

TEKNISK RAPPORT



# BRYRUP SØERNE 1987.

- Miljøtilstanden i Bryrup Langsø, Karlsø, Kvind sø og Kul sø



ÅRHUS  
AMTSKommUNE

MILJØKONTORET

JUNI 1989

REGISTRERINGSBLAD

Udgiver: Århus Amtskommune, Miljøkontoret, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg.

Forfatter: Jens Møller Andersen og Jørgen Windolf.

Titel: Bryrup Søerne, 1987.

Resumé: Miljøtilstanden i Karl Sø, Bryrup Langsø, Kvind Sø og Kul Sø blev undersøgt i 1987.

Resultaterne af undersøgelserne viste, at forureningen af Karl Sø er øget stærkt i perioden 1978-86, p.g.a. en øget fosfortilførsel.

Forlægning af et af vandløbene til søen (Kringelbæk) i 1986 medførte, at fosfortilførslen faldt, og det forventes, at Karl Sø hurtigt vil opnå en bedring i miljøtilstanden som følge af den reducerede fosfortilførsel.

I Bryrup Langsø vil allerede gennemførte og igangværende indgreb over for spildevandsudledninger i søens opland medføre en reduktion på op imod 50% af fosfortilførslen, og det forventes, at vandets klarhed vil øges, (sigtdybden vil stige fra det nuværende niveau på ca. 1,5 m til over 2 m i sommerperioden).

Kvind Sø og Kul Sø var stadig i 1987 stærkt eutrofierede som følge af stor fosfortilførsel.

Fosforfjernelsen på Bryrup Renseanlæg har medført et betydeligt fald i søvandets fosforindhold, uden at dette dog har haft markant effekt på algemængden og vandets klarhed.

Det forventes, at den fremtidige sigtdybde i søerne vil øges fra omkring 1 m til ca. 1,4 m.

Emneord: Søer, eutrofiering, miljøtilstand.

Format: A4.

Sidetal: 44 + bilag.

Oplag: 200.

ISBN: 87-7295-247-4.

Tryk: Århus Amtskommunes trykkeri, juni 1989.



Dato: -9. NOV. 1989  
Journalnr. 8-56-33-1-87  
Sagsbehandler Jørgen Windolf  
Lokalnr. 4374  
JW/rm

*Daw*

Bryrup-søerne.

./.. Hermed fremsendes rapport om forureningstilstanden i Bryrup-søerne, Karl Sø, Bryrup Langsø, Kul Sø og Kvind Sø.

Med venlig hilsen

*Jørgen Windolf*  
JØRGEN WINDOLF



TEKNISK RAPPORT

---



# BRYRUP SØERNE 1987.

- Miljøtilstanden i Bryrup Langsø, Karlsø, Kvind sø og Kul sø

---

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



ÅRHUS  
AMTSKommUNE

MILJØKONTORET

JUNI 1989

DANMARKS  
MILJØUNDERSØGELSE  
BIBLIOTEKET  
Lyngbøge 82 . DK - 8600 Silkeborg  
Tlf. 05 81 07 22

## BRYRUP SØERNE 1987

### INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Sammenfatning .....	3
Beskrivelse af søerne og vandløbene .....	7
Forureningstilstand i vandløb .....	9
Stoftransport og stofkilder .....	13
Karl Sø .....	22
Bryrup Langsø .....	25
Kvind Sø .....	30
Kul Sø .....	33
Sedimentundersøgelser .....	35
Muligheder for at mindske forureningen af søerne .....	38
Referencer .....	43
Bilag .....	45





## BRYRUP SØERNE 1987

Sammenfatning

Karl Sø, Bryrup Langsø, Kvind Sø og Kul Sø ligger i det Midtjyske Søhøjland syd for Silkeborg i Salten Å's vandsystem. Søerne gennemstrømmes af Nimdrup Bæk - Bryrup Å - Lystrup Å (bortset fra Karl Sø). Vandets opholdstid i søerne er generelt kort, og søerne er lavvandede (Bryrup Langsø max. 9 m), så at der ikke om sommeren findes et stabilt holdt og iltfrit bundlag i nogen af søerne.

Den lille vanddybde mindsker således risikoen for dårlige iltforhold i bundvandet, men giver samtidig algerne gode lysforhold for deres vækst og altså naturligt med mulighed for en stor algemængde i vandet.

**Vandløbene**

Det største tilløb til søerne, Nimdrup Bæk udspringer i Ring Sø ved Brødstrup. Søen modtog indtil 1972 spildevand fra Brødstrup og var meget stærkt forurenet. Den nedre del af Nimdrup Bæk ved Bryrup Langsø løber ureguleret gennem dalbunden og et fremragende illustrativt eksempel på, hvordan vandløb forløber, når de får lov at passe sig selv.

Kringelbæk modtager vand fra Vinding Søpose (udtørret) og spildevand fra Vinding. I 1970'erne sivede vandet i Kringelbæk oftest i jorden om sommeren, og spildevandet fra Vinding og ulovlige landbrugsudledninger til Vinding Søpose nåede derfor ikke fuldt ud frem til at forurene den nedre del af Kringelbæk og Karl Sø.

Fra omkring 1980 er vandet i Kringelbæk ikke sivet i jorden om sommeren, fosforindholdet i Kringelbæk øgedes stærkt, og Karl Sø blev stærkt forurenet.

For at forhindre forurening af Karl Sø blev den nedre del af Kringelbæk derfor i 1986 forlagt således, at Kringelbæk siden da ikke er løbet til Karl Sø, men til afløbet fra Karl Sø og altså ud i Bryrup Langsø.

Bryrup Å og Lystrup Å er ikke særligt forurenede (forureningsgrad II), men de biologiske forhold i vandløbene er stærkt prægede af, at de er afløb fra søer med stor algemængde i vandet. Mange af dyrene i vandløbet er særligt tilpassede til at leve af plankton fra søerne, og fiskebestanden består især af skalle, idet ørred dårligt klarer de høje vandtemperaturer om sommeren.

