

 **VANDMILJØovervågning**

Maj 1993

Arreskov Sø 1992



Fyns Amt

Arreskov Sø 1992



Titel: VANDMILJØovervågning - Arreskov Sø 1992

Udgiver: Fyns Amt
Afdelingen for Naturforvaltning og Vandmiljø
Ørbækvej 100
5220 Odense SØ

Telefon 66 15 94 00
Telefax 66 15 45 59

Udgivelsesår: Maj 1993

Tryk: Fyns Amt/Barlebo Bogtryk

Oplag: 150

Forside: Mimi Fuglsang

Kortmateriale: Copyright Kort- og Matrikelstyrelsen 1992/KD.86.1023

ISBN 87-7343-161-3

Indholdsfortegnelse.

	Side
Forord	1
Indledning	3
1. Beskrivelse af søen og dens opland	5
1.1 Søens beliggenhed og morfometri	5
1.2 Målsætning for søens kvalitet og anvendelse	5
1.3 Oplandsbeskrivelse	10
1.4 Søens miljøtilstand	11
2. Meteorologiske og hydrologiske forhold	13
3. Søens eksterne belastningsforhold	19
3.1 Total ekstern belastning med kvælstof og fosfor ...	19
3.2 Afstrømning af kvælstof og fosfor	20
3.3 Atmosfærisk deposition	25
3.4 Grundvand	26
3.5 Øvrige belastningskilder	26
3.6 Vurdering af belastningen fra de enkelte hovedtilløb til søen	26
3.7 Udviklingstendenser i søens eksterne belastningsforhold 1989-92	29
3.8 Vurdering af muligheder for begrænsning af næringsstoffilledninger til søen	30
4. Vandbalance	31
5. Stofbalance	35
6. Fysisk-kemiske forhold i søen	41
6.1 Søvand	41
6.2 Sammenhæng mellem stoftilførsel og stofkoncentration i søen	45
6.3 Stofudveksling mellem atmosfære, søvand og sediment	50
7. Biologiske forhold i søen	57
7.1 Planteplankton	57
7.2 Dyreplankton	59
7.3 Samspil mellem fysisk-kemiske og biologiske forhold i søen	63
7.4 Fisk	65
7.5 Vegetation	66
7.5 Fugle	68

8.	Udvikling i søens miljøtilstand	71
8.1	Tidligere tilstand	71
8.2	Tilstanden i 1992	71
8.3	Søens fremtidige tilstand	73
9.	Sammenfatning og konklusion	77
	Referencer	81
Bilag 1.	Anvendt metodik	83
Bilag 2.	Vandbalance på måneds-, sommer- og årsbasis, 1992	92
Bilag 3.	Stofbalance på måneds-, sommer- og årsbasis, 1992	93
Bilag 4.	Udvikling i fysisk-kemiske forhold, 1974-92	94
Bilag 5.	Månedlig nettoudveksling af totalkvælstof via interne processer, 1992	96
Bilag 6.	Månedlig nettoudveksling af totalfosfor med sediment, 1992	97
Bilag 7.	Sammenhænge mellem målte fysisk-kemiske og biologiske variable, 1989-92	98

Forord

I foråret 1987 vedtog Folketinget en handlingsplan (Vandmiljøplanen), der skal nedbringe næringsstofbelastningen af det danske vandmiljø.

Målet med Vandmiljøplanen er at reducere den samlede kvælstofudledning til overfladevand og grundvand med 50% fra 290.000 til 145.000 tons pr. år og fosforudledningen med 80% fra 15.000 til 3.000 tons pr. år.

Vandmiljøplanen indebærer bl.a. øget spildevandsrensning for kommuner og industri samt krav til jordbruget med henblik på at mindske tilførslerne af næringsstoffer til vandmiljøet.

Samtidig er der med Vandmiljøplanen iværksat en øget overvågning af vandmiljøet med det formål at følge effekten af Vandmiljøplanen. Overvågningen omfatter alle de forskellige led i vandkredsløbet. Amterne er ansvarlige for gennemførelse af overvågningsaktiviteterne, der omfatter følgende områder: Grundvand, vandløb, søer, særlige landovervågningsoplande, punktkilder (kommunale og industrielle spildevandsudledninger) samt kystnære havområder.

Amterne udarbejder årligt rapporter over resultater af disse overvågningsopgaver. Tilsvarende udarbejder Danmarks Miljøundersøgelser rapporter over tilstanden i de åbne havområder og om stoftilførsler via nedbør/nedfald.

Rapporterne danner baggrund for landsdækkende oversigter, som udarbejdes af Miljøstyrelsen, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks Geologiske Undersøgelser. Endelig sammenfatter Miljøstyrelsen de landsdækkende oversigter til en årlig redegørelse.

Denne rapport er et led i Fyns Amts samlede rapportering af vandmiljøovervågningen i 1992, der i alt omfatter følgende rapporter:

- Vandløb 1992 (ISBN 87-7343-170-2)
- Arreskov Sø 1992 (ISBN 87-7343-161-3)
- Fiskebestanden i Arreskov Sø, august 1992 (ISBN 87-7343-168-0)
- Langesø 1992 (ISBN 87-7343-165-6)
- Søholm Sø 1992 (ISBN 87-7343-167-2)
- Landovervågning 1992 (ISBN 87-7343-171-0)
- Punktkilder 1992 (ISBN 87-7343-159-1)
- Kystvande 1992 (ISBN 87-7343-169-9)
- Lillebælt 1992 (ISBN 87-7343-173-7)
- Grundvand 1992 (ISBN 87-7343-157-5)
- Atmosfærisk nedfald 1992 (ISBN 87-7343-155-9)
- Det fynske vandmiljø 1992 (ISBN 87-7343-119-2)

Indledning

Denne rapport beskriver de undersøgelser af Arreskov Sø, som Fyns Amt har foretaget i perioden 1989-1992 som et led i Vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Arreskov Sø er således udpeget som én ud af i alt 37 nationale overvågningsøer. Undersøgelserne i dette udsnit af danske søer skal om muligt give svar på, om Vandmiljøplanens gennemførelse medfører forbedringer af danske søers miljøtilstand. De pågældende søer er derfor udvalgt således, at de er beliggende i områder med forskellig grad af arealudnyttelse og med forskellige kilder til næringsstofftilførsel. Desuden indgår både lavvandede og dybe søer i overvågningsprogrammet.

De tre forudgående års overvågning af Arreskov Sø er beskrevet i Fyns Amt (1990, 1991, 1992).

I denne rapport er temaet, ud over en beskrivelse af resultatet af undersøgelserne i 1992, mulige tendenser i søens udvikling siden overvågningen blev sat i gang. Specielt lægges der vægt på en markant ændring, der er sket i søens biologiske forhold i 1992, idet årsagerne til denne ændring søges klarlagt. I forbindelse hermed behandles søens vand- og stofbalance, såvel udefra som indefra kommende stofbelastning, og ikke mindst søens biologiske struktur. Her gøres der særlig meget ud af at beskrive sammenhænge mellem søens fysisk-kemiske og biologiske forhold. Derudover behandles også den betydning, som klimatiske forhold har for år-til-år-variationerne i bl.a. stofbelastning, stofbalance og biologisk struktur.

1. Beskrivelse af søen og dens opland

I dette afsnit foretages en kortfattet beskrivelse af Arreskov Sø og dens opland. Disse forhold er mere detaljeret beskrevet i tidligere rapporter om Arreskov Sø, f.eks. (Fyns Amt, 1991).

1.1 Søens beliggenhed og morfometri.

Arreskov Sø ligger nordøst for Fåborg i et randmorænelandskab, der udgør en del af Svanninge Bakker (jvf. figur 1.1.1).

Vandstanden i søen er formodentlig blevet sænket flere gange. I afløbet fra søen ligger Arreskov Vandmølle, som via et stibord regulerer vandstanden i søen. Flodemålet (den højst tilladte vandstand) er fra og med 1. januar 1991 fastsat til 33,06 m over DNN.

Arreskov Sø er Fyns største sø med et overfladeareal på 317 ha. Søen er lavvandet, idet middeldybden kun er på 1,9 m. Da søen samtidig ligger vindeksponeret, bliver vandet normalt omrørt helt til bunden af vinden. Arreskov Sø er omkranset af en tæt, men ikke særlig bred rørsump. De nære omgivelser er naturprægede med enge, moser, marker og skov.

Søens dybdeforhold og morfometriske data fremgår af figur 1.1.2 og tabel 1.1.1.

Arreskov Sø	
Overfladeareal, ha	317
Middeldybde, m	1,9
Maksimumdybde, m	3,7
Vandvolumen, m ³	5.880.000
Kystlængde, km	8,50

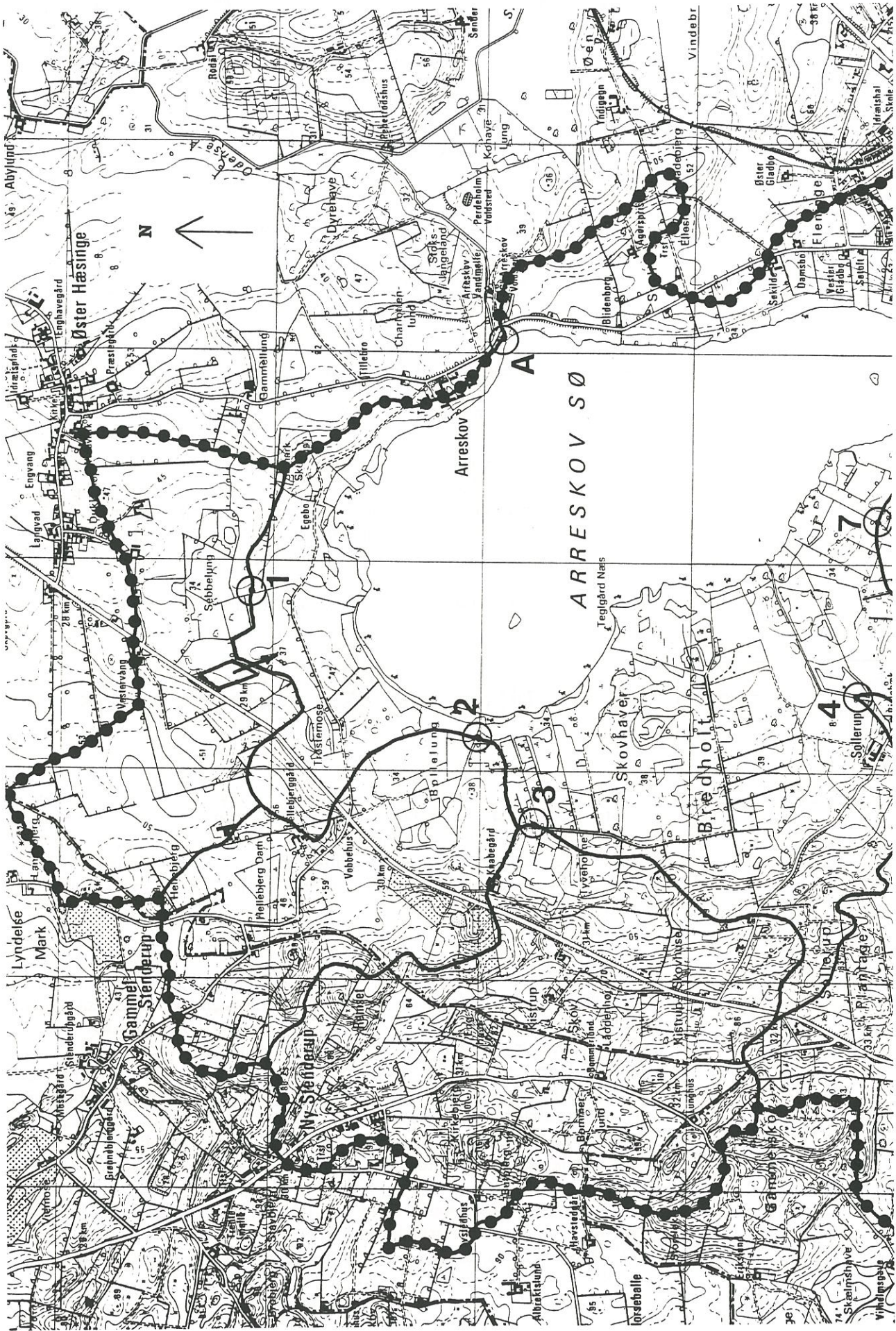
Tabel 1.1.1
Fysiske forhold i Arreskov Sø.

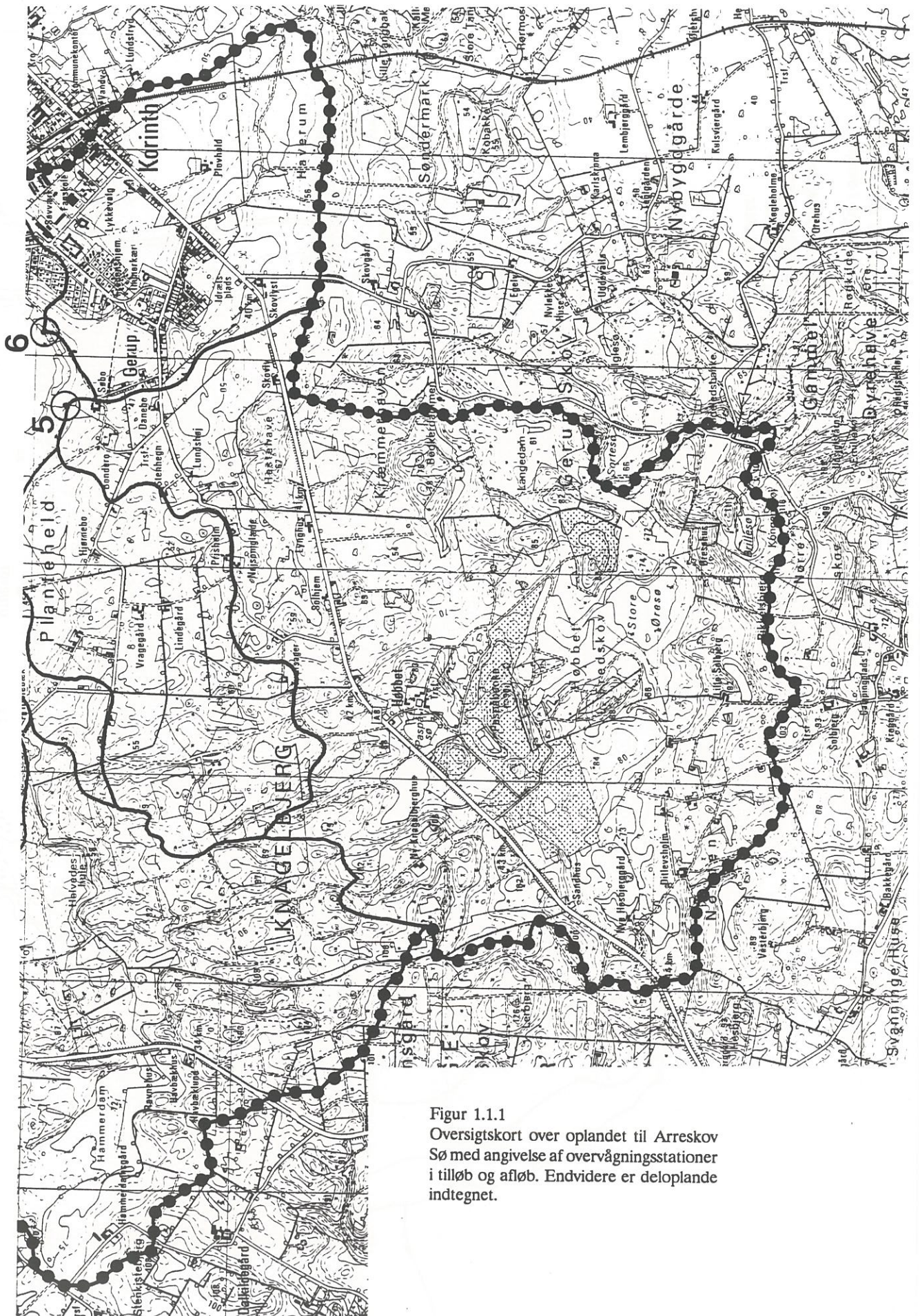
1.2 Målsætning for søens kvalitet og anvendelse

Arreskov Sø er i Fyns Amts Regionplan 1989-2001 målsat som "Referenceområde for naturvidenskabelige studier". Baggrunden herfor er primært søens betydning som levested og rasteplass for fugle, specielt vandfugle, for hvilke søen er af international betydning. Søen er endvidere udpeget som EF-fuglebeskyttelsesområde. Den nordlige del af søen (ca. 240 ha) er siden 1985 vildtreservat.

Regionplanen fastsætter ingen direkte krav til søens miljøkvalitet. Det indgår imidlertid som en retningslinje i planen, at al spildevandsafledning til Arreskov Sø og andre søer i videst muligt omfang skal undgås. Endvidere indebærer målsætningen, at søen skal have et naturligt og alsidigt plante- og dyreliv, som er upåvirket eller næsten upåvirket af forurening. Det vurderes, at søen for at opfylde målsætningen skal have en middelsigt dybde på mindst 1 m, et artsrigt plante- og dyreliv uden masseopblomstring af enkelte algegrupper (især blågrønalger), samt en (stedvist) veludviklet rankegrøde (Fyns Amt, 1991). Endelig skal fiskebestanden have en naturlig alders- og artsfordeling med balance mellem fredfisk og rovfisk.

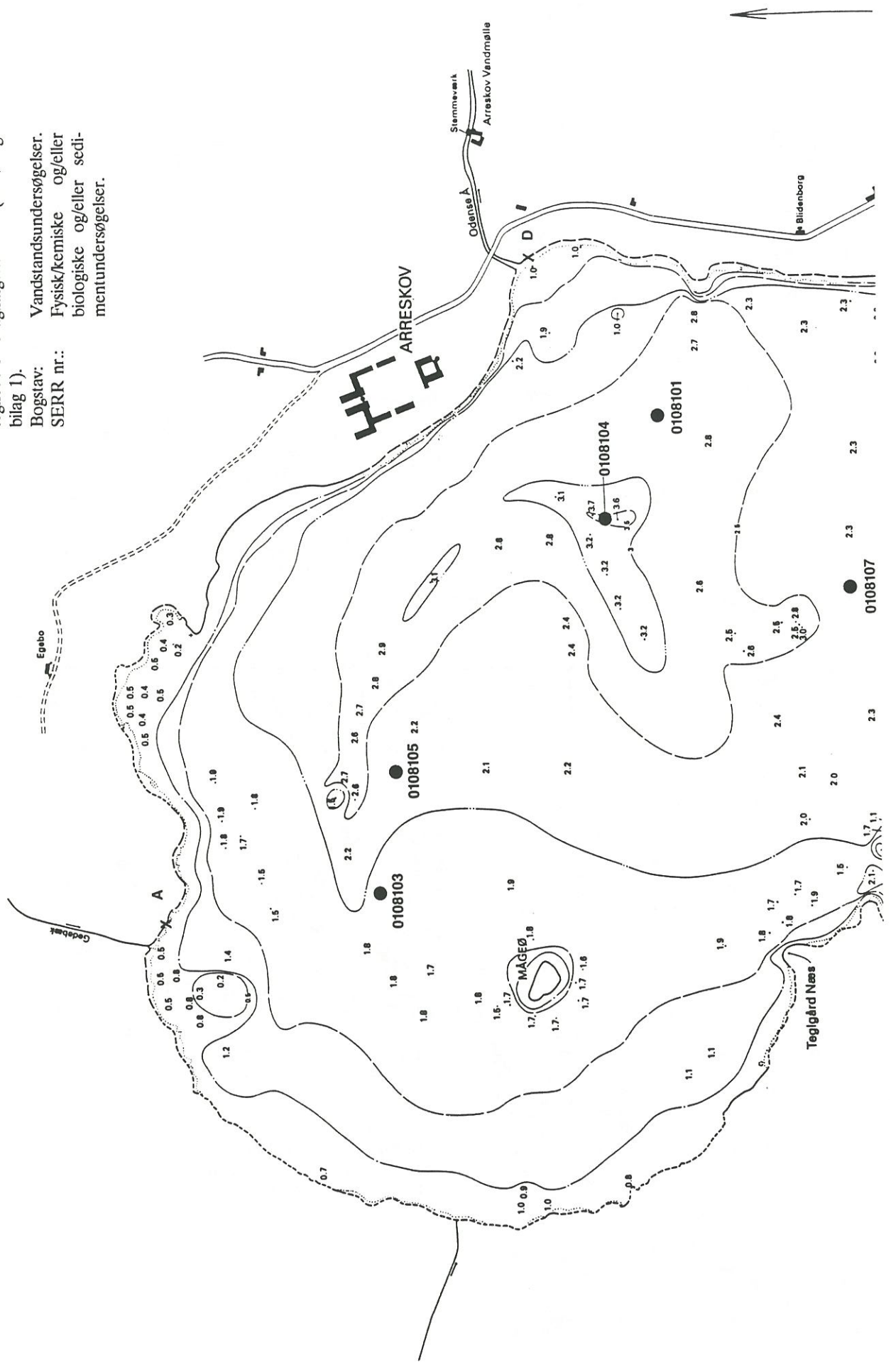
Danmarks Naturfredningsforening har i 1989 rejst fredningssag for Arreskov Sø med omgivelser. Formålet med fredningen er at bevare natur- og kulturhistoriske værdier, at genoprette og pleje naturtyper i området, samt at sikre befolkningens adgang til dele af området.

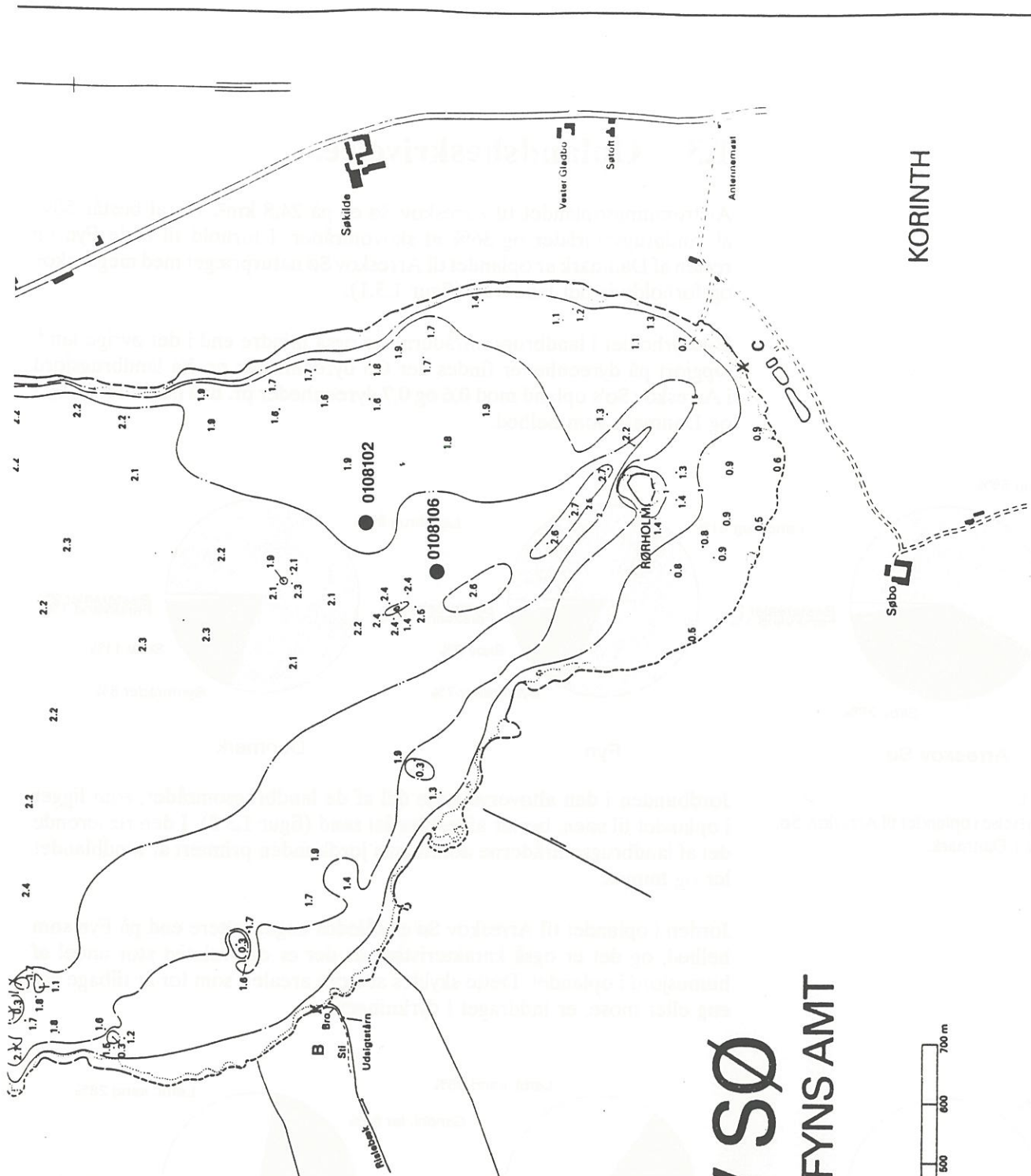




Figur 1.1.1
 Oversigtskort over oplandet til Arreskov Sø med angivelse af overvågningsstationer i tilløb og afløb. Endvidere er deloplande indtegnet.

Figur 1.1.2
 Dybdekort over Arreskov Sø med ind-
 tegnede overvågningsstationer (se i øvrigt
 bilag 1).
 Bogstav: Vandstandsundersøgelser.
 SERR nr.: Fysisk/kemiske og/eller
 biologiske og/eller sedi-
 mentundersøgelser.



