

DATA RAPPORT

---

# BRYRUP LANGSØ 1994

---

UDGIVER: Århus Amt, Natur- & Miljøkontoret, Lyseng Alle 1, 8270 Højbjerg

TITEL: Bryrup Langsø 1994.

FORFATTERE: Henrik Skovgaard og Karen Schacht.

LAYOUT: Bente E. Rasmussen

EMNEORD: Søer, eutrofiering, vandmiljøplan, fytoplankton, zooplankton.

FORMAT: A 4

SIDETAL: 41 + bilag

OPLAG: 75

ISBN: 87-7295-451-5

---

# Indholdsfortegnelse

0. Sammenfatning .....	5
1. Indledning .....	7
2. Beskrivelse af søen .....	9
3 Vand- og stofbalance .....	11
4 Vandkemiske og vandfysiske forhold i Bryrup Langsø .....	17
5 Fytoplankton.....	27
6 Zooplankton i Bryrup Langsø i 1994 .....	31
7 Opfyldelse af målsætning.....	37
8. Referenceliste .....	39
9 Bilag .....	41



# Sammenfatning

Denne rapport indeholder en beskrivelse af miljøtilstanden i Bryrup Langsø samt i de vandløb, som løber til søen.

Som led i Vandmiljøplanens overvågningsprogram er Bryrup Langsø udvalgt som en af de på landsplan 37 søer, som skal overvåges årligt.

Århus Amt har derfor siden 1989 foretaget intensive undersøgelser i søen efter overvågningsprogrammets retningslinier.

## Bryrup Langsø

Bryrup Langsø er 45 ha stor og har et volumen på 1,72 mio. m<sup>3</sup>. Gennemsnitsdybden er 4,6 meter og den største dybde 9 meter.

Hovedparten af vandtilførslen sker via Nimdrup Bæk og Kringelbæk. Ialt er der et opland på 45 km<sup>2</sup>, hvoraf størstedelen er opdyrket.

## Vand- og næringsstofbalance

Bryrup Langsø blev ialt tilført 15,2 mio m<sup>3</sup> vand i 1994, hvilket var betydelig mere end i de fem foregående overvågningsår. Vandets opholdstid var dermed ca. 40 dage mod normalt 80 til 100 dage.

Vandtilførslen var størst i vinterhalvåret og særligt i februar og marts strømmede der store mængder vand til søen.

Kvælstoftilførslen reguleres i vid udstrækning af vandtilførslen. På grund af den store vandtilførsel i 1994 blev der transporteret ca. 108 tons kvælstof til Bryrup Langsø, hvilket er betydelig mere end i de tidligere overvågningsår. Den vandføringsvægtede indløbskoncentration var derimod ikke højere end normalt. Kvælstofbelastningen af Bryrup Langsø, som generelt har været stigende siden 1989, er høj i forhold til søens areal.

Omkring 25% af den tilførte kvælstof i 1994 blev fjernet ved vandets passage gennem søen.

Den totale fosfortilførsel til Bryrup Langsø var 1,55 tons i 1993, hvilket også er betydeligt mere end i de øvrige overvågningsår. For eksempel blev der i 1993

tilført 0,88 tons fosfor. Den væsentlige reduktion af fosfortilførslen til Bryrup Langsø skete i perioden 1972 til 1991, hvor spildevandspåvirkningen fra kloakerede områder helt ophørte. Siden 1989 har der været år til år variation i fosforbelastningen forårsaget af hovedsagelig nedbørsforholdene i de enkelte år, mens den vandføringsvægtede indløbskoncentration af totalfosfor har været ret konstant.

Også fosfortilførslerne varierer med vandtilførslen, og der blev derfor tilført væsentlig mere fosfor til Bryrup Langsø i vinterhalvåret end i sommerhalvåret.

I 1994 blev der som i de øvrige overvågningsår tilbageholdt omkring 2% af den tilførte fosfor på årsbasis, hvilket er lavere end i firserne, hvor ca. 30% af den tilførte fosfor blev tilbageholdt. Den mindre procentuelle fosfortilbageholdelse i de senere år skyldes, at søen endnu ikke er ligevægt med den eksterne fosforbelastning. I sommeren 1994 var der dog en nettotilbageholdelse af fosfor i søen i modsætning til f.eks. 1993, hvor der blev frigivet fosfor fra søbunden.

Vandbalancen viser som i de øvrige overvågningsår, at der er et lille vandbidrag fra grundvandet (9% i 1994) til Bryrup Langsø. Hvis koncentrationerne af kvælstof og fosfor i grundvandet var lige så høje som i de målte tilløb, hvilket er urealistisk, ville den totale kvælstof- og fosforbelastning derfor kun være ca. 10% højere. Det vurderes, at et grundvandsbidrag, baseret på fosfor- og kvælstofkoncentrationer af samme størrelse som i naturområder og kilden ved Nimdrup Bæk, er mest sandfærdigt.

Den tilførte kvælstof stammer næsten udelukkende fra de dyrkede jorde i oplandet. Fosfortilførslen har derimod flere betydende kilder. I 1994 er det beregnet, at ca. halvdelen af fosforbelastningen kom fra de dyrkede jorde, mens baggrundstilførslen (naturlig udvaskning) udgjorde 30% og spildevandstilførslen (dambrug, regnvandsoverløb og spredt bebyggelse) tilsammen ca. 16%

## Vandkemiske forhold i søen

På grund af de store afstrømninger i foråret 1994 var koncentrationen af fosfor (total-P og ortho-P), ammoni-

um og jern højere end normalt i marts-april. I sommeren var kun kvælstofkoncentrationen højere end normalt, idet størstedelen af kvæstofpuljen var på opløst form (nitrat), og dermed ikke bundfældedes så hurtigt. Fosforkoncentrationen, klorofylkoncentrationen og mængden af suspenderet stof var betydelig lavere i sommeren 1994 end i de øvrige overvågningsår. Sigtdybden (sommergennemsnit) var 1,9 meter i 1994, og er dermed ikke blevet større siden 1989.

### Udvikling fra 1989 til 1994.

Statistisk analyse af datamateriale (sommergennemsnit) fra 1989 til 1994 viser, at der er sket en ændring i pH, kvælstofkoncentration, årssigtdybde, suspenderet stof i Bryrup Langsø i overvågningsperioden. Der ses år til år variation i de øvrige parametre, men der har ikke kunne påvises nogen signifikant udvikling. Der er dog målt betydelig lavere koncentration af totalfosfor og og suspenderet stof i sommeren 1994 end i årene 1989 til 1992.

### Fytoplankton

Fytoplankton var i 1994 domineret af kiselalger, furealger, flagellater og blågrønalger. Hvor blågrønalgerne som gruppe højst udgjorde 44% af den totale biomasse i 1993, var der særligt i august/september 1994 dominans (75-95% af biomassen) af blågrønalger som følge af den varme sensommer. Fytoplanktonmængden i Bryrup Langsø er dog lavere end i gennemsnittet af danske søer. Med et sommerngennemsnit på 4,2 mg vv/l var fytoplanktonbiomassen som helhed ikke forskellig fra 1993, men betydelig lavere end i de øvrige overvågningsår. Der kan dog ikke påvises nogen signifikant ændring af fytoplanktonbiomassen (sommerngennemsnit) i perioden 1989 til 1994.

I juli blev der indsamlet blågrønalger i Bryrup Langsø. Test på mus viste, at blågrønalgerne (*Microcystis spp.*) indeholdte et levertoxin, som musene døde af 1 time efter indsprøjtning af frysetørret algemateriale.

### Zooplankton

Zooplanktonet var karakteriseret ved, at copepoderne dominerede planktonet i årenes kolde måneder, mens cladoceerne havde dominans fra maj til oktober. Hjuldyrenes andel af zooplanktonbiomassen var generelt lav,

men enkelte kortvarige forekomster med store biomasser forekom.

De mest dominerende arter af både cladoceer og copepoder er arter der alle karakteriserer de middelnæringsrige søer. *D. cucullata*, *D. galata*, *D. hyalina* og *C. kolensis*, *C. vicinus* m.fl. Zooplanktonet havde i perioder af 1994 en regulerende effekt på algerne, hvilket afspejlede sig i to klarvandsperioder - i maj og i slutningen af juli.

Hverken zooplanktonmængden, sammensætningen eller dets effekt på algerne har ændret sig væsentlig i de 5 "overvågningsår". Der ses dog en tendens til, at den potentielle græsning i 1993 og 1994 var højere end tidligere år, men en egentlig signifikant udvikling er der endnu ikke tale om.

### Opfyldelse af målsætning

Bryrup Langsø er A2/C målsat i recipientkvalitetsplanen. Der stilles krav om badevandskvalitet (A2), mens selve søen har en lempet målsætning (C). Badevandsmålsætningen var opfyldt i 1994 med hensyn til indhold af colibakterier. Krav om maksimal fosforudledning fra dambrug og kloakerede områder på henholdsvis 90 kg P/år og 0 kg P/år blev også overholdt, mens kravet om en sommertid dybde på mindst 2 meter ikke kan anses for opfyldt i 1994.

# Indledning

Bryrup Langsø indgår i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Århus Amt udfører derfor hvert år detaljerede undersøgelser i søen for at følge dens forureningstilstand og en eventuel ændring i denne.

Med henvisning til den detaljerede afrapportering, der blev foretaget i 1992 af de foregående års undersøgelser i Bryrup Langsø, præsenteres resultaterne fra 1994 i nærværende rapport på en mere summarisk form. Danmarks Miljøundersøgelses paradigma for amternes rapportering for søer søges dog i høj grad fulgt.

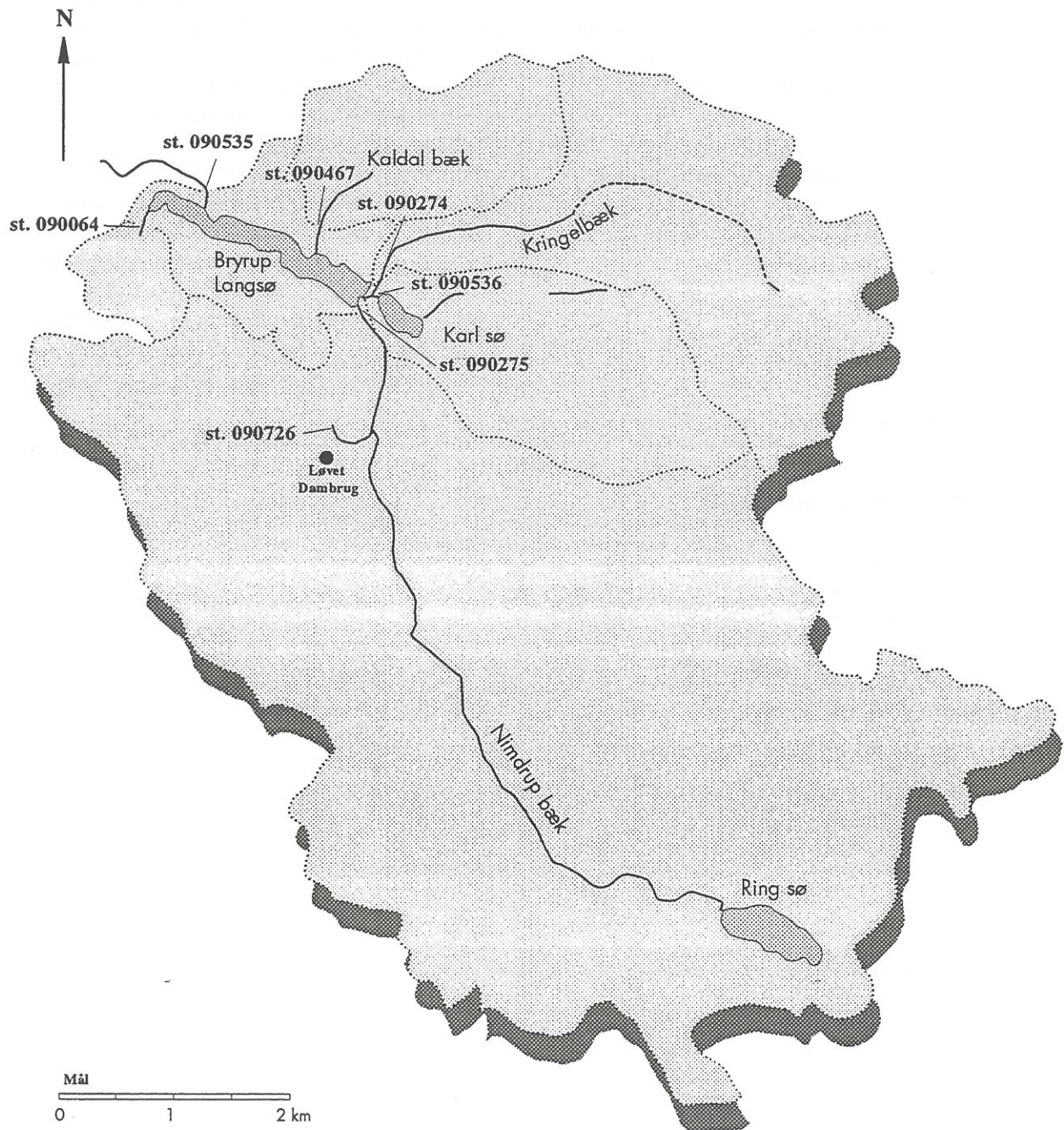




## Beskrivelse af søen

Bryrup Langsø ligger i Them Kommune i det midtjyske søhøjland umiddelbart sydøst for Bryrup. Søen, der er beliggende i en øst-vest vendt tunneldal dannet under sidste istid, indgår i Salten Å's og dermed Gudenåens vandsystem.

Søens hovedtilløb er Nimdrup Bæk, der løber til søen fra sydvest. Vandføringen i den øvre del af Nimdrup Bæk, der udspringer i Ring Sø ved Brædstrup, er forholdsvis lille om sommeren, og først i den nedre del sker der en større vandtilførsel. Søens andet større tilløb



**Figur 1:**  
Topografisk opland, vandløb og prøvetagningsstationer i oplandet til Bryrup Langsø

er Kringel Bæk, der løber til søen fra nordøst. Afløbet fra søen er Bryrup Å, der løber ud i Kvind Sø (se figur 1).

Jordbunden i søens opland er hovedsageligt lerede, og sandede moræneaflejringer, og størstedelen af oplandet (ca. 80%) er opdyrket. Umiddelbart nær søen findes dog en del uopdyrkede arealer, der består af plantage og hede.

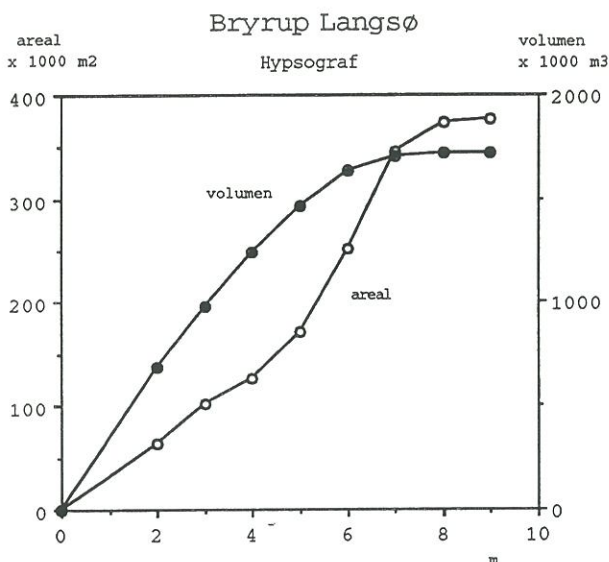
På trods af, at søen på grund af den øst-vest vendte beliggenhed er temmelig vindeksporeret, og at hovedparten af søen tillige har en forholdsvis ringe dybde, kan der i perioder med varmt og stille vejr opstå lagdeling i dybere områder af søen.

Morfometriske data og hypsograf for søen fremgår af tabel 1 og figur 2.

Oplandsareal	45	km <sup>2</sup>
Søens areal	38	ha.
Søens volumen	1,72 x 10 <sup>6</sup>	m <sup>3</sup>
Gns. dybde	4,6	m.
Max. dybde	9,0	m.
Opholdstid (1993)	2,7	mdr.

Tabel 1:

Morfometriske data for Bryrup Langsø.



Figur 2:

Hypsograf for Bryrup Langsø.

## Historiske forhold

Bryrup Langsø er en naturlig eutrof sø, som uden påvirkning ville have en stor sigtdybde året rundt og udbredt undervandsvegetation. I begyndelsen af dette århundrede var søbunden på lavere vand tæt dækket af undervandsplanter. De er dog siden forsvundet i takt med en tiltagende forurening af søen med spildevand fra de omkringliggende bysamfund.

Gennem de sidste 20 år er spildevandet fra bysamfundene i oplandet blevet afskåret. Først blev Brædstrup afskåret i 1972. Sidenhen Davding og Grædstrup i 1988, Slagballe i 1990 og senest Vinding i 1991. Den sidste egentlige punktkilde, der er tilbage i oplandet, er Løvet Dambrug.

Spildevandet fra Vinding blev tidligere ledt til Kringel Bæk, der oprindeligt løb gennem Karl Sø inden udløbet i Bryrup Langsø. I Kringel Bæk sivede vandet i 1970'erne oftest i jorden om sommeren, så spildevandet havde en begrænset effekt på Kringel Bæk's nedre løb og Karl Sø. Omkring 1980 stoppede nedsvivningen i Kringel Bæk og Karl Sø blev kraftigt forurenet. Kringel Bæk blev derfor ledt udenom Karl Sø og direkte ud i Bryrup Langsø.

## Vand- og stofbalance

I 1994 blev der taget vandprøver 19 gange i både Nimdrup Bæk (st. 090275), Kringel Bæk (st. 090274) og afløbet Bryrup Å (st. 090535). Vandføringen i Nimdrup Bæk blev målt ved hjælp af en fast vandføringsstation, mens de øvrige vandføringsmålinger blev foretaget med vingemåler og herefter korreleret ved qQ-metoden til vandføringen i Nimdrup Bæk. Der blev ikke målt i de små tilløb fra nord og syd samt i afløbet fra Karl Sø i 1994.

Ved beregning af vandbalancen i Bryrup Langsø er der indregnet 11 aflæste vandstandshøjder i søen, der antages at repræsentere vandstandsændringer i søen.

Vandtilførslen fra det umålte opland er beregnet på månedsbasis ved en arealkorrektion med Kringel Bæk som reference. Ved beregningen er det antaget, at vandafstrømningen pr. arealenhed er dobbelt så stor i det umålte opland som i oplandet til Kringel Bæk, hvilket var tilfældet i 1992, hvor der blev målt på alle tilløb.

Grundvandstilførslen er beregnet som differencen mellem alle tilløb og afløb under hensyntagen til magasinændringer i søen. Eventuel usikkerhed på målinger og beregninger vil også være indeholdt i dette grundvandsbidrag.

Endvidere er der i beregningen for vandbalancen Bryrup Langsø antaget, at nedbøren på søens overflade er lig med fordampningen herfra.

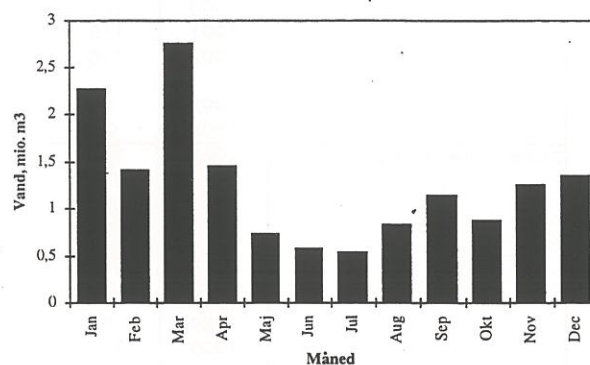
De interpolerede års- og sommermedianer af forskellige kemiske parametre for Bryrup Langsø's tilløb og afløb for alle måleårene fremgår af tabel 2 og 3. I perioden 1989 til 1994 har fosforkoncentrationen i Nimdrup Bæk været relativt konstant, men lavere end i 1980'erne. I Kringel Bæk er der derimod sket et markant fald i fosforkoncentrationen fra 1989 til 1994. Der kan ikke påvises nogen ændring i kvælstofkoncentrationen i Nimdrup Bæk og Kringel Bæk. Forholdene i tilløbene vil blive nærmere belyst med statistisk analyse ved afrapporteringen af 1996 data.

### Vandbalance

I 1994 er der beregnet en vandtilførsel til Bryrup Lang-

sø på 15,2 mio. m<sup>3</sup>, hvilket er betydelig mere end i de øvrige overvågningsår, hvor tilførslen typisk har været 6-7 mio. m<sup>3</sup>. Den store vandtilførsel i 1994 resulterede i en opholdstid på 42 dage mod normalt 80 til 100 dage.

Figur 3 viser variationen i vandtilførslen på månedsbasis i årene 1989 til 1994. Det ses, at størstedelen af tilstrømningen i 1994 skete i januar til april og september til december. Særligt i januar og marts var der stor vandtilførsel. Vandtilførslen var imidlertid mere end dobbelt så stor som gennemsnittet for disse to måneder i perioden 1989 til 1993, og tegnede sig for ca. 40% af den totale vandtilførsel til Bryrup Langsø i 1994. Resten af året var vandtilførslen også noget højere end normalt.



**Figur 3:**  
Total vandtilførsel på månedsbasis i 1994.

Det fremgår af tabel 4, at ca. 70% af den totale vandtilførsel kom via Nimdrup Bæk. De målte tilløb udgjorde ialt 75% af den totale vandtilførsel. De resterende 25% er grundvandsindsivning (10%) og vandtilførsel fra umålt opland (15%). Det relativt lille grundvandsbidrag på 1,4 mio m<sup>3</sup>/år er muligvis underestimeret, idet det virker usandsynligt, at der skulle have været en grundvandsudsivning fra Bryrup Langsø i marts, hvor overfladeafstrømningen var størst (se bilag). Uoverensstemmelsen i vandbalancen må skyldes usikkerhed på vandføringen i de målte eller umålte tilløb, idet målingerne i afløbet fra Bryrup Langsø er relativt præcise.

Konklusionen på dette afsnit er, at vandbalancen for Bryrup Langsø er godt beskrevet med det nuværende måleprogram, men at der kan være problemer med

vandføringsmålinger ved meget store afstrømninger om vinteren. Der er formentlig et grundvandsbidrag til Bryrup Langsø, men det udgør højst 10-15% af den samlede vandtilførsel, og har derfor ringe betydning for opholdstid og vandstand.

## Næringsstofbalance

Næringsstofbalancen for Bryrup Langsø er opgjort ud fra de beregnede vandføringer og de vandkemiske målinger i søens tilløb og afløb.

