Tilstand og udvikling 1999. Vandmiljøovervågning nr. 65.

/51/ Frederiksborg Amt 2000. Arresø 1999. Plante- og dyreplankton. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.

/52/ Frederiksborg Amt 1999. Fiskeynglen i Arresø, juli 1999. Rapport udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

/53/ Frederiksborg Amt 2000. Afstrømningsmålinger 1999. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

/54/ Frederiksborg Amt 2001. Arresø – Tilstand og Udvikling 2000. Vandmiljøovervågning nr. 77.

/55/ Frederiksborg Amt 2001. Arresø. Plante- og dyreplankton 2000. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.

/56/ Frederiksborg Amt 2000. Fiskeynglen i Arresø, juli 2000. Rapport udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

/57/ Frederiksborg Amt 2001. Afstrømningsmålinger 2000. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

/58/ Frederiksborg Amt 2002. Arresø – Tilstand og udvikling 2001. Vandmiljøovervågning nr. 90.

/59/ Frederiksborg Amt 2002. Arresø. Plante- og dyreplankton 2001. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.

/60/ Frederiksborg Amt 2001. Fiskeynglen i Arresø, juli 2001. Rapport udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

/61/ Frederiksborg Amt 2002. Fiskebestanden i Arresø, september 2001. Rapport udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

/62/ Frederiksborg Amt 2001. Vegetationsundersøgelser i Arresø 2001. Intern rapport.

/63/ Frederiksborg Amt 2002. Afstrømningsmålinger 2001. Rapport udarbejdet for Frederiksborg Amt af Det Danske Hedeselskab.

/64/ Frederiksborg Amt 2002. Fiskeynglen i Arresø, juli 2002. Rapport udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

/65/ Frederiksborg Amt 2003. Arresø 2002. Plante- og dyreplankton 2002. Notat udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.

/66/ Frederiksborg Amt 2003. Afstrømningsmålinger 2002. Rapport udført for Frederiksborg Amt af Hedeselskabet.

/67/ Frederiksborg Amt 2003. Arresø – Tilstand og udvikling 2002. Vandmiljøovervågning nr. 99. Rapport udarbejdet af Bio/consult as i samarbejde med Hedeselskabet.