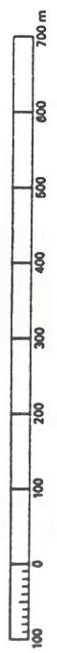


~~~~~ Højeste punkt, Punktering i øvrigt  
 markere af bytilliden er udsat  
 - - - - - Ydegrænse for rearsump indtegnet  
 efter luftfoto optaget 28.5.1989

SOLLERUP  
 SKOV  
 (STATSSKOV)

# ARRESKOV SØ

## FÅBORG KOMMUNE, FYNYS AMT

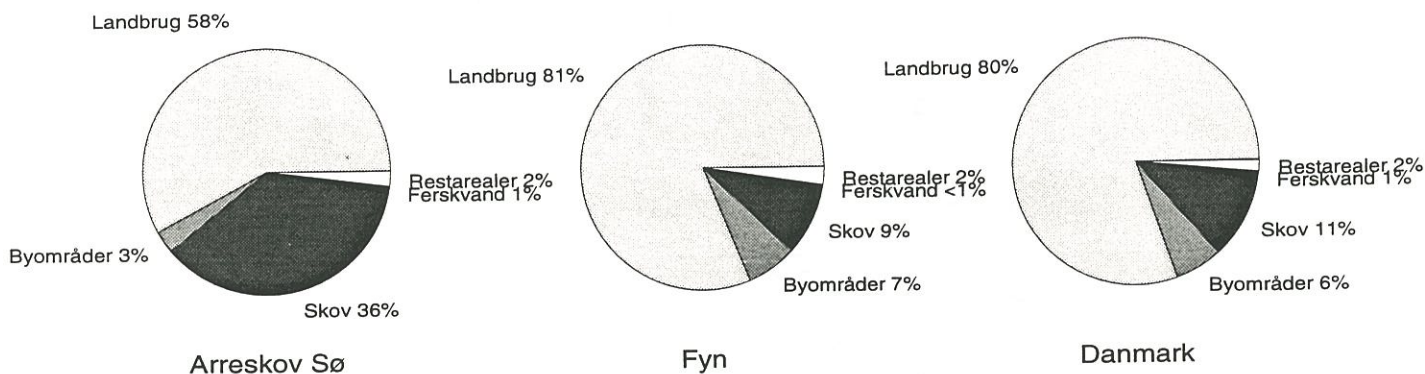


Efttoldning foretaget maj 1989  
 ved vandpejli 32,7 m over DNN (G1)  
 Tegnet af Tom Tjørklildeen  
 Publiceret af landinspektør Thorkild Høy juli 1989

## 1.3 Oplandsbeskrivelse.

Afstrømningsoplandet til Arreskov Sø er på 24,8 km<sup>2</sup>. Heraf består 58% af landbrugsområder og 36% af skovområder. I forhold til både Fyn og resten af Danmark er oplandet til Arreskov Sø naturpræget med meget skov og forholdsvis lidt landbrug (figur 1.3.1).

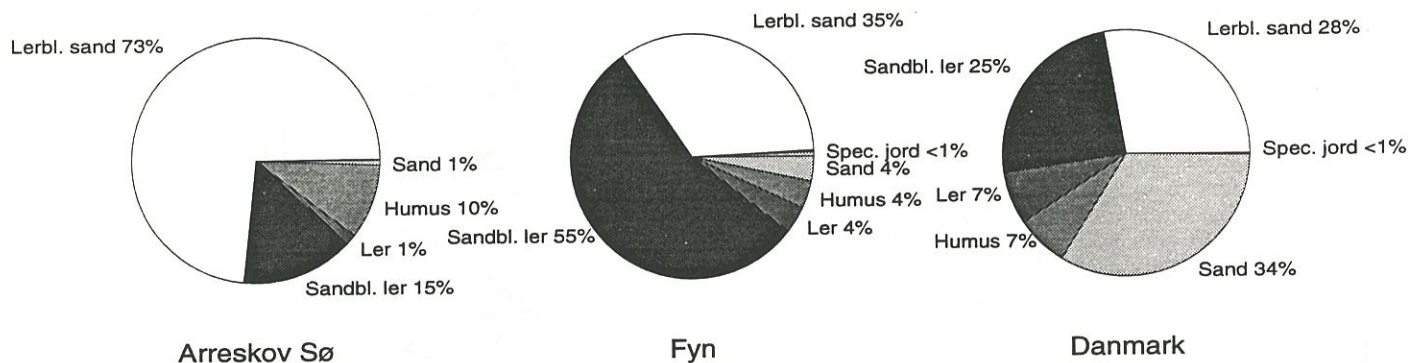
Husdyrholdet i landbrugsområderne er også mindre end i det øvrige land. Opgjort på dyreenheder findes der 0,5 dyreenheder pr. ha landbrugsjord i Arreskov Sø's opland mod 0,6 og 0,7 dyreenheder pr. ha i henholdsvis Fyn og Danmark som helhed.



Figur 1.3.1. Arealudnyttelse i oplandet til Arreskov Sø, på Fyn og i Danmark.

Jordbunden i den altovervejende del af de landbrugsområder, som ligger i oplandet til søen, består af lerblandet sand (figur 1.3.2). I den resterende del af landbrugsområderne domineres jordbunden primært af sandblandet ler og humus.

Jorden i oplandet til Arreskov Sø er således noget lettere end på Fyn som helhed, og det er også karakteristisk, at der er en relativt stor andel af humusjord i oplandet. Dette skyldes at store arealer, som for år tilbage var eng eller mose, er inddraget i dyrkningen.



Figur 1.3.2. Jordtypefordeling i landbrugsområderne i oplandet til Arreskov Sø, på Fyn og i Danmark.

### Spildevandsforhold.

Der forekommer ikke udledning af spildevand fra kommunale renseanlæg til Arreskov Sø. En udledning af mekanisk rensset spildevand fra Korinth (970PE) blev afskåret i 1983 (1 PE svarer til den mængde spildevand, som



1 person i gennemsnit bidrager med).

Der udledes imidlertid regnvand fra den vestlige del af Korinth via et lille vandløb, tilløb 6 (se figur 1.1.1). I forbindelse med større regnskyl sker der via et overfaldsbygværk aflastning af urensset spildevand til dette vandløb. Det tilførte regnvand/spildevand passerer normalt et regnvandsbassin, inden det løber ud i vandløbet.

Fra den spredte bebyggelse sker der udledning af spildevand til grøfter, vandløb eller dræn med forbindelse til søen. Spildevandet passerer formodentlig oftest en septictank eller lignende. I visse tilfælde nedsives spildevandet. Der er ikke foretaget nogen nøjere undersøgelse af spildevandsudledningen fra den spredte bebyggelse.

Tætheden af den spredte bebyggelse (0,20 PE/ha) svarer til det normale for Fyn (0,23 PE/ha), men er noget større end gennemsnitstætheden for hele landet (0,08 PE/ha).

Det er idag uvist, hvor stor en del af de udledte næringsstoffer fra den spredte bebyggelse i oplandet, der rent faktisk når ud i søen.

## 1.4 Søens miljøtilstand.

Arreskov Sø er stor og lavvandet. Vandets opholdstid i søen er ca. 1 år.

Søen er omkranset af en tæt, men relativt smal rørsump, der især består af tagrør. Der er næsten ingen undervandsvegetation i søen.

I rapporten "Arreskov Sø, udvikling 1989-91" (Fyns Amt, 1992) blev det vurderet, at Arreskov Sø har et relativt fattigt og forureningspåvirket dyre- og planteliv, som slet ikke lever op til regionsplanens målsætning om et naturligt og alsidigt plante- og dyreliv. Årsagen hertil skal først og fremmest søges i tidligere tiders spildevandstilledninger, men også den nuværende afstrømning af næringsstoffer fra spredt bebyggelse og landbrugsarealer har betydning.

I 1992 er der sket nogle markante ændringer i søens miljøtilstand. Disse vil fremgå af de følgende afsnit af rapporten.



## 2. Meteorologiske og hydrologiske forhold.

De meteorologiske og hydrologiske forhold, der havde betydning for Arreskov Sø og dens opland i perioden 1989-1992, beskrives kortfattet i det følgende. Karakteristiske årstidsvariationer i nedbør, ferskvandsafstrømning, lufttemperatur, soltimer og vindenergi er illustreret i figur 2.1, 2.2 og 2.3.

De meteorologiske og hydrologiske forhold i perioden 1989-1992 er sammenholdt med "normalværdier" beregnet ud fra data fra en længere periode. De anvendte tidsserier er beskrevet i bilag 1.

### Nedbør.

Nedbøren i oplandet til Arreskov Sø var i 1992 normal (2% under normalen), selvom der på månedsbasis var afvigelser fra normalen. Månederne januar, maj og juni var specielt tørre. Især juni var usædvanlig, idet der stort set ikke faldt nogen nedbør. Nedbørsunderskuddet i første halvår blev til dels opvejet af store nedbørsmængder i august og november måned. For Fyn som helhed faldt der i 1992 7% mindre nedbør end normalt.

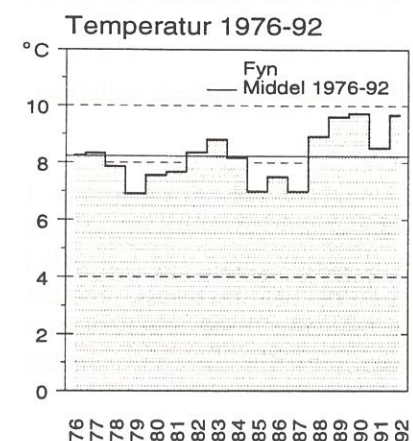
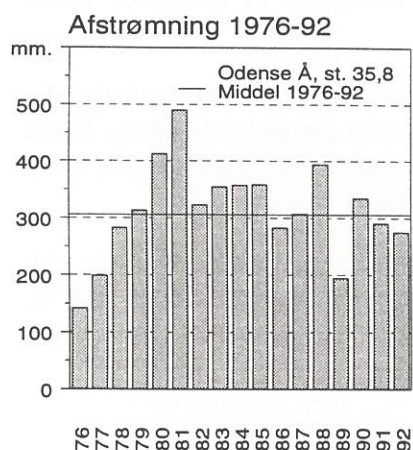
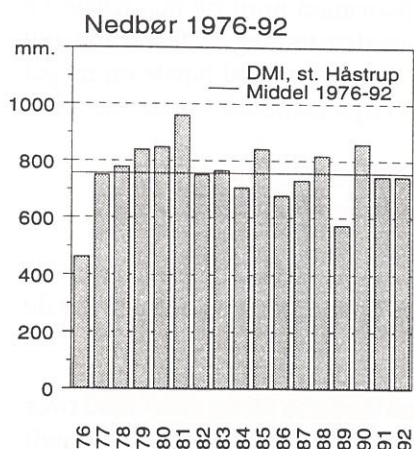
Nedbøren i de tre foregående år er karakteriseret i det følgende. 1989 var et tørt år med en nedbør i oplandet til søen på 24% under normalen. Månederne januar, maj, juni, september og november var ekstremt nedbørsfattige. Kun marts måned havde nedbør væsentlig over gennemsnittet. 1990 var et ret vådt år (14% over normalen). Set på månedsbasis faldt der særlig meget nedbør i februar, juni, august og september. Enkelte måneder var tørre, nemlig marts, maj og december. 1991 var meget nær et normalår med hensyn til nedbør (2% under normalen). Der var dog afvigelser fra normalnedbørsmængderne på månedsbasis; således var januar og juni specielt nedbørsrige, mens marts, august og oktober var særlig nedbørsfattige.

### Ferskvandsafstrømning.

Ferskvandsafstrømningen følger i vid udstrækning nedbøren, bortset fra sommermånederne, hvor størsteparten af nedbøren normalt ikke kommer til afstrømning på grund af vandoptagelse i planterne på landjorden og fordampning.

Baseret på afstrømningmålinger i Odense Å ved Nr. Broby vurderes, at ferskvandsafstrømningen til Arreskov Sø i 1992 var lav (12% under normalen). Afstrømningen lå stort set under normalen i årets ti første måneder; især månederne januar og februar var, årstiden taget i betragtning, afstrømningsfattige. Ferskvandsafstrømningen for Fyn som helhed var i 1992 7% mindre end normalt.

Afstrømningen i de tre foregående år er karakteriseret i det følgende. Afstrømningen i 1989 var den næstlaveste i perioden 1976-1992 (38% under normalen). Bortset fra marts måned var afstrømningen under normalen i alle årets måneder. 1990 lå afstrømningsmæssigt tæt på det normale (7% over normalen). Set på månedsbasis skilte februar og september-november



Figur 2.1. Nedbør, ferskvandsafstrømning og temperatur på årsbasis 1976-1992.

sig ud med forholdsvis stor afstrømning, hvorimod april og maj havde en relativ lille afstrømning. 1991 havde en årsafstrømning af ferskvand lidt under det normale (8% under normalen). Januar måned havde en meget stor afstrømning, mens afstrømningen de øvrige måneder var normal eller lidt mindre end normalt.

#### **Lufttemperatur.**

Lufttemperaturen er af betydning for søens opvarmning og dermed for de biologiske og kemiske processer i søen.

Årsmiddeltemperaturen for Fyn som helhed var i alle årene 1989-1992 over gennemsnittet i alle år. Årene 1989, 1990 og 1992 hører således til blandt de varmeste i dette århundrede.

I 1992 lå temperaturen i årets første ni måneder over normalen, mens den i oktober måned lå under. Månederne november og december havde normale temperaturer.

Temperaturforholdene de tre foregående år er karakteriseret i det følgende. Temperaturen i 1989 lå såvel som i 1990 over det normale i årets første cirka seks måneder. I 1991 var månederne maj og juni relativt kolde, mens juli, august og september derimod var relativt varme.

I sommerperioden (1.5-30.9) lå middeltemperaturen på henholdsvis 15,0 °C, 14,8 °C og 14,2 °C i 1989, 1990 og 1991, mens den i 1992 lå på 16,3 °C.

#### **Soltimer.**

Solindstrålingen er, som temperaturen, af betydning for søens opvarmning og for plantevæksten, herunder væksten af planktonalger i søen.

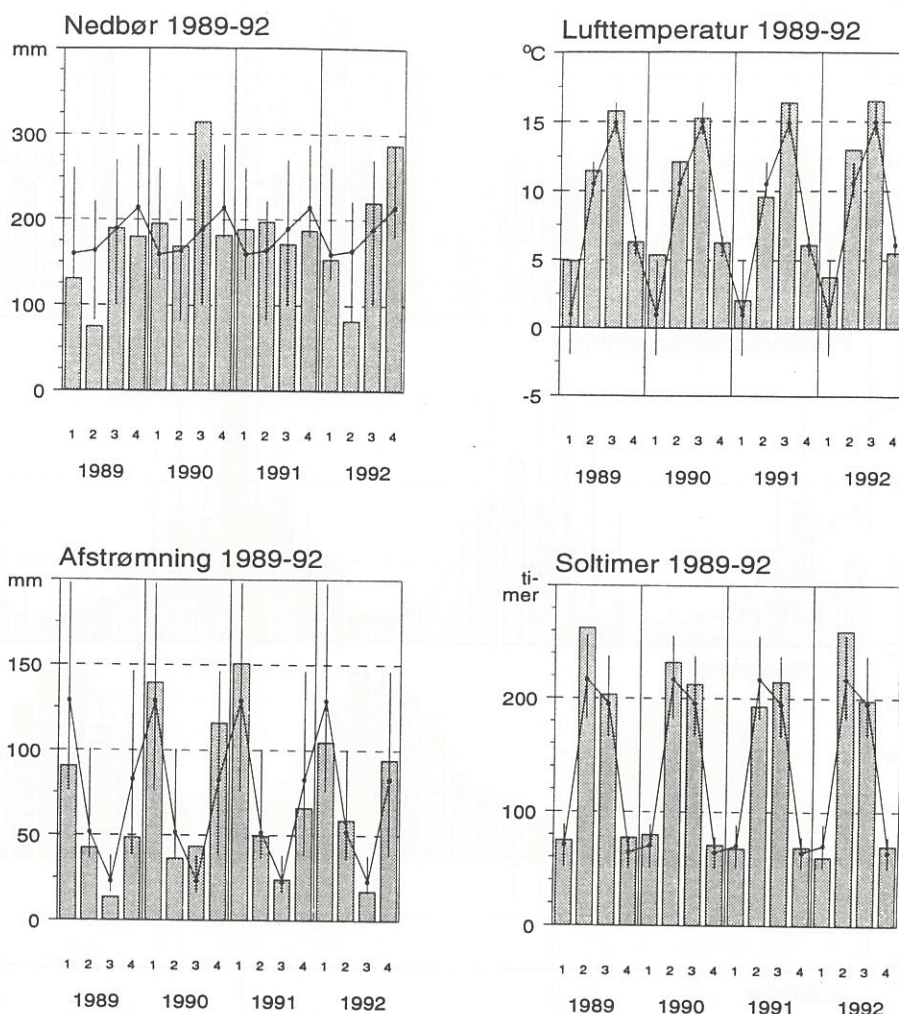
Målt i antallet af soltimer var 1989, 1990 og 1992 var generelt solrige år, mens 1991 var et normalår.

I det solrige år 1992 var månederne april og august forholdsvis solfattige, mens maj, juni og juli var solrige.

Solindstrålingen i de tre foregående år er karakteriseret i det følgende. I 1989 var især månederne maj, juni og november solrige, mens august var relativ solfattig. 1990 var et år, hvor solen skinnede mere end normalt i perioden februar-maj, mens juni var solfattig. I 1991 var juni måned ekstrem solfattig, mens juli var meget solrig. Øvrige måneder, hvor solforholdene det år lå ud over det sædvanlige var januar, som var forholdsvis solrig, mens marts var solfattig.

Det gennemsnitlige antal soltimer pr. dag i sommerperioden (1.5-30.9) i årene 1989, 1990, 1991 og 1992 var henholdsvis 8,0, 7,3, 7,0 og 8,2 timer.

Figur 2.2.  
Nedbør, ferskvandsafstrømning, lufttemperatur og antal soltimer på kvartalsbasis 1989-1992.  
10-, 50- og 90%'s-fraktiler i de enkelte kvartaler fremgår ligeledes af figuren.



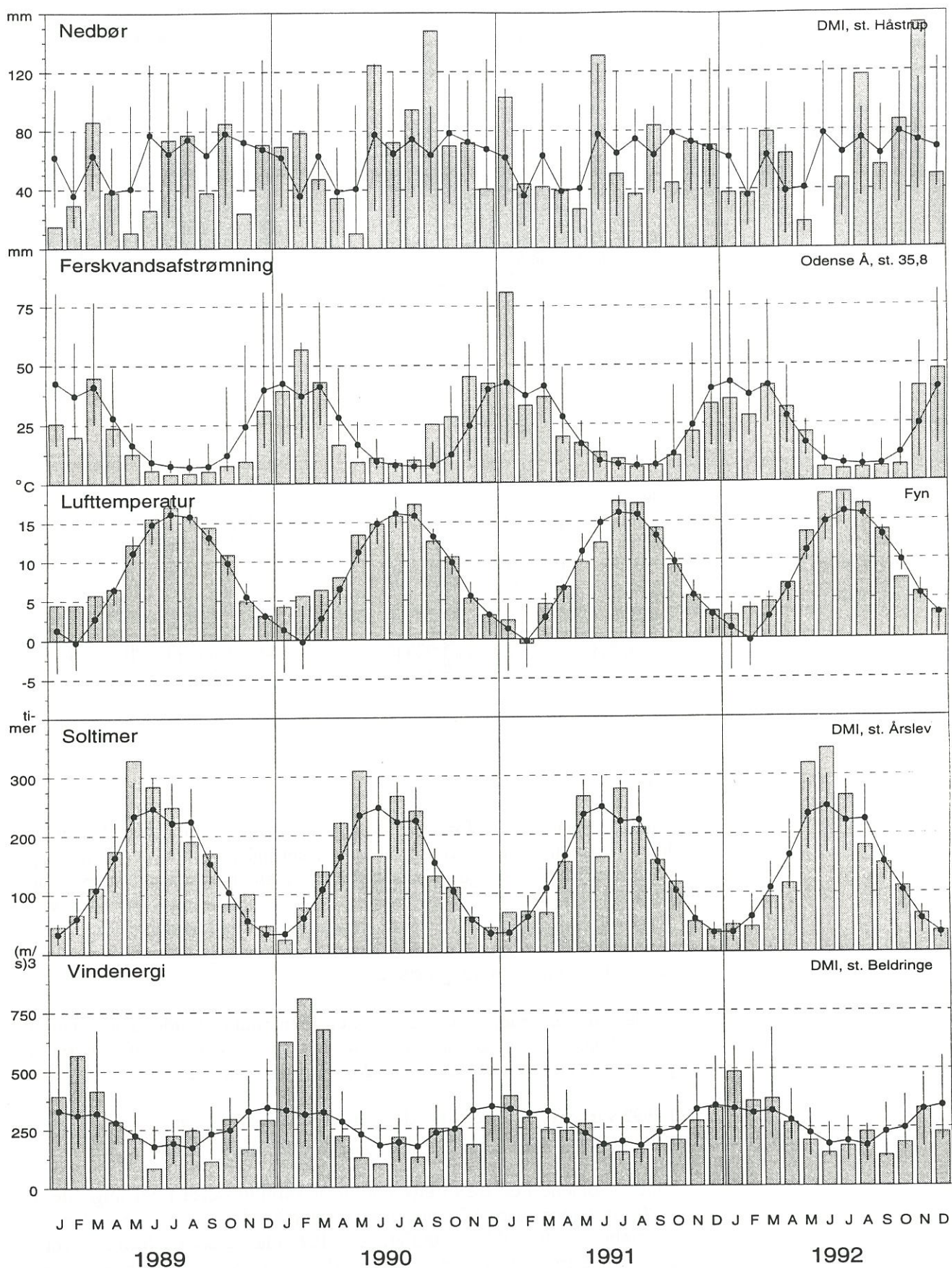
### Vindforhold.

Vinden er af betydning for opblandingen af vandmasserne i en sø, herunder bl.a. af betydning for, hvor dybt et evt. springlag dannes/nedbrydes, og dermed også udvekslingen af næringsstoffer mellem bundvand/sediment og de mere overfladenære vandmasser. Vinden spiller også en rolle ved gasudvekslingen mellem vandet og atmosfæren. Vindforholdene er således vigtige at have for øje ved en vurdering af skift i næringsstofindhold og plantoplanktonsammensætning i søen.

Da den energi, vinden "afleverer" over en åben vandoverflade til opblanding af vandmasserne, er proportional med vindhastigheden opløftet i tredje potens, er det sådanne størrelser, der vises og omtales.

I 1992 var ingen måneder specielt vindrige. Tværtimod var en del af årets måneder vindfattige, især september, oktober og december.

Vindforholdene i de tre foregående år er karakteriseret i det følgende. I 1989 var vindenergien i februar stor, mens månederne juni, september og november var forholdsvis vindfattige. I 1990 blæste det ekstremt meget i årets første tre måneder, mens de efterfølgende tre måneder havde mere vindstille vejr end normalt. November måned havde ligeledes mere rolige



Figur 2.3. Nedbør, ferskvandsafstrømning, lufttemperatur, soltimer og vindenergi på månedsbasis 1989-1992. 10-, 50- og 90%-s-fraktilene i de enkelte måneder fremgår ligeledes af figuren.

vindforhold end normalt. I 1991 lå den beregnede vindenergi stort set i alle årets måneder under eller meget tæt på normalen.





### 3. Søens eksterne belastningsforhold.

I det efterfølgende beskrives for perioden 1989-1992 den eksterne (udefra kommende) belastning af Arreskov Sø med plantenæringsstofferne kvælstof og fosfor. Den eksterne belastning af kvælstof og fosfor omfatter afstrømningen af førnævnte stoffer via vandløb og grundvand, den atmosfæriske deposition på søen, samt øvrige belastningskilder til søen, herunder belastningen fra rastende fugle.

Der er desuden gennemført en vurdering af belastningen fra de enkelte hovedvandløb, der afstrømmer til søen. Ved gennemgang af belastningsforholdene beskrives såvel år-til-år-variationer som variationer indenfor året, ligesom eventuelle særlige begivenheder omtales.

Endelig forsøges det at eftervise eventuelle kulturbetingede udviklingstendenser i belastningen ligesom mulighederne for begrænsning af næringsstofftilledninger til Arreskov Sø vurderes.

#### 3.1 Total ekstern belastning med kvælstof og fosfor.

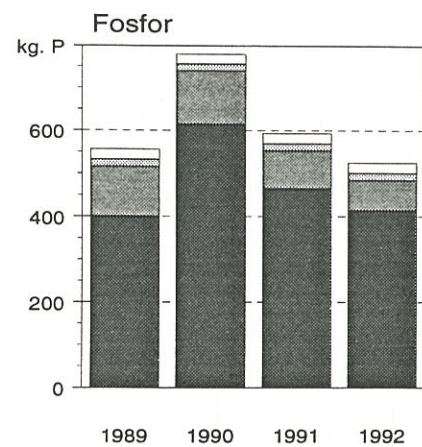
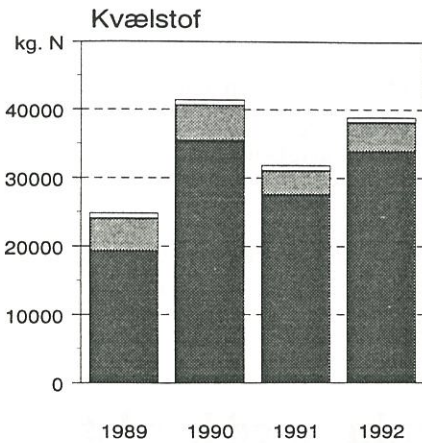
Den samlede eksterne belastning af Arreskov Sø i perioden 1989-1992, dels på årsbasis, dels i sommerperioderne (1.5-30.9), fremgår af tabel 3.1.1 og 3.1.2. Den totale eksterne belastning er desuden illustreret på figur 3.1.1.

Tabel 3.1.1  
Den årlige totale eksterne belastning af Arreskov Sø 1989-1992.

|                        | 1989   |       | 1990   |       | 1991   |       | 1992   |       |
|------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                        | kg     | kg/ha | kg     | kg/ha | kg     | kg/ha | kg     | kg/ha |
| <b>Kvælstof:</b>       |        |       |        |       |        |       |        |       |
| Afstrømning            | 19.200 | 7,74  | 35.400 | 14,3  | 27.600 | 11,1  | 33.800 | 13,6  |
| Atmosfærisk deposition | 4.800  | 15,1  | 5.260  | 16,6  | 3.510  | 11,1  | 4.260  | 13,4  |
| Fugle                  | 42     | -     | 42     | -     | 42     | -     | 42     | -     |
| Grundvand              | 750    | -     | 750    | -     | 750    | -     | 750    | -     |
| I alt                  | 24.800 |       | 41.400 |       | 31.900 |       | 38.900 |       |
| <b>Fosfor:</b>         |        |       |        |       |        |       |        |       |
| Afstrømning            | 398    | 0,16  | 614    | 0,25  | 466    | 0,19  | 414    | 0,17  |
| Atmosfærisk deposition | 115    | 0,36  | 127    | 0,40  | 89     | 0,28  | 70     | 0,22  |
| Fugle                  | 18     | -     | 18     | -     | 18     | -     | 18     | -     |
| Grundvand              | 20     | -     | 20     | -     | 20     | -     | 20     | -     |
| I alt                  | 551    |       | 778    |       | 592    |       | 521    |       |

Tabel 3.1.2

Den totale eksterne belastning af Arreskov Sø i sommerperioden (1.5.-30.9.) 1989-1992.



Figur 3.1.1

Den årlige totale eksterne belastning af Arreskov Sø 1989-1992.



|                        | 1989  |       | 1990  |       | 1991  |       | 1992  |       |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                        | kg    | kg/ha | kg    | kg/ha | kg    | kg/ha | kg    | kg/ha |
| <b>Kvælstof:</b>       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Afstrømning            | 2.110 | 0,85  | 4.550 | 1,83  | 3.730 | 1,51  | 2.660 | 1,07  |
| Atmosfærisk deposition | 1.750 | 5,51  | 2.470 | 7,81  | 1.350 | 4,24  | 1.410 | 4,47  |
| Fugle                  | 39    | -     | 39    | -     | 39    | -     | 39    | -     |
| Grundvand              | 312   | -     | 312   | -     | 312   | -     | 312   | -     |
| I alt                  | 4.210 |       | 7.370 |       | 5.430 |       | 4.430 |       |
| <b>Fosfor:</b>         |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Afstrømning            | 98    | 0,04  | 185   | 0,07  | 135   | 0,05  | 77    | 0,03  |
| Atmosfærisk deposition | 68    | 0,21  | 88    | 0,28  | 56    | 0,18  | 30    | 0,09  |
| Fugle                  | 16    | -     | 16    | -     | 16    | -     | 16    | -     |
| Grundvand              | 8     | -     | 8     | -     | 8     | -     | 8     | -     |
| I alt                  | 191   |       | 298   |       | 215   |       | 132   |       |

Den totale eksterne kvælstofbelastning af Arreskov Sø i perioden 1989-1992 udviste store variationer fra år til år. Kvælstofafstrømningen fra oplandet udgjorde i samtlige år hovedparten af den samlede belastning af søen. Den atmosfæriske deposition udgør dog en ikke uvæsentlig andel, mens de øvrige kilder til kvælstofbelastning af søen udgjorde en mindre andel. År-til-år-variationerne af den totale kvælstofbelastning skyldes primært udsving i afstrømningerne til søen. Årsagerne hertil er nærmere belyst under afsnit 3.2.

Den totale eksterne fosforbelastning af søen udviste ligeledes store år-til-år-variationer. Som tilfældet er for kvælstofbelastningen, er det også fosforafstrømningen fra oplandet, der er hovedkilden til fosforbelastningen af søen. Den atmosfæriske deposition udgør dog også en betydelig andel af den totale eksterne fosforbelastning af søen. År-til-år-variationerne er primært forårsaget af udsving i fosforafstrømningen, og de nærmere årsager hertil er beskrevet under afsnit 3.2.

Belastningen i sommerperioden viste, som på årsbasis, betydelige variationer de enkelte perioder imellem. Også i sommerperioden bidrog afstrømningen fra søoplandet med hovedparten af den eksterne kvælstof- og fosforbelastningen af søen (tabel 3.1.2), selvom den atmosfæriske deposition udgjorde en betragtelig andel. Det skal dog bemærkes, at den atmosfæriske deposition på søen i sommermåneder med ringe ferskvandsafstrømning kan udgøre en væsentlig del af den samlede næringsstofbelastning.

## 3.2 Afstrømning af kvælstof og fosfor.

De variationer, som ses i kvælstof- og fosforafstrømningen, følger i høj grad variationerne i ferskvandsafstrømningen, og er ligesom denne, betinget af

variationer i nedbøren, især i vinterhalvåret (se afsnit 2 samt afsnit 3.6, figur 3.6.1).

Store mængder nedbør kan således, specielt i vinterhalvåret, udløse en frigivelse af næringsstoffer fra en række "næringsstofdepoter", især depoter tilknyttet dyrkede arealer. Følgende begivenheder i søens opland har betydning for afstrømningen af næringsstoffer:

- Udvaskning fra dyrkede arealer til dræn og grundvand. Dette gælder især kvælstof, men også fosfor kan under ekstremt store nedbørshændelser udvaskes i større mængder via landbrugsdræn.
- Overfladisk afstrømning til vandløbene af jordpartikler fra især pløjemarken tæt ved vandløbene. Under kraftig nedbør kan der ske erosion fra arealer med overfladisk afstrømning, hvorved især fosforholdige jordpartikler tilføres vandløbene. Faktorer, der har indflydelse på en eventuel overfladisk afstrømning samt størrelsen heraf, er bl.a. graden af plantedækkede arealer, den maskinelle bearbejdnings-/såretning på landbrugsarealer, terrænets hældningsforhold mod vandløbet, og endelig bredden af plantedækkede bræmmer langs vandløbet til tilbageholdelse af denne afstrømning.
- Ophvirvling af aflejret materiale fra vandløbsbunden i forbindelse med større ferskvandsafstrømninger. I forbindelse med store afstrømninger kan fosforholdigt aflejret slam/finkornet materiale således ophvirvles og udskylles. Materialet kan typisk stamme fra dyrkede arealer eller fra spildevandsudledninger fra f.eks. spredt bebyggelse.
- Overløb til vandløb/sø af fortyndet spildevand fra fælleskloaksystemer under kraftig nedbør. Disse overløb kan forekomme hele året, men typisk mest om sommeren, fordi man her har de mest intensive nedbørsbegivenheder.

I tabel 3.2.1 er vist afstrømningen på årsbasis 1989-1992 af henholdsvis ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø. I tabel 3.2.2 er vist tilsvarende for sommerperioden (1.5.-30.9.).

Tabel 3.2.1  
Årlig afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø 1989-1992.

|      | Ferskvand                        |                     | Kvælstof |       | Fosfor |       |
|------|----------------------------------|---------------------|----------|-------|--------|-------|
|      | m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> | l/s km <sup>2</sup> | kg       | kg/ha | kg     | kg/ha |
| 1989 | 2.660                            | 3,40                | 19.200   | 7,74  | 398    | 0,16  |
| 1990 | 4.140                            | 5,29                | 35.400   | 14,3  | 614    | 0,25  |
| 1991 | 3.750                            | 4,79                | 27.600   | 11,1  | 466    | 0,19  |
| 1992 | 3.680                            | 4,70                | 33.800   | 13,6  | 414    | 0,17  |

Tabel 3.2.2  
Afstrømning af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø i sommerperioden (1.5.-30.9.) 1989-1992.

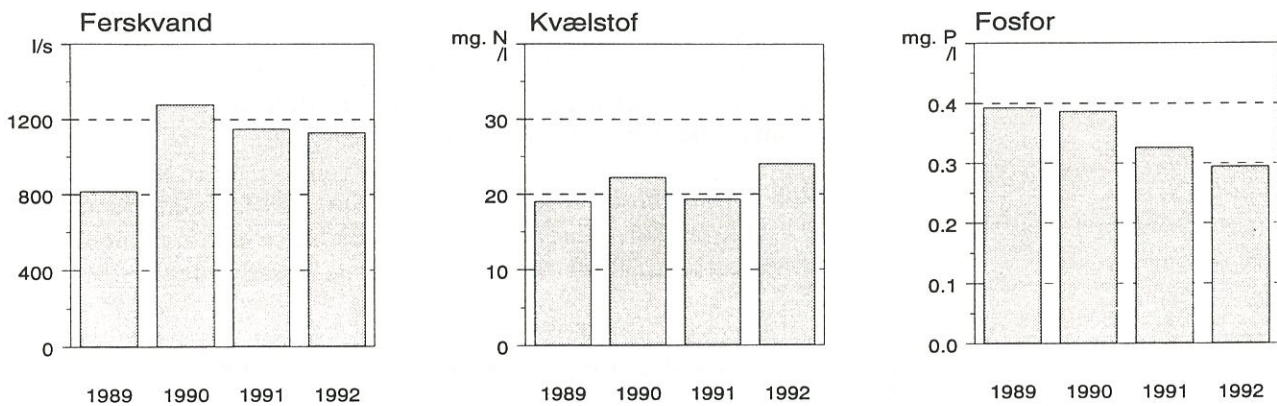
|      | Ferskvand                        |                     | Kvælstof |       | Fosfor |       |
|------|----------------------------------|---------------------|----------|-------|--------|-------|
|      | m <sup>3</sup> x 10 <sup>3</sup> | l/s km <sup>2</sup> | kg       | kg/ha | kg     | kg/ha |
| 1989 | 519                              | 1,58                | 2.110    | 0,85  | 98     | 0,04  |
| 1990 | 855                              | 2,61                | 4.550    | 1,83  | 185    | 0,07  |
| 1991 | 808                              | 2,46                | 3.730    | 1,50  | 135    | 0,05  |
| 1992 | 557                              | 1,70                | 2.660    | 1,07  | 77     | 0,03  |

### Kvælstofafstrømning.

Størrelsen af kvælstofafstrømningen, set over flere år, afhænger først og fremmest af intensiteten af landbrugsdriften.

For Arreskov Sø skal årsagerne til de store år-til-år-variationer i kvælstofafstrømningen især findes i forskellene i nedbør og ferskvandsafstrømning i de pågældende år. Generelt har det betydning dels hvor megen nedbør, der falder, dels hvornår på året nedbørhændelserne sker. Store nedbørsmængder i vinterhalvåret udløser en tilsvarende stor ferskvandsafstrømning og dermed en stor kvælstofudvaskning. Store nedbørsmængder i sommerhalvåret resulterer derimod ikke på tilsvarende vis i større afstrømninger af hverken ferskvand eller kvælstof (sammenhold eventuelt figur 2.3 og figur 3.6.1).

Ovenstående forhold kan delvis forklare, hvorfor arealafstrømningen (dvs. afstrømningen pr. arealenhed) af kvælstof på årsbasis var relativ høj i 1992 i forhold til de tre foregående år, idet hovedparten af nedbøren i 1992 faldt i sidste halvdel af året. Desuden var forsommeren 1992 tør, hvilket gav dårlige vækstbetingelser for planter (og dermed også en lav næringsstofoptagelse). Sidst på året - i november og december - blev der derfor udvasket forholdsvis store mængder kvælstof.



Figur 3.2.1  
Vandføringsvægtede årsmiddelværdier af ferskvand, kvælstof og fosfor til Arreskov Sø 1989-1992. Værdierne er beregnet ud fra transporter via vandløbene til søen.

Ved sammenligning af arealafstrømningen af ferskvand og kvælstof fra forskellige oplande i 1992 (tabel 3.2.3) ses, at arealafstrømningen af ferskvand til Arreskov Sø var noget mindre end afstrømningen heraf på Fynsplan, og at kvælstofafstrømningen fra oplandet til Arreskov Sø ligeledes var noget mindre end gældende for det åbne land på Fyn som helhed. Sammenlignet med naturområder lå kvælstofafstrømningen til Arreskov Sø langt højere.

Årsagen til, at kvælstofafstrømningen til Arreskov Sø var mindre end gældende for det åbne land på Fyn, er, at der er en forholdsvis stor andel af skov og en tilsvarende mindre andel af landbrugsarealer i afstrømningsoplandet til søen.

Tabel 3.2.3  
Sammenligning af arealafstrømningen fra forskellige oplande i 1992.

|                                           | Ferskvand<br>l/s km <sup>2</sup> | Kvælstof<br>kg/ha | Fosfor<br>kg/ha |
|-------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|
| Arreskov Sø                               | 4,7                              | 14                | 0,17            |
| Langesø                                   | 7,0                              | 29                | 0,32            |
| Søholm Sø                                 | 7,0                              | 16                | 0,14            |
| Fyn, total                                | 7,1                              | 24                | 0,55            |
| Fyn, diffus                               | -                                | 22                | 0,27            |
| Naturvandløb<br>(med. af 8 danske)        | -                                | 1,3               | 0,047           |
| Holstenshuus, fynsk<br>skov-/naturvandløb | 1,4                              | 1,0               | 0,021           |

#### Fosforafstrømning.

De variationer, som ses i fosforafstrømningen til Arreskov Sø fra år til år, formodes fortrinsvis at skyldes en kombination af usikkerhed på bestemmelsen af fosforafstrømningen og forskelle fra år til år i nedbør og ferskvandsafstrømning.

Det foreliggende datamateriale er endnu for usikkert (tidsseriens længde for kort) til at udtale sig om eventuelt kulturbetingede udviklingstendenser. Der synes dog at være visse indikationer på, at den kulturbetingede fosforafstrømning har været faldende fra 1989 til 1992, omend årsagssammenhængen er uklart. Årsager til fald i fosforkoncentrationen/-afstrømningen fra 1989 til 1992 kan dog være:

- Øget forbrug af fosfatfrit vaskepulver (dette er dog ikke undersøgt).
- Større andel af grønne marker. For Fyn som helhed er andelen af grønne marker steget i perioden 1989-1992 (1989/90: 62%, 1990/91: 81%, 1991/92: 82%).

Der er ikke noget, der tyder på, at forholdene kan forklares med væsentlige ændringer i husdyrholdet på landbrugsejendommene eller ændringer i spildevandsafledningen fra den spredte bebyggelse i oplandet. Da der ikke foreligger detaljerede oplysninger om udviklingen i arealanvendelsen i oplandet, er det heller ikke umiddelbart muligt at eftervise, hvorvidt der er tale om kulturbetingede faktorer af denne art.

Det er dog sandsynligt, at andelen af landbrugsarealer med vinterafgrøde i søens opland er forøget, som det er tilfældet for Fyn som helhed. Herved er en større del af søoplandet plantedeækket i hovedparten af året, hvorved overfladisk afstrømning af fosforholdige jordpartikler fra vandløbsnære arealer formindskes.

Endelig skal det bemærkes, at der er en del usikkerhed tilknyttet bestemmelsen af fosforafstrømningen, hvilket er vigtigt at have for øje ved vurderingen af udviklingstendenser. Usikkerheden skyldes, at prøvetagnings-

hyppigheden er relativt beskedent (26/12 stikprøver pr. år) set i forhold til små vandløb som de foreliggende. Kvælstofafstrømningen er til sammenligning langt mere sikkert bestemt med dette prøvetagningsgrundlag.

Arealafstrømningen af fosfor til Arreskov Sø i 1992 var noget mindre end afstrømningen fra det åbne land på Fyn, men langt højere end afstrømningen fra naturområder.

Årsagen til, at fosforafstrømningen til søen er mindre end for Fyn som helhed, er formentlig, at en forholdsvis større andel af søoplandet er skovdækket. Befolkningstætheden i oplandet til Arreskov Sø svarer således omtrent til tætheden i landområderne på Fyn som helhed.

#### Kilder til næringsstofafstrømningen.

Belastningskilderne til kvælstof- og fosforafstrømningen kan generelt opdeles i følgende kategorier:

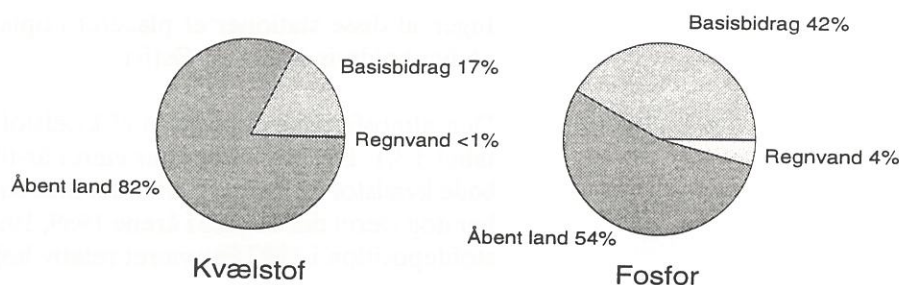
- Basisbidrag (naturlig afstrømning)
- Punktkilder (renseanlæg)
- Regnvandsbetingede udløb
- Diffus afstrømning ((landbrugsdrift + enkeltliggende ejendomme + spredt bebyggelse > 30 PE)-basisbidrag)

En opdeling af afstrømningen af kvælstof og fosfor fordelt på ovenstående kategorier fremgår af tabel 3.2.4 og figur 3.2.2.

Tabel 3.2.4  
Kildeopsplitning af afstrømningen af kvælstof og fosfor til Arreskov Sø 1989-1992.

|                     | 1989   |       | 1990   |       | 1991   |       | 1992   |       |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                     | kg     | kg/ha | kg     | kg/ha | kg     | kg/ha | kg     | kg/ha |
| <b>Kvælstof:</b>    |        |       |        |       |        |       |        |       |
| Basisbidrag*)       | 4.800  | 1,94  | 6.630  | 2,67  | 5.620  | 2,27  | 5.890  | 2,38  |
| Punktkilder         | 0      | -     | 0      | -     | 0      | -     | 0      | -     |
| Regnvandsbet. udløb | 77     | 0,03  | 116    | 0,05  | 113    | 0,05  | 112    | 0,05  |
| Diffus afstrømning  | 14.300 | 5,78  | 28.800 | 11,6  | 21.800 | 8,81  | 27.800 | 11,2  |
| I alt               | 19.200 | 7,74  | 35.400 | 14,3  | 27.600 | 11,1  | 33.800 | 13,6  |
| <b>Fosfor:</b>      |        |       |        |       |        |       |        |       |
| Basisbidrag*)       | 147    | 0,06  | 228    | 0,09  | 195    | 0,08  | 173    | 0,07  |
| Punktkilder         | 0      | -     | 0      | -     | 0      | -     | 0      | -     |
| Regnvandsbet. udløb | 13     | 0,01  | 20     | 0,01  | 18     | 0,01  | 18     | 0,01  |
| Diffus afstrømning  | 238    | 0,10  | 366    | 0,15  | 253    | 0,10  | 223    | 0,09  |
| I alt               | 398    | 0,16  | 614    | 0,25  | 466    | 0,19  | 414    | 0,17  |

\*) Basisbidraget er beregnet ud fra medianværdien for den vandføringsvægtede koncentration af henholdsvis N og P i 7 referenceoplunde i de aktuelle år, jf. bilag 1. I 1992 er dog anvendt 8 referenceoplunde.



Figur 3.2.2  
Kilder til kvælstof-og fosforafstrømningen til Arreskov Sø 1992.

Hovedparten af kvælstofafstrømningen (75-82%) og fosforafstrømningen (54-60%) til Arreskov Sø er en kulturbetinget næringsstofafstrømning fra det åbne land.

Stort set hele den diffuse kvælstofafstrømning stammer fra afstrømning fra landbrugsarealer. Den kvælstofmængde, der kommer fra spildevand fra spredt bebyggelse er lille sammenlignet med den samlede transport i vandløbene.

Den diffuse fosforafstrømning stammer dels fra landbrugsarealer, dels fra spildevand fra enkeltliggende ejendomme.

Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at fastlægge, hvordan næringsstofafstrømningen af fosfor fra det åbne land fordeler sig på afstrømning fra landbrugsarealer og spredt bebyggelse. Årsagen hertil er, at det er et vanskeligt og uopklaret spørgsmål, hvor meget af det spildevand, der udledes fra enkeltliggende ejendomme, der rent faktisk når frem til vandløbene og søen.

Der beregnet et potentielt spildevandsbidrag fra spredt bebyggelse (tabel 3.2.5) svarende til, hvad der maksimalt skønnes produceret af spildevand fra de optalte ejendomme i oplandet til søen. Det fremgår, at dette bidrag, hvad angår fosfor, er større end hvad der totalt afstrømmer af fosfor til søen, jf. tabel 3.2.4.

Tabel 3.2.5  
Skønnet potentiel spildevandsproduktion fra spredt bebyggelse Arreskov Sø's opland.

|              |                |
|--------------|----------------|
| Antal PE:    | 492            |
| Antal PE/ha. | 0,20           |
| Kvælstof *): | 1.970 kg. N/år |
| Fosfor **):  | 645 kg. P/år   |

\*) Beregnet som 4,00 kg. N/PE år.

\*\*\*) Beregnet som 1,31 kg. P/PE år.

Det regnvandsbetingede udløb udgør hverken med hensyn til kvælstof eller fosfor nogen nævneværdig andel af den samlede belastning. Basisbidraget udgjorde i 1991 og 1992 en større andel af den samlede fosforbelastning af Arreskov Sø end i de to foregående år.

### 3.3 Atmosfærisk deposition.

Den atmosfæriske deposition på søen er skønnet på baggrund af depositions målinger fra målestationerne Årslev, Boelsmose og Grøftehøj.

Ingen af disse stationer er placeret i oplandet til Arreskov Sø, men ligger på henholdsvis Midt- og Østfyn.

Den atmosfæriske deposition af kvælstof og fosfor i de fire år fremgår af tabel 3.3.1. Det ses, at der har været år-til-år-variationer i depositionen af både kvælstof og fosfor. Forholdet mellem kvælstof- og fosfordepositionen har dog været det samme i årene 1989, 1990 og 1991, mens den målte kvælstofdeposition i 1992 har været relativ høj i forhold til fosfordepositionen.

Tabel 3.3.1  
Atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor på Arreskov Sø 1989-1992.

|      | Kvælstof<br>kg/ha | Fosfor<br>kg/ha |
|------|-------------------|-----------------|
| 1989 | 15,1              | 0,36            |
| 1990 | 16,6              | 0,40            |
| 1991 | 11,1              | 0,28            |
| 1992 | 13,4              | 0,22            |

### 3.4 Grundvand.

Grundvandstilførsel direkte til en sø kan udgøre en betragtelig del af den samlede ferskvandstilførsel. Stofftilførsel via grundvand kan derfor også have væsentlig betydning i forbindelse med opgørelser af stofbelastninger af søer.

Arreskov Sø har en ret betydelig tilførsel af grundvand direkte til søen. Grundvandstilførslen vurderes, ud fra vandbalancer opstillet for søen, at have udgjort 16-30% af den totale tilstrømning i de fire år. Opgørelsesmetoden er beskrevet i bilag 1.

### 3.5 Øvrige belastningskilder.

Arreskov Sø er en vigtig rasteplass for grågæs i månederne august-september. Gæssene søger i perioden føde på tilgrænsende arealer, men tilbringer nattetimerne på søen. Herved sker der med gæssenes affaldsprodukter en tilførsel af næringsstoffer fra søomgivelserne til selve søen.

