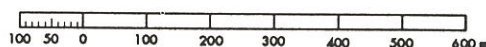




TEKNISK RAPPORT



1 : 5000



BRYRUP LANGSØ, 1989



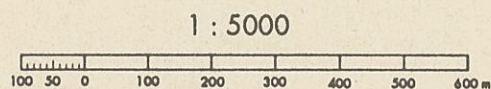
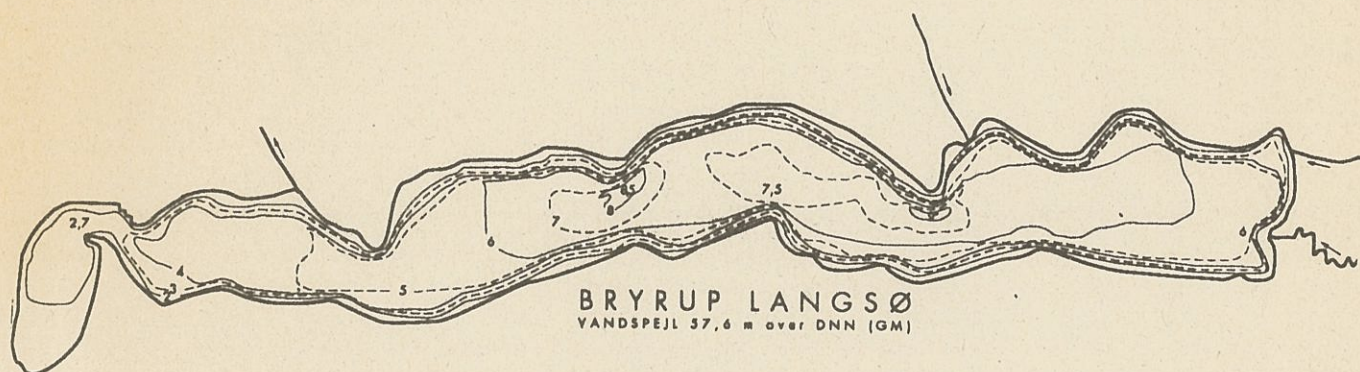
ÅRHUS
AMTSKommUNE

MILJØKONTORET

JUNI 1990

Registerblad

- Udgiver:** Århus Amtskommune, Teknisk Forvaltning, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg.
- Titel:** Bryrup Langsø, 1989.
- Forfatter:** Jørgen Windolf, Miljøkontoret, Århus Amtskommune.
- Resumé:** Som led i Vandmiljøplanens overvågningsprogram blev der gennemført en række detaljerede undersøgelser i Bryrup Langsø i 1989. Rapporten indeholder resultatet af disse undersøgelser, der også er sammenlignet med tidligere års undersøgelser.
- Udbredt undervandsvegetation i søen omkring 1930 er forsvundet på grund af tilførsel af forurenende næringsstoffer. Siden 1972 er der dog sket en betydelig nedgang i spildevandstilledningerne, der yderligere forventes reduceret de næste par år. Tilstanden i søen er dog endnu ikke markant forbedret, selv om vandet var relativt klart og algemængden noget mindre i 1989 end i f.eks. 1987. Smådyrsfaunaen og fiskebestanden var karakteristisk for forurenede søer.
- Emneord:** Søer, eutrofiering, Vandmiljøplan, fytoplankton, zooplankton.
- Abstract:** Results from lake Bryrup Langsø describing the ecological condition of the lake are presented. Including results from investigations of nutrient budget, phytoplankton, zooplankton, fish etc. The lake is eutrophic due to sewage outlets in the catchment area, although a major part of the sewage now is diverted from the lake.
- Keywords:** Lakes, eutrophication, phytoplankton, zooplankton. nutrient budget.
- Format:** A4.
- Sidetæl:** 130.
- Oplag:** 250.
- ISBN:** 87-7295-271-7.
- Tryk:** Århus Amtskommunes trykkeri, juni 1990.



BRYRUP LANGSØ, 1989.

DANMARKS
MILJØUNDERSØGELSER
BIBLIOTEKET
Lysbrogade 52 . DK - 8600 Silkeborg
Tlf. 06 81 07 22



ÅRHUS
AMTSKommune MILJØKONTORET

JUNI 1990

BRYRUP LANGSØ, 1989

Rapport udarbejdet af: Jørgen Windolf, Miljøkontoret, Århus Amtskommune

med bidrag fra bl.a.

Flemming Bach (fytoplankton)

Karen Schacht (zooplankton)

Jens Skriver (smådyrsfauna)

Rita Maagaard (renskrivning)

Hanne Schmidt (teknisk tegning).

m.m.fl.

INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
INDLEDNING	
0. SAMMENFATNING	3
1. MÅLSÆTNING, OPLAND OG STATIONERING	11
2. METODIK	15
3. MORFOMETRI	19
4. VANDBALANCE FOR BRYRUP LANGSØ, 1989	23
5. KEMI I TILLØB OG AFLØB	27
6. MASSEBALANCE FOR BRYRUP LANGSØ, 1989	31
7. KILDER TIL NÆRINGSSTOFTILFØRSEL, 1989	35
8. UNDERSØGELSESRESULTATER, BRYRUP LANGSØ	39
8.1 Vandkemi, Bryrup Langsø, 1989	39
8.2 Fytoplankton	46
8.3 Zooplankton	49
8.4 Fisk	52
8.5 -	
8.6 Sediment	55
8.7 Bundfauna	56
8.8 Vegetation	61
9. TILSTAND I BRYRUP LANGSØ, 1989	63
10. UDVIKLING I TILSTAND	67
11. SAMMENHÆNGE MELLEM MÅLEDATA	75
12. MULIGHED FOR AT ÆNDRE TILSTANDEN	83
13. REFERENCER	89
14. BILAG	91

SPILDEVANDSKILDER

I løbet af de sidste 20 år er spildevandsudledningerne mindsket meget i oplandet.

Først i 1970'erne blev spildevandet fra Brædstrup (9.500 PE) afskåret til Gudenåens hovedløb, og i 1988 blev spildevandet fra Davding og Grædstrup afskåret.

I 1990 forventes spildevand fra Slagballe afskåret og Århus Amtsråd har påbudt Them Kommune, at spildevandet fra det sidste kloakerede område, Vinding, snarest afskæres eller udbygges med kemisk fosforrensning af spildevandet.

Af øvrige spildevandskilder er der et lille dambrug i oplandet, og endelig produceres der en ret stor mængde spildevand fra spredt bebyggelse uden for kloakerede områder.

KEMI OG STOFTRANSPORT I VANDLØB

Som følge af afskæringer af hovedparten af spildevandsproduktionen i Nimdrup Bæks opland er indholdet af fosfor i bækken faldet markant siden begyndelsen af 1970'erne.

Nimdrup Bæk

Fra et niveau på ca. 300 $\mu\text{g P/l}$ til godt 100 $\mu\text{g P/l}$ i 1989. Denne reduktion indebærer, at gennemsnitskoncentrationen i alt det vand der løber til Bryrup Langsø er mindsket fra ca. 200-250 til ca. 110 $\mu\text{g P/l}$.

I modsætning hertil er kvælstofkoncentrationerne steget, måske som følge af ændret dyrkningspraksis i oplandet og øget udvaskning fra landbrugsarealerne.

Kringelbæk

I et andet tilløb, Kringelbæk, er koncentrationerne af fosfor, og dermed fosfortransporten til Bryrup Langsø, uacceptabelt høje. Specielt i

nedbørsrige år vil hovedparten af spildevandet fra Vinding og de øvrige forurenende tilløbninger til Vinding Sømosse nå frem til søen med Kringelbæk.

KILDER TIL NÆRINGSSTOFTILFØRSEL

Selv om fosfortilførslen til søen er faldet, tilledes der dog stadig væsentligt mere fosfor end tilfældet ville have været, såfremt søens opland lå hen som upåvirket naturområde uden opdyrkning og spildevandsproduktion.

Bedømt ud fra fosforkoncentrationer i de reneste tilløb og ud fra hvad der ofte findes i upåvirkede vandløb, var fosfortilførslen ca. 4 gange større end den naturgivne tilførsel.

Kilderne til fosfortilførslen (koncentration) i 1989 er angivet i nedenstående lille tabel:

1989	Koncentration i tilstrømmende vand	
	Fosfor %	Kvælstof %
Naturbidrag	≈ 26	14
Landbrug	0-10	81
Spildevand (kloak.)	16	< 1
Spildevand (spredt beb.)	30-40	< 2
Dambrug	19	< 2

Måske er bidraget af fosfor fra spredt bebyggelse overestimeret. I så fald er bidraget fra landbrug (dyrkningsbetingede udvaskninger) undervurderet.

Kilderne til kvælstoftilførslen er også angivet. I ingen af tilløbene er dog målt lave kvælstofkoncentrationer. Den naturlige tilførsel er vurderet ud fra hvad der ofte er af kvælstofkoncen-

tration i vandløb i naturområder.

Selv om opgørelsen er usikker ligger det dog ret fast, at hovedparten af kvælstoftilførslen til Bryrup Langsø stammer fra dyrkningsbetingede udvaskninger fra landbrugsjord.

Tilbageholdelse af
fosfor og kvælstof

Ved vandets passage af Bryrup Langsø omdannes 33-50% af den tilførte kvælstof til atmosfærisk kvælstof (denitrifikation).

Også fosfortransporten mindskes ved vandets passage af søen, idet en del af fosforen tilbageholdes i søens bund (sediment).

I 1972-73 var tilbageholdelsen ca. 40-50% af den tilledte fosfor, men tilbageholdelsen synes at være mindsket de senere år, (12-27% i 1987 og 1989).

TILSTAND I BRYRUP LANGSØ

Undervandsplanter

Fra naturens side er Bryrup Langsø en sø, der uden forureningspåvirkning bl.a. ville rumme en udbredt undervandsvegetation.

Siden 1930 er undervandsplanterne gradvist gået tilbage, som følge af stigende tilførsler af forurenende næringsstoffer. Vandet er blevet mere uklart på grund af alger i søen, og disse har "skygget" undervandsplanterne væk, således at der i 1973-75 ikke længere var en egentlig udbredelse af disse planter i søen.

Sigtdybde

Den gennemsnitlige sigtdybde om sommeren var i 1989 knap 2 m, hvilket er relativt pænt i forhold til tidligere år.

Sigtdybden forventes dog at blive øget en del efterhånden som tiltagene på spildevandssiden slår igennem.

Fosfor

Der er dog endnu ikke sket lige så stor reduktion i søvandets fosforindhold som det er tilfældet i det tilstrømmende vand.

Ophobet fosfor på søens bund frigives om sommeren til gunst for algevækst i søen. Efterhånden vil denne frigivelse dog klinge af, og det forventes at Bryrup Langsø med tiden vil få et fosforindhold på 50-75 $\mu\text{g P/l}$.

I 1989 var koncentrationen på årsbasis 96 $\mu\text{g P/l}$.

Alger

Det er mængden af fosfor i søvandet, der primært regulerer hvilke og hvor mange alger der kan være i Bryrup Langsø.

Algerne i søen bestod i sommeren 1989 af kiselalger, rekyalalger og blågrønalger. Det var dog kun i relativt korte perioder, at blågrønalgerne udgjorde mere end halvdelen af algerne i søen. Efterhånden som fosforniveauet mindskes må det forventes, at specielt blågrønalger bliver mindre hyppige.

Dyreplankton

I en kort periode sidst i maj/først i juni var der meget algespisende dyreplankton i søen, og vandet var her meget klart fordi dyreplanktonet spiste algerne.

Bunddyr

Sammensætning og udbredelse af smådyr på søens bund var i overensstemmelse med, hvad man kunne forvente at finde i en næringsrig (forurennet) sø.

Fisk

Det samme var tilfældet med fiskebestanden, hvor en undersøgelse i 1988 viste, at der var mange skaller i søen, men bemærkelsesværdigt nok ingen brasen, der ellers normalt er meget hyppige i forurenede søer som Bryrup Langsø.

Sediment Sedimentet i Bryrup langsø har et højt indhold af fosfor sammenlignet med andre danske søer.

RECIPIENTKVALITETSPLAN

I Århus Amtskommunes Forslag til Recipientkvalitetsplan er Bryrup Langsø målsat som en spildevandspåvirket sø.

Fosforkvoten er sat til 210 kg/år, hvoraf 90 kg tillades udledt fra dambrug, 20 kg fra kloakerede områder og 100 kg fra spredt bebyggelse.

Spildevand

I 1989 var spildevandstilførslerne ikke i overensstemmelse med det der ønskes opnået med Recipientkvalitetsplanen. Dette forventes dog at være tilfældet inden udgangen af 1990 (kloakerede områder) og 1991 (dambrug).

Der er ikke sat nogen tidsfrist for hvornår udledningerne fra spredt bebyggelse skal være i overensstemmelse med Recipientkvalitetsplanen.

Sigtdybde

Kravet til gennemsnitlig sigtdybde om sommeren er sat til mindst 2 m.

Dette krav var næsten opfyldt i 1989 og når de sidste planlagte tiltag over for spildevandstilledningerne er gennemført, forventes det at sigtdybdekravet vedvarende vil være opfyldt.

Det kan endda tænkes, at sigtdybden kan blive en del bedre end det målsatte mindstekrav. Dette vil bl.a. afhænge af om der igen kan etableres en egentlig udbredt undervandsvegetation i søen.

VANDMILJØPLAN

Det bør afslutningsvis bemærkes, at de krav om spildevandsrensning der er eller vil blive gennemført i søens opland ikke afhænger af Vandmil-

jøplanens generelle krav om spildevandsrensning, men alene er gennemført som følge af kravene i Århus Amtskommunes Recipientkvalitetsplan.

Vandmiljøplanens generelle rensekraft er helt utilstrækkelige, hvis en acceptabel miljøtilstand ellers skal sikres i en sø som Bryrup Langsø (og lignende søer).

En reduktion i fosforafstrømningen fra de dyrkede arealer som følge af kravene om grønne marker m.v. kan få en positiv effekt, omend størrelsen af et evt. dyrkningsbetinget fosforbidrag til Bryrup Langsø er meget usikkert.

Derimod forventes en reduktion i kvælstoftilførslen, som følge af de generelle tiltag i Vandmiljøplanen vedrørende gødnings- og dyrkningspraksis ikke at ville få markant effekt på tilstanden i Bryrup Langsø, idet det først og fremmest er fosfor, der bestemmer algemængden i søen.

1. MÅLSÆTNING, OPLAND OG STATIONERING

MÅLSÆTNING

I forslag til Recipientkvalitetplan 1989 er Bryrup Langsø målsat med en lempet målsætning (C), dvs. som en sø, der tillades væsentligt påvirket af spildevandstilførsler (fosfor).

Fosforkvote

Der er afsat en kvote på ialt 210 kg fosfor/år, der tillades tilført søen. Disse er fordelt med 90 kg til dambrug, 20 kg til spildevand fra kloakerede områder og 100 kg fosfor fra spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse i søens opland.

Tidsplan

Udledningerne fra kloakerede områder skal være i overensstemmelse med fosforkvoten inden udgangen af 1990. For dambrug er tidsfristen 1991. Der er ikke fastsat tidskrav for udledningerne af spildevand fra spredt bebyggelse.

Sigtdybde

Sigtdybden skal være mindst 2 m i gennemsnit om sommeren (1/5-1/10).

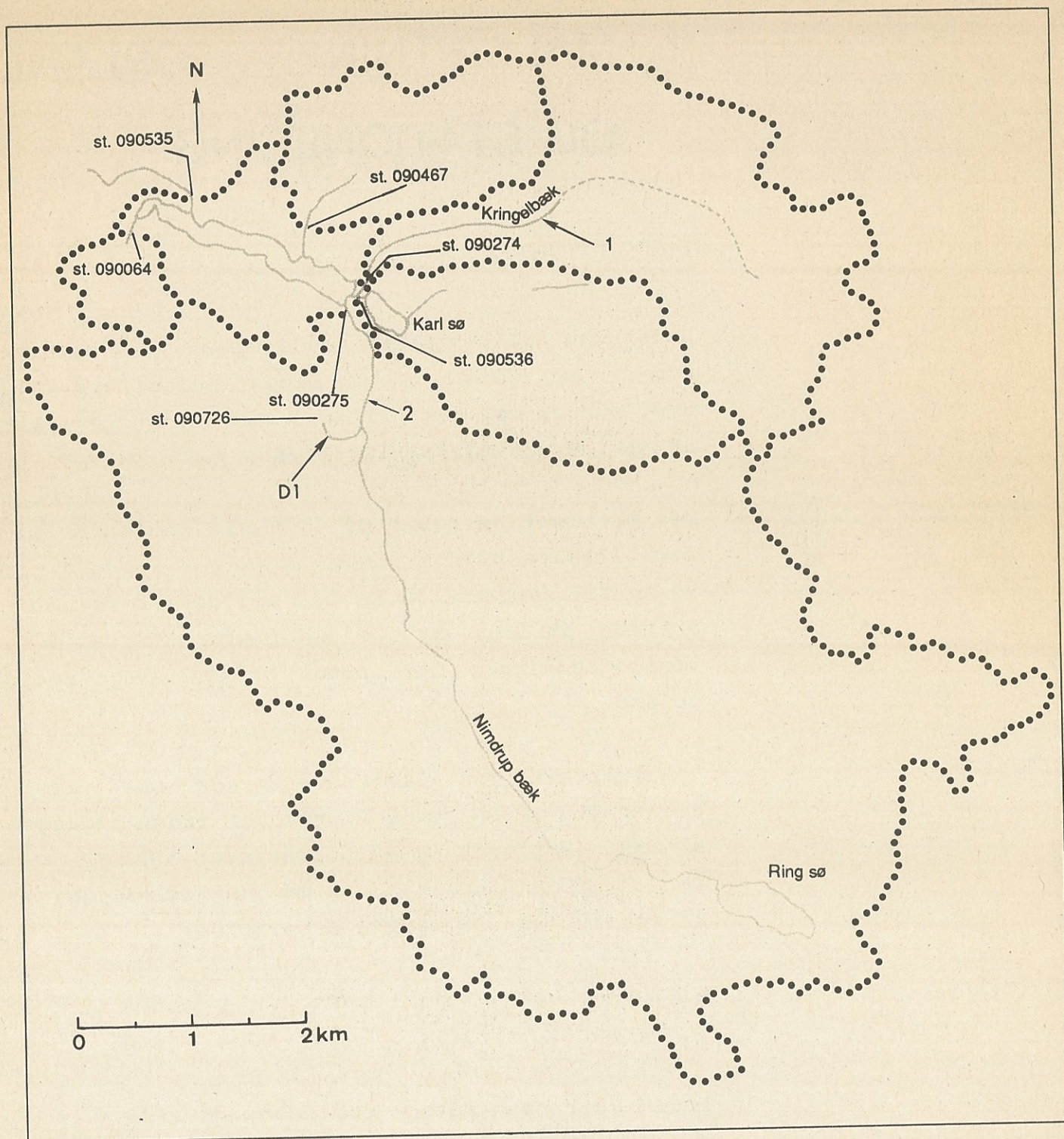
Badevand

Endelig er søen målsat som badevand (A2).

OPLAND OG STATIONERING

I Bryrup Langsø's topografiske opland, (figur 1.1) er der to mindre små søer, Karl Sø og Ring Sø. Hovedtilløbet er Nimdrup Bæk.

Fra Bryrup Langsø fortsætter vandet i Kvind Sø og Kul Sø, videre til Salten Å og Salten Langsø og ud i Gudenåens hovedløb.



Dambrug:

D1: Løvet dambrug

Rensningsanlæg:

- 1: Vinding
- 2: Slagballe

Figur 1.1 Topografiske deloplande til Bryrup Langsø. Stationer, hvor der er foretaget vandkemiske målinger er påført, ligesom dambrug og rensningsanlæg.

Det bemærkes, at Kringelbæk tidligere (ca. til 1986) har løbet til Karl Sø. Bækken er nu afskåret fra Karl Sø og afleder vand direkte til Bryrup Langsø.

JORDBUNDSFORHOLD

Jordbundsforholdene i de topografiske deloplande er temmelig ensartede, - lerblandet sandjord, (tabel 1.1).

AREALANVENDELSE

Hovedparten (ca. 80%) af oplandet er dyrket.

Der har ikke i 1989 været foretaget undersøgelser af vandkvalitet i upåvirkede vandløb, - måske når undtages den lille kilde ved Nimdrup Bæk, hvor det skønnes at højst 50% af oplandet (topografisk) er dyrket.

Navn/ lokalitet	Amts-nr./ (DDH-nr.)	Topo- grafisk opland km ²	Grovsan- det jord 1 %	Lerbl. sandj. 3 %	Sandbl. lerjord 4 %	Humus jord 7 %	Skov %	Fersk- vand %	Andet %	Dyr- ket %	Udyr- ket %
Karl Sø, afløb	090536/ (210613)	3,94	4	75	2	1	10	2	6	81	19 *
Nimdrup Bæk	090275/ (21.73)	29	24	38	18	0	13	1	6	80	20
Tilløb fra Sydvest	090064/ (211027)	0,67	90	0	0	0	9	0	1	90	10
Tilløb fra Nord	090467/ (211026)	2,63	2	81	3	0	3	0	11	97	3
Kringelbæk	090274/ (210424)	6,6	0	86	4	7	3	0	1	97	3
Bryrup Lang- sø, afløb	090535/ (210340)	45	20	48	12	1	10	2	7	82	18
Kilde v. Nimdrupbæk	090726/ -	0,59								*	*

Tabel 1.1 Stationer og oplandskarakteristik. Bryrup Langsø.(Efter Windolf, (1990)).

* Skønnet fordeling 50% dyrket - 50% udyrket.

2. METODIK

VANDLØB

I 1989 er der blevet udtaget vandkemiske prøver i tilløbene og afløbet, vist på figur 1.1.

Vandkemi

Prøvetagningshyppigheden var 18 (19x) i de tre største tilløb og afløbet.

Vandprøver er samme dag som prøveudtagningen afleveret til Miljø- og Levnedsmiddellaboratoriet i Silkeborg, der har analyseret prøverne.

I bilag 2.1 er der nærmere redegjort for parametervalg og analysemetode, herunder vurdering af usikkerhed og detektionsgrænse på de enkelte analyser.

Vandkemiske analyser af vand fra Nimdrup Bæk er dog udført af DMU, Silkeborg.

Vandføring

Vandføringen er beregnet ud fra kontinuert registrering af vandstanden suppleret med målinger af vandføring i:

Nimdrup Bæk (090275)

Beregningerne er udført af Hedeselskabet (1990). Yderligere er vandføring målt med vinge (6-18x/år) i:

Kringelbæk (090274)

Afløb Karl Sø (090536)

Tilløb fra Nord (090467)

Tilløb fra SV (090064)

Afløb Bryrup Langsø (090535)

Vingemålte enkeltvandføringer er transformeret til daglige værdier ved korrelation til vandføring i Nimdrup Bæk.

Stoftransport

Stoftransporten i tilløbene og afløbet er herefter beregnet ved C-lineær interpolation, (STOQ).

BRYRUP LANGSØ

Bryrup Langsø
Vandkemi

Prøver til vandkemisk analyse er udtaget med Ruttner vandhenter i overfladevandet på søstation, som blandingsprøve af vand fra 0,2 m + 1 m + 2 m, - ialt 19x/år.

Der er suppleret med udtagning af prøver fra bundvand i situationer med temperaturlagdeling i sommerhalvåret.

Feltmålinger

Ilt- og temperatur er målt i felten for hver meter i vertikalen på søstationen.

Sigtdybden er målt med Secchi-skive og angivet som gennemsnit af to prøvetageres målinger.

Fytoplankton

Prøver til kvalitativ og kvantitativ bestemmelse af fytoplankton er udtaget fra overfladevand på samme måde som prøver til vandkemisk analyse.

Zooplankton

Prøver til kvalitativ og kvantitativ bestemmelse er udtaget på søstation med Ruttner vandhenter (5 l).

5 l blandingsprøve fra (0,2 + 4 + 8)m blev filtreret (90 μ) og 1 l ufiltreret. Prøver blev indtil bearbejdning ligesom fytoplanktonprøver konserveret med Lugol.

Se Windolf, (1990b) for en nærmere redegørelse for metodik og bearbejdning af fyto- og zooplanktonprøver.

Fisk

En standardiseret fiskeundersøgelse blev lavet i 1988 med konsulentbistand, (Hansen og Wegner, 1989).

Der henvises til referencen for en nærmere meto-

disk beskrivelse.

Smådyrsfauna

Bunddyrenes udbredelse og artssammensætning blev undersøgt i 1988, (Leonhard, 1990).

Der henvises til referencen for en nærmere metodisk redegørelse.

Submers vegetation

Sediment

Fugle

Der er ikke i 1988-89 blevet lavet undersøgelser af eventuel submers vegetation, sedimentkarakteristik eller fugle.

TIDLIGERE UNDERSØGELSER

Århus Amtskommune har tidligere lavet undersøgelser af tilstanden i Bryrup Langsø, (Andersen m.fl., 1979, Andersen & Windolf, 1989)

I forbindelse med Gudenåundersøgelsen 1973-75 blev der foretaget undersøgelser i søen, (Mathiesen & Christensen, 1981). Andersen (1974) har publiceret resultater af egne undersøgelser i 1972-73. Samtidig kortlagdes den højere vegetation i rørsumpen langs bredden, (Wium Andersen & Schierup, 1975).

Datasikkerhed

Der er ikke i forbindelse med denne rapport foretaget en tilbundsgående validering af historiske data fra søen.

Der henvises til de respektive rapporter for en nærmere beskrivelse af metodik, prøvetagning m.v.

Specielt bemærkes, at der ikke er foretaget re-beregning af stoftransporter.

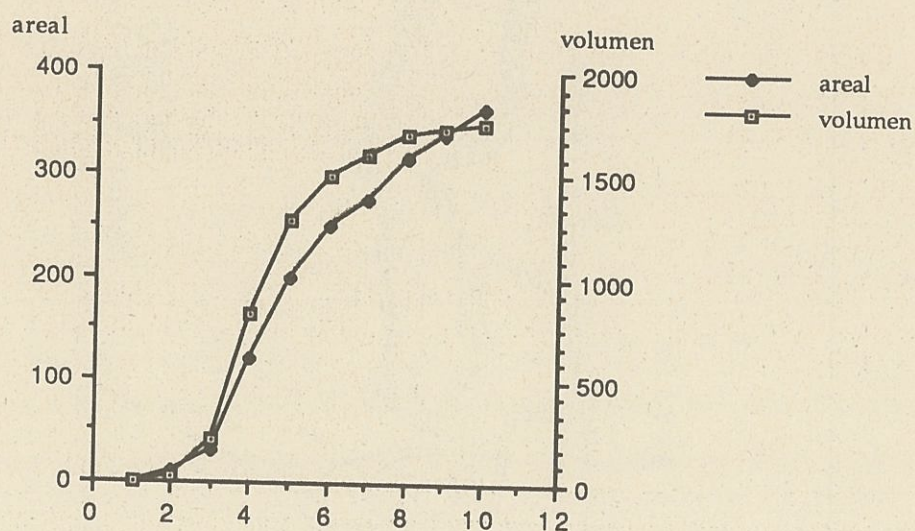
3. MORFOMETRI

Bryrup-søerne blev opmålt af Thorkild Høi, 1972, (figur 3.1).