I beregningerne er det forudsat, at den atmosfæriske deposition af fosfor er 0,2 kg P/ha/år, mens den for kvælstof er 20 kg P/ha/år. Stofkoncentrationen i det

Station	år	Total-P µgP/l	PO4-P µgP/l	Total N mg N/l	NH4-N mg N/l	NO3-N mg N/l	BI5 mg/l	Total COD mg/l	Total Jern mg Fe/l
Tilløb fra syd (090064)	1989	62	36	5,39	0,036	4,98	1,1	9,5	
	1990	94	55	4,33					
	1991	84	36	4,51					0,13
	1992	84	31	4,40					
Kringelbæk (090274)	1974	93	18	4,22	0,181	3,48			
	1975	52	16	4,78	0,103	4,49			
	1978	190	63	7,03	0,040	5,45	2,0	32	
	1983	170	55	8,88	0,173	7,00	3,0	25	
	1987	321	224	7,26	0,208	5,79	2,6	34	
	1989	271	78	5,81	0,051	5,36	1,8	25	
	1990	282	156	7,39	0,123	5,80	2,1	31	
	1991	158	90	6,32	0,036	5,35	1,3	20	0,18
	1992	116	47	9,74	0,021	7,77	1,1		0,25
	1993	77	37	8,40					0,33
1994	96	38	8,50					0,36	
Nimdrup bæk (090275)	1972	309	202	6,34	0,241	5,36			
	1973	278	213	5,44	0,343	4,36			
	1974	210	128	5,47	0,280	4,73			
	1975	187	116	5,45	0,205	5,10			
	1978	203	139	6,67	0,128	5,92	2,5	17	
	1983	176	110	8,90	0,145	7,24	3,0	17	
	1987	207	127	7,77	0,172	6,49	2,2	17	
	1989	107	60	7,71	0,082	7,32	3,5	15	
	1990	129	80	8,40	0,108	7,65	1,9	21	
	1991	109	62	8,20	0,073	7,50	1,5	14	0,14
	1992	106	44	9,10	0,038	8,36	1,5		0,14
	1993	126	84	9,13	0,109	8,8	2		0,16
	1994	100	64	8,54	0,069	7,74			0,18
Kaldal bæk (090467)	1989	36	9	5,40	0,037	4,80	1,1	13	
	1990	49	14	5,57					
	1991	35	9	5,14					0,20
	1992	30	4	5,61					
Afløb Karl sø (090536)	1989	66	24	1,91	0,072	0,81	2,3	15	
	1990	48	14	1,22					
	1991	54	10	1,74					0,09
	1992	67	20	1,58					0,09
Kilde v. Nimdrup bæk (090726)	1988	27	18	9,30	0,015	8,80		1,6	
	1989	13	7	9,35		8,37			
	1990	16	9	9,67		9,20			
	1991	11	9	9,76		9,10			0,02
	1992	14	10	9,80		9,50			0,01
Afløb Bryrup Langsø (090535)	1989	93	22	3,20	0,026	2,34	2,8	17	
	1990	103	58	3,62					
	1991	89	16	3,75					0,14
	1992	70	20	4,60	0,024	4,85			0,13
	1993	93	31	4,75					0,13

Tabel 2:

Årsmedianer af vandkemiske parametre i tilløb til Bryrup Langsø.

Station	år	Total-P µgP/l	PO4-P µgP/l	Total N mg N/l	NH4-N mg N/l	NO3-N mg N/l	BI5 mg/l	Total COD mg/l	Total jern mg Fe/l
Kringelbæk (090274)	1975	32	13	3,47	0,102	5,84			
	1978	165	31	6,95	0,032	5,04	3,1	36	
	1983	162	40	7,36	0,037	5,59	3,2	24	
	1987	199	111	5,78	0,035	4,72	1,7	21	
	1989	199	32	5,21	0,047	4,86	2,0	24	
	1990	76	34	4,79	0,028	4,14	1,6	15	
	1991	146	70	5,68	0,016	4,77	1,2	17	0,23
	1992	61	24	5,64	0,020	5,23	0,9		0,12
	1993	50	23	5,10					0,27
	1994	77	18	6,53					0,33
Nimdrup bæk (090275)	1972	258	191	5,04	0,205	4,36			
	1973	264	209	5,06	0,226	4,33			
	1974	206	133	4,25	0,187	3,78			
	1975	196	122	5,38	0,044	5,07			
	1978	191	124	6,53	0,062	5,41	2,4	31	
	1983	163	112	7,23	0,123	5,92	2,4	13	
	1987	206	147	7,30	0,164	6,30	1,8	14	
	1989	90	52	7,36	0,066	7,06			
	1990	123	74	8,02	0,092	7,92			
	1991	123	67	7,67	0,058	7,18	1,5	14	0,11
	1992	89	36	8,46	0,022	7,60	1,6		0,12
	1993	124	54	8,31	0,093	6,99			0,15
	1994	98	54	8,54	0,051	7,71			0,12
Afløb Karl sø (090536)	1989	139	35	1,68	0,181	0,19	5,3	22	
	1990	54	17	0,70					
	1991	63	11	1,02					0,08
	1992	92	34	1,20					0,15
Afløb Bryrup Langsø (090535)	1989	73	11	2,54	0,021	1,78	3,3	19	
	1990	103	10	1,98					
	1991	64	8	2,98					0,09
	1992	67	8	2,99					0,13
	1993	74	12	2,16					0,12

Tabel 3:

Sommermedianer af vandkemiske parametre i tilløb til Bryrup Langsø.

Station	Oplandsareal km <sup>2</sup>	Vand mio. m <sup>3</sup>	Total kvælstof tons N	Total fosfor tons P	Orthofosfat tons P	Total jern tons Fe
Kringel Bæk (090274)	6,6	0,82	6,91	0,192	0,121	0,38
Nimdrup Bæk (090275)	29	10,58	86,98	1,187	0,696	2,72
Umålt opland	9,24	2,33	9,3	0,116	0,066	0,47
Grundvand		1,44	4,87	0,043	0,008	1,69
Nedbør <sup>1</sup>			0,76	0,008		
Total tilførsel	44,84	15,17	108,82	1,55	0,89	5,26
Magasinændring		-0,05	-2,05	-0,09	-0,05	-0,01
Afløb Bryrup Langsø (090535)		15,22	81,23	1,51	0,72	2,82
Reduktion - % af tilførsel			25	2	19	47
Reduktion - g/m <sup>2</sup> søoverflade/år			72,6	0,09	0,46	6,43

Tabel 4:

Vand- og næringsstofbalance for Bryrup Langsø i 1994.

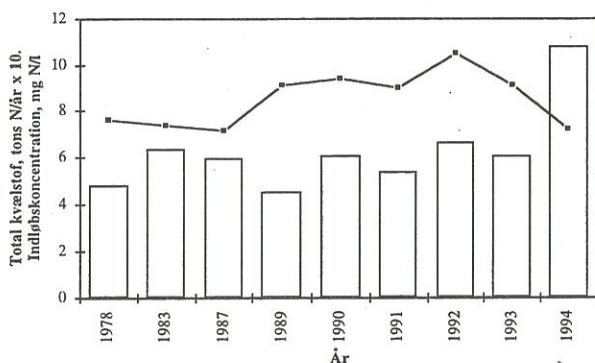
tilførte grundvand antages at være 50 µg total-P/l, 20 µg ortho-P/l, 1 mg Fe/l og 4 mg N/l.

Næringsstofftilførslen er beregnet ved at antage en koncentration på 50 µg total-P/l, 30 µg ortho-P/l, 0,2 mg Fe/l og 4 mg N/l i det umålte opland. Disse koncentra-

tioner er baseret på målinger i de små tilløb i perioden 1989 til 1992. Det ses, at der er fastsat samme koncentration af total-P og total-N i grundvand og vand fra umålt opland.

En udførlig beskrivelse af beregningsmetoderne for henholdsvis vand- og næringsstofbalance kan findes i bilag. Kvælstoftilførsel

Den totale kvælstoftilførsel til Bryrup Langsø var 108,8 tons N i 1994. Det giver en vandføringsvægtet gennemsnitskoncentration på 7,2 mg N/l, hvilket er lavere end i f.eks. 1992 og 1993, men højere end i 1989 og 1991 (se figur 4). En tilførsel på 108,8 tons N er imidlertid den højeste målte i perioden 1978 til 1994, hvilket skal sættes i forbindelse med den ekstrem store vandtilførsel i 1994.



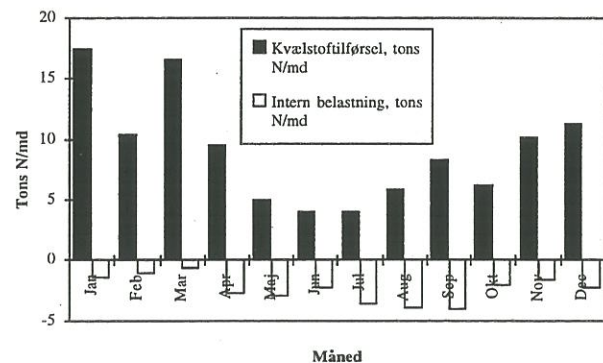
**Figur 4:**  
Total kvælstofbelastning og vandføringsvægtet indløbskoncentration i 1994.

108,8 tons N svarer til en arealrelateret kvælstoftilførsel på 784 mg N/m<sup>2</sup> søoverflade/døgn. Det er mere end den sammenlignelige kvælstoftilførsel til overvågningssøerne i 1993. I forhold til søens areal var kvælstoftilførslen således stor i 1994. Af den tilførte kvælstof blev der fjernet 27,6 tons N svarende til 25% af tilførslen. Den arealrelaterede kvælstoffjernelse var ca. 200 mg N/m<sup>2</sup> søoverflade/døgn, hvilket er på niveau med den gennemsnitlige kvælstoffjernelse i overvågningssøerne i 1993.

Figur 5 viser kvælstofbelastningen og den interne kvælstofbelastning på månedsbasis i 1994. Det ses, at størstedelen af kvælstoftilførslen skete i vinterhalvåret. I hele sommerperioden blev der kun tilført 27,2 tons N svarende til 25% af den totale kvælstoftilførsel i 1994. Den interne belastning, som er baseret på til- og fraførsler samt magasinændringer i søen, er negativ i alle måneder, hvilket viser, at der året rundt sker en nettofjernelse af kvælstof.

Kvælstoffjernelsen i søen var størst i sommerhalvåret, hvor nettofjernelsen i visse måneder var næsten lige så stor som den eksterne belastning. Den høje kvælstof-

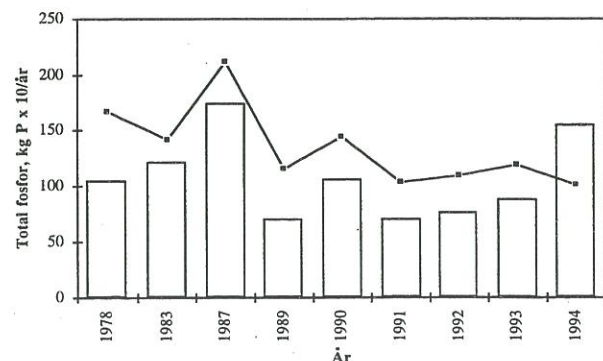
fjernelse i sommerhalvåret er et resultat af høj vandtemperatur og lave iltkoncentrationer ved sedimentoverfladen i de dybere dele af søen, som forøger denitrifikationen.



**Figur 5:**  
Ekstern og intern kvælstofbelastning i Bryrup Langsø på månedsbasis i 1994.

### Fosforbelastning

Den totale fortilførsel til Bryrup Langsø var 1,55 tons i 1994. Det svarer til en vandføringsvægtet gennemsnitskoncentration på 0,102 mg P/l, hvilket er på niveau med gennemsnitskoncentrationen i perioden 1989 til 1993, men lavere end i 1970'erne og 1980'erne. (se figur 6). En tilførsel på 1,55 tons er imidlertid den højeste i overvågningsperioden, hvilket skal sættes i forbindelse med den ekstrem store vandtilførsel i 1994.

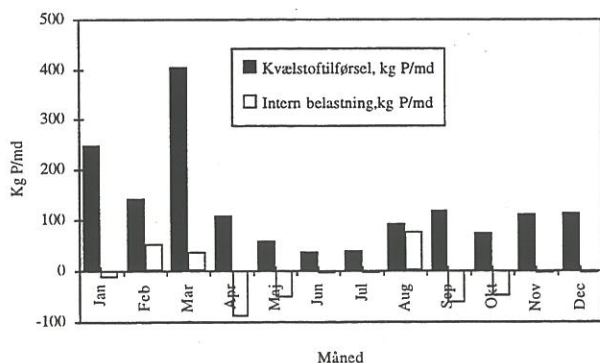


**Figur 6:**  
Total fosforbelastning og vandføringsvægtet indløbskoncentration af totalfosfor.

1,55 tons fosfor svarer til en arealrelateret fosforbelastning på 11 mg P/m<sup>2</sup> søoverflade/døgn, hvilket er mere end gennemsnittet for overvågningsøerne i 1993

(Jensen et al. 1994). Af de 1,55 tons fosfor blev der tilbageholdt 0,04 tons eller ca. 2% af den eksterne tilførsel. En fosfortilbageholdelse på 2% er relativt lav, selvom opholdstiden er kort i Bryrup Langsø. Den arelrelaterede fosfortilbageholdelse på 0,25 mg P/m<sup>2</sup> søverflade/døgn er også lavere end gennemsnittet for overvågningssøerne. I perioden 1989 til 1994 har tilbageholdelsen varieret mellem 0 og 14%, mens den var omkring 30% i 1970'erne og 1980'erne. Årsagen til den lave fosfortilbageholdelse i de senere år er, at der endnu ikke har indstillet sig en ligevægt mellem fosforindholdet i sedimentet og indløbsvandet efter afskæring af spildevand i 1980'erne. I en ligevægtssituation vil Bryrup Langsø tilbageholde ca. 30% af den tilførte fosfor (Århus Amt, 1994).

Figur 7 viser fosforbelastningen og den interne belastning på månedsbasis i 1994. Det ses, at størstedelen af fosfortilførslen skete i perioden januar til april. I hele sommerperioden blev der kun tilført 345 kg P svarende til 22% af den totale fosfortilførsel i 1994. Den interne belastning, som er baseret på til- og fraførsler samt magasinændringer i søen, er positiv februar, marts og august, og negativ resten af året. Den interne belastning i februar og marts skyldes sandsynligvis ikke fosforfrigivelse fra bunden, men er nok snarere et udtryk for usikkerheden på massebalancen i disse måneder (der måles større vandtilførsel end vandfraførsel i disse måneder). Den store fosfortilbageholdelse i april-maj er sammenfaldende med en stor sedimentation af kiselalger, mens den interne fosforbelastning i august er forårsaget af en betydelig nettofrigivelse af jernbundet fosfor fra sedimentet i de iltfrie områder af søen.



Figur 7:

Ekstern og intern fosforbelastning af Bryrup Langsø på månedsbasis i 1994.

## Jernbelastning

Den totale jernbelastning var 5,26 tons Fe i 1994, hvilket er ca. 2,3 gange så højt som i 1993. Den store vandtilførsel i 1994 gav en relativt større jernbelastning end kvælstof- og fosforbelastning, som i forhold til 1993 "kun" blev forøget 1,8 gange.

Af de 5,26 tons Fe, som blev transporteret til Bryrup Langsø, sedimenterede 2,44 tons Fe, svarende til en tilbageholdelse på 47%, hvilket er lidt højere end i 1993.

Fe/P i indløbsvandet var 3,4 i 1994, mens Fe/P i den tilbageholdte jern- og fosforpulje var 71, hvilket er ca. 5 gange højere end i 1993, hvor Fe/P kun var 15. I overfladesedimentet er Fe/P 6, og det sedimenterede materiale i 1994 har derfor bidraget til en forøgelse af Fe/P ved sedimentoverfladen. Et forøgelse af Fe/P forbedrer fosforbindingskapaciteten i sedimentet under oxiderede forhold.

## Alternativt grundvandsbidrag

I massebalancen er der anvendt samme stofkoncentrationer, som i tidligere overvågningsår. Idet det antages, at der reelt sker en grundvandsindsivning i Bryrup Langsø, er der i tabel 5 opstillet et scenarie, hvor stofbelastningen ved de normalt anvendte stofkoncentrationer (alt. 0) er sammenlignet med en stofbelastning baseret på grundvandskoncentrationer af samme størrelse som i kilden ved Nimdrup Bæk (alt. 1) og i de målte tilløb (alt. 2). Det vurderes, at fosfor- og kvælstofbelastningen højst kan være 10% forkeret ved anvendelse af for lave eller høje grundvandskoncentrationer. Da man desuden ikke kan forestille sig, at grundvand skulle have så høj en fosforkoncentration, som overfladevand, der er belastet af landbrug og spildevand, anses fosforbalancen for forholdsvis nøjagtigt bestemt. De anvendte fosforkoncentrationer er næsten identiske med målte stofkoncentrationer i naturoplande og i kilden ved Nimdrup Bæk. Muligvis er kvælstofbelastningen lidt underestimeret, idet kilden ved Nimdrup Bæk har en kvælstofkoncentration, der er væsentlig større end i naturoplande, men på grund af den lave grundvandstilførsel, får det ingen stor betydning for kvælstofmassebalancen.

	Total-P, tons P/år	Ortho-P, tons P/år	Total-N, tons N/år
Total tilførsel, alt. 0	1,55 (100%)	0,89 (100%)	108,82 (100%)
Total tilførsel, alt. 1	1,49 (96%)	0,88 (99%)	119,02 (109%)
Total tilførsel, alt. 2	1,67 (108%)	0,98 (114%)	116,26 (107%)

Tabel 5:

Total belastning af Bryrup Langsø med fosfor, kvælstof på baggrund af 3 forskellige grundvandsbidrag.

## Kildeopsplitning

Kildeopsplitningen for Bryrup Langsø i 1994 er angivet i tabel 6.

Kildeopsplitning	Total-P (tons P)	Total-N (tons N)
Baggrundstilførsel	0,455 (29%)	15,17 (14%)
Dyrkningsbidrag og andre landbrugsmæssige udledninger	0,792 (51%)	86,47 (79%)
Spildevand fra spredt bebyggelse	0,19 (12%)	0,82 (1%)
Rensningsanlæg	0	0
Regnvandsoverløb	0,01 (1%)	0,03 (<1%)
Dambrug	0,05 (3%)	0,7 (1%)
Nedbør	0,01 (1%)	0,76 (1%)
Grundvand	0,043 (3%)	4,87 (4%)
Total	1,55	108,82

**Tabel 6:**

### Kilder til fosfor- og kvælstofbelastningen af Bryrup Langsø i 1994.

Som i tidligere år stammer kvælstoftilførslen hovedsagelig fra de dyrkede arealer i oplandet. I 1994 udgjorde dyrkningsbidraget ca. 86 tons kvælstof svarende til 79% af den totale tilførsel. Dyrkningsbidraget er beregnet som differencen mellem den totale tilførsel og summen af de øvrige kilder.

Baggrundsbidraget på 15,2 tons N er beregnet under den antagelse, at der ville være omkring 1,5 mg N/l i det tilførte vand, hvis hele oplandet henlå som upåvirket naturområde.

Bidraget fra regnvandsoverløb er beregnet ud fra henholdsvis arealenhedstal, mens dambrugsbidraget er beregnet ud fra kendskab til foderforbrug og fiskeproduktion samt egenkontrolmålinger. Kvælstofbidraget fra den spredte bebyggelse er fundet ud fra en konkret viden om antal ejendomme samt det opnåede rensningsniveau i de enkelte oplande.

Kvælstoftilførslen fra dambrug og spildevand er minimale i forhold til den diffuse kvælstoftilførsel.

Den atmosfæriske deposition er beregnet på baggrund af en gennemsnitlig deposition på søens overflade af størrelsen 20 kg N/ha/år. Det er endvidere antaget, at der er 1 mg N/l i det tilstrømmende grundvand.

Den tilførte fosfor stammer fra flere betydende kilder, hvoraf dyrkningsbidraget på 0,79 tons P (51%) er størst. Denne kilde er som for kvælstofs vedkommende beregnet som differencen mellem den totale tilførsel og summen af de øvrige kilder.

Baggrundsbidraget er i 1994 beregnet til 0,46 tons P (29%). Denne værdi er fremkommet ud fra den antagelse, at der vil være omkring 30 µg P/l i det tilstrømmende vand, hvis hele oplandet henlå som naturområde.

Fosforbidraget fra den spredte bebyggelse er også fremkommet ud fra et kendskab til antallet af ejendomme i oplandet, hvor rensningsniveauet er skønnet ud fra typen af spildevandsanlæg på de enkelte ejendomme. Dernæst er anvendt de fra Miljøstyrelsens nyudmeldte belastningsforudsætninger, der for fosfors vedkommende er 1 kg P/PE/år og 2,8 personer pr. ejendom. Det antages, at 50% af det rensede spildevand når frem til søen. I alt blev der således tilført 0,19 tons P (12%) i 1994 fra spredt bebyggelse, hvilket er lidt højere end fosforbidraget fra regnvandsoverløb og dambrug tilsammen.

Grundvandsbidraget er beregnet på baggrund af en koncentration på 30 µg P/l, mens den atmosfæriske deposition er beregnet på baggrund af en gennemsnitlig deposition på søens overflade af størrelsen 0,2 kg P/ha/år.



# Vandkemiske og vandfysiske forhold i Bryrup Langsø

I det følgende afsnit er der vist resultater fra kemiske analyser af overflade- og bundvandsprøver. Resultaterne fra 1994 er sammenlignet med månedsgennemsnit i perioden 1989 til 1993 (se figur 8). I forhold til tidligere år, gennemgås de enkelte parametre i 1994 meget summarisk, idet der istedet lægges vægt på en beskrivelse af udviklingstendenser i perioden 1989 til 1994. Vandkemigræfer for hele perioden 1989 til 1994 findes i bilag sammen med tabeller over års- og sommergennemsnit.

## Årstidsvariation

### Temperatur

1994 adskilte sig kun fra de øvrige overvågningsår ved en lidt lavere vandtemperatur i månederne januar (søen isdækket), februar, marts og juni. Den højeste temperatur blev målt i juli (21 C). På trods af den meget varme sensommer i 1994 var vandtemperaturen i Bryrup Langsø ikke højere end normalt.

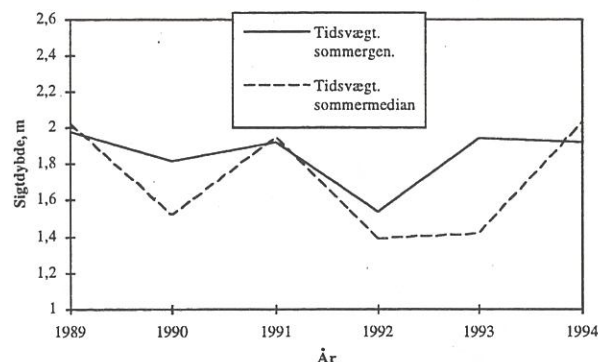
### pH.

pH varierede mellem 7,3 og 9,1 i 1994 med de højeste pH værdier om sommeren, hvor fytoplanktonvæksten er størst. Ph var generelt lidt lavere gennem hele 1994 end i de øvrige overvågningsår.