Belastningens størrelse er skønnet ud fra en vurdering af antallet af grågåsedage ved søen og den daglige tilførsel af kvælstof og fosfor pr. grågå (oplysninger fra Jesper Madsen, Miljøministeriets Vildtforvaltning).

### 3.6 Vurdering af belastningen fra de enkelte hovedtilløb til søen.

Belastningen fra de enkelte hovedtilløb til Arreskov Sø er illustreret for perioden 1989-1992 på figur 3.6.1. Der er dels vist målte koncentrationer af kvælstof og fosfor, dels afstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor på månedsbasis. Desuden er vist de anslåede værdier for afstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor fra den umålte del af oplandet til søen. Den geografiske placering af de enkelte tilløb samt afgrænsning af afstrøm-



ningsoplandet fremgår af figur 1.1.1.

### Kvælstof- og fosforkoncentrationer.

Koncentrationerne af total-kvælstof og total-fosfor i hovedtilløbene til Arreskov Sø er i figur 3.6.1 sammenholdt med, hvad der er målt i andre fynske vandløb i samme periode. Dette er illustreret grafisk på figuren ved et "fraktilbånd", som dækker den såkaldte 25-75%'s fraktil for de målte koncentrationer (50% af de målte koncentrationer ligger her indenfor). Fraktilbåndet er beregnet på baggrund af vandkvalitetsmålinger på 33 fynske vandløbsmålestationer.

Kvælstofkoncentration i fire ud af de seks søtilløb, der måles på, er relativt lille sammenlignet med andre fynske vandløb. Dette skyldes, at disse vandløb afvander områder med forholdsvis meget skov og kun lidt landbrug. Kvælstofniveauet i de fire tilløb er dog noget højere end niveauet i et naturvandløb.

I to tilløb til søen, Gedderenden og Planteheld, er kvælstofkoncentrationen relativt høj sammenlignet med, hvad der generelt måles i fynske vandløb. Dette skyldes, at en meget stor andel af oplandet består af landbrugsarealer. Men hvorfor der i det ene tilløb, Gedderenden, forekommer de højeste kvælstofkoncentrationer, der overhovedet er målt på Fyn, kan ikke med sikkerhed forklares. En mulig forklaring kunne være et stort husdyrhold i oplandet, men dette er ikke tilfældet. Om der tidligere har været et stort husdyrhold med deraf følgende mulighed for opbygning af et stort kvælstofpotentiale i landbrugsjorden, som følge af en ringe udnyttelse af husdyrgødningen, er dog ikke undersøgt.

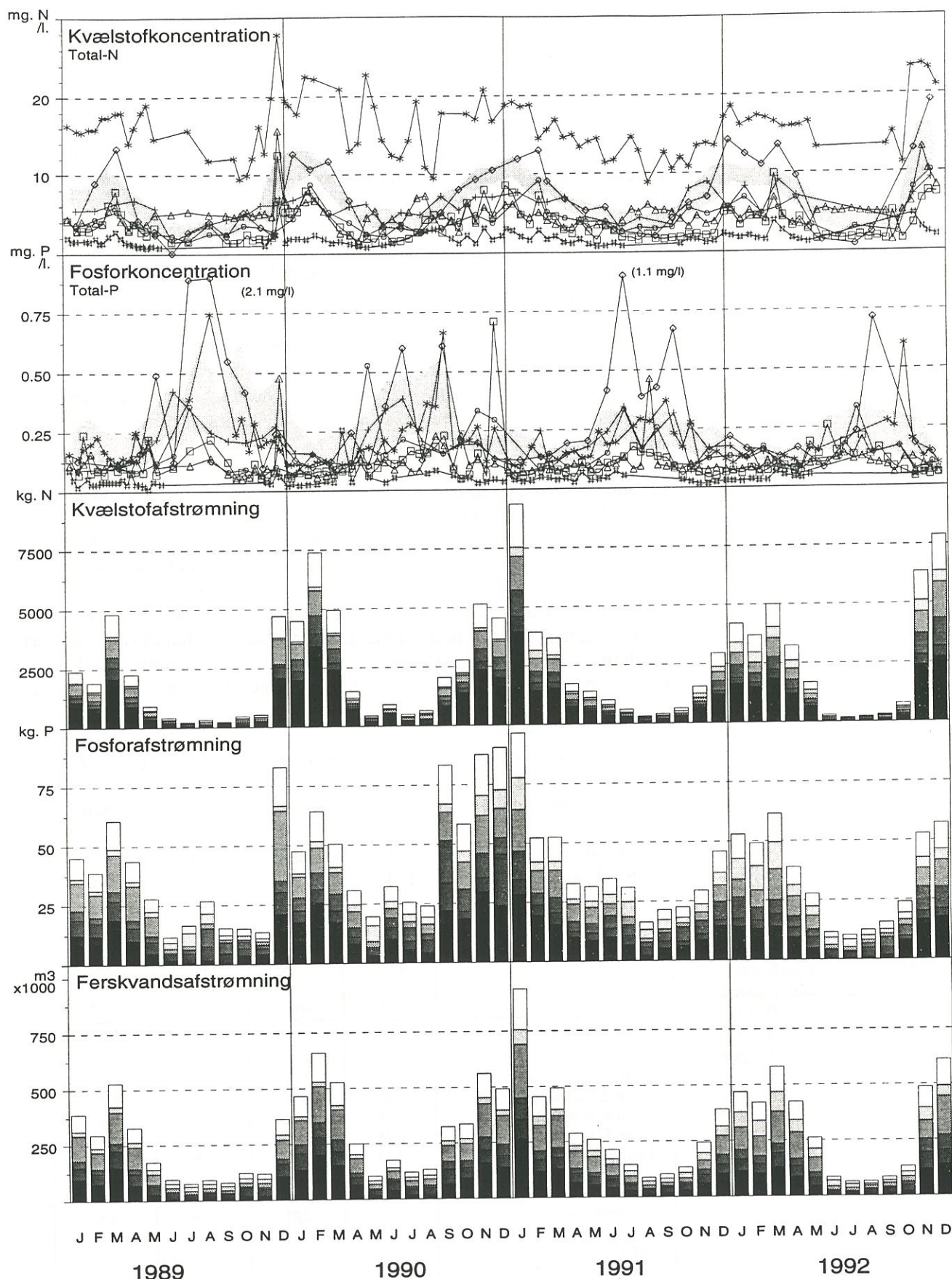
Også i afløbet fra Planteheld er kvælstofkoncentrationen større end forventeligt. Oplandet består af en forholdsvis lille andel af dyrkede arealer ligesom husdyrtætheden ligger under niveauet for Fyn som helhed.

Det skal bemærkes, at selvom afløbet fra Søbo set på årsbasis ikke har høje kvælstofkoncentrationer i forhold til andre fynske vandløb, er koncentrationen i sommerhalvåret dog højere end i de fleste andre fynske vandløb.

Tabel 3.6.1

Vandføringsvægtede årsmiddelkoncentrationer af kvælstof og fosfor i hovedtilløbene til Arreskov Sø 1989-1992 samt naturvandløbet Holstenshuus 1990-1992. Årsmiddelkoncentrationerne er beregnet ud fra enkeltmålinger.

|                            | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 |
|----------------------------|------|------|------|------|
|                            | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| <b>Kvælstof:</b>           |      |      |      |      |
| Tilløb 1, Gedderenden      | 18,9 | 18,1 | 15,9 | 18,7 |
| Tilløb 2, Bollelung        | 5,85 | 6,24 | 6,37 | 6,83 |
| Tilløb 4, Rislebæk         | 5,26 | 4,62 | 4,22 | 4,84 |
| Tilløb 5, Søbo Afløb       | 6,25 | 5,00 | 4,69 | 6,42 |
| Tilløb 6, Korinth Regnvand | 3,15 | 4,31 | 4,96 | 6,02 |
| Tilløb 7, Planteheld       | 7,60 | 9,08 | 9,52 | 13,7 |
| Holstenshuus               | -    | 2,01 | 2,04 | 2,45 |
| <b>Fosfor:</b>             |      |      |      |      |
| Tilløb 1, Gedderenden      | 0,18 | 0,17 | 0,14 | 0,13 |
| Tilløb 2, Bollelung        | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,13 |
| Tilløb 4, Rislebæk         | 0,14 | 0,13 | 0,09 | 0,09 |
| Tilløb 5, Søbo Afløb       | 0,18 | 0,11 | 0,09 | 0,08 |
| Tilløb 6, Korinth Regnvand | 0,14 | 0,22 | 0,13 | 0,12 |
| Tilløb 7, Planteheld       | 0,30 | 0,19 | 0,23 | 0,18 |
| Holstenshuus               | -    | 0,05 | 0,05 | 0,05 |



Figur 3.6.1 Belastningen fra de enkelte deloplønde til Arreskov Sø 1989-1992. Øverst er vist de målte koncentrationer af kvælstof og fosfor sammenholdt med værdier for andre fynske vandløb. Nederst er vist afstrømningen af kvælstof, fosfor og ferskvand på månedsbasis.

- \*—\* Tilløb 1, Gedderenden
- +—+ Tilløb 2, Bollelung
- Tilløb 4, Rislebæk
- △—△ Tilløb 5, Søbo Afløb
- Tilløb 6, Korinth Regnvand
- ◇—◇ Tilløb 7, Planteheld
- ⊞—⊞ Naturvandløb, Holstenshuus  
(afstrømmer ikke til søen)
- ▨ Variationsinterval (25%-75%-fraktiler)  
for fynske vandløb
- Tilløb 1, Gedderenden
- Tilløb 2, Bollelung
- Tilløb 4, Rislebæk
- Tilløb 5, Søbo Afløb
- Tilløb 6, Korinth Regnvand
- Tilløb 7, Planteheld
- Umålt opland

Fosforkoncentrationsniveauet i de seks af søtilløb, i hvilke der måles stofafstrømning, er noget højere end niveauet i et naturvandløb. To af tilløbene (Rislebækken og Søbo Afløbet) har generelt ret lave fosforniveauer sammenlignet med andre fynske vandløb. I ét søtilløb (afløbet fra Planteheld) ses relativt høje fosforkoncentrationer. Man må dog konstantere, at alle tilløb har et forhøjet kulturbetinget indhold af fosfor, men det er ikke muligt at klarlægge årsagssammenhænge.

I nogle af tilløbene til Arreskov Sø, Gedderenden, Rislebækken og Søbo Afløbet, er konstanteret faldende fosforkoncentrationer i perioden 1989-1992. Se afsnit 3.2 om mulige årsager hertil.

### Afstrømning af kvælstof, fosfor og ferskvand.

Set på årsbasis er de mest betydende tilløb til Arreskov Sø, hvad angår ferskvandstilførsel, Gedderenden, Søbo Afløbet og Rislebækken. De bidrog i 1989-1992 tilsammen med 57-58% af søens samlede ferskvandstilførsel fra oplandet. Afløbet fra Søbo bidrog alene med en fjerdedel af den samlede ferskvandstilførsel, mens Gedderenden og Rislebækken bidrog med henholdsvis 14-17% og 14-19%.

Hvad angår kvælstoftilførsel er Gedderenden langt det betydeligste af de seks tilløb, der måles på. Tilførslen via Gedderenden lå i perioden 1989-1992 på 32-39% af den samlede kvælstofafstrømning til Arreskov Sø. Rislebækken og Søbo Afløbet bidrog med henholdsvis 7-11% og 15-19% af den totale kvælstofafstrømning.

Det skal nævnes, at de tre tilløb, Gedderenden, Rislebæk og Søbo Afløb, udgør henholdsvis 7%, 14% og 28% og dermed tilsammen 48% af søens samlede opland.

Andelen af kvælstofafstrømningen via Rislebækken til søen var for nedadgående i perioden 1989-1992, mens afløbene fra Korinth Regnvand og Planteheld bidrog med en stadig stigende andel. Årsagen hertil er ukendt.

Det umålte opland skønnes at bidrage med 18-20% af den samlede kvælstofafstrømning til søen.

Ser man på den årlige fosforafstrømning til Arreskov Sø, var Søbo Afløbet i 1989 det betydeligste tilløb (25%), mens det i 1990-1992 var Gedderenden (17-19%). Afløbet fra Korinth Regnvand har i perioden 1989-1992 bidraget med en stadig stigende andel. Det umålte opland skønnes at bidrage med 20% af den samlede fosforafstrømning til søen.

## 3.7 Udviklingstendenser i søens eksterne belastningsforhold 1989-1992.

Der er ikke registreret tegn på, at den kulturbetingede kvælstofbelastning af Arreskov Sø er for nedadgående. Kvælstofkoncentrationsniveauerne i de enkelte tilløb til søen var i året 1992 generelt højere end de tre fore-

gående år (figur 3.6.1 og tabel 3.6.1). Kvælstofafstrømningen fra det åbne land (primært landbruget), som er hovedkilden til belastningen, har endvidere ligget på nogenlunde samme andel af den samlede kvælstofbelastning af søen i de sidste tre år. Der er endnu ingen tegn på, at kvælstofafstrømningen fra landbruget er reduceret efter 6 år med vandmiljøplanen, heller ikke i andre fynske vandløbssystemer (Fyns Amt, 1993a).

Der er på nuværende tidspunkt ikke grundlag for at udtale sig om et eventuelt fald i den kulturbetingede fosforbelastning af søen, selvom fosforbelastningen i 1992 var den laveste, der er registreret siden 1989. Grundet usikkerheder med hensyn til bestemmelsen af fosforafstrømningen til søen, fordres flere års målinger for at kunne påvise et eventuelt signifikant fald i fosforbelastningen af søen.

### **3.8 Vurdering af muligheder for begrænsning af næringsstofftilledninger til søen.**

En fremtidig forbedret tilstand af Arreskov Sø, hvor det er sikret, at søen opfylder recipientkvalitetsplanens målsætning for søen, fordrer, at der sker en yderligere reduktion i næringsstofftilførslerne til søen. Der kan især peges på følgende muligheder for en reduktion af belastningen:

- Bedre rensning af spildevandet, der udledes fra spredt bebyggelse i oplandet
- Marginalisering/ekstensivering af vandløbsnære arealer med henblik på:
  - 1) Tilbageholdelse af fosfor, der ved jorderosion m.v. afstrømmer overfladisk fra dyrkede arealer.
  - 2) Tilbageholdelse/omsætning af kvælstof, der afstrømmer fra landbrugsarealer.

De foranstaltninger, som er iværksat for at sikre, at landbruget lever op til Vandmiljøplanens mål for en reduktion af udledningen af næringsstoffer, forventes ad åre at reducere kvælstofafstrømningen fra landbruget med 20% (Fyns Amt, 1993a). Der forventes ikke umiddelbart nogen reduktion i fosforafstrømningen fra landbrugsarealerne som følge af disse foranstaltninger.

EF's landbrugsreform vil måske give anledning til yderligere reduktioner i kvælstofafstrømningen fra landbruget, omend dette endnu er meget uvist.

Vandmiljøplanen stiller ingen krav til udledninger fra spredt bebyggelse.

## 4. Vandbalance

Dette afsnit beskriver vandbalancen for Arreskov Sø i 1992, idet der drages sammenligninger med perioden 1989-91. Balancen mellem vand, som er ført henholdsvis til og fra Arreskov Sø i årene 1989-92 fremgår af tabel 4.1. De beregnede opholdstider for vandet i søen ses i tabel 4.2. For nærmere beskrivelse af forudsætninger og beregningsmetoder henvises til Fyns Amt (1992).

Vandbalanceligningen udtrykker, at der skal være balance mellem den vandmængde, der strømmer til søen og den mængde, der strømmer fra søen:

$$Q_{\text{overfl.}} + \text{Nedbør} + \text{Grundvand} = Q_{\text{afløb}} + \text{Fordampning} + \text{Magasinændring}$$

$Q_{\text{overfl.}}$  betegner den samlede overfladiske tilstrømning fra det topografiske opland, og er beregnet på baggrund af målinger i 6 tilløb. Dette målte opland udgør 80% af det samlede opland på 24,8 km<sup>2</sup>. Afstrømningen fra restoplandet er beregnet på baggrund af det målte opland ved arealkorrektion som beskrevet i bilag 1.  $Q_{\text{afløb}}$  betegner den samlede vandføring i afløbet. Magasinændringen beregnes ud fra ændringer i vandstanden og regnes positiv, når der ophobes vand.

1989 og 1990 var henholdsvis det tørreste og vådeste år i perioden 1989-92. Sommeren 1992 var meget varm og tør (se afsnit 2), mens resten af året havde mere normale nedbørs- og afstrømningsforhold. Dette afspejler sig i søens vandbalance (tabel 4.2).

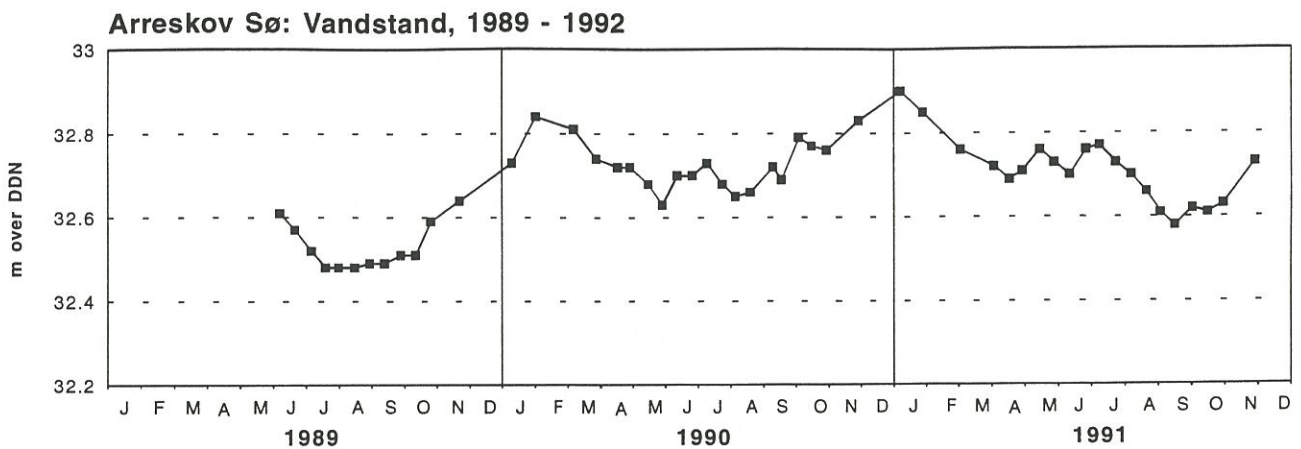
### Vandstand

Vandstanden i søen reguleres ved en opstemning ved Arreskov Vandmølle i søens afløb. Som det fremgår af figur 4.1 er vandstanden meget svingende, og specielt i sommeren 1992 var vandstanden meget lav. Dette skyldtes dels den meget varme og tørre sommer, dels at der blev lukket meget vand ud af søen i maj måned.

I perioden fra begyndelsen af maj til midt i august 1992 faldt vandstanden ialt ca. 45 cm, svarende til et vandvolumen på 1,4 mill.m<sup>3</sup>, eller knap 25% af søens totale volumen. Langt størstedelen af dette vandtab skyldtes dog fordampning. Alene den beregnede nettofordampning (fordampning - nedbør på sø) i juni måned kunne give en vandstandssænkning på ca. 0,5 cm pr dag.

Tabel 4.1  
Års-vandbalance for Arreskov Sø 1989-1991.

|      | $Q_{\text{overfl.}}$<br>1.000 m <sup>3</sup> | $Q_{\text{afløb}}$<br>1.000 m <sup>3</sup> | Nedbør<br>1.000 m <sup>3</sup> | Fordampn.<br>1.000 m <sup>3</sup> | Magasinændring<br>1.000 m <sup>3</sup> | Grundvand<br>1.000 m <sup>3</sup> |
|------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|
| 1989 | 2.665                                        | 3.158                                      | 1.826                          | 2.118                             | -                                      | -                                 |
| 1990 | 4.146                                        | 6.004                                      | 2.801                          | 2.124                             | 352                                    | 1.533                             |
| 1991 | 3.748                                        | 5.147                                      | 2.382                          | 1.999                             | -320                                   | 697                               |
| 1992 | 3.679                                        | 4.789                                      | 2.359                          | 2.191                             | 0                                      | 942                               |



Figur 4.1.  
Vandstand i Arreskov Sø 1989-92 målt i meter over "Dansk Normal Nul".

I august og september 1992 var der stort set ikke afløb fra søen.

Af hensyn til de biologiske forhold i og omkring søen, samt i sø afløbet, vil det være hensigtsmæssigt at holde vandstanden på et højere niveau i foråret/forsommeren. Derved kan det selv i tørre år undgås, at vandstanden bliver meget lav, og at afløbet helt tørlægges i perioder om sommeren. Af hensyn til søen og de omgivende eng/mosearealer må det således tilstræbes, at vandstanden ikke bliver lavere end kote 32,65.

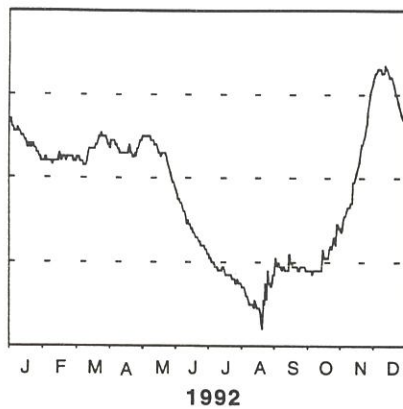
### Grundvand

Grundvandsbidraget er beregnet som restleddet i vandbalanceligningen. Dette bidrag er meget usikkert bestemt, men det er tidligere anslået til ca. 1 mill. m<sup>3</sup> (Fyns Amt, 1992). Målingerne i 1992 bekræfter denne antagelse, og grundvandstilskuddet synes altså at svare til ca. 25% af den overfladiske tilstrømning til søen.

### Vandets opholdstid i søen

I tabel 4.2 er vist den beregnede opholdstid for vandet i Arreskov Sø, dels på basis af den overfladiske tilstrømning, og dels på basis af fraførslen af vand i søens afløb. Forskellen på de to værdier skyldes tilstrømningen af grundvand. For 1989-91 er der mindre afvigelser på tallene i forhold til tidligere angivelser (Fyns Amt, 1991). Dette skyldes, at der tidligere blev regnet med et fast søvolumen, svarende til søens formodede normalvandstand. Da det har vist sig, at vandstanden kan svinge betragteligt fra år til år og igennem året, er de nye opholdstider beregnet ud fra den aktuelt beregnede middelvandstand.

Opholdstiden (beregnet ud fra fraførslen af vand) var størst i 1989, hvor den var på 1,8 år. I både 1991 og 1992 var opholdstiden 1,2 år, skønt tilstrømningen var mindre i 1992 end i 1991. Da søens volumen imidlertid var mindre i 1992 som følge af en lavere vandstand, blev opholdstiden tilsvarende kortere.



I sommerperioden er vandets opholdstid væsentligt forlænget. Specielt var der i 1992 stort set ikke afløb fra søen i august og september måned.

|                                            | 1989 | 1990 | 1991 | 1992     |
|--------------------------------------------|------|------|------|----------|
| <b>Opholdstid (overfladisk tilførsel):</b> |      |      |      |          |
| År (1.1 - 31.12) år                        | 2,1  | 1,5  | 1,6  | 1,5      |
| Sommer (1.5 - 30.9) år                     | 4,4  | 2,9  | 3,0  | 3,9      |
| Vinter (1.12 - 31.3) år                    | 1,2* | 0,97 | 0,82 | 1,0      |
| Maks. måned år                             | 5,7  | 4,7  | 5,5  | 6,5      |
| Min. måned år                              | 0,93 | 0,8  | 0,55 | 0,8      |
| <b>Opholdstid (fraførsel):</b>             |      |      |      |          |
| År (1.1 - 31.12) år                        | 1,8  | 1,0  | 1,2  | 1,2      |
| Sommer (1.5 - 30.9) år                     | 6,9  | 3,5  | 3,4  | 3,8      |
| Vinter (1.12 - 31.3) år                    | 0,8* | 0,63 | 1,5  | 0,6      |
| Maks. måned år                             | 57   | 7,2  | 4,6  | uendelig |
| Min. måned år                              | 0,64 | 0,48 | 0,39 | 0,44     |

\* I 1989 er vinteropholdstiden beregnet for perioden 1.1 - 31.3.

Tabel 4.2.  
Oversigt over opholdstider for vand for Arreskov Sø 1989-91.







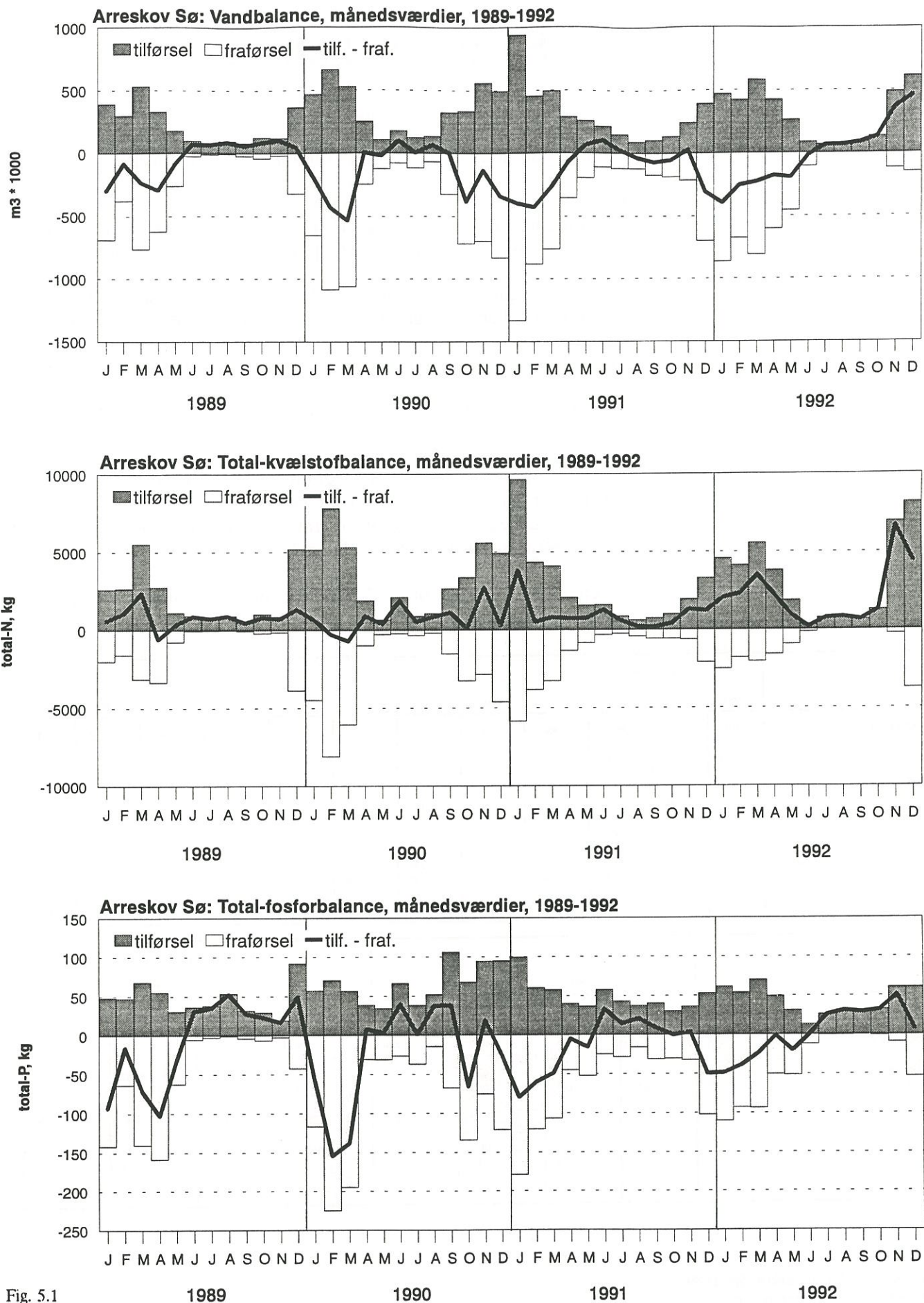


Fig. 5.1 Månedlige transporter af vand, total-kvælstof og total-fosfor til og fra Arreskov Sø i 1989-92. De angivne vandtilførsler er den overfladiske afstrømning fra søens opland. For total-kvælstof og total-fosfor er vist den samlede beregnede tilførsel fra land, grundvand og andre kilder (nedbør og fugle).

|              | Kvælstof |      |      |      | Total fosfor |      |      |      |
|--------------|----------|------|------|------|--------------|------|------|------|
|              | 1989     | 1990 | 1991 | 1992 | 1989         | 1990 | 1991 | 1992 |
| Tilført, kg  | 4209     | 7372 | 5429 | 4429 | 191          | 298  | 215  | 132  |
| Fraført, kg  | 920      | 2592 | 2405 | 1115 | 76           | 178  | 154  | 65   |
| Nettotab, kg | 3289     | 4780 | 3024 | 3314 | 115          | 120  | 61   | 67   |
| Nettotab, %  | 78       | 65   | 56   | 75   | 60           | 40   | 29   | 51   |

Tabel 5.2  
Stofbalance for Arreskov Sø i sommer-  
perioden (1.5-30.9), 1989-92.

I det følgende gennemgås de enkelte stoffers balancer for 1989-1992.

### Kvælstof.

Søens arealbelastning (belastning pr.m<sup>2</sup> søoverflade) af kvælstof har i perioden 1989-92 været 8-13 gN/m<sup>2</sup>år, lavest i 1989 og højst i 1990. Denne arealbelastning er meget lav, idet den kun udgør ca. 10% af, hvad der er fundet for 25 nationale overvågningssøer i 1989-91 (Kristensen m.fl., 1992).

Årsagen til ovennævnte forhold er en relativt lav afstrømning af ferskvand og kvælstof fra oplandet (se afsnit 3), samt at søen har et relativt stort overfladeareal.

Den gennemsnitlige (vandføringsvægtede) kvælstofkoncentration i afstrømningen fra søens opland var på 7,2-9,2 mg N/l, hvilket er lidt mindre end gennemsnittet for overvågningssøerne (Kristensen m.fl., 1992). Den høje værdi i 1992 skyldes først og fremmest en stor afstrømning og en meget høj kvælstofkoncentration i november-december. Ferskvandsafstrømningen i disse to måneder udgjorde således 30% af hele årets afstrømning, og kvælstofafstrømningen udgjorde hele 39% af årsafstrømningen. Indtil dette tidspunkt havde kvælstoftilførslerne (og koncentrationen) ligget på et forholdsvis lavt niveau som følge af den ringe afstrømning tidligere på året.

Kvælstoftabet i søen i 1992 er beregnet til 66%, hvilket er langt større end de tidligere år, og noget over det niveau man finder i andre danske søer, hvor det typisk ligger på 40-50% (Kristensen m.fl., 1992).

Det beregnede kvælstoftab i søen er ikke nødvendigvis udtryk for et egentligt tab af kvælstof som følge af sedimentation eller denitrifikation. Ændringer i vandfasens samlede kvælstofmængde kan ligeledes spille en stor rolle. Dette forhold omtales nærmere i afsnit 6.3.

Nettotabet pr. overfladeareal var ligeledes højere i 1992 (8,1 gN/m<sup>2</sup>år), men stadigvæk meget mindre end i overvågningssøerne som helhed, hvor det ligger i størrelsesordenen 30-40 gN/m<sup>2</sup>år (Kristensen m.fl., 1992).

Årsagen til den generelt lave nettotab pr. overfladeareal kan være, at kvælstofbelastningen pr. arealenhed er ringe. Der synes således at være kvælstofmangel ved sedimentoverfladen i sommerperioden, således at denitrifikationen er nedsat (se afsnit 6.3).

Det procentvise kvælstof-tab er relativt stort i sommerperioden (56-78%). Imidlertid er den tilbageholdte mængde af kvælstof i denne periode ikke særlig stor. Således sker kun ca. 13-56% af den samlede årlige tilbageholdelse i sommerperioden.

### Fosfor.

Arealbelastningen af fosfor har i perioden 1989-92 været 0,16 - 0,25 gP/m<sup>2</sup>år, hvilket er lavt i forhold til gennemsnittet af de danske overvågningssøer, hvor arealbelastningen var 3,6 - 4,0 gP/m<sup>2</sup>år i 1989-91 (Kristensen m.fl., 1992).

Den gennemsnitlige (vandføringsvægtede) fosforkoncentration i afstrømmningen fra søens opland var ligeledes forholdsvis lav, nemlig 0,11 - 0,15 mg total P/l, imod 0,24 - 0,40 mg P/l som gennemsnit for overvågningssøerne i 1989-91 (Kristensen m.fl., 1992). Arreskov Sø er altså relativt svagt belastet med fosfor, og i 1992 havde den laveste tilførsel de fire år.

I 1992 var der næsten balance mellem til- og fraførsel af fosfor, hvorimod der de foregående tre år skete en betydelig nettofrigivelse af fosfor fra søen.

Som omtalt i afsnit 6.3 skyldtes denne "frigivelse" først og fremmest en fortynding af den høje fosforkoncentration, som søvandet havde i begyndelsen af perioden. Frigivelsen skete således ikke fra sedimentet, der på årsbasis havde en nettooptagelse af fosfor.

Den gennemsnitlige fosforkoncentration i afløbet er faldet fra 0,20 mg/l i 1989 til 0,10 mg/l i 1991, hvilket tyder på, at fosforafkastningen fra søen generelt er aftagende.

I sommerperioden skete der i alle årene en nettotilbageholdelse af fosfor. Dette skyldes, at vandføringen i afløbet i denne periode var meget lille. Derfor løb der ikke ret meget fosfor ud af søen, selvom fosforkoncentrationen i søvandet som følge af fosforfrigivelse fra sedimentet var høj. Den ringe vandføring i afløbet var specielt udpræget i 1992, hvor der i perioden juli-oktober stort set ikke løb noget vand fra søen.

Fosforfraførslen fra søen foregår således først og fremmest i vinterhalvåret i forbindelse med perioder, hvor der løber meget vand ud af søen.

### Jern

Koncentrationen af jern i tilløbene til Arreskov Sø er på niveau med medianværdien for de danske overvågningssøer, jvf. (Kristensen m.fl., 1991). Tilførslen var højst i 1990 og lavest i 1992, mens indløbskoncentrationen har været faldende igennem perioden. Som omtalt i (Fyns Amt, 1992) er der antagelig en betydelig grundvandstilførsel af jern. Da størrelsen af denne imidlertid er ukendt, er der en stor usikkerhed på jernbalancen for Arreskov Sø.

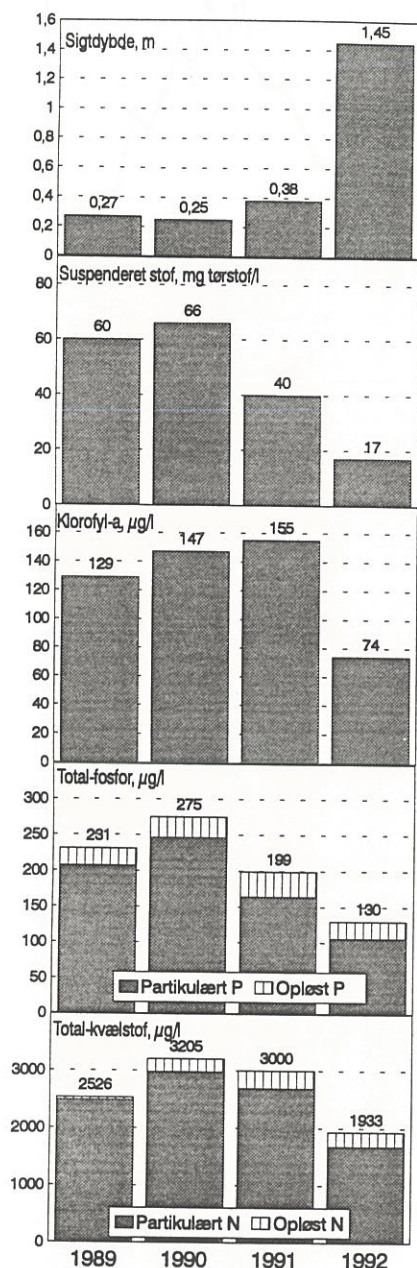
## Kalcium

Den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kalcium er temmelig stabil og på niveau med hvad der gennemsnitligt er fundet for de danske overvågningssøer, jvf. (Kristensen m.fl., 1991). Søens arealbelastning er imidlertid lav. Som for jern er kalciumbalancen meget usikker, da der formodentligt tilføres store mængder kalcium med grundvandet.



# 6. Fysisk-kemiske forhold i søen

## 6.1 Søvand



Figur 6.1.1. Sommergennemsnit af sigtdeybde, suspenderet stof, klorofyl-a, total-fosfor og total-kvælstof i Arreskov Sø, 1989-92.

Dette afsnit giver en kort karakteristisk af de fysisk-kemiske forhold i 1992, specielt med henblik på forskelle fra tidligere år.

I figur 6.1.1 er sommergennemsnittet for søvandets sigtdeybde og indhold af suspenderet stof, klorofyl-a, total-kvælstof og total-fosfor vist for årene 1989-92. Resultaterne af de enkelte målinger i søen fremgår af figur 6.1.2 - 6.1.5. Beregnede sommer- og vintermiddelværdier samt fraktiler af udvalgte parametre er i bilag 4 sammenstillet for alle år, hvorfra der foreligger målinger.

I forhold til de foregående år var Arreskov Sø i 1992 bl.a. karakteriseret ved usædvanligt klart vand og et lavere fosfor- og kvælstofniveau. Det klare vand var en følge af en ringe algemængde og et lavt indhold af suspenderet stof i vandet (se fig. 6.1.1).

### Temperatur- og iltforhold (fig. 6.1.2)

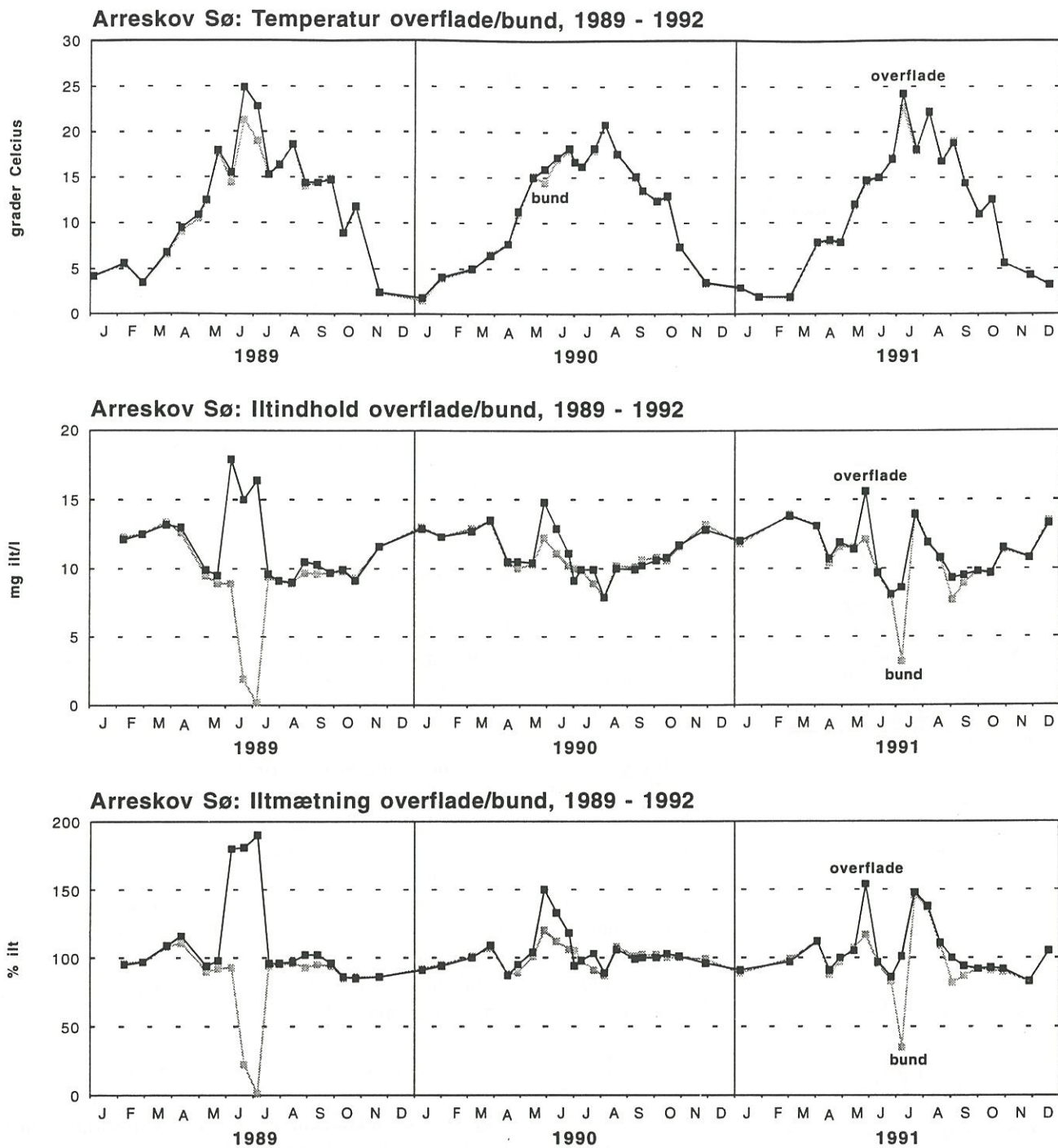
Søen var stort set isfri i starten af året, og fra slutningen af april skete der en hurtig opvarmning af vandet. Allerede i slutningen af maj/begyndelsen af juni var temperaturen omkring 20°C. Temperaturen holdt sig herefter omkring 20°C til midt i august.

Samtidig med de høje vandtemperaturer forekom en periode med lavt iltindhold i vandet. Fra begyndelsen af juni til midten af juli var iltindholdet i hele vandet omkring eller under 50% mætning. Dette skyldtes antagelig en kombination af ringe algemængde/primærproduktion og stor respiration fra dyreplankton og bakterier. Det laveste iltindhold sås i starten af juli måned efter, at både plante- og dyreplanktonet var brudt sammen, og det døde plankton blev nedbrudt. Det lave iltindhold har antagelig påvirket fiskenes trivsel, selvom egentlig fiskedød ikke er konstateret (jvf. afsnit 7.4). Efter sommerens algemaksimum i august/september blev iltindholdet igen lavt, med 50% mætning i slutningen af september.

Vandets iltindhold er et resultat af en balance mellem iltproducerende processer (primærproduktion), iltforbrugende processer (nedbrydning/respiration) og iltudveksling med atmosfæren. Hvis primærproduktionen og respirationen er moderate, kan iltudvekslingen holde iltmætningen i vandet på omkring 100%. Iltkurvens forløb tyder på, at nedbrydningsprocesserne har haft mere betydning end primærproduktionen i 1992, og at der derfor netto er fjernet organisk stof fra søen i denne periode.

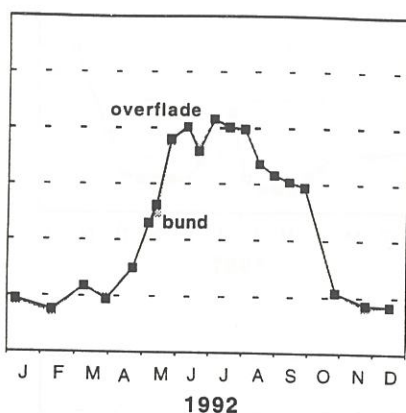
### Sigtdeybde (fig. 6.1.3)

Sigtdeybden har varieret meget i 1992 - fra 0,3 m til 2,95 m. Sigtdybdekurven viser tydeligt, at hyppige prøvetagninger er nødvendige for at få et korrekt billede af forholdene i søen. Den store sigtdeybde skyldes dels en ringe algemængde i søen (jvf. klorofylkurven), dels at der generelt forekom mindre suspenderet materiale i vandet. Således var middelværdien af



Figur 6.1.2. Temperatur og iltindhold/iltmætning nær vandoverfladen (0,2 m's dybde) og lige over bunden i Arreskov Sø, 1989-92.

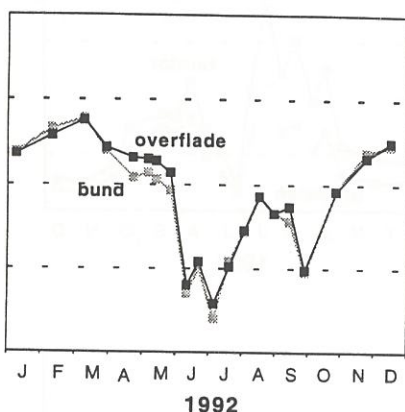




suspenderet stof i sommerperioden på 17 mg/l i 1992 imod 40-66 mg/l de foregående tre år.

Suspenderet stof i søvandet består af alger, dyreplankton og ophvirvlet bundmateriale. I dybe søer vil alger normalt udgøre hovedparten af det suspenderede materiale, men i lavvandede søer kan ophvirvlet bundmateriale have stor betydning. Dette er især udpræget, hvor bundmaterialet er meget løst.

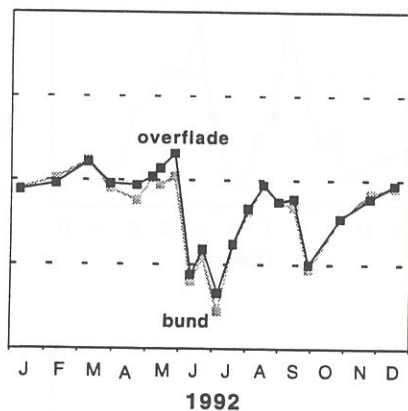
Den faldende mængde af suspenderet materiale i søen i 1992 er til dels et resultat af den mindre algemængde. En afbildning af sammenhængen mellem klorofyl-a og suspenderet materiale i sommerperioden (bilag 7) viser imidlertid, at der i 1989 og 1990 var et højt baggrundsniveau af suspenderet stof og en dårlig relation mellem klorofyl-a og suspenderet stof. I 1991 og 1992 har korrelationen været god, hvilket tyder på, at algerne i denne periode udgjorde hovedparten af det suspenderede stof. Der har altså været en forholdsvis mindre ophvirvling af bundmateriale. Dette forhold vil blive nærmere omtalt i forbindelse med en samlet diskussion af søens udvikling, afsnit 8.



#### Fosfor (fig. 6.1.4)

Fosforniveauet var i 1992 meget lavere end de foregående år, og det var især den partikulære fraktion, der var mindsket (se fig. 6.1.1).

Da den partikulære fraktion i et vist omfang udgøres af alger, kan en del af reduktionen i fosforniveau skyldes den mindre algemængde i 1992.



Der er imidlertid ikke fundet nogen korrelation mellem klorofyl-a indhold og fosforindhold i vandet (jvf. bilag 7), hvilket viser, at fosforindholdet i vandet skyldes flere faktorer end algemængden. Dette indikerer, at den reducerede algemængde ikke kan være hovedårsagen til faldet i fosforindhold, og at der derfor snarere må være tale om mindre grad af ophvirvling/fosforafgivelse fra sedimentet (se afsnit 6.3).

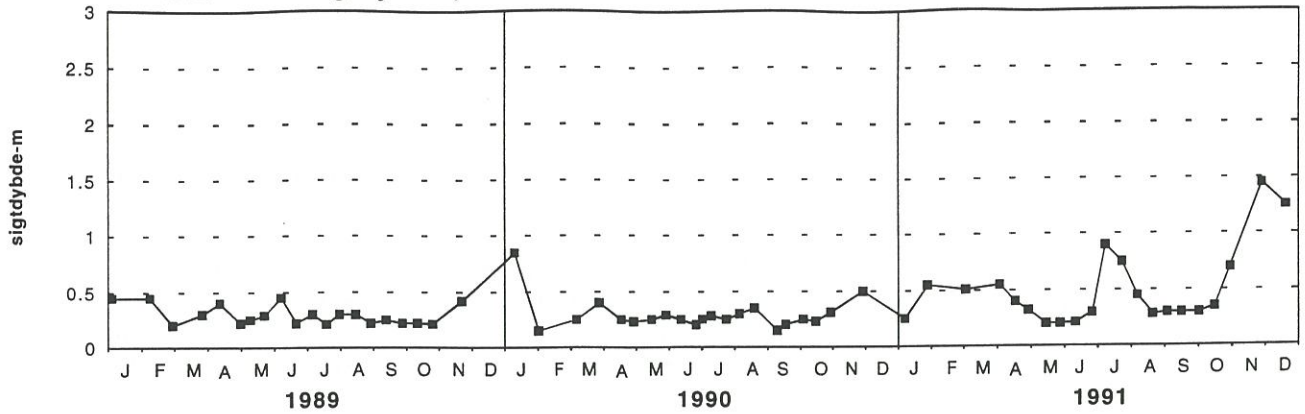
Det skal dog bemærkes, at det højest målte fosforindhold i vandet i 1992 forekom samtidig med algemaksimum i august måned.

Koncentrationen af ortofosfat-fosfor var relativt høj gennem sommerperioden, og fosfor har næppe været begrænsende for algevæksten i 1992. Kun i slutningen af marts og i august var koncentrationen under detektionsgrænsen, og fosfor kan da have haft en vis begrænsende effekt.

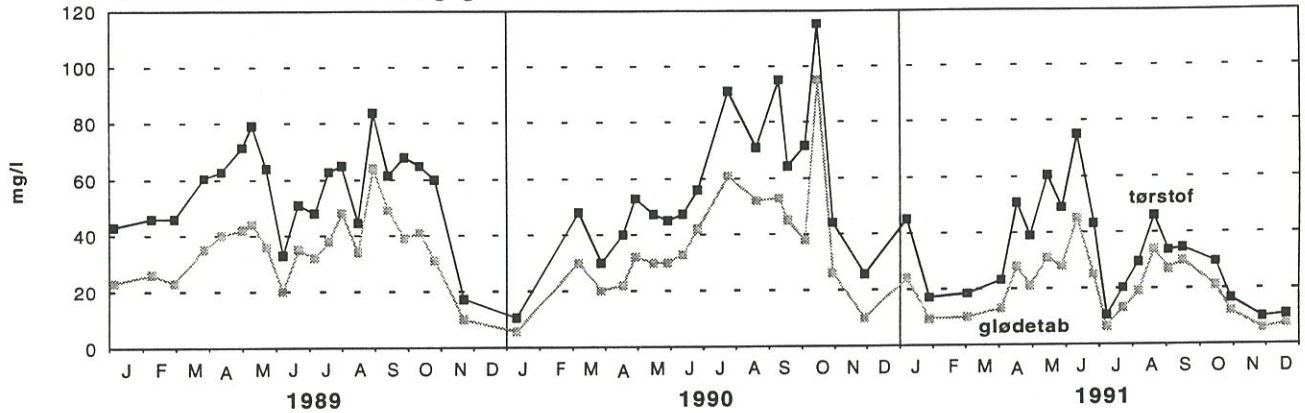
#### Kvælstof (fig. 6.1.5)

Kvælstofindholdet i søvandet var lavt i 1992 sammenlignet med de tidligere år. Som for fosfors vedkommende var det især den partikulære fraktion, der var mindsket. Kvælstofkoncentrationen i søen synes i højere grad end for fosfors vedkommende at være knyttet til algemængden. Der er således fundet en rimelig god sammenhæng mellem koncentrationen af partikulært

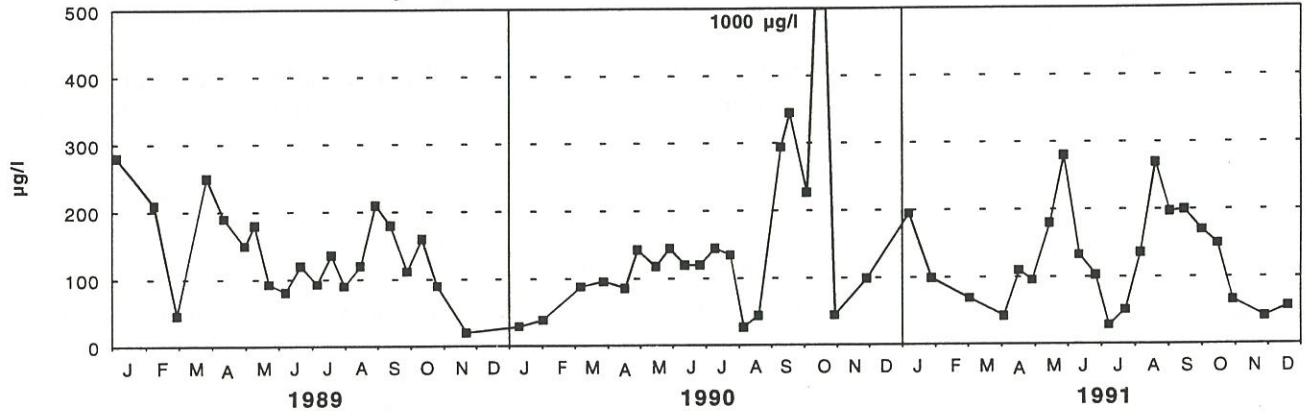
Arreskov Sø: Sigtdybde , 1989-1992



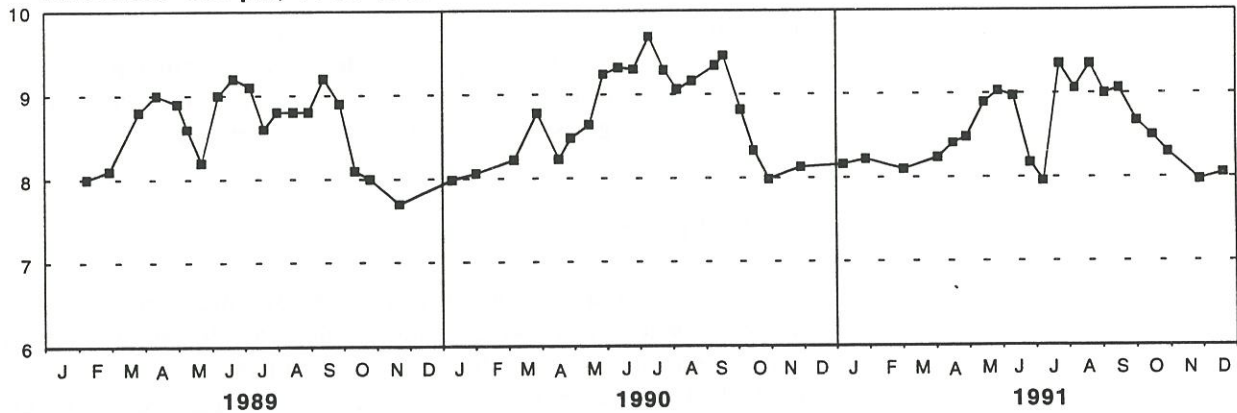
Arreskov Sø: Tørstof og glødetab, 1989 - 1992



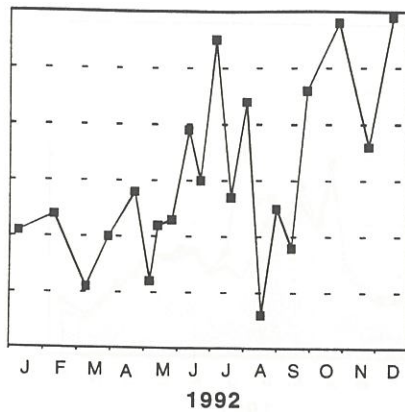
Arreskov Sø: Klorofyl-a, 1989-1992



Arreskov Sø: pH, 1989-1992



Figur 6.1.3. Sigtdybde og indhold af tørstof, glødetab og klorofyl-a samt pH i søvandet nær vandoverfladen (blandingsprøve fra flere dybder) i Arreskov Sø, 1989-92.



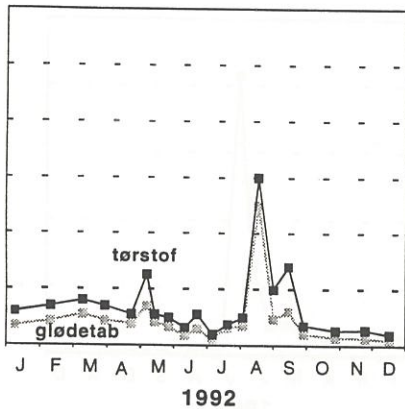
kvælstof og klorofyl-a (bilag 7).

Koncentrationen af uorganisk kvælstof var på samme niveau som de foregående år, og kun i forbindelse med blågrønalgemaksimum den 17. august, nåede de uorganiske fraktioner ned under detektionsgrænsen.

**Kvælstof var således ikke begrænsende for algevæksten i 1992, evt. bortset fra dette ene tidspunkt.**

Ammoniumkoncentrationen steg kortvarigt efter sammenbruddet af den store blågrønalgepopulation i august. Bortset herfra var ammoniumkoncentrationen moderat, selvom niveauet i sommerperioden var højere end de tidligere år.

#### Kvælstof/fosfor forhold (fig. 6.1.4)



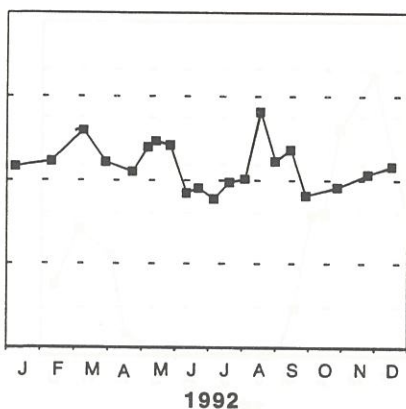
Forholdet mellem partikulært kvælstof og fosfor lå fra sommeren 1991 og igennem 1992 på et højere niveau (gennemsnit 17) end de tidligere år (gennemsnit 12-13). Som diskuteret i Fyns Amt (1992), kan det lavere N/P(part.)-forhold i årene 1989 til 1991 skyldes, at en stor del af det partikulære materiale i vandet bestod af sedimentpartikler. Overfladesedimentet havde således i 1990 et N/P forhold på ca. 10 (Fyns Amt, 1991). Det højere N/P(part.)-forhold i 1992 kan derfor til dels skyldes, at en større del af det partikulære materiale består af alger med et højt N/P forhold. Således var N/P forholdet 16-21 i Søholm Sø i sommerperioden, hvor partiklerne i overfladevandet altovervejende består af planktonalger (Fyns Amt, 1992a). Alger har imidlertid også et stærkt varierende N/P forhold. Der er således en tendens til, at blågrønalger har et højere N/P forhold end andre alger (Berendt, 1990; Kristensen m.fl., 1991). En sådan tendens er dog ikke tydelig i Arreskov Sø, omend der flere gange er fundet N/P-forhold omkring 20 i perioder med dominans af blågrønalger.

#### Silicium

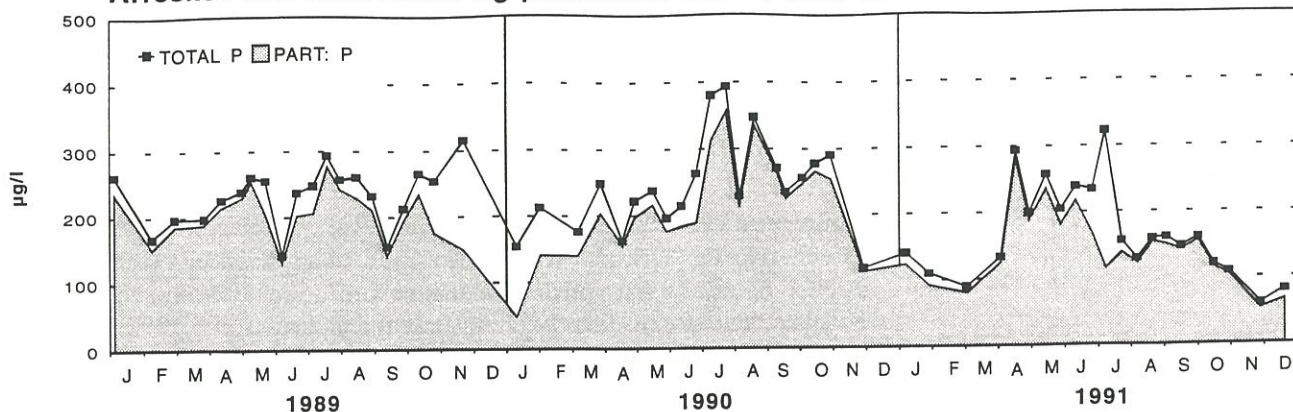
Koncentrationen af opløst silikat var høj gennem hele 1992, hvilket afspejler at mængden af kiselalger generelt var ringe, og silikat ikke var begrænsende for deres vækst, se afsnit 7.

## 6.2 Sammenhæng mellem stoftilførsel og stofkoncentration i søen

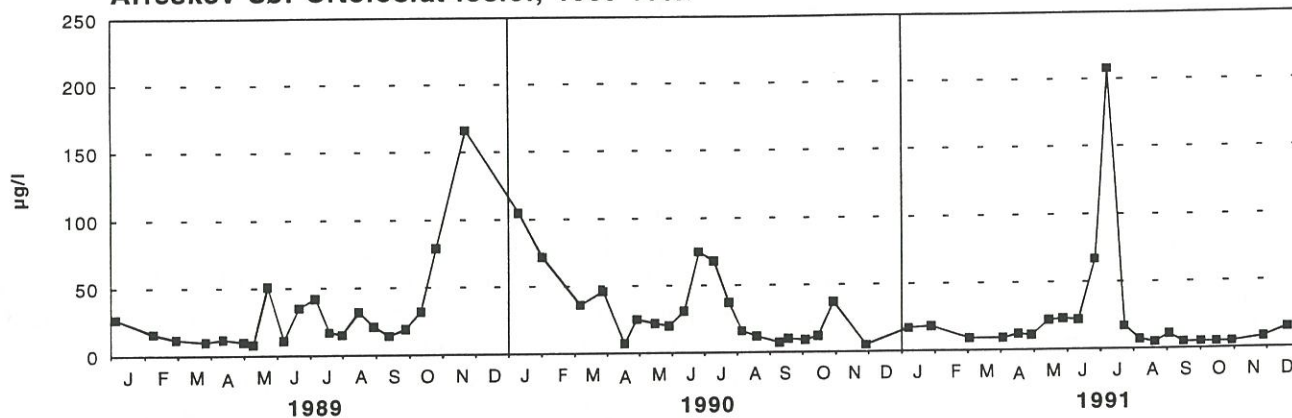
Der er for søer udviklet en række simple modeller, som beskriver sammenhængen mellem den årlige tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor og den koncentration af stofferne, som findes i søvandet. Disse modeller kan bl.a. bruges til at vurdere, hvordan en sø vil udvikle sig ved en ændring af belastningens størrelse.



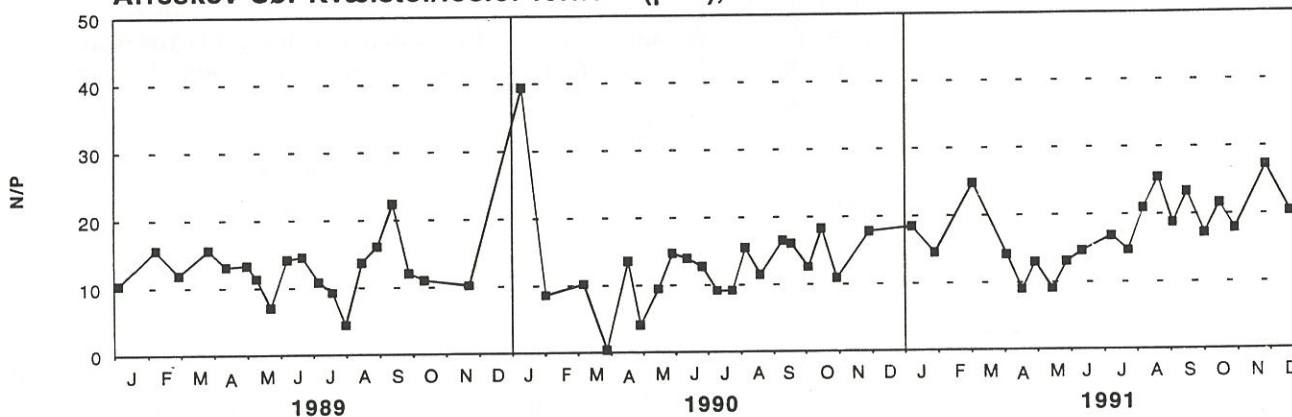
**Arreskov Sø: Total-fosfor og partikulært fosfor, 1989-1992**



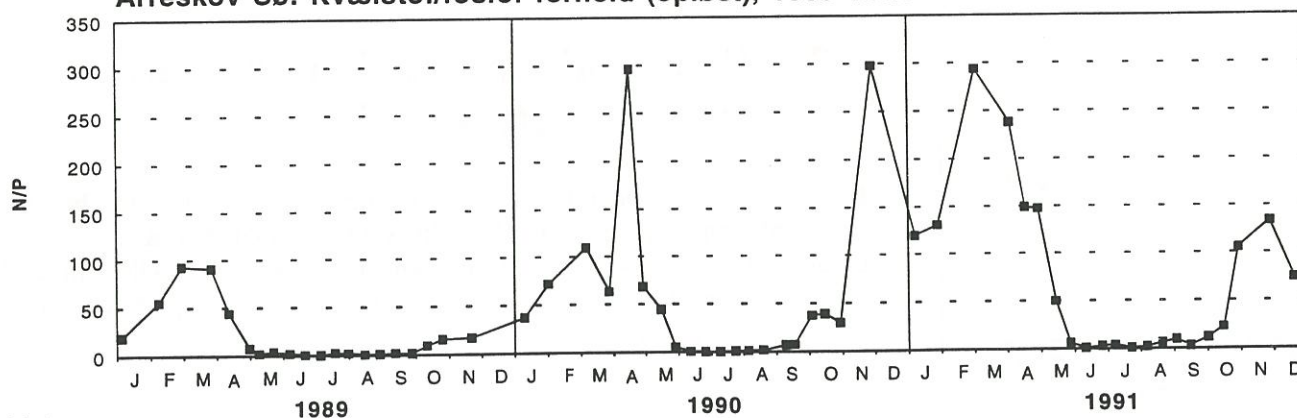
**Arreskov Sø: Ortofosfat-fosfor, 1989-1992**



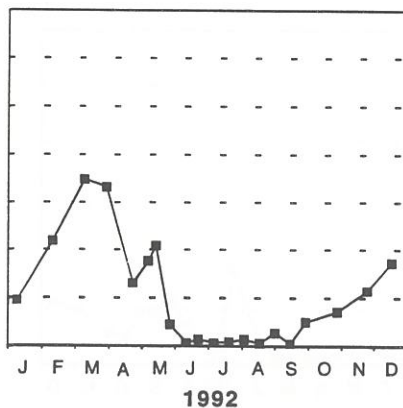
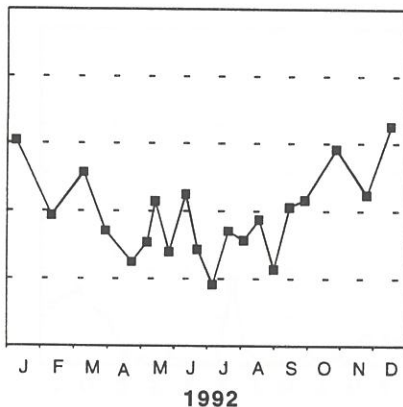
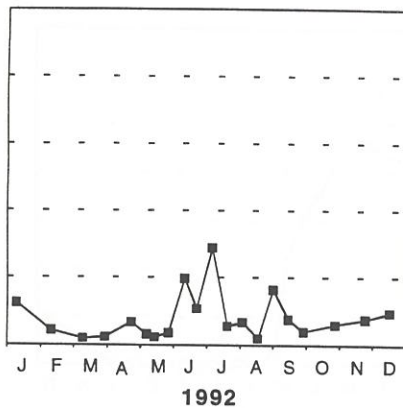
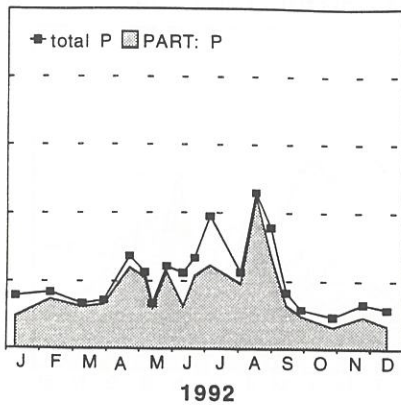
**Arreskov Sø: Kvælstof/fosfor-forhold (part), 1989-1992**



**Arreskov Sø: Kvælstof/fosfor-forhold (opløst), 1989-1992**



Figur 6.1.4. Indhold af total-fosfor, partikulært fosfor, ortofosfat-fosfor samt forholdet mellem kvælstof og fosfor i henholdsvis partikler og opløst form i søvandet nær vandoverfladen (blandingsprøve fra flere dybder) i Arreskov Sø, 1989-92.