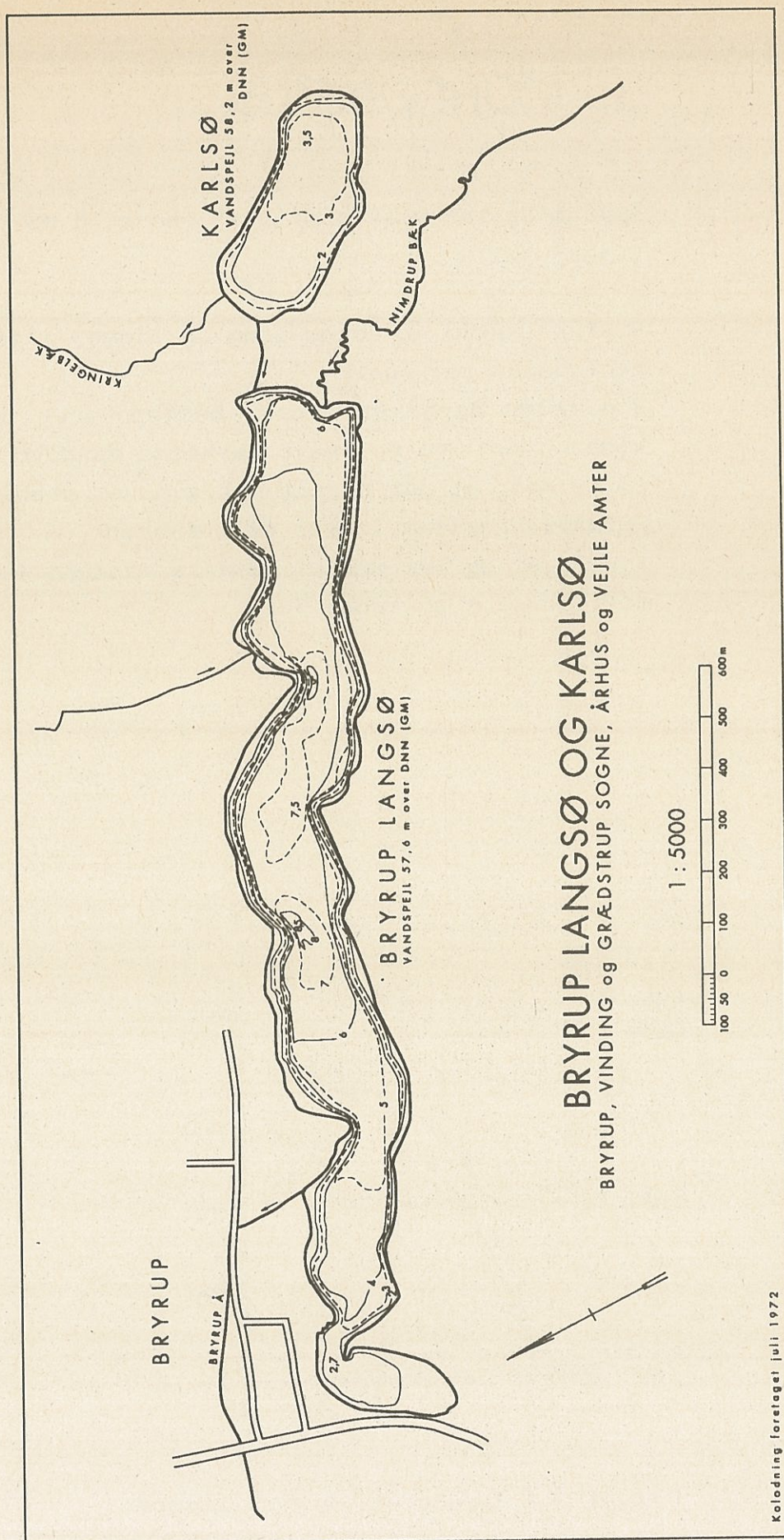
Bryrup Langsø er netop lang og ligger i øst-vestgående retning.

Som følge deraf er søen vindeksponeret og kombineret med den relativt beskedne vanddybde medfører det, at der aldrig opbygges en stabil temperaturlagdeling i søen om sommeren.

Hypsograf og morfometriske data fremgår i øvrigt af figur 3.2 og tabel 3.1.



Figur 3.2 Hypsograf. Bryrup Langsø.



Figur 3.1 Dybdekort over Bryrup Langsø. Opmålt af Th. Høi, 1972.

NB. Kringelbæk er fejlagtigt angivet som tilløb til Karl Sø,
Tilløb i dag til Bryrup Langsø.

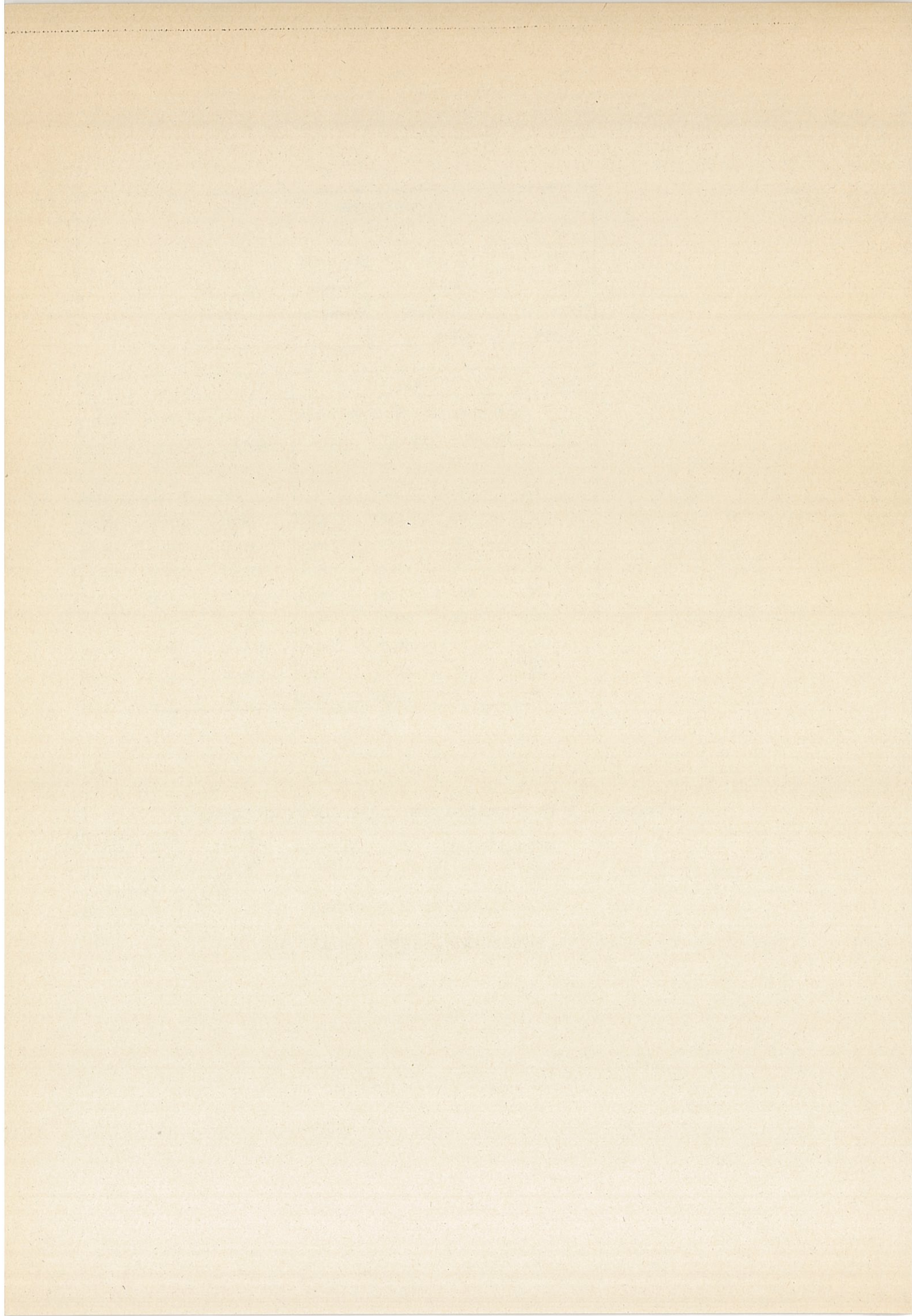
Bryrup Langsø						
Omkreds:	5,1 km			Gen. dybde:	4,57 m	
Areal:	38 ha			Arealindex:	75 ha	
Volumen	1,72 mill. m3			Dybdeindex:	6,82 m	
Max. dybd	9,00 m					
Dybde	Areal			Volumen		
	op til dybde	ned til dybde	mlm. dybder	ned til dybde	op til dybde	lagvis
m	1000 m2	1000 m2	1000 m2	1000m3	1000 m3	1000 m3
0	377	0,00		0,00	1722,23	0,00
2	313	63,80	63,80	688,21	1034,02	688,21
3	274	102,40	38,60	981,40	740,83	293,19
4	251	125,80	23,40	1243,71	478,52	262,31
5	204	172,30	46,50	1470,77	251,46	227,05
6	125	251,70	79,40	1633,65	88,58	162,88
7	31	345,60	93,90	1706,25	15,98	72,60
8	3	373,10	27,50	1721,10	1,13	14,85
9	0	376,50	3,40	1722,23	0,00	1,13

Tabel 3.1 Morfometriske data, Bryrup Langsø.

$$\text{Dybdeindex: Gns. dybde} * \left(2 - \frac{\text{gns. dybde}}{\text{max. dybde}} \right)$$

$$\text{Arealindex: } 2 * \text{areal} - \frac{\sqrt{\pi} * \text{areal}}{5 * \text{omkreds}}$$

(Efter DMU, 1989 (upubl.).)



4. VANDBALANCE FOR BRYRUP LANGSØ, 1989

ÅRSBALANCE

Den målte vandtilførsel, (tabel 4.1) dækker 95% af det topografiske opland. Resttilførslen af vand i 1989 er fundet ved simpel oplandskorrektion af det umålte opland til de målte vandføringer i Nimdrup Bæk.

Summen af disse tilførsler er dog ikke lig det målte (beregnete) afløb. Det beregnes således, at 18% af det vand, der forlader søen er tilstrømmet søen ved indsivning. Dette er noget usikkert, og den beregnede indsivning repræsenterer også usikkerheden ved målingerne af vandføringerne.

Den beregnede afstrømningshøjde var lav i alle vandløb. - Specielt lav i Kringelbæk, hvilket afspejler den ringe nedbørsmængde i 1989.

OPHOLDSTID

Vandets opholdstid i Bryrup Langsø, 1989 er gengivet i tabel 4.2.

Station nr./ (DDH)	Navn	Opland km ²	Vandføring		Afstrømningshøjde	
			År x10 ³ m ³	Sommer 10 ³ m ³ /d (1/5-1/10)	År mm/md	Sommer mm/md
090275 (21.73)	Nimdrup Bæk	29	4,04 1)	7,0	12	7,2
090536 (210613)	Afløb Karl Sø	3,94	0,28 2)	0,52	6	4
090274 (210424)	Kringelbæk	6,6	0,22 2)	0,17	2	0,8
090467 (211026)	Tilløb fra Nord	2,63	0,13 2)	0,26	4	3
090064 (211027)	Tilløb fra SV	0,67	0,06 2)	0,17	8	7,6
-	Umålt opland	2	0,27 3)	0,48	12	7,2
-	"Indsivning"	-	1,1 4)	3,0	-	-
-	Total tilførsel		6,12	11,60		
090535 (210340)	Målt afløb	45	6,12 2)	11,6	11	7,8

Tabel 4.1 Beregnet vandbalance for Bryrup Langsø, 1989.

- 1) Fast vandføringsstation.
 2) Enkelt målte vandføringer (6-18x/år).
 3) Oplandskorrigeret. Referencestation, Nimdrup Bæk.
 4) Beregnet via differens mellem beregnet tilførsel og afløb.

Bryrup Langsø, 1989

Volumen: $1,72 \times 10^6 \text{ m}^3$

Areal: 37,7 ha

Opholdstid (år) = 103 dage

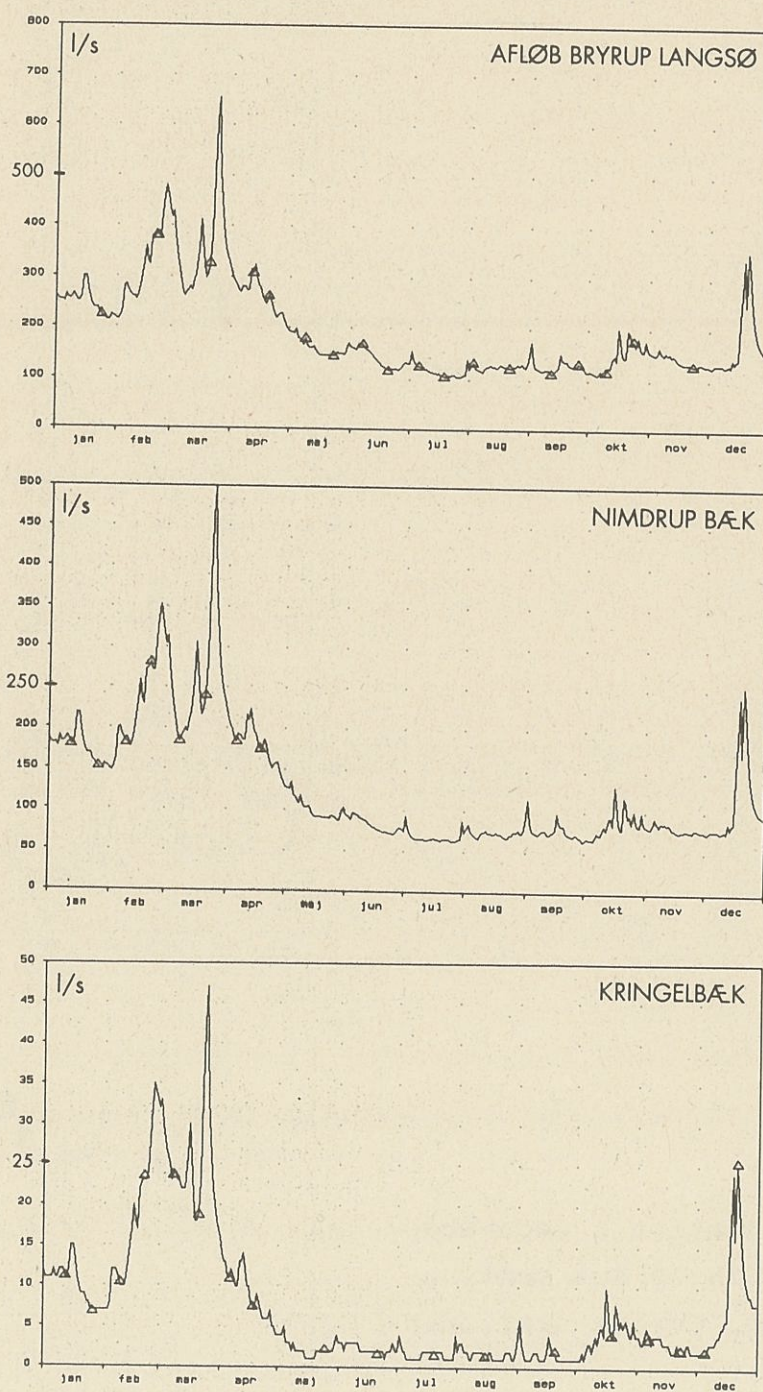
Opholdstid (sommer) = 148 dage

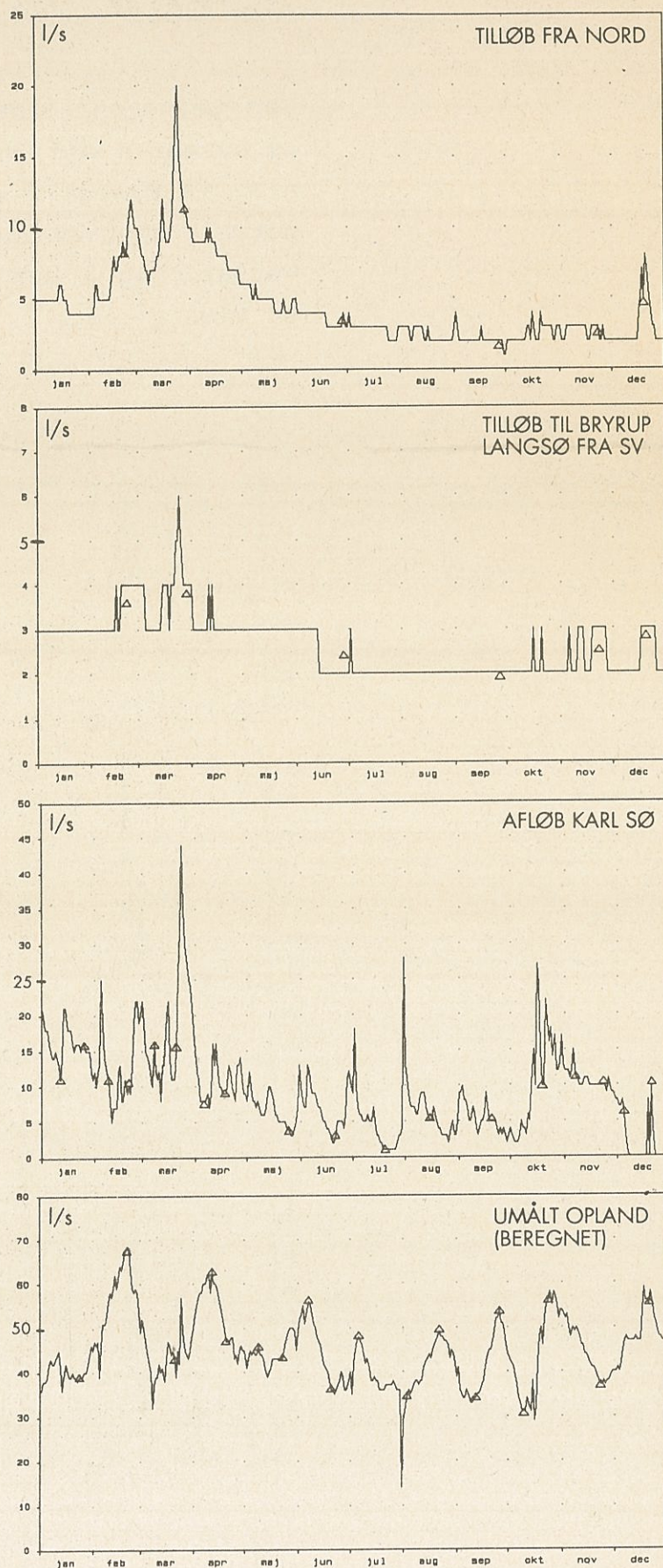
Tabel 4.2 Vandets opholdstid i Bryrup Langsø, 1989.

ÅRSTIDSVARIATION

Den gennemsnitlige månedsvandføring var mindre om sommeren end den gennemsnitlige månedsvandføring på årsbasis (ca. 70%). Dette er et ganske normalt afstrømningsmønster.

Variationen i den daglige vandføring over året er vist i figur 4.1.





Figur 4.1
 Årstidsvariation i døgnvand-
 føring. Nimstrup Bæk kontinu-
 ert måling. Øvrige stationer
 qQ metode.

5. KEMI I TILLØB OG AFLØB

ÅRSTIDSvariation

Koncentrationerne af fosfor og kvælstof i det vand, der strømmede til Bryrup Langsø i 1989 er vist i figur 5.1.

Kvælstof

I alle tilløbene er kvælstofkoncentrationerne højere end man ofte finder det i vandløb, der løber i naturområder uden landbrugsopdyrkning i oplandet, (ca. 1 mg N/l, jf. Andersen et.al., 1990).

I alle de topografiske deloplande er der da også landbrug og de forhøjede kvælstofkoncentrationer må tilskrives dyrkningsbetingede udvaskninger.

Det er bemærkelsesværdigt, at der er forholdsvis lille årstidsvariation i kvælstofkoncentrationerne, i det mindste i Nimdrup Bæk og de små tilløb fra Nord og SV.

Langt hovedparten af kvælstoffet findes som opløst nitrat-kvælstof, som i andre vandløb.

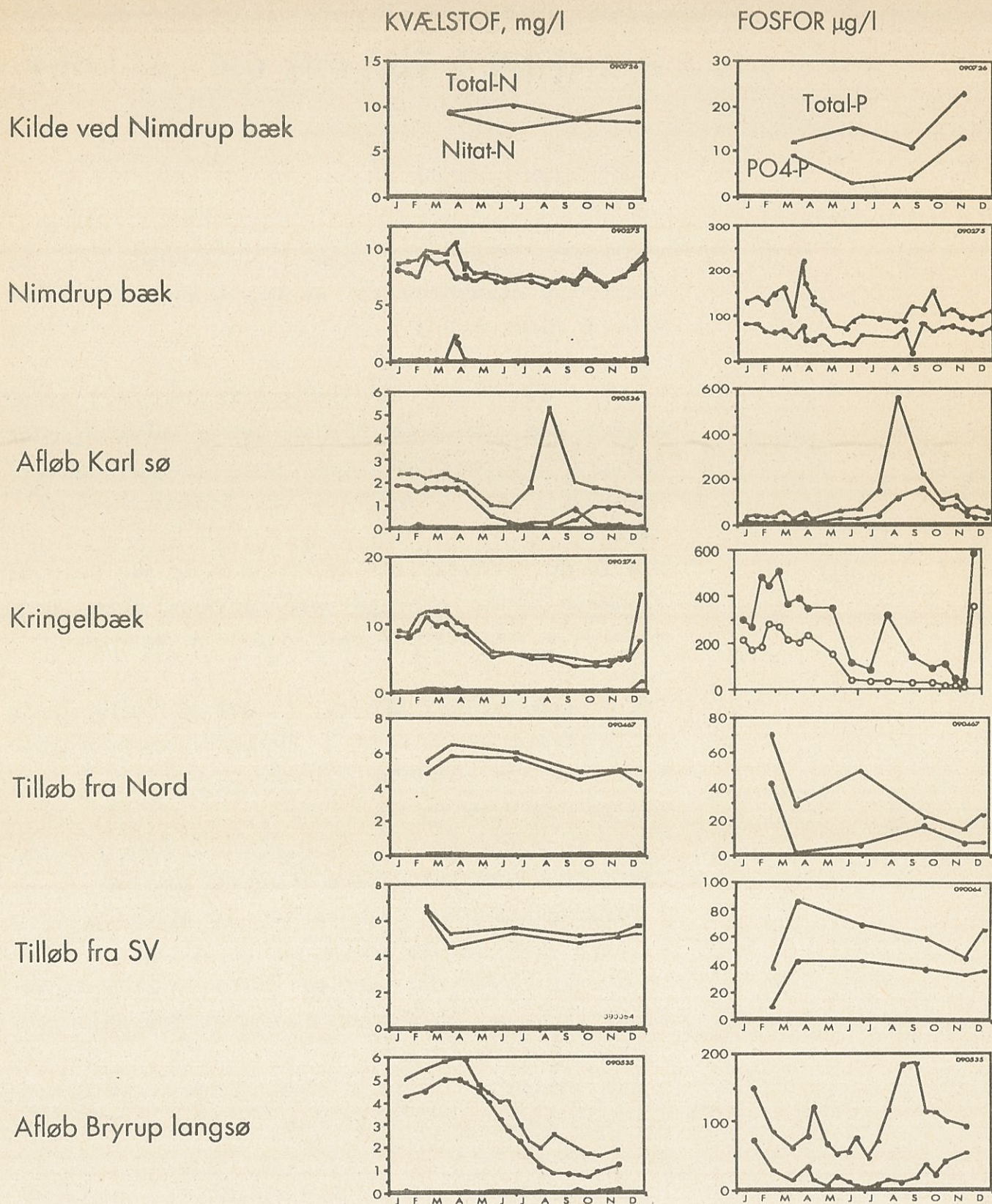
I sensommeren var hovedparten af kvælstoffet i afløbet fra Karl Sø dog organisk bundet.

De stærkt forhøjede værdier skyldes, at blågrøn-alger var skyllet sammen i afløbet fra Karl Sø.

Fosfor

Dette afspejles også i fosforkoncentrationerne som var meget høje i august i afløbet fra Karl Sø.

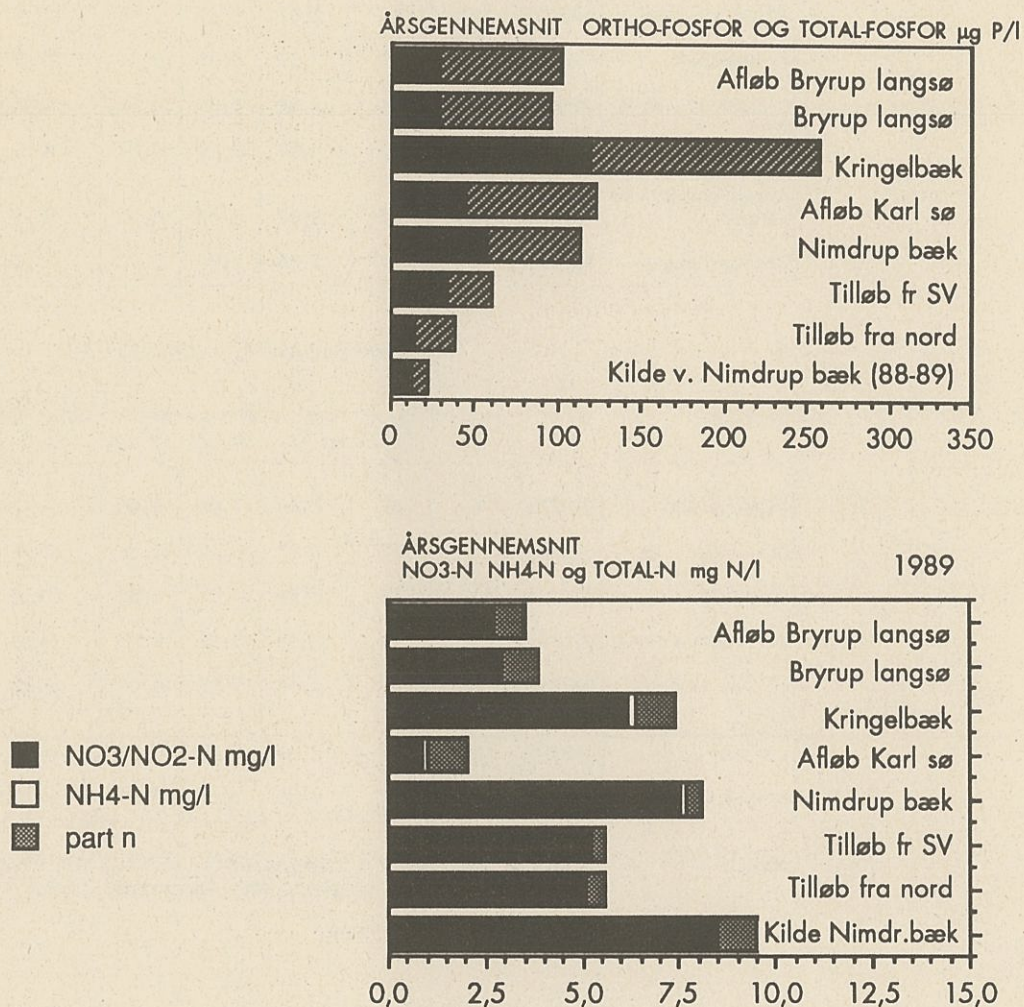
I modsætning til, hvad der gjaldt for kvælstof, var en væsentlig del af fosfor i vandløbene bundet på partikulær form, sådan som det normalt også ses i andre vandløb.



Figur 5.1 Årstidsvariation i kvælstof og fosfor i tilløb og afløb fra Bryrup Langsø, 1989.

GENNEMSNIET

Forskellen på niveauerne i fosfor- og kvælstofkoncentrationer ses måske bedst på figur 5.2.



Figur 5.2 Årsgennemsnit af kvælstof og fosfor i tilløb og afløb fra Bryrup Langsø, 1989.
(beregnet via interpolationsmetode).

I tabel 5.1 er de beregnede gennemsnit af alle de kemiske målinger i 1989 vist.