## Forureningskilder

Den største spildevandsproduktion sker i Bryrup (ca. 1.500 personer), hvor der siden 1982 er foretaget biologisk rensning med fosforfjernelse. I 1988 blev spildevandet fra Grødstrup og Davding afskåret. Efter recipientkvalitetsplanen skal de resterende spildevandsproblemer i byerne løses ved, at spildevandet fra Slagballe og Vinding afskæres til anlæg med fosforfjernelse senest i 1989, eller at der sker fosforfjernelse på stedet. Herudover sker der spildevandstilførsel til vandløb og søer fra spredt bebyggelse samt fra et dambrug beliggende ved et tilløb til Nimdrup Bæk.

Efter gennemførelse af ovennævnte rensningsforanstaltninger er udvaskning af fosfor fra opdyrkede arealer den vigtigste kilde til forurening af Bryrup Søerne, idet dette bidrag formentlig er flere gange større end den naturbetingede fosfortilførsel.

Dyrkningen af jorden i oplandet resulterer også i en nitrattilførsel til søerne flere gange større end den naturlige tilførsel, men der er intet, der tyder på, at denne ekstra tilførsel her er årsag til forureningspåvirkning.

## Tilstand i søerne nu og i fremtiden

I nedenstående tabel er samlet værdier for parametre, som gerne skulle fortælle noget om tilstanden i søerne.

Forureningen af Karl Sø er øget stærkt i perioden 1978-1986 som følge af den øgede fosfortilførsel gennem Kringelbæk, bl.a. indeholdende spildevandet fra Vinding. Ved undersøgelserne i 1978 var der normalt sigtddybde helt til bunden om sommeren, men i 1983 og 1987 var den gennemsnitlige sommersigtddybde kun 1 m.

I 1986 blev Kringelbæk forlagt, så den nu løber til Bryrup Langsø. Herefter er det vand, som løber til Karl Sø (tilløb fra øst), stort set uforurennet, og det forventes derfor, at tilstanden i Karl Sø i løbet af en halv snes år nærmer sig en uforurennet tilstand, bl.a. med undervandsplanter på størstedelen af søbunden og normalt med sigtbarhed helt til bunden.

I Bryrup Langsø er der siden afskæring af spildevandet fra Brødstrup og Bryrup først i 1970'erne langsomt sket en formindskelse af eutrofieringspåvirkningen. Med afskæring af spildevandet fra landsbyerne i oplandet (skal gennemføres i 1989 efter reci-

pienkvalitetsplanen), vil der omtrent ske en halvering af fosfortilførslen til Bryrup Langsø og formentlig også omtrent en halvering af niveauet for algemængde i søvandet. Den gennemsnitlige sommersigtdybde vil øges til omkring 2 m, og masseopblomstring af blågrønalger vil blive betydeligt sjældnere end hidtil.

Kvind Sø og Kul Sø var stadig i 1987 stærkt eutrofierede som følge af stor fosfortilførsel. Fosforfjernelsen på Bryrup Rensningsanlæg har medført et betydeligt fald i fosforindhold i søvandet, dog med nogen forsinkelse og indtil 1987 uden markant effekt på algemængden i søerne.

At virkningen ikke har været tydeligere, skyldes at en del af den fosfor, som før 1982 ophobedes i sedimentet (mudderet) i søerne, siden da er frigjort fra sedimentet og blevet tilgængeligt for algevækst. Desuden tager det tid, før de biologiske forhold i søerne når at tilpasse sig den mindre forureningsbelastning (fosfortilførsel).

Kvind Sø og Kul Sø vil også i fremtiden ligne hinanden meget, og de vil være mere eutrofieringsprægede end Bryrup Langsø, især som følge af den mindre vanddybde, der giver algerne i vandet bedre lysforhold at vokse under. Det forventes, at der i løbet af nogle år (efter gennemførelse af fosforfjernelse i alle byer) sker omtrent en halvering af algemængden i vandet. Sommersigtdybden i de to søer forventes at blive omkring 1,4 m. Den fremtidige algemængde og sigt dybde vil afhænge meget af, om undervandsplanterne breder sig i søerne, så de kan lægge beslag på en del af fosfortilførslen og dermed bidrage til yderligere at reducere algemængden.

	Vandets opholdstid døgn	Gennemsnitsdybde m	Total fosfor årsgnsnt. mg/l	Total kvælstof årsgnsnt. mg/l	Klorofyl sommergnsnt. mg/l	Sigt dybde sommergnsnt. m
Karl Sø	106	2,3	0,096 (0,01-0,02)	1,98	0,039 (ca. 0,01)	1,1 (over 3 m)
Bryrup Langsø	76	4,7	0,149 (ca. 0,07)	4,03	0,058 (ca. 0,02)	1,4 (ca. 2 m)
Kvind Sø	10	1,8	0,173 (ca. 0,08)	3,49	0,074 (ca. 0,04)	1,0 (ca. 1,3 m)
Kul Sø	11	1,9	0,152 (ca. 0,07)	2,84	0,063 (ca. 0,03)	1,1 (ca. 1,5 m)

Tabel 0.

Nogle karakteristiske talværdier til belysning af eutrofieringsforholdene i Bryrup Søerne i 1987. Værdier i parentes angiver de skønnede fremtidige værdier. I uforurennet tilstand ville fosforindholdet i søvandet i alle søerne formentlig være ca. 0,01-0,02 mg P/l og klorofylindholdet om sommeren under ca. 0,01 mg/l i gennemsnit.