## Kvælstof

Sammenhængen mellem kvælstoftilførslen til søen og søvandets kvælstofindhold er af Kristensen m.fl. (1990) beskrevet ud fra 3 forskellige modeller:

$$\text{Model 1: } N_{sø} = 0,45 N_{ind}$$

$$\text{Model 2: } N_{sø} = 0,42 N_{ind} Tw^{-0,11}$$

$$\text{Model 3: } N_{sø} = 0,34 N_{ind} Tw^{-0,16} z^{0,17}$$

hvor  $N_{sø}$  og  $N_{ind}$  er henholdsvis middelmiddelt koncentrationen af totalkvælstof i søvandet og i tilløbsvandet,  $Tw$  er vandets opholdstid i søen (år) og  $z$  er søens middeldybde (m).

$N_{ind}$  er beregnet som den totale kvælstoftilførsel divideret med den samlede vandtilførsel incl. grundvand og et evt. nedbørsoverskud.

I Arreskov Sø giver model 1 den bedste beskrivelse af forholdene i perioden 1989-91, idet de beregnede koncentrationer ligger tæt på de observerede (74-110%), se tabel 6.2.2. I 1992 beregner alle 3 modeller en for høj årsmiddelmiddelt koncentration. Dette skyldes bl.a., at udgangspunktet for beregningen er en meget høj indløbskoncentration. Denne er imidlertid fremkommet som følge af en meget stor kvælstofafstrømning i november-december, hvor koncentrationen i tilløbene var rekord-høj (jvf. afsnit 5). Da denne afstrømning lå sidst på året har den kun i begrænset omfang nået at slå igennem på årsmiddelmiddelt koncentrationen i selve søen.

Imidlertid er der også sket et betydeligt fald i søens kvælstofkoncentration i 1992 (jvf. afsnit 6.1 og 6.3). Dette kan til dels skyldes de forholdsvis lave tilførsler af kvælstof til søen i de første to trediedele af året.

| År   | Tilført N<br>kg | $N_{ind}$<br>mg/l | $T_w$<br>år | $N_{sø}$ (målt)<br>mg/l | $N_{sø}$ (model 1)<br>mg/l % | $N_{sø}$ (model 2)<br>mg/l % | $N_{sø}$ (model 3)<br>mg/l % |
|------|-----------------|-------------------|-------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1989 | 24.000          | 7,77              | 1,86        | 3,18                    | 3,49 (110)                   | 3,05 (96)                    | 2,66 (84)                    |
| 1990 | 41.400          | 6,51              | 0,98        | 3,97                    | 2,93 (74)                    | 2,74 (69)                    | 2,47 (62)                    |
| 1991 | 31.900          | 6,61              | 1,14        | 3,26                    | 2,97 (91)                    | 2,74 (84)                    | 2,45 (75)                    |
| 1992 | 38.900          | 8,11              | 1,15        | 2,18                    | 3,65 (167)                   | 3,35 (153)                   | 2,98 (137)                   |

Tabel 6.2.1

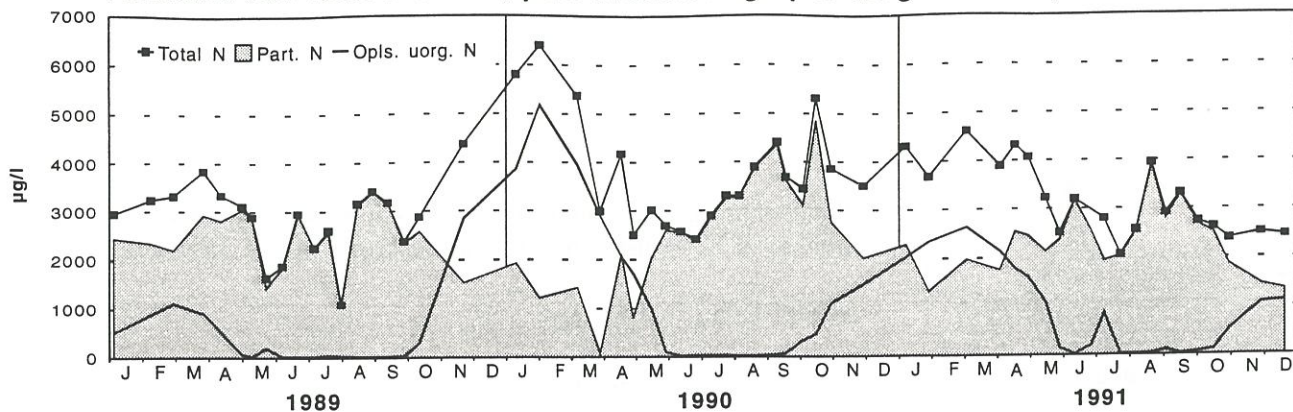
Sammenhæng mellem årlig kvælstoftilførsel til Arreskov Sø og søvandets årsmiddelmiddelt koncentration af kvælstof, dels målt og dels beregnet efter model 1, 2 og 3 i Kristensen m.fl. (1990).

## Fosfor

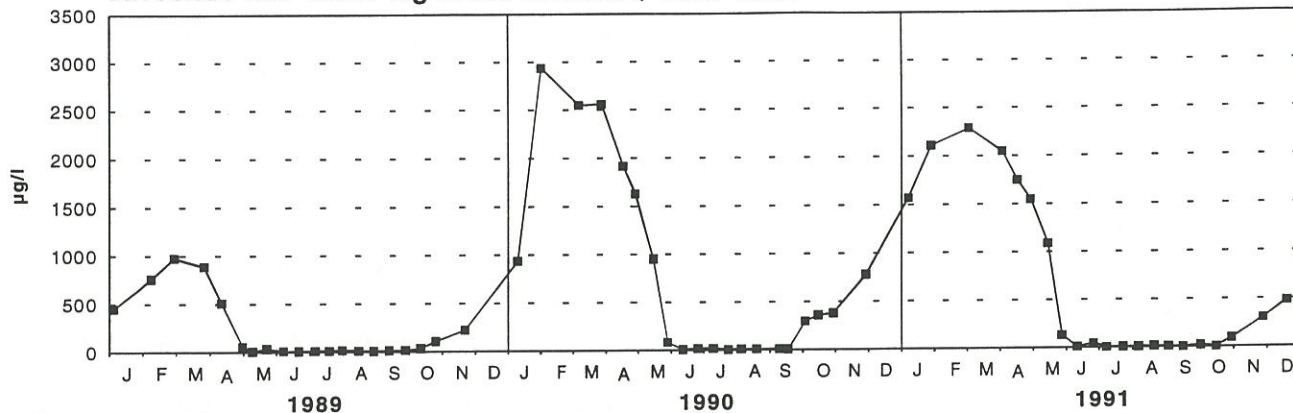
Fosformodellerne bygger typisk på en generel sammenhæng udtrykt ved ligningen:

$$P_{sø} = P_{ind} (1-Rp)$$

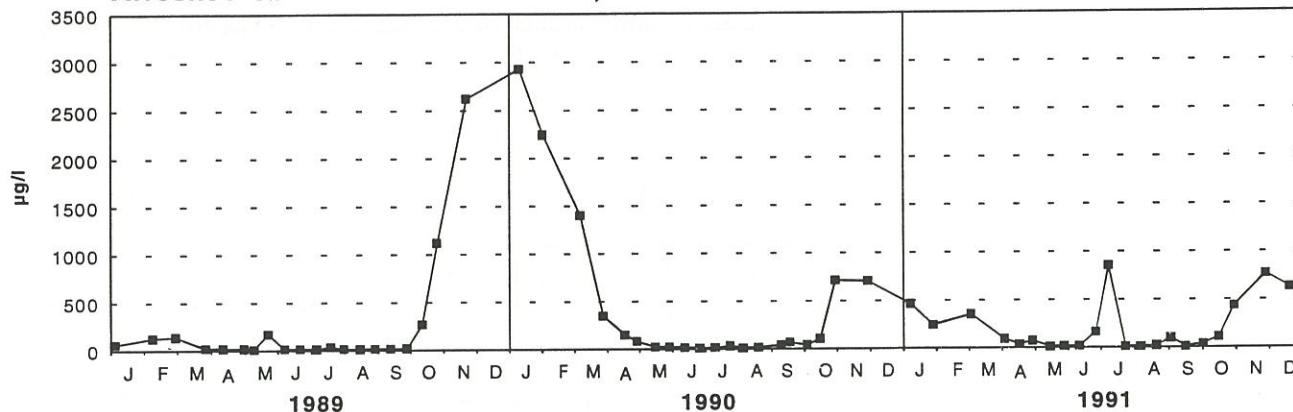
**Arreskov Sø: Total-kvælstof, part.-kvælstof og opl. uorg.-kvælstof, 1989-1992**



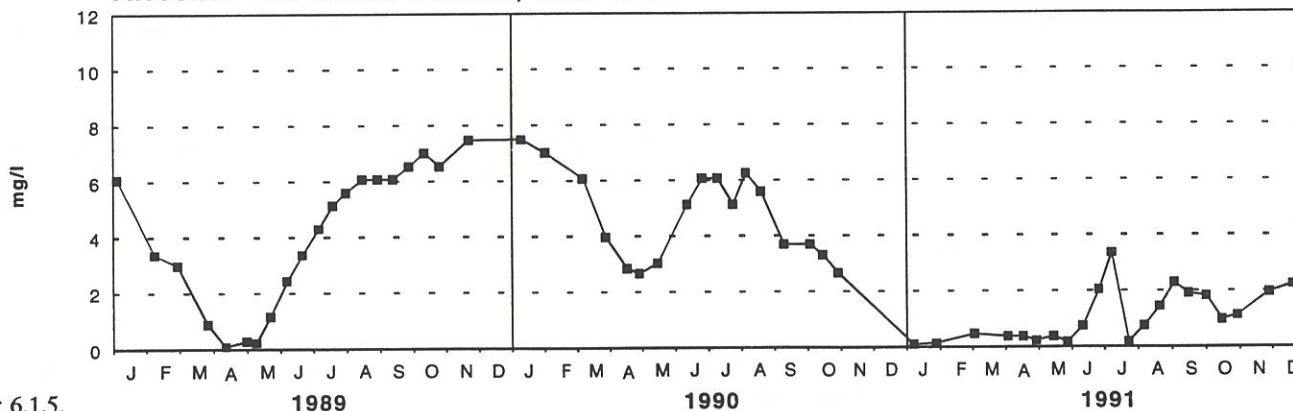
**Arreskov Sø: Nitrit- og nitrat-kvælstof, 1989-1992**



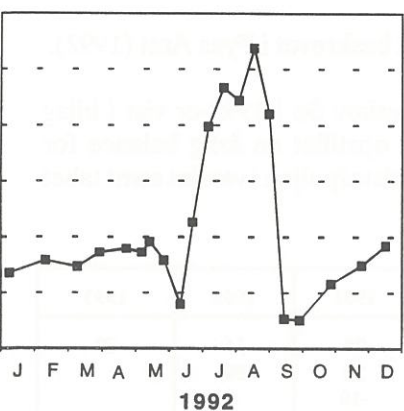
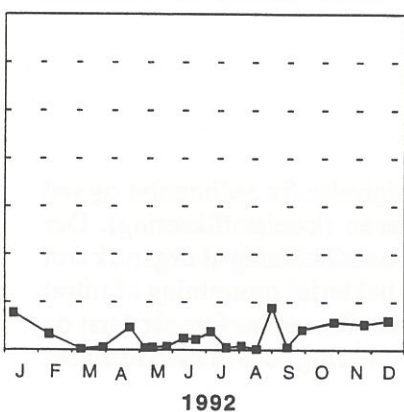
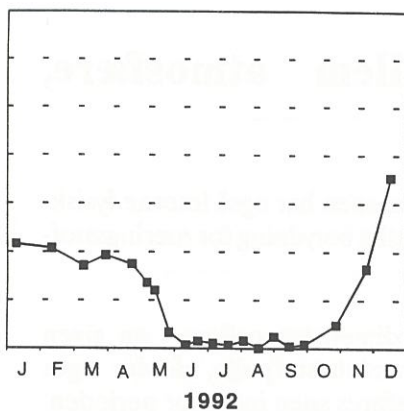
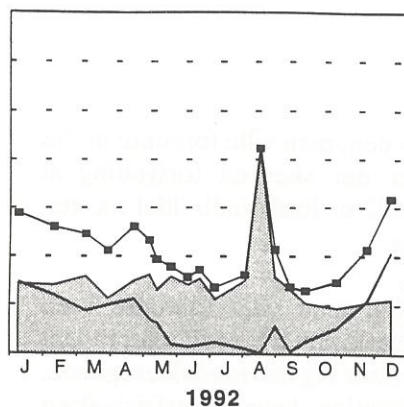
**Arreskov Sø: Ammonium-kvælstof, 1989-1992**



**Arreskov Sø: Silikat-silicium, 1989-1992**



Figur 6.1.5. Indhold af total-kvælstof, partikulært kvælstof, opløst uorganisk kvælstof, nitrit- og nitrat-kvælstof, ammonium-kvælstof og silicium i søvandet nær vandoverfladen (blandingsprøve fra flere dybder) i Arreskov Sø, 1989-92.



hvor  $P_{sø}$  og  $P_{ind}$  er årsmiddelkoncentrationen af total-fosfor i hhv. søvandet og indløbsvandet, og  $R_p$  er retentionskoefficienten for fosfor, dvs. den brøkdel af fosfortilførslen, som tilbageholdes i søen.

Modellerne adskiller sig i den måde, hvorpå  $R_p$  beregnes. Den model, der har vist sig bedst at beskrive forholdene i Arreskov Sø, er anført som model 12 af Kristensen m.fl. (1990).

I denne model beregnes  $R_p$  således:

$$R_p = (0,11 + 0,18 T_w) / (1 + 0,18 T_w),$$

hvor  $T_w$  er vandets opholdstid i søen.

Ifølge Kristensen m.fl. (1990) er model 12 endvidere den, der bedst beskriver forholdene i lavvandede søer med relativ lang opholdstid. Arreskov Sø er netop en sådan sø.

I nedenstående tabel er de observerede årsmiddelkoncentrationer af total-fosfor i Arreskov Sø sammenstillet med de værdier, der fremkommer udfra de målte fosfortilførsler ved anvendelse af ovennævnte model 12.

| År   | Tilført udefra<br>kg | $P_{ind}$<br>µg/l | $T_w$<br>år | $P_{sø}$ målt<br>µg/l | $P_{sø}$ beregnet<br>µg/l | $P_{sø}$ beregnet<br>% af målt |
|------|----------------------|-------------------|-------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1974 | 1560                 | 435               |             | 110                   | 300                       | 272%                           |
| 1987 | 850                  | 240               |             | 449                   | 180                       | 40%                            |
| 1989 | 551                  | 172               | 1,86        | 232                   | 114                       | 49%                            |
| 1990 | 778                  | 122               | 0,98        | 230                   | 92                        | 40%                            |
| 1991 | 592                  | 123               | 1,14        | 153                   | 90                        | 76%                            |
| 1992 | 521                  | 109               | 1,15        | 97                    | 80                        | 82%                            |

Tabel 6.2.2.

Fosfortilførsler og middelmiddelen i tilløb til Arreskov Sø sammenstillet med den observerede årsmiddelkoncentration i søen og den koncentration, der kan modelberegnes udfra formel 12 i Kristensen m.fl. (1990).

I tabel 6.2.2 er  $P_{ind}$  beregnet som den totale fosfortilførsel divideret med den samlede vandtilførsel incl. grundvand og et evt. nedbørsoverskud. Dette gælder dog ikke 1974 og 1987, hvor kun den overfladiske tilførsel er anvendt ved beregningen. Resultaterne fra disse to år skal derfor tages med forbehold og kun betragtes som retningsgivende. Modellen er endvidere følsom overfor, om de beregnede/skønnede grundvandsmængder og koncentrationer er korrekte.

I 1974 synes søens sediment at have haft en god bindingskapacitet for fosfor. Selvom der blev tilført store fosformængder med spildevand, var den målte fosforkoncentration i søen således væsentligt lavere end den beregnede. Det skal dog bemærkes, at der er stor usikkerhed på tallene fra 1974.

De store tilledninger af spildevand fortsatte indtil 1983, og som følge heraf skete der en voldsom ophobning af fosfor i sedimentet. Denne ophobning har forårsaget, at der i midten af 1980'erne blev afgivet store mængder fosfor fra sedimentet. I 1987 var årsmiddelkoncentrationen af fosfor i

sø vandet således næsten dobbelt så stor som den, man ville forvente ud fra de målte tilledninger. I årene derefter er der sket en fortynding af fosforindholdet i søen (se afsnit 6.3), og i 1992 er fosforindholdet næsten nået ned på det niveau, modellen forudsiger.

Modellen beregner den fosforkoncentration, man ville forvente i en ligevægtssituation, dvs. uden en intern belastning fra sedimentet. Det forhold, at det observerede fosforniveau nærmer sig det modelberegnete, tyder på, at søen nærmer sig en ligevægtssituation, hvor fosforfrigivelsen fra sedimentet får mindre betydning.

### 6.3 Stofudveksling mellem atmosfære, søvand og sediment

Udover den eksterne næringsstofbelastning af søen har også interne fysisk-kemiske og biologiske processer i søen væsentlig betydning for næringsstofindholdet i sø vandet.

Stofudvekslingen mellem søens vand og sediment/atmosfære i en given periode kan beregnes ud fra ændringerne i vandets stofpulje, når der tages hensyn til de stofmængder, der tilføres og fraføres søen indenfor perioden. Til dette formål er fosfor- og kvælstofpuljen i søen opgjort til den første i hver måned ved interpolation mellem de målte værdier af vandstand (volumen) og fosforkoncentration.

#### Kvælstof.

Sø vandet kan tilføres kvælstof ved kvælstoffrigivelse fra sedimentet og ved algers optagelse af frit kvælstof fra atmosfæren (kvælstoffiksering). Der fjernes kvælstof fra vandet i forbindelse med bundfældning af organisk stof og ved denitrifikation. Denitrifikation er en bakteriel omsætning af nitrat til frit kvælstof (N<sub>2</sub>), der afgives til atmosfæren. Processen foregår først og fremmest i sedimentet, og bidrager ofte med omkring 70% af kvælstoftabet i søer (Kristensen m.fl., 1990).

Nettoresultatet af disse processer er normalt et tab af kvælstof fra sø vandet.

Kvælstofbalancen for 1989-1991 er detaljeret beskrevet i Fyns Amt (1992).

Det beregnede månedlige kvælstoftab i Arreskov Sø i 1992 er vist i bilag 5. I tabel 6.3.1 er der for perioden 1989-92 opstillet en årlig balance for kvælstof, hvor de beregnede ændringer af kvælstofpuljen i vandet samt tabet af kvælstof er anført.

Tabel 6.3.1

Årsbalance for kvælstof i Arreskov Sø inklusiv ændringer i kvælstofpuljen i sø vandet og beregnet tab af kvælstof.

| Kvælstof              | 1989   | 1990  | 1991  | 1992  | 1993 |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|------|
| Pulje 1.januar, tons  | 17     | 33    | 26    | 16    | 20   |
| Tilført, tons         | 24     | 41    | 32    | 39    |      |
| Ophobet i vand, tons  | 15     | -6    | -10   | 4     |      |
| Tab, tons             | -6     | 15    | 22    | 22    |      |
| Tab i % (%)           | (-25%) | (36%) | (69%) | (56%) |      |
| Fraført, tons         | 15     | 33    | 20    | 13    |      |
| Årsmiddel pulje, tons | 18     | 24    | 19    | 11    |      |



På baggrund af den beregnede årsbalance ses følgende:

Efter en kraftig stigning i kvælstofpuljen fra januar 1989 til januar 1990 er puljen i 1992-1993 igen faldet til 1989-niveauet.

Bortset fra 1989, hvor der sidst på året skete en kraftig kvælstofafgivelse fra sedimentet (Fyns Amt, 1992), har det beregnede kvælstoftab ligget på 36-69% af de tilførte mængder. Dette er på niveau med, hvad man finder i de øvrige overvågningssøer (Kristensen m.fl., 1992). Især de sidste to år har tabet været stort, hvilket viser, at søen har et stort potentiale for kvælstofreduktion.

På baggrund af de beregnede månedsbalancer, fig. 6.3.1, kan årsbalancerne vurderes nærmere. På grund af usikkerhed på opgørelsen, skal de enkelte månedsværdier tages med forbehold.

Skønt kvælstofniveauet i søen var lavere i 1992 end de foregående år, synes forløbet af kvælstofudvekslingen ikke at adskille sig fra de tidligere år. Det største tab af kvælstof synes generelt at finde sted i perioden januar til maj. De største tilførsler af kvælstof til søen sker i denne periode, og en stor del af kvælstoftabet må antages at skyldes sedimentation af partikulært materiale. I denne periode er der endvidere en høj koncentration af opløst uorganisk kvælstof i vandet. Dette kvælstof optages af algerne og føres til sedimentet, når de sedimenterer. Med stor nitratkoncentration og meget organisk stof er der endvidere en god mulighed for, at der kan ske denitrifikation. Denne hæmmes dog af lave vandtemperaturer.

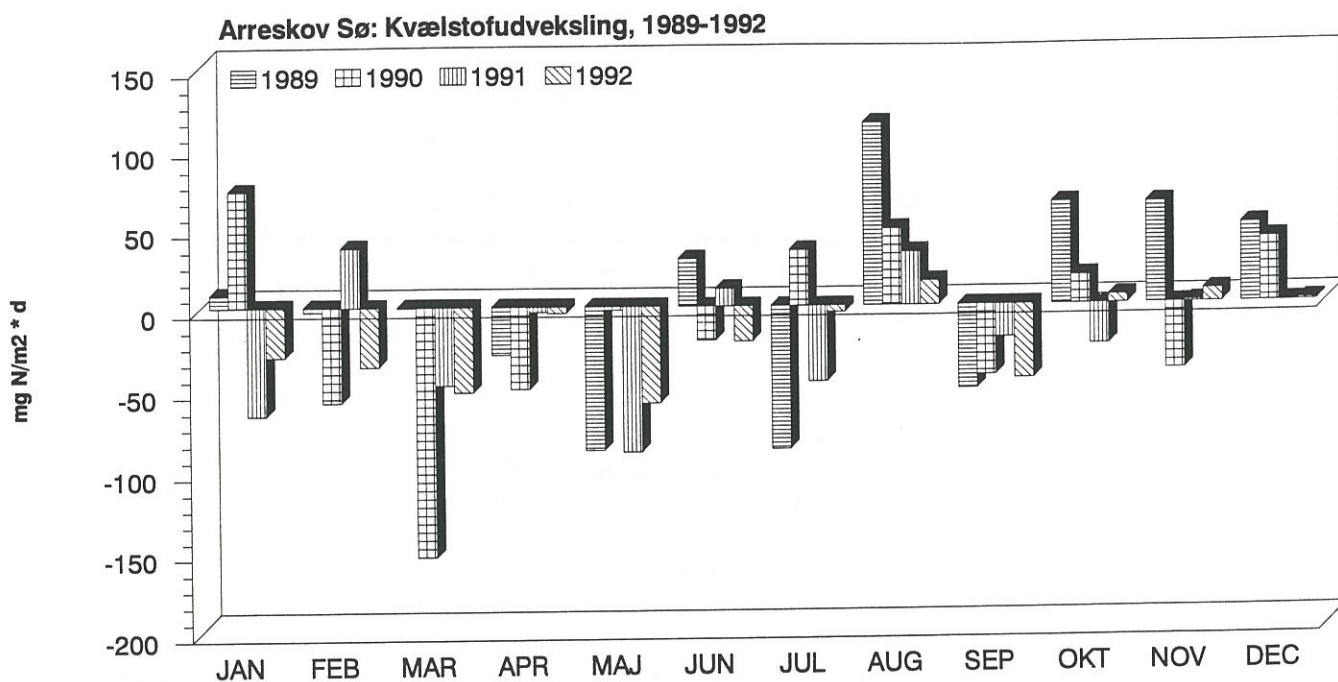
I juni-juli er der ingen klar tendens i kvælstofudvekslingen, og der ses både tab og frigivelse i denne periode.

I august er der i alle årene konstateret en frigivelse/ophobning af kvælstof. Denne kan til dels skyldes kvælstoffiksering hos blågrønalger, men der ses ingen generel sammenhæng mellem perioder med ophobning og biomassemaksimum af kvælstoffikserende arter af blågrønalger. En anden forklaring kan være, at der afgives kvælstof fra nedbrydningen af organisk materiale i sedimentet. Det frigivne kvælstof optages derefter hurtigt af den store algebiomasse, der normalt er i vandet på dette tidspunkt.

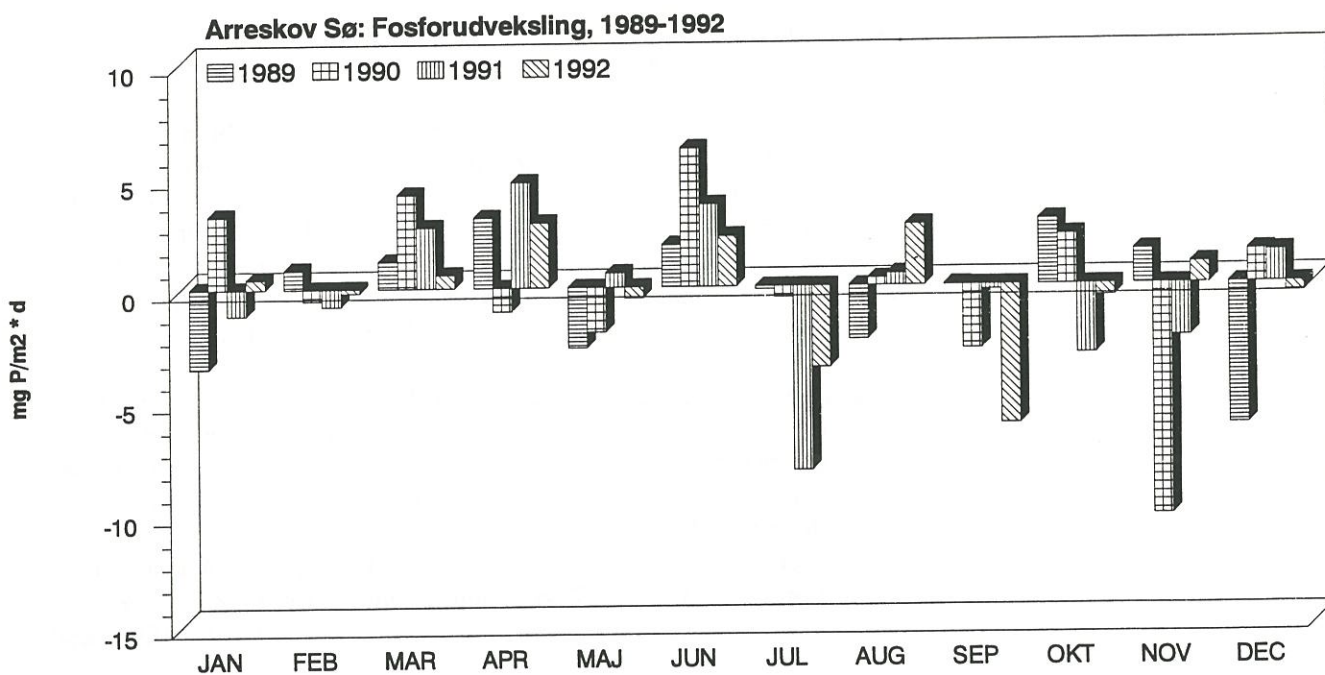
I august 1992 er det dog sandsynligt, at der skete en direkte transport af kvælstof fra sedimentet til vandfasen i forbindelse med en voldsom opblomstring af blågrønalger. Blågrønalgen *Gloeoetrichia echinulata* udgjorde en betydelig del af opblomstringen, og denne er kendt for at kunne opbygge en betydelig population på bunden og først herefter stige op i vandfasen, medbringende sit indhold af fosfor og sandsynligvis også kvælstof (jvf. afsnittet om fosfor). Både *Gloeoetrichia echinulata* og *Aphanizomenon flos-aquae*, der dominerede opblomstringen er endvidere kvælstoffikserende.

I september er der alle årene konstateret et tab af kvælstof, sandsynligvis i forbindelse med sedimentation af sommerens algebiomasse og en høj denitrifikation på grund af høje temperaturer.

I oktober til december er der konstateret både tab og frigivelse af kvælstof, og billedet er ikke entydigt for denne periode. I mange søer ses et betydeligt



Figur 6.3.1. Beregnet månedlig nettoudveksling mellem søvand og sediment/atmosfære i Arreskov Sø, 1989-92. Positive værdier betegner tilførsel til søvandet fra sedimentet eller ved kvælstoffiksering. Negative værdier betegner tab fra søvandet ved enten sedimentation eller denitrifikation.



Figur 6.3.2. Beregnet månedlig nettoudveksling af fosfor mellem sediment og vand i Arreskov Sø, 1989-92. Positive værdier betegner frigivelse af fosfor fra sedimentet og negative værdier betegner sedimentation af fosfor.

kvælstof i denne periode (jvf. (Kristensen m.fl., 1992)). Når dette ikke er tilfældet i Arreskov Sø, kan det skyldes, at den denitrifikation, der givetvis forekommer, som kvælstofkilde har den kvælstof, der frigøres i forbindelse med mineralisering af søens meget organisk holdige sediment. At der foregår en betydelig omsætning i denne periode ses bl.a. af, at vandet de fleste af årene er undermættet med ilt i efteråret (fig. 6.1.2).

Kvælstofbalancen i Arreskov Sø er således kendetegnet ved, at der i forårsperioden overvejende sker tab af kvælstof, og at der i sommer- og efterårsperioden til tider sker en stor frigivelse af kvælstof i forbindelse med nedbrydning af organisk stof. På grund af vandets lange opholdstid i søen (omkring 1 år), har de interne processer stor betydning. En kraftig kvælstofafgivelse fra sedimentet, som den der skete i efteråret 1989, kan således påvirke kvælstofniveauet i søen flere år frem. I 1992 har kvælstofniveauet i søen dog igen nået et lavt niveau, med et sommergennemsnit, der er det laveste, som hidtil er målt i søen (jvf. bilag 4).

### Fosfor

Søvandets indhold af total-fosfor afhænger bl.a. af udvekslingen af fosfor mellem vand og sediment. Denne udveksling består dels af en fosforfrigivelse fra/ophvirvling af sedimentet, dels af bundfældning af organisk og uorganisk stof indeholdende fosfor.

Den beregnede månedlige fosforudveksling med sedimentet i 1992 er vist i bilag 6. Fosforbalancen for perioden 1989-91 er detaljeret beskrevet i Fyns Amt (1992). I tabel 6.3.2 er der opstillet en "årsbalance" for fosfor, hvor de beregnede puljeændringer og fosforudvekslingen med sedimentet er anført.

Det ikke muligt at skelne mellem, om en beregnet fosforfrigivelse skyldes en egentlig frigivelse af ortofosfat-fosfor, der kan optages af planteplankton, eller om den skyldes en (evt. kortvarig) ophvirvling af fosforholdigt bundmateriale.

Tabel 6.3.2

Årsbalance for fosfor i Arreskov Sø inklusiv puljeændringer i søvandet og udveksling med sedimentet.

| Fosfor           |     | 1989  | 1990   | 1991  | 1992  | 1993 |
|------------------|-----|-------|--------|-------|-------|------|
| Pulje 1.januar,  | kg  | 1541  | 1087   | 864   | 470   | 364  |
| Tilført,         | kg  | 551   | 778    | 592   | 521   |      |
| Ophobet i vand,  | kg  | -453  | -223   | -394  | -106  |      |
| Sedimenteret,    | kg  | 372   | -74    | 216   | 153   |      |
| Sedimenteret,    | (%) | (68%) | (-10%) | (36%) | (29%) |      |
| Fraført,         | kg  | 632   | 1076   | 771   | 476   |      |
| Årsmiddel pulje, | kg  | 1306  | 1386   | 905   | 515   |      |

På baggrund af den beregnede årsbalance ses følgende:

- \* Fosforpuljen i søvandet ved årets begyndelse har været aftagende igennem perioden. Således udgjorde fosforpuljen den 1.januar 1993 kun 24 % af puljen den 1.januar 1989.
- \* Den faldende fosforpulje er bl.a. et resultat af, at der hvert år er sket en udtømmning af fosfor fra vandfasen. Dette har resulteret i faldende fosforkoncentrationer i vandet. Endvidere har

indløbskoncentrationen af fosfor været faldende gennem perioden. Dette har yderligere øget fortyndingen.

- \* Bortset fra i 1990 er der sedimenteret betydelige fosformængder, svarende til 29-68% af de tilførte mængder. Selvom der sker en betydelig fosforfrigivelse fra sedimentet i visse perioder, er der altså på årsbasis sket en netto sedimentation af fosfor i disse år. I 1990 er den beregnede fosforfrigivelse da også ubetydelig, 74 kg, svarende til 10% af den tilførte fosformængde.
- \* 1992 er det første år i perioden, hvor der er sket en nettotilbageholdelse af fosfor i søen. Denne tilbageholdelse skyldes en nettosedimentation af fosfor.

Den nettofraførsel af fosfor, der er sket i perioden 1989 til 1991, er altså først og fremmest et resultat af en fortyndingsproces, og ikke et udtryk for en fosforafgivelse fra sedimentet.

#### Årstidsvariation i fosforudveksling med sedimentet.

De beregnede månedlige netto-udvekslingsrater med sedimentet er vist i figur 6.3.2. På grund af store usikkerheder ved opgørelsen, skal månedsværdierne tages med forbehold. Da fosforindholdet i overfladevandet endvidere er stærkt svingende, er den beregnede udveksling stærkt afhængig af den valgte beregningsperiode. Den generelle tendens er imidlertid, at der er sket en nettofrigivelse af fosfor i januar-juni og en nettosedimentation af fosfor i juli-december.

Fosforfrigivelsen foregår således først og fremmest i foråret og forsommeren, hvor temperaturen, og dermed mineraliseringen, er stigende. Midt på sommeren kan fosforfrigivelsen fra sedimentet stadig være betydelig. Der sker dog i denne periode kontinuert en sedimentation af alger, og den mængde fosfor, der sedimenterer med algerne, er tilsyneladende ofte større end den mængde, der frigives fra sedimentet. Der er således konstateret både sedimentation og frigivelse af fosfor i perioden juli-september.

Fosfor i sedimentet i Arreskov Sø er overvejende bundet til organisk stof (Jensen og Andersen, 1990; Fyns Amt, 1991), og fosforfrigivelsen er derfor tæt koblet til nedbrydningen af dette. Forsøg med sediment fra Arreskov Sø har således vist, at nitrattilsætning til sedimentet om sommeren øger fosforfrigivelsen gennem at øge mineraliseringen (Jensen og Andersen, 1990).

Sø vandet er stort set uden nitrat fra slutningen af maj til oktober, og det er derfor sandsynligt, at nedbrydningen af organisk stof i sommerperioden er hæmmet af nitratmangel. Alt andet lige vil en mindsket nedbrydning af organisk stof dels mindske den direkte frigørelse af fosfor fra dette, dels øge den iltede mikrozone ved sedimentoverfladen, hvor fosfor kan bindes af jernforbindelser.

I august 1992 sås et eksempel på, at blågrønalger kan transportere fosfor fra sedimentet til vandfasen. Midt på måneden forekom en kortvarig, men

kraftig opblomstring af blågrønalgerne *Gloeotrichia echinulata* og *Aphanizomenon flos-aquae*. I forbindelse med denne opblomstring steg vandets indhold af både fosfor og kvælstof til årets maksimale værdi. Stigningen skete som partikulært fosfor og kvælstof. De de opløste fraktioner faldt en smule, men ikke nok til at hele stigningen i den partikulære fraktion kunne skyldes optagelse af opløst kvælstof og fosfor. Dette indikerer, at den observerede stigning skyldtes en migration af algerne op i vandfasen.

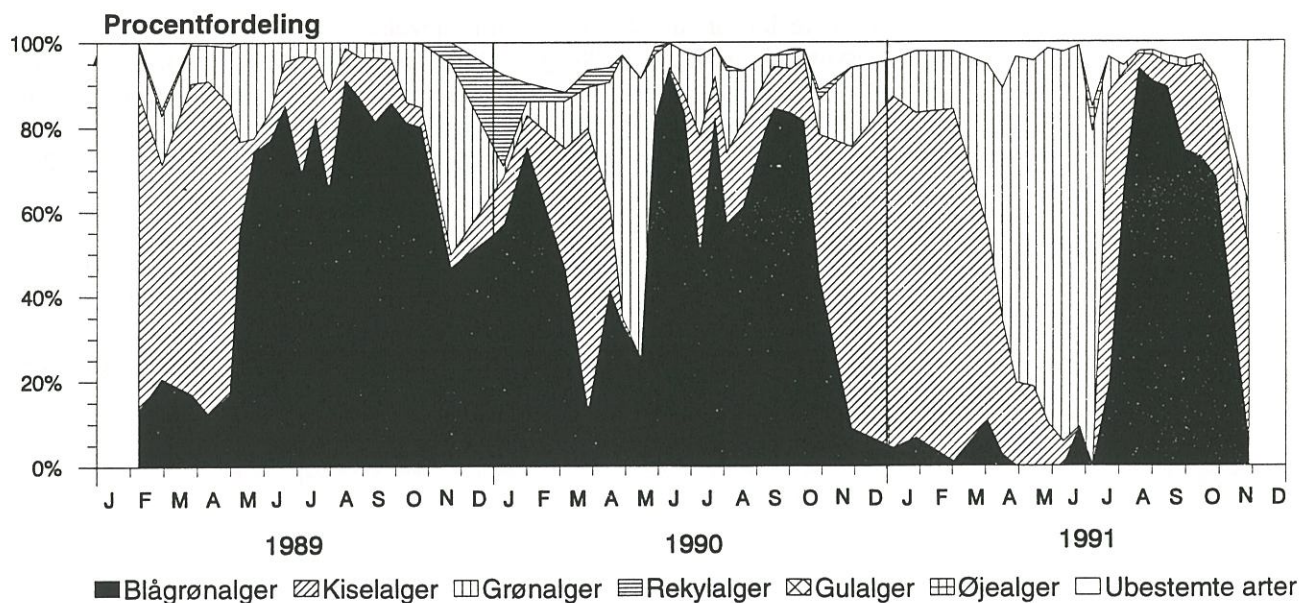
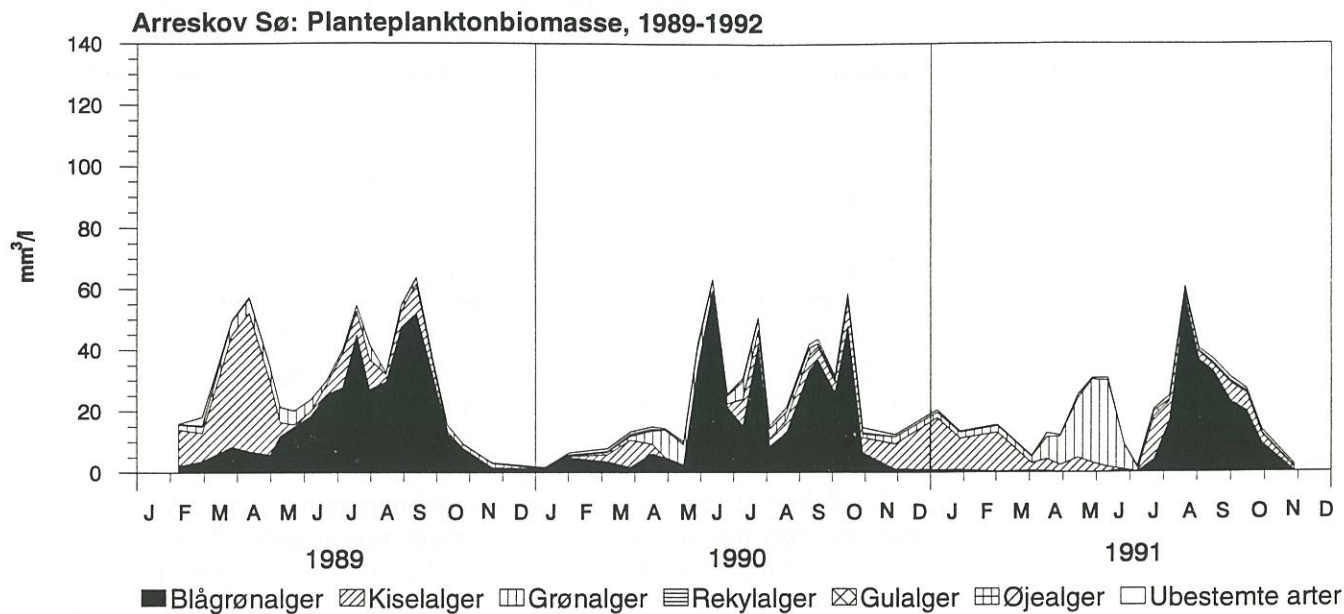
Det er kendt, at *Gloeotrichia echinulata* ofte starter sin vækst på bunden, og herefter migrerer op i vandet (Barbiero og Welch, 1992). Barbiero og Welch (1992) påviste i en undersøgelse, at 40 % af de planktoniske kolonier af *G. echinulata* blev rekrutteret direkte fra bunden, og at den fosfor, som blev transporteret med op fra bunden, udgjorde størstedelen af planktonets fosforindhold. Algerne syntes således at være stort set uafhængige af fosforforsyning fra vandfasen. En tilsvarende transport kunne kun i ubetydeligt omfang påvises for *Aphanizomenon flos-aquae*, men også denne alge synes at have et potentiale for at udnytte sedimentets fosforreserver (Barbiero og Welch, 1992).

Sidst på året er temperaturen og dermed mineraliseringen faldende, og i efteråret sker der overvejende en sedimentation af fosfor. Der er dog også konstateret frigivelse af fosfor i forbindelse med en kraftig nedbrydning af organisk stof (oktober-november 1989) eller et sent maksimum af blågrønalger (oktober 1990).

Resultaterne viser, at fosforudvekslingen med sedimentet er af afgørende betydning for fosforindholdet i søen. Fosforindholdet i søen kan således halveres eller fordobles på mindre end en måned blot som følge af sedimentation eller frigivelse af fosfor fra sedimentet.

I første halvår af 1992 var fosforfrigivelsen betydeligt mindre end i den tilsvarende periode i 1990 og 1991. Det markant lavere fosforindhold i søen i 1992 skyldtes således til dels en mindre fosforafgivelse fra sedimentet. Endvidere fortsattes den tidligere nævnte generelle fortynding af fosforkoncentrationen, ligesom fosfortilledningerne i vinterhalvåret 1991/92 var forholdsvis små.

I løbet af perioden 1. januar 1989 til 1. januar 1993 er der ialt fjernet 1.176 kg fosfor fra søvandet. Selvom processerne med sedimentation og frigivelse af fosfor fra sedimentet ikke synes at have ændret sig markant i perioden, foregik svingningerne i vandets fosforkoncentration i 1992 omkring et meget lavere niveau end tidligere.

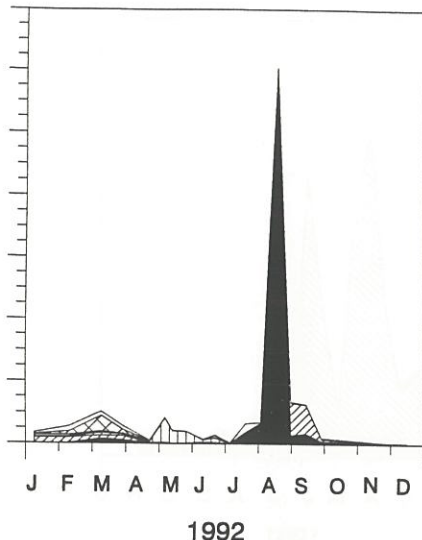


Figur 7.1.1.  
Planteplanktonets biomasse og den procentvise fordeling af de enkelte planteplankton-grupper i Arreskov Sø, 1989-92.

# 7. Biologiske forhold i søen

## 7.1 Planteplankton

Planteplanktonets samlede biomasse i både forårs- og sommerperioden 1992 var langt lavere end i de foregående år (figur 7.1.1 og tabel 7.1.1). Det var især karakteristisk, at der manglede et forårsmaksimum af kiselalger, og at blågrønalgerne kun havde et kort (men heftigt) maksimum i august. Alle de tidligere år havde en langvarig dominans af blågrønalger i sommerperioden. Således var mængden af blågrønalger i sommerperioden ca. halveret i forhold til 1989. Også mængden af kiselalger og grønalger var reduceret.

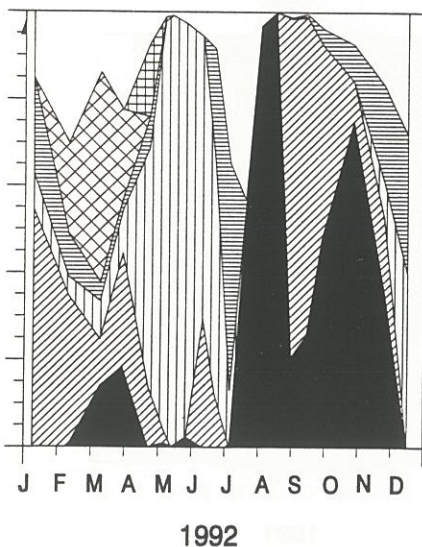


|                 | Sommerperiode              |    |                            |    |                            |    |                            |    |
|-----------------|----------------------------|----|----------------------------|----|----------------------------|----|----------------------------|----|
|                 | 1989<br>mm <sup>3</sup> /l | %  | 1990<br>mm <sup>3</sup> /l | %  | 1991<br>mm <sup>3</sup> /l | %  | 1992<br>mm <sup>3</sup> /l | %  |
| Blågrønalger    | 30                         | 77 | 27                         | 77 | 14                         | 51 | 13                         | 77 |
| Rekylalger      | 0,03                       | 0  | 0,11                       | 0  | 0,21                       | 1  | 0,1                        | 0  |
| Kiselalger      | 6,0                        | 16 | 3,3                        | 9  | 3,8                        | 14 | 2,0                        | 12 |
| Grønalger       | 2,7                        | 7  | 3,8                        | 11 | 8,8                        | 32 | 1,3                        | 8  |
| Ubestemte arter | 0,0                        | 0  | 0,83                       | 2  | 0,80                       | 3  | 0,4                        | 2  |
| Gns. biomasse   | 38                         | -  | 35                         | -  | 28                         | -  | 16                         | -  |
| Maks. biomasse  | 64                         | -  | 63                         | -  | 61                         | -  | 121                        | -  |

Tabel 7.1.1.

Planteplankton i Arreskov Sø 1989-92. Gennemsnitlig biomasse og procentvis sammensætning i sommerperioden 1. maj - 30. september.

Idet følgende beskrives hovedtrækkene i planteplanktonets udvikling i 1992. En tilsvarende beskrivelse for de tidligere år findes i Fyns Amt (1992). For nærmere detaljer om planktonsammensætningen de enkelte år henvises til udarbejdede notater om planktonet (Miljøbiologisk Laboratorium, 1990, 1991, 1992 og 1993).

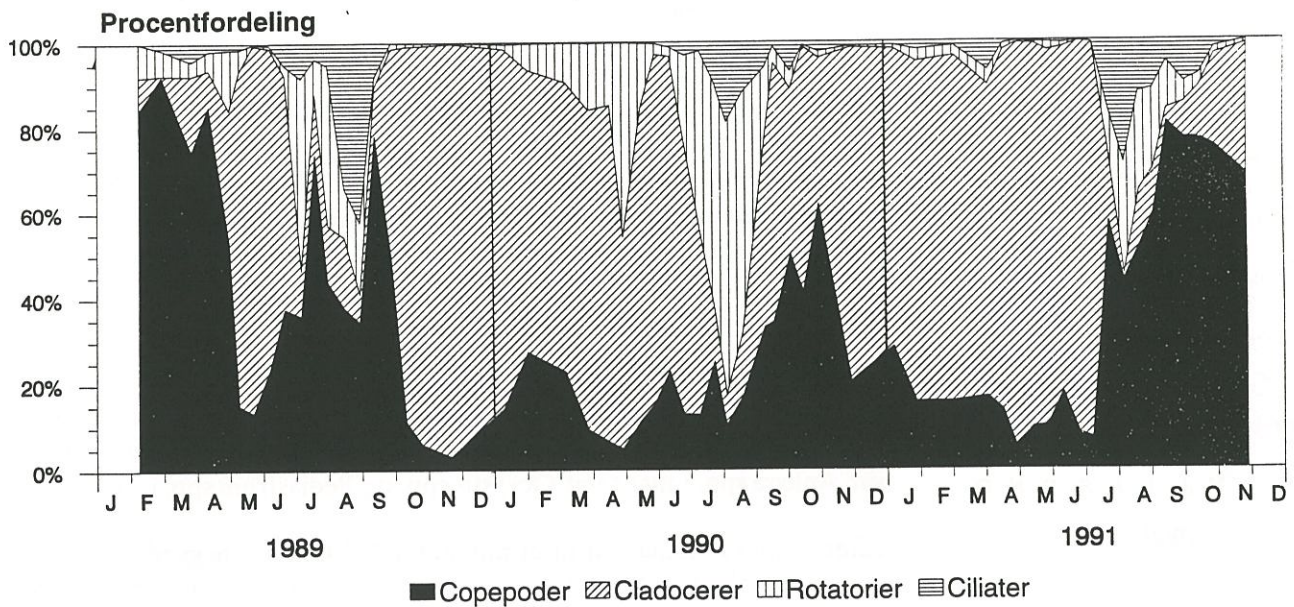
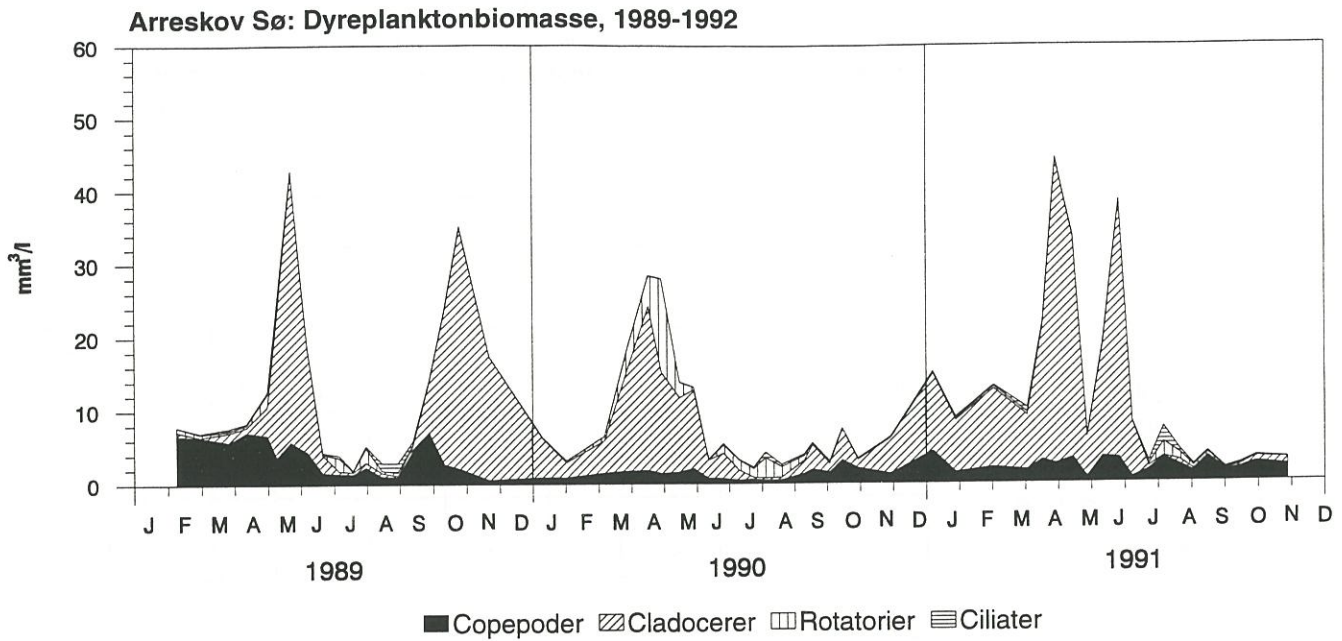


### Planteplanktonets biomasse og årstidsvariation 1992.

Efter en lav biomasse i starten af året fremkom der et relativt lille forårsmaksimum i midten af marts. Kiselalger, som normalt dominerer under forårsmaksimum, var af relativt mindre betydning, idet planktonet var domineret af en lille flagellat, *Chrysochromulina* parva, der udgjorde 20-48% af biomassen.

Biomassen faldt til 1,0 mm<sup>3</sup>/l i slutningen af april og steg til et forsommermaksimum på 8,5 mm<sup>3</sup>/l i begyndelsen af maj. Grønalger dominerede i hele perioden fra slutningen af april til begyndelsen af juli. De vigtigste slægter var *Ankyra* spp. i maj samt *Oocystis* spp. og *Pediastrum* spp. i juni.

Efter et fald i biomassen til et minimum, 0,2 mm<sup>3</sup>/l, i begyndelsen af juli, steg planteplanktonbiomassen først jævnt til 7,0 mm<sup>3</sup>/l i begyndelsen af august, og derefter i løbet af 14 dage til et ekstremt højt maksimum (121 mm<sup>3</sup>/l) af de store, trådformede blågrønalger *Gloetrichia echinulata* og *Aphanizomenon flos-aquae*. Begge arter er græsningsresistente og kvælstoffikserende, og de opnåede den højeste biomasse, der til dato er målt i Arreskov Sø. Maksimet var kortvarigt, og allerede efter 14 dage var de



Figur 7.2.1  
Dyreplanktonets biomasse og den procentvise fordeling af de enkelte dyreplanktongrupper i Arreskov Sø, 1989-92.



to arter næsten forsvundet fra planktonet. Biomassen faldt til 14 mm<sup>3</sup>/l, hvor den holdt sig til midten af september, nu med den centrale kiselalge *Aulacoseira (Melosira) granulata* som dominerende art.

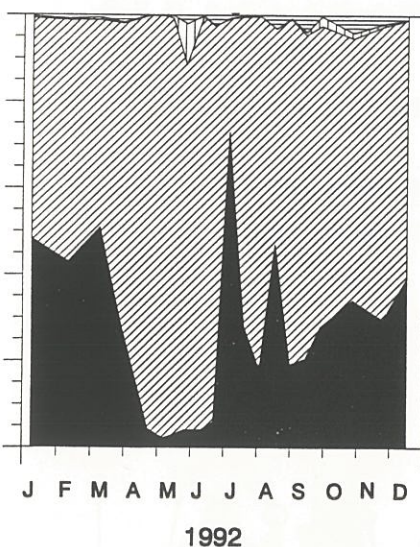
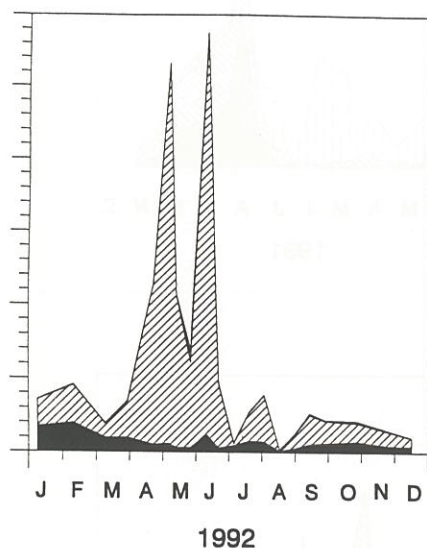
Fra slutningen af september og året ud var biomassen lav. De dominerende algegrupper var blågrønner (især *Aphanizomenon flos-aquae*) i oktober-november, samt rekyllalger (især *Rhodomonas lacustris*) og grønner (især *Ankyra spp.*) i december.

## 7.2 Dyreplankton

Dyreplanktonbiomassen var meget høj i 1992. Den varierede mellem 0,3 mm<sup>3</sup>/l i august og 58 mm<sup>3</sup>/l i juni.

Den vigtigste dyreplanktongruppe var cladocerer, der dominerede det meste af året, og udgjorde 91% af den totale, gennemsnitlige biomasse i sommerperioden. Copepoder udgjorde i denne periode 7%, og rotatorier og ciliater hver ca. 1%.

Dyreplanktonets gennemsnitlige biomasse i sommerperioden var højere end i de foregående år (tabel 7.2.1). Dette var en følge af en langt større cladocer-biomasse, og der er således sket et tydeligt skift i sammensætningen af dyreplanktonet, fra overvejende små copepoder og cladocerer i 1989-91 til store cladocerer i 1992.



|                | Sommerperiode              |    |                            |    |                            |    |                            |    |
|----------------|----------------------------|----|----------------------------|----|----------------------------|----|----------------------------|----|
|                | 1989<br>mm <sup>3</sup> /l | %  | 1990<br>mm <sup>3</sup> /l | %  | 1991<br>mm <sup>3</sup> /l | %  | 1992<br>mm <sup>3</sup> /l | %  |
| Ciliater       | 0,38                       | 3  | 0,22                       | 4  | 0,42                       | 3  | 0,08                       | <1 |
| Rotatorier     | 0,64                       | 6  | 1,13                       | 22 | 0,49                       | 4  | 0,16                       | 1  |
| Cladocerer     | 7,22                       | 64 | 2,95                       | 57 | 8,91                       | 74 | 12,59                      | 91 |
| Copepoder      | 3,07                       | 27 | 0,89                       | 17 | 2,21                       | 18 | 1,00                       | 7  |
| Gns. biomasse  | 11,3                       | -  | 5,2                        | -  | 12,0                       | -  | 13,8                       | -  |
| Maks. biomasse | 42,9                       | -  | 28,0                       | -  | 44,5                       | -  | 57,6                       | -  |

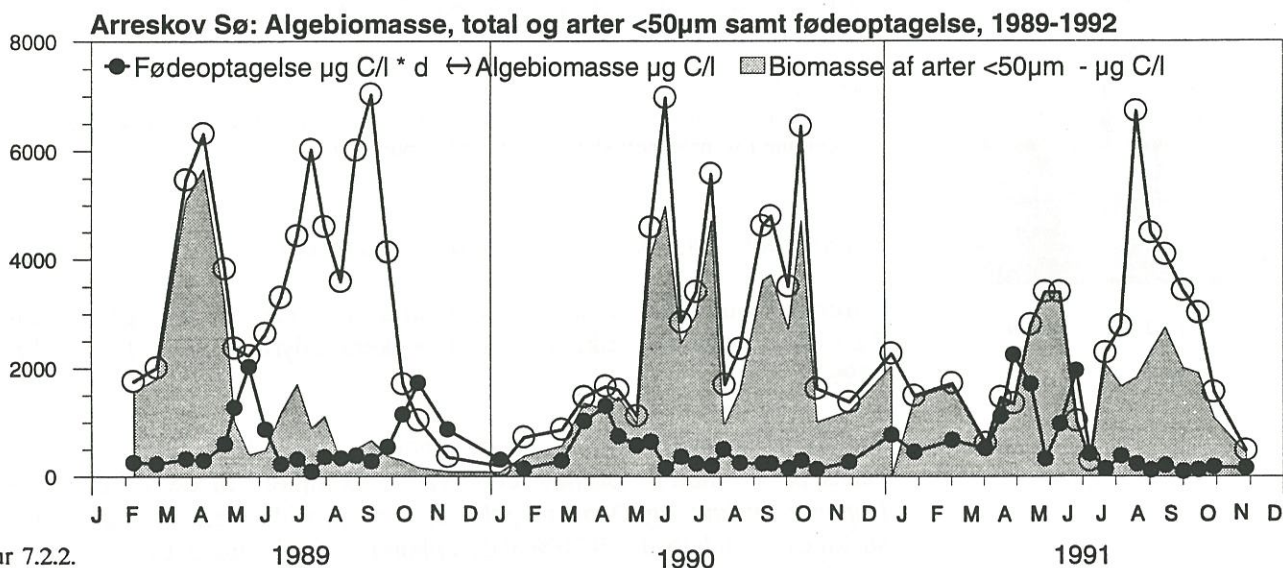
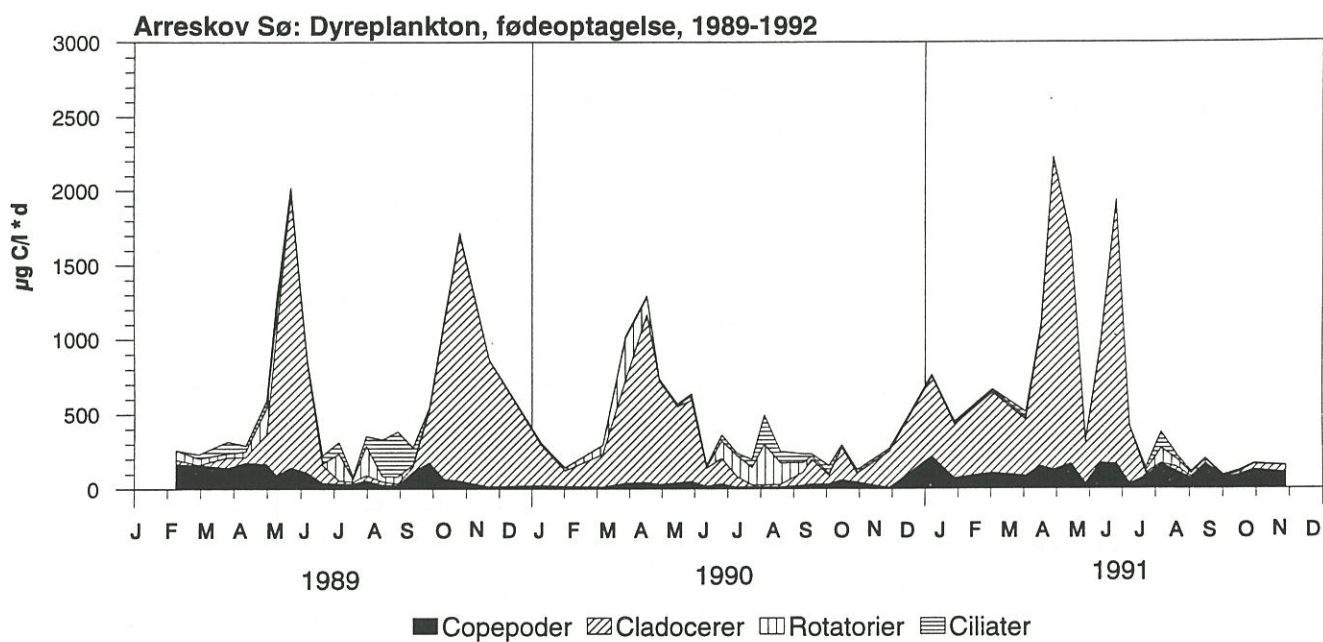
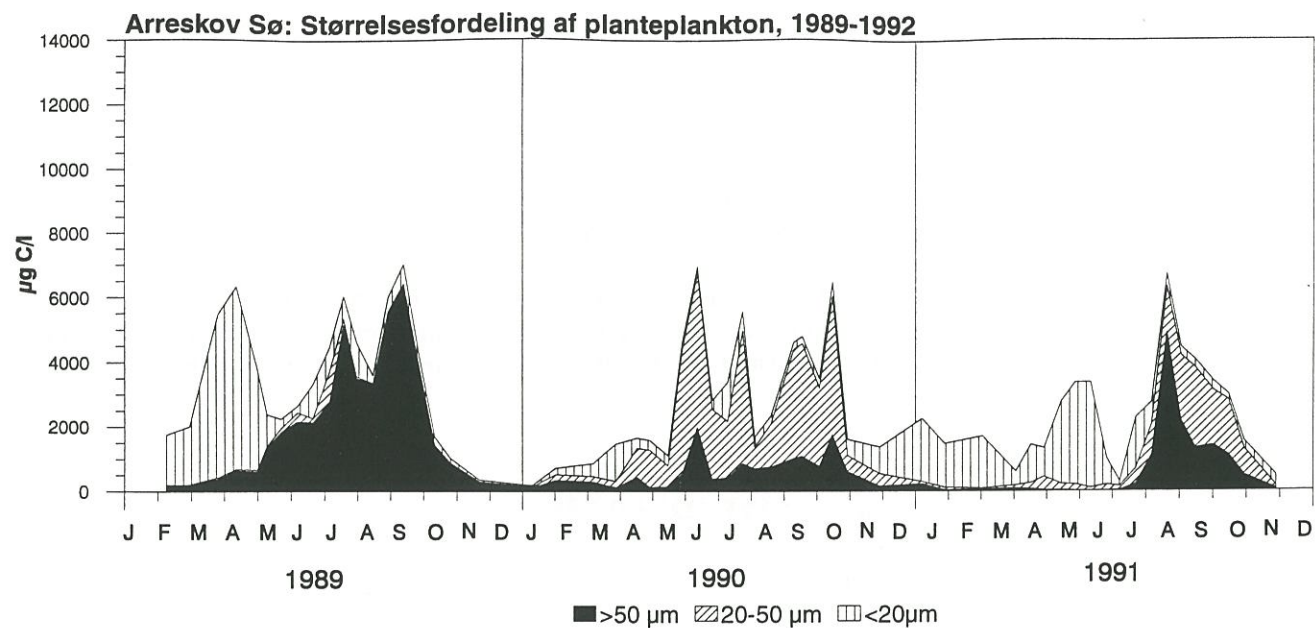
Tabel 7.2.1.

Dyreplankton i Arreskov Sø 1989-92. Gennemsnitlig biomasse og procentvis sammensætning i sommerperioden 1. maj - 30. september.

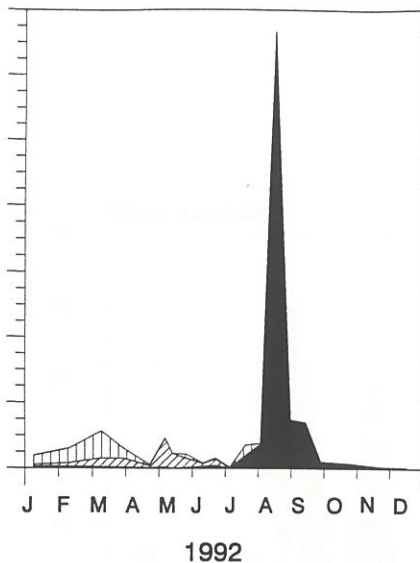
### Dyreplanktonets biomasse og årstidsvariation 1992.

Dyreplanktonets biomasse og årstidsvariation i 1989-92 fremgår af figur 7.2.1. I det følgende beskrives hovedtrækkene i dyreplanktonets udvikling i 1992.

Ved årets begyndelse var biomassen moderat, og lå frem til slutningen af marts på 4-9 mm<sup>3</sup>/l. Dominerende var et kompleks af de store dafnier *Daphnia hyalina* og *Daphnia galeata*, som hybridiserer, og ikke kunne adskilles. De udgjorde 48-70% af dyreplanktonets biomasse. Copepodernes andel af biomassen var i denne periode 28-51%, og størsteparten af



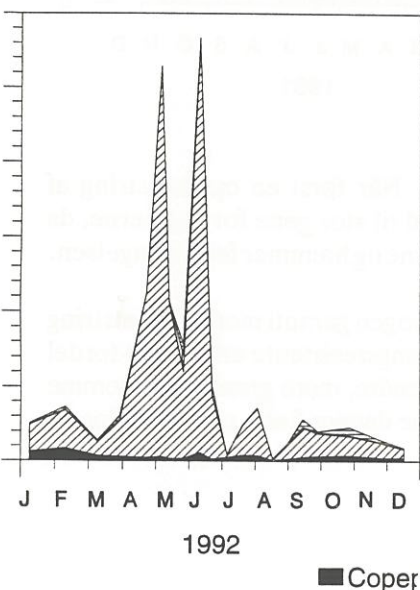
Figur 7.2.2. Planteplanktonets biomasse og størrelsesfordeling samt dyreplanktonets beregnede fødeoptagelse i Arreskov Sø, 1989-92.



copepod-biomassen bestod af *Cyclops* copepoditer.

Herefter steg biomassen stærkt til et markant maksimum (53 mm<sup>3</sup>/l) i starten af maj. Umiddelbart efter faldt biomassen, men i starten af juni optrådte endnu et biomassemaksimum (58 mm<sup>3</sup>/l), hvorefter biomassen igen faldt brat (til 1,2 mm<sup>3</sup>/l) i starten af juli. I hele denne periode dominerede cladoceren *Daphnia hyalina/galeata* totalt. Blandt copepoderne var *Eudiaptomus gracilis* den vigtigste art.

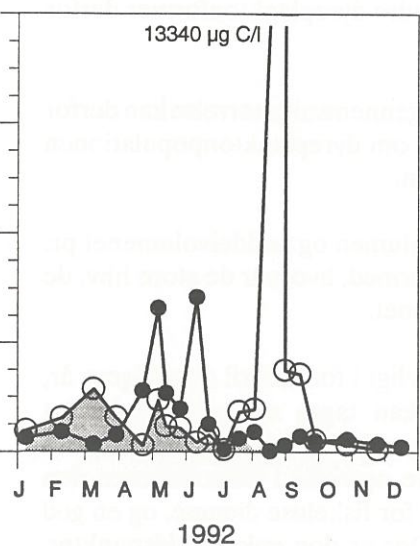
Efter cladocer-populationens sammenbrud udvikledes i starten af august et mindre maksimum (7,8 mm<sup>3</sup>/l). Også dette var domineret af dafnier, *Daphnia magna* og *Daphnia hyalina/galeata*. Under det store blågrønalgmaksimum i midten af august forsvandt dyreplanktonet næsten fra søen. Herefter var dyreplanktonets biomasse moderat (2,0-5,3 mm<sup>3</sup>/l) året ud. Store dafnier var fortsat dominerende, *Daphnia magna*, *Daphnia hyalina/galeata* og *Daphnia pulex*. Cladocerer udgjorde 60-89% af biomassen, mens copepoder udgjorde 10-39%. Vigtigste copepodart var *Eudiaptomus gracilis*.



### Græsning.

Dyreplanktonets fødeoptagelse er beregnet på baggrund af et skønnet forhold mellem den daglige fødeoptagelse og biomasse af dyrene. Ved beregningen er det antaget, at ciliater, rotatorier, cladocerer og copepoder spiser henholdsvis 5, 2, 1, og 0,5 gange deres egen biomasse pr. dag. Ved opgørelsen er der samtidig udeladt arter, som ikke eller kun i meget ringe omfang lever af plantepilankton. Opgørelsen er meget usikker, og skal kun betragtes som retningsgivende.

Plantepilanktonets størrelse er af betydning for dets egnethed som føde. De filtrerende dyreplanktonarter (cladocerer og calanoide copepoder) optager mest effektivt partikler mindre end 50 µm (Hansen, m.fl., 1992). På fig. 7.2.2 er dyreplanktonets anslåede fødeoptagelse sammenstillet dels med den totale algebiomasse, dels med biomassen af alger < 50µm.