ÅRSGENNEMSNIT, 1989

Station	Nr.	Total-P µg P/l	PO ₄ -P µg P/l	Total-N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	NH ₄ ⁺ mg N/l	Total-COD mg/l	PART-COD mg/l	BI ₅ mg/l
Kilde v. Nimdrup Bæk 1)	090726	22	12	9,5	8,5	0,01	2,3	0,9	-
Nimdrup Bæk	090275	113	58	8,09	7,53	0,17	15,3	8,1	3,1
Afløb Karl Sø	090536	123	45	2,07	0,89	0,16	22,5	9,0	4,5
Kringelbæk	090274	258	119	7,37	6,21	0,17	27,5	9,9	2,2
Tilløb fra Nord	090467	38	14	5,54	5,04	0,04	12,7	3,6	1,1
Tilløb fra SV	090064	61	33	5,59	5,19	0,04	10,5	4,2	1,0
Afløb fra Bryrup Langsø	090535	102	29	3,53	2,68	0,05	17,2	5,6	2,8
Bryrup Langsø	090930	96	29	3,86	2,82	0,07	17,0	4,8	-

SOMMERGENNEMSNIT, 1989 (1/5-1/10)

Station	Nr.	Total-P µg P/l	PO ₄ -P µg P/l	Total-N mg N/l	NO ₃ -N mg N/l	NH ₄ ⁺ mg N/l	Total-COD mg/l	PART-COD mg/l	BI ₅ mg/l
Nimdrup Bæk	090275	94	49	7,40	7,06	0,06	-	-	-
Afløb Karl Sø	090536	207	67	2,23	0,30	0,25	35,9	17,7	8,0
Kringelbæk	090274	209	64	5,54	4,91	0,05	24,3	14,2	2,0
Tilløb fra Nord	090467	40	9	5,64	5,21	0,03	11,6	3,6	1,0
Tilløb fra SV	090064	66	41	5,40	5,03	0,04	8,0	3,4	1,1
Afløb fra Bryrup Langsø	090535	102	12	3,08	2,13	0,03	20,3	7,8	3,2
Bryrup Langsø	090930	95	14	3,30	2,17	0,04	19,2	6,1	-

Tabel 5.1 Beregnede gennemsnit (interpolerede værdier) for kemiske målinger i tilløb og afløb fra Bryrup Langsø, 1989. Gennemsnit er ikke vandføringsvægtede.

1) Data fra 1988 og 1989.

6. MASSEBALANCE FOR BRYRUP LANGSØ 1989

Ud fra de beregnede stoftransporter i tilløbene er der i tabel 6.1 opstillet en massebalance for Bryrup Langsø i 1989.

Langt størstedelen af vand- og næringsstofftilførslen tilføres med Nimdrup Bæk.

Dog er der også et betydende bidrag af fosfor fra Kringelbæk.

Endelig bemærkes det, at der er temmelig stor indsivning af vand til søen. Denne indsivning repræsenterer dog også måleusikkerhed på vandføringerne.

Denitrifikation

Ved vandets passage af Bryrup Langsø reduceres kvælstoftransporten med 44%, hvoraf langt hovedparten skete ved denitrifikation, (omdannelse til atmosfærisk kvælstof).

En mindre del (1-2 t N) blev dog også tilbageholdt i søens sediment (mudder).

Fosfortilbageholdelse

Ud af den beregnede fosfortilførsel på 680 kg tilbageholdtes i 1989 en mindre del (ca. 80 kg $\approx$ 14%) i søens sediment.

Massebalance for sommerperioden

På grund af det relativt hurtige vandskifte i søen, er det måske også interessant at se på massebalancen for sommerperioden, (tabel 6.2).

I forhold til årsbalancen er de væsentligste forskelle

- at der fraføres mere fosfor end der tilføres (16%), på grund af nettofrigivelse af

- fosfor fra sedimentet,
- at vandet i højere grad beriges med organisk stof (COD) i afløbet, - nemlig de alger der vokser op om sommeren.

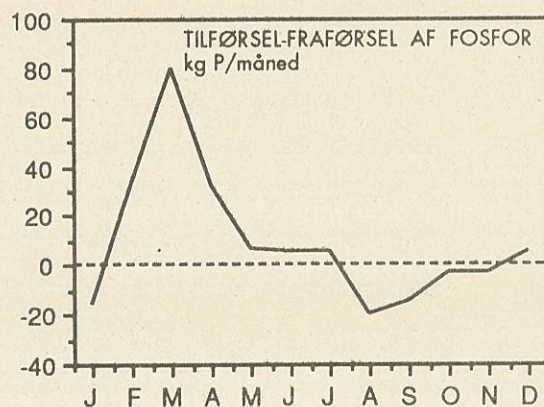
Det bemærkes, at der også om sommeren sker en betydende denitrifikation af det kvælstof, der tilføres søen (48%).

Massebalance
pr. måned

Fosfor

Selv med den relativt høje målefrekvens i 1989 er massebalancer på månedsbasis behæftet med nogen usikkerhed.

Ikke desto mindre er der i figur 6.1 vist, differensen mellem tilførsel og fraførsel af fosfor hver måned i 1989.



Figur 6.1 Forskel på tilførsel og fraførsel af fosfor opgjort pr. måned for Bryrup Langsø, 1989.

Ophobning af fosfor i søen var størst i marts og i august toppede nettoeksporten af fosfor.

I tabel 6.3 er tallene og figuren gengivet.

ÅR

Nr.	Station	Vand x10 ⁶ m ³ /år	Total-N t N/år	Total-P t P/år	PO ₄ -P t P/år	Total-COD t/år
090275	Nimdrup Bæk	4,04	34,4	0,493	0,239	62,4
090536	Afløb Karl Sø	0,28	0,62	0,028	0,010	5,5
090274	Kringelbæk	0,22	2,29	0,084	0,046	7,9
090467	Tilløb fra Nord	0,13	0,80	0,006	0,002	1,8
090064	Tilløb fra SV	0,06	0,47	0,005	0,003	0,9
-	Umålt opland 1)	0,27	1,7	0,027	0,01	3,4
-	Rest 2)	1,12	(4,4)	(0,055)	(0,02)	(11)
-	Total tilførsel	6,12	44,7	0,68	0,33	93
090535	Afløb	6,12	24,9	0,60	0,19	101
	Tilbageholdelse	-	19,8	0,08	-	- 8
	%	-	44	14	-	- 8

Tabel 6.1 Massebalance, Bryrup Langsø, 1989.

- 1) Vandføring ved oplandskorrektio n til afløb (2/45).
Stoftransport ved oplandskorrektio n til målt transport i tilløb.
- 2) Resttilførsel, som måske mest afspejler måleusikkerhed, er opgjort ud fra 50 µg P/l, 4 mg N/l og 10 mg COD/l.

SOMMER (1/5-1/10)

Nr.	Station	Vand x10 ³ m ³ /d	Total-N kg N/d	Total-P kg P/d	PO ₄ -P kg P/d	Total-COD kg/d
090275	Nimdrup Bæk	7,00	52,9	0,67	0,34	106
090536	Afløb Karl Sø	0,52	1,15	0,11	0,03	18,6
090274	Kringelbæk	0,17	0,95	0,03	-	4,0
090467	Tilløb fra Nord	0,26	1,6	0,01	-	3,44
090064	Tilløb fra SV	0,17	1,09	0,01	-	1,7
-	Umålt opland	0,38	2,75	0,04	0,03	6,2
-	Rest	(3,1)	(12,4)	(0,15)	(0,07)	(31)
-	Total tilførsel	11,6	72,8	1,02	(0,47)	171
090535	Afløb	11,6	37,8	1,18	0,14	233
	Tilbageholdelse	-	35,0	- 0,16	-	- 62
	%	-	48	- 16	-	- 36

Tabel 6.2 Massebalance, sommerperioden (1/5-1/10) 1989. Bryrup Langsø.
 Samme bemærkninger som tabel 6.1.
 Negative værdier for tilbageholdelse = frigivelse!

Massebalance (ekstern) for fosfor

Måned/1989	Tilførsel kg P/md	Afløb kg P/md	Difference kg P/md
Januar	82	98	- 16
Februar	112	79	33
Marts	146	66	80
April	94	62	32
Maj	34	27	7
Juni	29	23	6
Juli	27	21	6
August	33	53	- 20
September	37	52	- 15
Oktober	39	42	- 3
November	32	35	- 3
December	50	44	6

**Tabel 6.3 Massebalance (ekstern) pr. måned
Bryrup Langsø, 1989.**

7. KILDER TIL NÆRINGS- STOFTILFØRSEL, 1989

SPILDEVANDSANLÆG

Husspildevand

Der er kun to egentlige spildevandsanlæg, der udleder spildevand i oplandet til Bryrup Langsø, (figur 1.1).

De beregnede (målte) udledninger er vist i tabel 7.1.

Dambrug

Et enkelt dambrug har udledt spildevand til søen i 1989, (tabel 7.1).

SPREDT BEBYGGELSE

Ud fra optælling af huse i de enkelte deloplande kan der laves et groft overslag over spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse.

Det er meget usikkert, hvor stor produktionen er og også hvor meget af spildevandet, der når frem til søen. Dette vil bl.a. afhænge af nedbøren de enkelte år, idet det formodes at en større del af spildevandet når frem til vandløb (og sø) i "våde" år, hvorimod der i tørre år (som 1989) sandsynligvis sker en større nedsivning af spildevandet.

I tabel 7.2 er angivet det skønnede interval for den del af spildevandet, der i 1989 nåede frem til målestationerne i de enkelte vandløb.

Anlæg	Type	PE	Vand 10 ³ m ³ /år	Total-P kg P/år	Total-N kg N/år	Note
1. Vinding	M	ca. 170	24	164	492	a)
2. Slagballe	M	ca. 100	ca. 8	70	197	b)
3. Løvet Dambrug	-	-	-	127	880	b)
Total		ca. 270		361	1569	

Tabel 7.1 Spildevandsproduktion i oplandet til Bryrup Langsø.

- a) Baseret på målinger af Them Kommune maj-december og skønnede værdier januar-april. (N er dog skønnet af Miljøkontoret).
b) Oplysninger fra Vejle Amtskommune.
M: Mekanisk anlæg.

Opland til	Spildevandsudledninger spredt bebyggelse			
	Antal huse	PE	kg P/år	kg N/år
Nimdrup Bæk	143	429	140-280	< 840
Karl Sø	22	66	0-43	0-129
Kringelbæk	41	123	40-80	120-240
Tilløb fra Nord	11	33	11-22	< 66
Tilløb fra SV	6	18	6-12	< 36
Umålt opland	5	15	5-10	< 30
Total	228	(584)	200-447	600-1341

Tabel 7.2

Spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse til Bryrup Langsø.
Det er antaget, at der bor 3 personer i gennemsnit i hver husstand og at årsproduktion af spildevand pr. person er 1,3 kg P/år og 4 kg N/år, hvor højst 50% antages at nå frem til målestation i et år med normal vandføring.

KILDER TIL NÆRINGSSTOFTILFØRSEL, 1989

Ud over ovennævnte betydelige usikkerheder med hensyn til spildevandstilførsel fra spredt bebyggelse gør yderligere et forhold det vanskeligt at lave en pålidelig samlet kildefordeling af næringsstofftilførslen til Bryrup Langsø.

I tørre år når nemlig kun en begrænset del af spildevandsudledningerne fra Vinding frem til Bryrup Langsø med Kringelbæk.

Vandafstrømningen har været relativt lille i 1989, og som det blev vist i tabel 4.1, specielt lav i Kringelbæk. En meget betydelig del af spildevandet fra Vinding nåede derfor ikke frem til Bryrup Langsø, 1989.

I tabel 7.3 er det forsøgt at lave en samlet kildefordeling af fosfor- og kvælstofftilførslerne til søen i 1989. Tabellen bør læses med ovennævnte bemærkninger in mente.

1989	kg P/år	kg N/år
Basistilførsel (incl. indsivn.)	179	6100
Dambrug	127	880
Kloakerede områder	110	≈ 300
Spredt bebyggelse	≈ 182	≈ 600
Dyrkningsbidrag	≈ 79	36800
Total	678	44700

Tabel 7.3

Kilder til fosfor- og kvælstofftilførsel til Bryrup Langsø, 1989. Se tekst for bemærkninger.

I bilag 7.1 er det forsøgt at lave en kildefordeling på de enkelte vandløb.

Basistilførsel ud fra: 30 µg P/l og 1 mg N/l.

Årsvandføring 1989, $6,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$.

For fosfors vedkommende er den i tabellen anførte basistilførsel beregnet ud fra en baggrundskoncentration på 30 $\mu\text{g P/l}$. Koncentrationer på dette niveau er fundet i kilden ved Nimdrup Bæk og til dels i tilløb fra Nord.

Tilsvarende er for kvælstofs vedkommende anvendt en baggrundskoncentration på 1 mg N/l, - et niveau, der ofte findes i vandløb og kilder, hvor der ikke sker opdyrkning i oplandet og hvor der ingen spildevandskilder er, (Andersen et.al., 1990).

Så lave kvælstofkoncentrationer er ikke fundet i nogle af vandløbene i Bryrup Langsø's opland, men ingen af vandløbene forløber heller i oplande uden opdyrkning af jorden.

Det er dog sikkert, at

- hovedparten af kvælstoftilførslen må tilskrives dyrkningsbetingede udvaskninger fra landbrugjorden,
- fosfortilførslen i 1989 var flere gange større end den tilførsel, der ville have været uden spildevandsproduktion og opdyrkning i oplandet,
- spildevandsudledningerne fra spredt bebyggelse (fosfor) udgør en stor potentiel forureningskilde, omend det er meget usikkert hvor meget af spildevandsproduktionen, der når frem til søen.

8. UNDERSØGELSESRÉSULTATER, BRYRUP LANGSØ

8.1 VANDKEMI, BRYRUP LANGSØ, 1989

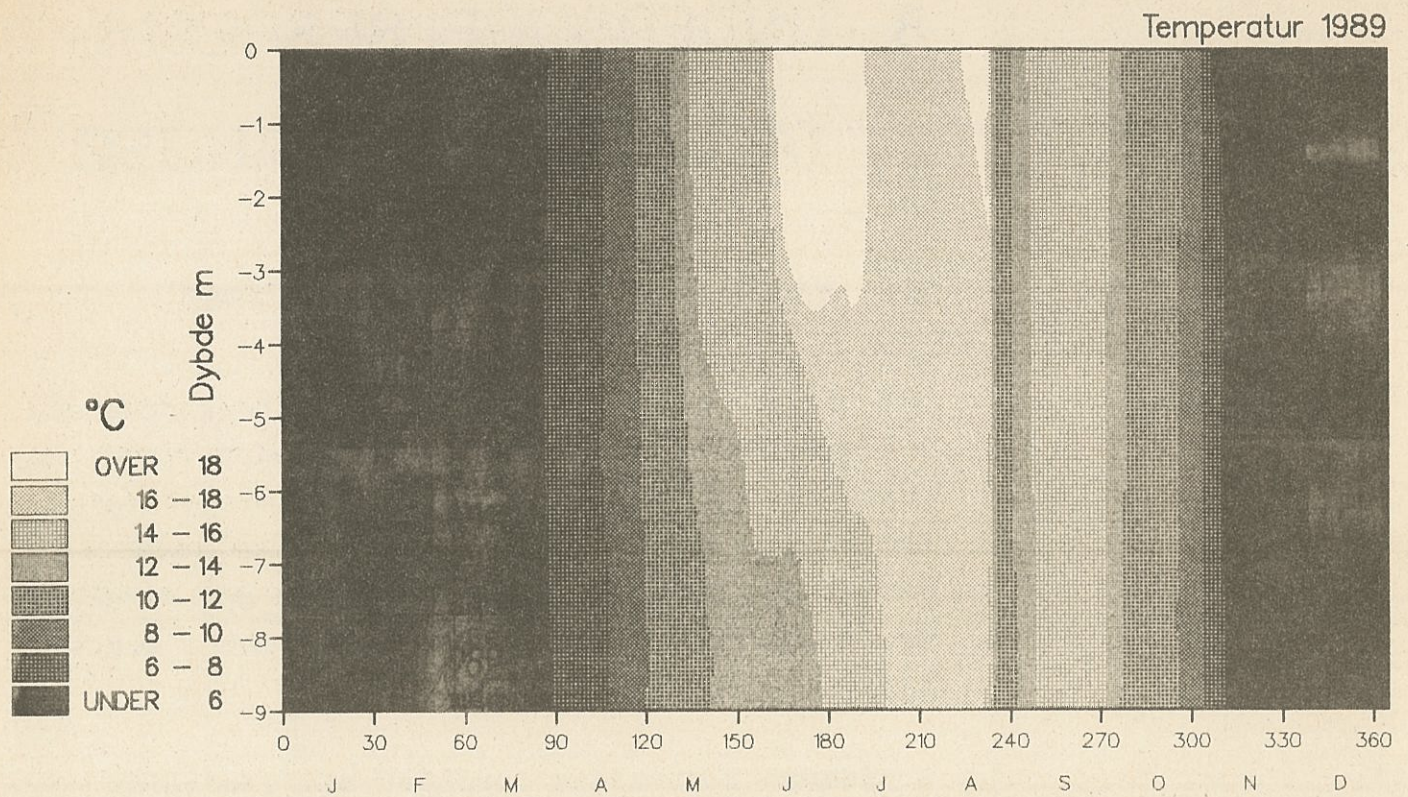
Ingen lagdeling

Som følge af Bryrup Langsø's vindeksponerede beliggenhed og søens relativt beskedne vanddybde dannes der aldrig en egentlig vedvarende temperaturlagdeling af søens vandmasser om sommeren. Kortvarige ustabile lagdelinger kan dog forekomme, - som f.eks. i juni/juli og sidst i august, 1989, (figur 8.1.1).

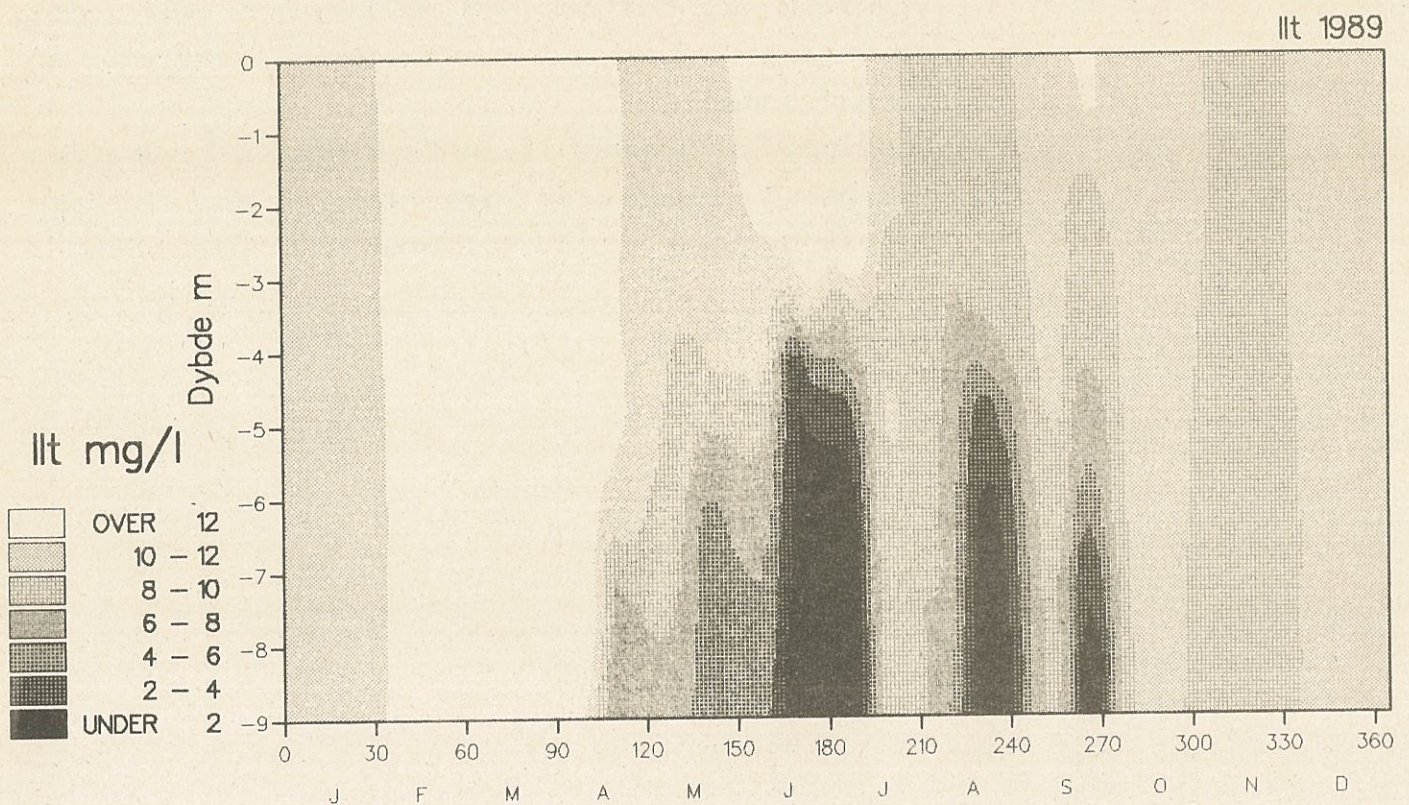
Ilt

I sådanne kortvarige perioder med lagdeling opbruges ilten i bundvandet hurtigt, (figur 8.1.2). Også i perioder med fuld vertikal opblanding var der dog ved målinger i 1989 (midt på dagen) forskel i iltindholdet i overfladen og i bundvandet.

Hastigheden hvormed ilten forbruges i bundvandet har på de tidspunkter været større, end den hastighed hvormed ny ilt tilføres via opblanding.



Figur 8.1.1 Temperaturfordeling i Bryrup Langsø, 1989.



Figur 8.1.2 Iltfordeling i Bryrup Langsø, 1989.

Vandkemi i bundvand

De periodevis lave iltkoncentrationer i bundvandet kunne formodes at influere på de vandkemiske forhold i bundvandet.

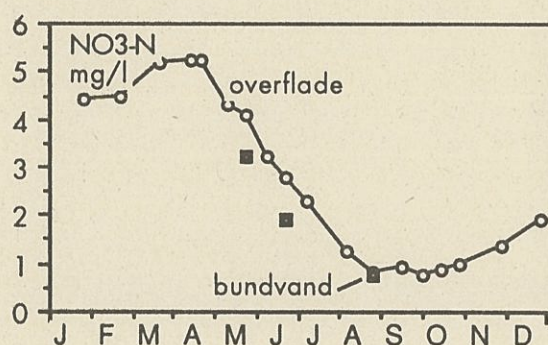
I sommeren 1989 var nitratindholdet da også lavere i bundvandet, (figur 8.1.3). Specielt lavt først i juli, hvor vandmasserne havde været lagdelt i en kort periode og ilten var opbrugt i bundvandet, hvilket formodes at have forstærket denitrifikationen ved bunden.

Først i juli var der da også stor forskel på koncentrationen af fosfor i overflade- og bundvand, - størst koncentration i bundvand, (figur 8.1.4).

Den frigivne fosfor fra sedimentet på prøvetagningsstationen blev ikke blandet fuldt op i overfladevandet, hvor koncentrationen af fosfor var betydeligt mindre.

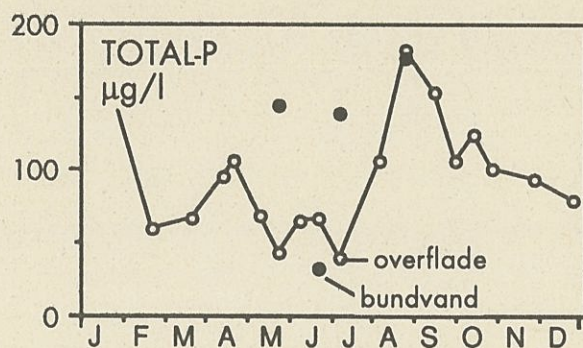
Figur 8.1.3

Målinger af nitrat i overfladevand og bundvand (ved lagdeling). Bryrup Langsø, 1989 (090930).



Figur 8.1.4

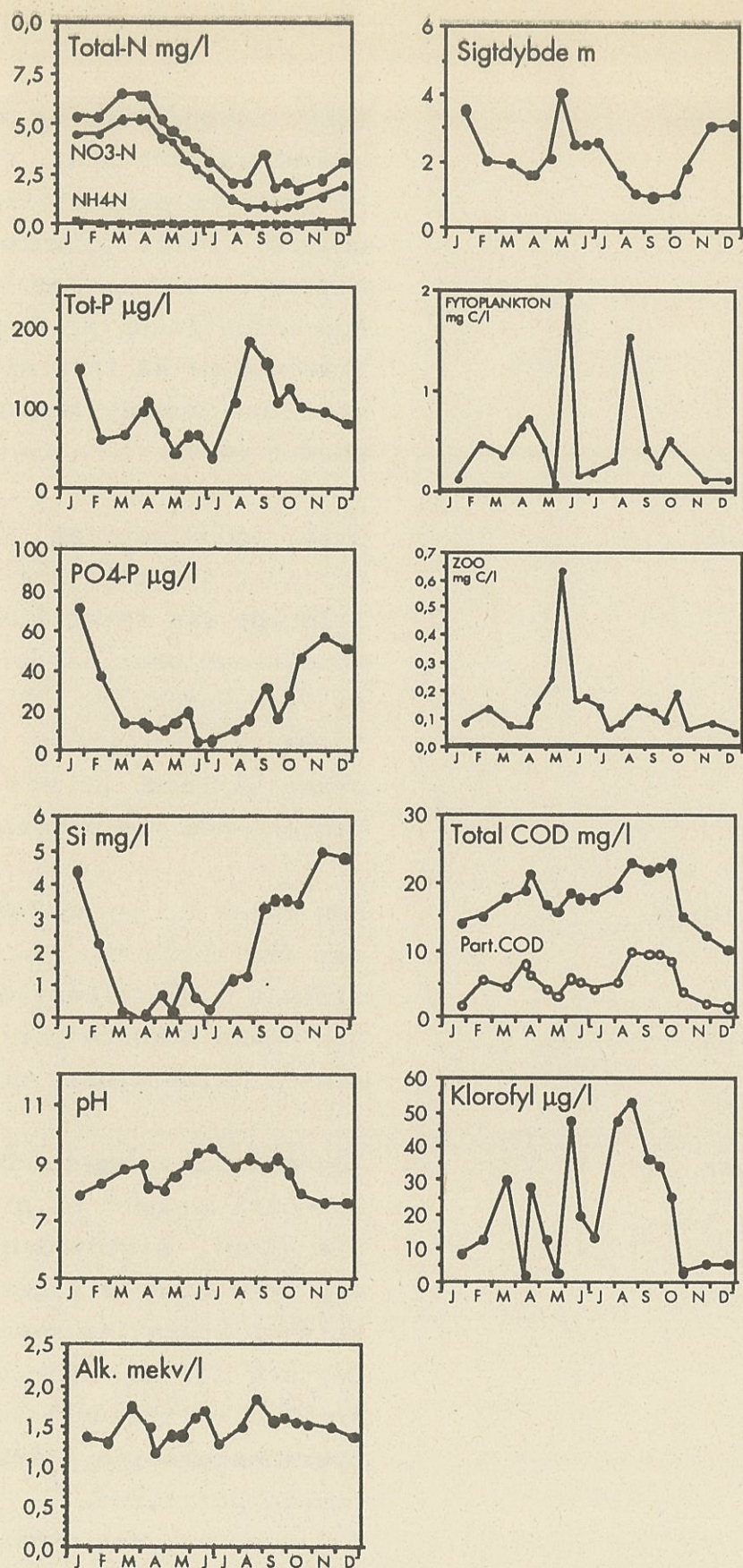
Målinger af total-fosfor i overfladevand og bundvand (ved lagdeling). Bryrup Langsø, 1989 (090930).



KEMISKE MÅLINGER I OVERFLADEVAND

Resultaterne af de kemiske målinger i Bryrup langsø's overfladevand, 1989 er vist på figur 8.1.5. Fyto- og zooplankton resultater er også medtaget (mg C/l).

Bryrup Langsø 1989



Figur 8.1.5 Resultater fra overfladevand, Bryrup Langsø, 1989.

Kvælstof

Langt hovedparten af kvælstoffet fandtes i 1989 som nitrat-kvælstof.

På grund af denitrifikation og mindre tilførsler udefra, faldt koncentrationen fra et vinter-niveau på 5-7 mg N/l i løbet af sommeren.

Koncentrationen af uorganisk kvælstof nåede dog ikke ned på så lave niveauer, at mangel på kvælstof har kunnet begrænse opvæksten af alger i søen i 1989.

Fosfor

Også indholdet af fosfor faldt fra vinter-niveauet hen til juni-juli.

Allerede fra først i marts var der relativt lave koncentrationer af opløst uorganisk fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) i søvandet.

I det mindste i juni og juli var koncentrationerne så lave, at der må formodes at have været begrænsende for algeudviklingen i denne periode.