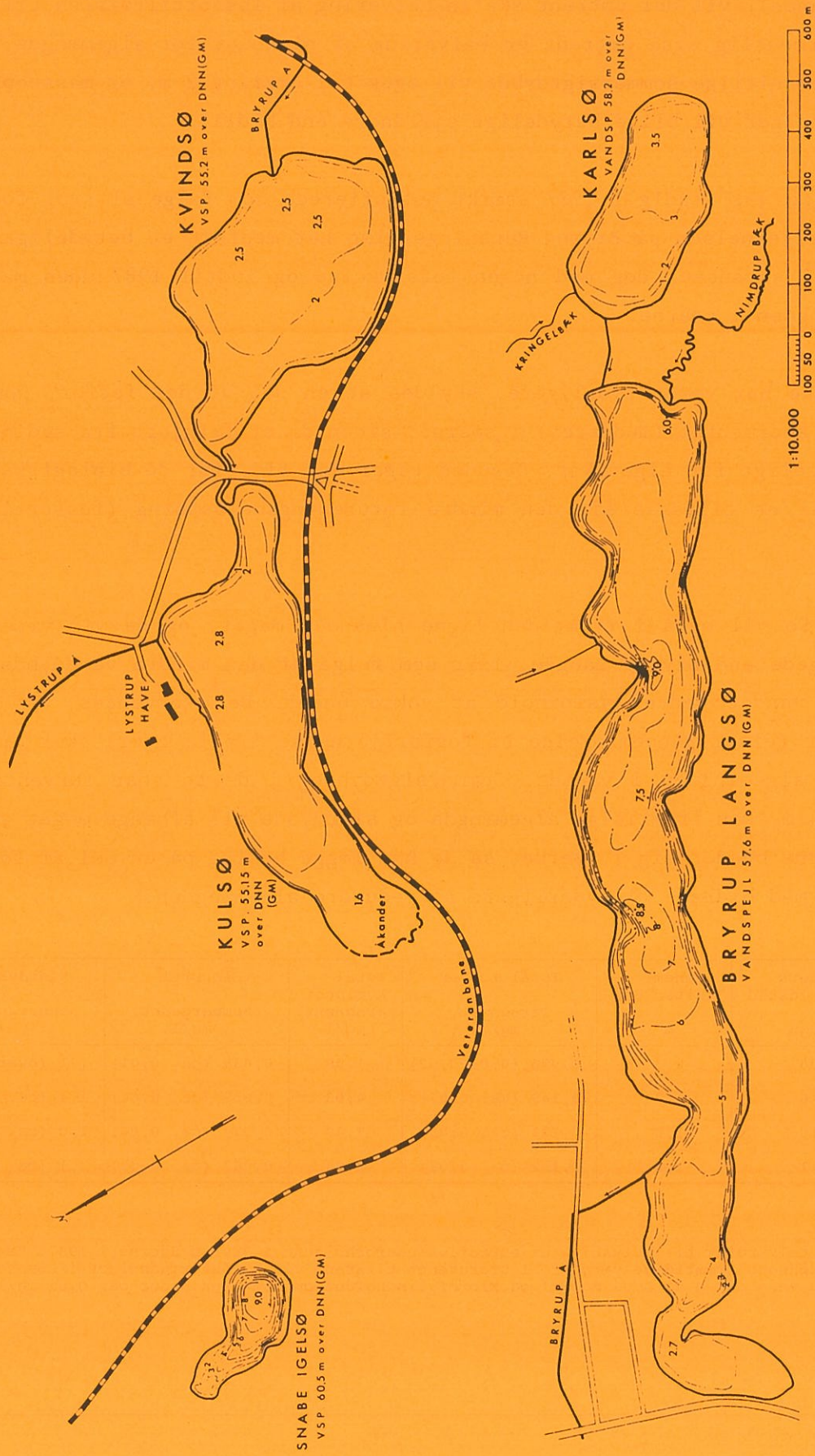


Fig 1.  
Dybdekort for Karl sø, Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø. Opmålingen er foretaget af Thorkild Høi, juli 1972.

## BESKRIVELSE AF SØERNE OG VANDLØBENE

Karl Sø, Bryrup Langsø, Kvind Sø og Kul Sø ligger i de dybeste dele af en tunneldal dannet under den seneste istid. Jordbunden i oplandet er lerede og sandede moræneaflejringer. Størstedelen af oplandet er opdyrket, men især umiddelbart omkring søerne er der udyrkede områder (plantage og hede).

### Vandløbene

Hovedvandløbet gennem Bryrup Søerne er Nimdrup Bæk - Bryrup Å - Lystrup Å, der løber til Salten Å (se fig. 1). Nimdrup Bæk udspringer i Ring Sø ved Brødstrup, men vandføringen i vandløbet er her lille, og vandløbet er ofte tørlagt om sommeren. Vandtilførslen til Nimdrup Bæk sker især på den nedre del opstrøms Bryrup Langsø.

Det største sidetilløb er Kringelbæk, der tidligere løb til Karl Sø, men i 1986 blev forlagt, så at vandet nu løber til afløbet fra Karl Sø og ud i Bryrup Langsø.

Denne forlægning er foretaget for at undgå forurening af Karl Sø med det stærkt næringsrige vand i Kringelbæk.

To små vandløb, nemlig tilløb til Karl Sø fra øst og til Kul Sø fra vest er praktisk taget uforurenede og kan derfor give fingerpeg om den naturbetingede vandkvalitet i området.

### Søerne

Karl Sø, Bryrup Langsø, Kvind Sø og Kul Sø ligger ca. 58 m over havet. Bry-

rup Langsø er den største og dybeste (max. 9 m). I de tre øvrige er vanddybden kun et par meter. Baggrundsdata for søerne findes i tabel 1. Hypsografisk kurve og tabel for Bryrup Langsø er vist i bilag 4.

Dersom Kringelbæk ikke var blevet forlagt, ville vandets opholdstid i Karl Sø i 1987 have været ca. 50 døgn, altså ca. det halve af den aktuelle opholdstid i 1987.

### Spildevand

Den største spildevandstilførsel til vandløbssystemet skete tidligere fra Brødstrup til Ring Sø, hvorfra Nimdrup Bæk udspringer. Omkring 1972 blev dette spildevand afskåret ud af oplandet til Bryrup Søerne og i stedet ført til Gudenåen.

På den anden store spildevandskilde, udledningen fra Bryrup, er der siden 1982 foretaget biologisk-kemisk rensning.

Der skete dog stadig i 1987 en væsentlig udledning af forurenende stoffer fra små landsbyer i oplandet, samt fra spredt bebyggelse. En oversigt over disse udledninger findes i tabel 2. Kun en del af det udledte spildevand fra landsbyer og spredt bebyggelse når frem til vandløb og søer, idet vandet en del af året siver i jorden. For fosfors vedkommende gættes der på, at i gennemsnit halvdelen når frem til søerne.

		Karl Sø	Bryrup Langsø	Kvind Sø	Kul Sø
Søens areal	km <sup>2</sup>	0,076	0,370	0,154	0,164
Søens volumen	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,174	1,73	0,274	0,308
Største dybde	m	3,5	9,0	2,5	2,8
Gennemsnitsdybde	m	2,3	4,7	1,8	1,9
Vandets gennemsnitlige opholdstid (1987)	døgn	106	76	10	11
Topografisk opland	km <sup>2</sup>	11	48	51	54

Tabel 1.