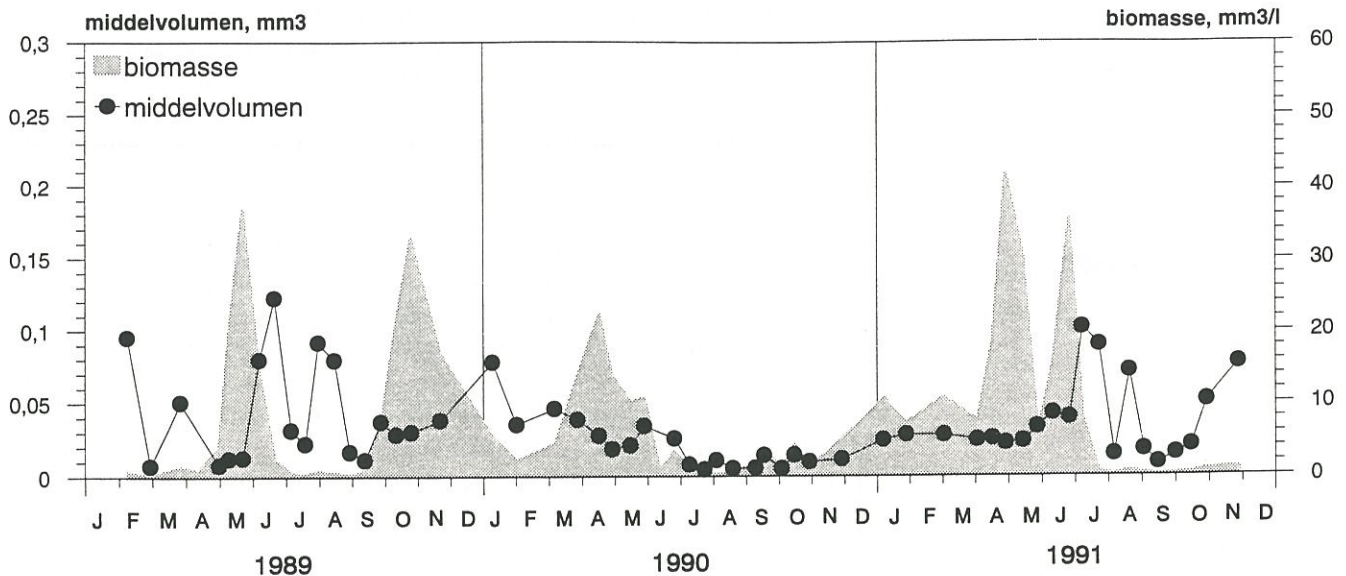


Det fremgår af figuren, at algerne helt frem til slutningen af juli synes at have udgjort et udmærket fødegrundlag for dyreplanktonet, idet stort set hele algebiomassen bestod af små arter. Den daglige fødeoptagelse var i april til juli større end den samlede algebiomasse, og dyreplanktonet har antagelig været fødebegrænset i perioder. Det er således første gang i den undersøgte fireårige periode, at dyreplanktonet stort set har kunnet kontrollere plantepilanktonet i hele den første halvdel af året.

I starten af juli 1992 var fødegrundlaget for dyreplanktonet helt forsvundet, og også dyreplanktonet brød sammen. Herefter kunne blågrønalgene vokse op til et stort maksimum i august. Her gentog billedet fra de tidligere år sig, nemlig at dyreplanktonets biomasse og græsning reduceres til et minimum i perioden med mange blågrønalger.

Det er sandsynligt, at det massive græsningstryk i forsommeren var medvirkende til at forhindre en tidligere opblomstring af blågrønalger. Blågrønalgene kan nemlig optages af dyreplanktonet, hvis kolonierne/trådene er tilstrækkeligt små. På denne måde kan dyreplanktonet forhindre en

### Arreskov Sø: Biomasse og middelvolumen af Cladocerer, 1989-1992



Figur 7.2.3. Cladocerernes samlede biomasse og gennemsnitlige individstørrelse i Arreskov Sø, 1989-92.

opblomstring ved at "tage den i opløbet". Når først en opblomstring af blågrønalg er etableret, er disse imidlertid til stor gene for dafnierne, da blågrønalgernes sætter sig i filtreringsorganerne og hæmmer fødeoptagelsen.

En stor population af dafnier er derfor ikke nogen garanti mod opblomstring af blågrønalg. Tværtimod kan disse græsningsresistente arter have fordel af, at græsserne mindsker konkurrencen fra andre, mere græsningsfølsomme arter. Blågrønalg *Aphanizomenon flos-aquae* danner f.eks. ofte vandblomst, når der er dafnier tilstede (Lynch, 1980)

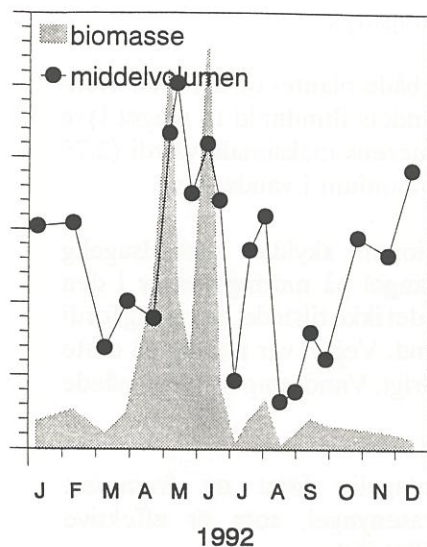
#### Predation

Fisk, som lever af dyreplankton, spiser fortrinsvis de større former af calanoide copepoder og cladocerer i søvandet. I søer, hvor fiskenes predation på dyreplanktonet er stor, vil mindre dyreplanktonformer derfor blive dominerende.

Dyreplanktonets, og specielt cladocerernes gennemsnitsstørrelse kan derfor være en værdifuld hjælp ved vurdering af, om dyreplanktonpopulationen er begrænset af fødemangel eller predation.

På figur 7.2.3 er vist cladocerernes totale volumen og middelvolumenet pr. individ i perioden 1989-92. Figuren viser dermed, hvornår de store hhv. de små cladocerer har domineret dyreplanktonet.

Dominansen af store dafnier i 1992 ses tydeligt i forhold til de tidligere år, hvor små bosminer dominerede. Dette kan tages som udtryk for, at predationen fra planktonædende fisk generelt har været beskedent fra efteråret 1991 og igennem 1992. Endvidere optrådte i sensommeren den store dafnie *Daphnia magna*, som er typisk for fiskeløse damme, og en god indikator for manglende fiskepredation. Der er dog enkelte tidspunkter,



hvor predationen synes at have haft betydning.

I juni 1992 skete et kraftigt fald i biomassen samtidig med at gennemsnitsstørrelsen faldt. Dette kan betyde, at reduktionen til dels skyldtes predation fra fiskeyngelen, og ikke kun fødemangel som ovenfor nævnt. En måned før var der ligeledes sket et fald i biomassen, men her skete der først en mindre stigning i gennemsnitsstørrelsen, hvorefter den faldt. På dette tidspunkt (i slutningen af maj) kan der have været tale om predation fra aborrengelen, men fødemangel har antagelig været den vigtigste faktor.

Det fald i den gennemsnitlige individstørrelse, der skete i august måned, skyldes næppe predation. Årsagen er snarere, at de store dafnier klarede sig dårligt, mens blågrønalgerne dominerede.

### 7.3 Samspil mellem fysisk-kemiske og biologiske forhold i søen.

På baggrund af ovenstående beskrivelse af planktonsamfundenes variation diskuteres i det følgende de faktorer, som kan have reguleret plante- og dyreplanktonets artssammensætning og biomasse i 1992. Forskelle og ligheder i forhold til tidligere år inddrages.

Fra årets start var vandet klart og algebiomassen lav. Et lille forårsmaksimum i marts var domineret af *Chrysochromulina parva*, og ikke som de tidligere år af kiselalger. Et højt græsningstryk fra dyreplanktonet (især den store *Daphnia hyalina/galeata*) var sandsynligvis hovedårsagen til denne ændring. Der var hverken silikat-, kvælstof- eller fosforbegrænsning i forårsperioden frem til maj måned. *Daphnia hyalina/galeata* er effektive græssere, og var i stand til at holde algebiomassen på et lavt niveau. De tilstedeværende algearter var næsten udelukkende små grønalger (især *Ankyra* spp.), som på grund af et stort vækstpotentiale er i stand til at undgå total nedgræsning.

I 1991 var cladocer-biomassen større i vinter-forårsperioden end i 1992, men formåede dog ikke i samme omfang at holde algepopulationen nede i denne periode. I dette år var *Bosmina*-arter imidlertid dominerende i planktonet, og disse er ikke så effektive til at holde algerne nede. Specielt bemærkes det, at den store og meget almindelige kiselalge *Asterionella formosa*, som var betydende de tidligere år, i 1992 stort set var fraværende fra planktonet. Store *Daphnia* er i stand til at spise denne store alge (Reynolds, 1984).

I slutningen af maj 1992 skete der som i maj 1991 et fald i dyreplanktonmængden. Mængden af planteplankton var på dette tidspunkt lav i forhold til dyreplanktonets samlede fødeoptagelse, så fødemangelen må have været betydelig. Som omtalt ovenfor kan predation fra aborrengel endvidere have spillet ind.

I modsætning til i 1991 skete der ikke nogen opvækst af planteplankton i den følgende periode (juni). Der var altså stadigvæk tilstrækkelig med dyreplankton til at holde algemængden nede. De tilstedeværende alger var dels den store, og dermed temmelig græsningsresistente kiselalge

*Aulacoseira granulata*, dels forholdsvis små, hurtigtvoksende arter som *Cryptomonas spp.* og *Oocystis spp.* De sidstnævnte arter er en udmærket føde for dyreplanktonet, men kan som følge af deres store vækstpotentiale klare sig, selvom der er et betydeligt græsningstryk.

I starten af juli skete der et sammenbrud af både plante- og dyreplanktonpopulationen. I forbindelse hermed faldt vandets iltindhold til meget lave værdier (2-3 mg/l), sigtddybden steg til sommerens maksimale værdi (2,75 m), og koncentrationen af ortofosfat og ammonium i vandet steg.

Sammenbruddet i planteplanktonpopulationen skyldtes hovedsagelig græsning. Der var således ikke specielt mangel på næringsstoffer i den pågældende periode. Kiselalger var overhovedet ikke tilstede, antagelig fordi de var sunket til bunds i det varme, stille vand. Vejret var nemlig på dette tidspunkt meget varmt og relativt stille og solrigt. Vandtemperaturen nåede sin højeste værdi på ca. 21 °C.

Dyreplanktonsammenbruddet skyldtes antagelig først og fremmest fødemangel. Predation fra skalle- og brasenyngel, som er effektive dyreplankton-spisere kan dog også have spillet ind.

I midten af august opstod der et massivt maksimum af de kolonidannende og kvælstoffikserende blågrønalger *Gloeotrichia echinulata* og *Aphanizomenon flos-aquae*. Begge arter kan starte deres vækst på bunden, hvor de kan udnytte bundens høje koncentrationer af næringsstoffer (se Barbiero og Welch (1992) og Lynch (1980)). I tidsrummet op til denne opblomstring havde der været sigtddybder på 1,5 - 2,5 meter, således at der var gode lysforhold ved størstedelen af søbunden. Ifølge Lynch (1980) kan *Aphanizomenon flos-aquae* således ved gode lys- og iltforhold vokse til græsningsresistent størrelse i sedimentet. Det samme er antagelig gældende for *G. echinulata*. Da der under blågrønalgerens maksimum stort set ikke var andre (og spiselige) alger til stede i vandet, faldt dyreplanktonbiomassen til et minimum i denne perioden.

Under cladocerernes fravær opformeredes den store, trådformede kiselalge *Aulacoseira granulata* til et maksimum i september. Denne alge er temmelig græsningsresistent på grund af sin størrelse, men allerede i slutningen af måneden var algebiomassen igen lav, og holdt sig på et lavt niveau året ud. På dette tidspunkt var der rigeligt med næringsstoffer i vandet, og faldet i biomasse må igen skyldes græsning fra den cladocer-population, som igen havde etableret sig. Endvidere blev planteplanktonets væksthastighed nedsat på grund af faldende lysindstråling og lavere temperaturer.

1992 adskiller sig således fra de tidligere år ved, at planteplanktonet i stort set hele året var kontrolleret af dyreplanktonet. Årsagen til dyreplanktonets effektive kontrol dette år var, at det i langt højere grad end tidligere bestod af store dafnier, der effektivt kan filtere alger indenfor et stort størrelsesspektrum. Kun på et enkelt tidspunkt undgik planteplanktonet denne kontrol (ved arter, der kunne vokse på bunden til græsningsresistent størrelse), og opnåede da den højeste biomasse, der er set i søen de sidste 4 år.

Søens næringsrigdom giver derfor et stort potentiale for algevækst, og de

biologiske forhold er derfor af afgørende betydning for, i hvor høj grad algerne får lov til at opformere sig.

Når dyreplanktonet i 1992 i højere grad end tidligere var domineret af store dafnier, skal forklaringen antagelig findes i en stærkt nedsat predation fra fisk. Fiskebestanden synes da også at have ændret sig drastisk frem til 1992. Dette behandles nærmere i det følgende afsnit.

## 7.4 Fisk

Fiskebestanden i Arreskov sø blev undersøgt i august 1992 ved hjælp af et standardiseret fiskeri med biologiske oversigtsgarn. Undersøgelsens resultater er detaljeret beskrevet i rapporten "Fiskebestanden i Arreskov Sø - august 1992" (Fyns Amt, 1993b). I denne rapport er der også draget sammenligninger med tidligere fiskeundersøgelser, således at udviklingen i fiskebestanden kan vurderes.

I dette afsnit resumeres de vigtigste resultater af fiskeundersøgelsen, idet der lægges særlig vægt på forhold, der kan medvirke til at forklare de observerede ændringer i søens tilstand i 1992.

Fiskebestanden var i august 1992 kendetegnet ved en stor bestand af helt små fisk (5-8cm), især årsyngel af aborre og hork. Derimod var der en udtalt mangel på fisk større end 10 cm blandt alle arter på nær brasen. Fangsten af større fisk var således den laveste blandt de hidtil undersøgte danske søer.

Vægtmæssigt dominerede brasen med 68% af biomassen. Bestanden bestod af få, men meget store brasen, og en relativt stor mængde årsyngel. Hork dominerede antalmæssigt, men også aborrer var talrige, især som følge af et rekordhøjt antal småaborrer. Skallerne, som dominerede ved den sidste fiskeundersøgelse i 1987, udgjorde vægtmæssigt kun ca. 5% af fiskebestanden, og også antalmæssigt var bestanden moderat.

Søens bestand af rovfisk var meget lille. Store rovlevende aborrer fandtes ikke, og der blev heller ikke fanget gedder. Fangsten rummede en enkelt større sandart og en meget stor mængde sandartyngel, den hidtil største fangst af småsandarter i danske søer.

Fangsten af ål var også lille, og de fangne ål var små og havde en dårlig kondition.

Der synes i perioden op til sommeren 1992 at være foregået en betydelig reduktion af de større planktonædende fisk i søen. En del af denne reduktion kan forklares ved erhvervsfiskerens fangster, idet skaller og brasen, der fanges i hans bundgarn, fjernes fra søen. En del skaller og brasen har erhvervsfiskeren endvidere opfisket i søens afløb i vinteren 1991/92, hvor de samlede sig i store mængder. De fangne fisk blev herefter flyttet nedstrøms for stemmeværket ved Arreskov Vandmølle og dermed fjernet fra søen. Selvom der ikke er fundet døde fisk i søen, må det derudover antages, at en del fisk er døde som følge af periodevis dårlige miljøforhold i søen. I både 1991 og 1992 forekom således perioder med

meget lavt iltindhold i søvandet.

Undersøgelsen af dyreplanktonet i 1992 viser, at dette i langt ringere grad end de tidligere år har været udsat for predation fra fisk. Selvom de yngre årgange af aborre, skalle og brasen har været talrige i søen, har det generelle predationstryk fra planktonædende fisk altså været forholdsvis lavt i 1992. Dette er en følge af den meget ringe mængde af større, planktonædende skaller og brasen.

De tilstedeværende småfisk var i en meget god kondition, hvilket må skyldes den rigelige fødemængde. Det må derfor forventes, at de hurtigt vokser op og øger predationstrykket på dyreplanktonet. Herefter er der en stor risiko for, at søen vil svinge tilbage til en tilstand med en lille mængde af dyreplankton, der ikke længere er i stand til at kontrollere planteplanktonet i samme omfang som i 1992.

Den reduktion af brasenbestanden, der tilsyneladende er foregået op til 1992, kan være en medvirkende årsag til, at fosforindholdet i vandet var lavere dette år. Forklaringen er i givet fald følgende: Når brasenerne søger føde på barbunden, foregår det ved, at de tager store mundfulde af mudder og filtrerer dette for smådyr gennem gællegitterapparatet. Herved dannes der store fordybninger i sedimentet (brasengruber). En stor bestand af brasener kan således gennem deres fødesøgningsaktivitet medvirke til en forøget fosforfrigivelse fra sedimentet.

Fiskebestanden må som nævnt forventes at ændre sig betydeligt de kommende år, idet bestandens nuværende sammensætning er meget ustabil. Hvilke arter, der bliver dominerende, afhænger antagelig primært af udviklingen i næringssaltkoncentrationen og af udviklingen i rovfiskebestanden.

Forbliver fosforniveauet relativt lavt eller reduceres det yderligere, og bliver aborren den dominerende rovfisk, er det muligt, at bestanden vil udvikle sig i retning af en dominans af store aborrer og skaller. En væsentlig forøget udbredelse af rankegrøden øge sandsynligheden for, at dette sker.

Øges fosforniveauet derimod igen og/eller bliver sandarten den dominerende rovfisk, er det sandsynligt at fiskebestanden med tiden vil vende tilbage til en sammensætning med mange brasener og småskaller og en ringe bestand af store aborrer (Fyns Amt, 1993b).

## 7.5 Vegetation

Rørsump- og undervandsvegetationen i Arreskov Sø blev undersøgt i august 1992.

### Sumplanter

Rørsumpens altdominerende plante var Tagrør. De fleste steder udgjorde disse planter tætte, kraftige bestande med en højde på ca. 3,5 meter. Nogle partier havde dog en mere spredt og lav bevoksning af Tagrør, hvor også



Smalbladet dunhammer, Lådden dueurt og evt. pil eller el forekom. Hist og her var der bestande af Søkogleaks, og i den nordlige del af søen fandtes Strandkogleaks og Blågrøn kogleaks.

Rørsumpen var de fleste steder af begrænset bredde, på østbredden hyppigt 3-5 m, på vestbredden dog ofte noget bredere. På østbredden var dybdegrænsen 0,4-0,6 m (svarende til 0,7-1,0 m ved normal vandstand), og udbredelsen var meget skarpt afgrænset som følge af en stærkt skrånende bund.

På vestbredden var rørsumpen ofte mere udbredt, og bunden var mere blød og jævn. Dybdegrænsen for rørsumpen (Tagrør) var dog også her 0,4-0,6 m.

### Vandplanter

Ses der bort fra løstliggende makroalger, blev der ved undersøgelsen kun fundet 1 art af undervandsplanter, nemlig Krybende vandkrans.

Denne art var hovedsagelig udbredt på lidt blødere sandbund på dybder fra 0,3 til 1,1 m (svarende til 0,7-1,4 m ved normal vandstand). På det lave vand i den nordlige del af søen, ved engen i nordøst og ved Søkilde i den sydøstlige del af søen var bestanden temmelig tæt og dækkede typisk ca. 60% af bunden. I de to sidstnævnte områder var vegetationsbæltet henholdsvis ca. 250 og 350 meter langt og 10-15 meter bredt. I det førstnævnte område fandtes vandkrans over en strækning på 4-500 meter og i en bredde på fra få meter op til 80 meter. Det samlede vegetationsdækkede areal udgør en forsvindende lille del af søens totale bundareal (<1%).

Vandkrans fandtes især, hvor der som følge af græsning var hul i tagrørsbæltet. Den fandtes dog også hist og her udenfor tagrørsbæltet, forudsat at bunden ikke var for blød eller dybden for stor.

På dybder over 0,5 m var Vandkrans mange steder overlejret af grønalger, især *Enteromorpha* sp. Disse kunne endvidere blive dominerende og dække bunden i et tykt lag ved og under dybdegrænsen for Vandkrans. Det er således sandsynligt, at store dele af søbunden var dækket af disse grønalger.

Ved undersøgelsen i 1989 fandtes Vandkrans på stort set de samme lokaliteter, men kun i et smalt bælte på helt lavt vand (ud til vanddybder på 0,3-0,4 m). Vandkrans synes derfor i de sidste par år at have bredt sig og etableret sammenhængende bestande.

I 1989 blev der endvidere fundet Børstebladet vandaks udfor engen ved Søkilde. Selv efter ihærdig eftersøgning blev arten ikke genfundet ved denne undersøgelse.

### Vurdering af vegetationen i 1992

Forholdene i Arreskov Sø har været usædvanlige i 1992. Vandet var således mere klart, med en sigtddybe det meste af året på over 1 meter, mod 20-50

cm de foregående 3 år.

Endvidere var vandstanden i sommerperioden meget lav som følge af den tørre sommer. Vandstanden i juni-august var således 10-30 cm lavere end i to foregående år.

Dette har betydet gode vilkår for udbredelse af den allerede etablerede undervandsvegetation, mens der tilsyneladende ikke er sket nogen indvandring af nye plantearter til søen.

Krybende vandkrans forekommer på lavere vand i søer og fjorde overalt i landet (Moeslund m.fl., 1990). Den er således temmelig almindelig, og har en fordel i det urolige vand i den vindpåvirkede Arreskov Sø på grund af sit udbyggede system af jordstængler og lave vækstform.

Det klare vand i 1992 har også givet de trådformede grønalger gode vækstmuligheder, idet der har været lys helt ned til dybder på 2-3 meter. Udbredelsen af grønalger er ikke undersøgt, men i visse områder har der været betydelige forekomster. Hvis der har ligget mange trådalger på sedimentoverfladen, kan dette have medvirket til at mindske ophvirvlingen af sediment. Endvidere vil trådalgerne optage en del af den fosfor, der frigives fra sedimentet, og dermed medvirke til at mindske fosforindholdet i vandet.

Den tætte og kraftige rørsump med dominans af tagrør er karakteristisk for en næringsrig sø. I den nordlige del af søen forekommer Strandkogleaks og Blågrøn kogleaks, der ofte er knyttet til saltpåvirkede områder og er sjældnere inde i landet. Der er ikke konstateret nogen væsentlige ændringer af rørsumpen siden undersøgelsen i 1989.

## 7.6 Fugle

Overvågning af søens fuglebestand indgår ikke i vandmiljøplanens overvågningsprogram. Der er dog foretaget en relativt intensiv overvågning af fuglene i Arreskov Sø siden 1980. På baggrund af en foreløbig opgørelse (Fyns Amt, 1993c), beskrives hovedtræk i fuglebestandens udvikling i det følgende. Der fokuseres på arter, som i særlig grad kan bruges til at indikere søens miljøtilstand: de planteædende og de fiskeædende fugle.

### Planteædende fugle

**Knopsvaner** fouragerer hovedsageligt på vandplanter, og udbuddet af tilgængelige vandplanter har derfor stor indflydelse på antallet af knopsvaner i søen. Dette antal har gennem hele perioden været lavt, og ynglesuccéen dårlig.

**Blishøns** fouragerer på vandplanter og rørsumpplanter, samt trådalger og smådyr. Det samlede antal regnes derfor for at være et godt udtryk for søens vegetationsforhold. Den samlede bestand af blishøns viser et jævnt fald fra 1982 til 1991. I 1992 øgedes antallet af blishøns væsentligt, og specielt i juli og august 1992 oprådte der et meget stort antal blishøns ved søen. Dette

tyder på, at der var sket en tilsvarende stigning i fødemængderne i 1992.

### **Fiskeædende fugle**

**Toppet** lappedykker er en udpræget fiskeæder. Den er afhængig af mængden af bytte (fisk i den rette størrelse), og af at vandet har en tilstrækkelig sigtbarhed.

Den samlede bestand af både ynglende og rastende fugle har været svingende gennem perioden. Bestanden har dog generelt været lav og ynglesuccessen dårlig. Lavest var bestanden i 1983-85 og i 1989. Efter 1989 har bestanden været stigende. Fra maj måned 1992 har antallet af fugle ved søen generelt været højere end i de øvrige år i perioden 1980-91.

**Skarven** er udelukkende fiskeæder. En stor ynglekoloni i Brændegård Sø ligger kun 8 km fra Arreskov Sø, og skarverne har i hele perioden passeret hen over søen på vej til fourageringspladser ved kysten. Det gennemsnitlige antal fouragerende fugle i søen har imidlertid været ubetydeligt indtil slutningen af 1991 og specielt i 1992, hvor der skete en markant stigning i antallet af fouragerende fugle.

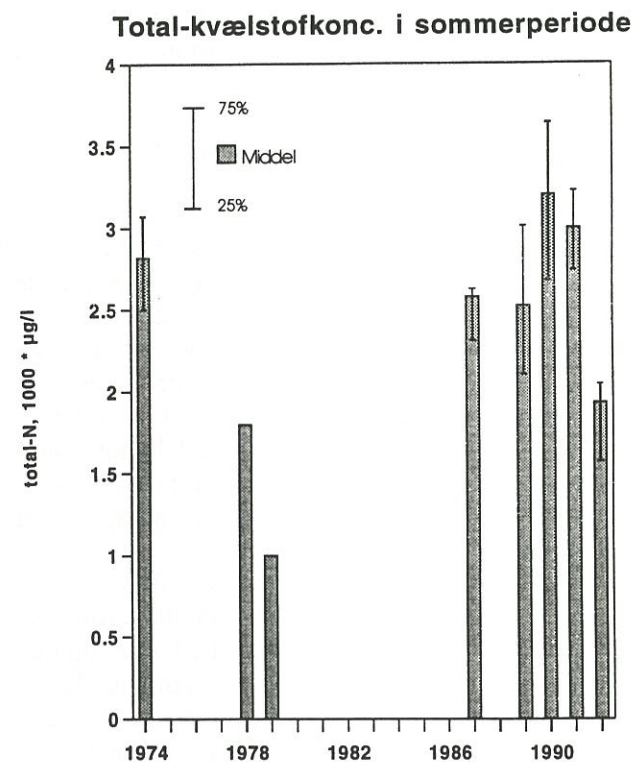
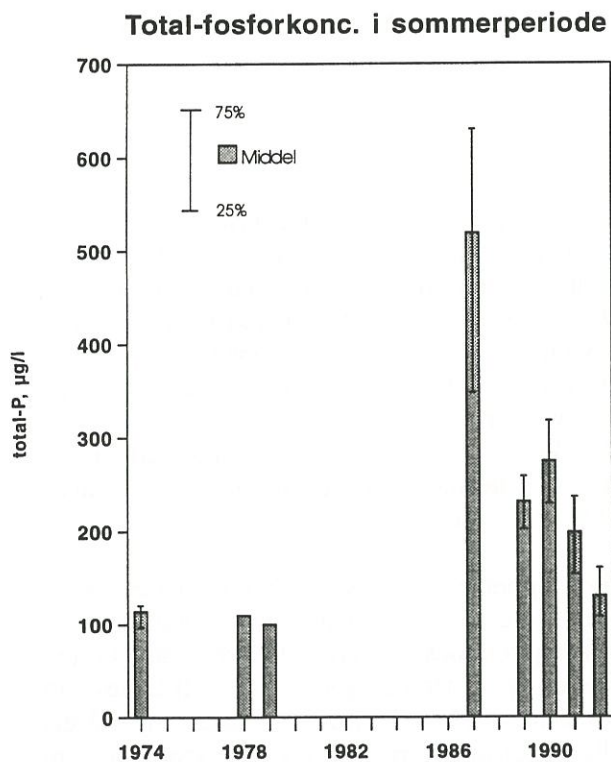
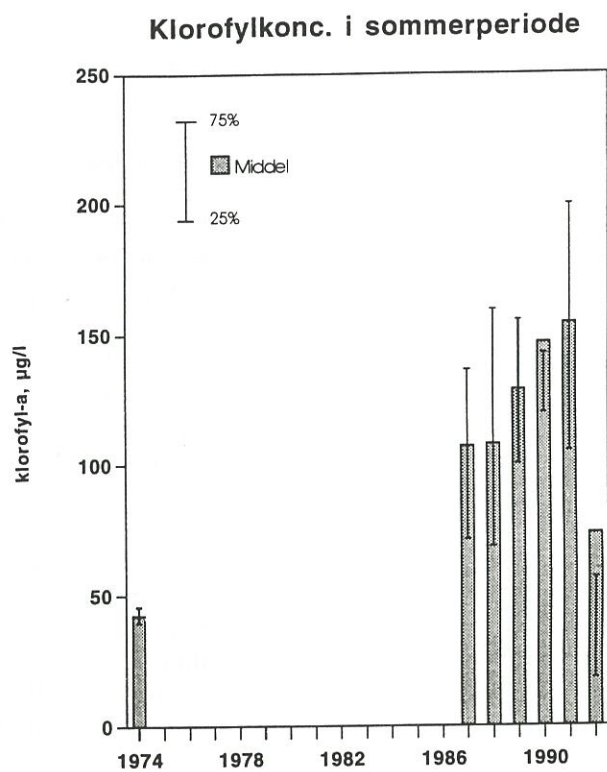
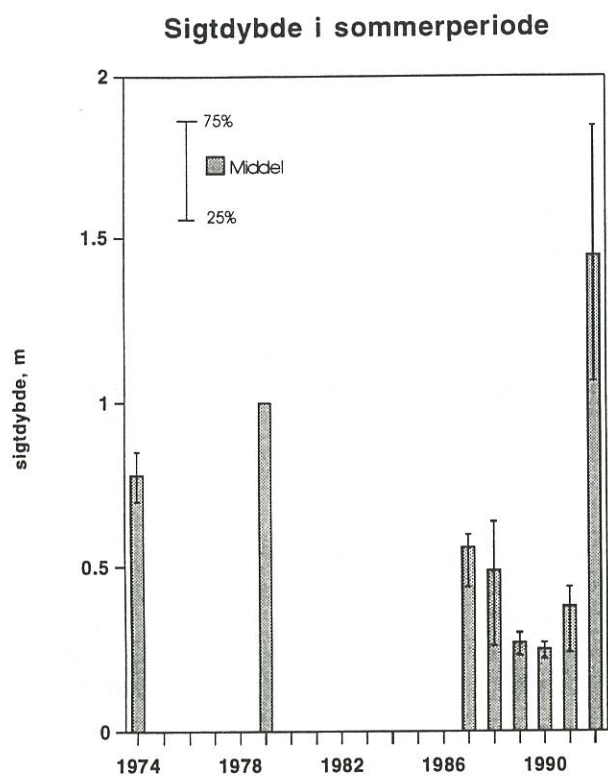
Stigningen i antallet af fouragerende skarver må betyde, at der har været et langt større antal fisk i en tilpas størrelse, og/eller at tilgængeligheden er bedret på grund af den større klarhed i vandet. Stigningen kan endvidere skyldes, at skarvkolonien er vokset. Det sidste anses imidlertid ikke for sandsynligt, da denne vækst har foregået gennem hele den undersøgte periode uden at der samtidig er sket en tilsvarende stigning i antallet af fouragerende fugle.

### **Samlet vurdering**

Bestandene af de planteædende fugle knopsvaner og blishøns har været usædvanlig lave eller er faldet markant i perioden 1980-1991. Dette vurderes at skyldes manglende undervandsvegetation i søen. Den voldsomme stigning i bestanden af blishøns i 1992 må skyldes et markant større fødeudbud, som blishønsene i modsætning til knopsvanerne har kunnet udnytte. Knopsvanerne er snævert knyttet til undervandsvegetationen på lavt vand. Denne synes i et vist omfang at være øget (jvf. afsnit 7.5), men Knopsvanen har et stort fødebehov, og kræver antagelig en stor fremgang i fødeudbuddet før bestanden øges. Blishønsene lever derimod af både vandplanter, trådalger og smådyr, og har derfor et bredere fødegrundlag.

De fiskeædende fugle toppet lappedykker og skarv har ligeledes været fåtallige frem til 1992, hvor der skete en stigning i antallet af fugle. Årsagen til denne stigning skønnes først og fremmest at være det klarere vand i søen. Stigningen kan næppe skyldes en øget fødemængde, da søens fiskebestand var lille i 1992 (se afsnit 7.4). Småfiskene udgjordes hovedsagelig af årets yngel, og disse opnåede tidligst i sensommeren en passende størrelse som føde.

Det klarere vand i 1992 synes altså at have givet de plante- og fiskeædende fugle bedre vilkår i Arreskov Sø.



Figur 8.1. Udviklingen i sigtdybde, samt indhold af klorofyl-a, total-kvælstof og total-fosfor i søvandet i Arreskov Sø i sommerperioden (1.5.-30.9) 1974-92. Angivet middelværdi og 25-75% fraktiler (dvs. at 50% af målingerne ligger indenfor det angivne interval).

# 8. Udvikling i søens miljøtilstand

## 8.1 Tidligere tilstand

På baggrund af redegørelsen i Fyns Amt (1992) refereres herunder udviklingen i søens miljøtilstand, som den tegner sig ud fra de foreliggende oplysninger.

Arreskov Sø synes at have været næringsrig og med uklart vand igennem det meste af dette århundrede. Allerede fra 1920 er der målt ringe sigtddybde og dominans af blågrønalger. Årsagen til denne tidlige forurening af søen er ikke klar, men det kan have spillet ind, at vandstanden er blevet sænket i betydelig grad. Ved den medfølgende tørlægning af mose- og engområder øges nedbrydningen af organisk stof, hvorved de deri bundne næringsstoffer, herunder fosfor, kan udvaskes.

I 1970'erne har miljøtilstanden tilsyneladende været en smule bedre end både tidligere (1920-1960'erne) og senere (frem til 1992). Der blev således i flere år målt sigtddybder på over 1 meter, og et fosforindhold på omkring 0,1 mg/l.

Fra 1974 og op igennem 1980'erne er der sket en negativ udvikling i miljøtilstanden: Fosformængden er steget, algemængden er steget og sigtddybden er faldet (fig. 8.1).

Den dårlige miljøtilstand igennem 1980'erne skyldes utvivlsomt spildevandstilledningen fra Korinth. Denne blev afskåret i 1983, hvorved søens fosfortilledning reduceredes til ca. en trediedel. Spildevandstilledningen havde imidlertid medført en ophobning af fosfor i søens sediment. Dette sediment synes i en periode at have haft en god bindingskapacitet for fosfor, eftersom fosforniveauet i søen var relativt lavt (ca. 0,1 mg/l) helt op til slutningen af 1970'erne. På et tidspunkt herefter begyndte sedimentet dog at frigive den ophobede fosfor, og en voldsom frigivelse blev konstateret i 1987.

Da overvågningsprogrammet startede i 1989, var frigivelsen allerede mindsket, og fosforkoncentrationen var nået ned på et lavere niveau. Imidlertid var algemængden øget og sigtddybden faldet i forhold til 1987. Den reducerede sigtddybde skyldtes især en ophvirvling af sedimentet, der tilsyneladende var blevet mere løst og let ophvirvleligt igennem slutningen af 1980'erne. I 1989-91 var mængden af suspenderet stof målt som tørstof således væsentligt større end i 1978 (jvf. Andersen og Lastein, 1979).

## 8.2 Tilstanden i 1992

I 1992 er der igen sket en betydelig ændring i søens miljøtilstand. Denne ændring er et resultat af en række ændringer i søens biologiske og fysisk-kemiske forhold.

### **Aftagende fosforindhold**

Fosforindholdet i søvandet er gradvist mindsket siden 1987, hvor der skete en voldsom fosforfrigivelse fra sedimentet. I forsommeren sker der stadig en nettofrigivelse af fosfor fra sedimentet, men på årsbasis er sedimentet i stand til at tilbageholde fosfor. I forbindelse med, at fosforkoncentrationen i indløbet til søen er moderat (og synes at have været faldende i de seneste år), har dette medført en gradvis lavere koncentration i søvandet, der er blevet fortyndet af de forholdsvis lave tilledninger.

### **Mindsket ophvirvling af bundmateriale**

Mængden af ophvirvlet materiale har været meget stor i 1987-91, hvilket bl.a. har medført ringe sigtbarhed i vandet. Sedimentet er tilsyneladende blevet mere stabilt i 1992, så mængden af suspenderet materiale nu ligger på niveau med, hvad der blev målt i 1978 (jvf. Andersen og Lastein, 1979). Den mindre grad af ophvirvling har antagelig også medført en mindre fosforfrigivelse fra sedimentet.

### **Stærkt reduceret bestand af fisk, der æder dyreplankton**

Den samlede bestand af de dyreplanktonædende fisk skaller, brasen og mindre aborrer var lille i 1992, selvom mængden af årsyngel af disse arter var høj. Totalt set var fiskenes predation på dyreplanktonet således ikke særlig stor, og store dafnier dominerede dyreplanktonet. Disse er effektive græssere af planteplanktonet, og formåede at holde algemængden nede på et lavt niveau det meste af året. Kombinationen af en ringe algemængde og en mindsket ophvirvling af bundmateriale gjorde, at vandets gennemsigtighed var stor i 1992.

### **Klart vand har bedret vilkårene for planter og dyr**

Det klare vand har bedret undervandsvegetationens vilkår. Denne har bredt sig, og dyr og fugle knyttet til vegetationen har haft bedre vilkår. Dette er antagelig årsagen til, at antallet af blichøns ved søen er steget. Det klare vand er antagelig også medvirkende årsagen til at antallet af Toppet Lappedykker ved søen er steget, og at Skarven er begyndt at fiske i søen.

### **Ålefiskeriet er dårligt**

Træerne vokser ikke ind i himlen, og for helhedens skyld skal det nævnes, at ålene tilsyneladende har haft det dårligt i søen i 1992. Ålefiskeriet gik således helt i stå midt på sommeren, og ved fiskeundersøgelsen blev der kun fanget få, magre ål (Fyns Amt, 1993b). En årsag til det dårlige ålefiskeri kan være, at iltforholdene i søen på flere tidspunkter har været kritiske. Årsagen til de dårlige iltforhold er formentlig, at den iltforbrugende nedbrydning af organisk stof i søen i perioder er stor. I sommeren 1992 var der en forholdsvis lille algemængde til at producere ilt og dermed holde iltmætningen i vandet oppe. Det laveste iltindhold blev således målt i starten

af juli, da algerne var græsset helt væk, og dyreplanktonet derfor også brød sammen.

### 8.3 Søens fremtidige tilstand.

Arreskov Sø er i dag i en meget ustabil tilstand. Som anført ovenfor, er den bedring, som indtrådte i 1992 forårsaget af en kombination af forskellige forhold: et faldende fosforindhold og en drastisk ændret biologisk struktur.

For at opfylde sin målsætning skal søen have en sigtdybde på mindst 1 meter, der skal være en (i det mindste stedvist) udbredt bundvegetation, og der må ikke forekomme massive opblomstringer af blågrønalger. Endvidere skal fiskebestanden have en naturlig arts- og alderssammensætning, med balance mellem fredfisk og rovfisk.

Selvom vandet i 1992 har været klart, er der en stor risiko for, at miljøtilstanden igen svinger tilbage til en dominans af alger og deraf følgende grønt, uklart vand.

To ting er afgørende for, at søen kan udvikle sig videre i den rigtige retning:

- 1) Fosfortilførelsen skal holdes på lavest mulige niveau
- 2) De biologiske forhold i søen skal stabiliseres. Dette kan ske, hvis der etableres sig en udbredt bundvegetation. Endvidere skal der være en stor og stabil bestand af rovfisk, der kan forhindre, at mængden af de planktonædende fisk skalle og brasen bliver for stor.

Udviklingen de næste par år er stærkt afhængig af, hvordan de biologiske forhold ændrer sig. Hvis mængden af planktonædende fisk kan holdes på et lavt niveau, er der mulighed for, at vandet vil være forholdsvis klart og algemængden moderat. Dette forudsætter bl.a., at der etableres en bestand af store, rovlevende aborrer. Hvis der etableres en udbredt bundvegetation vil dette stabilisere forholdene. Opblomstringer af blågrønalger kan dog næppe undgås med det nuværende næringsniveau.

Under de nuværende forhold har skaller og brasen imidlertid et stort vækstpotentiale på grund af et stort fødeudbud. Hvis de ikke kan holdes nede, er det sandsynligt, at fiskebestanden med tiden vil vende tilbage til en sammensætning med mange brasener og småskaller og en ringe bestand af store aborrer. I dette tilfælde vil fiskenes predation på dyreplanktonet være stor, og dette vil ikke være i stand til at holde algemængden nede. I så fald kan søens tilstand komme til at ligne tilstanden i 1970'erne, med sigtdybder omkring 1 meter, og periodevise massive opblomstringer af blågrønalger, hvilket ikke er tilfredsstillende i forhold til målsætningen for søen.

#### Sammenhæng mellem fosfortilførelse og sigtdybde:

Niveauet for det fremtidige fosforindhold i søvandet kan beregnes ud fra den

skønnede fosforbelastning ved anvendelse af den fosformodel, der blev omtalt i afsnit 6.2.

Til vurdering af vandets sigtddybde ved et givet fosforindhold er der af Kristensen m.fl. (1990) og Kristensen m.fl. (1991) opstillet følgende sammenhænge mellem søvandets indhold af total-fosfor og sommertidssigtddybden:

$$\text{Model 1 Sigtdybde (m)} = 0,34 P_{so}^{-0,29} z^{0,55}$$

$$\text{Model 2 Sigtdybde (m)} = 0,25 P_{so}^{-0,61} z^{0,25}$$

hvor  $P_{so}$  er søvandets årsmiddelkoncentration af total-fosfor (mg/l) og  $z$  søens middeldybde (m). Model 1 er opstillet ud fra undersøgelser i et stort antal (især mindre og lavvandede) søer, og model 2 er opstillet på baggrund af resultater fra de 37 danske nationale overvågningssøer.

Kristensen m.fl.(1991) vurderer, at model 1 rimeligt godt beskriver den målte middelsigtddybde i de nationale overvågningssøer, om end der er en betydelig variation.

Tabel 8.2.1.

Sammenligning mellem målte og beregnede middelsigtddybder i Arreskov Sø for sommerperioden (1.5 - 30.9), 1989-91. For model 1 er i parentes angivet variationsintervallet (standard error). Se i øvrigt teksten for nærmere forklaring.

| År   | $P_{so}$ (mg/l) | Sigtdybde, målt (m) | Sigtdybde, beregnet (m) |         |
|------|-----------------|---------------------|-------------------------|---------|