Silicium

Som følge af optagelse i alger (kiselalger) var der fra marts til juli relativt lavt indhold af silikat i overfladevandet, og mangel på silicium kan måske i korte perioder have begrænset opvæksten af kiselalger, men ikke andre alger.

Alger

Algemængden i søen udtrykkes ofte som klorofyl. Men også mængden af partikulært organisk materiale (COD), sigtddybden, og beregnet biomasse ud fra optælling af algerne og omregning til f.eks. kulstof afspejler mængden af alger.

Bortset fra en uforklarlig lav klorofylværdi i april (fejlmåling?) er der da også rimelig god overensstemmelse i årstidsvariationen af de nævnte parametre.

I januar var der meget få alger og klart vand. Frem til maj udvikledes en "forårstop" af alger i søen og vandet blev mindre klart (dårligere sigtddybde).

Zooplankton i maj

Den kortvarige meget klarvandede periode med få alger i maj/juni faldt sammen med et markant biomassemaksimum for dyreplanktonet (zooplankton), der altså i denne periode var i stand til at holde algemængden nede, (ved at spise algerne).

REGULERENDE FAKTORER FOR ALGEUDVIKLINGEN

Som en kort opsamling af ovennævnte tyder resultaterne fra Bryrup Langsø (1989) på

- at algerne sidst i maj/først i juni var kontrolleret af dyreplanktonet i søen,
- at fosformangel i juni og juli sandsynligvis har været begrænsende for algerne,
- at efterårsbiomassen af alger i søen (august-oktober) primært var reguleret af lysforholdene. På grund af frigivelse af fosfor fra sedimentet var det i det mindste næppe fosformangel, der i denne periode begrænsede algeudviklingen,
- at uorganisk kvælstof på intet tidspunkt i 1989 nåede så lave koncentrationer, at mangel på kvælstof har kunnet begrænse algernes opvækst.

GENNEMSNITSKONCENTRATIONER

De beregnede gennemsnit af måleresultaterne fra søen i 1989 kan ses i tabel 8.1.1.

Bryrup Langsø, 1989

Parameter	Årsværdier			Sommer (1/5-1/10)		
	gns.	max.	min.	gns.	max.	min.
Sigtdybde, m	2,20	4,0	0,9	1,97	4,0	0,9
Klorofyl $\mu\text{g/l}$	20	53	1,7	30	53	2,4
Part.COD mg/l	4,8	9,6	1,5	6,1	9,6	3,0
Total COD mg/l	17,0	22,9	9,9	19,2	22,9	15,6
Total-N mg N/l	3,86	6,45	1,75	3,30	5,20	1,80
$\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ mg N/l	2,82	5,25	0,75	2,17	4,30	0,75
$\text{NH}_4\text{-N}$ mg N/l	0,065	0,17	0	0,044	0,10	0,01
Total-P $\mu\text{g P/l}$	96	182	39	95	182	39
Ortho-P $\mu\text{g P/l}$	29	71	4	14	31	4
Si mg/l	2,23	4,93	0,025	1,26	3,48	0,19
Alkalinitet (m ekv./l)	1,47	1,82	1,14	1,5	1,82	1,27
pH	8,4	9,4	7,6	8,9	9,4	8,0
Temperatur	10,6	21,5	2,7			

Tabel 8.1.1

Års- og sommergennemsnit af målinger fra Bryrup Langsø's overfladevand, 1989.
Gennemsnit beregnet på interpolerede værdier, således at der er taget højde for den varierende prøvetagningsfrekvens over året.

8.2 FYTOPLANKTON

De gennem 1989 hyppigste alger er vist i tabel 8.2.1.

Frem til først i maj var kiselalger de hyppigste. I maj/juni var det rekylalger, der var flest af (Cryptomonas, Rhodomonas).

Bemærkelsesværdigt er det store lokale maksimum af Cryptomonas i begyndelsen af juni lige efter at dyreplanktonet toppede.

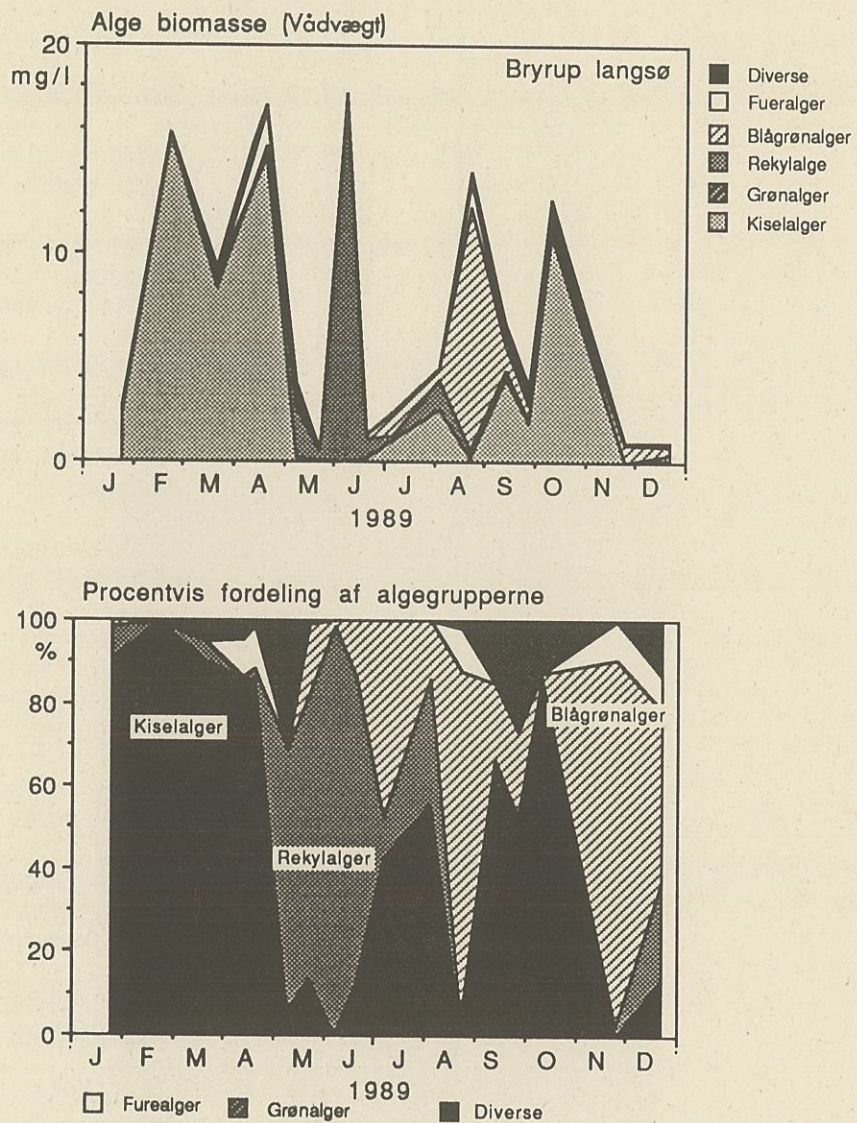
Måske er det kortvarige stagnationer i søens vandmasser, der giver Cryptomonas en fordel frem for andre alger.

Hvorom alting er afløses Cryptomonas-samfundet fra først i juli og resten af året af et blandet algesamfund af blågrønalger og kiselalger.

Kun først i juli og sidst i august udgøres hovedparten af algerne af blågrønalger.

Regulerende faktorer for algeudviklingen er diskuteret i forrige afsnit (8.1).

Rådata udskrevet i bilag 8.2.



Figur 8.2.1 Fytoplanktons biomasse og relative fordeling på hovedgrupper. Bryrup Langsø, 1989.

Bryrup Langsø 1989

Dato	mg/l		Dominerende arter	%	
	VV	C		VV	C
24. jan	2,68	0,09	Stephanodiscus astraea	96	95
21. feb	15,76	0,45	Stephanodiscus astraea	99	96
21. mar	9,32	0,33	Stephanodiscus astraea	57	44
			Cyclotella sp.	23	18
12. apr	15,25	0,63	Stephanodiscus hantzschii	86	57
20. apr	17,18	0,71	Stephanodiscus hantzschii	85	56
9. maj	3,76	0,40	Cryptomonas sp.	63	65
			Div. ubestemte former	31	32
23. maj	0,55	0,05	Rhodomonas sp.	69	76
			Anabaena spp.	17	19
			Stephanodiscus hantzschii	14	4
7. jun	17,62	1,94	Cryptomonas spp.	97	97
20. jun	1,31	0,13	Cryptomonas spp.	61	67
			Rhodomonas sp.	13	14
			Anabaena spp.	12	13
6. jul	2,31	0,17	Microcystis spp.	47	70
			Diatoma elongata	43	16
3. aug	4,53	0,29	Stephanodiscus astraea	41	18
			Cryptomonas sp.	23	40
			Stephanodiscus hantzschii	15	6
			Anabaena sp.	14	24
22. aug	13,89	1,54	Microcystis spp.	82	81
			Peridinium sp.	10	12
12. sep	6,66	0,40	Stephanodiscus astraea	61	28
			Microcystis spp.	18	34
			Diverse ubestemte former	15	28
26. sep	3,65	0,24	Stephanodiscus astraea	46	19
			Microcystis spp.	20	33
10. okt	12,66	0,49	Stephanodiscus astraea	85	61
			Diverse ubestemte former	13	36
23. nov	0,98	0,11	Microcystis spp.	88	86
21. dec	0,97	0,10	Microcystis spp.	42	47
			Cryptomonas sp.	23	25

Tabel 8.2.1. Bryrup Langsø 1989. Dominerende arter gennem året.

8.3 ZOOPLANKTON

BIOMASSE OG ÅRSTIDSVARIATION

Udvalgte resultater fra undersøgelserne af zooplankton i Bryrup Langsø, 1989 er præsenteret i figur 8.3.1.

I maj toppede den totale biomasse med over 5 g C/m². Hovedparten af dette forsommer-maksimum bestod af Cladocerer (*Daphnia galeata* og *Daphnia cucullata*).

Samtidig nåede bestanden af *D. galeata* sidst i maj den største gennemsnitlige individvægt. Også *D. cucullata* bestod på dette tidspunkt af relativt store individer, (bilag 8.3).

Først i juni var antal og biomasse af Cladoce-
rerne decimeret. Sidst i juni/først i juli havde *D. cucullata* et mindre lokalt maksimum med ret store individer.

Igen i oktober var der kortvarigt lokalt maksimum af Cladocerer.

GRÆSNING

Det umiddelbart mest interessante spørgsmål, der kan stilles er:

- regulerer det større zooplankton på visse tidspunkter mængden af alger i vandet og dermed vandets klarhed?

Svaret herpå er ja, (figur 8.3.2).

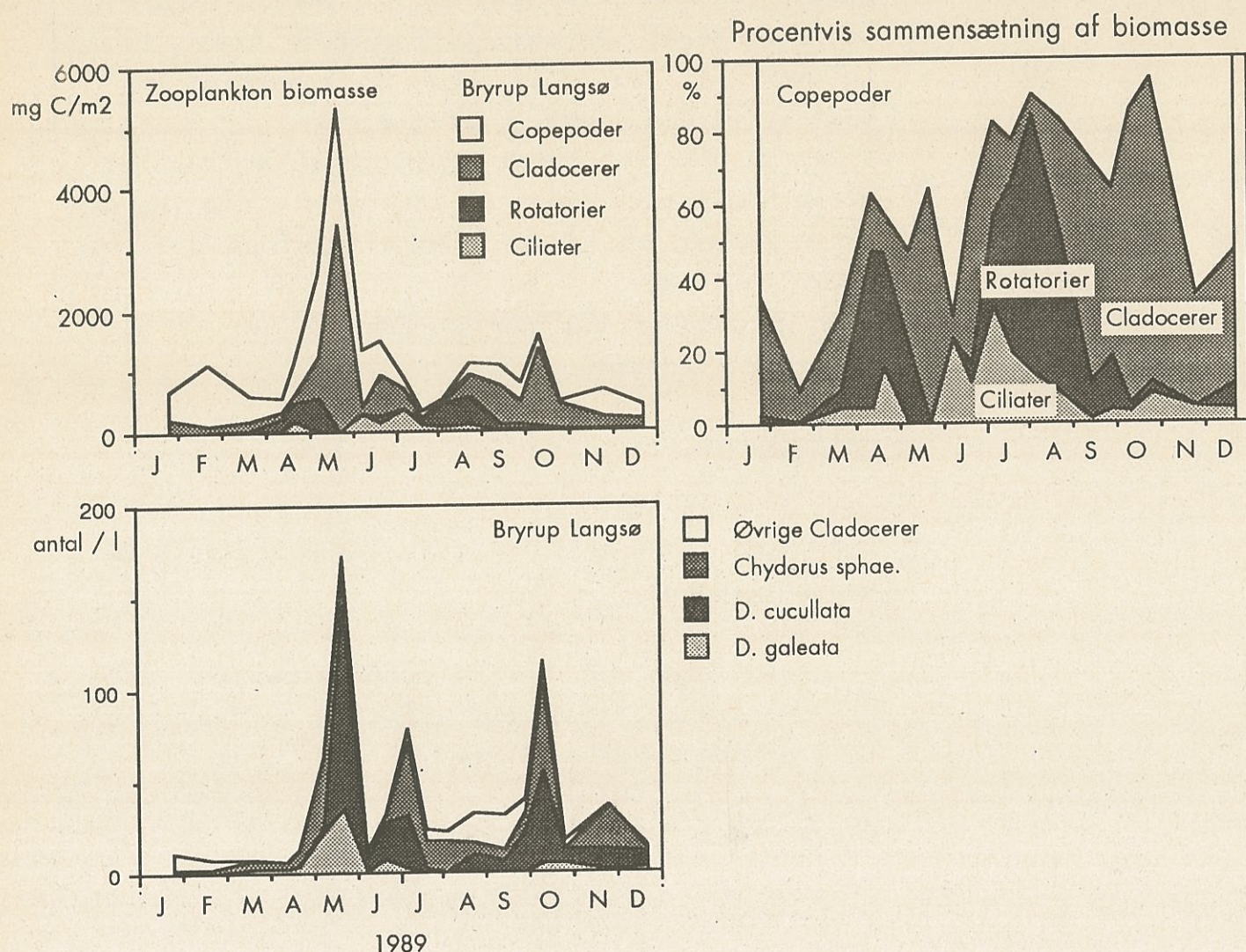
I det mindste vurderes det, at alger mindre end 50 μ i slutningen af maj og måske til dels i slutningen af juni/begyndelsen af juli har været

udsat for et højt græsningstryk fra de større former af dyreplanktonet.

Vandets klarhed var i hvert fald i slutningen af maj bestemt af dyreplanktonets filtrering af vandet, hvorved mængden af partikler (og alger) blev reduceret.

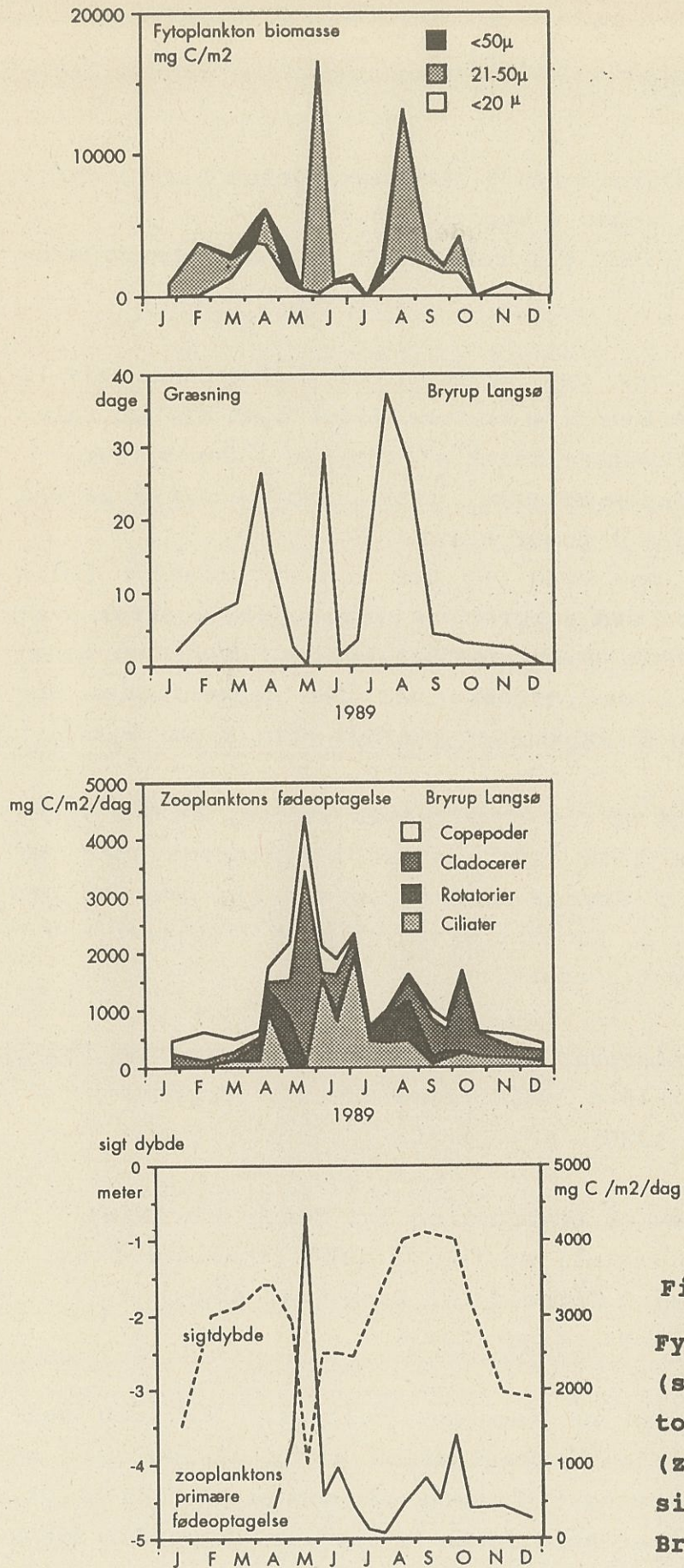
(For en nærmere gennemgang af principperne bag de overslagsmæssige beregninger af græsningstryk, se Windolf, 1989b).

Rådata er i øvrigt gengivet i bilag 8.3.



Figur 8.3.1

Zooplankton. Bryrup Langsø, 1989.



Figur 8.3.2

Fytoplanktons årstidsvariation (som størrelsesklasser), beregnet total og primær fødeoptagelse (zooplankton) samt overslagsmæssig beregnet græsningsrate. Bryrup Langsø, 1989.

8.4 FISK

En standardiseret fiskeundersøgelse blev lavet i 1988, (Hansen & Wegner, 1989).

Der henvises til referencen for et nærmere studie.

Skalle var den vægtmæssigt dominerende art i søen, (figur 8.4.1), omend der også var et relativt betydende islæt af aborrer i fangsterne. Fordelingen af antal fisk mindre end/større end 10 cm ses i figur 8.4.2.

I det åbne vand var der kun et relativt lille islæt af små aborrer og skalle. Begge arter synes at have gode vækstbetingelser i Bryrup Langsø, - i det mindste når der sammenlignes med væksten i andre søer i Århus Amt, figur 8.4.3.

I øvrigt er det bemærkelsesværdigt, at der ikke, ligesom i de fleste andre næringsrige søer, er brasen i Bryrup Langsø, og endelig bør det bemærkes, at sandart synes at have etableret sig i søen (nylig udsat?).

Afslutningsvis skal Bryrup Langsø passes ind i det såkaldte "skidtfiskeindeks", (Jeppesen m.fl., 1989).

Indekset er beregnet ud fra den procentvise fangst (antal) af "skidtfisk" (skalle + brasen, > 10 cm) i forhold til fangst af aborre + "skidtfisk", figur 8.4.4.

I figuren er indekset relateret til den gennemsnitlige koncentration af total-fosfor i overfladevandet i søen om sommeren (1/5-1/10). Fosforkoncentrationen afspejler generelt søens forureningstilstand, og som det ses passer Bry-

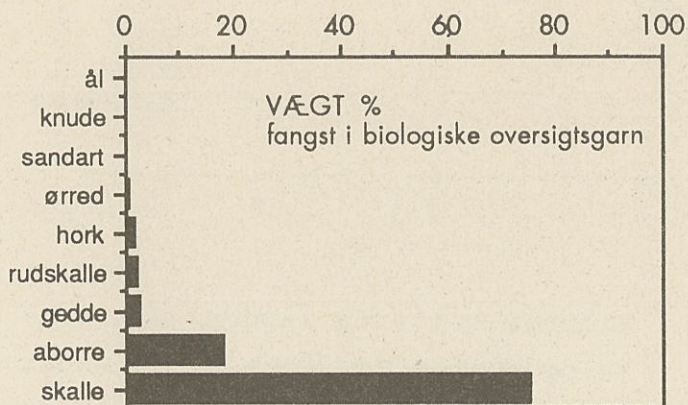
rup Langsø fint ind i den generelle relation udledt fra resultater fra andre søer.

I figuren er anvendt data fra fiskeundersøgelsen i 1988 og fosforkoncentrationer fra 1987 ($139 \mu\text{g P/l}$).

I 1989 var fosforkoncentrationen lavere ($96 \mu\text{g P/l}$), og var denne koncentration i stedet anvendt i figuren, havde indekset ligget næsten præcis på "linien".

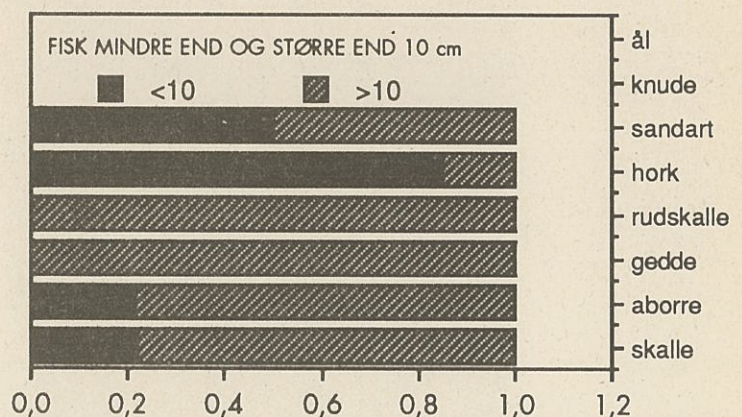
Fiskebestandens sammensætning afspejler altså med andre ord den generelle forureningstilstand i søerne, og såfremt fosforniveauet falder i Bryrup Langsø, må dette forventes at få effekt også på fiskebestanden. (Indeksværdien for Bryrup Langsø ligger lige der hvor den generelle kurve "knækker").

Effekten skulle i så fald være en større andel af aborrer (og evt. gedde) og et relativt mindre islat af skaller.



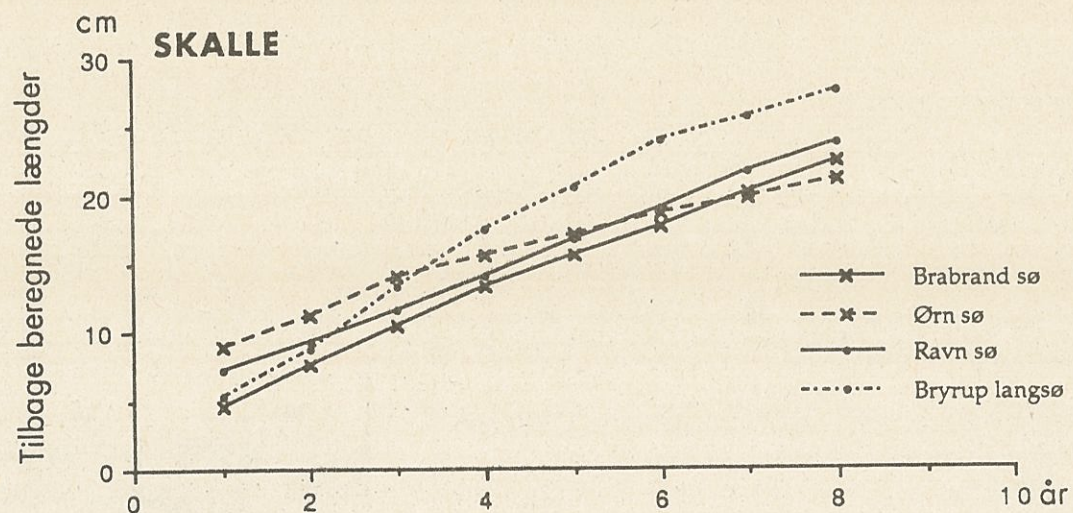
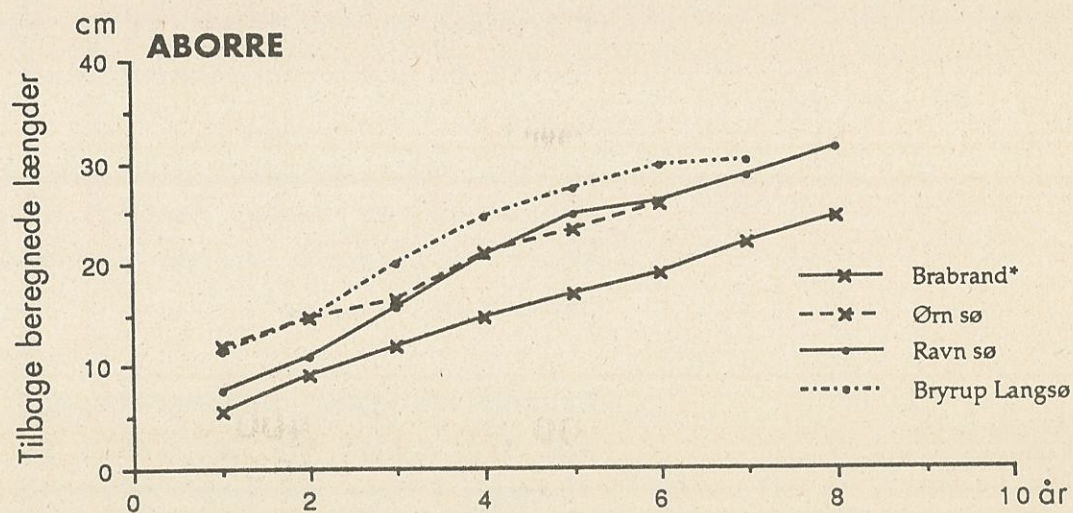
Figur 8.4.1

Vægtmæssig fordeling af fangst i biologiske oversigtsgarn i Bryrup Langsø, 1988. (Data efter Hansen & Wegner, 1989).



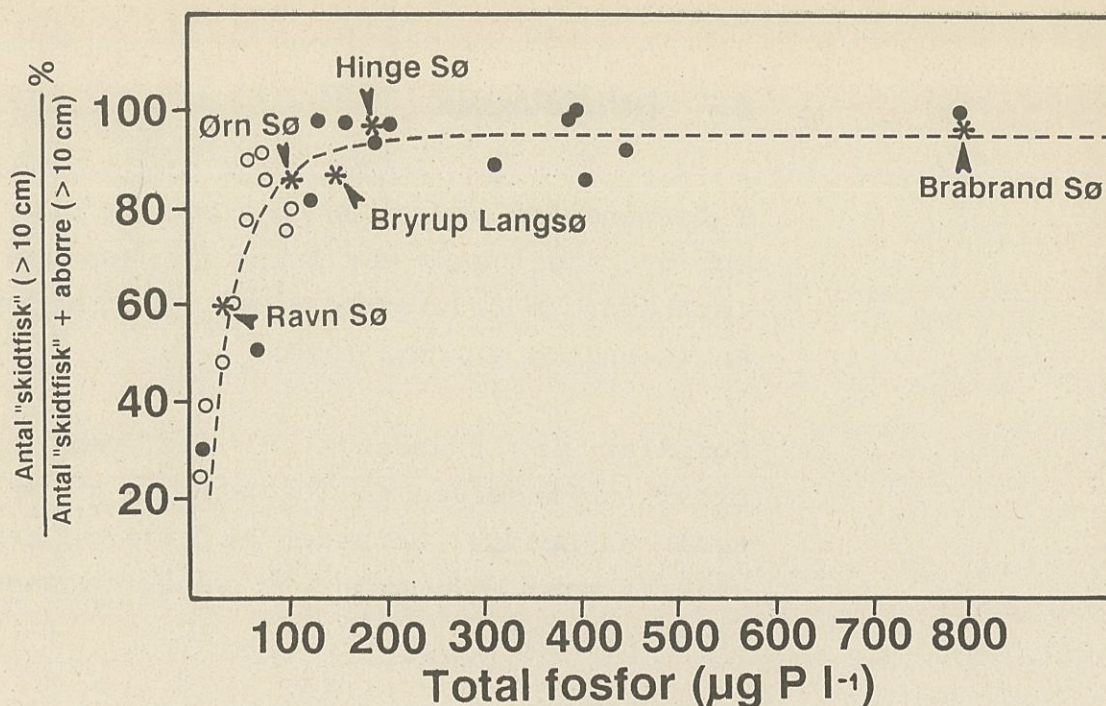
Figur 8.4.2

Fordeling af antal fangede fisk større end/mindre end 10 cm. (Data efter Hansen & Wegner, 1989).