### Sigtdybde, klorofyl og suspenderet stof

Sigtdybden var lavere end normalt i marts 1994. Den dårlige sigtdybde i marts kan ikke umiddelbart forklares, idet hverken fytoplanktonbiomassen eller mængden af suspenderet stof var højere end normalt i marts. I forsommeren 1994 var der en klarvandsfase med en maksimal sigtdybde på 3,3 meter i slutningen af maj, mens sigtdybden som i de øvrige år var relativt dårlig i august og september (ca. 1 meter). Klarvandsfasen med sigtdybder på 2-3' meter varede i 1994 indtil begyndelsen af august, hvilket er 4-6 uger længere end normalt. Som det fremgår af bilag var både den gennemsnitlige årssigtdybde og sommersigtdybde 1,9 meter. Hermed er hverken årssigtdybden eller sommersigtdybden i 1994 anderledes end i de øvrige overvågningsår. Derimod har der i de øvrige overvågningsår (med undtagelse af 1992)

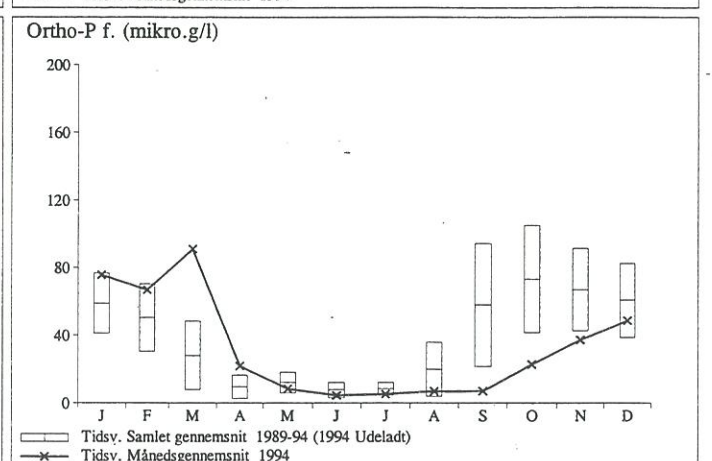
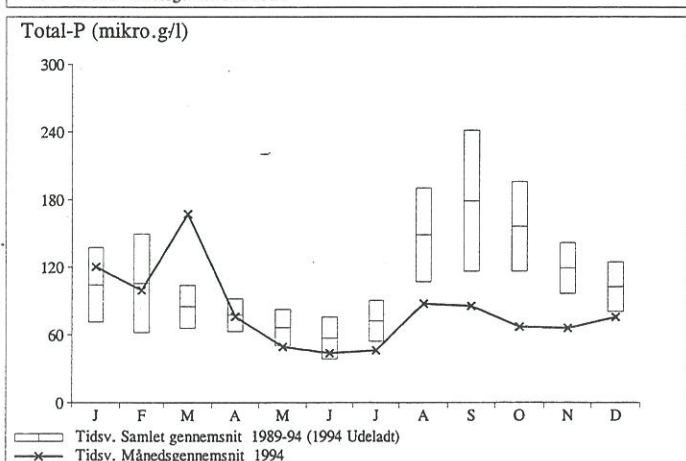
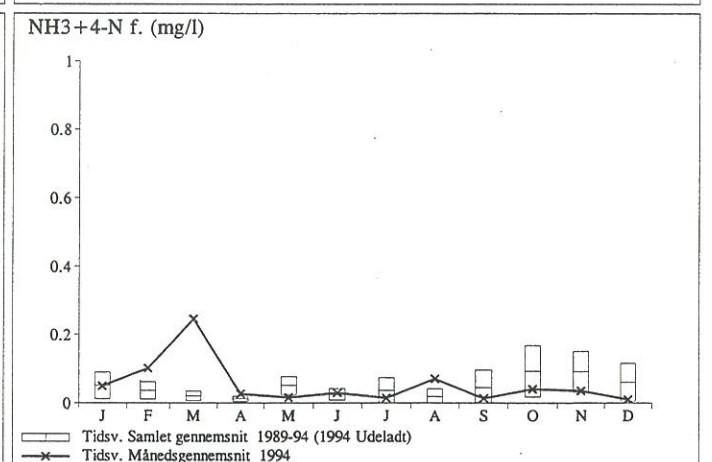
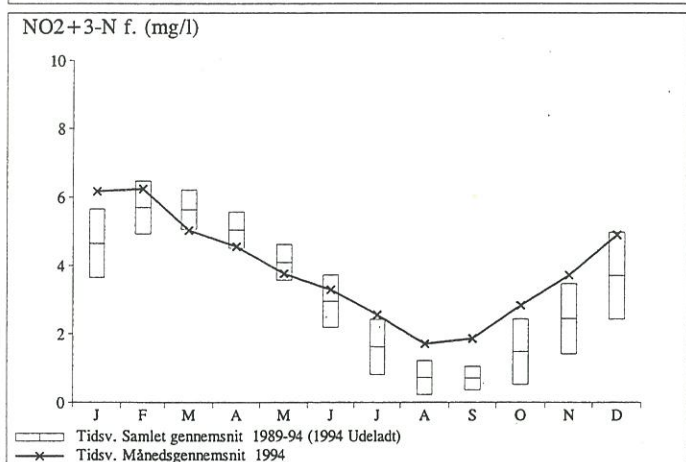
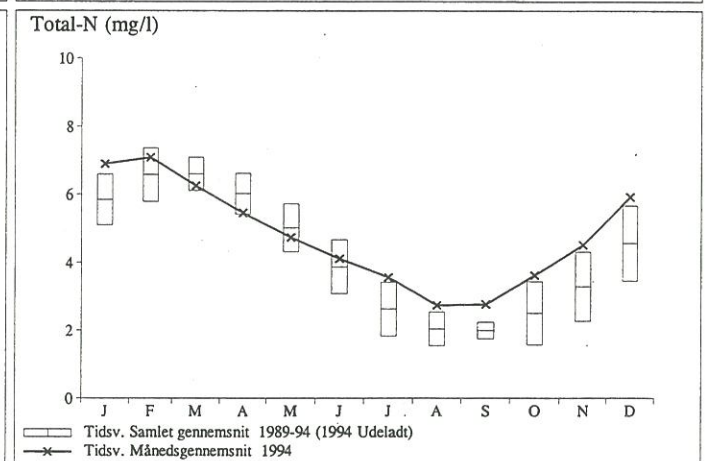
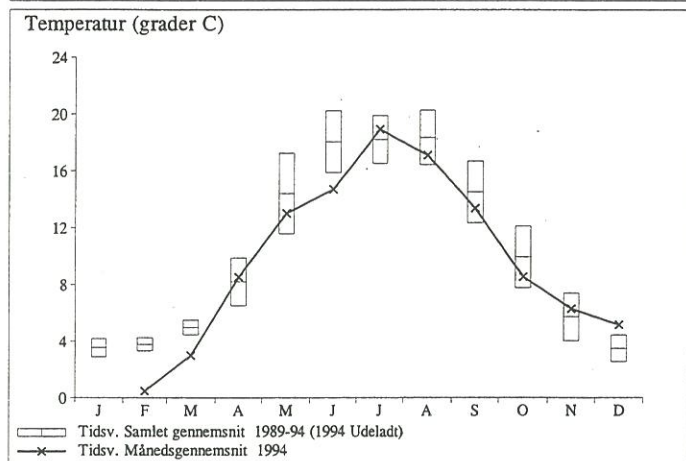
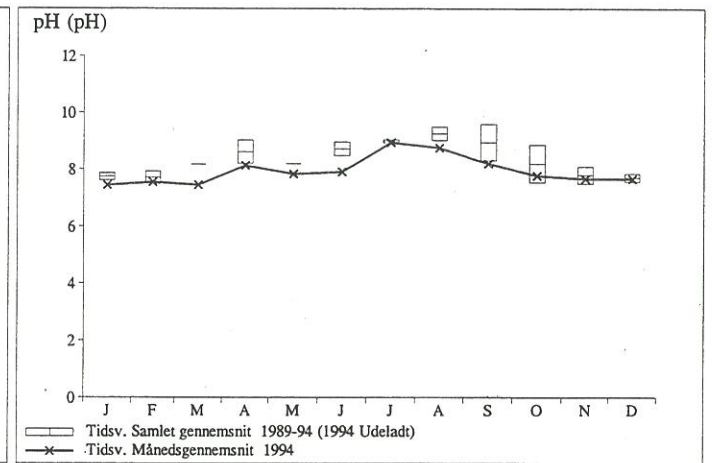
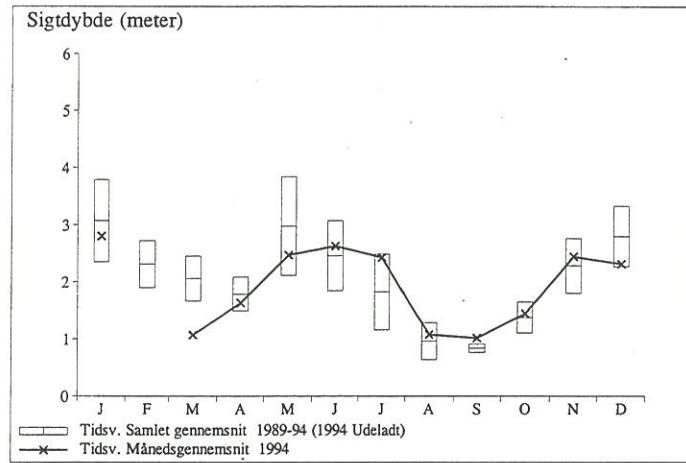
været en mere markant klarvandsfase i forsommeren. I 1993 blev der således på en enkelt dato i maj målt en sigtdybde på ca. 5,4 meter, altså 2,1 meter mere end den maksimale sigtdybde i 1994. Hvis sommersigtdybden istedet baseres på medianværdier, hvor høje og lave værdier vægter mindre end i gennemsnitsværdierne, fås en sommersigtdybde på 2,0 meter i 1994 og kun ca. 1,4 meter i 1993, se figur 9. Figureren illustrerer således betydningen af at indregne en meget stor sigtdybde på en enkelt dato i sommerperioden.

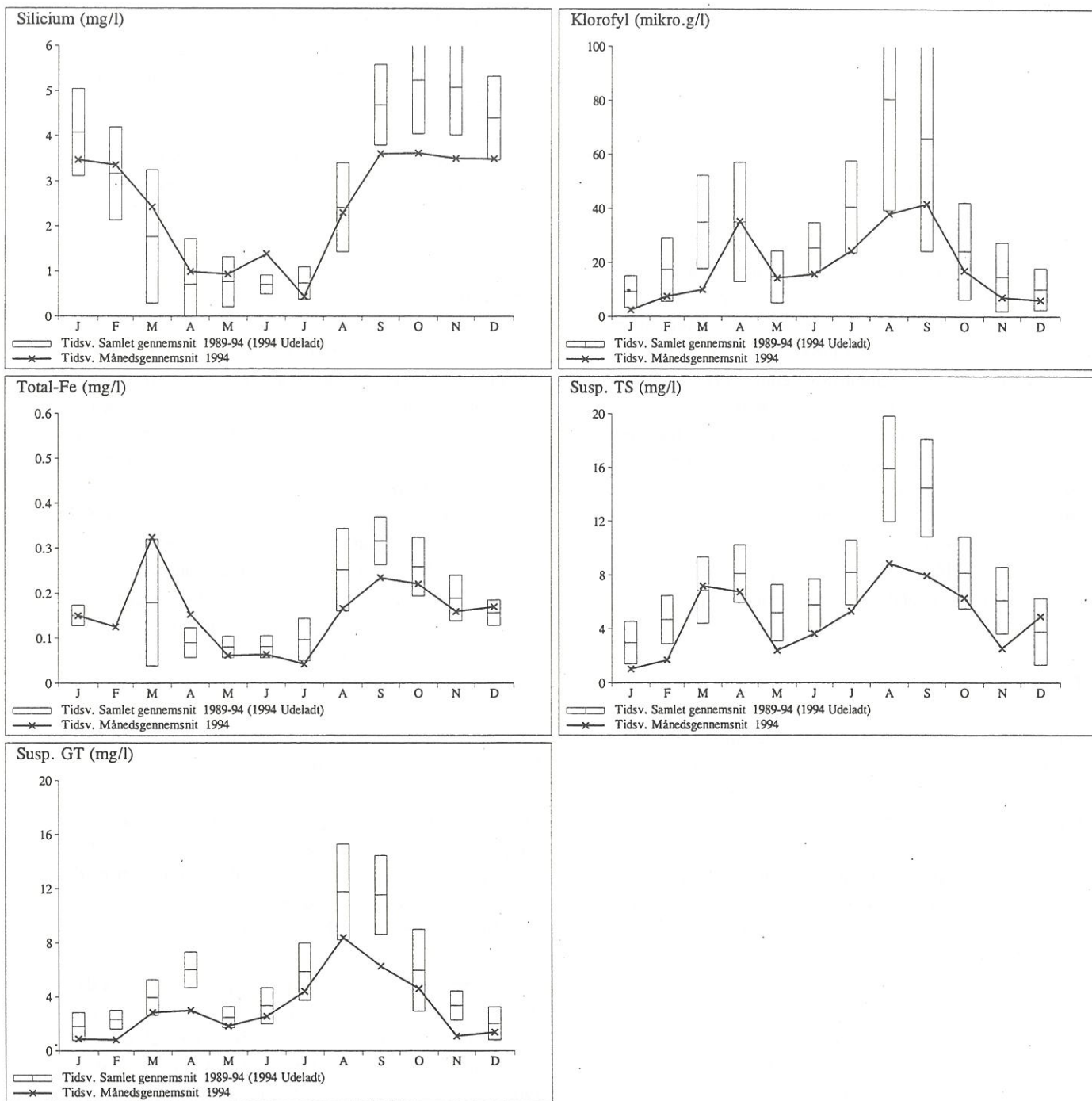


**Figur 9:**  
Sommersigtdybden i Bryrup Langsø fra 1989 til 1994 baseret på henholdsvis tidsvægtede gennemsnit og tidsvægtede medianer.

Kravet i recipientkvalitetsplanen (Århus Amt, 1993) om en gennemsnitlig sommersigtdybde på 2 meter blev som i de øvrige overvågningsår ikke opfyldt i 1994.

Der var en lidt lavere klorofylkoncentration end normalt i marts og i perioden fra juni til august, hvilket særligt i sommerperioden også kunne registreres som en lavere mængde suspenderet stof. Kurverne over klorofyl og suspenderet stof viste nogenlunde samme forløb i 1994 som i de øvrige overvågningsår, men generelt på et lidt lavere niveau. Kurven for suspenderet glødetab udviser i modsætning til kurven over suspenderet tørstof kun en lille top i marts. Det indikerer, at søen i forbindelse med de store afstrømninger blev tilført en del uorganisk partikulært materiale (f.eks. fint sand).





**Figur 8:**  
**Tidsvægtede månedsgennemsnit for 1989 til 1993 af vandkemiske parametre med angivelse af standardafvigelse samt månedsgennemsnit for 1994.**

## Kvælstof

På trods af den store kvælstoftilførsel i de første måneder af 1994 var total-N koncentrationen ikke højere i første halvår af 1994 end i de øvrige overvågningsår. Det skyldes en kombination af, at den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof ikke var højere end normalt og vandets genrelt korte opholdstid i Bryrup Langsø.

Hovedparten, ca. 80% af total-N puljen, fandtes som nitrat. Ammoniumkoncentrationen var højere end normalt i marts, på grund af en høj ammoniumkoncentration og vandføring i tilløbene. Resten af året var ammoniumkoncentrationen dog relativt lav. Koncentrationen af uorganisk kvælstof er normalt så høj i Bryrup Langsø, at der på intet tidspunkt er kvælstofbegrænsning af fytoplankton. Dette var også tilfældet i 1994. Faldet i nitratmængden i løbet af sommeren skyldes først og fremmest større sedimentation og øget denitrifikation i den iltfrie del af hypolimnion og sedimentet, idet den vandføringsvægtede indløbskoncentration i Bryrup Langsø er relativt konstant gennem året.

## Fosfor

I modsætning til total-N resulterede de store afstrømninger i marts i en højere indløbskoncentration af total-P og ortho-P end i resten af året, hvilket kan ses på søkoncentrationen i denne måned.

En stor del af fosforpuljen sedimenterede imidlertid i april-maj som jern- og kiselalgebundet fosfor. 1994 adskiller sig desuden fra de øvrige overvågningsår ved en lav koncentration af total-P og ortho-P fra august til december.

Indløbskoncentrationen af total-P var ca. 10% lavere i sommeren 1994 end i 1993, hvilket er en medvirkende årsag til den lavere fosforkoncentration, men vigtigere er det, at der sket en markant ændring i de interne processer. I alle overvågningsårene har der været fosforfrigivelse (netto) fra sedimentet i sommerperioden. I 1993 blev der således frigivet ca. 170 kg P fra sedimentet i perioden juli til november svarende til ca. 50% af den eksterne belastning. I 1994 var den eksterne fosforbelastning 436 kg P i samme periode, men der blev istedet tilbageholdt (netto) 50 kg P.

Som det fremgår af bilag var den gennemsnitlige årskoncentration og sommerkoncentration henholdsvis 82 µg total-P og 63 µg total-P, hvilket er betydelig lavere end i de øvrige overvågningsår.

I en stor del af sommeren var koncentrationen af ortho-P under 5 µg P/l, og det må derfor antages, at der har været vækstbegrænsning af fytoplankton som følge af fosformangel.

Såfremt Bryrup Langsø er ophørt med at aflaste fosfor i sommerperioden, kan der også påregnes en relativ lav fosforkoncentration i søvandet i de kommende år.

## Silicium og jern

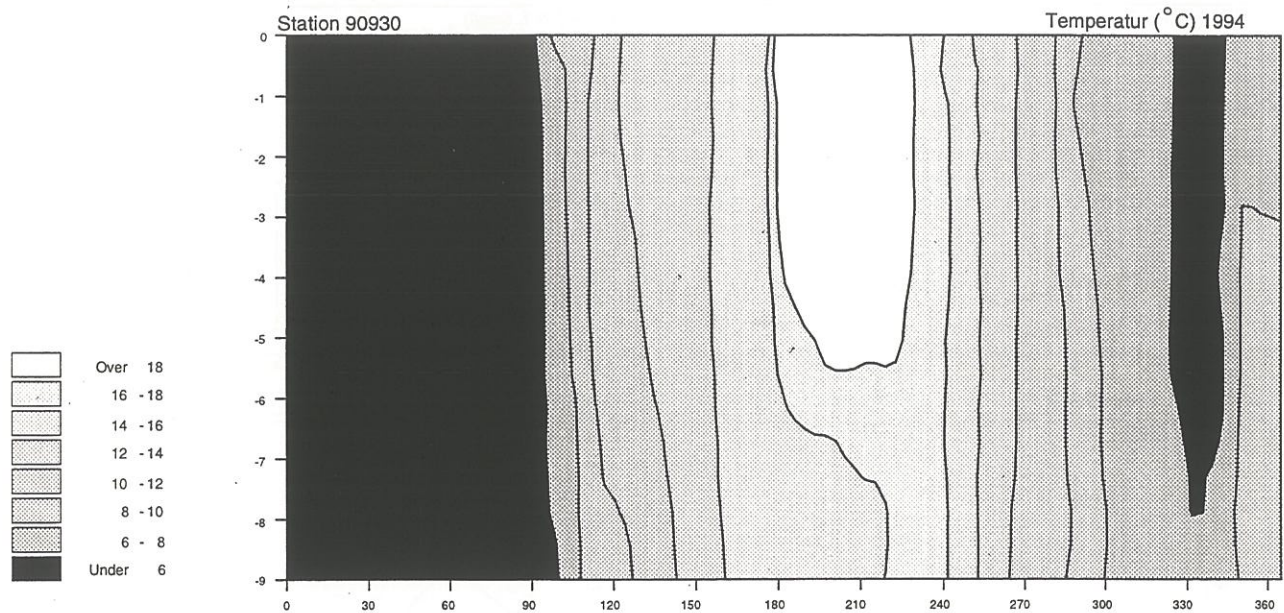
Silicium- og jernkoncentrationen var lidt højere end normalt i foråret som følge af de store afstrømninger. Siliciumkoncentrationen faldt imidlertid drastisk fra 3,4 mg Si/l i marts til 0,09 mg Si/l i maj på grund af sedimentation af kiselalger. Jernkoncentrationen faldt også betydeligt i denne periode som følge af sedimentation. Siliciumkoncentrationen var så lav i maj (<0,3 mg Si/l), at kiselalgepopulationens vækst ophørte. Resten af sommeren var silicium- og jernkoncentrationen nogenlunde som i de øvrige overvågningsår, mens i efteråret blev der registreret relativt lave koncentrationer af silicium. Det skyldes måske en lavere siliciumfrigivelse fra sedimentet end normalt.

## Ilt- og temperaturprofil

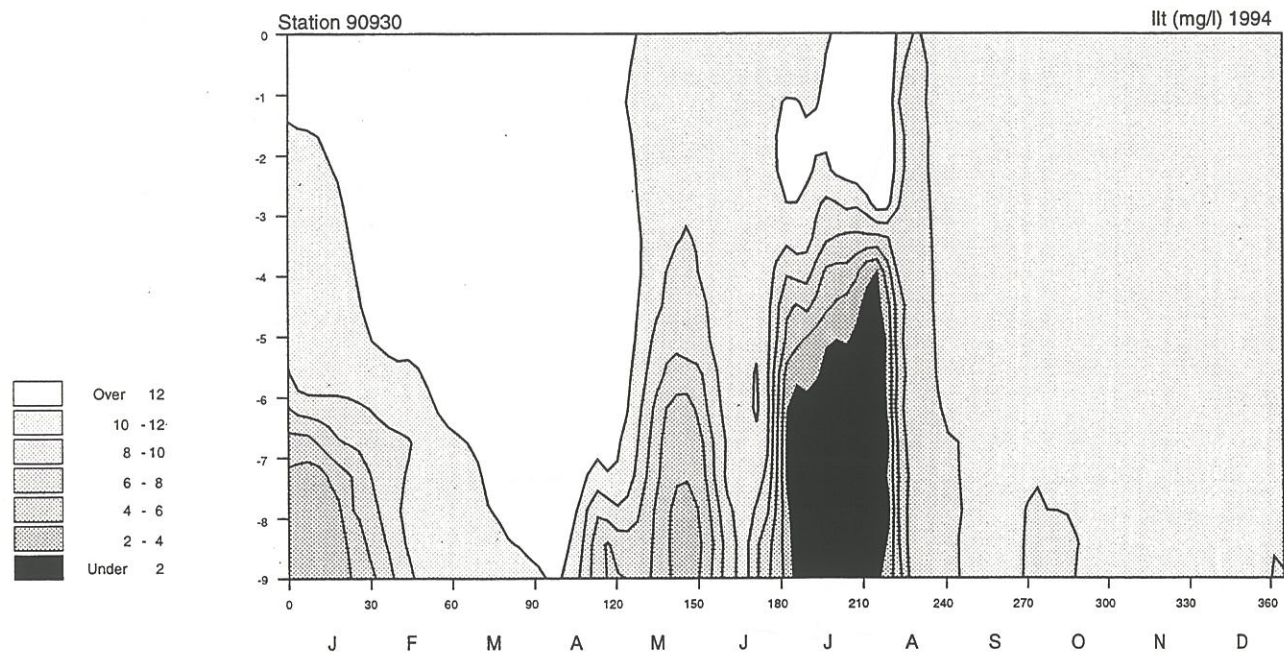
Der blev som i de øvrige overvågningsår målt ilt og temperatur i vandsøjlen med 1 meters interval på hver prøvetagningsdag. På baggrund af disse målinger er der lavet isopletter over udviklingen af ilt og temperatur i hele Bryrup Langsø's volumen i 1994 (figur 10 og 11).

I 1994 var der et temperaturspringlag i ca. 4 meters dybde, som blev dannet i slutningen af juni og brudt i midten af august. I 1993 blev der ikke dannet temperaturspringlag, men i de øvrige overvågningsår har der typisk været springlag i netop juli og august.

Der var velilteede forhold i hele søens volumen fra januar til juni. I forbindelse med springlagsdannelsen faldt iltkoncentrationen imidlertid hurtigt, og fra d. 7. juli til d. 4. august var der iltfrit fra 5-6 meters dybde og nedefter. I begyndelsen af august var der svovlbrinte i bundvandet. Fra midten af august og året ud var der igen fuld opblanding af vandmasserne og næsten 100% iltmætning ved bunden.