|      |                 |                     | Model 1                 | Model 2 |
| 1974 | 0,114           | 0,78                | 0,91 (0,8-1,1)          | 1,10    |
| 1987 | 0,449           | 0,57                | 0,61 (0,5-0,7)          | 0,48    |
| 1989 | 0,232           | 0,27                | 0,74 (0,6-0,9)          | 0,71    |
| 1990 | 0,230           | 0,25                | 0,74 (0,6-0,9)          | 0,72    |
| 1991 | 0,153           | 0,38                | 0,83 (0,7-1,0)          | 0,92    |
| 1992 | 0,097           | 1,45                | 0,95 (0,9-1,1)          | 1,22    |

Middeldybden,  $z$ : 1,9 m

De to modeller stemmer godt overens, men model 2 forudsiger forholdsvis større sigtddybder ved lave fosforindhold. Model 1 har passet godt med den målte sigtddybde i 1974 og 1987, men i 1989-91 var den målte sigtddybde væsentligt lavere end den beregnede. Dette skyldes antagelig en stor ophvirvling af bundmateriale.

I 1992 forudsiger begge modeller en lavere sigtddybde end den, der faktisk blev målt. Dette viser dels, at de biologiske forhold har stor betydning (den store sigtddybde skyldtes jo, at algemængden i usædvanlig grad blev holdt nede af en stor mængde dafnier). Derudover tyder modellen på, at sigtddybden i 1992 var langt større end man kan forvente, når søen er i en mere normal tilstand.

Ved at kombinere fosformodellen og sigtddybdemodellen kan sigtddybden i søen ved forskellige fosforbelastninger vurderes. Denne vurdering forudsætter, at den interne belastning fra sedimentet er stoppet og at bundmaterialet har en "normal" beskaffenhed, dvs. at der ikke forekommer samme voldsomme ophvirvling som i 1989-91.



Tabel 8.2.2

Beregnet fremtidig sigtdybde i Arreskov Sø ved det nuværende belastningsniveau og ved forskellige grader af reduktion af belastningen.

| Nuværende niveau | P <sub>ind</sub> (mg/l) | P <sub>sø</sub> (mg/l) | Beregnet sigtdybde (m) |         |
|------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|---------|
|                  |                         |                        | Model 1                | Model 2 |
| Nuværende niveau | 0,116                   | 0,085                  | 0,99                   | 1,32    |
| 10% reduktion    | 0,104                   | 0,076                  | 1,02                   | 1,41    |
| 20% reduktion    | 0,093                   | 0,068                  | 1,06                   | 1,51    |
| 40% reduktion    | 0,070                   | 0,051                  | 1,15                   | 1,80    |
| Basisbelastning  | 0,041                   | 0,030                  | 1,34                   | 2,49    |

Tages udgangspunkt i belastningen og afstrømningsforholdene i 1990/91, hvor fosforbelastningen i gennemsnit for de to år var på 557 kg, beregnes en fremtidig sigtdybde på ca. 1 meter efter model 1, der antages at passe bedst på Arreskov Sø. Beregningen efter model 2 kan give et fingerpeg om en yderligere forbedring, såfremt der f.eks. indfinder sig en udbredt bundvegetation i søen.

Man må imidlertid huske på, at disse modeller kun viser nogle generelle sammenhænge mellem stoftilførsel og sigtdybde. For den enkelte sø kan der være betydelige afvigelser fra modellens forudsigelser. Disse afvigelser er bl.a. en følge af søens fysiske og biologiske forhold.

Disse modelberegninger kan derfor ikke entydigt bruges til at afgøre, om belastningen er nået til et acceptabelt niveau.

### Muligheder for at nedbringe belastningen

Det er i vandmiljøplanen forudsat, at udledningerne af kvælstof og fosfor til vandmiljøet skal reduceres med henholdsvis 50% og 80%. Dette gælder såvel for udledninger fra større renseanlæg, for virksomheder med særskilt udledning til vandområder og tilførsler i forbindelse med landbrugsdrift. Derimod stiller planen ingen krav til udledninger fra mindre renseanlæg og spredtliggende ejendomme. Dette er en afgørende mangel, idet det netop er på dette område at fosfortilførslen til Arreskov Sø og mange andre søer kan reduceres.

I oplandet til Arreskov Sø bidrager såvel spildevand fra spredtliggende ejendomme (492 PE dvs. potentielt op til 645 kg fosfor pr. år, hvis alt spildevandet når frem, jf. tabel 3.2.4) som landbrugsdrift formodentlig begge væsentligt til den kulturbetingede tilførsel af fosfor. Disse kilder har således i 1989-92 tilsammen udgjort 52-63% (svarende til 215-386 kg P/år) af den samlede fosfortilførsel til søen (se afsnit 3.2). Det er denne kulturbetingede tilførsel, der i givet fald skal reduceres.

Midlerne til at opnå denne reduktion kan omfatte både forbedret spildevandsbehandling ved de spredtliggende ejendomme samt formindsket tilførsel af fosfor fra de dyrkede arealer, idet begge kilder skønnes betydningsfulde, selvom det er usikkert, hvor stor en andel de hver især bidrager med.

Spildevandsbelastningen kan reduceres ved fx. nedsivning, opsamling af spildevandet eller etablering af nye forbedrede renseanlæg på den enkelte

ejendom. Anvendelse af fosfatfrie vaskemidler på ejendomme udenfor kloakeret område kan endvidere medvirke til at begrænse fosforbelastningen af søen.

Tilførslen af fosfor fra de dyrkede marker vurderes bl.a. at kunne reduceres ved, at marker langs åbne vandløb i oplandet i større grad er plantedækkede i vinterperioden (fx. med efterafgrøder), og/eller udlægning af passende brede udyrkede arealer langs de dele af tilløbene til søen, der ikke allerede i dag forløber gennem udyrkede engarealer.

Endvidere er det vigtigt, at der ikke foretages yderligere vandstandssænkninger i søen, og at søens vandspejl holdes på et højt niveau i sommerperioden, så omsætningen af organisk stof og den dermed forbundne risiko for fosforudvaskning ikke øges.

De nævnte virkemidler ligger, hvad angår fosforbidraget via spildevand, udenfor rammerne af vandmiljøplanen. Miljølovgivningen giver imidlertid mulighed for indgreb med henblik på at mindske belastningen fra de spredtliggende ejendomme. Det er efter gældende lovgivning kommunerne i oplandet til søen, som har kompetencen hertil.

## 9. Sammenfatning og konklusion

Arreskov Sø, der er Fyns største sø, ligger i et naturpræget opland med forholdsvis store skovarealer og en relativt begrænset landbrugsmæssig udnyttelse. Godt halvdelen af arealerne i oplandet udnyttes således til jordbrug. Søen er temmelig lavvandet, og vandet bliver derfor let omrørt, når det blæser. Som følge heraf er der normalt gode iltforhold i søen, men omrøringen medfører en ophvirvling af bundmateriale.

Søen er i regionplan 1989-2001 målsat som referenceområde for naturvidenskabelige studier. For at opfylde denne målsætning bør søen have en sigtddybde på mindst 1 meter, et artsrigt planteplankton uden masseopblomstringer af enkelte algegrupper, en stedvis veludviklet undervandsvegetation (rankegrøde), og en arts- og individrig smådyrsfauna. Endelig skal fiskebestanden have en naturlig alders- og artsfordeling med balance mellem fredfisk og rovfisk. Denne målsætning er idag ikke opfyldt.

Søen har tidligere modtaget en betydelig mængde spildevand fra Korinth. Da dette blev afskåret i 1983, reduceredes søens fosforbelastning til ca. en trediedel, men søens tilstand bedredes ikke. Tværtimod var søen i slutningen af 1980'erne i en meget dårlig tilstand med højt næringsstofindhold, ringe sigtddybde og langvarige opblomstringer af blågrøn alger om sommeren.

Årsagen til dette var først og fremmest, at tilledningen af spildevand havde medført en ophobning af fosfor i søbunden, og at denne fosfor nu blev frigivet til søens vand.

Da Vandmiljøplanens overvågningsprogram startede i 1989, var tilstanden i Arreskov Sø således meget dårlig. Igennem perioden 1989-92 har søvandets fosforindhold imidlertid været faldende. Således er årsmiddelkoncentrationen af fosfor faldet fra 232  $\mu\text{g/l}$  i 1989 til 97  $\mu\text{g/l}$  i 1992. For kvælstofs vedkommende er der sket et mindre fald, fra en årsmiddelkoncentration på 3,18  $\text{mg/l}$  i 1989 til 2,18  $\text{mg/l}$  i 1992.

Det betydelige fald i fosforindhold skyldes primært, at søvandets hidtidige høje fosforindhold er blevet fortyndet af det vand, der løber til søen. Dette vand har således i perioden 1989-92 haft en årsmiddelkoncentration (vandføringsvægtet) på 110-150  $\mu\text{g/l}$ . I sommerperioden er søvandets fosforindhold dog forhøjet som følge af fosforfrigivelse fra sedimentet.

Omkring 80% af kvælstof- og 50% af fosforbelastningen skyldes en kulturbetinget tilførsel fra det åbne land. For kvælstof udgør afstrømning fra dyrkede arealer stort set hele denne tilførsel. For fosfors vedkommende omfatter den kulturbetingede tilførsel spildevand fra spredt bebyggelse, men også bidrag i forbindelse med landbrugsdrift.

Tilførslen af kvælstof og fosfor til søen har i 1989-1992 varieret fra år til år, væsentligst som følge af forskelle i nedbør og afstrømning. For fosfors vedkommende er der dog visse tegn på, at den kulturbetingede tilførsel er mindsket i perioden. Årsagen er ikke klarlagt. Medvirkende kan være en mere udbredt anvendelse af fosfatfrit vaskepulver og en større andel af grønne marker i oplandet til søen (for Fyn som helhed er andelen af grønne marker steget fra 62% i 1989/90 til 82% i 1991/92).

Tilførslen af fosfor til søen er relativt beskeden sammenlignet med andre danske søer. Fosforbelastningen er således nær det niveau, hvor sigtddybden teoretisk kan blive 1 meter.

Søen har i alle 4 år tilbageholdt en del af de kvælstofmængder, der ledtes til søen. Som gennemsnit er der tilbageholdt ca. 40% af de tilledte kvælstofmængder. Det tilbageholdte kvælstof bliver enten bundfældet eller omdannet til luftformigt kvælstof.

Omvendt er der i 1989-91 ført mere fosfor fra søen, end der blev ledt til. I 1992 er dette billede imidlertid skiftet, så der nu sker en tilbageholdelse af fosfor i søen.

I 1992 er der sket en betydelig ændring i søens miljøtilstand. I forhold til de tidligere år har vandet været klarere og algemængden mindre. Sommersigtddybden var således som gennemsnit 1,45 m i 1992 mod 0,27 m i 1989. Årsagen til det klarere vand er delvis, at søens bundmateriale er blevet mere stabilt. Der forekommer derfor ikke længere en voldsom ophvirvling af bundmateriale, som det var tilfældet i 1989 og 1990. Det lavere næringsstofindhold i søen kan også spille ind, men næringsstofferne har ikke - eller kun i korte perioder - været begrænsende for algemængden i søen. Dette skyldes, at søens dyreplankton har været i stand til at holde algemængden nede gennem stort set hele året.

Den udløsende faktor for ændringen har således været, at bestanden af fisk, der æder dyreplankton (skaller, brasen og små aborrer), har været lille. Dyreplanktonet har således i langt højere grad end de tidligere år bestået af store dafnier, som er meget effektive alge-græssere. Når der er dyreplanktonædende fisk tilstede, spiser de først og fremmest disse store dafnier.

Fiskeundersøgelsen viste, at Arreskov Sø i august 1992 havde en stor bestand af helt små fisk (5-8 cm), især årsyngel af aborrer og hork. Derimod var der en udtalt mangel på fisk større end 10 cm blandt alle arter (på nær brasen, der var repræsenteret med nogle meget store individer). Det er formodentlig fraværet af de mellemstore skaller og brasen, der har givet dafnierne mulighed for at være tilstede i stort antal.

Der synes altså i perioden op til sommeren 1992 at være foregået en betydelig reduktion af de større dyreplanktonædende fisk i søen. En del af denne reduktion kan forklares ved erhvervsfiskerens aktive fjernelse af skaller og brasen fra søen. Selvom der ikke er fundet døde fisk i søen, må det derudover antages, at en del fisk er døde som følge af periodevis dårlige miljøforhold i søen. I både 1991 og 1992 forekom således perioder med meget lavt iltindhold i søvandet.

De tilstedeværende småfisk var i en meget god kondition, hvilket må skyldes den rigelige fødemængde. Det må derfor forventes, at de hurtigt vokser op og begrænser mængden af dyreplankton. Herefter er der en stor risiko for, at søen vil svinge tilbage til en tilstand med en lille mængde af dyreplankton, der ikke længere er i stand til at kontrollere planteplanktonet i samme omfang som i 1992.

Det afgørende i denne udvikling er, om der i søen kan udvikles en god bestand af rovfisk, især store aborrer. Disse er nemlig i stand til at æde de små fisk og derved holde bestanden af skaller og brasen nede.

Hvis næringsstofniveauet er lavt, og der etablerer sig en udbredt undervandsvegetation, vil det skabe gode vilkår for aborrer og gedde. I modsat fald er det sandsynligt at fiskebestanden med tiden vil vende tilbage til en sammensætning med mange brasener og småskaller og en ringe bestand af store aborrer. De kommende års udvikling i søens biologiske forhold bliver derfor afgørende for, om den bedring, der er set i 1992 kan fastholdes i en stabil situation. Det er i den sammenhæng specielt vigtigt, at tilledningen af fosfor til søen gøres mindst mulig.

Midlerne til at reducere tilførslerne af næringsstoffer til Arreskov Sø er en forbedret rensning eller nedsivning af spildevand fra den spredte bebyggelse i oplandet til søen. Anvendelse af fosfatfri vaskemidler på disse ejendomme kan endvidere medvirke til at begrænse fosforbelastningen af søen. Endelig bør der ske en øget anvendelse af efterafgrøder på landbrugsarealer langs vandløb i oplandet samt etablering af udyrkede bræmmer langs de dele af tilløbene til søen, der ikke allerede idag forløber gennem udyrkede engarealer.



# Referencer:

**Andersen, F.Ø. og E. Lastein, 1979:** Måling og beregning af sedimentation i en lavvandet sø. - I Enell, M. og G. Gahnström (eds.): 7th Nordic Symposium on Sediments. Presentation of Methods and Analytical Results. - Linnologiska Institutionen, Lunds Universitet, 1979, s. 95-110.

**Barbiero, R.P. og E.B. Welch, 1992:** Contribution of benthic blue-green algal recruitment to lake populations and phosphorous translokation. *Freshwater Biology* 27, s. 249-260.

**Berendt, H., 1990:** The chemical composition of phytoplankton and zooplankton in an eutrophic shallow lake. - *Arch. Hydrobiol.* 118, s. 129-145.

**Fyns Amt, 1990:** Vandmiljøovervågning. De ferske vandområder: Arreskov Sø 1989. - Rapport, 59 s.

**Fyns Amt, 1991:** Vandmiljøovervågning: Arreskov Sø, 1990. - Rapport, 90 s.

**Fyns Amt, 1991a:** Afstrømningsmålinger i Fyns Amt 1989. - Rapport udarbejdet af Hedeselskabet for Fyns Amt, 25 s. + bilag.

**Fyns Amt, 1991b:** Afstrømningsmålinger i Fyns Amt 1990. - Rapport udarbejdet af Hedeselskabet for Fyns Amt, 22 s. + bilag.

**Fyns Amt, 1992:** Vandmiljøovervågning: Arreskov Sø, Udvikling 1989-91. - Rapport, 111 s.

**Fyns Amt, 1992a:** Vandmiljøovervågning: Søholm Sø, Udvikling 1989-91. - Rapport, 116 s.

**Fyns Amt, 1993a:** Vandmiljøovervågning: Vandløb og kilder, 1992. - Rapport.

**Fyns Amt, 1993b:** Fiskebestanden i Arreskov Sø, august 1992. - Rapport fra Fiskeøkologisk Laboratorium. 67 s. + bilag.

**Fyns Amt, 1993c:** Udviklingen i fuglelivet i Arreskov Sø 1980-92 - en foreløbig oversigt. Internt notat, 4 s. + bilag.

**Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann, P. Andersen, 1992:** Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder og artsliste. - Miljøprojekt nr. 205. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen. 114 s.

**Jensen, H.S. og F.Ø. Andersen, 1990:** Fosforbelastning i lavvandede eutrofe søer. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C4, Miljøstyrelsen, 94 s.

**Kristensen, P., J.P. Jensen, E. Jeppesen, 1990:** Eutrofieringsmodeller for søer. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen nr. C9, Miljøstyrelsen, 120 s.

**Kristensen, P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, E. Mortensen og Aa. Rebsdorf, 1990a:** Overvågningsprogram. Prøvetagning og analysemetoder i søer. - Danmarks Miljøundersøgelser, 32 s.

**Kristensen, P., J.P. Jensen, E. Jeppesen og M. Erlandsen, 1991:** Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1990. Ferske vandområder - søer. - Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport nr. 38, 104 s.

- Kristensen, P., J. Windolf, E. Jeppesen, M. Søndergård, L. Sortkjær, 1992:** Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1991. Ferske vandområder - søer. - Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr.63, 111 s.
- Kronvang, B. og A.J. Bruhn, 1990:** Overvågningsprogram. Metoder til bestemmelse af stoftransport i vandløb. - Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Ferskvandsøkologi, 22 s.
- Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium, 1977:** Limnologisk metodik. Akademisk Forlag, 172 s.
- Lynch, M., 1980:** *Aphanizomenon* blooms: Alternate Control and Cultivation by *Daphnia pulex*. - Special symposium (Kerfoot). American Soc. Limnol. Oceanogr. 3, s. 299-304.
- Miljøbiologisk Laboratorium, 1990:** Arreskov Sø 1989, Phyto- og zooplankton. - Notat til Fyns Amt.
- Miljøbiologisk Laboratorium, 1991:** Arreskov Sø 1990, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt.
- Miljøbiologisk Laboratorium, 1992:** Arreskov Sø 1991, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt.
- Miljøbiologisk Laboratorium, 1993:** Arreskov Sø 1992, Plante- og dyreplankton. - Notat til Fyns Amt.
- Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium, 1988:** Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand. Særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder. - Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium. Teknisk rapport nr. 21, 59 s.
- Moeslund, B., B. Løjtnant, H. Mathiesen, L. Mathiesen, A. Pedersen, 1990:** Danske vandplanter. Vejledning i bestemmelse af planter i søer og vandløb. - Miljønyt nr. 2 1990. Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser.
- Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller, M. Timmermann, 1990:** Overvågningsprogram. Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgelserprogram, fiskeredskaber og metoder. - Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning nr. 3, 60 s.
- Olesen, J.E., H.E. Mikkelsen og E. Friis (red.), 1991:** Emnedag om meteorologiske målemetoder i jordbrugs- og miljøforskningen. - Tidsskrift for Planteavl specialserie, beretning nr. S 2112, 94 s.
- Olrik, K., 1991:** Planteplankton - metoder. - Miljøprojekt nr. 187. Miljøstyrelsen. 108 s.
- Reynolds, C.S., 1984:** The ecology of freshwater phytoplankton. - Cambridge University Press, 384 s.



## **Bilag 1.**

### **Metodik anvendt ved undersøgelser af Arreskov Sø og dens opland.**

#### **Morfometri.**

Søens dybdeforhold er i 1989 kortlagt af landinspektør Thorkild Høy ved hjælp af ekkolodning. Beregning af søens kystlinielængde, areal og volumen er foretaget af Fyns Amt ved anvendelse af planimeter.

#### **Oplandsbeskrivelse.**

Søens afstrømningsopland og deloplandet til søens tilløb er afgrænset af Hedeselskabet i 1990 på baggrund af Geodætisk Instituts højdekurvekort i målestokforholdet 1:25.000, samt oplysninger om dræninger i området.

Arealanvendelsen i oplandet er herefter opgjort på basis af oplysninger fra Landbrugsministeriet, Afdelingen for Arealdata og Kortlægning, Vejle. Disse oplysninger stammer fra perioden 1974-1981.

Jordtypefordelingen i landbrugsområderne er ligeledes opgjort på basis af oplysninger fra Afdelingen for Arealdata og Kortlægning. Disse oplysninger stammer fra perioden 1977-1978, og angiver kun forekomst af dominerende jordtyper i dybden 0-20 cm.

Oplysninger om husdyrhold i oplandet er indhentet af Fåborg og Broby Kommuner i forbindelse med kommunens landbrugstilsyn i perioden 1986-1989. Ifølge Fåborg og Broby Kommuner er der ikke siden sket væsentlige ændringer i husdyrholdet (oplyst primo 1992).

Tætheden af spredt bebyggelse i oplandet er endvidere skønnet på baggrund af en optælling af ejendomme på Geodætisk Instituts kort i målestokforholdet 1:25.000 (fra 1983). Det er herefter antaget, at der fra hver ejendom i gennemsnit udledes spildevand fra 3 personer (3 PE/ejendom). For Fyn og Danmark er oplysningerne om spredt bebyggelse baseret på opgørelser over befolkningsandel uden tilslutning til offentligt kloaknet.

Oplandet til Arreskov Sø, herunder grundlaget for opgørelsen af arealanvendelsen, er mere detaljeret beskrevet i en tidligere rapport om Arreskov Sø (Fyns Amt, 1991).

#### **Nedbør.**

Til beskrivelse af nedbørsforholdene ved Arreskov Sø er benyttet en af Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) drevet nedbørsmålet i Håstrup (DMI-stnr. 28390).

Nedbørsdata fra DMI er normalt ukorrigerede data, hvorfor de opgivne nedbørstal aldrig helt svarer til den nedbør, som falder på jordoverfladen.

De anvendte nedbørsdata er korrigerede data, hvilket betyder, at den månedsvise nedbør er multipliceret med en korrektionsfaktor opgjort i Olesen m.fl. (1991). Korrektionen er udført af Fyns Amt efter retningslinier fra DMI.

Da læforholdene omkring stationen kan karakteriseres som moderate (DMI) kendes de korrektionsfaktorer, som skal benyttes for at bestemme den "sande" nedbør på jord-/søoverfladen.

På årsbasis betyder korrektionen, at den målte nedbør forøges med 16%.

Fraktilbåndene i figur 2.2 og 2.3 er beregnet ud fra nedbørsdata for perioden 1976-1992.

#### **Fordampning.**

Til brug for vandbalancen er benyttet den potentielle fordampning fra Årslev (DMI-stnr. 28280) beregnet af Statens Planteavlsforsøg vha. Makkink's ligning. For at danne den aktuelle fordampning fra en fri vandoverflade, er de modtagne data multipliceret med faktoren 1.10, efter anbefaling fra Harald Mikkelsen, Statens Planteavlsforsøg.

#### **Ferskvandsafstrømning.**

Til beskrivelse af ferskvandsafstrømningens variation i perioden 1989-91, er antaget samme afstrømningsvariation som ved vandløbs-målestationen beliggende i Odense Å ved Nr. Broby.

Denne antagelse er vurderet god, ud fra en visuel sammenligning af hydrografen for ferskvandstilstrømningen til Arreskov Sø og afstrømningen målt i Odense Å ved Nr. Broby.

Ved antagelsen opnås kendskab til ferskvandsafstrømningens historiske variation.

Tidsserien er udarbejdet af Det danske Hedeselskab, Hydrometriske Undersøgelser, som har drevet denne station siden 1918.

De viste fraktilbånd i figur 2.2 og 2.3 er beregnet for perioden 1976-1992.

#### **Lufttemperatur.**

Temperaturen er beregnet som et middel af målinger ved Rudkøbing (DMI-stnr. 28590), Gundestrup (DMI-stnr. 28335) og Skjoldnæs Fyr (DMI-stnr. 28490). Denne tidsserie foreligger for perioden 1976-1992, som de viste fraktilbånd i figur 2.2 og 2.3 er beregnet ud fra.

#### **Soltimer.**

Oplysninger om antallet af soltimer er indhentet fra Årslev (DMI-stnr. 28280). Fraktilbåndene i figur 2.2 og 2.3 er derefter beregnet for normalperioden 1961-90.

### Vindforhold.

Ved Beldringe Lufthavn er opsat en klimastation (DMI-stnr. 06120), hvor der bl.a. registreres vindhastigheden i 10 m's højde 8 gange dagligt. Disse er opløftet i 3.potens, hvorefter månedsmidler er beregnet. Danmarks meteorologiske Institut har leveret disse data for perioden 1961-1990, og herudfra er de vist fraktilbånd i figur 2.3 dannet.

### Stofafstrømning.

Fyns Amt har i 1989-1992 gennemført intensive fysisk-kemiske undersøgelser i søens tilløb og afløb. Stationering, analyseomfang og undersøgelseshyp-pighed fremgår af figur 1.1.1 og tabel B1.1-B1.2.

På baggrund af Fyns Amts enkeltmålinger af vandføringen og en samtidig kontinuerlig registrering af vandstanden, har Hedeselskabet beregnet døgnmiddelvandføringen i vandløbene (jf. Fyns Amt, 1991a og b, samt upubl. data for 1991 og 1992).

Næringsstofafstrømningen er herefter beregnet ved anvendelse af liniærinterpolationsmetoden. Denne metode er detaljeret beskrevet af Kronvang og Bruhn (1990).

Der er i enkelte tilfælde foretaget justeringer, idet enkelte ekstreme værdier er udeladt i beregningen. Justeringerne er beskrevet i et internt notat.

Afstrømningen af ferskvand, kvælstof og fosfor til søen er beregnet ud fra målinger dækkende 80% af søens samlede oplandsareal. Tilførslen af ortofosfat-fosfor, total-jern og kalcium til søen er dog beregnet ud fra målinger dækkende 48% af oplandsarealet.

Ferskvands- og næringsstofafstrømningen fra den resterende del af oplandet, det såkaldte umålte opland, er dernæst beregnet under antagelse af, at arealafstrømningen (afstrømningen/ha) er ens i det målte og det umålte opland.

Målestationen i sø afløbet er placeret cirka 4-500 m nedstrøms selve søen, hvorfor den målte afstrømning korrigeres for det areal (144 ha), som ikke indgår i sø oplandet. Ferskvandsafstrømningen korrigeres ved antagelse om samme arealafstrømning som i sø oplandet.

### Stofafstrømningens basisbidrag.

Næringsstofafstrømningens basisbidrag er den næringsstofftilførsel til søen, som ville forekomme, såfremt søens opland udelukkende bestod af "naturområder". Basisbidraget skønnes ud fra belastningen fra udyrkede referenceoplande, og beregningen kan foretages på 2 måder:

- Den aktuelle ferskvandsafstrømning ganget med koncentrationen af næringsstoffer i et eller flere referencevandløb i udyrkede oplande.

Tabel B1.1

Oversigt over vandkemiske undersøgelser i tilløb til og afløb fra Arreskov Sø i Fyns Amt, 1989-92.

| Analysevariable                           | Analyseforskrift     | Programtype |      |
|-------------------------------------------|----------------------|-------------|------|
|                                           |                      | VA 3        | VA 4 |
| pH (20°)                                  | DS 287               | +           |      |
| Suspenderet stof = Tørstof (part.)        | DS 207               | +           |      |
| COD (foreliggende tilstand)               | DS 217 <sup>1)</sup> | +           |      |
| Total-N                                   | DS 221               | +           | +    |
| (NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N (F) | DS 204               | +           |      |
| (NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )-N (F) | DS 223               | +           |      |
| Total-P                                   | DS 292               | +           | +    |
| PO <sub>4</sub> -P = Orto-O (F)           | DS 291               | +           |      |
| Silikat-Si                                | MFL <sup>1)</sup>    | +           |      |
| Total-Fe                                  | MFL <sup>1)</sup>    | +           |      |
| Total-Ca                                  | DS 248               | +           |      |

Bemærkninger:

1) Miljøstyrelsen Ferskvandslaboratorium (1988).

(F) Analyse på filtreret prøve (GF/C).

|                        | Sted<br>Vandløbsnavn | Stationsnum-<br>mer<br>SEER-nr. | Undersøgelsesaktivitet |             | Undersøgelseshyppighed |                    | Analyseom-<br>fang |
|------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|-------------|------------------------|--------------------|--------------------|
|                        |                      |                                 | Q/H-st                 | Vandkemist. | Vandførings-<br>måling | Vandkemi-<br>prøve | Programtype        |
| Arreskov Sø:           |                      |                                 |                        |             |                        |                    |                    |
| Tilløb 1               | Geddebæk             | 0107110                         |                        | +           | 26/år                  | 26/år              | VA3                |
| Tilløb 2               | Bollelung            | 0107120                         |                        | +           | 12/år                  | 12/år              | VA4                |
| Tilløb 3 <sup>1)</sup> | Tyvholm              | 0107130                         |                        | +           | 12/år                  | 12/år              | VA4                |
| Tilløb 4               | Rislebæk             | 0107140                         | +                      | +           | 26/år                  | 26/år              | VA3                |
| Tilløb 5               | Søbo Afløb           | 0117160                         | +                      | +           | 26/år                  | 26/år              | VA3                |
| Tilløb 6               | Korinth Regnvand     | 0107170                         |                        | +           | 12/år                  | 12/år              | VA4                |
| Tilløb 7               | Planteheld           | 0107150                         |                        | +           | 12/år                  | 12/år              | VA4                |
| Afløb                  | Odense Å             | 0105350                         | +                      | +           | 19/år                  | 19/år              | VA3                |

Bemærkning:

1) Tilløb 3 kun målt i 1989-90.

Tabel B1.2

Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser i tilløb til og afløb fra Arreskov Sø i Fyns Amt, 1989-92.

- Arealafstrømningen af næringsstoffer i referenceoplandet ganget med arealet af det aktuelle topografiske opland.

Usikkerheder vedrørende de to metoder til opgørelse af baggrundsbidraget er beskrevet i (Fyns Amt, 1991).

Basisbidraget til Arreskov Sø 1989-1992 er beregnet ved hjælp af medianværdien for den vandføringsvægtede næringsstofkoncentration i 7

referenceoplade i Danmark ganget med den totale vandafstrømning til Arreskov Sø i det pågældende år, jf. anvisninger fra Danmarks Miljøundersøgelser.

#### **Atmosfærisk deposition.**

Fyns Amt har 4 stationer til måling af atmosfærisk deposition, Årslev, Boelsmose, Grøftehøj og Højestene Løb. De tre førstnævnte er landstationer, mens den sidstnævnte er en kyststation. Til beregning af den atmosfæriske deposition på Arreskov Sø er de tre landstationer anvendt.

Den atmosfæriske deposition opsamles vha. en bulksamler. Den tragtformede opsamler er placeret i 1,5 m højde, og er forbundet til en nedgravet opsamlingsflaske.

Ved benyttelse af bulkopsamling er det primært de atmosfæriske forbindelser, der tilføres med nedbøren, som opsamles. I tørvejrperioder opsamles endvidere større partikler og i mindre omfang gasser. Denne form for afsætning (deposition) af forureningskomponenter benævnes våddeposition.

Til beregning af våddepositionerne anvendes desuden nedbørsdata fra DMI. De anvendte nedbørsstationer er placeret i Årslev og Boelsmose.

De anvendte nedbørsdata er ikke korrigeret for vindpåvirkning, hvorfor de faktiske nedbørsmængder er noget højere (se under "nedbør").

#### **Grundvand.**

Tilførslen af grundvand til Arreskov Sø er beregnet ud fra søens vandbalance, det vil sige forskel mellem tilførte og fraførte vandmængder - på årsbasis

Denne opgørelse er behæftet med stor usikkerhed. Til brug for beregning af stoftilførslen med grundvandet er det antaget, at grundvandstilstrømningen er nogenlunde ens fra år til år. Grundvandstilstrømningen er herefter beregnet som et gennemsnit af de beregnede tilstrømninger i 1990 og 1991 og herefter afrundet til en værdi (1 mill. m<sup>3</sup>), som er anvendt for hvert af de 3 år.

Stoftilførslen fra den direkte grundvandstilførsel er derefter beregnet under antagelse af, at grundvandstilstrømningen er ligeligt fordelt over året, og ud fra følgende typiske værdier for kvælstof- og fosforindholdet i grundvand fra smeltevandssand i Danmark: 0,75 mgN/l og 0,02 mgP/l.

Det har endnu ikke været muligt at fremskaffe repræsentative grundvandskvalitetsdata fra Arreskov Sø's opland.

Tabel B1.3

Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i vandfase i Arreskov Sø i, 1989-92.

**Feltmålinger:**

Vandstand  
Sigtedybde  
Total vanddybde

Lufttemperatur  
Vandtemperatur (profil)

Lys (profil)<sup>2)</sup>  
O<sub>2</sub> (profil)

**Målinger i natur- og vandmiljøafdelingens laboratorium:**

| Analysevariable                                 | Analyseforskrift | Programtype |      |
|-------------------------------------------------|------------------|-------------|------|