Morfometriske data for de undersøgte søer.

Målte udledninger fra Bryrup Rensningsanlæg

Spildevand fra Bryrup	Vand 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /år	BI <sub>5</sub> kg/år	Fosfor kg/år	Kvælstof kg/år
1978	(180)		1.180	10.100
1983	310		(870)	5.600
1985	230		340	3.900
1986	230		320	3.200
1987	210		200	3.600

Beregnet udledning af spildevand i øvrigt

3,6 g P/PE.d 9,6 g N/PE.d	Antal personer	Vand 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /år	BI <sub>5</sub> kg/år	Fosfor kg/år	Kvælstof kg/år
Grødstrup	250	21	3.800	330	880
Slagballe	100	8	1.500	130	350
Davding	120	10	1.800	160	420
Vinding	170	14	2.600	220	600
Lystruphave	120	10	1.800	160	420
Løvet Dambrug	-	-	-	180	-
Spredt bebyggelse	ca. 180	15	2.800	240	630
Ialt	940	78	14.000	1.420	3.300

Tabel 2.

Målte udledninger fra Bryrup Rensningsanlæg, samt beregnede værdier for de øvrige spildevandsudledninger.

## FORURENINGSTILSTAND I VANDLØB

Forureningstilstanden i vandløbene kortlægges ca. hvert 4. år ved biologiske undersøgelser ved et stort antal stationer. En sådan intensiv undersøgelse blev foretaget i hele Salten Å's vandsystem i 1985 og 1988. Hvert år foretages desuden forureningsundersøgelser ved enkelte faste stationer samt op- og nedstrøms udløb fra rensningsanlæg. I Nimdrup Bæk, som hovedsageligt løber i Vejle Amt, er forureningsundersøgelserne foretaget i 1987.

De fundne forureningsgrader (I-IV) på de enkelte lokaliteter fremgår af fig. 2.

Hovedløbet Nimdrup Bæk - Bryrup Å - Lystrup Å.

Nimdrup Bæk danner afløb fra Ring Sø ved Brødstrup (Dalbæk). Vandføringen er lille om sommeren. Forureningsgraden mellem Ring Sø og spildevandsudledningen fra Grødstrup er II-III med ferskvandstangloppen (*Gammarus*) som langt det hyppigste dyr.

Spildevandsudledningen fra Grødstrup øgede forureningsgraden i Nimdrup Bæk til III, med røde dansemyggelarver som de hyppigste dyr.

Tilløbet til Nimdrup Bæk fra Rodvigsballe Skov er forurennet af spildevand fra Slagballe i den øverste del. Forureningsgraden bedres til II-III, inden vandet når Nimdrup Bæk. Vandløbet er rørlagt på den nederste strækning.

I den nedre del af Nimdrup Bæk øges vandføringen stærkt på grund af tilløb fra væld, og umiddelbart opstrøms Bryrup Langsø er bækken et fysisk meget flot, mæandrerende vandløb, dog ikke helt upåvirket af udledningerne højt oppe i vandløbet.

Forureningsgraden er her normalt I-II eller II, med ferskvandstangloppen (*Gammarus*) som langt det hyppigste dyr, men også forekomst af billelarverne *Helodes* og *Elmis*, vårfluelarverne *Sericostoma* og *Rhyacophila*, samt tidvis en del kvægmyggelarver (*Simulium*) og dansemyggelarver (*Tanytarsini*).

Bryrup Å.

Faunaen i Bryrup Å (forureningsgrad II) er præget af, at åen er et søafløb. Mange af dyrene lever af planktonorganismer, som de filtrerer fra vandet. Hyppige dyr er den netspindende vårfluelarve *Hydropsyche*, ærtemusling (*Pisidium*), døgnfluelarver (*Baëtis*, *Caenis*), en lille mørk snegl (*Potamopyrgus*) samt kvægmyggelarver (*Simulium*), stankelbenslarver (*Dicranota*) og dansemyggelarver (*Orthocladiinae*).

Lystrup Å.

Fra Kul Sø til udløbet i Salten Å hedder vandløbet Lystrup Å. Vandløbet er stærkt påvirket af de store algemængder, der med vandet føres ud af Kul Sø. Faunaen er meget artsrig, bl.a. betinget af god strømhastighed, naturlige og varierede bundforhold og en del planter i vandløbet. Der foregår stort set ingen vandløbsvedligeholdelse. Forureningsgraden er II på hele strækningen.