**Figur 10:**  
Temperaturfordelingen i Bryrup Langsø 1994.

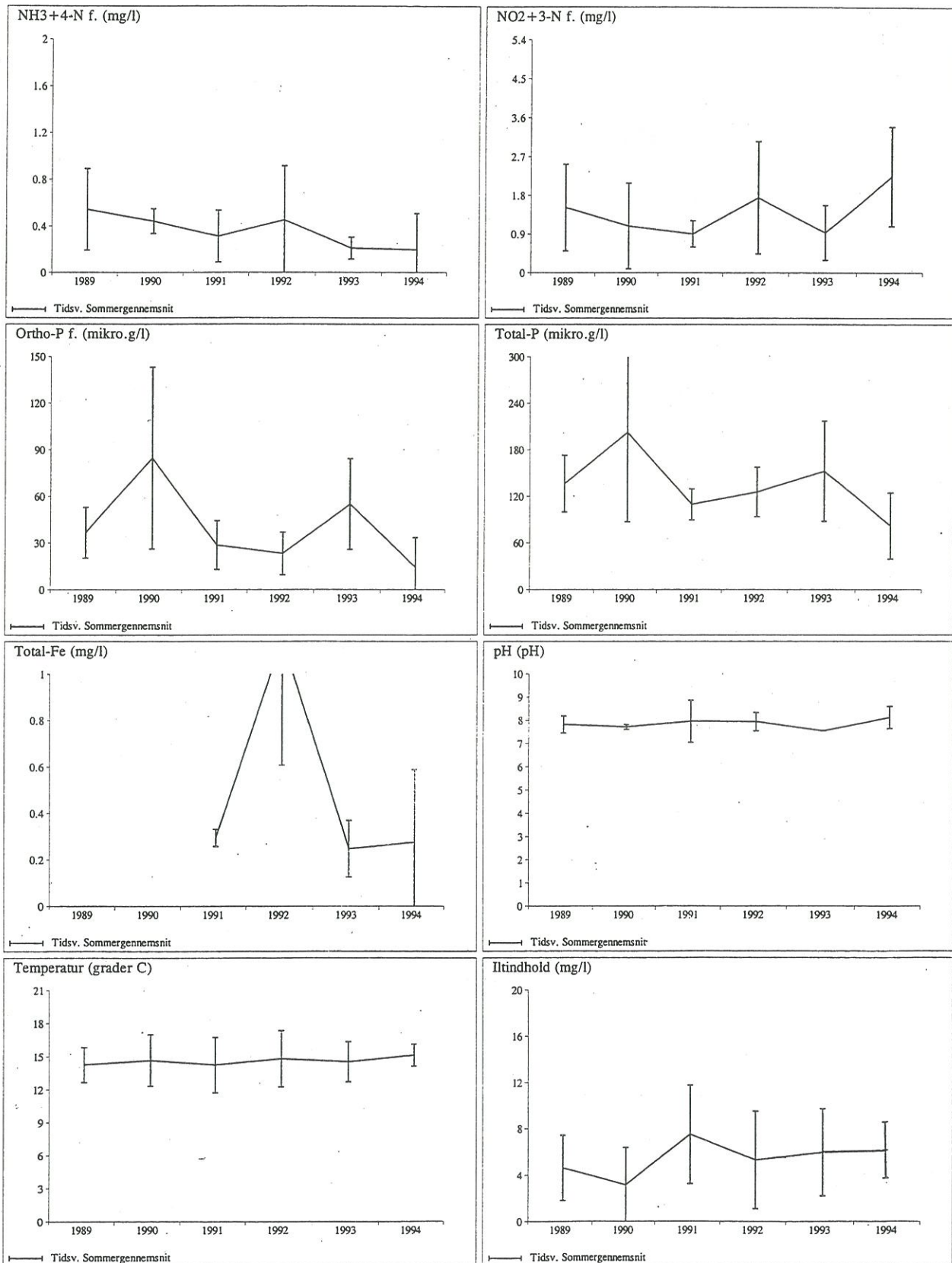


**Figur 11:**  
Iltfordelingen i Bryrup Langsø 1994.

## Vandkemiforhold ved bunden.

Figur 12 viser tidsvægtede sommergennemsnit af udvalgte vandkemiparametre ved bunden (6-7 meters dybde) i overvågningsperioden. For alle parametre undtagen pH og temperatur er der en del variation både indenfor og imellem de enkelte år, men niveauet for alle

parametre ser ud til at være konstant i hele overvågningsperioden. 1994 adskiller sig imidlertid fra de øvrige år ved en markant lavere koncentration af total-P og ortho-P og en højere nitratkoncentration. Muligvis har nitrat haft en gunstig indflydelse på redoxforholdene i sedimentet, så frigivelsen af jernbundet fosfor er blevet reduceret. Som tidligere nævnt, har det sedimenterede



Figur 12:

Tidsvægtede sommergennemsnit af vandkemiske parametre med angivelse af standardafvigelse i perioden 1989 til 1994 på 6-8 meters dybde.

materiale i 1994 et meget højt jernindhold, og den aerobe fosforfrigivelse fra bunden har derfor også været lavere end normalt.

## Udviklingstendenser i perioden 1989 til 1994

Med henblik på undersøgelse af udviklingstendenser for en række vigtige vandkemiparametre i Bryrup Langsø, er der foretaget statistisk analyse (lineær regression) af tidsvægtede sommer og årsgennemsnit. Af tabel 7, som viser de beregnede R<sup>2</sup>-værdier og P-værdier, fremgår det, at der er sket et fald i sigtddyben (årsgennemsnit), pH (årsgennemsnit) samt suspenderet stof (sommergennemsnit). Koncentrationen af total-N og nitrat er derimod steget i perioden 1989 til 1994.

Parameter	R <sup>2</sup> -værdi	P-værdi	Signifikans	Ændring
Sigt, årsg.	0,74	0,03	Ja	Fald
Sigt, sommerg.	0,04	0,69	Nej	
pH, Sommerg.	0,76	0,05	Ja	Fald
pH, årsg.	0,85	0,009	Ja	Fald
Susp. stof, årsg.	0,5	0,18	Nej	
Susp. stof, sommerg.	0,76	0,05	Ja	Fald
Klorofyl, årsg.	0,06	0,63	Nej	
Klorofyl, sommerg.	0,18	0,41	Nej	
Tot-P, årsg.	0,24	0,33	Nej	
Tot-P, sommerg.	0,25	0,31	Nej	
Opl.-P, årsg.	0,009	0,85	Nej	
Opl.-P, sommerg.	0,06	0,63	Nej	
Tot-N, årsg.	0,98	0,001	Ja	Stigning
Tot-N, sommerg.	0,07	0,62	Nej	
NO <sub>3</sub> , årsg.	0,99	0	Ja	Stigning
NO <sub>3</sub> , sommerg.	0,11	0,52	Nej	

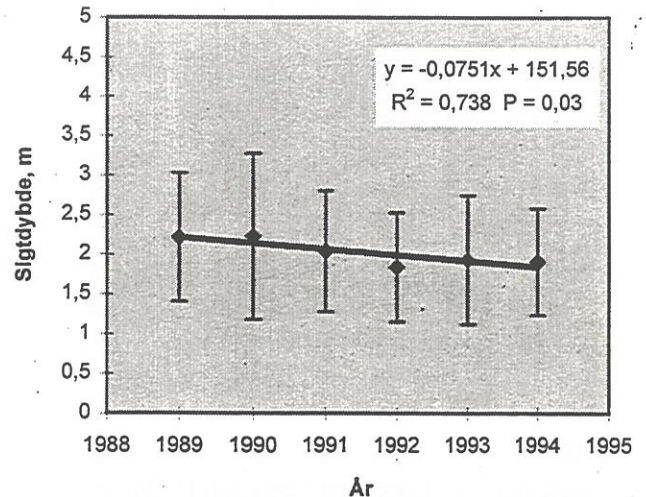
Tabel 7:

Statistisk analyse af års- og sommerngennemsnit for udvalgte vandkemiparametre i Bryrup Langsø fra 1989 til 1994.

Regressionslinier og sommerngennemsnit for signifikante udviklinger fremgår af figur 13-16. Hvor konklusionen om et fald i årssigtddyben og mængden af suspenderet stof er behæftet med en del usikkerhed, anses det for sikkert, at kvælstofkoncentrationen er steget og pH-værdien er faldet.

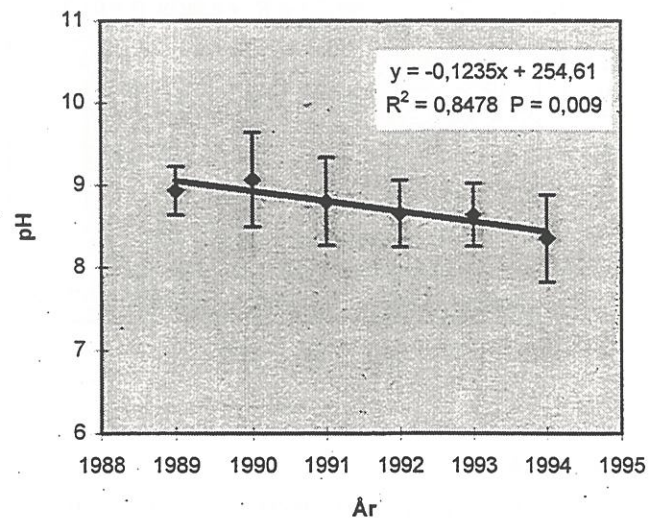
Stigningen i nitratindholdet i søen skyldes først og fremmest en stigning i den eksterne kvælstofbelastning fra 1989 til 1994 (se figur 4). Faldet i pH må skyldes en kombination af lavere pH i indløbsvandet og en lidt

lavere fytoplanktonproduktion i 1994.



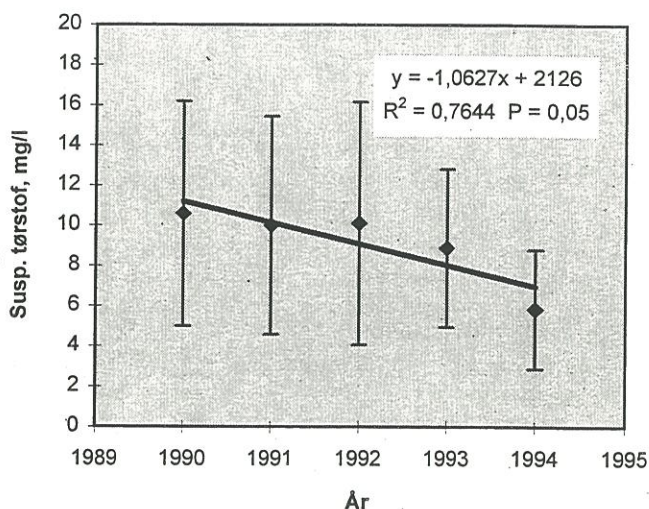
Figur 13:

Sigtddyben (årsgennemsnit) i Bryrup Langsø fra 1989 til 1994 med angivelse af standardafvigelse og regressionslinje.



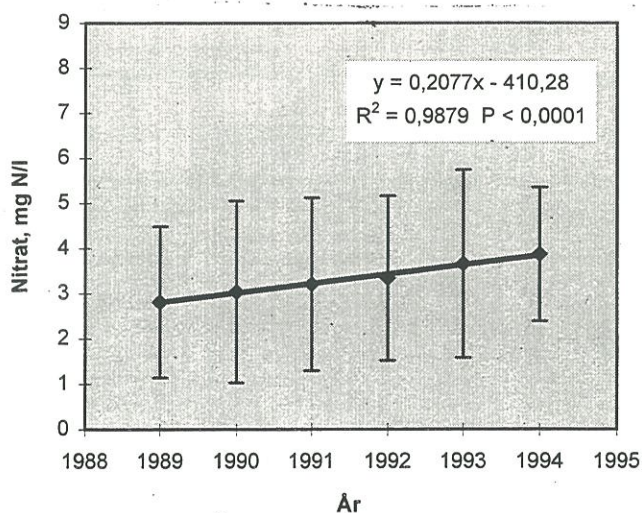
Figur 14:

pH (sommerngennemsnit) i Bryrup Langsø fra 1989 til 1994 med angivelse af standardafvigelse og regressionslinje.



Figur 15:

Suspenderet stof (sommergennemsnit) i Bryrup Langsø fra 1989 til 1994 med angivelse af standardafvigelse og regressionslinje.



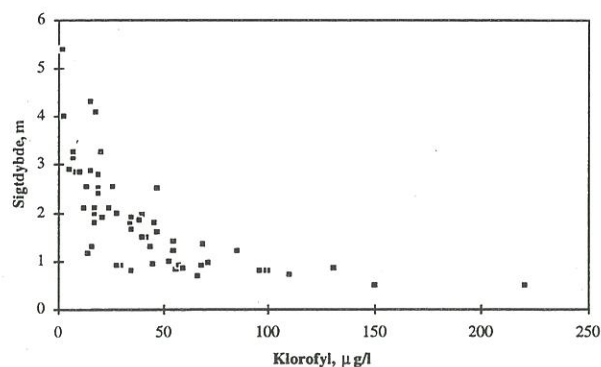
Figur 16:

Nitratkoncentrationen (sommergennemsnit) i overfladevandet i Bryrup Langsø fra 1989 til 1994 med angivelse af standardafvigelse og regressionslinje.

### Sammenhæng mellem vandkemiske parametre.

Figur 17, 18 og 19 viser et plot af sommarsigtdybden mod henholdsvis klorofylkoncentrationen, mængden af suspenderet stof og total-P koncentrationen. Det ses, at en sigt dybde på mindst 2 meter er registreret ved klorofylkoncentrationer op til 50 µg/l (figur 17). Ved en klorofylkoncentration på f.eks. 25 µg/l kan sigt dybden variere over 2,5 meter, men på baggrund af erfaringer fra

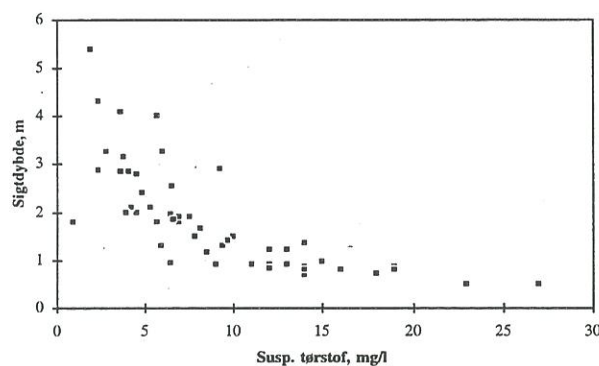
overvågningsårene, kan det konkluderes, at en gennemsnitlig sommarsigt dybde på 2 meter altid opnås ved en klorofylkoncentration (sommergennemsnit) på 20-25 µg/l. I 1994 resulterede en klorofylkoncentration på 27 µg/l i en sigt dybde på 1,9 meter.



Figur 17:

Sammenhæng mellem klorofyl og sigt dybde i Bryrup Langsø baseret på sommermålinger.

Der er noget mindre variation i sammenhængen mellem suspenderet stof og sigt dybde (figur 18), hvilket også er at forvente, idet suspenderet stof indeholder alle partikler, der kan dæmpe lysnedtrængningen i vandet. Hvor variationen i klorofyl/sigt dybde relationen først og fremmest skyldes fytoplanktonarternes forskellige klorofylindhold, er det de suspenderede partiklers størrelse, form og lysabsorbtionsevne, der giver variationen i suspenderet stof/sigt dybde relationen. Det ses dog, at sigt dybdemålinger >2 meter normalt opnås ved koncentrationer <5-6 mg susp. stof, hvilket er lidt lavere end sommergennemsnittet i overvågningsårene.

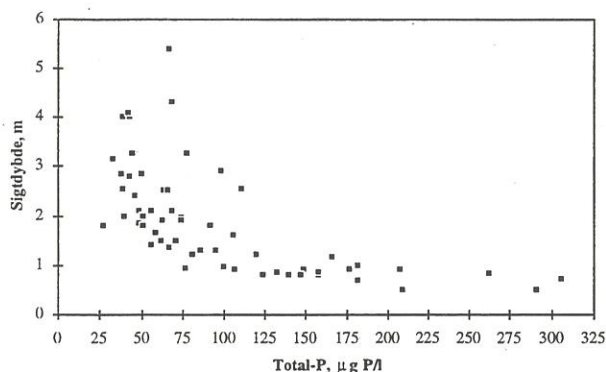


Figur 18:

Sammenhæng mellem suspenderet stof og sigt dybde i Bryrup Langsø baseret på sommermålinger.



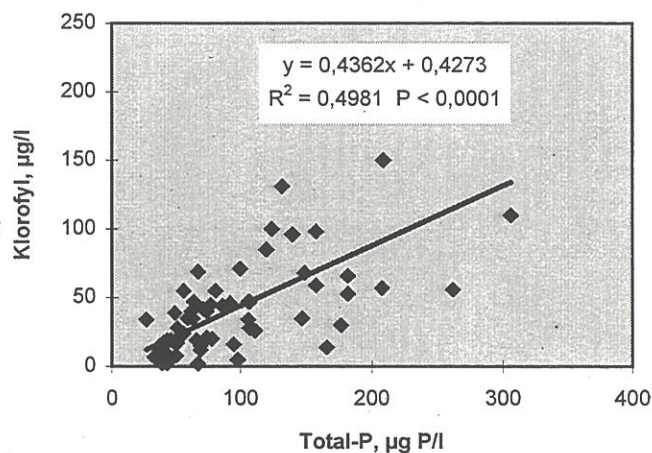
Der ses en ganske pæn sammenhæng mellem totalfosfor og sigtddybe i Bryrup Langsø, se figur 19. Ved fosforkoncentrationer  $>125 \mu\text{g P/l}$  er sigtddyben typisk kun 1 meter, men det ses, at sigtddyben stiger betydeligt, når fosforkoncentration reduceres indenfor intervallet  $25-100 \mu\text{g P/l}$ . I 1994 resulterede en fosforkoncentration (sommersgennemsnit) på  $63 \mu\text{g P/l}$  i en sommersigtddybe på 1,9 meter. På baggrund af tidligere beregninger (Århus Amt, 1994) og figur 19 kan det konkluderes, at fosforkoncentrationen i søen skal nedbringes til ca.  $50 \mu\text{g P/l}$  for at sikre en sommersigtddybe på 2 meter hvert år, som foreskrevet i Recipientkvalitetsplanen (Århus Amt, 1993).



Figur 19:

Sammenhæng mellem totalfosfor og sigtddybe i Bryrup Langsø baseret på sommermålinger.

Figur 20 viser sammenhængen mellem total-P og klorofyl i Bryrup Langsø baseret på sommermålinger. Den beregnede regressionslinje er indtegnet. Det ses, at klorofylkoncentrationen stiger, når total-P koncentrationen stiger ( $p < 0,0001$ ), men da forklaringsprocenten ( $R^2$ ) kun er 50%, er der andre betydende faktorer end fosfor, som regulerer klorofylmængden og dermed sigtddyben i Bryrup Langsø.



Figur 20:

Sammenhæng mellem totalfosfor og klorofyl i Bryrup Langsø baseret på sommermålinger samt indlagt regressionslinje.



# Fytoplankton

Fytoplanktonet i Bryrup Langsø blev i 1994 undersøgt 18 gange. Prøvefrekvensen efter Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er 19 gange årligt, men på grund af is var det ikke muligt at indhente planktonprøver i februar. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag.

## Fytoplankton i 1994

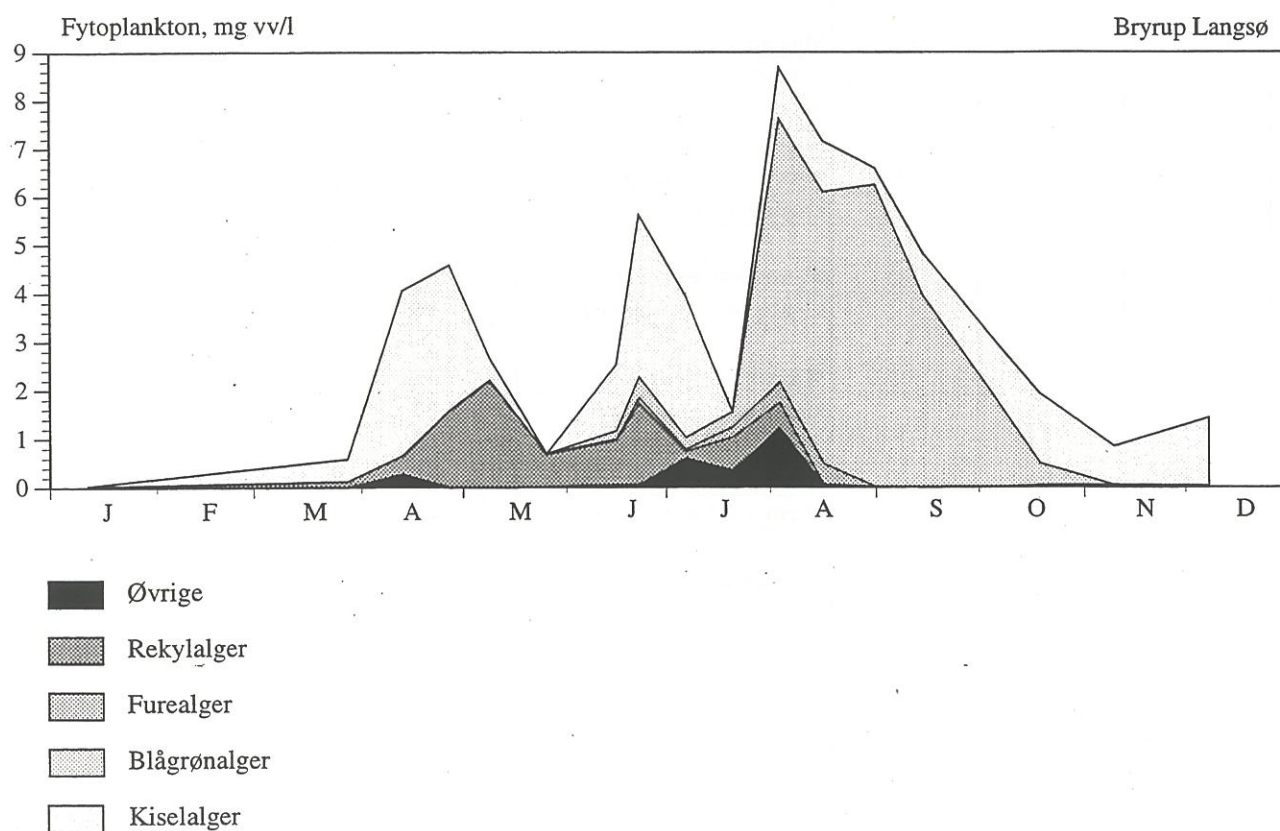
Fytoplanktonet var i 1994 hovedsagelig domineret af kiselalger, flagellater blågrønalger og furealger. Hvor blågrønalgerne som gruppe højest udgjorde 44% af den totale biomasse i 1993, var der i august/september 1994 dominans (75-95% af biomassen) af blågrønalger som følge af den varme sensommer. Der blev registreret biomasser (vådvægt) på 0,035 mg vv/l - 8,68 mg vv/l med maksima forår og sommer.