Figur 8.4.3

Tilbageberegnete længder af skalle og aborre ved forskellig alder i søer i Århus Amt. (Datagrundlag efter Hansen & Wegner, 1989, Bio/consult, 1989).



Figur 8.4.4 "Skidtfiske"-indeks relateret til sommerkoncentration af fosfor. (Efter Jeppesen m.fl., 1989 og fiskeundersøgelser i Århus Amt).

"Skidtfisk-indekset"

$$\left(\frac{\text{antal [skalle + rudskalle + brasen + flire (>10 cm)]}}{\text{antal [skalle + rudskalle + brasen + flire + aborre (>10 cm)]}} \right)$$

8.6 SEDIMENT

Der henvises til Andersen & Windolf, 1989 for en præsentation af sedimentkemiske data. (Se også Andersen, 1974).

Kort kan resumeres at (på søstationen, 090930),

- fosforindholdet er højt (4-10 mg P/g tørstof) i de øverste 10 cm
- jernindholdet ca. 40-50 mg Fe/g tørstof
- forholdet mellem jern og fosfor er ca. 4-10 i de øverste 10 cm sediment
- kvælstofindholdet er ca. 20 mg N/g tørstof
- calciumindholdet er ca. 20 mg/g tørstof i de øverste 20 cm sediment.

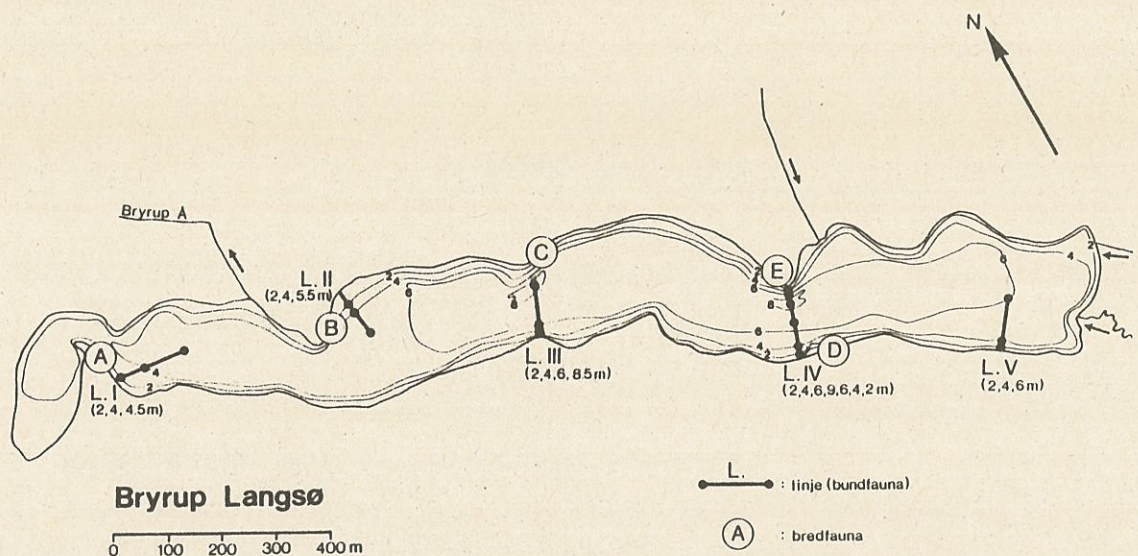
8.7 BUNDFAUNA

I forbindelse med at Bryrup Langsø blev udpeget som overvågningssø har Århus Amtskommune i 1988 foretaget en undersøgelse af smådyrslivet i søen. (Leonhard & Grøn, 1990).

Formål

Formålet med undersøgelsen har været, at beskrive udbredelsen og forekomsten af de enkelte arter af smådyr. Herunder at give en karakteristisk af søen på baggrund af smådyrfaunaens artsammensætning.

Der er foretaget undersøgelse af bundfaunaen langs 5 linier i søen, mens faunaen på lavt vand er undersøgt på 5 lokaliteter i bredzonen, (figur 8.7.1). I bilag 8.7 findes en samlet artsliste for smådyrsundersøgelsen i 1988.



Figur 8.7.1 Placeringen af lokaliteter i bredzonen og prøvetagningsdybder, hvor der er indsamlet prøver i Bryrup Langsø.

Der er konstateret en meget artsrig fauna i Bryrup Langsø. I alt er registreret 134 arter/grupper af smådyr. Af disse er 112 fundet i bredfaunaprøverne og 56 i bundfaunaprøverne. Der er registreret et stort antal arter af dansemyg, krebsdyr, snegle og vårfluer. Af dansemyg er der alene fundet 24 arter/grupper.

Faunaen i Bryrup Langsø er karakteristisk for meget næringsrige søer, og kan sammenlignes med den fauna, der findes i Jul Sø og Mossø. Antallet af rentvandsarter er dog noget lavere end i Jul Sø.

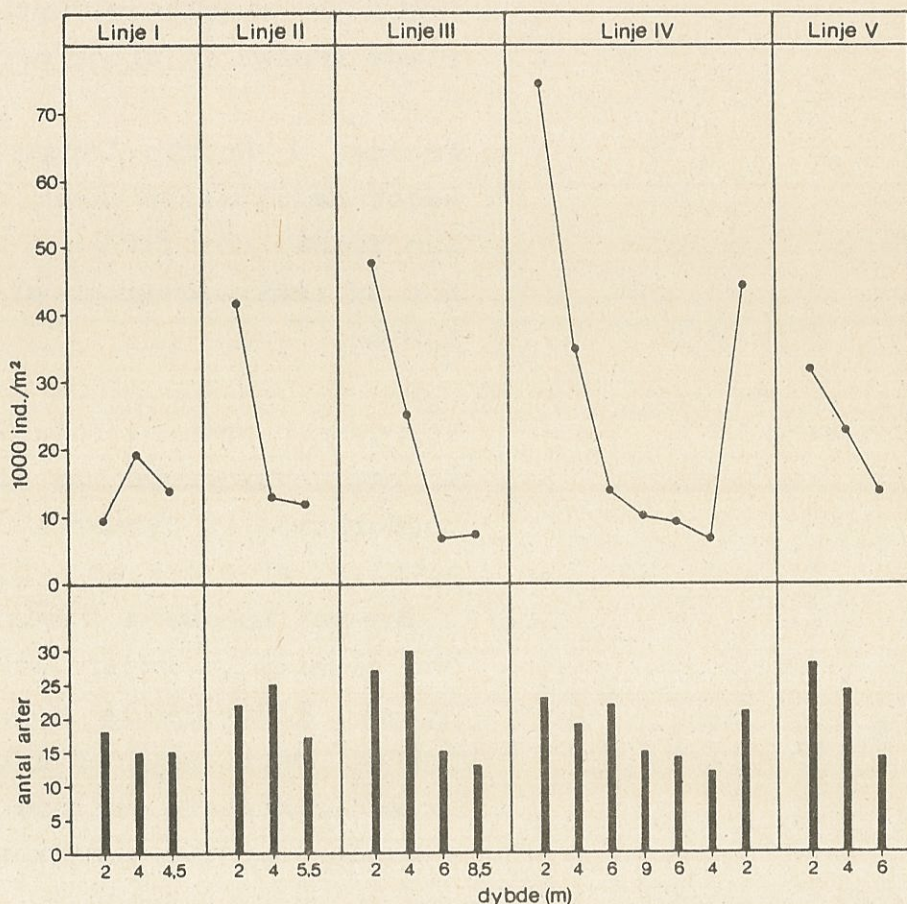
Bundfauna

Barbundsfaunaen er relativt artsrig ud til ca. 4 m, hvor sandbunden de fleste steder afløses af mudderbund. På dybder større end 4 m falder både antallet af arter og individer, (figur 8.7.2). I Bryrup Langsø's dybeste del er artsantallet dog væsentligt højere end på tilsvarende dybder og med tilsvarende substratforhold (mudder) i Ørn Sø. Dette skyldes formentlig at Bryrup Langsø kun i kortere perioder er lagdelt. Iltsvindet i bundvandet får derfor noget kortere varighed.

De dominerende smådyr på lavt vand (2 m) er rundorme (Nematoda) og børsteorme af familien Tubificidae som forekommer i tætheder på henholdsvis 15.900 og 10.100 individer pr. m².

På dybder over 5 m er der fundet et betydeligt antal af det planktoniske krebsdyr Bosmina i bundprøverne.

Af egentlige bundlevende former er småkrebsen Alona quadrangularis og dansemyggelarven Procladius sp. talrigt forekommende. Ærtemuslingen Pisidium sp. er fundet på alle dybder ud til 9 m, men er dog mest talrig på det lavere vand.



Figur 8.7.2 Fordelingen og antallet af arter/individer på de enkelte prøvetagningsdybder i Bryrup Langsø

I vindbeskyttede dele af søen, som f.eks. den vestlige del, findes mudderbunden allerede i 2 m's dybde. Faunaen er her næsten identisk med den som findes på barbunden på større dybder.

Bredfauna

Faunaen i bredzonen er betydeligt mere artsrig end faunaen på barbunden. Bredzonens fauna domineres imidlertid også af arter, der er typiske

for meget næringsrige søer, og der findes kun få arter, der fortrinsvis findes i renere søer. Dansemyg, vårfluer og snegle er de dominerende faunagrupper i bredzonen, hvor der i alt er fundet 112 arter/grupper af smådyr.

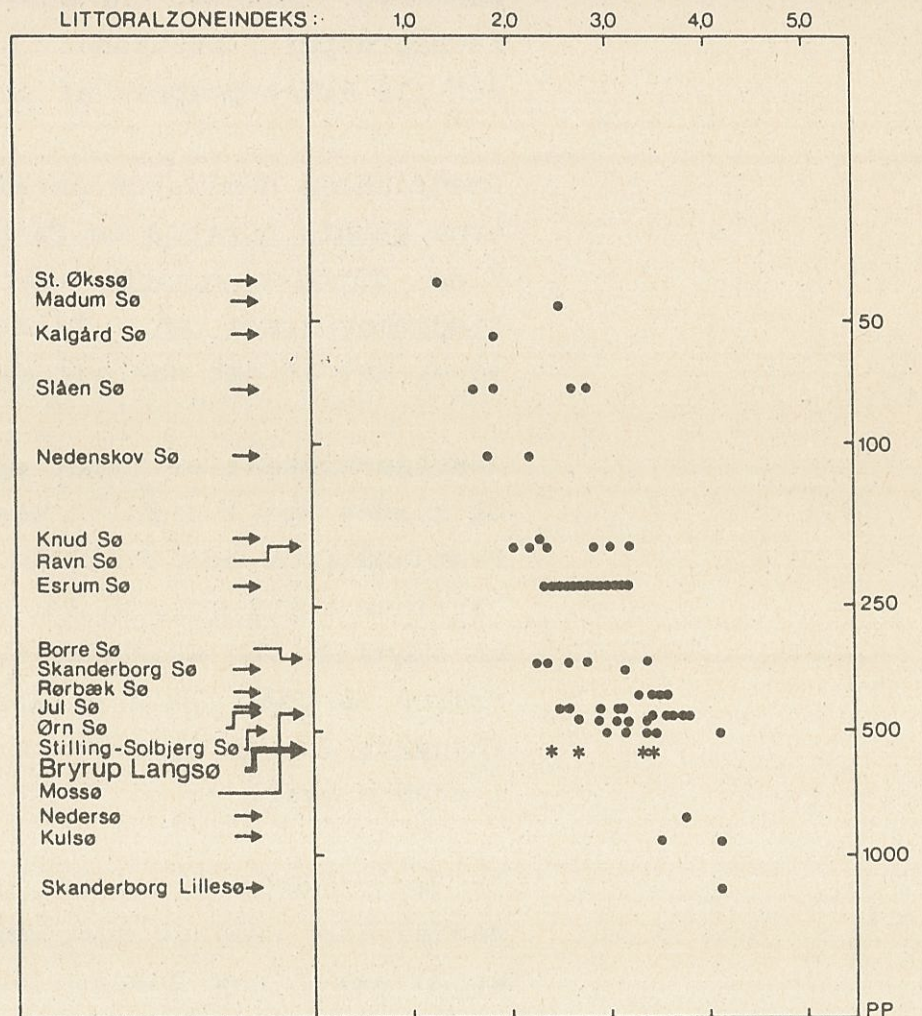
Bredfaunaen domineres antalsmæssigt af døgnfluerne Caenis horaris og Caenis luctuosa, af vårfluen Tinodes waeneri samt af dansemyggelarven Cladotanytarsus sp.. Disse fire arter/grupper udgør 69% af det samlede antal dyr i bredzonen.

Rentvandsdyrene er meget sparsomt forekommende, og findes kun i enkelte eksemplarer. Den eneste rentvandsform der er blot nogenlunde hyppig er vårfluen Goera pilosa. Visse rentvandsformer der er knyttet til stenbund er slet ikke fundet i Bryrup Langsø. Dette gælder f.eks. flodneritten Theodxus fluviatilis som ellers er vidt udbredt i danske søer.

En medvirkende årsag til de relativt få rentvandsarter, skal ud over søens belastning gennem en årrække, nok desuden søges i den kendsgerning, at Bryrup Langsø har forholdsvis få og dårligt udviklede stenkyster. En væsentlig del af rentvandsfaunaen er netop knyttet til bredzonens sten.

Littoralzoneindeks

Littoralzoneindekset er beregnet ud fra stenfaunaens artssammensætning. (Dall et al. 1983). De beregnede værdier er stort set identiske med de øvrige, store og meget stærkt næringsstofbelastede søer i Gudenå-systemet. Nedenstående figur (8.7.3) viser littoralzoneindeks for en række danske søer. Indeksverdierne for de 5 bredlokaliteter i Bryrup Langsø er vist med stjerner.



Figur 8.7.3 Littoralzoneindeks for en række danske søer. Indekset er afbildet mod den årlige primærproduktion (PP) i gC/m^2 , som for Bryrup Langsø er skønnet til omkring 5-600 g C/m^2 . Søer med en lille indekssværdi er næringsfattige, mens søer med en stor værdi er næringsrige. Indekset for Bryrup Langsø er angivet med *. (Oversigten er delvis efter Dall et al., 1983).

8.8 VEGETATION

Miljøkontoret har ikke lavet undersøgelser af undervandsvegetationens eventuelle udbredelse i Bryrup Langsø.

Desværre er der næppe heller meget at undersøge. Bryrup Langsø har gennemløbet den alt for velkendte udvikling med tiltagende forurening, uklart vand og undervandsplanternes hensygnen.

Ifølge Mathiesen og Christensen, 1981, var der omkring 1930 en ret rigelig bundvegetation i søen og omkring 1963 fandtes endnu undervandsvegetation i Bryrup Langsø, - f.eks. enkelte områder med tæt vegetation af vandpest. I 1973-75 var der (ifølge referencen) ikke længere større sammenhængende flader af undevandsplanter tilbage.

Det bør også nævnes, at Wium-Andersen, S. & Schierup, H., 1975 foretog en kartering af rørsump- og flydebladsvegetation i søen. (Delvis gengivet i Andersen og Windolf, 1989). (Se evt. også Bach, 1990).

9. TILSTAND I BRYRUP LANGSØ, 1989

Inden udviklingen i Bryrup Langsø's tilstand belyses (Kapitel 10) er det måske nyttigt med en opsamling af resultaterne for tilsynet i 1988-89.

I summarisk form kan tilstanden beskrives således:

VAND- OG NÆRINGSSTOFTILFØRSEL

- Den beregnede vandbalance for søen indikerer, at søen får et betydende tilskud via direkte indsivning af vand.
- Den oplandsrelaterede vandafstrømning var relativ lille i 1989 som følge af ringe nedbør. Specielt lav var vandtilførslen med Kringelbæk.
- Næringsstofftilførslen blev beregnet til 680 kg fosfor og 45 t kvælstof.
- heraf udgjorde spildevand fra
 - Slagballe 70 kg P og 200 kg N
 - Løvet Dambrug 127 kg P og 880 kg N.
- Spildevand fra Vinding Renseanlæg nåede ikke fuldt ud frem til Bryrup Langsø med Kringelbæk.
- Spildevand fra spredt bebyggelse anslåes at have bidraget med 200-400 kg fosfor, omend dette er meget usikkert.
- Ligeledes er det usikkert, hvor stort det dyrkningsbetingede bidrag af fosfor til søen har været i 1989.

- Fosfortilførslen vurderes at have været næsten 4 gange større end den tilførsel der ville have været, såfremt søens opland henlå i naturtilstand uden spildevandsproduktion.
- Hovedparten af kvælstoftilførslen kan tilskrives dyrkningsbetingede udvaskninger. Tilførslen af kvælstof var i 1989 måske helt op til 7-8 gange større end den naturgivne tilførsel.

RESULTATER FRA SØEN

- Den gennemsnitlige sigtdybde om sommeren var knap 2 m.
- Algemængden og dermed sigtdybden blev sandsynligvis styret af
 - dyreplankton i maj
 - fosformangel i juni-juli
 - lystilgængelighed august-oktober.
- Blågrønalger udgjorde kun i relativt korte perioder mere end 50% af algebiomassen.
- Der var næppe nogen større egentlig forekomst af undervandsplanter i søen.
- Smådyrsfaunaen på bunden af søen var karakteristisk for næringsrige (forurenede) søer.
- Fiskebestandens sammensætning var karakteristisk for næringsrige søer.
Dog forunderligt nok uden islæt af brasen, der normalt er hyppige i forurenede søer.

RECIPIENTKVALITETSPLAN

- Fosfortilførsel fra kloakerede områder og dambrug var ikke i overensstemmelse med det, der ønskes opnået i Forslag til Reci-

ipientkvalitetsplan 1989.

- Dog var sigtddybde målsætningen næsten opfyldt i sommerperioden.
- Det er meget usikkert om fosfortilførslerne fra spredt bebyggelse var i overensstemmelse med det, det ønskes opnået. (Forslag til Recipientkvalitetsplan, 1989).

10. UDVIKLING I TILSTAND

I bilag 10.2 er der i tabellarisk form vist en række beregnede data, der illustrerer udviklingen i søen.

I dette afsnit vil et udvalg af disse blive kommenteret.

SPILDEVANDSTILFØRSLER

Omkring 1972 blev spildevandet fra Brødstrup afskåret fra søoplandet og i 1988 blev yderligere spildevand fra Grødstrup og Davding afskåret.

Herved er spildevandstilførslerne via Nimdrup Bæk til søen reduceret markant.

Omvendt blev Kringelbæk i 1986 forlagt, således at vandløbet nu ikke længere afleder vand til Karl Sø, men direkte til Bryrup Langsø.

I nedbørsrige år kan der derfor ske en betydelig spildevandstilførsel til Bryrup Langsø fra Vinding Renseanlæg, der afleder vand til Kringelbæk.

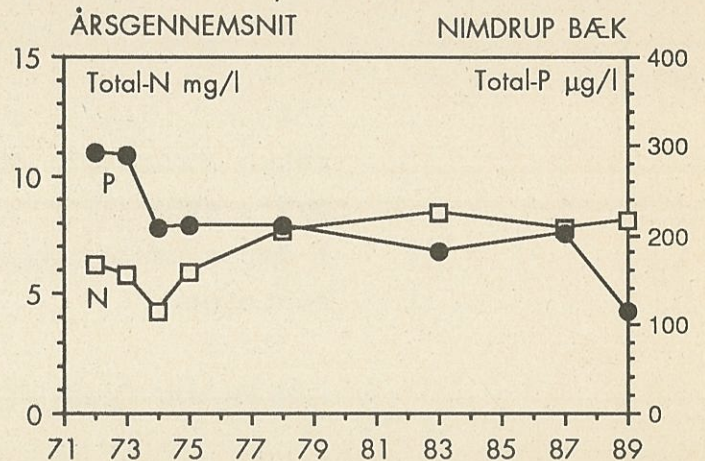
Da yderligere et dambrug ved søen har produceret spildevand af vekslende omfang (intet i f.eks. 1978) er det ikke nogen let sag at fordele kilderne til næringsstofftilførslerne til søen (fosfor).

Spildevandstilledningerne til søen er dog utvivlsomt blevet mindre inden for de sidste 20 år.

VANDKEMI I TILLØB

Den positive udvikling med mindre spildevandstilførsel (fosfor) ses bl.a. i figur 10.1 (og tabel 10.1).

NIMDRUP BÆK



Figur 10.1 Årsgennemsnit af kvælstof og fosfor i Nimdrup Bæk 1971-89. (ikke vandføringsvægtet).

Efter afskæring af spildevandet fra Brødstrup faldt fosforniveauet i Nimdrup Bæk fra omkring 300 µg P/l til omkring 200 µg P/l og fra 1987 til 1989 faldt koncentrationerne yderligere til godt 100 µg P/l, sammenfaldende med at spildevandet fra Grødstrup og Davding blev afskåret i 1988.

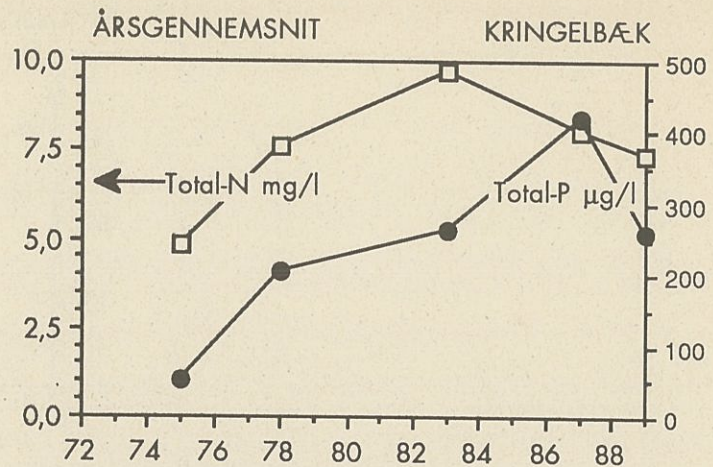
Omvendt synes kvælstofkoncentrationerne at være steget, - måske som følge af ændret dyrkningspraksis i oplandet.

KRINGELBÆK

Den samme positive tendens kan desværre ikke spores i Kringelbæk.

Kvælstofkoncentrationerne har ligesom i Nimdrup Bæk måske været stigende siden først i 1970'erne, (figur 10.2).

Det samme har fosforkoncentrationerne!



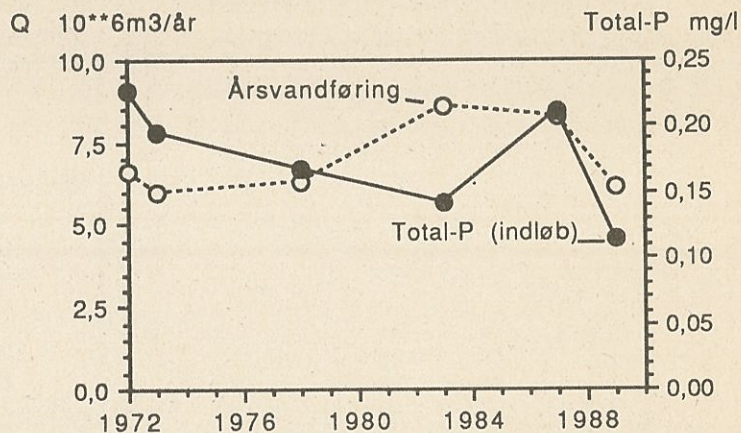
Figur 10.2 Årsgennemsnit af fosfor og kvælstof i Kringelbæk. (Ikke vandføringsvægtede, beregnet på interpolerede værdier).

Specielt i 1987 nåede en stor del, (hovedparten), af spildevandsudledningerne fra Vinding frem til målestationen umiddelbart opstrøms Bryrup Langsø, og koncentrationerne var stærkt forhøjede (400 µg P/l!).

Selv om der i 1989 er sket et lille fald i niveauet, på grund af den mindre nedbør og nedsivning af en del af spildevandet, var koncentrationerne også i 1989 uacceptabelt høje.

FOSFORTILFØRSEL

Udviklingen i den samlede fosfortilførsel ses måske bedst i figur 10.3 (og tabel 10.1). Her er afbilledet den beregnede gennemsnitlige årskoncentration af fosfor i det til søen strømmende vand.



Figur 10.3 Vandføringsvægtet gennemsnitlig indløbskoncentration af fosfor og årsvandføring.

Efter et pænt fald i fosforkoncentrationerne siden først i 1970'erne steg niveauet igen i 1987, sammenfaldende med at Kringelbæk dette år var mere vandførende end normalt og der på grund af forlægning af åens udløb fra Karl Sø til Bryrup Langsø, nu ikke skete tilbageholdelse af en del af fosforen fra Kringelbæk i Karl Sø. Afskæring af spildevandet fra Grædstrup og Davding kombineret med lille vandføring i Kringelbæk betød yderligere et fald i fosforkoncentrationerne i indløbet i 1989.

FOSFORTILBAGEHOLDELSE OG KVÆLSTOFREDUKTION

Kvælstof

De øgede koncentrationer af kvælstof i tilløbene har betydet en øget kvælstoftilførsel til søen, (bilag 10.1.4). En væsentlig del af den tilførte kvælstof denitrificeres dog, (33-50%), inden vandet løber videre i Kvind Sø.

Det er dog ikke muligt umiddelbart at se noget

mønster i den lidt varierende denitrifikation, (bilag 10.2).

Fosfor

Interessant er derimod udviklingen i fosfortilbageholdelsen i søen, (tabel 10.1).

Fosfor	1972	1973	1978	1983	1987	1989
Tilførsel t P/år	1,49	1,17	1,05	1,22	1,75	0,68
Fraførsel t P/år	0,72	0,67	0,66	0,84	1,27	0,60
Tilbageholdelse t P/år	0,77	0,55	0,39	0,38	0,48	0,08
Tilbageholdelse %	52	43	37	31	27	12

Tabel 10.1 Fosfor til- og fraførsel samt tilbageholdelse af fosfor i søens sediment.

Set over hele perioden 1972-89 har fosfortilførslerne været generelt aftagende. (1987 afviger af grunde tidligere omtalt).

Bemærkelsesværdigt har den relative fosfortilbageholdelse også været aftagende. Fra et niveau på 43-52% først i 1970'erne og ned til kun 12% i 1989.

Måske indikerer disse resultater, at det kan tage overordentligt lang tid (målt med menneskelige øjne) for selv relativt hurtigt gennemstrømmede søer at indstille sig i en ny ligevægt, når der sker en reduktion i f.eks. fosfortilførsler.

Fortidens synder, - i form af ophobet fosfor i søernes sediment, kan i lang tid modvirke en hurtig forbedring i søernes tilstand.

Dette fordi en del af den ophobede fosfor om sommeren via hurtig cirkulation mellem vandfase og sediment modvirker en mere markant effekt i form af begrænset algevækst, som følge af fosformangel.

UDVIKLING I SØENS TILSTAND

Undervandsplanter

Som allerede omtalt i afsnit 8.8 har Bryrup Langsø gennemløbet den velkendte udvikling fra mange andre danske søer.