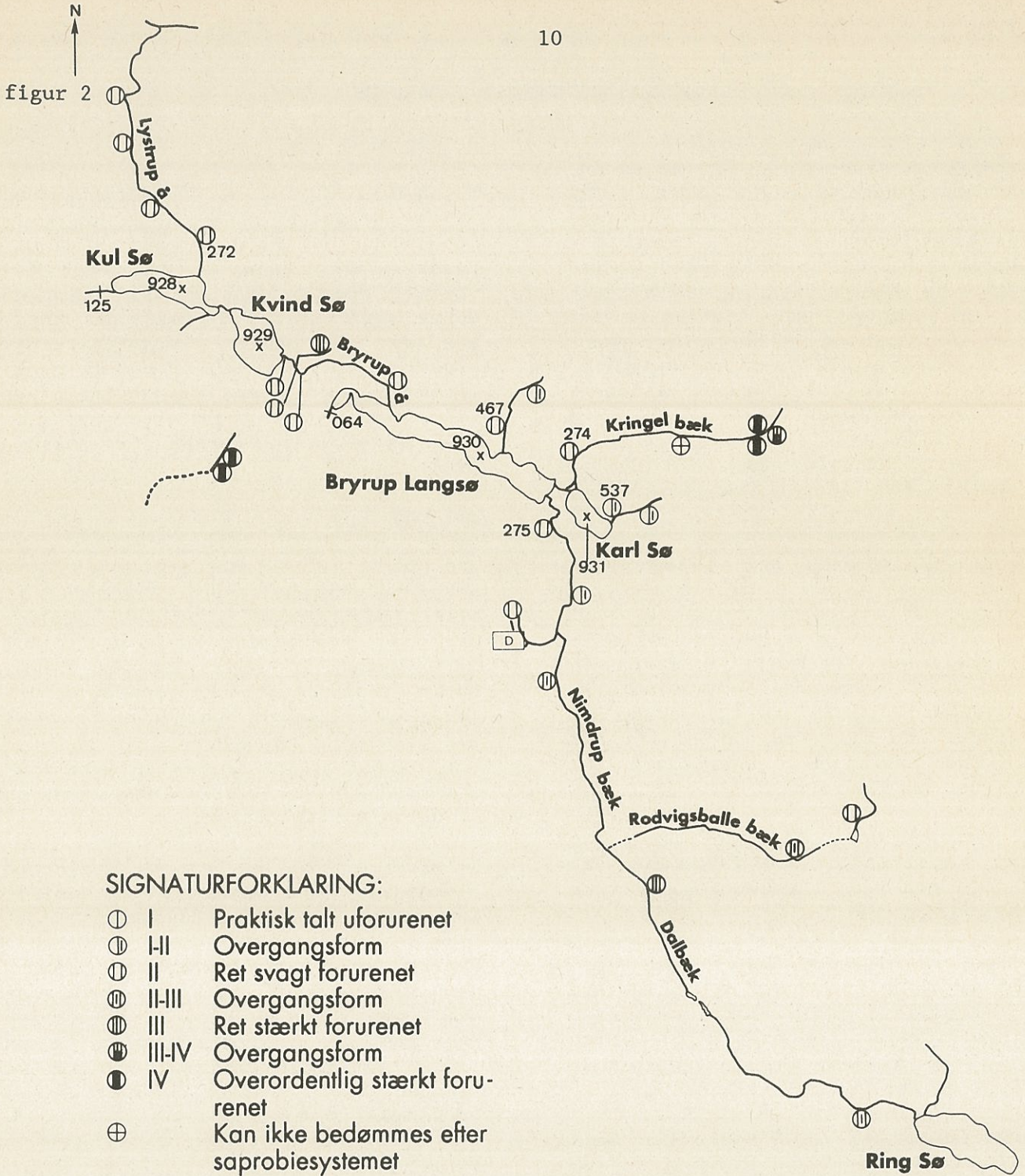
Karakteristiske dyr er vårfluelarven *Hydropsyche*, ærtemusling (*Pisidium*) og den smukke vandnymfe (*Calopteryx*).

Hyppig er desuden *Gammarus*, *Baëtis*, dansemyggelarver (*Orthocladiinae*) og *Simulium*. Desuden findes den store døgnfluelarve *Ephemera danica* og en lille tæge *Aphelocheirus*, der har en særegen måde at optage ilt fra vandet, og så kan den bide.

Sidetilløb.

Forureningsgraderne heri fremgår af fig. 2. Det største tilløb er Kringelbæk, som løber til afløbet fra Karl Sø (siden 1986). Kringelbæk får vand fra den afvandede Vinding Sø (vandløbet er rørlagt).

Som følge af udledninger til det rørlagte vandløb og som følge af rørlagningen er Kringelbæk normalt ret stærkt forurennet opstrøms Vinding Rensningsanlæg (forureningsgrad III eller III-IV. Forureningen i vandløbet øges som følge af spildevandsudledning



figur 2

SIGNATURFORKLARING:

- I Praktisk talt uforurenet
- ◐ I-II Overgangsform
- ◑ II Ret svagt forurenet
- ◒ II-III Overgangsform
- ◓ III Ret stærkt forurenet
- ◔ III-IV Overgangsform
- ◕ IV Overordentlig stærkt forurenet
- ⊕ Kan ikke bedømmes efter saprobiesystemet

◻ D Dambrug

ma 1:25.000  
 0 1 2 km

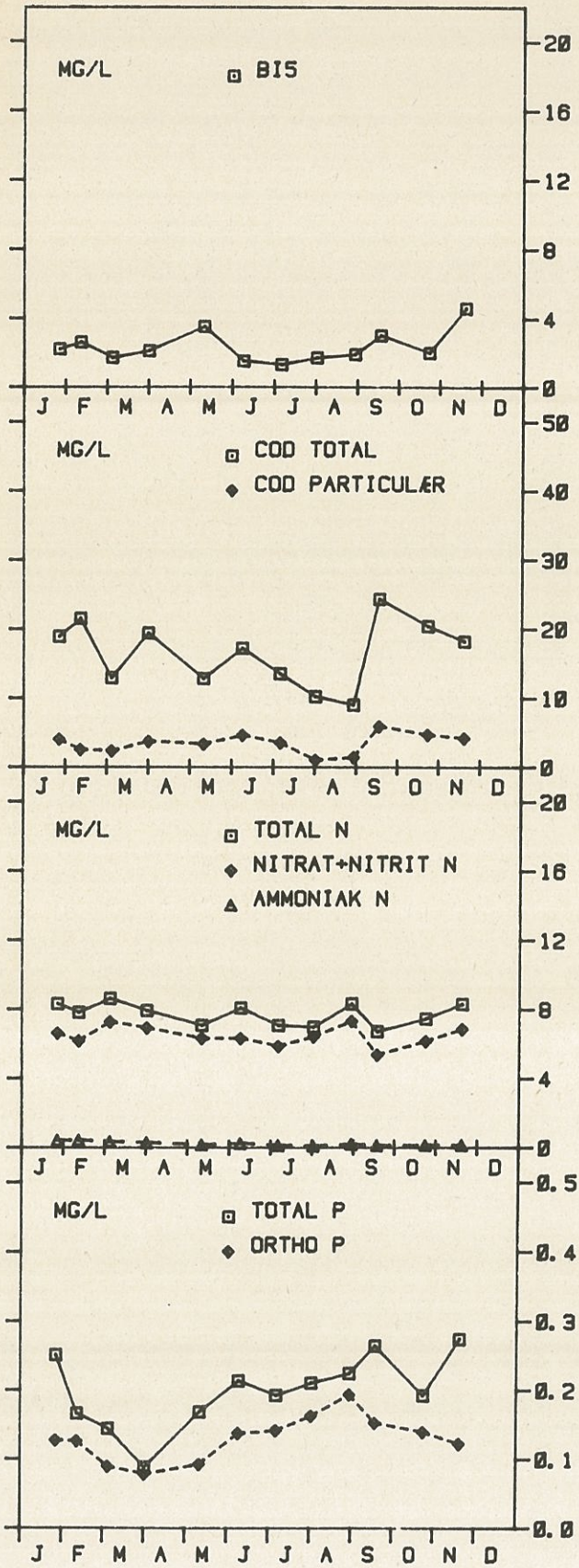


gen fra Vinding (forureningsgrad III-IV eller IV).