## Årstidsvariation

I dette afsnit gives der en oversigt over planktonets årstidsvariation. De kvantitativt dominerende arter/grupper på de enkelte prøvetagningsdage er angivet i tabel 8, mens algesammensætningen henover året er vist i figur 21.

## Vinter-forår

I januar/februar var fytoplanktonbiomassen lav (< 0,04 mg/l), og domineredes af furealgen *Gymnodinium helveticum* og den store kolonidannende kiselalge *Aulacoseira italica*. I slutningen af marts var der stadig en lav biomasse, men en begyndende opblomstring af *Aulacoseira italica*. Som følge af stigende lysintensitet og rigelige mængder næringsstof udvikledes der i løbet af april et forårsmaksimum bestående af *Aulacoseira italica* og små rekylalger.



Figur 21:  
Fordelingen af fytoplanktongrupper gennem året 1994.

Dato 1994	mg vv/l	µ g C/l	Dominerende arter/slægter	% af total vv/l
12-jan	0,35	4	Gymnodinium helveticum	69
28-mar	0,58	64	Aulacoseira italica	50
13-apr	4,06	447	Aulacoseira italica	70
27-apr	4,58	504	Aulacoseira italica	56
			Cryptofyceae spp. (5-10 µ m)	27
9-maj	2,67	294	Cryptofyceae spp. (5-10 µ m)	79
26-maj	0,69	76	Cryptofyceae spp. (5-10 µ m)	74
16-jun	2,53	279	Asterionella formosa	46
			Cryptomonas spp. (20-30 µ m)	16
23-jun	5,62	620	Fragilaria crotonensis	40
7-jul	3,95	435	Fragilaria crotonensis	42
			Asterionella formosa	25
21-jul	1,56	175	Cryptomonas spp. (20-30 µ m)	33
			Prymnesiophyceae spp.	23
4-aug	8,68	963	Microcystis aeruginosa	26
			Microcystis wesenbergii	23
			Prymnesiophyceae spp.	14
17-aug	7,16	796	Microcystis aeruginosa	59
			Fragilaria crotonensis	14
1-sep	6,6	726	Microcystis aeruginosa	71
			Microcystis wesenbergii	16
15-sep	4,81	530	Microcystis aeruginosa	59
			Microcystis wesenbergii	20
10-okt	3,09	340	Microcystis wesenbergii	31
			Microcystis aeruginosa	21
19-okt	1,93	212	Aulacoseira italica	40
			Fragilaria crotonensis	16
10-nov	0,85	93	Aulacoseira italica	76
8-dec	1,44	158	Aulacoseira italica	84

Tabel 8:

Dominerende arter/slægter af fytoplankton i Bryrup Langsø 1994.

Som følge af siliciummangel aftog kiselalgebiomassen i slutningen af april og i forbindelse hermed sås en forekomst af rekylalger, som er mixotrofe, og derfor ofte ses i forbindelse med en anden algegruppes henfald. I slutningen af maj nåede biomassen et minimum på 0,69 mg vv/l, hvilket var sammenfaldende med en tiltagende mængde zooplankton.

### Sommer

Klarvandsfasen med relativ lav fytoplanktonbiomasse varede indtil slutningen af juni, hvor store græsningsresistente kiselalger som *Fragilaria crotonensis* og *Asterionella formosa* var dominerende. I juli var der igen siliciummangel (<0,05 mg Si/l) og kiselalgerne forsvandt derfor i løbet af denne måned, hvor der også var springlægsdannelse i søen.

I forbindelse med intern fosforbelastning og det varme og stille vejr i slutningen af juli og august opbyggedes en ganske stor biomasse af blågrøalger (op til 6,2 mg vv/l), hvis dominans varede indtil oktober. Blågrønalgebiomassen bestod overvejende af arter indenfor slægten *Microcystis* med *M. aeruginosa* som den dominerende art. I august var der en mindre opblomstring af *Aulacoseira italica* og grønalgen *Pandorina morum*.

### Efterår

Biomassen faldt jævnt fra 8,7 mg vv/l i august til 3,09 mg vv/l i begyndelsen af oktober, hvor blågrønalgerne stadig dominerede, dog med konkurrence fra en næsten lige så stor biomasse af kiselalger, bestående af flere forskellige arter. I slutningen af oktober var blågrønalgebiomassen reduceret til 0,45 mg vv/l, og kiselalgerne blev nu dominerende. Resten af året var der stort set kun kiselalger, 7 forskellige arter/slægter, hvoraf *Aulacoseira italica* var den mest almindelige. Biomassen var 1,44 mg vv/l i december, hvilket var betydelig mere end først på året.

### Forekomst af giftige alger i 1994

I slutningen af juli blev der indsamlet blågrøalger i Bryrup Langsø, som senere blev frysetørret på Københavns Universitet, Botanisk Institut, Afdeling for alger og svampe. Det frysetørrede materiale blev med forskellige koncentrationer injiceret i mus. Ved den laveste koncentration døde musene efter 1 time og 30 minutter. På baggrund af bl.a. obduktion blev det konkluderet, at musene

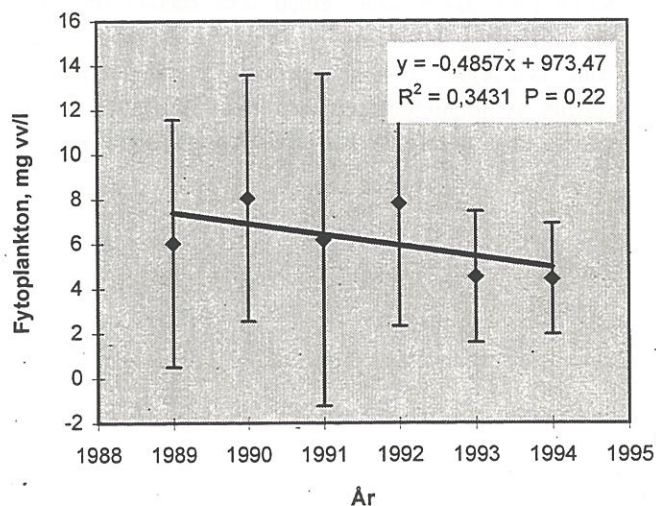
var døde på grund af tilstedeværelsen af et levertoksin (microcystin) produceret af *Microcystis spp.* Århus Amt vil i løbet af sommeren 1995 indsamle mere materiale, som skal undersøges på Københavns Universitet med henblik på at belyse årstidsvariationen i toxinproduktion i Bryrup Langsø.

### Sammenligning med resultater fra 1989-93

Biomassen fordelt på grupper i perioden 1989 til 1994 er vist i figur 22.

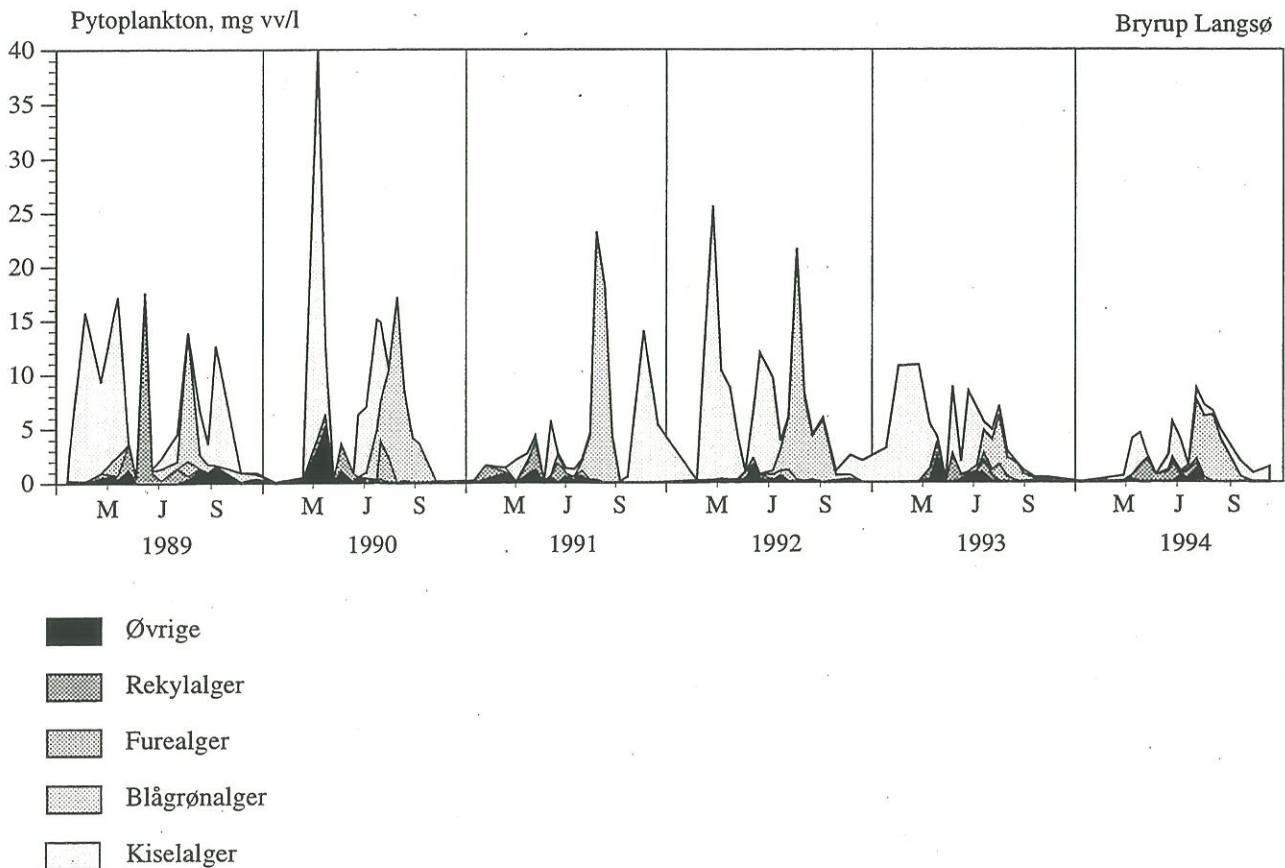
I lighed med tidligere år (undtagen 1990) var der i 1994 et forårskiselalgemaksimum domineret af *Aulacoseira italica* efterfulgt af en periode med rekylalger, der aftog i forbindelse med klarvandsfasen i forsommeren. Forårskiselalgemaksimumet var betydelig lavere end i de øvrige år (dog ikke 1991).

Forekomst af kiselalger i sommerperioden sås også i 1990, 1992 og 1993, hvor både *Fragilaria crotonensis* og *Asterionella formosa* blev registreret. I sensommeren har der i alle årene været opblomstring af *Microcystis spp.* Opblomstringen af blågrønalger var af nogenlunde samme varighed som tidligere, men væsentlig mindre end i perioden 1989 til 1992. I modsætning til tidligere var opblomstringen ikke kombineret med en forekomst af furealger. I modsætning til 1990 og 1993 var der kiselalgedominans i efteråret 1994.



Figur 23:

Fytoplanktonbiomassen (sommeregensnit) fra 1989 til 1994 med angivelse af standardafvigelse og regressionslinje.



**Figur 22:**  
**Fordelingen af fytoplanktongrupper gennem årene 1989 til 1994.**

Med et sommergennemsnit på 4,22 mg vv/l var fytoplanktonbiomassen som helhed ikke forskel fra 1993, men betydelig lavere end i de øvrige år. Af figur 23, som viser regressionslinjen gennem de sommergennemsnitlige fytoplanktonbiomasser fra 1989 til 1994, fremgår det dog, at der ikke kan påvises nogen signifikant

ændring for hele perioden. Det ser dog ud til, at der reelt er sket et fald i fytoplanktonbiomassen i Bryrup Langsø i de seneste to år, hvilket også stemmer overens med øvrige observationer af lavere koncentrationer af total-P, suspenderet tørstof, klorofyl i 1993 og særligt i 1994.

# Zooplankton i Bryrup Langsø i 1994

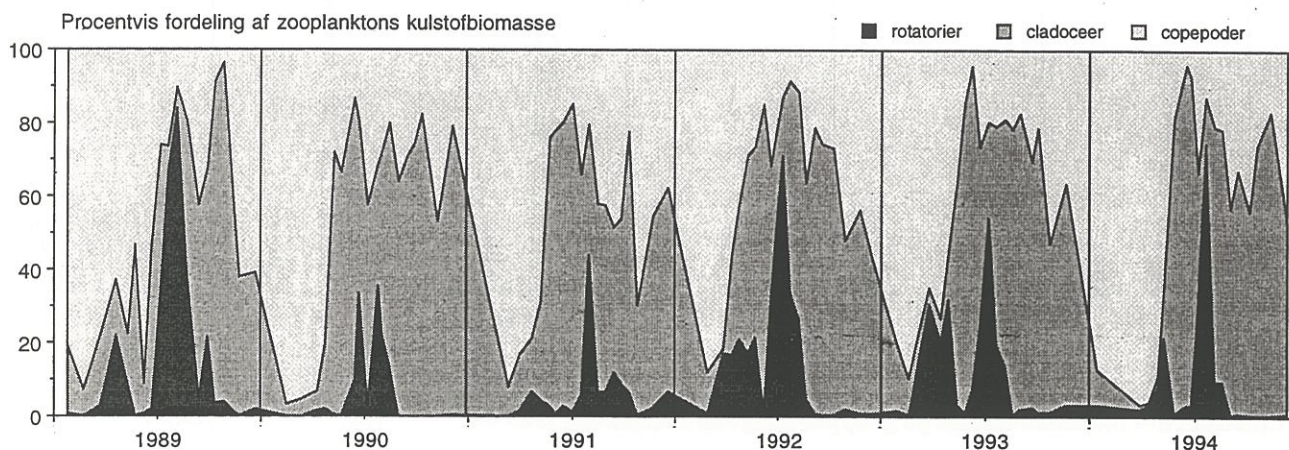
I 1994 blev zooplanktonsammensætningen analyseret 18 gange. De metodiske principper er beskrevet i bilagsdelen.

## Zooplanktonets årstidsvariation.

Zooplanktonet i Bryrup Langsø var karakteriseret ved, at copepoderne dominerede planktonet i vintermånederne, mens cladocerforekomsten var størst fra maj til oktober. Hjuldyrenes andel af den samlede biomasse var generelt lav gennem året, men enkelte store og kortvarige forekomster kunne ses.

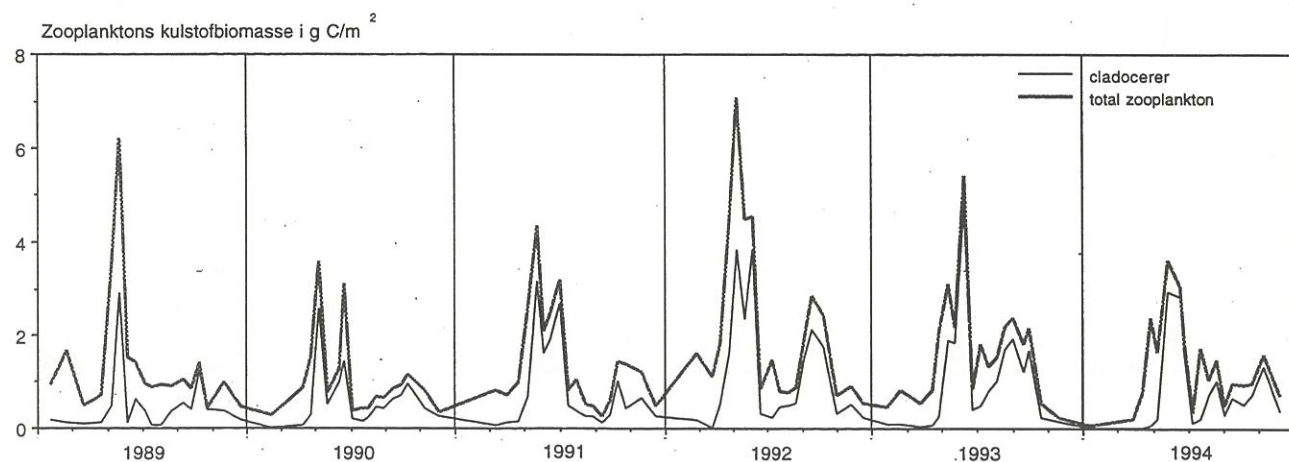
Der synes ikke at være sket en væsentlig ændring i zooplanktonforekomsten og sammensætningen gennem den undersøgte periode, og af den grund kommenteres årene 1989-93 ikke i teksten. Alle årene er afbilledet, som det ses efterfølgende, for at synliggøre den variation, der er fra år til år.

Hjuldyrene havde i maj og juli 1994 betydelig biomasse og udgjorde dels 21% og 75% af den samlede zooplanktonbiomasse (figur 23). De mest betydelige arter var *Polyartra dolichoptera*, *Trichocerca capucina*, *Polyartra vulgaris* og *Filinia longiseta*, hvor *Polyartra dolichoptera* hovedsagelig udgjorde forårsmaksimum



Figur 23:

Den procentvise fordeling af zooplankton i Bryrup Langsø fordelt på grupper fra 1989-94.



Figur 24:

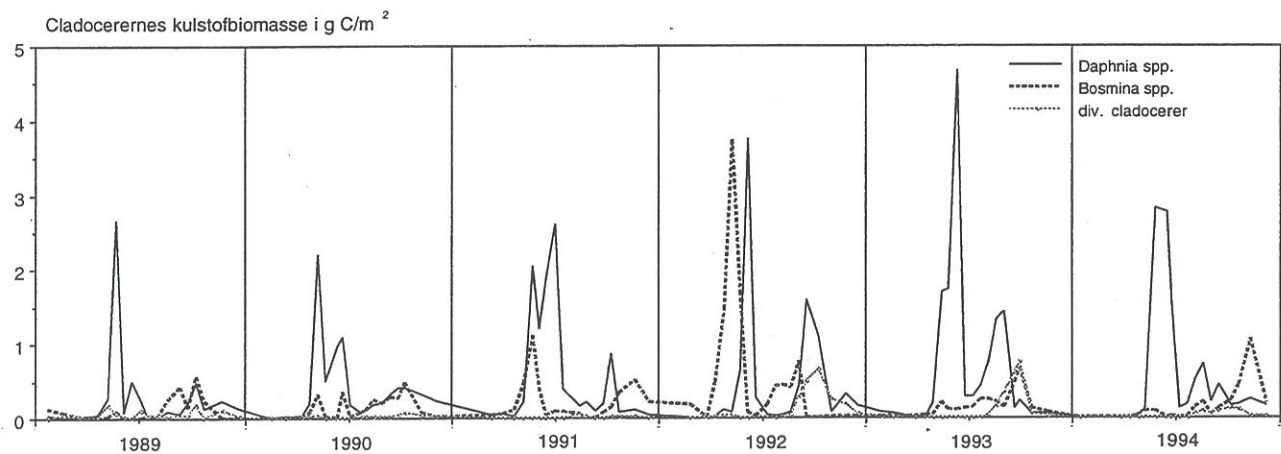
Den totale zooplanktonbiomasse og cladocernes biomasse i Bryrup Langsø fra 1989-94.

og *Trichocerca capucina* juli-maksimum. *Asplanchna priodonta* har tidligere haft store forekomster i Bryrup Langsø, men dette var ikke tilfældet i 1994. Generelt er slægterne *Filinia* og *Asplanchna* mest udbredt i de middelnæringsrige søer, mens *Polyartra* er udbredt både i de middelnæringsrige søer og i de næringsfattige søer (Windolf m.fl., 1993). Også arten *Trichocerca capucina* forekommer hyppigst i de middelnæringsrige søer, hvilket var i overensstemmelse med forholdene i Bryrup Langsø.

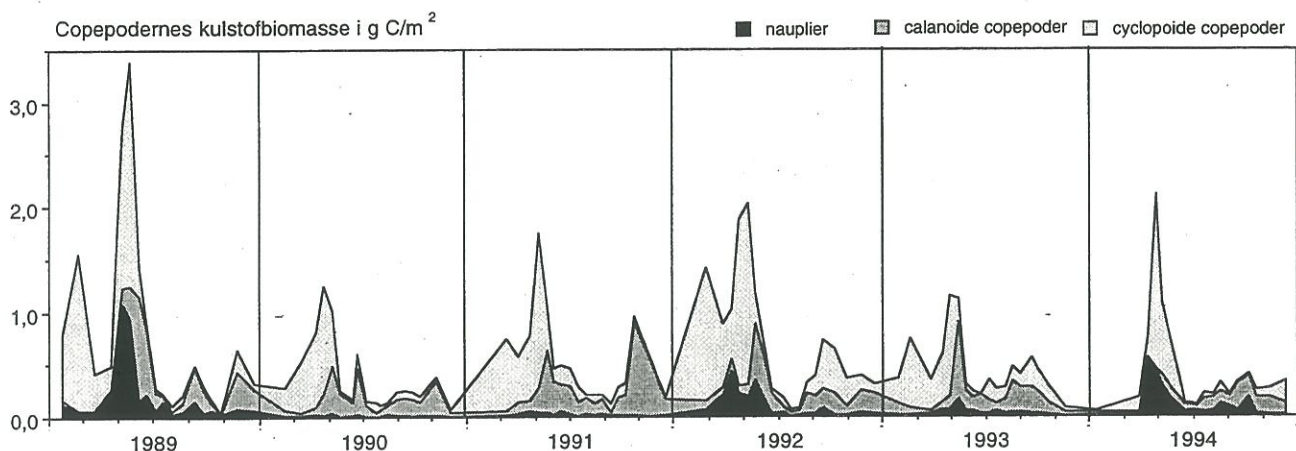
Cladoceerne udgjorde langt den største del af zooplanktonbiomassen fra maj måned og resten af 1994, figur 24. Hovedforekomsten fandtes maj-juni. Også i august og

november fandtes maksima, men betydelig mindre end forårsmaksimummet. Jvf. figur 25 var den betydelige gruppe indenfor cladoceerne, dafnierne, og kun i november var bosminerne dominerende. De 3 arter *Daphnia cucullata*, *Daphnia galeata* og *Daphnia hyalina* bidrog alle til forårsmaksimummet. *D. cucullata* og *D. hyalina* dannede maksimum i slutningen af maj med dels 0,9 g C/m<sup>2</sup> og 0,7 g C/m<sup>2</sup>, mens *D. galeata*'s maksimum fandtes i begyndelsen af juni (1,7 g C/m<sup>2</sup>). I efteråret var *D. cucullata* den dominerende art. *Bosmina coregoni*'s biomasse var i november 0,8 g C/m<sup>2</sup>.

Copepodernes biomasse kan ses i figur 26. Det karakteristiske billede i 1994 var, at de cyclopoide copepoder



**Figur 25:**  
Cladoceernes biomasse fordelt på grupper i Bryrup Langsø fra 1989-94.



**Figur 26:**  
Copepodernes biomasse på ordensniveau samt nauplier fra 1989-94.



dominerede til maj måned og havde maksimum i april, mens de calanoide copepoder var hyppigst i den resterende del af året. Begge arter af slægten Eudiaptomus fandtes i Bryrup Langsø men hvor de tidligere har været ligeligt repræsenteret, var *E. graciloides* i 1994 den klart dominerende art. Blandt de cyclopoide copepoder fandtes arterne *C. Kolensis*, *C. vicinus* og *Mesocyclops leuckarti*. Maksimummet var forårsaget af ikke artsangivne arter.

Generelt er de omtalte arter af cladoceer og copepoder alle arter, der ligesom hjuldyrsarterne hyppigst forekommer i middelnæringsrige søer.