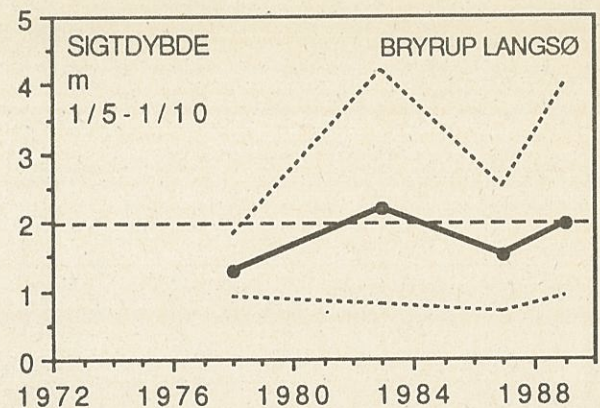
Stigende næringstilførsler har begunstiget algevækst i søen og vandet er blevet tiltagende uklart om sommeren.

En ret rigelig udbredelse af undervandsplanterne omkring 1930 er gradvist forsvundet og i 1973-75 var der ikke længere en egentlig udbredelse af undervandsplanter tilbage.

Dette må skyldes stigende næringsstofftilførsler og opvækst af alger, der har "skygget" undervandsplanterne væk.

Sigtdybde

Ser man på udviklingen i sigtdybden om sommeren i søen er der ikke nogen helt entydig tendens, (figur 10.4).



Figur 10.4

Gennemsnitlig sommersigtdybde (1/5-1/10) i Bryrup Langsø. Min.- og max.-værdier i de enkelte sommerperioder vist med stiplet linie.

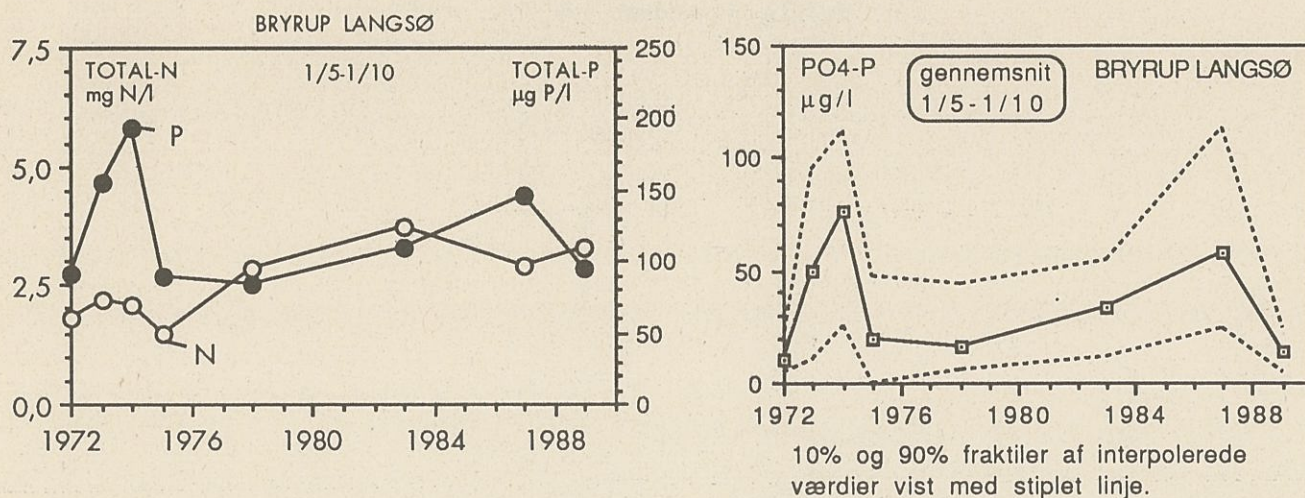
Fra 1978 til 1987 er der måske tendens til lavere minimumsigtdybder og en lille stigning i 1989. Gennemsnittene er stærkt påvirkede af om der de enkelte somre har været klartvandsperioder (og der er foretaget målinger i klartvandsperiode).

I 1983 og 1989 blev der således målt høje maksimale sigtdybder.

Fosfor og kvælstof

Udviklingen af den gennemsnitlige fosfor- og kvælstofkoncentration om sommeren, (figur 10.5) har været, at kvælstofkoncentration er øget siden først i 70'erne og der er tendens til faldende fosforkoncentrationer, når bortses fra 1987. (Den lave værdi i 1972 er noget uforklarlig, men man bør måske være opmærksom på, at gennemsnittene er beregnet ud fra normalt 5 måledata i sommerperioden).

Også koncentrationerne af ortho-fosfor var tilsyneladende små i 1972. Ellers ses det samme mønster som for total-fosfor med værdier i 1989, der var markant lavere end tidligere år (1972?).



Figur 10.5

Sommergennemsnit af total-fosfor, ortho-fosfor og kvælstof i Bryrup Langsø's overfladevand 1972-89.

KONKLUSION

Opsamlende kan følgende konkluderes om udviklingen:

- 0) Undervandsplanterne er gået markant tilbage siden 1930'erne.
- 1) Spildevandsudledningerne (fosfor) i oplandet er mindsket markant de sidste 20 år.
- 2) Den gennemsnitlige indløbskoncentration af fosfor (år) er ligeledes faldet markant fra 200-250 $\mu\text{g P/l}$ i 1972-73 til ca. 110 $\mu\text{g P/l}$ i 1989.
- 3) Den gennemsnitlige fosforkoncentration i søvandet om sommeren er ikke faldet tilsvarende markant.
- 4) Fosfortilbageholdelsen i søen er blevet relativt mindre fra 43-52% i 1972-73 til 12-27% i 1987-89 (som % af tilført fosfor).
- 5) Den gennemsnitlige sommerkoncentration af uorganisk fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) var lavere i 1989 end i tidligere år (måske bortset fra 1972).
- 6) Sigtdybden har varieret noget siden 1978. Der er ingen markant tendens mod bedre sigtdybde (bedømt ud fra målinger).

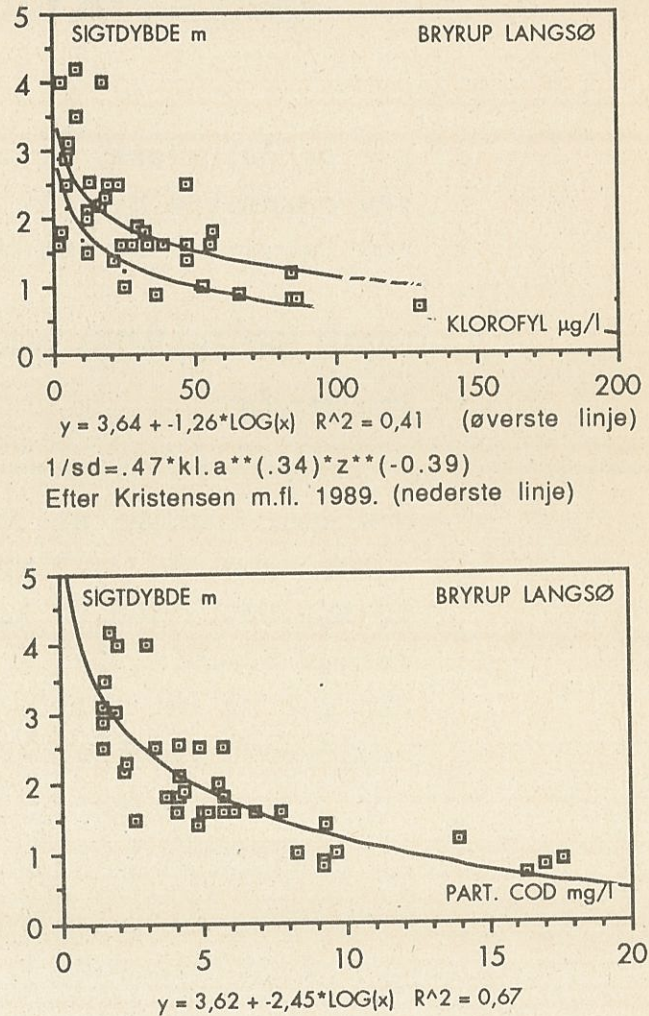
11. SAMMENHÆNGE MELLEM MÅLEDATA

Det er selvklart, at en række af de målte kemiske parametre m.v. er relateret til hinanden. I det følgende belyses nogle af disse sammenhænge.

HVAD BESTEMMER VANDETS KLARHED (SIGTDYBDE) ?

Som det fremgår af figur 11.1 er der en klar sammenhæng mellem vandets klarhed (sigtdybden) og koncentration af klorofyl og partikulært COD (alger m.v.).

Når der er meget klorofyl (alger) i søvandet er sigtdybden ringe og vice versa.

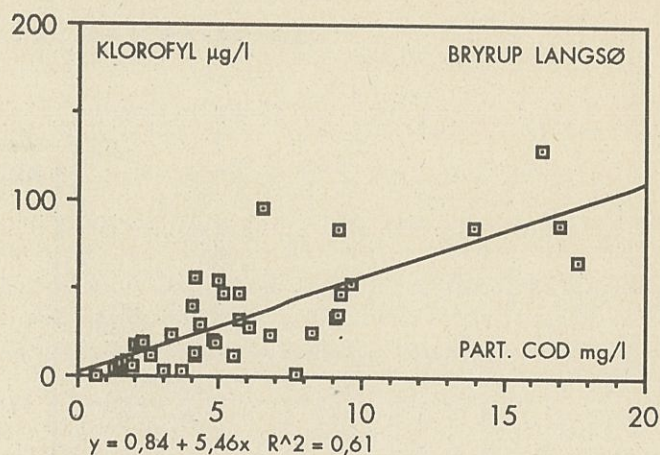


Figur 11.1 Relation mellem partikulært COD (organisk stof), klorofyl (alger) og sigtdybden i Bryrup langsø. (Alle datapar medtaget).

Kristensen m.fl., (1989) har udledt tilsvarende sammenhænge mellem klorofyl og sigtdybde. Det bemærkes dog, at resultater fra Bryrup Langsø ikke passer særligt godt ind i den generelle sammenhæng fra denne reference.

Hvorom alting er, - sigtdybden er helt klart relateret til algemængden i søen. I figur 11.2

kan man se at der også er sammenhæng mellem al-
gemængden og mængden af partikulært organisk
stof i søvandet i det hele taget.



Figur 11.2 Relation mellem partikulært COD (primært organisk stof) og algemængden udtrykt som klorofyl. Alle datapar medtaget.

HVAD BESTEMMER ALGEMÆNGDEN ?

Tilstrækkeligt med kvælstof, fosfor og lys er en forudsætning for opvækst af alger.

I sommerperioden (1/5-1/10) er der god sammenhæng mellem fosfor- og algemængde i Bryrup Langsø, (figur 11.3).

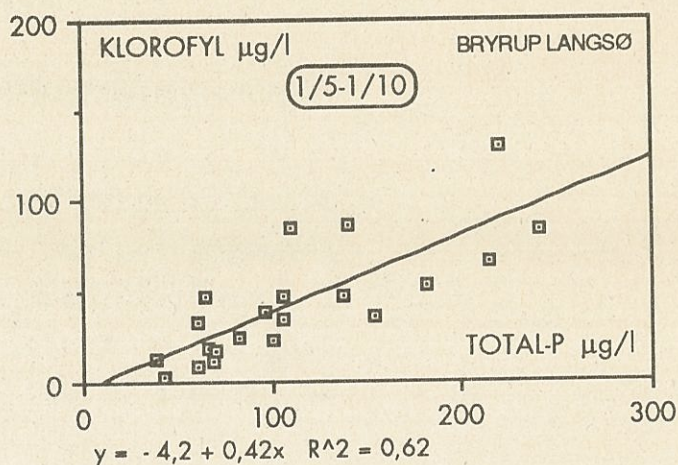
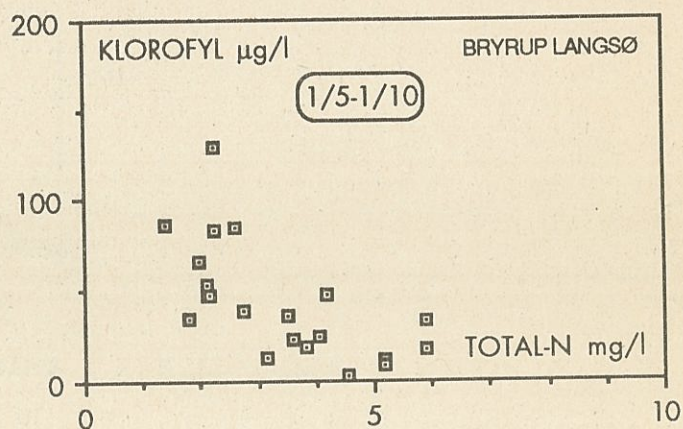
Jo mere fosfor des flere alger (klorofyl) og omvendt, - uden fosfor, ingen alger!

I figuren ser man også en tilsyneladende sammenhæng mellem kvælstof og alger; jo mere kvælstof, des færre alger (!).

Her bør man holde sig for øje, at selv om der evt. kan udledes relationer mellem 2 variable betyder dette ikke nødvendigvis, at der er en årsagssammenhæng (kausalitet).

Den tilsyneladende sammenhæng mellem kvælstof og alger afspejler blot, at kvælstofkoncentratio-

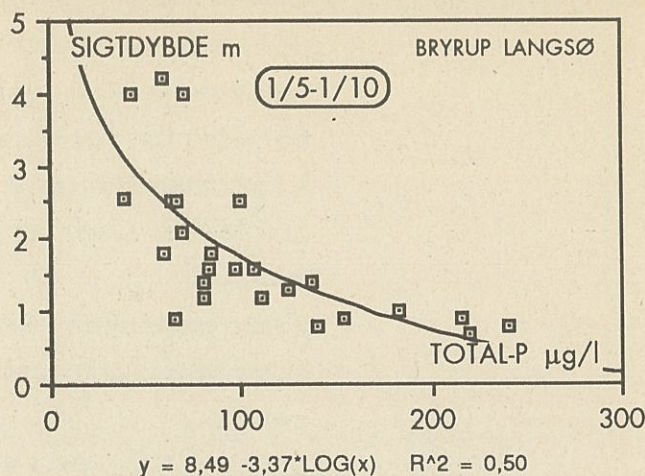
nerne er størst når fosformængden er mindst (for-sommer). Faldende kvælstofkoncentrationer (denitrifikation) sker i løbet af sommeren samtidig med at fosforindholdet stiger som følge af frigivelse fra sedimentet.



Figur 11.3

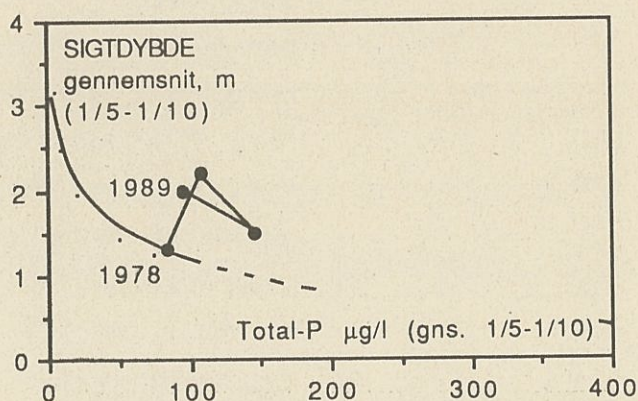
Enkeltmålte klorofylværdier afbildet mod samhørende målinger af total-fosfor og total-kvælstof i sommerperioder, Bryrup Langsø.

Sammenhængen mellem fosfor og klorofyl og klorofyl og sigtddybde er også forklaringen på den indirekte sammenhæng mellem fosfor og sigtddybde i Bryrup Langsø, (figur 11.4).



Figur 11.4 Enkeltmålte sommersigtdybde afbildet mod samhørende målinger af total-fosfor fra Bryrup Langsø's overfladevand.

Med de præsenterede relationer in mente er det måske overraskende, at der tilsyneladende ikke er sammenhæng mellem de gennemsnitlige fosforkoncentrationer om sommeren og tilsvarende gennemsnit for sigtdybder i Bryrup Langsø, (figur 11.5).



Figur 11.5 Generel relation (linie) mellem gennemsnitlig fosforkoncentration og sigtdybde i danske søer (efter Kristensen m.fl., 1989): $I/MSD = 2,01 \cdot MTP^{(0,35)}$. Data fra Bryrup langsø indlagt, årstal angivet.

Den øjensynligt manglende sammenhæng i Bryrup Langsø mellem gennemsnittene vanskeliggør det i betydelig grad at vurdere fremtidige gennemsnitlige sigtddybder, som funktion af f.eks. faldende fosforkoncentrationer (mindre spildevand til søen).

Igen bemærkes, at 3 af 4 punkter ligger væsentligt uden for den generelle relation efter referencen.

Sigtddybden er bedre end man skulle forvente ud fra de givne fosforkoncentrationer, (hvis man tror på den generelle relation).

ØVRIGE SAMMENHÆNGE

I figur 11.6 er vist udvalgte øvrige sammenhænge, (data fra 1978-89).

Idet det bør erindres, at der kan laves en meget fin relation (ret linie) mellem to punkter, synes de viste relationer måske alligevel interessante, selv om de kun hver især er baseret på 4 data-sæt.

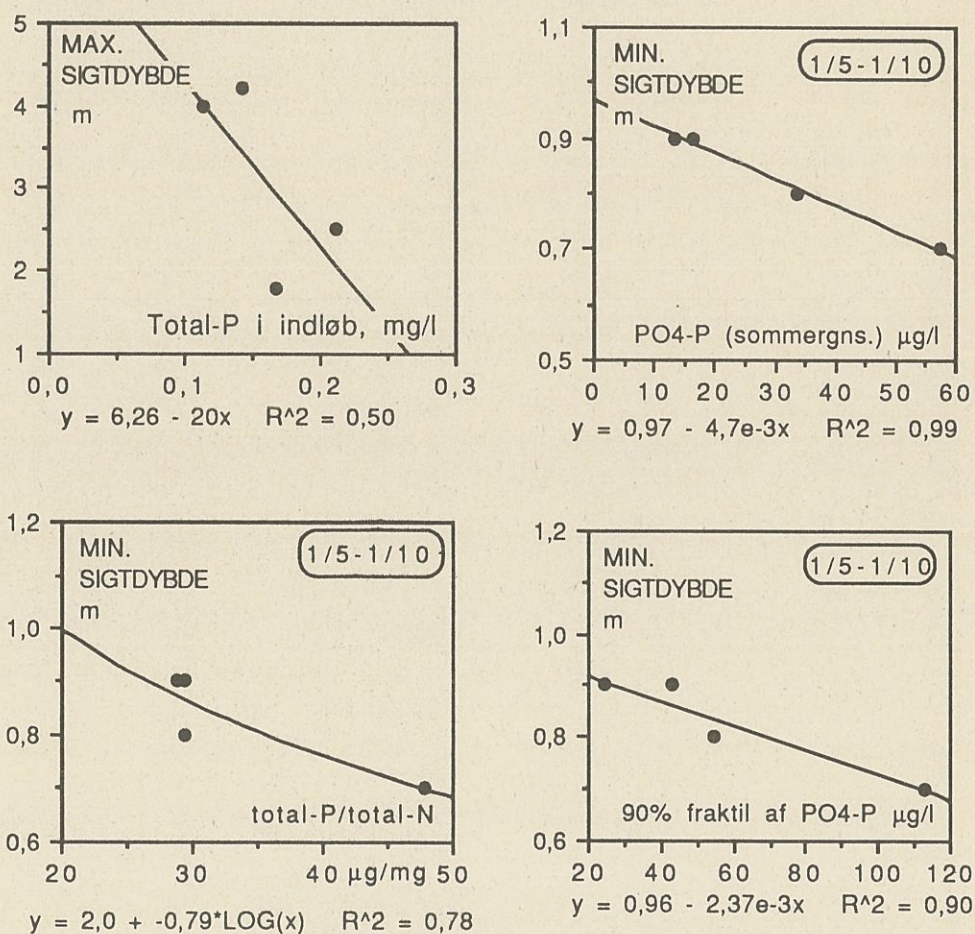
Den mindste sommersigtddybde synes at være relateret til gennemsnitskoncentration af orthofosfor. I år med relativt stort overskud af orthofosfor synes den mindst målte sigtddybde om sommeren at være lavere end i år med lavere koncentrationer af fosfor. En mulig forklaring kunne være, at i år med forholdsvis meget orthofosfor begunstiges blågrønalger og det måske er sådanne år, der i sensommeren udvikler sig til egentlige "vandblomst" ("grøn maling").

(Alternativ forklaring: I år med mange blågrønalger er sedimentationen af alger mindre, hvorfor sedimentation af fosfor mindskes, men bruttofrigivelsen af fosfor fra sedimentet ikke reduceres tilsvarende?).

Endnu længere ude på fantasiens overdrev er måske den antydede sammenhæng mellem den årlige indløbskoncentration af fosfor og den maksimale sigtddybde det pågældende år.

Det ville være interessant at se om der på det samlede danske data-materiale fra søer kunne udvikles nogle sammenhænge som antydnet her.

(Det burde måske overvejes at foretage en interkalibrering af sigtddybdemålinger amtskommunerne imellem. Sigtdybden er en nøgleparametertil karakteristik af forureningstilstanden i søerne, men kan erfaringsmæssigt være noget vanskelig at reproducere, - personafhængig!).



Figur 11.6 Diverse øvrige relationer mellem primært fosfor og sigtdybde, (1978-89). Bryrup Langsø.

12. MULIGHED FOR AT ÆNDRE TILSTANDEN

Det bør kort erindres, at forureningstilstanden i en given sø er bestemt af tilførslen af forurenende stoffer, - kvælstof, fosfor m.v.

KVÆLSTOF

Som det tidligere er vist synes der ikke at være nogen sammenhæng mellem kvælstofindholdet og Bryrup Langsø's tilstand, - f.eks. målt som algemængde.

Kvælstoftilførslerne til søen er så høje (bl.a. som følge af dyrkningsbetingede kvælstofudvaskninger), at kvælstof generelt ikke er begrænsende for algevækst i søen.

Der er sammenhæng mellem kvælstoftilførslen og de beregnede årsgennemsnit af kvælstof i Bryrup Langsø, (figur 12.1), men det kan umiddelbart vurderes at f.eks. en halvering af kvælstoftilførslen til Bryrup Langsø næppe vil have en større positiv effekt på søens tilstand.

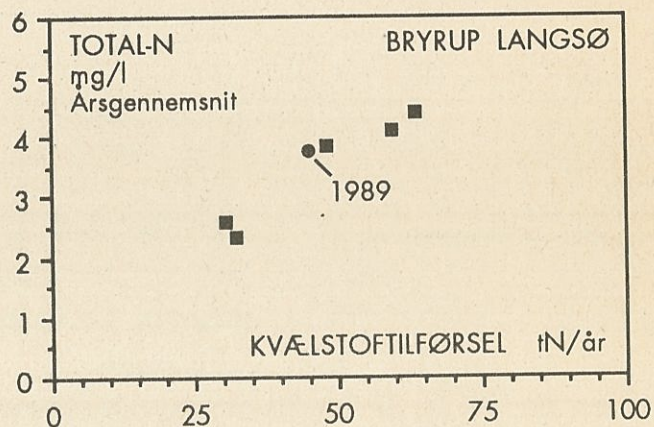
FOSFOR

I modsætning til, hvad der gjaldt for kvælstof, er det vel i rimelig grad i de foregående afsnit dokumenteret, at fosfor spiller en nøglerolle for tilstanden i Bryrup Langsø.

Selv om fosforkoncentrationerne i det til søen strømmende vand har været faldende siden 1972 (når undtages 1987) er der ikke et tilsvarende

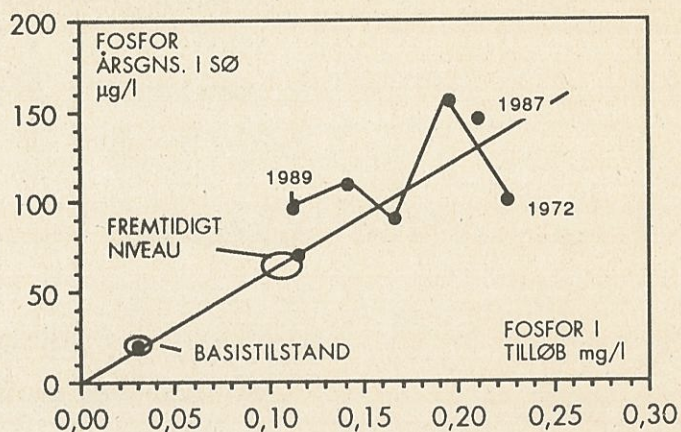
fald at spore i fosforniveauet i søen, (figur 12.2).

Dette skyldes, at fosfortilbageholdelsen i søen stedse er aftaget i denne 20 års periode, fordi der frigives fosfor fra søens sediment (mudder).



Figur 12.1

Relation mellem årlig kvælstoftilførsel og beregnet årsgennemsnit af kvælstof i Bryrup Langsø.



Figur 12.2

Beregnet årsgennemsnit af fosfor i Bryrup Langsø afbildet mod de beregnede gennemsnitlige indløbskoncentrationer af fosfor, (årsbasis, vandføringsvægtet).

BASISTILSTAND

I figuren er også angivet den formodede naturlige fosforkoncentration i søen, - ca. 20 $\mu\text{g P/l}$ som årsgennemsnit.

I en sådan naturlig tilstand ville vandet være så klart, at undervandsplanter ville være udbredt på størstedelen af søens bund. F.eks. akstusindblad, vandranunkel, kransnålalger og den biologiske tilstand i det hele taget meget anderledes end i dag, med et upåvirket dyre- og planteliv.

FREMTIDIG TILSTAND

Miljøkontoret har tidligere, (Andersen & Windolf, 1989) anslået, at når spildevandet fra Grædstrup, Davding og Slagballe er afskåret (Slagballe, 1990) og spildevandet fra Vinding ligeledes bliver afskåret (eller rensat med fosforfældning) vil den fremtidige indløbskoncentration af fosfor blive ca. 110-120 $\mu\text{g P/l}$. Der blev samtidig forudsat en maksimal tilledning af fosfor på 90 kg/år fra dambrug.

Faktisk svarede den beregnede tilførsel i 1989 til dette niveau i indløbet, men på grund af frigørelse af ophobet fosfor fra sedimentet var årsgennemsnittet af fosfor i søvandet i 1989 knap 100 $\mu\text{g P/l}$.

Såfremt man antager af fosforfrigivelsen efterhånden mindskes (sedimentpuljen udtømmes) og fosfortilbageholdelsen i søen måske bliver som beregnet først i 1970'erne (40%), vil den fremtidige fosforkoncentration i søen blive 50-75 $\mu\text{g P/l}$ som årsgennemsnit.

Meget vil dog afhænge af, hvorledes de tilførsler, der ligger ud over det formodede basisniveau udvikler sig. Som tidligere omtalt er det meget vanskeligt at udskille et dyrkningsbetinget fosforbidrag og bidrag fra spildevand fra spredt bebyggelse.

Sigtdybde

En reduktion af fosfor til et niveau på 50-75 μg P/l vil utvivlsomt medføre en reduktion i den algemængde og ændringer af hvilke arter af alger, der kan vokse op om sommeren i Bryrup Langsø.

Blågrønalger vil blive langt mindre hyppige og egentlig masseopvækst af blågrønalger, - og for den sags skyld andre alger, vil ikke forekomme. Det er dog ikke helt nemt at fremskrive søens tilstand. Bl.a. er det særdeles vanskeligt at vurdere den fremtidige sigtdybde ved de forventede fosforkoncentrationer.

Det må dog anses for givet at den målsatte sigtdybde på mindst 2 m som gennemsnit vil være overholdt ved de anslåede fosforniveauer.

Måske kan sigtdybden endog blive noget bedre, - specielt hvis der igen kan etableres en egentlig undervandsvegetation i søen.

Tidshorisont

Man har traditionelt antaget, at hurtigt gennemstrømmede søer også relativt hurtigt ville reagere på markante reduktioner i belastning med næringsstoffer.

Noget tyder dog på, at den tid der går før de kemiske og biologiske forhold i sådanne søer indstiller sig i en ny "ligevægt" med tilførslerne kan være ganske lang.

Dette indikeres måske netop af data fra Bryrup Langsø, hvor fosfortilbageholdelsen i sedimentet gradvist er blevet mindre, (bedømt ud fra tidligere publicerede massebalancer).

RECIPIENTKVALITETSPLAN

Som nævnt forventes kravene til spildevandsrensning (afskæring) i kloakerede områder overholdt inden udgangen af 1990.