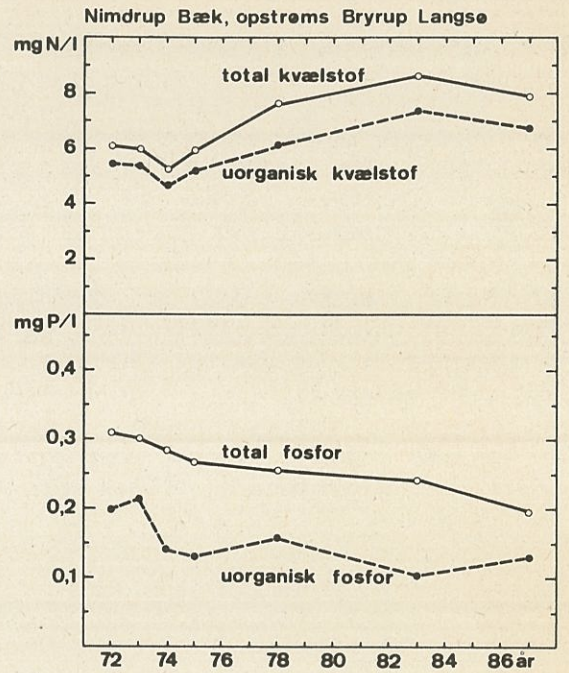
Om sommeren siver vandet i Kringelbæk ofte i jorden nedstrøms rensningsanlægget, men om vinteren og i fugtige somre løber vandet til Bryrup Langsø.

På den nederste del af Kringelbæk siver der vældvand til bækken, og forureningsgraden bedømmes her normalt til I-II eller II.

Af de små tilløb må især fremhæves de stort set uforurenede tilløb til Karl Sø fra øst.



Figur 3. Målte indhold af organisk stof og næringssalte i Nimdrup Bæk i 1987.



Figur 4. Årsgennemsnit for koncentrationer af kvælstof og fosfor i Nimdrup Bæk.

## STOFTRANSPORT OG STOFKILDER

Transporten af forurenende stoffer (organisk stof og næringssalte) er beregnet ud fra målinger af stofkoncentrationer i vandet og vandføring én gang om måneden.

For de fleste af stationerne er der efterfølgende beregnet en daglig vandføring ved hjælp af vandføringsmålinger ved sammenlignelige stationer og en lineær korrelation mellem disse vandføringer og vandføringen ved prøvetagningsstationen. (Se evt. bilag 3).

Den årlige stoftransport er herefter beregnet ved summation af den daglige stoftransport. Det er regnet med, at stofkoncentrationerne i vandet har ændret sig lineært mellem to prøvetagninger.

Alternativt er stoftransporten fundet ved trapez-integration.

I sø afløbene er der ikke lavet vandkemiske analyser, men der er regnet med, at stofkoncentrationerne har været som målt i søens overfladevand.

#### Stofkoncentrationer i vandet

De målte stofkoncentrationer i vandet ned gennem vandløbssystemet kan ses af fig. 3-11 for de stationer, hvor der er taget prøver ca. 1 gang pr. måned.

For lettere at få et overblik over niveauerne for stofindhold er årgennemsnit for de enkelte lokaliteter samlede i tabel 3.

For de år, hvor der er gennemført undersøgelser i søerne, er der i bilag 1 udtegnede grafer for de vandkemiske data, og i bilag 2 er gennemsnitsværdier udskrevet i tabeller.

#### Nimdrup Bæk.

Stofkoncentrationerne i fig. 3 viser ikke nogen systematisk årstidsvariation. Nitratindholdet er vedvarende højt som følge af nitratudvaskning fra dyrkede arealer. Fosforindholdet er væsentligt højere end, hvad markbidraget kan være ansvarlig for. Der tilføres altså væsentlige fosformængder med udledt spildevand.

Udviklingen i næringssaltkoncentrationer i vandet i Nimdrup Bæk gennem de seneste 15 år er vist i fig. 4 (data fra Andersen (1974), Mathiesen 1981,

Århus Amtskommune 1979). De viste årgennemsnitskoncentrationer viser en tendens til stigning i kvælstofindholdet i vandet, og at fosforindholdet i vandet er mindsket. Kvælstofindholdet kan være øget som følge af stor nedbørmængde omkring 1980 eller som følge af ændret dyrkningspraksis.

Det mindskede fosforindhold skyldes afskæringen af spildevandet fra Brædstrup omkring 1972, så at det herefter er ført til Gudenåen mod tidligere til Ring Sø, hvorfra Nimdrup Bæk udspringer. Også ophør af ulovlige landbrugsudledninger har formentlig bidraget til at mindske fosforindholdet i Nimdrup Bæk.