|                                                 |                  | Sø 1        | Sø 2 |
| Ledningsevne                                    | DS 288           | +           | +    |
| pH (20°C)                                       | DS 287           | +           | +    |
| Total alkalinitet                               | LM <sup>1)</sup> | +           | +    |
| Total-CO <sub>2</sub>                           | LM <sup>1)</sup> | +           | +    |
| O <sub>2</sub> (Winkler)                        | LM <sup>1)</sup> | +           | +    |
| Tørstof (part.)                                 | DS 207           | +           |      |
| Glødetab (part.)                                | DS 207           | +           |      |
| Klorofyl-a                                      | DS 2201          | +           |      |
| Primærproduktion (planteplankton) <sup>2)</sup> | DS 293           | +           |      |

**Målinger ved Miljø- og levnedsmiddelkontrollen, Odense:**

| Analysevariable                           | Analyseforskrift        | Programtype |      |
|-------------------------------------------|-------------------------|-------------|------|
|                                           |                         | Sø 1        | Sø 2 |
| COD (part.)                               | DS 217 <sup>3) 4)</sup> | +           |      |
| Total-N                                   | DS 221 <sup>3)</sup>    | +           | +    |
| (NH <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N (F) | DS 224                  | +           | +    |
| (NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> )-N (F) | DS 223                  | +           | +    |
| Total-P                                   | DS 292                  | +           | +    |
| PO <sub>4</sub> -P = Orto-P (F)           | DS 291                  | +           | +    |
| Silikat-Si                                | MFL <sup>3)</sup>       | +           |      |

**Bemærkninger:**

- 1) Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium (1977).
  - 2) Kun 1989-1991.
  - 3) Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (1988).
  - 4) Analyseresultaterne indgår ikke i nærværende rapport på grund af analysefejl.
- (F) Analyse på filtreret prøve (GF/C).
- Sø 1. Udføres på blandingsprøve fra 0,2 m sigtddybde og 2 x sigtddybde.
- Sø 2 Udføres på vandprøve under springlag.

### **Overløb fra fælleskloaksystemer (regnvand).**

Kvælstof- og fosforbelastningen fra overløb fra fælleskloaksystem i en del af Korinth By bygger på SAMBA-beregninger. Resultaterne fremgår af rapporten: "Korinth Renseanlæg, beregninger af forureningsmængder, april 1990", Krüger. Belastningen er korrigeret således, at den er i overensstemmelse med den konkrete nedbørsmængde det pågældende år.

### **Fysisk-kemiske forhold i søvandet.**

Fyns Amt har i 1989-1992 gennemført fysisk-kemiske undersøgelser, samt undersøgelser af klorofylindhold og primærproduktion i søvandet. Stationering og analyseomfang fremgår af figur 1.1.2 og tabel B1.3-B1.4. Undersøgelserne er foretaget med en hyppighed på 20 gange/år.

Der er ved hjælp af en Limnos-vandhenter udtaget delprøver i overfladelaget, d.v.s. i 0,2 m, sigtdybde og 2 sigtdybde (før marts 1992 blev der dog anvendt en hjerteklapvandhenter). Delprøverne er herefter blandet til én prøve (betegnes blandingsprøve). Prøvetagning er i øvrigt foretaget som foreskrevet af Kristensen m.fl. (1990a).

### **Plankton.**

Der er i 1989-1992 foretaget undersøgelser af søens plante- og dyreplankton. Undersøgelserne er foretaget med en hyppighed på 20 gange/år.

Prøver af planteplanktonet er udtaget af Fyns Amt på samme station og ved samme metode som anvendt ved de vandkemiske undersøgelser. Under omrøring er 100 ml af blandingsprøven overført til glasflaske, hvorefter prøven er tilsat lugol (konservering).

Prøver af dyreplanktonet er indsamlet ved hjælp af hjerteklapvandhenter på i alt 3 stationer i søen (jf. figur 1.1.2 og tabel B1.4). På den enkelte station er udtaget delprøver i forskellige dybder som foreskrevet i Kristensen m.fl. (1990a).

Samtlige delprøver er blandet til én prøve (blandingsprøve). Under omrøring af blandingsprøven er herefter udtaget 4,5 l til filtrering i felten (maskevidde på filter 90  $\mu$ m). Filterresten er overført til en 100 ml glasflaske og tilsat lugol. Derudover er udtaget 0,9 l af blandingsprøven til sedimentation. Hertil er ligeledes tilsat lugol, og det bundfældede materiale er efter 48 timers henstand overført til en 100 ml glasflaske og atter tilsat lugol.

Tabel B1.4

Oversigt over prøvetagningsstationer i Arreskov Sø i Fyns Amt, 1989-92.

| SERR-nr. | Undersøgelserprogram                                  |
|----------|-------------------------------------------------------|
| 010 8104 | Vandkemi, klorofyl, primærproduktion og fytoplankton. |
| 010 8105 | Sedimentkemi og zooplankton.                          |
| 010 8106 | Sedimentkemi og zooplankton.                          |
| 010 8107 | Sedimentkemi og zooplankton.                          |

Bemærkninger:

Ud over de ovennævnte stationsnumre er på figur 1.1.2 angivet numre på prøvetagningsstationer, hvor der tidligere er udført undersøgelser.

Tabel B1.5

Oversigt over fysisk-kemiske undersøgelser i sediment i Arreskov Sø i Fyns Amt, 1990.

### Målinger ved Miljø- og levnedsmiddelkontrollen, Odense:

| Analysevariabel | Analyseforskrift     | Programtype Sø 3 |
|-----------------|----------------------|------------------|
| Tørstof         | DS 204               | +                |
| Glødetab        | DS 204               | +                |
| Total-Fe        | DSD 263              | +                |
| Total-Ca        | DS 259               | +                |
| Total-N         | DS 242               | +                |
| Total-P         | DS 291 <sup>1)</sup> | +                |
| Ads.-P          | MFL <sup>2)</sup>    | +                |
| Fe-P            | MFL <sup>2)</sup>    | +                |
| Ca-P            | MFL <sup>2)</sup>    | +                |

Bemærkninger:

- 1) Efter kogning af glødet sediment i 10% HCl.
- 2) Miljøstyrelsens ferskvandslaboratorium (1988).



Endvidere er der ved lodret og vandret træk med et planktonnet gennem søvandet udtaget prøver af såvel plante- som dyreplankton (netmaskevidde henholdsvis 20 og 140  $\mu\text{m}$ ).

Bearbejdningen af de indsamlede planktonprøver er foretaget af Miljøbiologisk Laboratorium, Humlebæk. (Miljøbiologisk Laboratorium, 1990, 1991, 1992 og 1993). Bearbejdningen af prøverne er i øvrigt foretaget som foreskrevet i Olrik (1991) og Hansen m.fl. (1992).

#### **Sediment.**

Fyns Amt har én gang i november 1990 udtaget prøver af søens bund, søsedimentet, på samme stationer som anvendt ved indsamling af dyreplanktonprøverne (jf. figur 1.1.2 og tabel B1.4). Der er på hver station ved hjælp af kajakrør (areal 21,4  $\text{cm}^2$ ) udtaget mindst 3 sedimentsøjler af en længde på om muligt 70 cm. Sedimentsøjlerne er opskåret i følgende delprøver (dybdeintervaller): 0-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20, 20-30 cm, 30-50 cm, 50-70 cm. Sediment fra de samme dybdeintervaller fra de 3 søjler er blandet sammen til én prøve.

Analyseomfanget fremgår af tabel B1.5.

#### **Bundvegetation.**

Fyns Amt har i august 1989 og august 1992 gennemført orienterende vegetationsundersøgelser i søen. Langs hele søbredden er der fra søsiden foretaget en registrering af sammensætning af og dybdegrænser fra rørsump, flydebladszone og rankegrøde (undervandsvegetation). Undervandsvegetationen er lokaliseret ved hjælp af vandkikkert, planterive og ved undersøgelser af opskyllet plantemateriale.

#### **Smådyrfauna.**

Smådyrfauna på søens barbund og i bredzonen er undersøgt hvert år i perioden 1989-1992. Bundfaunaen er indsamlet ved hjælp af kajakbundhenter i april-maj, medens bredfaunaen er indsamlet på stenbund i april-maj og i oktober. Resultaterne af smådyrundersøgelserne vil fremgå af en særskilt udarbejdet rapport herom (følger senere).

#### **Fiskefauna.**

Den seneste undersøgelse af fiskebestanden i Arreskov Sø er foretaget i august 1992. Undersøgelsen er foretaget efter retningslinierne i Mortensen m.fl. (1990). Metode og resultater fremgår af Fyns Amt (1993b).

## Bilag 2.

Vandbalance (m<sup>3</sup>) opgjort på måneds- sommer- (1.5-30.9) og årsbasis for Arreskov Sø, 1992. Der henvises til teksten i afsnit 4 for nærmere forklaringer.

| År                            | Måned | Q tilført      | Q fraført      | Nedbør         | Fordampn.      | Magasin<br>ændring | Grundvand<br>beregnet | Grundvand<br>i % af<br>Q tilført |
|-------------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|
|                               |       | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> |                |                |                    |                       |                                  |
| 1992                          | 1     | 469099         | 863241         | 120057         | 24060          | -285204            | 12941                 | 3                                |
| 1992                          | 2     | 419698         | 674527         | 117956         | 39054          | 0                  | 175927                | 42                               |
| 1992                          | 3     | 581133         | 809066         | 249834         | 96939          | 94745              | 169783                | 29                               |
| 1992                          | 4     | 423742         | 602287         | 202741         | 161099         | 63343              | 200246                | 47                               |
| 1992                          | 5     | 261466         | 454694         | 56505          | 402749         | -377908            | 161564                | 62                               |
| 1992                          | 6     | 83942          | 106181         | 361            | 467955         | -465168            | 24665                 | 29                               |
| 1992                          | 7     | 62955          | 2063           | 149472         | 405538         | -214353            | -19179                | -30                              |
| 1992                          | 8     | 64632          | 365            | 371575         | 279309         | 61068              | -95465                | -148                             |
| 1992                          | 9     | 84032          | 0              | 177672         | 177140         | 30586              | -53978                | -64                              |
| 1992                          | 10    | 130724         | 729            | 273926         | 86129          | 276868             | -40924                | -31                              |
| 1992                          | 11    | 486688         | 121572         | 482816         | 34173          | 1136335            | 322576                | 66                               |
| 1992                          | 12    | 610424         | 1154486        | 156173         | 16389          | -320312            | 83966                 | 14                               |
| Hele 1992                     |       | 3678535        | 4789211        | 2359088        | 2190534        | 0                  | 942122                | 26                               |
| Sommer                        |       | 557027         | 563303         | 755585         | 1732691        | -965775            | 17607                 | 3                                |
| Årsbalance                    |       | Q tilført      | Q fraført      | Nedbør         | Fordampn.      | Magasin<br>ændring | Grundvand<br>beregnet | Grundvand<br>i % af<br>Q tilført |
|                               |       | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>     | m <sup>3</sup>        | m <sup>3</sup>                   |
| 1989                          |       | 2664860        | 3158015        | 1836941        | 2118353        |                    |                       |                                  |
| 1990                          |       | 4145626        | 6003924        | 2736655        | 2124280        | 351748             | 1597671               | 39                               |
| 1991                          |       | 3747573        | 5146975        | 2368260        | 1999446        | -319951            | 710637                | 19                               |
| 1992                          |       | 3678535        | 4789211        | 2359088        | 2190534        | 0                  | 942122                | 26                               |
| Sommerbalance 1.maj - 30.sept |       | Q tilført      | Q fraført      | Nedbør         | Fordampn.      | Magasin<br>ændring | Grundvand<br>beregnet | Grundvand<br>i % af<br>Q tilført |
|                               |       | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup> | m <sup>3</sup>     | m <sup>3</sup>        | m <sup>3</sup>                   |
| 1989                          |       | 518702         | 330602         | 720164         | 1602277        | -596659            | 97354                 | 19                               |
| 1990                          |       | 854756         | 710248         | 1426541        | 1548228        | 200538             | 177717                | 21                               |
| 1991                          |       | 807684         | 721457         | 1046087        | 1507081        | -284558            | 90209                 | 11                               |
| 1992                          |       | 557027         | 563303         | 755585         | 1732691        | -965775            | 17607                 | 3                                |

### Bilag 3.

Massebalance for total-kvælstof, total-fosfor, opløst uorganisk fosfor (ortofosfat-fosfor), total-jern og kalcium (i kg) på måneds-, sommer- (1.5-30.9) og årsbasis for Arreskov Sø, 1992. Der henvises i øvrigt til teksten i afsnit 5 for nærmere forklaringer.

| År                                | Måned | Tot-N                    |                          | Tot-N                    |                                | Tot-P                   |                         | Tot-P                   |                               | Orto-P                  |                         | Orto-P                  |                               |
|-----------------------------------|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|                                   |       | tilført<br>kg            | fraført<br>kg            | til-fra<br>kg            | til-fra<br>% af til            | tilført<br>kg           | fraført<br>kg           | til-fra<br>kg           | til-fra<br>% af til           | tilført<br>kg           | fraført<br>kg           | til-fra<br>kg           | til-fra<br>% af til           |
| 1992                              | 1     | 4567                     | 2513                     | 2053                     | 45                             | 62                      | 110                     | -49                     | -79                           | 23                      | 8                       | 16                      | 67                            |
| 1992                              | 2     | 4129                     | 1807                     | 2322                     | 56                             | 54                      | 93                      | -39                     | -72                           | 23                      | 4                       | 19                      | 81                            |
| 1992                              | 3     | 5550                     | 2050                     | 3500                     | 63                             | 70                      | 94                      | -24                     | -34                           | 24                      | 7                       | 17                      | 72                            |
| 1992                              | 4     | 3806                     | 1596                     | 2210                     | 58                             | 49                      | 51                      | -1                      | -3                            | 15                      | 3                       | 12                      | 80                            |
| 1992                              | 5     | 1877                     | 951                      | 926                      | 49                             | 31                      | 52                      | -20                     | -65                           | 12                      | 7                       | 5                       | 44                            |
| 1992                              | 6     | 345                      | 158                      | 187                      | 54                             | 13                      | 12                      | 1                       | 5                             | 5                       | 4                       | 0                       | 9                             |
| 1992                              | 7     | 748                      | 4                        | 744                      | 99                             | 26                      | 0                       | 26                      | 99                            | 3                       | 0                       | 3                       | 96                            |
| 1992                              | 8     | 815                      | 2                        | 813                      | 100                            | 32                      | 0                       | 31                      | 99                            | 5                       | 0                       | 5                       | 98                            |
| 1992                              | 9     | 644                      | 0                        | 644                      | 100                            | 29                      | 0                       | 29                      | 100                           | 6                       | 0                       | 6                       | 100                           |
| 1992                              | 10    | 1278                     | 5                        | 1273                     | 100                            | 33                      | 1                       | 32                      | 98                            | 16                      | 0                       | 16                      | 99                            |
| 1992                              | 11    | 6943                     | 292                      | 6651                     | 96                             | 61                      | 9                       | 51                      | 84                            | 30                      | 3                       | 27                      | 90                            |
| 1992                              | 12    | 8161                     | 3750                     | 4411                     | 54                             | 61                      | 53                      | 7                       | 12                            | 44                      | 23                      | 21                      | 49                            |
| Årsbalance                        |       | Tot-N<br>tilført<br>kg   | Tot-N<br>fraført<br>kg   | Tot-N<br>til-fra<br>kg   | Tot-N<br>til-fra<br>% af til   | Tot-P<br>tilført<br>kg  | Tot-P<br>fraført<br>kg  | Tot-P<br>til-fra<br>kg  | Tot-P<br>til-fra<br>% af til  | Orto-P<br>tilført<br>kg | Orto-P<br>fraført<br>kg | Orto-P<br>til-fra<br>kg | Orto-P<br>til-fra<br>% af til |
|                                   | 1989  | 24824                    | 15270                    | 9554                     | 38                             | 551                     | 632                     | -81                     | -15                           | 211                     | 77                      | 134                     | 64                            |
|                                   | 1990  | 41427                    | 32968                    | 8460                     | 20                             | 778                     | 1076                    | -298                    | -38                           | 315                     | 181                     | 133                     | 42                            |
|                                   | 1991  | 31872                    | 20047                    | 11826                    | 37                             | 592                     | 771                     | -179                    | -30                           | 228                     | 118                     | 110                     | 48                            |
|                                   | 1992  | 38863                    | 13128                    | 25736                    | 66                             | 521                     | 476                     | 45                      | 9                             | 207                     | 59                      | 148                     | 72                            |
| Sommerbalance                     |       | Tot-N<br>tilført<br>kg   | Tot-N<br>fraført<br>kg   | Tot-N<br>til-fra<br>kg   | Tot-N<br>til-fra<br>% af til   | Tot-P<br>tilført<br>kg  | Tot-P<br>fraført<br>kg  | Tot-P<br>til-fra<br>kg  | Tot-P<br>til-fra<br>% af til  | Orto-P<br>tilført<br>kg | Orto-P<br>fraført<br>kg | Orto-P<br>til-fra<br>kg | Orto-P<br>til-fra<br>% af til |
|                                   | 1989  | 4209                     | 920                      | 3289                     | 78                             | 191                     | 76                      | 115                     | 60                            | 37                      | 6                       | 31                      | 83                            |
|                                   | 1990  | 7372                     | 2592                     | 4780                     | 65                             | 298                     | 178                     | 120                     | 40                            | 84                      | 14                      | 70                      | 83                            |
|                                   | 1991  | 5429                     | 2405                     | 3024                     | 56                             | 215                     | 154                     | 61                      | 29                            | 59                      | 24                      | 35                      | 59                            |
|                                   | 1992  | 4429                     | 1115                     | 3314                     | 75                             | 132                     | 65                      | 67                      | 51                            | 31                      | 11                      | 20                      | 64                            |
| ARRESKOV SØ STOFBALANCE (fortsat) |       |                          |                          |                          |                                |                         |                         |                         |                               |                         |                         |                         |                               |
| År                                | Måned | Kalcium                  |                          | Kalcium                  |                                | Tot-Fe                  |                         | Tot-Fe                  |                               | Qtil<br>m <sup>3</sup>  | Qfra<br>m <sup>3</sup>  |                         |                               |
|                                   |       | tilført<br>kg            | fraført<br>kg            | til-fra<br>kg            | til-fra<br>% af til            | tilført<br>kg           | fraført<br>kg           | til-fra<br>kg           | til-fra<br>% af til           |                         |                         |                         |                               |
| 1992                              | 1     | 46944                    | 56988                    | -10044                   | -21                            | 97                      | 349                     | -252                    | -261                          | 469099                  | 863241                  |                         |                               |
| 1992                              | 2     | 44453                    | 47735                    | -3282                    | -7                             | 112                     | 175                     | -63                     | -56                           | 419698                  | 674527                  |                         |                               |
| 1992                              | 3     | 55371                    | 57017                    | -1645                    | -3                             | 183                     | 182                     | 0                       | 0                             | 581133                  | 809066                  |                         |                               |
| 1992                              | 4     | 42571                    | 44848                    | -2277                    | -5                             | 138                     | 125                     | 13                      | 9                             | 423742                  | 602287                  |                         |                               |
| 1992                              | 5     | 27714                    | 34635                    | -6921                    | -25                            | 150                     | 107                     | 43                      | 29                            | 261466                  | 454694                  |                         |                               |
| 1992                              | 6     | 8057                     | 8272                     | -215                     | -3                             | 105                     | 23                      | 82                      | 78                            | 83942                   | 106181                  |                         |                               |
| 1992                              | 7     | 6504                     | 178                      | 6326                     | 97                             | 73                      | 0                       | 73                      | 99                            | 62955                   | 2063                    |                         |                               |
| 1992                              | 8     | 8667                     | 37                       | 8630                     | 100                            | 93                      | 0                       | 92                      | 100                           | 64632                   | 365                     |                         |                               |
| 1992                              | 9     | 10193                    | 0                        | 10193                    | 100                            | 81                      | 0                       | 81                      | 100                           | 84032                   | 0                       |                         |                               |
| 1992                              | 10    | 14952                    | 61                       | 14890                    | 100                            | 72                      | 0                       | 71                      | 100                           | 130724                  | 729                     |                         |                               |
| 1992                              | 11    | 57985                    | 10681                    | 47304                    | 82                             | 176                     | 35                      | 141                     | 80                            | 486688                  | 121572                  |                         |                               |
| 1992                              | 12    | 70396                    | 100047                   | -29651                   | -42                            | 166                     | 80                      | 86                      | 52                            | 610424                  | 1154486                 |                         |                               |
| Årsbalance                        |       | Kalcium<br>tilført<br>kg | Kalcium<br>fraført<br>kg | Kalcium<br>til-fra<br>kg | Kalcium<br>til-fra<br>% af til | Tot-Fe<br>tilført<br>kg | Tot-Fe<br>fraført<br>kg | Tot-Fe<br>til-fra<br>kg | Tot-Fe<br>til-fra<br>% af til | Qtil<br>m <sup>3</sup>  | Qfra<br>m <sup>3</sup>  |                         |                               |
|                                   | 1989  | 296855                   | 232538                   | 64317                    | 22                             | 2101                    | 1421                    | 680                     | 32                            | 2664860                 | 3158015                 |                         |                               |
|                                   | 1990  | 451670                   | 346168                   | 105502                   | 23                             | 2258                    | 2837                    | -579                    | -26                           | 4145626                 | 6003924                 |                         |                               |
|                                   | 1991  | 371255                   | 336840                   | 34415                    | 9                              | 1715                    | 3198                    | -1483                   | -87                           | 3747573                 | 5146975                 |                         |                               |
|                                   | 1992  | 393807                   | 360499                   | 33308                    | 8                              | 1445                    | 1078                    | 367                     | 25                            | 3678535                 | 4789212                 |                         |                               |
| Sommerbalance                     |       | Kalcium<br>tilført<br>kg | Kalcium<br>fraført<br>kg | Kalcium<br>til-fra<br>kg | Kalcium<br>til-fra<br>% af til | Tot-Fe<br>tilført<br>kg | Tot-Fe<br>fraført<br>kg | Tot-Fe<br>til-fra<br>kg | Tot-Fe<br>til-fra<br>% af til | Qtil<br>m <sup>3</sup>  | Qfra<br>m <sup>3</sup>  |                         |                               |
|                                   | 1989  | 55686                    | 19493                    | 36193                    | 65                             | 439                     | 152                     | 288                     | 66                            | 518702                  | 330602                  |                         |                               |
|                                   | 1990  | 88680                    | 34149                    | 54531                    | 61                             | 817                     | 293                     | 525                     | 64                            | 854756                  | 710248                  |                         |                               |