### Græsningstrykket på algerne.

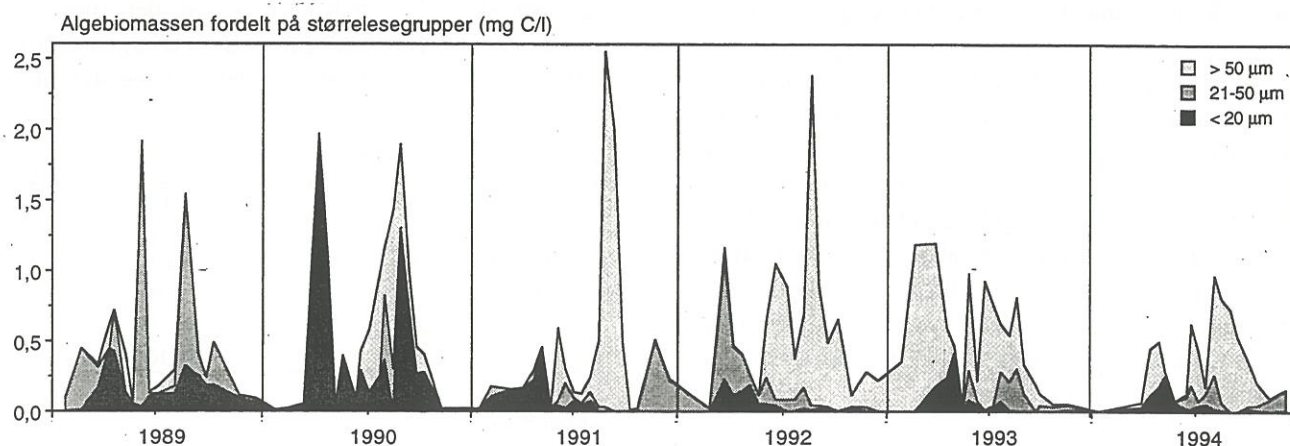
Størstedelen af zooplanktonet er filtratorer, som lever af alger og bakterier, og derfor kan en teoretisk beregnet fødeoptagelse for zooplanktonet belyse zooplanktonets indvirkning på algerne.

Generelt optager det filtrerende zooplankton (hjuldyr men ikke rovhjuldyr, cladoceer, men ikke rovdafnier calanoide copepoder og cyclopoide copepoditter og nauplier) bedst fødeemner  $< 50 \mu\text{m}$ . Fødeoptagelsen beregnes ud fra de enkelte gruppers energibehov pr. dag under optimale forhold, og antages at være 200% for hjuldyr, 100% for cladoceer og 50% for copepoder. Ved lave fødekonzentrationer  $< 0,2 \text{ mg C/l}$  nedsættes dyrenes fødeoptagelse og da vil en korrektion af fødeoptagelsen være nødvendig (jvf. Hansen et al., 1992).

For at kunne sammenligne zooplanktonets fødeoptagelse med algebiomassen er det nødvendigt at tage højde

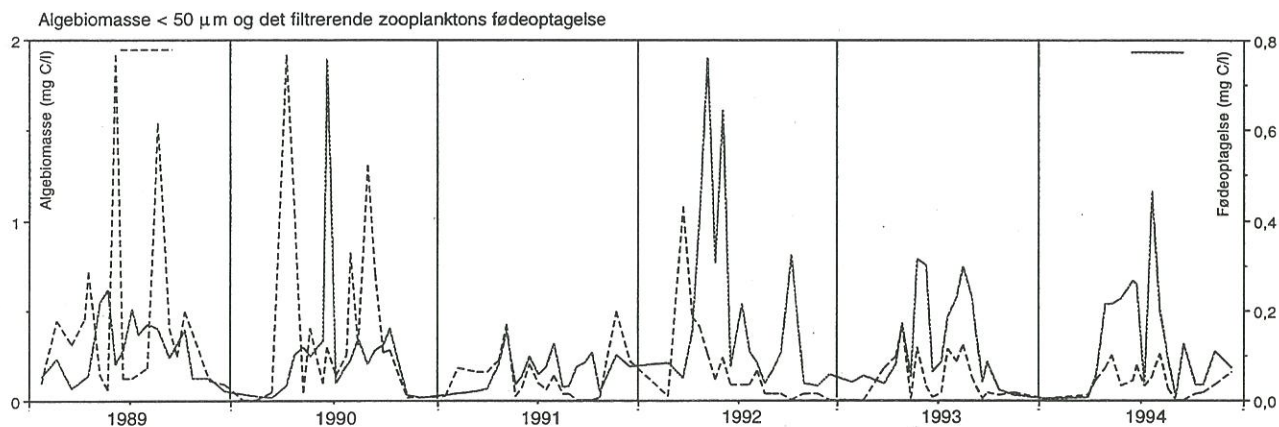
for, at zooplanktonet ikke er jævnt fordelt i vandmasserne. I dybere søer, hvor der periodisk opstår springlag med deraf følgende iltfrie forhold ved bunden, vil zooplanktonet ikke opholde sig, hvor iltkonzentrationerne er lave. Derfor er alle angivne zooplanktonbiomasser, som er relateret til algerne, korrigeret for denne skæve fordeling, idet det antages, at zooplanktonet kun findes ned til vanddybder, hvor iltkonzentrationen er  $> 1 \text{ mg O}_2/\text{l}$ .

Algebiomassen i Bryrup Langsø fordeler sig i størrelsesgrupperne  $< 20 \mu\text{m}$ ,  $21-50 \mu\text{m}$ ,  $> 50 \mu\text{m}$  som vist i figur 27. Det viser sig, at en del af de alger, der i Bryrup langsø er større end  $50 \mu\text{m}$  alligevel kan ædes af zooplanktonet. Det gælder arterne *Aulacoseira spp.* og *Microcystis spp.* som dels dominerer i foråret og i sensommer og efterår. Kiselalgerne *Aulacoseira spp.* danner trådformede kolonier af cylindriske celler og zooplanktonet kan sandsynligvis æde disse fra enden. Afhængig af længden af kolonierne er denne algegruppe kategoriseret enten i  $21-50 \mu\text{m}$  eller  $> 50 \mu\text{m}$ , men dermed ændres kvaliteten af fødeemnet ikke for zooplanktonet. Blågrønalgerne *Microcystis spp.* hæmmer i kraft af dens geleagtige kolonidannelse og mulige toksiske virkning zooplanktonets fødeoptagelse, men i situationer som opvækstfase for kolonien eller splittelse af kolonien kan zooplanktonet udnytte algerne som fødegrundlag (R. DeBernardi et al., 1981). Af disse grunde er det mest hensigtsmæssigt at vurdere zooplanktonets teoretiske fødeoptagelse i forhold til hele algebiomassen, figur 28. I kraft af den store forekomst af dafnier i maj blev algebiomassen reduceret fra  $0,5 \text{ mg C/l}$  i slutningen af april til  $0,08 \text{ mg C/l}$  i slutningen af maj. Denne nedgræsning resulterede i en klarvandsfase i samme periode. Sigtdybden i klarvandsfasen i maj 1994 var ganske vist ringere end ved samme situation med



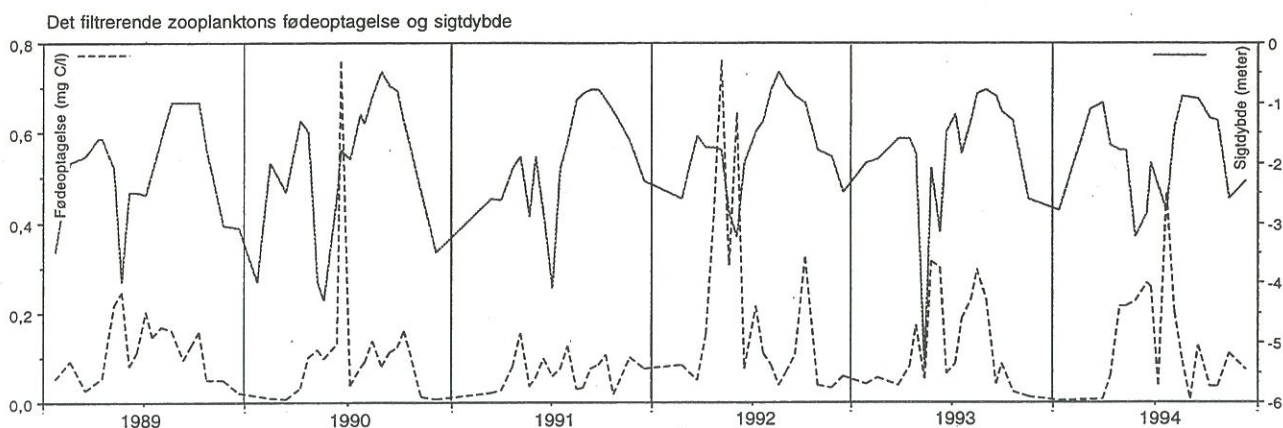
Figur 27:

Algenes biomasse fordelt på størrelsesgrupper i Bryrup Langsø fra 1989-94.



Figur 28:

Algebiomassen <50µm og det filtrerende zooplanktons fødeoptagelse i Bryrup Langsø fra 1989-94.



Figur 29:

Det filtrerende zooplanktons fødeoptagelse og sigtddyben i Bryrup Langsø 1989-94.

nedgræsning af algerne i foråret 1993. En sandsynlig forklaring er, at vi med 14 dages interval i prøvetagningen kan have mistet den maksimale zooplanktonbiomasse og dertil hørende lave algebiomasse og store sigtddybe.

Som det ses på figur 29 var der yderligere en klarvandsfase i slutningen af juli. Her var klarvandsfasen ikke udelukkende resultat af zooplanktonets aktivitet, men en kombination af græsning og sammenbrud af kiselalgerne p.g.a. siliciummangel. Zooplanktonets fødeoptagelse klinger af i trit med, at blågrønalgerne dominerer algesammensætningen. Det er ikke sandsynligt, at zooplanktonet har kunnet påvirke opvæksten af blågrønalger i 1994, da de vejrmæssige forhold var optimale for en hurtig opvækst af blågrønalger.

#### Vurdering af græsningstrykkets udvikling.

Den potentielle græsning er vist i tabel 9 som sommergennemsnit for hvert af de fem år og er beregnet som den gennemsnitlige fødeoptagelse af det filtrerende zooplankton fra 1/5 - 30/9 i forhold til den gennemsnitlige biomasse i samme periode. Der er ingen signifikant

	Gns. græs %	Cladoceer biomasse (mg C/l)
89	29,9	0,075
90	20,8	0,125
91	10,9	0,06
92	30,8	0,242
93	33,8	0,244
94	39,7	0,164

Tabel 9:

Den gennemsnitlige græsningsprocent (1/5 - 31/9) for det filtrerende zooplankton og cladoceer biomassen (iltkorrigeret) som gennemsnit fra 1/5 - 31/9 i Bryrup Langsø fra 1989-94.

udvikling i den potentielle græsning, men det ser ud til, at der er sket et niveauskift i 1992. Hvorvidt stigningen fra 1992 vil fortsætte, må de efterfølgende måleår afsløre.

### **Fiskenes rolle i zooplanktonodynamikken.**

Der er velkendt, at zooplanktonet dels er styret "fra neden" som beskrevet ovenfor og dels "fra oven" af fiskene. Da der ikke foreligger nye fiskedata fra Bryrup Langsø, skal der blot henvises til Århus Amt (1993): Bryrup Langsø 1992. Teknisk rapport, Miljøkontoret, og derefter understreges, at fiskenes indvirkning på zooplanktonet vil være betydelig, når forholdet mellem antal "skidtfisk" og antal "skidtfisk" + aborre er 76% som i Bryrup Langsø. Således må de markante tilbagegange af specielt dafnieforekomsten i begyndelsen af juli foruden fødebegrænsning skyldes prædation fra fiskene.



## Opfyldelse af målsætning

Bryrup Langsø er i recipientkvalitetsplanen (Århus Amt, 1993) C, A2 målsat. Der stilles krav om badevandskvalitet (A2), mens selve søen har en lempet målsætning (C; væsentlig påvirkning af spildevandsudledninger eller andre aktiviteter, der kan reguleres gennem recipientkvalitetsplanen). Der må maksimalt udledes 90 kg P/år fra dambrug og ingen fosfor fra kloakerede områder. Sommersigtedybden skal være mindst 2 meter. Målsætningen for Bryrup Langsø er opfyldt med hensyn til badevandskvalitet (colital) og fosforbelastning, mens sommersigtedybden ikke kan anses for opfyldt.



## Referencer

- Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann og P. Andersen (1990): Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen, Miljøprojektet nr 205 (1992)
- Jensen, J.P., Jeppesen, E., Bøgestrand, J., Roer Pedersen, A., Søndergaard, M., Windolf J. & Sortkjær L. (1994): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Danmarks Miljøundersøgelser. 94 s. Faglig rapport fra DMU nr. 121.
- Kiefer, F. og G. Freyer (1978): Das zooplankton der Binnengewässer. Die Binnengewässer Band XXVI, 2. Teil.
- McCauley, E. (1984): The estimation of the Abundance and Biomass of zooplankton in samples. Fra: A Manual on methods for the Assessment of Secondary Productivity in Freshwater; IBP Handbook 17, 2nd edition. (Ed. J.A. Dowing & F.H. Riegler). Blackwell Scientific Publications pp. 228-265.
- Olrik, K. (1990): Planteplanktonsamfund i danske søer.
- Olrik, K. (1991): Vejledning i phytoplanktonbedømmelser, del I. Metoder. Rapport til Miljøstyrelsen.
- Pontin, R.M. (1978): A key to British Freshwater Planktonic Rotifera: Freshwater Biological Association.
- Reynolds, C.S. (1984): The ecology of freshwater phytoplankton.
- Ruttner-Kalisko, A. (1974): Planctonic Rotifers biology and taxonomy. Die Binnengewässer vol. XXVI/1 supplement.
- Voigt, M & W. Koste (1978): Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart.
- Windolf, J.E. Jeppesen, M. Søndergård, J. P. Jensen, L. Sertkjær: Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1992. Faglig rapport fra DMU, nr. 90.
- Århus Amt (1993): Recipientkvalitetsplan 1993.
- Århus Amt (1994): Bryrup Langsø 1993. Teknisk rapport, Natur- og Miljøkontoret, Århus Amt.





## Bilagsoversigt

- Bilag 1: Metode til beregning af vand- og stofbalance.
- Bilag 2: Vand og stofbalance for Bryrup Langsø 1994.
- Bilag 3: Kurver over vandkemiske parametre i tilløb til Bryrup Langsø fra 1989 til 1994.
- Bilag 4: Kurver over vandkemiske parametre i overfladevand i Bryrup Langsø fra 1989 til 1994.
- Bilag 5: Tidsvægtede års- og sommergennemsnit samt medianer for vandkemiske parameter i Bryrup Langsø fra 1978 til 1994
- Bilag 6: Samletabel og beregnede data.
- Bilag 7: Zooplankton - metodik.
- Bilag 8: Fytoplankton - metodik.



## Metode til beregning af vand - og stofbalance

Vandbalancen opstilles ud fra følgende størrelser :

N :	nedbør	(månedsværdier, mm)
E <sub>a</sub> :	fordampning	(månedsværdier, mm)
Q <sub>p</sub> :	direkte tilførsel	(månedsværdier, l/s)
Q <sub>t</sub> :	sum af målte tilløb	(månedsværdier, l/s)
Q <sub>a</sub> :	afløb	(månedsværdier, l/s)
Q <sub>u</sub> :	umålt opland (beregnes ud fra vægtning af tilløb)	(månedsværdier, l/s)
Q <sub>s</sub> :	vandstandsvariationer (magasinering)	(diskrete værdier, m)
Q <sub>g</sub> :	udveksling med grundvand	(månedsværdier, mm)
A	søareal	(konstant, m <sup>2</sup> )

### GRUNDDATA

$$\text{Ligning : } Q_g = -A(N - E_a) - Q_p - Q_t + Q_a - Q_u + Q_s$$

hvor  $Q_u = \text{sum af } (Q_i(v_i - 1))$ , for  $i = 1$  til antal tilløb ( $v_i$  er vægte  $< > 1,0$ )

$Q_s = \text{produktet af lineært interpoleret ændring i vandstand mellem månedsslut/-månedstart og søareal.}$

Stofbalance opstilles ud fra :

P <sub>a</sub> :	atmosfærisk deposition	(konstant, kg/ha/år)
T <sub>t</sub> :	sum af målte transporter i tilløb	(månedsværdier, kg)
T <sub>a</sub> :	transport i afløb	(månedsværdier, kg)
T <sub>p</sub> :	direkte stofudledning fra punktkilder	(månedsværdier, kg)
T <sub>ø</sub> :	direkte udledning fra øvrige kilder	(månedsværdier, kg)
T <sub>u</sub> :	stofftilførsel fra umålt opland (vægtede)	(månedsværdier, kg)
T <sub>g</sub> :	stofudveksling med grundvand (+/-)	(månedsværdier, kg)
S :	ændret stofindhold i søen (søkonc., volumen)	(diskrete værdier, µg/l-m <sup>3</sup> )
T <sub>i</sub> :	intern belastning	(månedsværdier, kg)
C :	søkoncentration	(diskrete værdier, µg/l)
V :	søvolumen	(diskrete værdier, m <sup>3</sup> )
g <sub>+</sub> :	koncentration af tilført grundvand	(konstant, µg/l)
g <sub>-</sub> :	koncentration af udsivet grundvand	(konstant, µg/l)

$$\text{Ligning : } T_i = -P_a A - T_t + T_a - T_p - T_{\sigma} - T_u - T_g + S$$

hvor  $T_u = \text{sum af } (T_i(v_i - 1))$ , for  $i = 1$  til antal tilløb (med vægte  $< > 1,0$ )

$T_g = g_+ Q_g$  for  $q_g > 0$  (måneder med tilstrømning) og

$T_g = g_- Q_g$  for  $Q_g < 0$  (måneder med udsivning).

$$S = C_{n+1} V_{n+1} - C_n V_n \text{ (interpolerede værdier ved månedsskifter)}$$

(søvolumener er beregnet ud fra diskrete vandstande og søareal)



Tilføjelse til bilag 2.

På grund af en fejl i Stoq sømodul er vand- og stoftilførsel fra umålt opland beregnet manuelt på månedsbasis og indtastet direkte i programmet. Skemaværdierne for direkte vandtilførsel og punktkilder er således bidragene fra umålt opland.

Afstrømningsområde: 09\_04 Sø: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Nitrogen: total-N

INDDATA

Søareal 380000 m2 Atmosfærisk deposition 20.00 kg/ha/år Vandtilf. fra umålt opl. 0.00 l/s/km2  
 Søvolumen 1720000 m3 Stofkonc. i tilførsel fra grv. 4000.00 µg/l Stoftilf. fra umålt opl. 0.00 kg/ha/år  
 Volumen målt d. 72.01.07 Areal af umålt opl. 0.00 km2

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Nedbør (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fordampning (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Direkte vandtilførsel (l/s)	169.00	74.00	298.00	84.00	26.00	21.00	7.00	17.00	54.00	28.00	54.00	53.00
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stoftilf. fra punktkilder (kg)	1778.00	778.00	3133.00	883.00	273.00	221.00	74.00	179.00	568.00	294.00	568.00	552.00
Stoftilf. fra andre kilder (kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)	Dato	Konc. (µg/l)	Station nr.	Navn	Opland (km2)	Q-vægt	T-vægt
94.01.26	0.53	94.01.12	6990			090274	KRINGELBÆK	0.00	1.0000	1.0000
94.02.23	0.37	94.02.22	7160			090275	NIMDRUP BÆK	0.00	1.0000	1.0000
94.03.23	0.53	94.03.09	6330			090535	BRYRUP Å	0.00	-1.0000	-1.0000
94.04.13	0.44	94.03.28	6020							
94.05.35	0.29	94.04.13	5380							
94.06.16	0.20	94.04.27	5360							
94.09.15	0.40	94.05.09	4820							
94.10.13	0.31	94.05.26	4570							
94.10.27	0.33	94.06.16	3930							
94.11.10	0.34	94.06.23	4150							
94.12.08	0.40	94.07.07	3900							
		94.07.21	3440							
		94.08.04	2800							
		94.08.17	2730							
		94.09.01	2650							
		94.09.15	2550							
		94.10.05	3440							
		94.10.19	3660							
		94.11.10	4020							

STOQ Sømodul 4.3

95.03.31 Side 2

-----  
Afstørningsområde: 09\_04 Sø: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Nitrogen: total-N

VANDBALANCE Enhed: 1000 m3

Station nr.	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Sommer	År
090275	1648.0	998.4	2024.1	1032.1	473.5	320.9	543.4	786.4	576.4	874.0	951.6	2480.1	10584.8	
090274	159.1	62.7	279.9	76.2	24.4	18.7	7.0	15.8	49.0	26.2	48.7	49.6	114.8	817.2
Målt tilløb	1807.1	1061.1	2304.0	1108.3	497.9	374.5	327.8	559.2	835.4	602.6	922.8	1001.2	2594.9	11402.0
Umålt tilløb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nedbør	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Direkte tilførsel	452.6	179.0	798.2	217.7	69.6	54.4	18.7	45.5	140.0	75.0	140.0	142.0	328.3	2332.8
Grundvand	-6.1	135.3	-313.7	96.8	143.8	124.0	220.9	251.9	159.6	190.4	213.2	224.0	900.2	1440.0
Samlet tilløb	2253.7	1375.4	2788.4	1422.9	711.3	553.0	567.5	856.7	1135.0	868.0	1275.9	1367.1	3823.5	15174.8
Fordampning	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fraløb	2266.7	1410.2	2755.3	1462.1	740.0	583.2	541.6	830.8	1142.8	873.7	1256.3	1361.4	3838.5	15224.2
Samlet afløb	2266.7	1410.2	2755.3	1462.1	740.0	583.2	541.6	830.8	1142.8	873.7	1256.3	1361.4	3838.5	15224.2
Magasinering	-13.0	-34.7	33.1	-39.3	-28.7	-30.2	25.9	25.9	-7.9	-5.7	19.5	5.7	-15.0	-49.4





STOQ Sømodul 4.3

Afstrømningsområde: 09\_04 Sø: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Phosphor: total-P

INDDATA

Søareal 380000 m2 Atmosfærisk deposition 0.20 kg/ha/år Vandtilf. fra umålt opl. 0.00 l/s/km2  
 Søvolumen 1720000 m3 Stofkonc. i tilførsel fra grv. 50.00 µg/l Stoftilf. fra umålt opl. 0.00 kg/ha/år  
 Volumen målt d. 72.01.07 Vandtilf. fra grundvand 0.00 l/s Areal af umålt opl. 0.00 km2

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Nedbør (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fordampning (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Direkte vandtilførsel (l/s)	169.00	74.00	298.00	84.00	26.00	21.00	7.00	17.00	54.00	28.00	54.00	53.00
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stoftilf. fra punktkilder (kg)	22.20	9.70	39.20	11.00	3.40	2.80	0.90	2.20	7.10	3.70	7.10	7.00
Stoftilf. fra andre kilder (kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)	Dato	Konc. (µg/l)	Station nr.	Navn	Oppland (km2)	Q-vægt	T-vægt
94.01.26	0.53	94.01.12	128			090274	KRINGELBÆK	0.00	1.0000	1.0000
94.02.23	0.37	94.02.22	84			090275	NIMDRUP BÆK	0.00	1.0000	1.0000
94.03.23	0.53	94.03.09	207			090535	BRYRUP Å	0.00	-1.0000	-1.0000
94.04.13	0.44	94.03.28	138							
94.05.35	0.29	94.04.13	65							
94.06.16	0.20	94.04.27	67							
94.09.15	0.40	94.05.09	51							
94.10.13	0.31	94.05.26	45							
94.10.27	0.33	94.06.16	38							
94.11.10	0.34	94.06.23	51							
94.12.08	0.40	94.07.07	46							
		94.07.21	43							
		94.08.04	56							
		94.08.17	107							
		94.09.01	107							
		94.09.15	77							
		94.10.05	84							
		94.10.19	57							
		94.11.10	63							