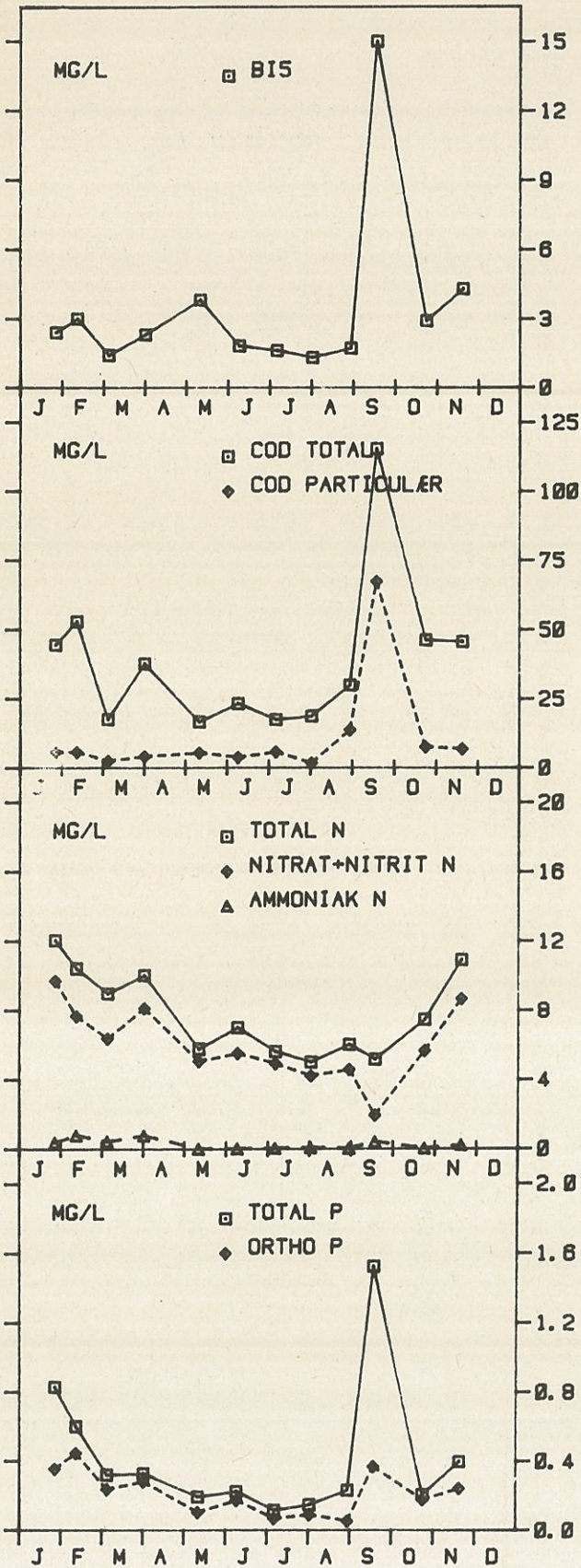
#### Kringelbæk.

Bedømt ud fra omgivelserne omkring den nedre del af Kringelbæk kunne man godt tro, at bækken er næsten uforurennet. Imidlertid tilledes spildevand fra Vinding by og fra spredt bebyggelse opstrøms herfor, så at Kringelbæk er lige så forurennet som Nimdrup Bæk. Nedstrøms Vinding Rensningsanlæg siver bæk vandet ofte i jorden om sommeren, og i den nederste del af vandløbet er der så kun kilde- og vældvand.

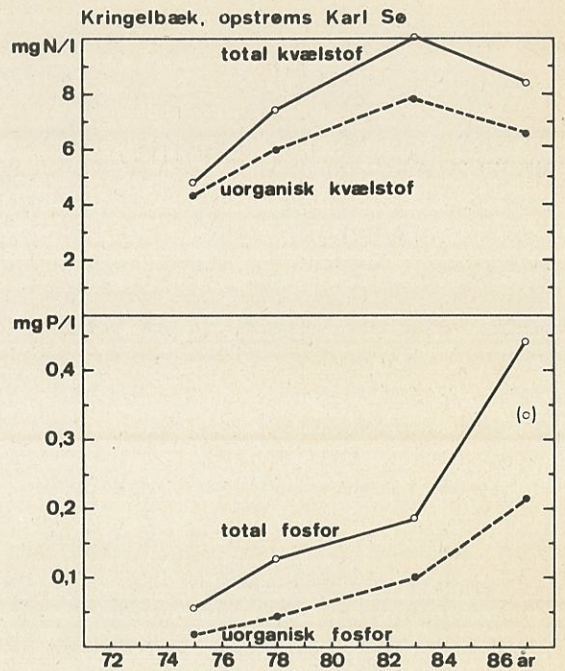
Men ved kraftig nedbør skylles der store mængder partikulært stof og næringssalte ud i bækken, f.eks. i september 1987.

Sommeren 1987 var nedbørsrig. Derfor var stofkoncentrationerne (fig. 5), især af fosfor, i sommeren 1987 ikke så lav som fundet i 1983, da vandet fra Vinding sivede i jorden (se figur 6).

Udviklingen i stofkoncentrationer i Kringelbæk er vist i fig. 6. Ændringerne hænger først og fremmest sammen med om vandet fra den øvre del af Kringelbæk (fra Vinding og Vinding



Figur 5. Målte indhold af organisk stof og næringsalte i Kringelbæk 1987.



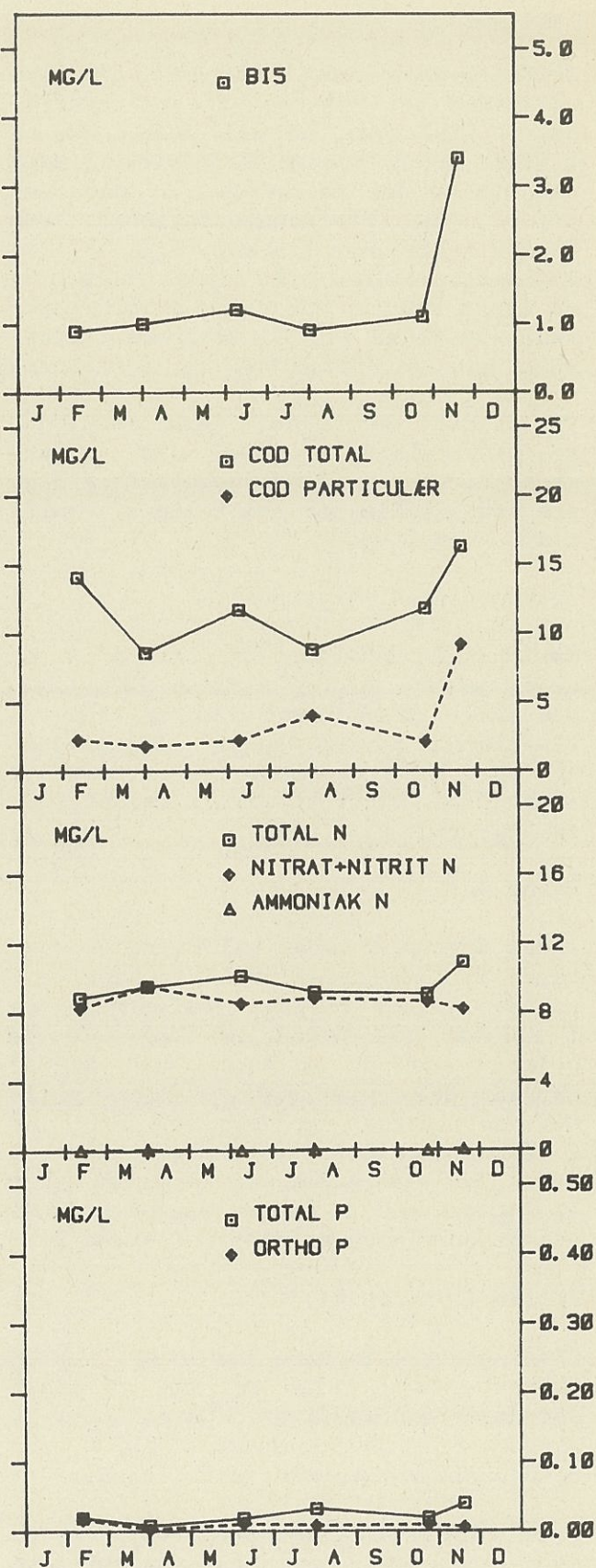
Figur 6. Årsgennemsnit for koncentrationer af kvælstof og fosfor i Kringelbæk. (c) angiver årsgennemsnit af total fosfor, hvis der ses bort fra den målte værdi i september 1987, jf. figur 5.