Faktisk har Århus Amtsråd i 1989 udstedt påbud til Them Kommune med henblik på at få gennemført rensning/afskæring af det fosforholdige spildevand fra Vinding.

Miljøstyrelsen har efter indsendt anke givet Århus Amtskommune medhold i de stillede krav.

P.t. verserer sagen i Miljøankenævnet, hvortil Them Kommunalbestyrelse har anket Miljøstyrelsens afgørelse.

VANDMILJØPLAN

De tiltag der er gennemført og vil blive gennemført for at mindske fosfortilførslerne med spildevand til Bryrup Langsø er ikke afledt af de generelle krav i Vandmiljøplanen, men alene af kravene i Århus Amtsråds Recipientkvalitetsplan.

De generelle mindstekrav til rensning af spildevand i Vandmiljøplanen er helt utilstrækkelige til at sikre en acceptabel miljøtilstand i Bryrup Langsø (og i alle andre søer).

Nedsættes de dyrkningsbetingede kvælstofudledninger som forudsat i Vandmiljøplanen, vil dette næppe have nogen større positiv effekt på Bryrup Langsø's tilstand.

Derimod kan en eventuel mindsket tilførsel af fosfor fra det opdyrkede land nok få en positiv effekt.

Størrelsen af det aktuelle dyrkningsbetingede

Spildevand

Dyrkningsbetingede
udvaskninger

fosforbidrag er dog usikker og stærkt variabel fra år til år, hvorfor det heller ikke er muligt at vurdere, hvor meget bidraget evt. kan nedbringes.

ØVRIGE TILTAG

Selv om størrelsen af fosfortilførslerne fra spildevand fra spredt bebyggelse til Bryrup Langsø er vanskelig at dokumentere, er det sikkert, at der er en potentiel stor forureningskilde her.

Dette gælder ikke kun for Bryrup Langsø, men for en lang række andre danske søer, og det ville utvivlsomt have en miljømæssig gunstig virkning såfremt der generelt iværksættes foranstaltninger for at mindske bidraget fra denne forureningskilde, (fosforfri vaskemidler, opsamling/udspredning af spildevand e.l.).

13. REFERENCER

- Andersen, J.M. (1974): Nitrogen and phosphorus budgets and the role of sediments in six shallow Danish lakes. - Arch. Hydrobiol. 74, 528-50.
- Andersen, J.M., m.fl. (1979): Bryrup Søerne 1978. Teknisk rapport. Århus Amtskommune.
- Andersen, J.M. & Windolf, J. (1989): Bryrup Søerne 1987. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amtskommune.
- Andersen, J.M. (1977a): Rates of denitrification of undisturbed sediment from six lakes as a function of nitrate concentration, oxygen and temperature. - Arch. Hydrobiol. 80, 147-59.
- Andersen, J.M. (1975): Influence of pH on the release of phosphorus from lake sediments. - Arch. Hydrobiol. 76, 411-19.
- Andersen, J.M. (1977b): Importance of the denitrification process for the rate of degradation of organic matter in lake sediments. - Proc. Internat. symp. Amsterdam, 1976: Interactions between sediments and fresh water. The Hauge 1977, 357-62.
- Andersen, J.M. et.al. (1990): Vandkvalitet i kilder i Århus Amt 1988-89. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amtskommune.
- Bach, F. (1990), (pers.meddel.): Registrering af Opret Vissenurt (*Quercus erectus*.var.*mortalis*, B.) 1. april 1989.
- DMU (1989), (upubl.): Udkast til teknisk anvisning for fiskeundersøgelser i søer.

Gudenåundersøgelsen 1973-75: Rapporter udgivet af Gudenåudvalget. Udarbejdet af VKI (1975a,b,c).

Hansen & Wegner (1989): Fisk i Bryrup Langsø, 1988. Teknisk rapport til Miljøkontoret, Århus Amtskommune.

Jacobsen, O.S. (1977): Sorption of phosphate by Danish lake sediments. - Vatten 33, 290-98.

Leonhard, S. & Grøn, P. (1990): Smådyr i Bryrup Langsø, 1988. Teknisk rapport til Miljøkontoret, Århus Amtskommune.

Wium-Andersen, S. & Schierup, H.H. (1975): Kartering af rørsump- og flydebladsvegetation i udvalgte søer i Gudenåsystemet. Gudenåundersøgelsen 1974-75. Rapport nr. 26.

Windolf, J. (1990b): Ørn Sø og Funder Å, 1989. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amtskommune.

Windolf, J. (1990a): Stationering og oplandskarakteristik. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amtskommune.

Århus Amtskommune (1989): Forslag til Recipientkvalitetsplan, 1989. Bind 1 Vandløb, søer og kystvande. Krav til spildevandsrensning.

14. BILAG

Bilagsoversigt

Bilag 2.1	Analysemetodik.
Bilag 7.1	Overslag over kilder til stoftransport i vandløb.
Bilag 8.2	Fytoplankton, rådata.
Bilag 8.3	Zooplankton, rådata.
Bilag 8.7	Smådyr, artsliste.
Bilag 10.1	Kilder til stoftilførsel til sø, 1972-89.
Bilag 10.2	Udvikling i tilstand, gennemsnit af målinger m.v.

Laboratoriets retningslinier for analyse af recipientvand:

Samme dag som prøven afleveres skal der:

- bestemmes pH
- måles alkalinitet
- filtreres til klorofyl
- filtreres til analyse.

Er det sent på dagen stilles prøven herefter på køl til næste morgen, hvor alle analyser foregår.

Referencer, detektionsgrænse og analyseusikkerhed er angivet i skemaet herunder:

Parameter	Reference	Detektionsgrænse	Analyseusikkerhed
Total-fosfor	DS 292	2 µg/l	± 8% (fra 10 µg/l) ± 8-30% (2-10 µg/l)
Ortofosfat-fosfor	DS 291	1 µg/l	± 5% (fra 10 µg/l) ± 5-20% (1-10 µg/l)
Total-COD	DS 217	< 1 mg/l	± 10% (fra 5 mg/l) ± 10-30% (1-5 mg/l)
NH ³ -N	DS 224	1 µg/l	± 10% (fra 15 µg/l) ± 10-50% (1-15 µg/l)
Total-N	DS 221	< 10 µg/l	± 10% (fra 30 µg/l) ± 10-30% (10-30 µg/l)
Nitrit-nitrat-N	DS 223	< 1 µg/l	± 8% (fra 10 µg/l) ± 8-30% (1-10 µg/l)
pH	DS 287		± 0,01 pH
Ledningsevne	DS 288		± 10%
Silicium	"Vandkemi" af S.E. Jørgensen	0,2 mg/l	± 10% (fra 1 mg/l) ± 15% (0,2-1 mg/l)
Suspenderet stof	DS 207	0,5 mg/l v. 500 ml	10-25%
Glødetab	DS 207	1,0 mg/l v. 500 ml	10-25%
Jern	DS 219	< 0,01 mg/l	± 10-15%
BI ₅	DS 254 DS 277	0,5 mg/l	± 10-15% (fra 5 mg/l) ± 15-30% (0,5-5 mg/l)
Klorofyl-ukorrigeret	DS 2210	< 1 µg/l	15% (fra 20 µg/l) 20-50% (1-20 µg/l)

KILDEOPSPLITNING 1989. FOSFOR

Nr.	Station	Q 10 ⁶ m ³	Basis kg P/år	Dambrug kg P/år	Spredt bebyg. kg P/år	Kloakerede områder kg P/år	Dyrknings- bidrag kg P/år	Total kg P/år
090275	Nimdrup Bæk	4,04	120	127	140 1)	70	36	493
090536	Afløb Karl Sø 2)	0,28	4	0	0-10	0	14	28
090274	Kringelbæk	0,22	7	0	20 3)	40 3)	17	84
090467	Tilløb fra Nord	0,13	4	0	1 4)	0	1 4)	6
090064	Tilløb fra SV	0,06	2	0	2 4)	0	2 4)	6
-	Umålt opland	0,27	8	0	9 4)	0	9 4)	27
-	Indsivning	1,1	34	0	0	0	0	34
	Total	6,1	179	127	ca. 182	110	79	678

Tabel 7.1

Skønnet overslag over kildefordelingen af fosfor tilført Bryrup Langsø 1989.

Fordelingen er meget usikker.

Beregningsforudsætninger: (tabel 7.1 og 7.2) dog:

Basisbidrag: 30 µg P/l.

- 1) 25% af produktion når frem til målestation.
- 2) Tilbageholdelse af P i Karl Sø 50%. 20 kg P når frem til Karl Sø ?! fra spredt bebyggelse.
- 3) 25% af spildevand fra Vinding når frem til målestation.
10% af spildevand fra spredt bebyggelse når frem.
- 4) Forskel på målt transport og basistransport fordelt ligeligt mellem spredt bebyggelse og dyrkning.

[illegible]

[illegible]

Page 3

	24-jan	21-feb	21-mar	12-apr	20-apr	9-mai	23-mai	7-jun	20-jun	6-jul	19-jul	3-aug	27-aug	14-sep	26-sep	10-okt	24-okt	23-nov	21-dec
BLÅGRØNALGER																			
Microcystis spp.										1,096			2,525		0,734	0,096		0,858	
Microcystis wessenbergii	0,003												8,879						
Blågrønalge-celle														1,216					0,413
Anabaena sp.	0,037						0,095	0,238	0,152			0,629							
Aphanizomenon flos-aquae									0,028				0,017						
Pseudanabaena mucicola													0,243						
BLÅGRØNALGER I ALT	0,04	0	0	0	0	0	0,095	0,238	0,18	1,096	0	0,629	11,664	1,216	0,734	0,096	0	0,858	0,413
FUREALGER																			
Gymnodinium spp.																			
Gymnodinium fuscum				1,375	1,8													0,09	0,076
Peridinium willeyi													1,375						
FUREALGER I ALT	0	0	0	1,375	1,8	0	0	0	0	0	0	0	1,375	0	0	0	0	0,09	0,076
DIVERSE																			
div 1 (<5 µ)		0,014	0,021	0,183	0,225								0,295	0,092	0,334	0,013			0,003
div 2 (5 - 10 µ)		0,047	0,259	0,513	0,04	1,169	0,004							0,307	0,64	1,584			0,124
div 3 (> 10 µ)														0,614					
BIOMASSE I ALT	2,679	15,762	9,323	15,25	17,184	3,763	0,554	17,62	1,31	2,308	0	4,528	13,891	6,662	3,646	12,662	0	0,98	0,974

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON

INDIVIDANTAL OG BIOMASSE

9 tabeller og 1 bilag

udført for

ÅRHUS AMTSKommUNE

DATO: 01.03.1990

KONSULENTER:

MILJØBIOLOGISK LABORATORIUM
CAND. SCIENT. SUZANNE BOSSELMANN

BAUNEBJERGVEJ 5 * DK-3050 HUMLEBÆK * TLF. 49 16 00 44

8.51-21-5-5-89
36²

BRYRUP LANGSØ 1990																			
ZOOPLANKTON BIOMASSE I MG VÅD VÆGT/LITER																			
BLANDINGSPRØVE 0-8 M.																			
DATO:	24.1	21.2	21.3	12.4	20.4	9.5	23.5	7.6	20.6	6.7	19.7	3.8	22.8	12.9	26.9	10.10	24.10	23.11	21.12
CILIATER	0.003	0.01	0.06	0.06	0.45	0.01	0.03	0.74	0.39	0.91	0.22	0.20	0.23	0.03	0.08	0.12	0.09	0.07	0.04
ROTATORIER	0.03	0.01	0.07	0.60	0.89	1.29	0.03	0.002	0.17	0.71	0.54	1.07	1.26	0.25	0.27	0.08	0.03	0.003	0.07
CLADOCERER	0.52	0.23	0.29	0.22	0.32	1.60	7.99	0.21	1.57	0.74	0.13	0.08	0.88	1.56	0.89	3.02	0.95	0.48	0.36
COPEPODER	1.04	2.38	0.98	0.52	1.19	3.15	4.48	2.26	1.37	0.50	0.26	0.15	0.47	0.73	0.68	0.53	0.07	1.03	0.53
ZOOPLANKTON I ALT	1.59	2.63	1.40	1.40	2.86	6.04	12.52	3.21	3.49	2.86	1.15	1.50	2.84	2.56	1.93	3.75	1.14	1.58	0.99

x = <0.001 mg/l

TABEL 4

BRYRUP LANGSØ 1990																			
ZOOPLANKTON BIOMASSE PROCENTVIS SAMMENSÆTNING																			
BLANDINGSPRØVE 0-8 M.																			
DATO:	24.1	21.2	21.3	12.4	20.4	9.5	23.5	7.6	20.6	6.7	19.7	3.8	22.8	12.9	26.9	10.10	24.10	23.11	21.12
CILIATER	0.003	0.006	0.009	0.004	0.006	0.01	0.002	0.003	0.007	0.002	0.005	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002
% af total	0.2	0.4	4	4	16	0.2	0.2	23	11	32	19	14	8	1	4	3	8	4	4
ROTATORIER	0.03	0.01	0.07	0.60	0.89	1.29	0.03	0.002	0.17	0.71	0.54	1.07	1.28	0.25	0.27	0.08	0.03	0.003	0.07
% af total	2	0.3	5	43	31	21	0.2	0.1	5	25	47	71	44	10	14	2	3	0.2	7
CLADOCERER	0.52	0.23	0.29	0.22	0.32	1.60	7.99	0.21	1.57	0.74	0.13	0.08	0.88	1.56	0.89	3.02	0.95	0.48	0.36
% af total	33	9	20	15	11	26	64	6	45	26	11	6	31	61	46	80	83	31	36
COPEPODER	1.04	2.38	0.98	0.52	1.19	3.15	4.48	2.28	1.37	0.50	0.26	0.15	0.47	0.73	0.68	0.53	0.07	1.03	0.53
% af total	66	90	70	37	42	52	36	70	39	17	22	10	17	28	35	14	6	65	53

TABEL 5

BRYRUP LANGSØ 1990																			
ZOOPLANKTON BIOMASSE I MG TØR VÆGT / LITER																			
BLANDINGSPRØVE 0-8 M.																			
DATO:	24.1	21.2	21.3	12.4	20.4	9.5	23.5	7.6	20.6	6.7	19.7	3.8	22.8	12.9	26.9	10.10	24.10	23.11	21.12
CILIATER	x	0.001	0.01	0.01	0.05	0.001	0.003	0.07	0.04	0.09	0.02	0.02	0.02	0.003	0.01	0.01	0.01	0.01	0.004
ROTATORIER	0.005	x	0.004	0.04	0.06	0.07	0.003	x	0.009	0.07	0.05	0.07	0.08	0.02	0.02	0.007	0.003	x	0.003
CLADOCERER	0.05	0.02	0.03	0.02	0.03	0.16	0.80	0.02	0.16	0.07	0.01	0.01	0.09	0.16	0.09	0.30	0.09	0.05	0.04
COPEPODER	0.10	0.24	0.10	0.05	0.12	0.31	0.45	0.23	0.14	0.05	0.03	0.01	0.05	0.07	0.07	0.05	0.01	0.10	0.05
ZOOPLANKTON I ALT	0.16	0.26	0.14	0.12	0.26	0.55	1.25	0.32	0.34	0.29	0.11	0.11	0.24	0.25	0.19	0.37	0.11	0.16	0.10

x = <0.001 mg/l

TABEL 6

BRYRUP LANGSØ 1990																			
ZOOPLANKTON BIOMASSE I MG C/LITER																			
BLANDINGSPRØVE 0-8 M.																			
DATO:	24.1	21.2	21.3	12.4	20.4	9.5	23.5	7.6	20.6	6.7	19.7	3.8	22.8	12.9	26.9	10.10	24.10	23.11	21.12
CILIATER	x	x	0.003	0.003	0.02	0.001	0.001	0.04	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01	0.001	0.004	0.01	0.005	0.003	0.002
ROTATORIER	0.003	x	0.002	0.02	0.03	0.04	0.002	x	0.00	0.04	0.03	0.04	0.04	0.01	0.01	0.004	0.002	x	0.002
CLADOCERER	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.08	0.40	0.01	0.08	0.04	0.01	0.004	0.04	0.08	0.04	0.15	0.05	0.02	0.02
COPEPODER	0.05	0.12	0.05	0.03	0.06	0.16	0.22	0.11	0.07	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.03	0.03	0.00	0.05	0.03
ZOOPLANKTON I ALT	0.08	0.13	0.07	0.06	0.13	0.27	0.63	0.16	0.17	0.14	0.06	0.06	0.12	0.13	0.09	0.19	0.06	0.08	0.05

x = <0.001 mg/l

TABEL 7

BRYRUP LANGSØ 1990
ZOOPLANKTON BIOMASSE I μG VAD VÆGT / LITER

BLANDINGSPRØVE 0-8 M.

DATO: 24.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 26.9 10.10 24.10 23.11 21.12

CILIATER

Pleurostomata																		
Coleps sp.																		
Strombidium/Strombidium spp.																		
Tontonia sp.																		
Codonella lacustris																		
Tintinnider øvrige																		
Epistylis sp.																		
Vorticella sp.																		
Ciliater <20 μm , øvrige																		
Ciliater 20-100 μm , øvrige																		
Ciliater >100 μm øvrige																		
CILIATER I ALT																		

TABEL 2

BRYRUP LANGSØ 1990

ZOOPLANKTON BIOMASSE I μ G VÅD VÆGT / LITER

BLANDINGSPRØVE 0-8 M.

DATO:

ROTATORIER

Brachionus calyciflorus

B. diversicornis

B. angularis

Keratella quadrata

K. hiemalis

K. cochlearis

Kellicottia longispina

Notholca acuminata

N. squamula

N. foliacea

Euchlanis dilatata

Cephalodella sp.

Trichocerca birostris

T. capucina

T. porcellus

T. pusilla

T. spp.

Asplanchna priodonta

Synchaete sp.

Polyarthra vulgaris

P. dolichoptera

Pompholyx sulcata

Filinia longiseta

F. cornuta

Conochilus unicornis

C. natans

Collothece sp.

Rotatorier, indet.

ROTATORIER I ALT

2

TABEL 2

BRYRUP LANGSØ 1990
ZOOPLANKTON BIOMASSE I MG VÅD VÆGT / LITER

BLANDINGSPRØVE 0-8 M.

DATO: 24.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 26.9 10.10 24.10 23.11 21.12

CLADOCERER

Diaphanosoma brachyurum	0.14	0.11	0.19	0.16	1.25	4.32	0.11	1.05	0.16	0.01					0.27	0.06	0.10	0.20
Daphnia galeata					0.04	3.32	0.09	0.51	0.37	0.01		0.17	0.10	0.37	0.80	0.20	0.23	0.14
D. cucullata									0.03				0.23	0.06	0.07	0.02		
Ceriodaphnia quadrangula	0.06	0.05	0.03	0.09	0.05					0.01		0.55	1.17	0.42	1.56	0.64		
Bosmina longirostris	0.32	0.14			0.26				0.02	0.06	0.03	0.15	0.04		0.06	0.03		
B. coregoni									0.15	0.05	0.05	0.02	0.01	0.04	0.26		0.15	0.02
Chydorus sphaericus		0.04	0.15	0.03	0.27	0.10	0.01	0.01										
CLADOCERER I ALT	0.52	0.23	0.29	0.22	0.32	7.99	0.21	1.57	0.74	0.13	0.08	0.88	1.56	0.89	3.02	0.95	0.48	0.36

COPEPODER

Eudiaptomus sp.	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.06	0.02		0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
Nauplier																		
Copepoditer	0.05		0.02		0.05	0.26	0.35	0.15	0.41	0.34	0.14	0.02	0.12	0.21	0.15	0.28	0.01	0.16
Eudiaptomus graciloides																		
Adulte	0.04			0.05	0.12	0.27	1.04	0.67	0.06	0.03	0.03	0.05	0.04	0.23	0.19	0.03	0.34	0.11
E. gracilis																		
Adulte							0.66	0.15						0.17	0.06	0.04	0.14	0.11
Cyclopoides nauplier	0.03	0.02	0.02	0.09	0.36	0.46	0.69	0.05	0.06	0.02	0.06	0.01	0.01	0.06	0.01	0.002	0.03	0.03
Cyclops sp.																		
Copepoditer	0.86	1.97	0.29	0.21	0.46	2.05	2.64	0.04	0.01	0.05	0.02	0.04					0.04	
Cyclops strenuus																		
Adulte	0.05	0.38	0.20	0.08	0.06	0.06											0.06	0.10
Cyclops vicinus																		
Adulte			0.41	0.07	0.08	0.04	0.06	0.30									0.179	
Mesocyclops leuckarti																		
Copepoditer		0.02			0.01	0.04	0.40			0.004	0.01	0.02	0.22	0.04	0.27	0.13	0.04	0.03
Adulte					0.14	0.09	0.02					0.05			0.02			
COPEPODER I ALT	1.04	2.38	0.98	0.52	1.19	3.15	4.48	2.26	1.37	0.50	0.26	0.15	0.47	0.73	0.68	0.53	0.07	0.53

TABEL 3

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON INDIVIDANTAL / LITER

BLANDINGSPRØVE 0-8 M.

2

DATO: 14.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 26.9 10.10 24.10 23.11 21.12

ROTATORIER

Brachionus calyciflorus æg				x	4	2						33				2	7		
Brachionus diversicornis æg					2					50	180	161	18						
B. angularis æg	x	1	2	4	7	80	7			3	x	55	16	x					
Keratella quadrata æg	1	1	x	45	187	144	10	3	27	242	90	6	20	20	8	30			1
K.hiemalis æg	x	x	1	14	240	280			8	20	8				2	6			1
K. cochlearis æg	x	x	42	124	55	520	615	45	90	2486	135	605	5290	1405	970	310	200	48	30
K.c.tecta æg				18	15	170	90	4	45	572	30	265	1150	84	130	50	15	21	18
K.c.hispida æg						12	10			140	60	50	216			8			
Kellicottia longispina æg						8				60	23	11	54	x	120				
Notholca acuminata æg																			x
N. squamula æg																			
N. foliacea æg				16	x														
Euchlanis dilatata æg				x				x		11	9	x	27	5	3				
Cephalodella sp. æg										748	120								
Trichocerca birostris æg						x					45		9			25			
T. capucina æg										10	83	89	16		35				
T. porcellus æg					x						7	77							
Trichocerca pusilla æg										15	30	187	18						
T. spp. æg											15								
Asplanchna priodonta æg	2	1	3	36	35	56		11	x	x	12	71	100	15	15				3
Synchaete sp. æg	x		3	14	32	8		x		75		303	5			2			
P. vulgaris æg				54	123	104	x		1	792	383	655	1916	160	340	48	35	15	
Polyarthra dolichoptera æg	1	x	12	297	368														

x = <1 ind/l

TABEL 1

BRYRUP LANGSØ 1989 ZOOPLANKTON INDIVIDANTAL / LITER																				3
BLANDINGSPRØVE 0-8 M.																				
DATO:																				
	14.1	21.2	21.3	12.4	20.4	9.5	23.5	7.6	20.6	6.7	19.7	3.8	22.8	12.9	26.9	10.10	24.10	23.11	21.12	
Pomholyx sulcata æg			x											60	75	45				
Filinia longiseta	1	1	18	45	139	24	x			946	293	110	90	138	92	62	40	2	1	
F. cornuta									x	110	15	22	198							
Conochilus unicornis			x	9	16	312												x		
Conochilus natans	10	x	1	x														x	2	
Collotheca sp.										x	15	55		55						
Rot. indet.				243		28		118		720	78	55								
CLADOCERER																				
Diaphanosoma brachyurum										1										
Daphnia galeata æg	2	x	2	3	4	23	35	1	7	2						5	5	1	2	
D. cucullata æg				2	5	23	56	5								1				
Ceriodaphnia quadrangula æg						2	111	7	20	29	2		10	6	23	50	8	11	9	
Bosmina longirostris æg	4	3	2				6	6	14	4			23	4	9	16		7	3	
B. coregoni æg										5				14	7	4	1			
Chydorus sphaericus æg														9						
Leptodora hyalina														248	70	225	93			
	4	3	2	10	7	x				2			117	50	48		1			
	x	x		2	x								36	5		6	3			
	9	5	x	x			9			2	6	5	16	5						
	3										3	4	2							
	x	3	5	3	9	38	18	5	4	40	16	17	6	6	10	50		24	3	
				1	5	4	6		4	16	3	11	2	4	2	9		4		
					0.6		0.2	0.2	1							0.2				

x = <1 ind/l

TABEL 1

BRYRUP LANGSØ 1989																			
ZOOPLANKTON INDIVIDANTAL / LITER																			
BLANDINGSPRØVE 0-8 M.																			
DATO:	14.1	21.2	21.3	12.4	20.4	9.5	23.5	7.6	20.6	6.7	19.7	3.8	22.8	12.9	26.9	10.10	24.10	23.11	21.12
COPEPODER																			
Eudiaptomus sp.																			
Nauplier	6	7	11	15	15	13	28	15	38	8	x	2	8	10	6	12	7	11	11
Copepoditer	3	x	1	x	3	11	18	6	21	20	8	1	4	12	7	12	1	9	6
Eudiaptomus graciloides																			
Adulte	1		x	1		2	6	20	13	1	1	1	1	5	4	1	x	6	2
æg									43										
Eudiaptomus gracilis																			
Adulte								10	2					3	1	1		2	2
æg									7										
Cyclopoide nauplier	16	16	7	56	171	336	230	36	29	11	45	5	10	36	6	8	1	14	9
Cyclops sp.																			
Copepoditer	26	55	9	7	25	74	85	1	5	1	4	8		x		x		1	
Cyclops strenuus																			
Adulte	1	7	2	2	1	1													2
Cyclops vicinus																			
Adulte	x		2	1	1	2	5	4										2	
Mesocyclops leuckarti																			
Copepoditer			1		1	1	7		2	1	2	2	16	5	31	12	4	2	
Adulte					5	3	1						3			1			

x = <1 ind/l

TABEL 1

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON ARTERNES DIMENSIONER I μM OG VOLUMEN I 10-3 $\mu\text{g}/\text{INDIVID}$

l=længde, b=bredde, d=diameter

DATO:

CILIATER

Pleurostomata

l

b

volumen $\pi/12 \times b^2 \times l$

Coleps sp.

l

b

volumen $\pi/12 \times b^2 \times l$

Strombidium sp.

l

b

volumen $\pi/6 \times b^2 \times l$

Tontonia sp.

l

volumen $\pi/6 \times l^3$

Codonella lacustris

l

b

volumen $\pi/6 \times b^2 \times l$

Tintinnider, øvrige

l

b

volumen $\pi/6 \times b^2 \times l$

Epistylis sp.

l

b

volumen $\pi/6 \times b^2 \times l$

TABEL 8

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON ARTERNES DIMENSIONER I μM OG VOLUMEN I $10^{-3} \mu\text{G/INDIVID}$

l=længde, b=bredde, d=diameter

DATO: 24.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 26.9 10.10 24.10 23.11 21.12

Vorticella sp.

l
volumen $\pi/6 \times l^3$ 42
41Ciliater <20 μm d
volumen $\pi/6 \times d^3$ 16
2.216
2.2Ciliater 20–100 μm d
volumen $\pi/6 \times d^3$ 31
1633
2133
1631
1631
1631
1631
16Ciliater >100 μm l
b
volumen $\pi/18 \times b^2 \times l$ 144
133
407137
102
263144
132
440131
101
233143
108
435150
127
441151
135
505175
152
774158
146
833161
146
805

ROTATORIER

Brachionus calyciflorus

l
volumen $0.12 \times d^3$ 305
3464305
3464176
656271
2561271
2561271
2561271
2561271
2561271
2561

Brachionus diversicornis

l
volumen $0.12 \times d^3$ 209
1222208
1127175
658198
985198
985198
985198
985198
985198
985

Brachionus angularis

l
volumen $0.12 \times d^3$ 167
553157
464157
464166
579165
578165
578165
578165
578165
578

Keratella quadrata

l
volumen $0.22 \times l^3$ 134
367144
446154
549139
410126
298133
361127
315127
315127
315127
315

TABEL 8

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON ARTERNES DIMENSIONER I μ M OG VOLUMEN I 10⁻³ μ G/INDIVID