STOQ Sæmodul 4.3

95.04.03 Side 2

----- Afstrømningsområde: 09\_04 SØ: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Phosphor: total-P -----

VANDBALANCE Enhed: 1000 m3

Station nr.	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Sommer	År
090275	1648.0	998.4	2024.1	1032.1	473.5	355.9	320.9	543.4	786.4	576.4	874.0	951.6	2480.1	10584.8
090274	159.1	62.7	279.9	76.2	24.4	18.7	7.0	15.8	49.0	26.2	48.7	49.6	114.8	817.2
Målt tilløb	1807.1	1061.1	2304.0	1108.3	497.9	374.5	327.8	559.2	835.4	602.6	922.8	1001.2	2594.9	11402.0
Umålt tilløb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nedbør	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Direkte tilførsel	452.6	179.0	798.2	217.7	69.6	54.4	18.7	45.5	140.0	75.0	140.0	142.0	328.3	2332.8
Grundvand	-6.1	135.3	-313.7	96.8	143.8	124.0	220.9	251.9	159.6	190.4	213.2	224.0	900.2	1440.0
Samlet tilløb	2253.7	1375.4	2788.4	1422.9	711.3	553.0	567.5	856.7	1135.0	868.0	1275.9	1367.1	3823.5	15174.8
Fordampning	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fraløb	2266.7	1410.2	2755.3	1462.1	740.0	583.2	541.6	830.8	1142.8	873.7	1256.3	1361.4	3838.5	15224.2
Samlet afløb	2266.7	1410.2	2755.3	1462.1	740.0	583.2	541.6	830.8	1142.8	873.7	1256.3	1361.4	3838.5	15224.2
Magasinerings	-13.0	-34.7	33.1	-39.3	-28.7	-30.2	25.9	25.9	-7.9	-5.7	19.5	5.7	-15.0	-49.4

STOQ Sømodul 4.3 95.04.03 Side 3

Afstrømningsområde: 09\_04 Sø: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Phosphor: total-P

STOFBALANCE  
-----  
Enhed: kg

Station nr.	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Oktober	Nov	Dec	Sommer	År
090274	38.2	11.3	106.3	12.4	1.9	1.4	0.3	1.5	3.9	2.1	5.5	7.1	9.1	191.9
090275	187.7	113.4	302.6	79.1	43.9	26.6	27.2	74.7	99.1	57.7	87.1	88.3	271.5	1187.4
Målt tilløb	225.8	124.7	408.9	91.5	45.8	27.9	27.5	76.2	103.1	59.9	92.6	95.4	280.6	1379.3
Umålt tilløb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Atm. deposition	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	3.2	7.6
Punktkilder	22.2	9.7	39.2	11.0	3.4	2.8	0.9	2.2	7.1	3.7	7.1	7.0	16.4	116.3
Andre kilder	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grundvand	-0.8	6.8	-44.4	4.8	7.2	6.2	11.0	12.6	8.0	9.5	10.7	11.2	45.0	42.9
Samlet tilførsel	247.9	141.7	404.4	108.0	57.1	37.6	40.1	91.7	118.8	73.7	110.9	114.3	345.2	1546.1
Fraløb	272.5	139.9	472.4	118.9	36.7	25.5	25.1	76.4	96.4	60.6	83.2	103.0	260.0	1510.5
Samlet fraførsel	272.5	139.9	472.4	118.9	36.7	25.5	25.1	76.4	96.4	60.6	83.2	103.0	260.0	1510.5
Magasinering	-38.4	54.7	-32.3	-101.6	-32.4	7.0	9.5	90.8	-41.2	-36.8	21.5	5.9	33.7	-93.3
Intern belastning	-13.8	52.8	35.7	-90.7	-52.7	-5.1	-5.5	75.5	-63.6	-49.9	-6.2	-5.4	-51.5	-128.9
Retention														
2.30 %														
0.09 g/m2 søoverfl./år														
0.04 ton/år														
Opholdstider	Tilført	Fraført	Konc. (mg/l)	Tilført	Fraført									
Året	0.1214	0.1095	Året	0.1019	0.0992									
1/5 - 30/9	0.2342	0.1784	1/5 - 30/9	0.0903	0.0677									
1/12 - 31/3	0.0729	0.0725												
Max. måned	0.3871	0.2477												
Min. måned	0.0450	0.0507												

-50

STOQ Sømodul 4.3

95.03.31 Side 1

Afstrømningsområde: 09\_04 Sø: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Orth.P-f

## INDDATA

Søareal 380000 m2 Atmosfærisk deposition 0.00 kg/ha/år Vandtilf. fra umålt opl. 0.00 l/s/km2  
 Søvolumen 1720000 m3 Stofkonc. i tilførsel fra grv. 20.00 µg/l Stoftilf. fra umålt opl. 0.00 kg/ha/år  
 Volumen målt d. 72.01.07 Areal af umålt opl. 0.00 km2

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Nedbør (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fordampning (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Direkte vandtilførsel (l/s)	169.00	74.00	298.00	84.00	26.00	21.00	7.00	17.00	54.00	28.00	54.00	53.00
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Stoftilf. fra punktkilder (kg)	13.30	5.80	23.50	6.60	2.10	1.70	0.60	1.30	4.30	2.20	4.30	0.00
Stoftilf. fra andre kilder (kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)	Dato	Konc. (µg/l)	Station nr.	Navn	Oppland (km2)	Q-vægt	T-vægt
94.01.26	0.53	94.01.12	79			090274	KRINGELBÆK	0.00	1.0000	1.0000
94.02.23	0.37	94.02.22	60			090275	NIMDRUP BÆK	0.00	1.0000	1.0000
94.03.23	0.53	94.03.09	115			090535	BRYRUP Å	0.00	-1.0000	-1.0000
94.04.13	0.44	94.03.28	70							
94.05.35	0.29	94.04.13	21							
94.06.16	0.20	94.04.27	3							
94.09.15	0.40	94.05.09	12							
94.10.13	0.31	94.05.26	6							
94.10.27	0.33	94.06.16	4							
94.11.10	0.34	94.06.23	4							
94.12.08	0.40	94.07.07	5							
		94.07.21	6							
		94.08.04	4							
		94.08.17	9							
		94.09.01	3							
		94.09.15	4							
		94.10.05	19							
		94.10.19	23							
		94.11.10	34							

STOQ Sømodul 4.3 95.03.31 Side 2

-----  
Afstrekningsområde: 09\_04 Sø: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Orth.P-fVANDBALANCE  
-----  
Enhed: 1000 m3

Station nr.	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Sommer	År
090275	1648.0	998.4	2024.1	1032.1	473.5	355.9	320.9	543.4	786.4	576.4	874.0	951.6	2480.1	10584.8
090274	159.1	62.7	279.9	76.2	24.4	18.7	7.0	15.8	49.0	26.2	48.7	49.6	114.8	817.2
Målt tilløb	1807.1	1061.1	2304.0	1108.3	497.9	374.5	327.8	559.2	835.4	602.6	922.8	1001.2	2594.9	11402.0
Umålt tilløb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nedbør	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Direkte tilførsel	452.6	179.0	798.2	217.7	69.6	54.4	18.7	45.5	140.0	75.0	140.0	142.0	328.3	2332.8
Grundvand	-6.1	135.3	-313.7	96.8	143.8	124.0	220.9	251.9	159.6	190.4	213.2	224.0	900.2	1440.0
Samlet tilløb	2253.7	1375.4	2788.4	1422.9	711.3	553.0	567.5	856.7	1135.0	868.0	1275.9	1367.1	3823.5	15174.8
Fordampning	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fraløb	2266.7	1410.2	2755.3	1462.1	740.0	583.2	541.6	830.8	1142.8	873.7	1256.3	1361.4	3838.5	15224.2
Samlet afløb	2266.7	1410.2	2755.3	1462.1	740.0	583.2	541.6	830.8	1142.8	873.7	1256.3	1361.4	3838.5	15224.2
Magasinerings	-13.0	-34.7	33.1	-39.3	-28.7	-30.2	25.9	25.9	-7.9	-5.7	19.5	5.7	-15.0	-49.4





STOQ Sømødul 4.3 95.04.03 Side 2

Afstrekningsområde: 09\_04 Sø: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Jern Ferri

VANDBALANCE Enhed: 1000 m3

Station nr.	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Sommer	År
090275	1648.0	998.4	2024.1	1032.1	473.5	355.9	320.9	543.4	786.4	576.4	874.0	951.6	2480.1	10584.8
090274	159.1	62.7	279.9	76.2	24.4	18.7	7.0	15.8	49.0	26.2	48.7	49.6	114.8	817.2
Målt tilløb	1807.1	1061.1	2304.0	1108.3	497.9	374.5	327.8	559.2	835.4	602.6	922.8	1001.2	2594.9	11402.0
Umålt tilløb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nedbør	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Direkte tilførsel	452.6	179.0	798.2	217.7	69.6	54.4	18.7	45.5	140.0	75.0	140.0	142.0	328.3	2332.8
Grundvand	-6.1	135.3	-313.7	96.8	143.8	124.0	220.9	251.9	159.6	190.4	213.2	224.0	900.2	1440.0
Samlet tilløb	2253.7	1375.4	2788.4	1422.9	711.3	553.0	567.5	856.7	1135.0	868.0	1275.9	1367.1	3823.5	15174.8
Fordampning	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fraløb	2266.7	1410.2	2755.3	1462.1	740.0	583.2	541.6	830.8	1142.8	873.7	1256.3	1361.4	3838.5	15224.2
Samlet afløb	2266.7	1410.2	2755.3	1462.1	740.0	583.2	541.6	830.8	1142.8	873.7	1256.3	1361.4	3838.5	15224.2
Magasinerings	-13.0	-34.7	33.1	-39.3	-28.7	-30.2	25.9	25.9	-7.9	-5.7	19.5	5.7	-15.0	-49.4



STOQ Sømodul 4.3 95.04.03 Side 3

Afstørningsområde: 09\_04 Sø: BRYRUP LANGSØ År: 1994 Parameter: Jern Ferri

STOFBALANCE Enhed: kg

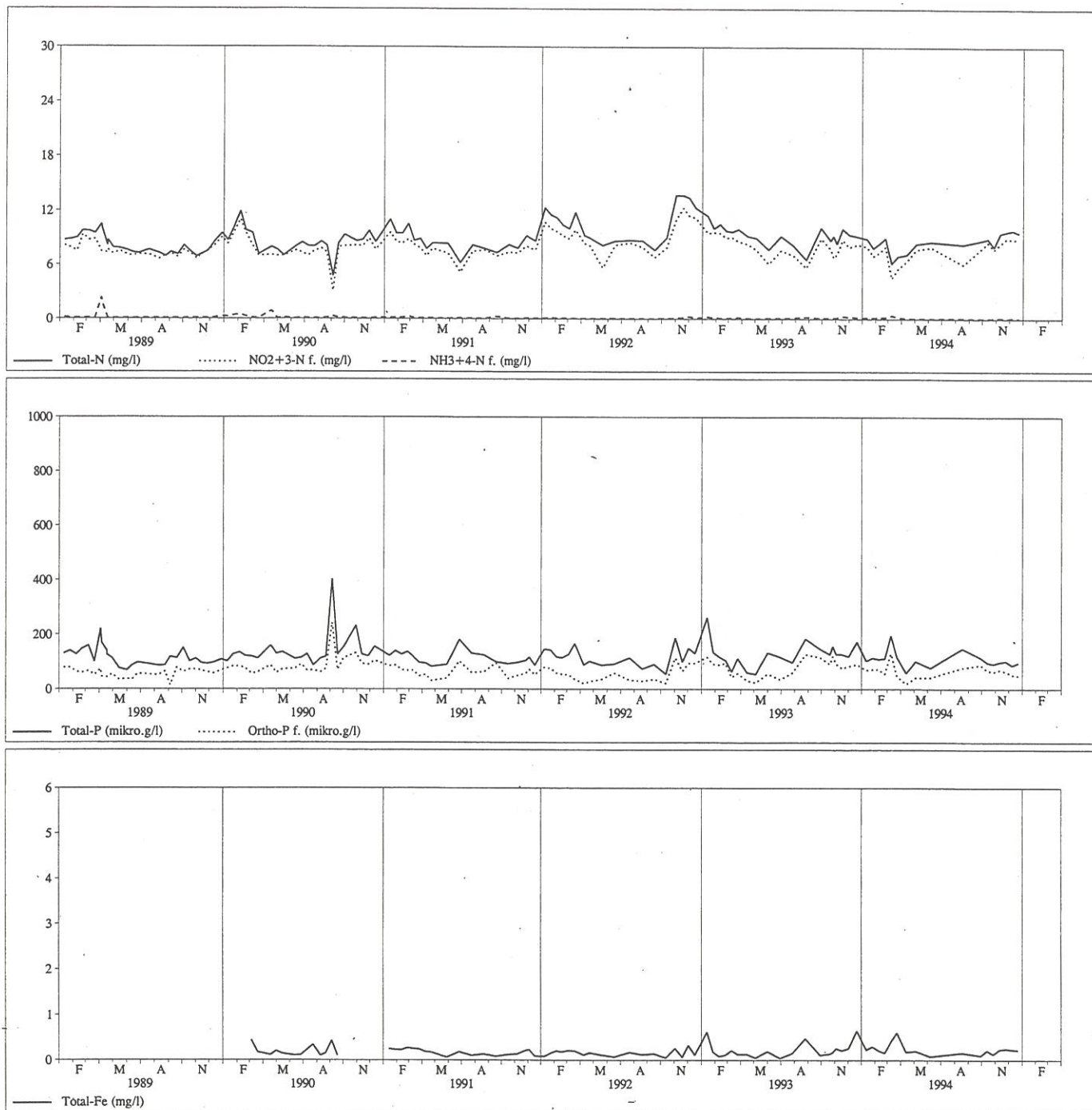
Station nr.	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Sommer	År
090274	48.9	18.3	174.7	31.4	7.0	5.1	1.0	8.5	27.4	16.5	22.6	20.9	49.0	382.4
090275	474.9	212.7	960.2	265.0	73.6	26.6	24.8	78.1	94.1	92.5	200.8	214.5	297.3	2717.9
Målt tilløb	523.8	231.1	1134.9	296.4	80.6	31.7	25.8	86.6	121.5	109.0	223.4	235.4	346.3	3100.3
Umålt tilløb	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Atm. deposition	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Punktkilder	88.9	38.9	156.7	44.2	13.7	11.0	3.7	8.9	28.4	14.7	28.4	28.0	65.7	465.5
Andre kilder	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grundvand	-1.0	135.3	-65.0	96.8	143.8	124.0	220.9	251.9	159.6	190.4	213.2	224.0	900.2	1693.8
Samlet tilførsel	611.8	405.3	1226.6	437.4	238.1	166.7	250.4	347.5	309.5	314.0	465.0	487.4	1312.2	5259.6
Fraløb	338.6	173.0	911.7	255.3	45.0	36.3	22.7	139.0	266.1	196.7	200.0	230.8	509.1	2815.1
Samlet fraførsel	338.6	173.0	911.7	255.3	45.0	36.3	22.7	139.0	266.1	196.7	200.0	230.8	509.1	2815.1
Magasinering	-52.1	123.8	178.0	-408.5	-30.1	5.3	-26.6	300.2	54.5	-132.4	-12.5	9.3	303.3	8.8
Intern belastning	-325.3	-108.5	-136.9	-590.6	-223.2	-125.1	-254.3	91.7	11.1	-249.8	-277.5	-247.3	-499.7	-2435.7

Retention Opholdstider Tilført Fraført Konc. (mg/l) Tilført Fraført

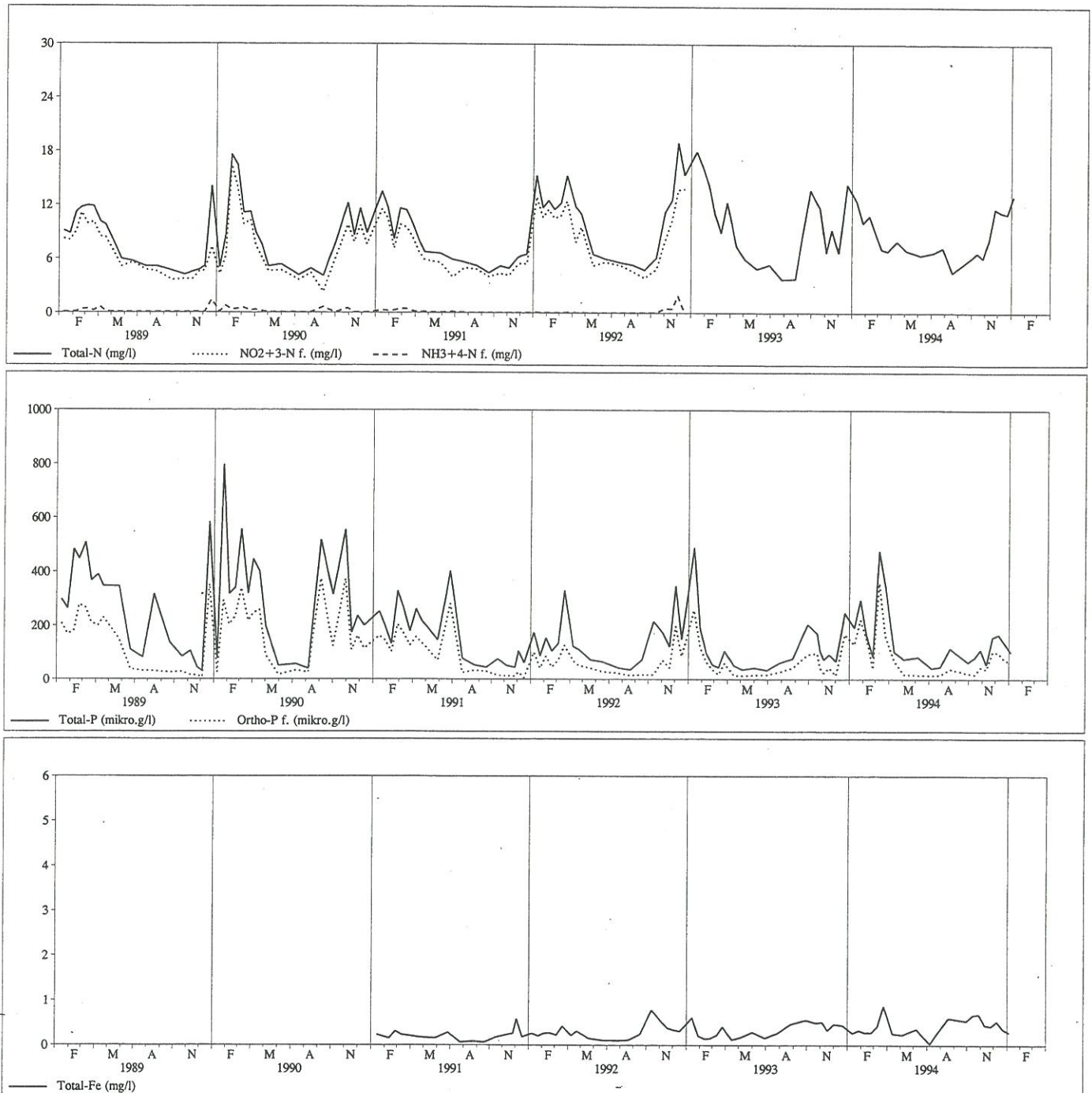
46.48 %	Året	0.1214	0.1095	Året	0.3466	0.1849
6.43 g/m2 søoverfl./år	1/5 - 30/9	0.2342	0.1784	1/5 - 30/9	0.3432	0.1326
2.44 ton/år	1/12 - 31/3	0.0729	0.0725			
	Max. måned	0.3871	0.2477			
	Min. måned	0.0450	0.0507			