|                                   | 1991  | 79548                    | 38756                    | 40793                    | 51                             | 612                     | 261                     | 352                     | 57                            | 807684                  | 721457                  |                         |                               |
|                                   | 1992  | 61135                    | 43122                    | 18013                    | 29                             | 502                     | 131                     | 371                     | 74                            | 557027                  | 563302                  |                         |                               |

## Bilag 4

### Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Arreskov Sø, st. 198101 - 198124, i perioden 1974-1992.

|                                              | 2)1974 | 1)1987 | 1)1988 | 3)1989 | 3)1990 | 3)1991 | 1992 |
|----------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| <b>Sigt dybde-sommer (1.5 - 30.9)</b>        |        |        |        |        |        |        |      |
| Sigt dybde, gns. (m)                         | 0,78   | 0,56   | 0,49   | 0,27   | 0,25   | 0,38   | 1,45 |
| Sigt dybde, 50% frakt. (m)                   | 0,75   | 0,56   | 0,46   | 0,25   | 0,25   | 0,30   | 1,45 |
| Sigt dybde, 75% frakt. (m)                   | 0,85   | 0,60   | 0,64   | 0,30   | 0,27   | 0,44   | 1,85 |
| Sigt dybde, maks. (m)                        | 1,00   | 0,90   | 0,90   | 0,45   | 0,35   | 0,90   | 2,75 |
| Sigt dybde, min. (m)                         | 0,70   | 0,40   | 0,25   | 0,21   | 0,15   | 0,20   | 0,30 |
| <b>Fosfor - sommer (1.5 - 30.9)</b>          |        |        |        |        |        |        |      |
| Total-fosfor, gns. (µg P/l)                  | 114    | 519    | -      | 231    | 275    | 199    | 130  |
| Total-fosfor, 50% frakt. (µg P/l)            | 117    | 575    | -      | 243    | 253    | 206    | 120  |
| Total-fosfor, maks. (µg P/l)                 | 150    | 782    | -      | 294    | 394    | 323    | 230  |
| Total-fosfor, min. (µg P/l)                  | 79     | 194    | -      | 142    | 196    | 129    | 58   |
| Orto-fosfat, gns. (µg P/l)                   | 33     | 334    | -      | 24     | 29     | 35     | 24   |
| Orto-fosfat, 50% frakt. (µg P/l)             | 32     | 380    | -      | 21     | 22     | 17     | 17   |
| Orto-fosfat, 25% frakt. (µg P/l)             | 8      | 241    | -      | 16     | 11     | 7      | 11   |
| Orto-fosfat, maks. (µg P/l)                  | 71     | 484    | -      | 51     | 75     | 208    | 72   |
| Orto-fosfat, min. (µg P/l)                   | 5      | 54     | -      | 8      | 7      | <5     | <5   |
| Part. fosfor, gns. (µg P/l)                  | 82     | 185    | -      | 207    | 246    | 164    | 106  |
| Part. fosfor, 50% (µg P/l)                   | 82     | 179    | -      | 207    | 235    | 151    | 99   |
| Part. fosfor, 25% (µg P/l)                   | 70     | 125    | -      | 180    | 198    | 137    | 81   |
| Part. fosfor, maks. (µg P/l)                 | 107    | 342    | -      | 277    | 357    | 235    | 225  |
| Part. fosfor, min. (µg P/l)                  | 65     | 105    | -      | 131    | 176    | 115    | 48   |
| <b>Kvælstof - sommer (1.5 - 30.9)</b>        |        |        |        |        |        |        |      |
| Total-kvælstof, gns. (µg N/l)                | 2821   | 2580   | -      | 2526   | 3205   | 3000   | 1933 |
| Total-kvælstof, 50% frakt. (µg N/l)          | 2637   | 2467   | -      | 2534   | 3033   | 3007   | 1672 |
| Total-kvælstof, maks. (µg N/l)               | 3790   | 3420   | -      | 3420   | 4411   | 4022   | 4232 |
| Total-kvælstof, min. (µg N/l)                | 2500   | 2097   | -      | 1094   | 2420   | 2059   | 1290 |
| Opl. uorg. kvælstof, gns. (µg N/l)           | 751    | 103    | -      | 45     | 231    | 311    | 250  |
| Opl. uorg. kvælstof, 50% frakt. (µg N/l)     | 741    | 32     | -      | 28     | 36     | 85     | 187  |
| Opl. uorg. kvælstof, 25% frakt. (µg N/l)     | 441    | 30     | -      | 23     | 28     | 31     | 113  |
| Opl. uorg. kvælstof, maks. (µg N/l)          | 1562   | 592    | -      | 201    | 1667   | 1588   | 880  |
| Opl. uorg. kvælstof, min. (µg N/l)           | 119    | 27     | -      | 16     | 21     | 15     | 15   |
| <b>Part. N/Part. P - sommer (1.5 - 30.9)</b> |        |        |        |        |        |        |      |
| Part N/Part P, gns.                          | 26     | 15     | -      | 13     | 12     | 17     | 17   |
| Part N/Part P, 50% frakt.                    | 26     | 13     | -      | 12     | 13     | 16     | 17   |
| Part N/Part P, maks.                         | 34     | 23     | -      | 22     | 17     | 25     | 22   |
| Part N/Part P, min.                          | 19     | 9,9    | -      | 4,4    | 4      | 9      | 9    |

#### Bemærkninger.

- 1) Station 108101
- 2) Station 108103
- 3) Station 108104

De angivne gennemsnits- og fraktilværdier er tidsvægtede. Maksimum og minimum er ikke nødvendigvis målte værdier, men kan i visse tilfælde være beregnet ved interpolation mellem en værdi inden for den angivne periode og en højere/lavere værdi uden for perioden.

## Bilag 4 fortsat

### Oversigt over fysisk-kemiske forhold i Arreskov Sø, st. 198101 - 198124, i perioden 1974-1992.

|                                                 | 2)1974 | 2)1987 | 1)1988 | 3)1989 | 3)1990 | 3)1991 | 1992 |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| <b>Øvrige variable - sommer (1.5 - 30.9)</b>    |        |        |        |        |        |        |      |
| (Nitrit + nitrat)-kvælstof, gns. (µg N/l)       | 380    | 51     | -      | 15     | 204    | 200    | 142  |
| Ammonium-kvælstof, gns. (µg N/l)                | 373    | 51     | -      | 30     | 27     | 111    | 108  |
| pH, gns. (µg N/l)                               | 8,4    | 9,1    | 9,2    | 8,8    | 9,2    | 8,9    | 8,2  |
| Ledningsevne, gns. (µg)                         | 425    | 350    | -      | 320    | 327    | 325    | 447  |
| Total-alkalinitet, gns. (meq/l)                 | 2,44   | -      | -      | 2,18   | 1,87   | 1,97   | 2,98 |
| Total-kuldioxid, gns. (mmol/l)                  | -      | 2,38   | -      | 2,10   | 1,76   | 1,89   | 3,01 |
| Silicium-Si, gns. (mg Si/l)                     | -      | 5,6    | -      | 4,1    | 4,7    | 1,3    | 5,6  |
| Tørstof (part.), gns. (mg/l)                    | -      | 33     | -      | 60     | 66     | 40     | 17   |
| Glødetab (part.), gns. (mg/l)                   | -      | 24     | -      | 40     | 44     | 26     | 11   |
| <b>Alle variable - vinter (1.12 - 31.3)</b>     |        |        |        |        |        |        |      |
| Total-fosfor, gns. (µg/l)                       | 88     | 231    | -      | 204    | 205    | 116    | 78   |
| Orto-fosfat, gns. (µg/l)                        | 41     | 158    | -      | 16     | 83     | 12     | 17   |
| Total-kvælstof, gns. (µg N/l)                   | 6041   | 2921   | -      | 3303   | 5347   | 4095   | 2638 |
| (Nitrit + nitrat)-kvælstof, gns. (µg N/l)       | 2546   | 827    | -      | 767    | 1857   | 1821   | 842  |
| Ammonium-kvælstof, gns. (µg N/l)                | 990    | 326    | -      | 94     | 2095   | 381    | 380  |
| pH, gns. (µg N/l)                               | 7,9    | 8,3    | 8,0    | 8,2    | 8,1    | 8,1    | 8,2  |
| Ledningsevne, gns.                              | 412    | 596    | -      | 410    | 354    | 391    | 390  |
| Total-alkalinitet, gns. (meq/l)                 | 2,1    | -      | -      | 2,95   | 2,64   | 2,48   | 2,61 |
| Total-kuldioxid, gns. (mmol/l)                  | -      | 2,9    | -      | 2,98   | 2,67   | 2,51   | 2,63 |
| Silikat, gns. (mg Si/l)                         | -      | 7,9    | -      | 3,4    | 6,7    | 0,23   | 2,7  |
| Tørstof (part.), gns. (mg/l)                    | -      | 14,9   | -      | 48     | 25     | 30     | 12   |
| Glødetab (part.), gns. (mg/l)                   | -      | 8,2    | -      | 26     | 16     | 16     | 8    |
| Årsprimærproduktion (g C/m <sup>2</sup> år)     | 169    | 369    | -      | 319    | 376    | 328    | -    |
| <b>Primærprod. - sommer (1.5 - 30.9)</b>        |        |        |        |        |        |        |      |
| Primærprod., gns. (mg C/m <sup>2</sup> d)       | 791    | 1657   | -      | 1527   | 1672   | 1674   | -    |
| Primærprod., 50% frakt. (mg C/m <sup>2</sup> d) | 744    | 1329   | -      | 1259   | 1587   | 1469   | -    |
| Primærprod., 75% (mg C/m <sup>2</sup> d)        | 992    | 2101   | -      | 1751   | 1885   | 1848   | -    |
| Primærprod., max. (mg C/m <sup>2</sup> d)       | 1472   | 3334   | -      | 3261   | 2524   | 3398   | -    |
| Primærprod., min. (mg C/m <sup>2</sup> d)       | 464    | 682    | -      | 868    | 1042   | 839    | -    |
| <b>Klorofyl-a - sommer (1.5 - 30.9)</b>         |        |        |        |        |        |        |      |
| Klorofyl-a, gns. (µg/l)                         | 42     | 107    | 108    | 129    | 147    | 155    | 74   |
| Klorofyl-a, 50% frakt. (µg/l)                   | 41     | 114    | 113    | 117    | 132    | 167    | 39   |
| Klorofyl-a, 75% frakt. (µg/l)                   | 46     | 137    | 160    | 156    | 143    | 200    | 56   |
| Klorofyl-a, max. (µg/l)                         | 57     | 160    | 170    | 210    | 245    | 280    | 460  |
| Klorofyl-a, min. (µg/l)                         | 29     | 37     | 18     | 81     | 27     | 28     | 4    |

#### Bemærkninger.

- 1) Station 108101
- 2) Station 108103
- 3) Station 108104

De angivne gennemsnits- og fraktilværdier er tidsvægtede. Maksimum og minimum er ikke nødvendigvis målte værdier, men kan i visse tilfælde være beregnet ved interpolation mellem en værdi inden for den angivne periode og en højere/lavere værdi uden for perioden.

## Bilag 5.

Beregning af kvælstofudveksling via interne processer i Arreskov Sø, 1992. Beregnet tilførsel, fraførsel, magasinændring og nettostofudveksling med sediment/atmosfære for total-kvælstof (kg) på månedsbasis. Års- og sommermiddelværdier er ligeledes angivet. Der henvises til afsnit 6.3 for nærmere forklaringer.

### BEREGNING AF KVÆLSTOFFRIGIVELSE/TAB

| Måned                       | dage | middel<br>sølvolumen<br>m <sup>3</sup> | Tot-N konc.<br>pr.d.1.<br>µg/l | Stign./md<br>kg | Tot-N til<br>kg | Tot-N fra<br>kg | N tilbage-<br>holdt<br>kg |
|-----------------------------|------|----------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| 1                           | 31   | 5974991                                | 2722                           | -947            | 4567            | 2513            | 2053                      |
| 2                           | 29   | 5689787                                | 2692                           | -1047           | 4129            | 1807            | 2322                      |
| 3                           | 31   | 5689787                                | 2508                           | -1752           | 5550            | 2050            | 3500                      |
| 4                           | 30   | 5784532                                | 2164                           | 1815            | 3806            | 1596            | 2210                      |
| 5                           | 31   | 5847875                                | 2451                           | -4958           | 1877            | 951             | 926                       |
| 6                           | 30   | 5469967                                | 1714                           | -1893           | 345             | 158             | 187                       |
| 7                           | 31   | 5004799                                | 1495                           | 317             | 748             | 4               | 744                       |
| 8                           | 31   | 4790446                                | 1628                           | 2317            | 815             | 2               | 813                       |
| 9                           | 30   | 4851514                                | 2085                           | -3730           | 644             | 0               | 644                       |
| 10                          | 31   | 4882100                                | 1308                           | 1796            | 1278            | 5               | 1273                      |
| 11                          | 30   | 5158968                                | 1586                           | 7386            | 6943            | 292             | 6651                      |
| 12                          | 31   | 6295303                                | 2473                           | 4502            | 8161            | 3750            | 4411                      |
| 1                           |      | 5974991                                | 3359                           |                 |                 |                 |                           |
| -----                       |      |                                        |                                |                 |                 |                 |                           |
| max                         |      |                                        | 2722                           | 7386            | 8161            | 3750            | 6651                      |
| -----                       |      |                                        |                                |                 |                 |                 |                           |
| sommermiddel<br>sum, sommer |      | 5141117                                | 1875                           | -1589           | 886             | 223             | 663                       |
|                             |      |                                        | 9373                           | -7947           | 4429            | 1115            | 3314                      |
| -----                       |      |                                        |                                |                 |                 |                 |                           |
| årsmiddel<br>sum, år        |      | 5493466                                | 2069                           | 317             | 3239            | 1094            | 2145                      |
|                             |      |                                        | 24826                          | 3806            | 38863           | 13128           | 25736                     |
| -----                       |      |                                        |                                |                 |                 |                 |                           |

### KVÆLSTOF FRIGØRELSE (+) TAB (-) FOR HELE SØEN KORRIGERET FOR TIL- OG FRAFØRT KVÆLSTOF

| Måned                                     | Fri/bundet N<br>hele søen pr.søoverfl.<br>kg N/måned mg N/m <sup>2</sup> måned |       | Fri/bundet N<br>hele søen pr.søoverfl.<br>kg N/dag mg N/m <sup>2</sup> dag |     |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                           |                                                                                |       |                                                                            |     |
| 1                                         | -3000                                                                          | -946  | -97                                                                        | -31 |
| 2                                         | -3369                                                                          | -1063 | -116                                                                       | -37 |
| 3                                         | -5253                                                                          | -1657 | -169                                                                       | -53 |
| 4                                         | -395                                                                           | -125  | -13                                                                        | -4  |
| 5                                         | -5883                                                                          | -1856 | -190                                                                       | -60 |
| 6                                         | -2080                                                                          | -656  | -69                                                                        | -22 |
| 7                                         | -427                                                                           | -135  | -14                                                                        | -4  |
| 8                                         | 1503                                                                           | 474   | 48                                                                         | 15  |
| 9                                         | -4374                                                                          | -1380 | -146                                                                       | -46 |
| 10                                        | 524                                                                            | 165   | 17                                                                         | 5   |
| 11                                        | 735                                                                            | 232   | 24                                                                         | 8   |
| 12                                        | 90                                                                             | 29    | 3                                                                          | 1   |
| -----                                     |                                                                                |       |                                                                            |     |
| max                                       | 1503                                                                           | 474   | 48                                                                         | 15  |
| -----                                     |                                                                                |       |                                                                            |     |
| sommermiddel<br>ialt fri/bund. sommer, kg | -2252                                                                          | -711  | -74                                                                        | -23 |
|                                           | -11262                                                                         |       |                                                                            |     |
| -----                                     |                                                                                |       |                                                                            |     |
| årsmiddel<br>ialt fri/bundet år, kg       | -1827                                                                          | -576  | -60                                                                        | -19 |
|                                           | -21929                                                                         |       |                                                                            |     |
| -----                                     |                                                                                |       |                                                                            |     |

## Bilag 6.

Beregning for fosforudveksling via interne processer i Arreskov Sø, 1992. Beregnet tilførsel, fraførsel, magasinændring og nettostofudveksling med sedimentet for total-fosfor (kg) på månedsbasis. Års- og sommermiddelværdier er ligeledes angivet. Der henvises til afsnit 6.3 for nærmere forklaringer.

### BEREGNING AF FOSFORUDVEKSLING MED SEDIMENTET

| Måned                       | dage | Søvolumen<br>pr.d.1.<br>m <sup>3</sup> | Tot-P konc.<br>pr.d.1.<br>µg/l | P-pulje<br>pr.d.1.<br>kg | Stign./md<br>kg | Tot-P til<br>kg | Tot-P fra<br>kg | P-tilbage-<br>holdt<br>kg |
|-----------------------------|------|----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| 1                           | 31   | 5974991                                | 79                             | 472                      | -5              | 62              | 110             | -49                       |
| 2                           | 29   | 5689787                                | 82                             | 467                      | -57             | 54              | 93              | -39                       |
| 3                           | 31   | 5689787                                | 72                             | 410                      | 36              | 70              | 94              | -24                       |
| 4                           | 30   | 5784532                                | 77                             | 445                      | 274             | 49              | 51              | -1                        |
| 5                           | 31   | 5847875                                | 123                            | 719                      | -68             | 31              | 52              | -20                       |
| 6                           | 30   | 5469967                                | 119                            | 651                      | 215             | 13              | 12              | 1                         |
| 7                           | 31   | 5004799                                | 173                            | 866                      | -329            | 26              | 0               | 26                        |
| 8                           | 31   | 4790446                                | 112                            | 537                      | 298             | 32              | 0               | 31                        |
| 9                           | 30   | 4851514                                | 172                            | 834                      | -556            | 29              | 0               | 29                        |
| 10                          | 31   | 4882100                                | 57                             | 278                      | -20             | 33              | 1               | 32                        |
| 11                          | 30   | 5158968                                | 50                             | 258                      | 139             | 61              | 9               | 51                        |
| 12                          | 31   | 6295303                                | 63                             | 397                      | -32             | 61              | 53              | 7                         |
| 1                           |      | 5974991                                | 61                             | 364                      |                 |                 |                 |                           |
| -----                       |      |                                        |                                |                          |                 |                 |                 |                           |
| max                         |      |                                        | 173                            |                          | 298             | 70              | 110             | 51                        |
| sommermiddel<br>sum, sommer |      | 5141117                                | 140                            | 648                      | -88             | 26              | 13              | 13                        |
|                             |      |                                        | 699                            |                          | -441            | 132             | 65              | 67                        |
| årsmiddel<br>sum, år        |      | 5493466                                | 98                             | 515                      | -9              | 43              | 40              | 4                         |
|                             |      |                                        | 1179                           |                          | -108            | 521             | 476             | 45                        |
| -----                       |      |                                        |                                |                          |                 |                 |                 |                           |

### FOSFOR FRIGØRELSE (+) BINDING (-) FOR HELE SØEN KORRIGERET FOR TIL- OG FRAFØRT FOSFOR

| Måned                                | Fri/bundet P<br>hele søen<br>kg P/måned | Fri/bundet P<br>pr.søoverfl.<br>mgP/m <sup>2</sup> /måned | Fri/bundet P<br>hele søen<br>kg P/dag | Fri/bundet P<br>pr.søoverfl.<br>mg P/m <sup>2</sup> /dag |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1                                    | 43                                      | 14                                                        | 1.40                                  | .44                                                      |
| 2                                    | -18                                     | -6                                                        | -.62                                  | -.19                                                     |
| 3                                    | 59                                      | 19                                                        | 1.91                                  | .60                                                      |
| 4                                    | 275                                     | 87                                                        | 9.18                                  | 2.89                                                     |
| 5                                    | -48                                     | -15                                                       | -1.55                                 | -.49                                                     |
| 6                                    | 214                                     | 68                                                        | 7.14                                  | 2.25                                                     |
| 7                                    | -355                                    | -112                                                      | -11.46                                | -3.62                                                    |
| 8                                    | 267                                     | 84                                                        | 8.60                                  | 2.71                                                     |
| 9                                    | -586                                    | -185                                                      | -19.52                                | -6.16                                                    |
| 10                                   | -52                                     | -17                                                       | -1.69                                 | -.53                                                     |
| 11                                   | 87                                      | 28                                                        | 2.91                                  | .92                                                      |
| 12                                   | -40                                     | -12                                                       | -1.28                                 | -.40                                                     |
| -----                                |                                         |                                                           |                                       |                                                          |
| max                                  | 275                                     | 87                                                        | 9.18                                  | 2.89                                                     |
| sommermiddel<br>Fri/bund. sommer, kg | -102                                    | -32                                                       | -3.36                                 | -1.06                                                    |
|                                      | -508                                    |                                                           |                                       |                                                          |
| årsmiddel<br>fri/bundet år, kg       | -13                                     | -4                                                        | -.41                                  | -.13                                                     |
|                                      | -153                                    |                                                           |                                       |                                                          |
| -----                                |                                         |                                                           |                                       |                                                          |

## Bilag 7.

Analyser af mulige sammenhænge mellem forskellige målte variable i søvandet i Arreskov Sø i sommerperioden, 1989-1992. Følgende par af variable er herved undersøgt.

- \* Sigtdybde (m) - partikelindhold målt som tørstof (mg/l)
- \* Sigtdybde (m) - planktonalgebiomasse målt som klorofyl-a ( $\mu\text{g/l}$ )
- \* Partikulært kvælstof ( $\mu\text{g N/l}$ ) - total-kvælstof ( $\mu\text{g N/l}$ )
- \* Partikulært fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ ) - total-fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )
- \* Planktonalgebiomasse målt som klorofyl-a ( $\mu\text{g/l}$ ) - total-kvælstof ( $\mu\text{g N/l}$ )
- \* Planktonalgebiomasse målt som klorofyl-a ( $\mu\text{g/l}$ ) - total-fosfor ( $\mu\text{g P/l}$ )
- \* Planktonalgebiomasse målt som klorofyl-a ( $\mu\text{g/l}$ ) - partikulært kvælstof ( $\mu\text{g P/l}$ )
- \* Suspenderet stof målt som tørstof ( $\mu\text{g/l}$ ) - planktonalgebiomasse målt som klorofyl-a ( $\mu\text{g/l}$ )
- \* Planktonalgebiomasse målt som klorofyl-a ( $\mu\text{g/l}$ ) - planktonalgebiomasse målt som volumen ( $\text{mm}^3/\text{l}$ ).

For hvert par af variable er indtegnet den bedst mulige linie (regressionslinie) igennem de afbildede målepunkter. Der er herved anvendt rette linier undtagen for sammenhænge mellem sigtdybde-tørstof og sigtdybde-klorofyl-a, hvor der er forventet en logaritmisk sammenhæng. De enkelte års målinger er markeret med en særskilt signatur.