3

l=længde, b=bredde, d=diameter

DATO:

24.1

21.2

21.3

12.4

20.4

9.5

23.5

7.6

20.6

6.7

19.7

3.8

22.8

12.9

26.9

10.10

24.10

23.11

21.12

Keratella hiemalis			111	115	116	114													111
volumen 0.22x13			205	229	232	221													205
Keratella cochlearis			92	92	87	114	90	74	75	74	72	80	81	81	82	86	83	104	104
volumen 0.04x13			31	31	26	59	29	16	17	16	14	20	21	21	21	26	23	45	25
Kellicottia longispina																			
volumen 0.03x13						130													
Notholca acuminata						65													
volumen 0.035x13			202	206	219	219													
Notholca squamula			147	305	385	385													
volumen 0.035x13			84																
Notholca foliacea			11																
volumen 0.035x13				146															
Euchlanis dilatata				110															
volumen 0.1x13										164	183		198	168	164				
Cephalodella sp.										444	629		789	472	472				
b																			
volumen 0.52x13										56	56								
										52	52								
										77	77								

TABEL 8

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON ARTERNES DIMENSIONER I μ M OG VOLUMEN I 10⁻³ μ G/INDIVID

4

l=længde, b=bredde, d=diameter

DATO: 24.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 26.9 10.10 24.10 23.11 21.12

Trichocerca birostris

l 160 173 174

b 44 44 47

volumen 0.52xb2xl 165 178 199

Trichocerca capucina

l 241 246 252 241 228

b 68 72 69 68 70

volumen 0.52xb2xl 586 662 620 586 584

Trichocerca pueilla

l 77 76 73 77

b 33 32 31 33

volumen 0.52xb2xl 44 40 38 44

Trichocerca porcellus

l 167 131

b 58 56

volumen 0.52xb2xl 294 210

Trichocerca spp.

l 85

b 47

volumen 0.52xb2xl 100

Asplanchna priodonta

l 352 337 408 348 374 417

b 10413 8830 16043 10070 13718 17164

volumen 0.23xl3 389 14937 373 319 316 347 341 359 445

volumen 0.23xl3 10413 8830 16043 10070 13718 17164 20356

Synchaeta sp. etor

l 201 172 174 170

b 824 519 566 495

volumen 0.1xl3 312 135 162 437

Polyarthra vulgaris

l 123 114 100

b 520 416 291

volumen 0.28xl3 98 264 263 216 131 77 82 87 82 86 86

TABEL 8

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON ARTERNES DIMENSIONER I μm OG VOLUMEN I 10-3 μg VÅD VÆGT/INDIVID

5

l=længde, b=bredde, d=diameter

DATO: 24.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 26.9 10.10 24.10 23.11 21.12

Polyarthra dolichoptera

l 122 115 113 103
volumen 0.28x13 509 423 409 310

Pompholyx sulcata

l 81 79 79
volumen 0.28x13 80 83 74 74

Filinia longiseta

l 154 135 130 130 152 163
volumen 0.13x13 499 337 290 293 470 562

Filinia cornuta

l 103 103 102 103
volumen 0.13x13 142 142 138 142

Conochilus unicornis

l 109 109 95
b 93 93 75
volumen 0.26xb2xl 246 246 155

Conochilus natans

l 164 176
b 149 148
volumen 0.26xb2xl 979 1087

Collothece sp.

b 29 44
volumen 1.8xb3

Rot. indet.

l 78 78 77
volumen 0.15x13 84 84 257 70 73 70

181
128
1284

TABEL 8

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOPLANKTON ARTERNES DIMENSIONER I μ M OG VOLUMEN I μ G VAD VÆGT/INDIVID

l=længde, b=bredde, d=diameter

DATO:

24.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 26.9 10.10 24.10 23.11 21.12

CLADOCERER

Diaphanosoma brachyurum

I

volumen 50.5x13.05

668
15.2

Daphnia galeata

I

volumen 140.1x12.54

806 694 667 568 653 877 802 1037 794
88.7 61 63.2 34.1 54.2 123.3 80.9 160.1 82.2

Daphnia cucullata

I

volumen 140.1x12.54

601 793 550 709 557 450
15.9 29.9 12.8 25.3 12.9 7.7

Ceriodaphnia quadrangula

I

volumen 128x13.34

364
5.1

Bosmina longirostris

I

volumen 219.8x13.04

385 416 416
12.9 16.3 16.2

349 311
9.5 6.4

Bosmina coregoni

I

volumen 219.8x13.04

535 489
34.6 28.5

493
25.9

Chydorus sphaericus

I

volumen 219.8x13.04

404 289 340 332 312 290 249 229 261 243 244 231 221 261 285 305 299
14 4.9 9 8.3 7 5.3 3.4 2.6 3.8 3.1 3.2 2.6 2.4 4.1 5.2 6.4 6

TABEL 9

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON ARTERNES DIMENSIONER I μ M OG VOLUMEN I μ G VAD VÆGT/INDIVID

l=længde, b=bredde, d=diameter

DATO:

24.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 26.9 10.10 24.10 23.11 21.12

COPEPODER:

Eudiaptomus spp.

nauplier

l

245 238 277 266 286 272 243 216 250 286

287 286 278 297 251 300 248 268

volumen 34.66x12.26

1.7 1.5 2.2 2 2.4 2.1 1.5 1.2 1.7 1.9

2.5 2.5 2.1 2.4 1.6 2.3 1.7 2

copepoditer

l

664 715

729 706 931 721 765 803 601 801 843

volumen 34.66x12.26

14.8 16.6

15.1 23 20 24.4 19.8 17.4 17.6 17.3 30.4 17.8 20.9 23.7 11.1 22.7 25.9

Eudiaptomus graciloides

adulte

l

1132 1144

1172 1172 1194 1204 1244 1244 1203 1203 1190 1192 1192

volumen 34.66x12.26

46.4 47.1

49.8 49.8 51.9 53 57 57 52.6 52.6 51 51.7 51.7 56.5 56.1

Eudiaptomus gracilis

adulte

l

1321 1306

1310 1295 1292 1357 1326

volumen 34.66x12.26

65.6 63.9

64 62.5 62.5 69.3 65.8

Cyclopoidae nauplier

l

232 185 280 212 232 190 279 201 237 285

228 217 161 209 217 248 229 240 280

volumen 42.63x12.12

2 1.2 3 1.7 2.1 1.2 3 1.5 2.2 2.1

1.3 1.1 927 1.6 1.7 2.2 1.9 2.2 3.1

Cyclops spp.

copepoditer

l

884 919 859 812 636 796 829 820 524 1203

447 423

volumen 42.63x12.12

38.2 35.9 31.7 29.4 18.4 27.8 31.1 29.9 10.9 52.6

5.8 5.1

1013 44.2

TABEL 9

BRYRUP LANGSØ 1989

ZOOPLANKTON ARTERNES DIMENSIONER I μm OG VOLUMEN I μg VÅD VÆGT/INDIVID

l=længde, b=bredde, d=diameter

DATO: 24.1 21.2 21.3 12.4 20.4 9.5 23.5 7.6 20.6 6.7 19.7 3.8 22.8 12.9 28.9 10.10 24.10 23.11 21.12

3

Cyclops strenuus

adulte

I 1008 1049 1035 1051 1103 1061

volumen 42.63x12.12 43.48 47.7 46 47.6 52.7 48.5

1122 1209

55.9 64.7

Cyclops vicinus

adulte

I 1264 1215 1255 1252 1395 1357

volumen 42.63x12.12 70.1 64.9 69.1 68.9 88.1 81.8

1414

89.4

Mesocyclops leuckarti

copepoditer

I 752 18.7

volumen 35.6x12.26 586 956 833 391 423 540 851 497 526 553 551 685

1414

89.4

adulte

I 901 904 905 725 771

volumen 35.6x12.26 29 29 29 17.3 19.8

TABEL 9

Faunaens fordeling på de forskellige prøvetyper
ved undersøgelsen af Bryrup Langsø, oktober 1988

BRYRUP LANGSØ 1988	TOTAL		PRØVETYPE					
	ANTAL	%	BUNDPRØVER		STENPRØVER		KETSJERPRØVER	
			ANTAL	%	ANTAL	%	ANTAL	%
POLYPDYR								
Hydra sp.	33	0	14	0	19	0		
FIMREORME								
Polycelis nigra	158	1			142	0	16	0
Bdellocephala punctata	14	0			11	0	3	0
Dendrocoelum lacteum	2	0			2	0		
RUNDORME								
Nematoda indet.	1273	4	1268	4	5	0		
BØRSTEORME								
Naididae indet.	418	1	155	0	258	1	5	0
Stylaria lacustris	107	0	7	0	14	0	86	0
Pristina sp.	8	0	8	0				
Tubificidae indet.	1140	4	863	3	204	1	73	0
Spirosperma ferox	12	0	8	0	2	0	2	0
IGLER								
Glossiphonia complanata	49	0			24	0	25	0
Glossiphonia concolor	10	0			6	0	4	0
Glossiphonia heteroclita	35	0			31	0	4	0
Helobdella stagnalis	341	1	1	0	293	1	47	0
Theromyzon tessolatum	11	0			10	0	1	0
Hemiclepsis marginata	1	0			1	0		
Piscicola geometra	9	0			5	0	4	0
Erpobdella octoculata	361	1			201	1	160	1
Erpobdella testacea	172	1			80	0	92	0
VANDMIDER								
Hydracarina indet.	36	0	12	0	4	0	20	0
KREBSDYR								
Sida crystalina	2	0			1	0	1	0
Ceriodaphnia pulchella	2	0	2	0				
Ceriodaphnia sp.	2	0	2	0				
Daphnia cucullata	117	0	113	0			4	0
Bosmina sp.	503	2	503	2				
Ilyocryptus acutifrons	1	0	1	0				
Alona affinis	20	0	20	0				
Alona quadrangularis	192	1	192	1				
Chydorus sphaericus	1	0	1	0				
Eurycercus lamellatus	86	0			1	0	85	0
Leydigia leydigi	18	0	18	0				
Pleuroxus trigonellus	1	0	1	0				
Pleuroxus uncinatus	64	0	64	0				
Ostracoda indet.	21	0	21	0				
Candona sp.	143	0	116	0	11	0	16	0
Cypria ophthalmica	373	1	373	1				
Dolerocypris fasciata	25	0					25	0
Asellus aquaticus	554	2	1	0	20	0	533	2
Gammarus lacustris	25	0			1	0	24	0
Gammarus pulex	316	1			4	0	312	1
Døgnfluer								
Centroptilum luteolum	7	0			3	0	4	0
Cloeon dipterum	9	0					9	0
Heptagenia fuscogrisea	1	0					1	0
Caenis horaria	6960	22	91	0	540	2	6329	20
Caenis luctuosa	3614	12	115	0	659	2	2840	9
Slørvinger								
Nemoura cinerea	14	0			2	0	12	0
Guldsmede								

Faunaens fordeling på de forskellige prøvetyper
ved undersøgelsen af Bryrup Langsø, oktober 1988

BRYRUP LANGSØ 1988	TOTAL		PRØVETYPE					
	ANTAL	%	BUNDPRØVER		STENPRØVER		KETSJERPRØVER	
			ANTAL	%	ANTAL	%	ANTAL	%
Zygoptera indet.	1	0					1	0
Vandtøger								
Callicorixa praeusta	3	0					3	0
Sigara falleni	68	0					68	0
Sigara semistriata	1	0					1	0
Sigara striata	1	0					1	0
Cymatia coleoptrata	4	0					4	0
Micronecta sp.	5	0	5	0				
Biller								
Haliplus lineolatus	1	0					1	0
Haliplus sp.	40	0			13	0	27	0
Platambus maculatus	2	0					2	0
Ilybius fenestratus	12	0					12	0
Ilybius sp.	5	0			1	0	4	0
Orectochilus villosus	5	0			5	0		
Oulimnius troglodytes	6	0			6	0		
Oulimnius tuberculatus	485	2			219	1	266	1
Dovenfluer								
Sialis lutaria	49	0	4	0	3	0	42	0
Vårfluer								
Agraylea sp.	5	0			5	0		
Orthotrichia sp.	129	0			120	0	9	0
Cyrnus flavidus	1	0			1	0		
Cyrnus trimaculatus	1	0			1	0		
Ecnomus tenellus	53	0					53	0
Tinodes waeneri	5208	17	2	0	5019	16	187	1
Molanna angustata	63	0	4	0	4	0	55	0
Athripsodes aterrimus	7	0			6	0	1	0
Athripsodes cinereus	167	1	2	0	108	0	57	0
Mystacides azurea	38	0			14	0	24	0
Mystacides longicornis	17	0	1	0	4	0	12	0
Mystacides spp.	3	0	2	0	1	0		
Goera pilosa	34	0			7	0	27	0
Limnephilidae indet.	58	0			2	0	56	0
Limnephilus fuscicornis	20	0					20	0
Limnephilus rhombicus	119	0			2	0	117	0
Phryganea bipunctata	2	0					2	0
Sommerfugle								
Lepidoptera indet.	1	0					1	0
Stankelben								
Helius sp.	4	0					4	0
Dicranota sp.	2	0			2	0		
Sommerfuglemyg								
Pericoma fallax	1	0					1	0
Satchelliella pilularia	9	0					9	0
Glasmyg								
Chaoborus flavicans	28	0	28	0				
Mitter								
Ceratopogonidae indet.	307	1	53	0	29	0	225	1
Bezzia sp.	488	2	14	0	51	0	423	1
Dansemyg								
Pentaneurini indet.	6	0	1	0	1	0	4	0
Procladius sp.	180	1	180	1				
Potthastia longimana	39	0	2	0	1	0	36	0
Orthocladiinae indet.	1	0			1	0		
Corynoneura sp.	1	0	1	0				
Cricotopus sp.	189	1			169	1	20	0

Faunaens fordeling på de forskellige prøvetyper
ved undersøgelsen af Bryrup Langsø, oktober 1988

BRYRUP LANGSØ 1988	TOTAL		PRØVETYPE					
	ANTAL	%	BUNDPRØVER		STENPRØVER		KETSJERPRØVER	
			ANTAL	%	ANTAL	%	ANTAL	%
Metriocnemus hygroetricus gr.	8	0					8	0
Chironomini indet.	7	0	7	0				
Chironomus plumosus	21	0	21	0				
Cryptochironomus sp.	57	0	22	0	5	0	30	0
Dicortendipes sp.	188	1			95	0	93	0
Einfeldia insolita gr.	3	0	3	0				
Endochironomus tendens	12	0	1	0	2	0	9	0
Endochironomus dispar	8	0					8	0
Glyptotendipes sp.	1021	3	13	0	498	2	510	2
Microchironomus tener	16	0	15	0	1	0		
Microtendipes sp.	205	1	2	0	48	0	155	0
Paratendipes albimanus gr.	7	0	7	0				
Polypedilum bicrenatum - gr.	81	0			39	0	42	0
Polypedilum nubeculosum gr.	26	0	13	0	1	0	12	0
Pseudochironomus prasinatus	1	0			1	0		
Stictochironomus sp.	137	0	36	0	5	0	96	0
Cladotanytarsus sp.	2751	9	171	1	177	1	2403	8
Tanytarsus sp.	101	0	35	0	25	0	41	0
Dansefluer								
Empididae indet.	4	0					4	0
SNEGLE								
Valvata cristata	48	0			15	0	33	0
Valvata piscinalis	62	0	1	0	16	0	45	0
Valvata pulchella	23	0			10	0	13	0
Potamopyrgus jenkinsi	2	0	2	0				
Bithynia leachi	30	0			7	0	23	0
Bithynia tentaculata	27	0			5	0	22	0
Physa fontinalis	36	0					36	0
Lymnaea auricularia	2	0			1	0	1	0
Lymnaea peregra	39	0			16	0	23	0
Lymnaea stagnalis	17	0			1	0	16	0
Anisus contortus	9	0					9	0
Anisus vortex	13	0			3	0	10	0
Gyraulus albus	130	0			70	0	60	0
Gyraulus crista	12	0			8	0	4	0
Segmentina complanatus	8	0			1	0	7	0
Planorbis carinatus	24	0					24	0
Planorbis planorbis	28	0					28	0
Ancylus fluviatilis	3	0			1	0	2	0
Acroloxus lacustris	22	0			20	0	2	0
MUSLINGER								
Unio tumidus	2	0					2	0
Pisidium sp.	871	3	166	1	188	1	517	2
Sphaerium corneum	49	0			1	0	48	0
TOTAL	31241	100	4784	15	9609	31	16848	54

Antal arter/grupper

134

56

84

98

KILDEOPSPLITNING, FOSFOR. BRYRUP LANGSØ

Kilde		1972	1973	1978	1983	1987	1989
Basis	t P/år	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Dambrug	t P/år	?	?	0	?	0,2	0,1
Spredt bebyg.	t P/år	?	?	0,2	0,3	0,3	0,2
Kloakerede områder	t P/år	?	?	0,5	0,5	0,6	0,1
Dyrkningsbidrag	t P/år	?	?	0,1	0,2	0,4	0,1
Total	t P/år	1,49	1,17	1,05	1,22	1,75	0,68
Qx10 ⁶ m ³ /år		6,6	6,0	6,3	8,6	8,3	6,1
Ci µg P/l		225	195	167	142	211	111

Tabel 10.1 Data fra 1987 efter Andresen & Windolf, 1989.

Dog er bidraget fra spredt bebyggelse og kloakerede områder skønnet at have været større end i denne reference og dyrkningsbetinget bidrag er skønnet at have været tilsvarende mindre.

Kildefordelingen er dog overordentlig usikker. For perioden 1972-83 er det forsøgt at fordele kildebidragene efter subjektive skøn.

Som det fremgår af tabel 7.1 og 7.2 er der i forhold til de beregnede tilførsler et relativt stort potentiale for spildevandsproduktion i oplandet. Kilderfordelingen
vanskeliggøres ved primært;

- frem til ca. 1986 løb Kringelbæk i Karl Sø, før vandet fortsatte til Bryrup Langsø.
- kun i nedbørsrige år når spildevandet fra Vinding fuldt ud frem til Kringelbæks nedre løb (f.eks. 1987)
- spildevandet fra spredt bebyggelse når ikke i fuldt omfang frem til søen. Mest når frem i "våde" år, men det er umuligt at beregne tilførslerne nøjagtigt.

Der er dog utvivlsomt tale om, at fosfortilførslerne til Bryrup Langsø fra kloakerede områder er mindsket meget siden først i 1970'erne.

Specifikation / år	1972	1973	1974	1975	1978	1983	1987	1989
VANDBALANCE FOR								
BRYRUP LANGSØ								
Samlet fratrælsel (*10 m3/år)	6,6	6			6,3	8,6	8,3	6,1
Indsivning (m3/år)								
Opholdstid:								
- år (dage)	95	101			100	73	76	103
- sommer(1/5-30/9 (dage)								148
- max. måned (dage)								172
min. måned (dage)								55
BELASTNING - MASSEBALANCER								
Total-fosfor - år:								
Samlet tilførsel (t P/år)	1,49	1,17			1,05	1,22	1,75	0,68
- spildevand (t P/år)							0,8	0,2
- spredt bebyggelse (t P/år)							0,3	0,2
- åbent landbidrag (t P/år)							0,4	0,1
- basis (t P/år)	0,2	0,2			0,2	0,2	0,2	0,2
Samlet fratrælsel (t P/år)	0,72	0,67			0,66	0,84	1,27	0,6
Tilbageholdt P (t P/år)	0,77	0,5			0,39	0,38	0,48	0,08
Tilbageholdt P i %	52	43			37	31	27	12
Samlet tilførsel (g P/m2 år)	3,95	3,1			2,79	0,324	4,64	1,8
Pi (indløbskonc. i µg P/l)	225	195			167	142	211	111
Total-fosfor - sommer(1/5-30/9):								
Samlet tilførsel (kg P/dag)								1,02
Samlet fratrælsel (kg P/dag)								1,18
Tilbageholdt P (kg P/dag)								0,16
Tilbageholdt P i %								16
Samlet tilførsel (mg P/m2 dag)								2,7
Pi (indløbskonc i µg P/l)								88
Opløst fosfat - år:								
Samlet tilførsel (t P/år)								0,33
Samlet fratrælsel (t P/år)								0,19

[illegible]

bryrup.stat

Opløst fosfat max. (µg P/l)	19	100		54	60	65	144	31
Opløst fosfat min. (µg P/l)	5	3		0	5	4	17	4
Kvælstof (1/5-30/9):								
Total kvælstof gns. (mg N/l)	1,81	2,17	2,06	1,47	2,85	3,7	2,91	3,3
Total kvælstof 50%-fraktionen	1,73	2,1		0,86	2,3	3,7	4	3,1
Total kvælstof max. (mg N/l)	2,63	2,72		3,53	4,6	5,9	4,05	5,2
Total kvælstof min. (mg N/l)	1,24	1,68		0,74	1,5	1,4	2,15	1,8
Opløst uorg. N gns. (mg N/l)	0,9	1,1	1,1	0,6	1,9	2	1,9	2,2
Klorofyl a gns. (1/5-30/9) (µg/l):								
Klorofyl a gns. (µg/l)						51	54	30
Klorofyl a 50%-fraktionen (µg/l)						61	41	34
Klorofyl a max. (µg/l)						87	130	53
Klorofyl a min. (µg/l)						9	23	2,4
Øvrige variable (1/5-30/9):								
pH gns.			8,8	9	8,7	8,5	8,8	8,9
Total alkalinitet (meq/l)						1,32	1,3	1,51
Silikat gns. (mg Si/l)	1,1	2				2,7	2,17	1,26
Part. COD gns. (mg O2/l)						9,8	7,8	6,1
Nitrat+nitrit-kvælstof gns. (mg N/l)	0,81	0,85	1,09	0,57	1,86	1,9	1,84	2,17
Ammonium-kvælstof gns. (mg N/l)	0,13	0,14	0,04	0,07	0,01	0,07	0,04	0,04
Alle variable - årsgennemsnit:								
Total fosfor (µg P/l)	101	156	164	106	90	110	146	98
Opløst fosfat (µg P/l)	34	54	74	40	26	42	81	28
Total kvælstof (mg N/l)	2,34	2,58	2,82	2,41	3,86	4,41	4,08	3,74
Nitrat+nitrit-kvælstof (mg N/l)	1,58	1,59	2,02	1,5	2,67	2,97	2,96	2,73
Ammonium-kvælstof (mg N/l)	0,11	0,11	0,08	0,1	0,01	0,05	0,09	0,05
pH			8,4	8,6	8,6	8,2	8,1	8,5
Total alkalinitet (meq/l)			1,25	1,15		1,29	1,28	1,48
Silikat (mg Si/l)	1,8	2,6				4,2	3,2	2
Part. COD (mg O2/l)						6,5	5,3	5,1

BIOLOGISKE DATA	BRYRUP LANGSØ	1974	1988	1989
FYTOPLANKTON - sommer (1/5-30/9)				
Gennemsnitslige biomasse beregn. i mg vådvægt/l				
Biomasse, total fytopl.	(mg/l)			5,37
Biomasse, <20 µ	(mg / l)			1,23
Biomasse, <20 µ	(%)			23
Biomasse, 21-50 µ	(mg / l)			3,78
Biomasse, 21-50 µ	(%)			70
Biomasse, >51µ	(mg / l)			0,36
Biomasse, >51µ	(%)			7
Max. biomasse	(mg / l)			17,62
Min. biomasse	(mg / l)			0,55
% Blågrønalger gns.				29
% Blågrønalger max.				84
ZOOPLANKTON - sommer (1/5-30/9)				
Gennemsnitslige antal pr. liter				
Daphnia spp.	(antal / l)			30,4
små cladocerer*	(antal / l)			64,8
små cladocerer* / alle cladocerer	(%)			68
antal Daphnia / m2 *1000				258,4
Gennemsnitslige biomasse i mg vådvægt pr. liter				
Biomasse, total zoopl.	(mg / l)			3,79
- , hjuldyr (uden Asplanchna)				0,56
- , Daphnia spp.	(mg / l)			1,22
- , Bosmina spp.	(mg / l)			0,27
- , andre cladocerer	(mg / l)			0,07
- , calanoid copepoder	(mg / l)			0,59
- , cyclopoid copepoder	(mg / l)			0,65
- , små cladocerer*	(mg / l)			0,35
- , små cladocerer* / alle cladocerer	(%)			22
Gennemsnitslige størrelse				
Middellængde Daphnia spp.	(µm)			760
- Bosmina spp.	(µm)			328
- Cladocera (uden rovzoopl.)	(µm)			499

Alle opgivne værdier er gennemsnitlige beregninger for sommerperioden 1/5 - 30/9 (perioden består af 10 prøvetagninger). Alle gennemsnit i perioden og forhold mellem gennemsnit er udregnet som Σ parameter 1

Σ parameter 2

Biomassen er angivet i mg vådvægt pr. gennemsnitsliter for hele vandsøjlen 0-8,5 m. For de enkelte størrelsesgrupper er yderligere angivet den procentvis andel af den totale fytoplanktonbiomasse.

Maximum- og minimumsbiomassen er fundet indenfor perioden 1/5 - 30/9. Relativ biomasse af blågrønalger er angivet som procent af total fytoplankton biomassen henholdsvis som gennemsnit for sommerperioden og som den maksimale forekomst af blågrønalger i samme periode blågrønalger % (samme dato) .
alle alger

Zooplankton

Alle opgivne værdier er gennemsnitlige beregninger for sommerperioden 1/5 - 30/9 (perioden består af 10 prøvetagninger). Alle gennemsnit i perioden og forhold mellem gennemsnit er udregnet som Σ parameter 1

Σ parameter 2

Zooplanktonet er angivet både som det gennemsnitlige indhold pr. gennemsnitsliter for hele vandsøjlen 0-8,5 m og som den gennemsnitlige biomasse i mg vådvægt pr. gennemsnitsliter (0-8,5 m).

ZOO - / FYTOPLANKTON - sommer (1/5-30/9)				
Total zoo- / total fytopl.	(mg/mg)			0,071
Total zoo- / <50 µ fytopl.	(mg/mg)			0,071
Filtrerende zoo- / total fytopl.	(mg/mg)			0,055
Filtrerende zoo- / <50 µ fytopl.	(mg/mg)			0,055
BUNDDYR				
Litoralzone - index				3
UNDERVANDSVEGETATION				
Dybdegrænse	(m)			
Kransalgalger	(m)			
Højere planter	(m)			
Potentiel dækningsgrad af søareal (% søareal)				
BREDVEGETATION				
Rørskovens udbredelse	(ha)			
Rørskovens dybdegrænse	(m)			
Rørskovens areal	(% af søen)			
FISK				
Skildfiske - index			87	
Skaller < 10 cm / skaller > 10 cm			0,29	
Aborre < 10 cm / aborre > 10 cm			0,27	
FUGLE				
1 : ja , 2 : nej				

Betegnelsen "små cladocerer" = alle cladocerer på nær arter af slægterne Daphnia, Polyphemus, Holopedium og rovdystrene Leptodera og Bythotrephes.

Daphnia/m² x 1000 / er beregnet som antallet af daphnia pr. m² på søstationen (8,5 m)

Individ

De enkelte slægters/grupperes gennemsnitsstørrelse, $\bar{l}$ pr. prøvetagningsdato er beregnet

$$\bar{l} = \frac{l_1 * a_1 + l_2 * a_2 + \dots + l_n * a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

hvor l_1 = gennemsnitslængde for art 1

a_1 = antal/l af art 1.

Periodegennemsnittet for L (1/5 - 30/9) er beregnet som

$$\left(\frac{\text{prøve } n}{\sum_{i=\text{prøve } 1}^n \bar{l}_i} \right)$$

hvor n repræsenterer antallet af prøvetagningsdage i perioden (1/5 - 30/9).

Zooplankton - fytoplankton relationen

Total zooplankton, filtrerende zooplankton, total fytoplankton samt fytoplankton < 50 µ er alle biomasser opgivet i mg vådvægt (i gns. for periode 1/5 - 30/9) pr. gns. liter vandsøje 0-8,5 m.

Det filtrerende zooplankton er de primære græssere på fytoplankton nemlig cladocerer og copepoder.

Relationen er beregnet som:

Zoo (gennemsnit i perioden)

Fyt (gennemsnit i perioden)