NIMDRUP BÆK (Station 90275)  
100 M OPSTRØMS BRYRUP LANGSØ



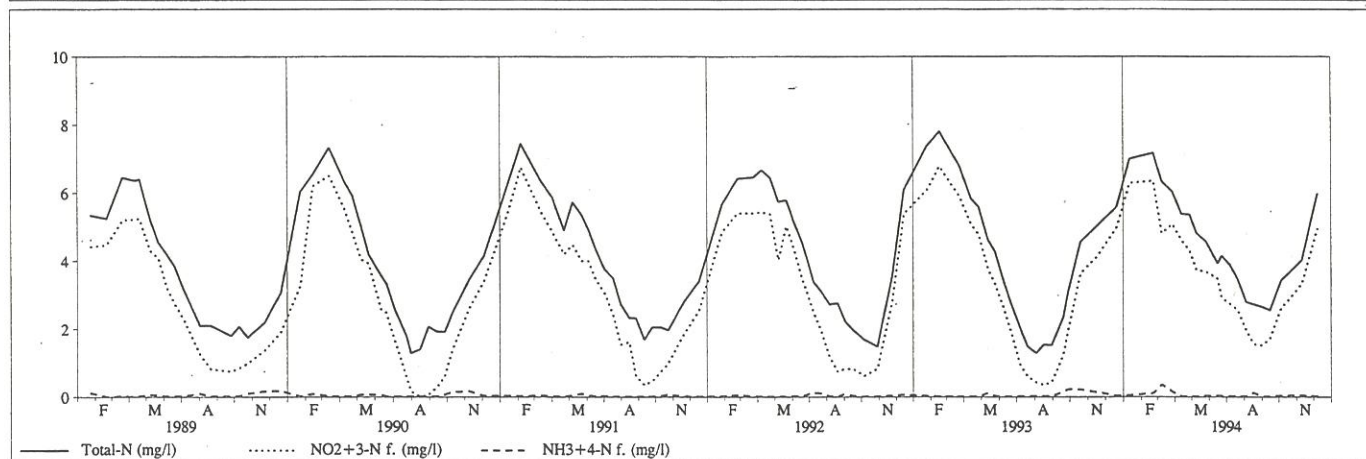
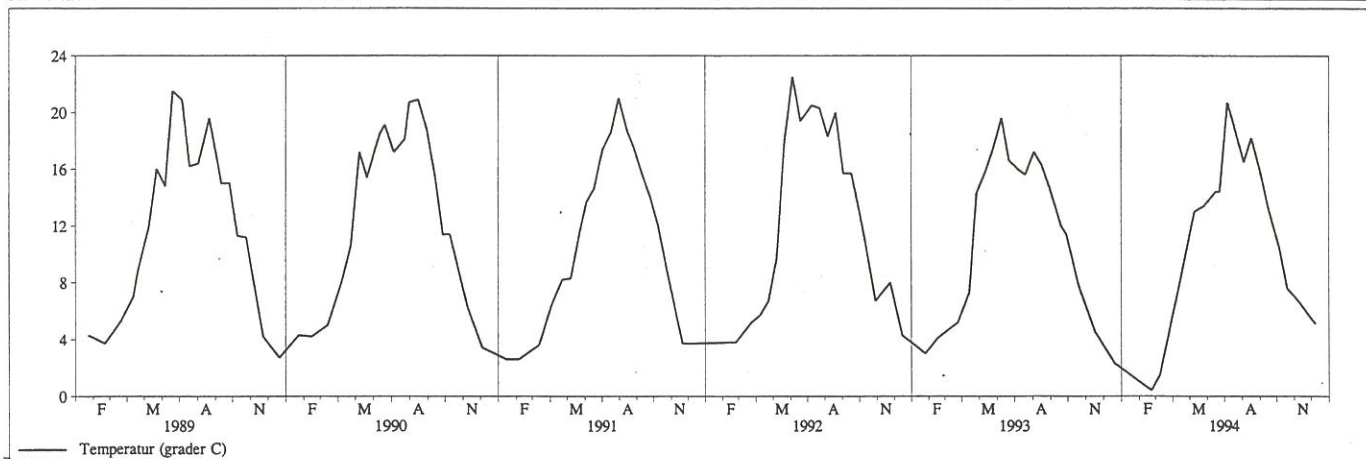
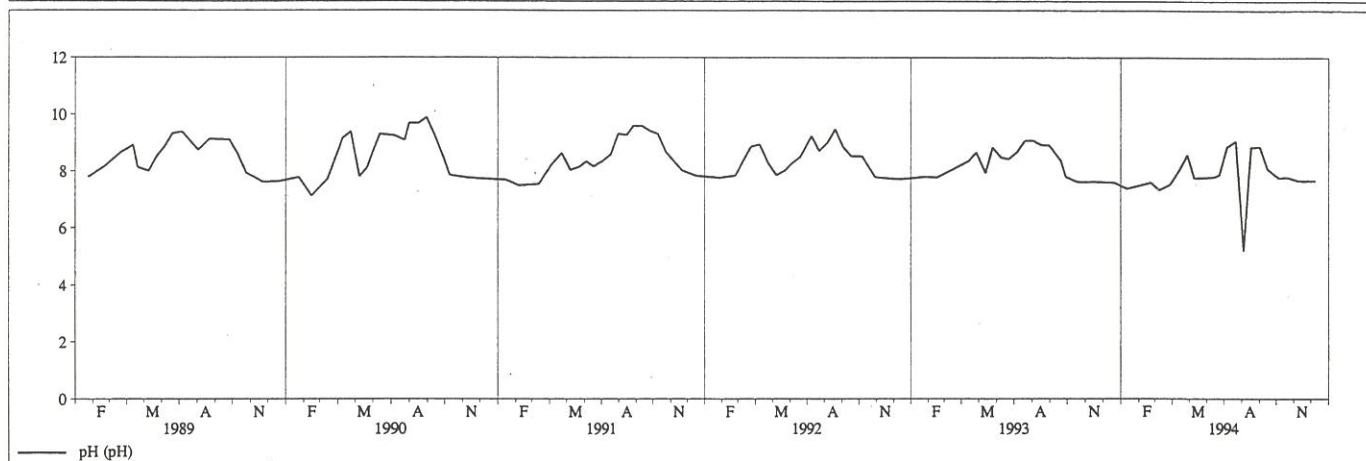
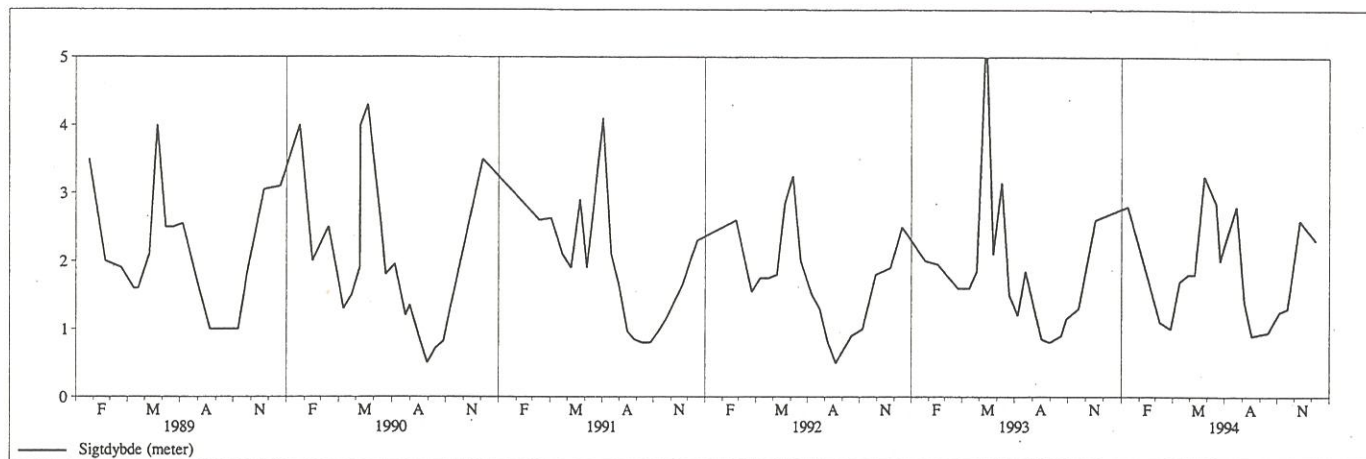
KRINGELBÆK (Station 90274)  
 OPSTRØMS AFLØB FRA KARLSØ



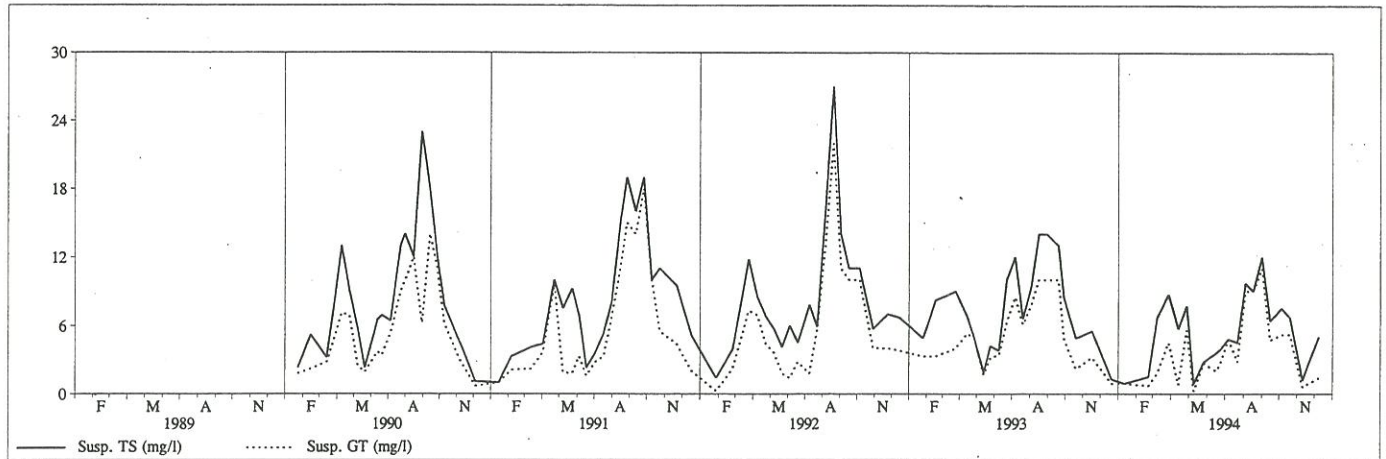
BRYRUP LANGSØ (BRY 1) (Station 90930)

UD FOR SØVEJ, 6 M

Dybde : Over springlaget



BRYRUP LANGSØ (BRY 1) (Station 90930)  
UD FOR SØVEJ, 6 M  
Dybde : Over springlaget



Specifikation / år	1972	1973	1974	1975	1978	1983	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<b>VANDKEMI &amp; FYSISKE MÅLINGER</b>													
<b>I SØVANDET</b>													
Sigtdybde (1/5-30/9) (m)					1,3	2,2	1,5	2	1,8	1,9	1,5	1,8	1,9
Sigtdybde 50%-fraktilen (m)					1,3	1,9	1,5	2,5	1,6	1,9	1,4	1,3	2
Max. sigtdybde (m)					1,8	4,2	2,5	4	4,3	4,1	3,3	5,4	3,3
Min. sigtdybde (m)					0,9	0,8	0,7	1	0,5	0,8	0,5	0,8	0,9
<b>Fosfor (1/5-30/9):</b>													
Total fosfor gns. (µg P/l)	91	156	193	90	84	109	139	94	136	85	116	96	63
Total fosfor 50%-fraktilen	90	139		69	80	96	107	68	111	74	89	81	51
Total fosfor max. (µg P/l)	128	242		176	125	215	241	182	306	158	209	177	107
Total fosfor min. (µg P/l)	47	72		66	65	60	83	39	27	37	40	33	38
Opløst fosfat gns. (µg P/l)	10	50		20	16	34	57	12	36	11	21	25	6
Opløst fosfat 50%-fraktilen	7	47		4	10	33	51	12	14	5	9	13	5
Opløst fosfat max. (µg P/l)	19	100		54	60	65	144	19	119	37	78	96	12
Opløst fosfat min. (µg P/l)	5	3		0	5	4	17	4	4	1	1	3	3
<b>Kvælstof (1/5-30/9):</b>													
Total kvælstof gns. (mg N/l)	1,81	2,17	2,06	1,47	2,85	3,7	2,91	3,12	2,7	3,51	3,64	2,62	3,58
Total kvælstof 50%-fraktilen	1,73	2,1		0,86	2,3	3,7	4	3,5	2,1	3,5	3,24	2,34	3,67
Total kvælstof max. (mg N/l)	2,63	2,72		3,53	4,6	5,9	4,05	5,2	5,03	5,73	5,78	4,63	4,82
Total kvælstof min. (mg N/l)	1,24	1,68		0,74	1,5	1,4	2,15	1,8	1,29	1,69	1,96	1,29	2,55
Opløst uorg. N gns. (mg N/l)	0,9	1,1	1,1	0,6	1,9	2	1,9	2,5	1,69	2,66	2,19	1,59	2,39

	1972	1973	1974	1975	1978	1983	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<b>Klorofyl gns. (1/5-30/9) (µg/l):</b>													
Klorofyl gns. (µg/l)						51	54	31	65	49	54	29	27
Klorofyl 50%-fraktilen (µg/l)						61	41	27	56	35	45	30	24
Klorofyl max. (µg/l)						87	130	53	220	131	150	59	55
Klorofyl min. (µg/l)						9	23	2	2	5	8	2	7
Susp. tørstof mg/l									10,6	10	10,1	8,9	5,8
Susp. glødetab mg/l									6,9	7,1	7,3	6,7	4,9
<b>Øvrige variable (1/5-30/9):</b>													
pH gns.			8,8	9	8,7	8,5	8,8	8,9	9,07	8,8	8,7	8,6	8,4
Total alkalinitet (meq/l)						1,32	1,3	1,53	1,3	1,31	1,38	1,38	1,17
Opl. silicium gns. (mg Si/l)	1,1	2				2,7	2,17	1,18	2,13	2,24	2,05	1,53	1,73
Part. COD gns. (mg O <sub>2</sub> /l)						9,8	7,8	6,1	10,2	8,4	8,3	7,2	6,25
Nitrat+nitrit-kvælstof gns. (mg N/l)	0,81	0,85	1,09	0,57	1,86	1,9	1,84	2,15	1,56	2,37	2,42	1,65	2,63
Ammonium-kvælstof gns. (mg N/l)	0,13	0,14	0,04	0,07	0,01	0,07	0,04	0,036	0,029	0,024	0,043	0,044	0,026
<b>Alle variable - årsgennemsnit:</b>													
Total fosfor (µg P/l)	101	156	164	106	90	110	146	95	129	102	103	104	82
Opløst fosfat (µg P/l)	34	54	74	40	26	42	81	29	57	30	32	42	33
Total kvælstof (mg N/l)	2,34	2,58	2,82	2,41	3,86	4,41	4,08	3,8	4,13	4,22	4,39	4,6	4,79
nitrat+nitrit-kvælstof (mg N/l)	1,58	1,59	2,02	1,5	2,67	2,97	2,96	2,81	3,04	3,21	3,34	3,66	3,87
Ammonium-kvælstof (mg N/l)	0,11	0,11	0,08	0,1	0,01	0,05	0,09	0,061	0,049	0,024	0,035	0,057	0,053
pH			8,4	8,6	8,6	8,2	8,1	8,4	8,4	8,4	8,3	8,2	8
Total alkalinitet (meq/l)			1,25	1,15		1,29	1,28	1,47	1,28	1,27	1,37	1,38	1,18
Silikat (mg Si/l)	1,8	2,6				4,2	3,2	2,21	3,58	3,3	2,74	2,19	2,46
Part. COD (mg O <sub>2</sub> /l)						6,5	5,3	4,83	6,25	5,97	6,2	5,08	4,41
Susp. tørstof mg/l									7,29	7,77	7,91	7,12	4,98
Susp. glødetab mg/l									4,82	5,29	5,43	4,68	3,28





Specifikation / år	1973	1974	1975	1978	1983	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994
<b>VANDBALANCE FOR BRYRUP LANGSØ</b>												
Samlet fraførsel (*10 m <sup>3</sup> /år) Heraf Indsivning (m <sup>3</sup> /år)	6			6,3	8,6	8,3	5,99 1	7,35 0,84	7,01 1,02	7,1 0,8	7,3 0,61	15,2 1,44
<b>Opholdstid:</b>												
- år (dage)	101			100	73	76	103	85	90	88	83	40
- sommer(1/5-30/9) (dage)							148	141	123	147	124	65
- max. måned (dage)							172	183	183	230	216	90
min. måned (dage)							55	36	36	54	42	19
<b>BELASTNING - MASSEBALANCER</b>												
<b>Total-fosfor - år:</b>												
Samlet tilførsel (t P/år)	1,17			1,05	1,22	1,75	0,696	1,056	0,708	0,761	0,88	1,55
- spildevand (t P/år)						0,8	0,2	0,4	0,02	0	0	0
dambrug (t P/år)							0,1	0,1	0,06	0	0,06	0,05
- spredt bebyggelse (t P/år)							0,3	0,3	0,33	0,353	0,28	0,19
- åbent landbidrag (t P/år)						0,4	0,1	0,1	0,105	0,186	0,32	0,79
- basis (t P/år)	0,2			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,21	0,208	0,22	0,46
Samlet fraførsel (t P/år)	0,67			0,66	0,84	1,27	0,59	0,95	0,7	0,664	0,822	1,51
Tilbageholdt P (t P/år)	0,5			0,39	0,38	0,48	0,106	0,106	-0,009	0,097	0,059	0,09
Tilbageholdt P i %	43			37	31	27	14	10	0	13	7	2
Samlet tilførsel (g P/m <sup>2</sup> år)	3,1			2,79	0,324	4,64	1,8	2,78	1,91	2	2,32	4,08
Pi (indløbskonc. i µg P/l)	195			167	142	211	116	144	104	110	120	102
<b>Total-fosfor - sommer(1/5-30/9):</b>												
Samlet tilførsel (kg P/dag)							1,02	1,46	1,2	0,81	1,4	2,3
Samlet fraførsel (kg P/dag)							1,18	1,99	1,24	1,48	1,58	1,7
Tilbageholdt P (kg P/dag)							-0,16	-0,53	-0,04	-0,67	-0,18	0,56
Tilbageholdt P i %							-16	-36	-3	-83	-13	24
Samlet tilførsel (mg P/m <sup>2</sup> dag)							2,7	3,84	3,24	3,2	3,68	4,08
Pi (indløbskonc i µg P/l)							88	121			103	90
<b>Opløst fosfat - år:</b>												
Samlet tilførsel (t P/år)							0,33	0,462	0,402	0,35	0,53	0,89
Samlet fraførsel (t P/år)							0,19	0,456	0,248	0,22	0,4	0,72
Pi (indløbskonc. i µg P/l)							54	63	57	50	73	59
<b>Total-kvælstof - år:</b>												
Samlet tilførsel (t N/år)	30,6			48,1	63,7	59,6	45,2	60,9	54,03	66,3	60,7	108,8
- spildevand (t N/år)							0,3	0,3	0,1	0	0	0
- spredt bebyggelse (t N/år)							0,6	0,6	0,6	1	0,8	0,82
- åbent landbidrag (t N/år)							36,9	51,2	45,4	57,8	50,9	86,5
- basis (t N/år)	6			6,3	8,6	8,3	6	7,35	7,01	6,9	7,3	15,2
- nedbør t N/år							0,57	0,57	0,57	0,57	0,8	0,8
Samlet fraførsel (t N/år)	13,7			30,8	40,9	35,7	24,9	31,8	32,7	33,3	35,1	81,2
Sedimentation (t N/år)	1,6			1,4	1,5	1,5	1,5					
Sedimentation i %	5			3	2	3	3					
Denitrifikation (t N/år)	15,3			15,9	21,1	22,4	18,3		21,3	33	26	28
Denitrifikation i %				33	33	38	41		39	50	42	26



## Zooplankton, metodik

### Prøvetagning

Prøverne er indsamlet med 5 liter hjerteklap vandbenter med KC-maskiners ekstra sikring af klapperne. På hver af de tre stationer er der taget prøver i 0,5+2+4+6 m. Fra hver blandingsprøve er der udtaget hhv. 2 liter til filtrering gennem 90 µm net og 0,5 liter til sedimentation. Alle tre stationer er endeligt puljet således, at den filtrerede prøve indeholder 6 liter og den sedimenterede prøve 1,5 liter. Begge prøver er konserveret med sur Lugol's opløsning og opbevaret i mørke flasker. Det bør bemærkes, at de sedimenterede prøver fra første halvdel af 1990 mangler. 1989 prøvetagningen afveg fra ovennævnte procedure ved at zooplanktonprøverne blev indsamlet på vandkemistationen (dybde 8,5 meter), fra dybderne 0,2+4+8 meter.

### Bearbejdning

Bestemmelse og optælling er foretaget af Århus Amt, Natur- og Miljøkontoret/Karen Schacht.

Optælling og i de fleste tilfælde også bestemmelse er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi. Bestemmelse af krebsdyr har desuden krævet anvendelse af retvendt mikroskopi.

Optælling af den filtrerede prøve er foretaget på følgende måde:

#### Cladoceer:

Cladoceerne er optalt på artsniveau. Det bør bemærkes, at unge/mindre individer af *Daphnia cucullata* og *D. galeata* i 1990 er puljet. I perioder, hvor kun den ene af arterne forekommer, er det derfor kun denne art, der optræder i den puljede gruppe.

Bestemmelse er foretaget efter Fauna D'italia (1985) og Krebstiere, Crustacea, iemen - und Blattfüsser, Branchiopoda, Fischläuse, Branchiura, Die tierwelt Deutschlands. 60. Teil.

#### Copepoder:

For nauplier, copepoditer og voksne hanner er der kun skelnet mellem calanoide og cyclopoide, mens de voksne hunner for begge grupper er bestemt til artsniveau.

Copepoderne er bestemt efter Kiefer (1978).

### Biomasseberegning

Biomassen af de enkelte arter er beregnet ud fra længde/vægt relationer ifølge Bottrell et al. (1976).

Individlængden er bestemt ifølge anvisning fra Der skal gøres opmærksom på, at opmålingerne adskiller sig herfra, specielt med hensyn til dafnia.

Fra hver prøvetagningsdato er der for cladoceer kommende målt 25 individer og for copepoder 10 hanner og 10 hunner, hvilket giver en usikkerhed på  $\pm 10\%$  af middellængden.

Bottrell et al. (1976) angiver biomassen for længde relationerne for zooplankton i tørvægt. Ved omregning fra tørvægt til vådvægt antages en tørvægt på vådvægt (med undtagelse af *Asplanchna*, hvor tørvægt er 4% af vådvægten). Det antages endvidere, at tørvægten udgør 37% af tørvægten.

Biomassen beregnes ud fra de individuelle biomasse værdier og populationens størrelse.

### Græsningsberegninger

Ved beregning af fødeoptagelsen er der jvf. Den danske Miljøundersøgelsesvejledning (Hansen et al. 1985) korrigeret for en ikke optimal fødeoptagelse af cladoceer og calanoide copepoder, når algebiomasse var mindre end 0,2 mg C/l (cladoceer) og 0,1 mg C/l (copepoder). Der er dels beregnet fødeoptagelse af primære græssere, som er cladoceer og calanoide copepoder og dels total fødeoptagelse, som rummer fødeoptagelsen af algebiomasse af cladoceernes og copepodernes fødeoptagelse. Den potentielle græsningsprocent er herefter beregnet som den totale fødeoptagelse i forhold til den samlede algebiomasse  $\times 100\%$ .



## Fytoplankton, metodik

### Prøvetagning

De kvantitative fytoplanktonprøver er udtaget på en station, som er placeret på det dybeste sted i søen. Prøverne er udtaget med vandhenter, og af blandingsprøven fra 0,2, 1 og 2 m er der udtaget 250 ml, som er fikseret i sur lugol's opløsning.

Derudover er der udtaget netprøver til kvalitativ bestemmelse af ikke så hyppigt forekommende slægter/arter. Prøven er udtaget med planktonnet med en maskevidde på 20 µm, hvorefter den er fikseret med sur lugol's opløsning.

I øvrigt henvises til overvågningsprogrammets tekniske anvisning: "Planteplanktonmetoder".

### Bearbejdning af prøver

Den kvantitative oparbejdning af fytoplanktonprøverne er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi ved anvendelse af Uthermöhl's sedimentationsteknik (Uthermöhl, 1958). Der er anvendt sedimentationskamre med en volumen på 10 ml.

For hver prøvetagningsdag er der ud fra net- og vandprøverne udarbejdet en artsliste med samtlige fundne slægter og arter.

Det er tilstræbt at tælle mindst 100 individer/kolonier af de hyppigst forekommende arter i hver prøve. Et tælle-tal på ca. 100 medfører en usikkerhed på ca. 20%.

Volumen af de kvantitativt dominerende arter er bestemt ved opmåling af de lineære dimensioner af 10 celler og en efterfølgende tilnærmelse af cellens form til simple geometriske figurer (Edler, 1979).

For kiselalger er der for data fra 1989 ved omregning fra vådvægt til kulstof, altid kalkuleret med en vakuole størrelse i cellen på 75%. Med data fra 1990 og 1991 er der ved denne omregning kalkuleret med en plasmatykkelse i cellen på 1 µm. Efterfølgende omregning til kulstof er fortaget ved hjælp af formlen:

$$PV=CV-(0,9*VV)$$

hvor PV = det modificerede plasmavolumen, CV = det totale cellevolumen og VV = vakuolens volumen.

Med data fra 1992 og frem er beregningen af kulstofindhold i kiselalger ændret til ikke længere at tage hensyn til en vakuole med et lavere kulstofindhold.

Ifølge ovennævnte retningslinier er det endvidere antaget, at kulstof udgør følgende procentdele af organismernes plasmavolumen: Thekate furealger: 13%, øvrige algegrupper: 11%.

De vigtigste slægter og arter er optalt særskilt. Flagellater tilhørende slægten Cryptomonas, flagellater der ikke kunne artsbestemmes i de lugolfikserede prøver, celler der var for fåtallige til at blive optalt særskilt samt celler, som ikke kunne identificeres, er samlet i passende størrelsesgrupper. Volumenet af disse grupper er således påført en større usikkerhed end de øvrige volumenberegninger.

Prøverne er oparbejdet af cand.scient. Helle Jensen.

Registreringer, beregninger og rapportering er foretaget ved hjælp af planktondatabasebehandlingsprogrammet ALGESYS.

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