Sømose) siver i jorden eller løber hele vejen ned til Bryrup Langsø (tidligere til Karl Sø). I tørre år når vandet i den nedre del af Kringelbæk ofte kun består af vældvand er stofkoncentrationerne lave. I de senere år synes der at være sket ændringer, så at det er sværere for vandet at sive i jorden.

Den samlede virkning har været en kæmpeforøgelse af fosfortransporten i Kringelbæk. Størstedelen kommer med spildevandet fra Vinding, men omkring 1980 konstateredes også store udledninger af ajle/møddingsvand til Kringelbæks øvre del (i Vinding Søomose).

Østlige tilløb til Karl Sø.

Kurverne i fig. 7 viser, at indholdet af organisk stof (BI<sub>5</sub> og COD) og specielt af fosfor er meget lavt i denne lille bæk, som løber helt i skov og krat, men formentlig modtager en del vand fra bagved liggende dyrkede arealer. Herfra stammer formentlig det konstante, høje nitratindhold i bækken, hvorimod fosforindholdet er meget lavt, fordi fosfor i det nedsivende vand fra markerne er blevet bundet i jorden, inden vandet er nået frem til bækken.



Figur 7.  
Målte indhold af organisk stof og næringssalte i østlige tilløb til Karl Sø i 1987.

## Karl Sø.

Da Kringelbæk indtil sommeren 1986 løb ud i Karl Sø, vil der stadig i søafløbet i 1987 være en del vand, som er tilført søen gennem Kringelbæk, mens den øvrige del må antages at have omtrent samme stofkoncentrationer, som fundet i tilløbet fra øst (fig. 5). Koncentrationerne af fosfor (fig. 8) er langt større end i det østlige tilløb, som følge af de tidligere tilførsler gennem Kringelbæk og formentlig nettoafgivelse af fosfor fra sedimentet i Karl Sø i 1987. Også indholdet af partikulært organisk stof (alger) er højt, mens kvælstofindholdet er lavere end i tilløbene som følge af denitrifikation i søen.

## Bryrup Langsø (Bryrup Å).

Næringssaltindholdene i Bryrup Å er noget mindre end i Nimdrup Bæk, især som følge af sedimentation og denitrifikation i Bryrup Langsø. Algeproduktionen i søen resulterer i et ret højt indhold af organisk stof i vandet (COD og BI<sub>5</sub>, fig. 9).

## Kvind Sø.

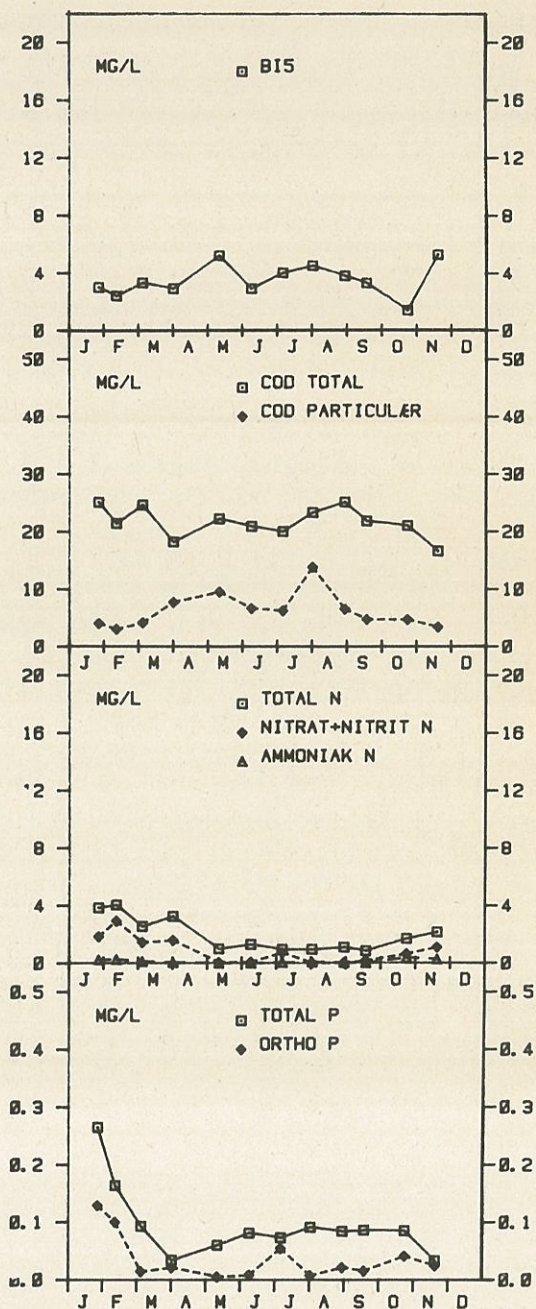
Inden Bryrup Å løber til Kvind Sø modtager den biologisk-kemisk rensset spildevand fra Bryrup. Fosforindholdet i afløbet fra Kvind Sø (fig. 10) er højere end i afløbet fra Bryrup Langsø, dels som følge af denne spildevandstilførsel og dels som følge af fosforfrigørelse fra sedimentet i Kvind Sø. Indholdet af organisk stof er højere end i Bryrup Langsø, fordi algeproduktionen er størst i Kvind Sø.

## Kul Sø (Lystrup Å).

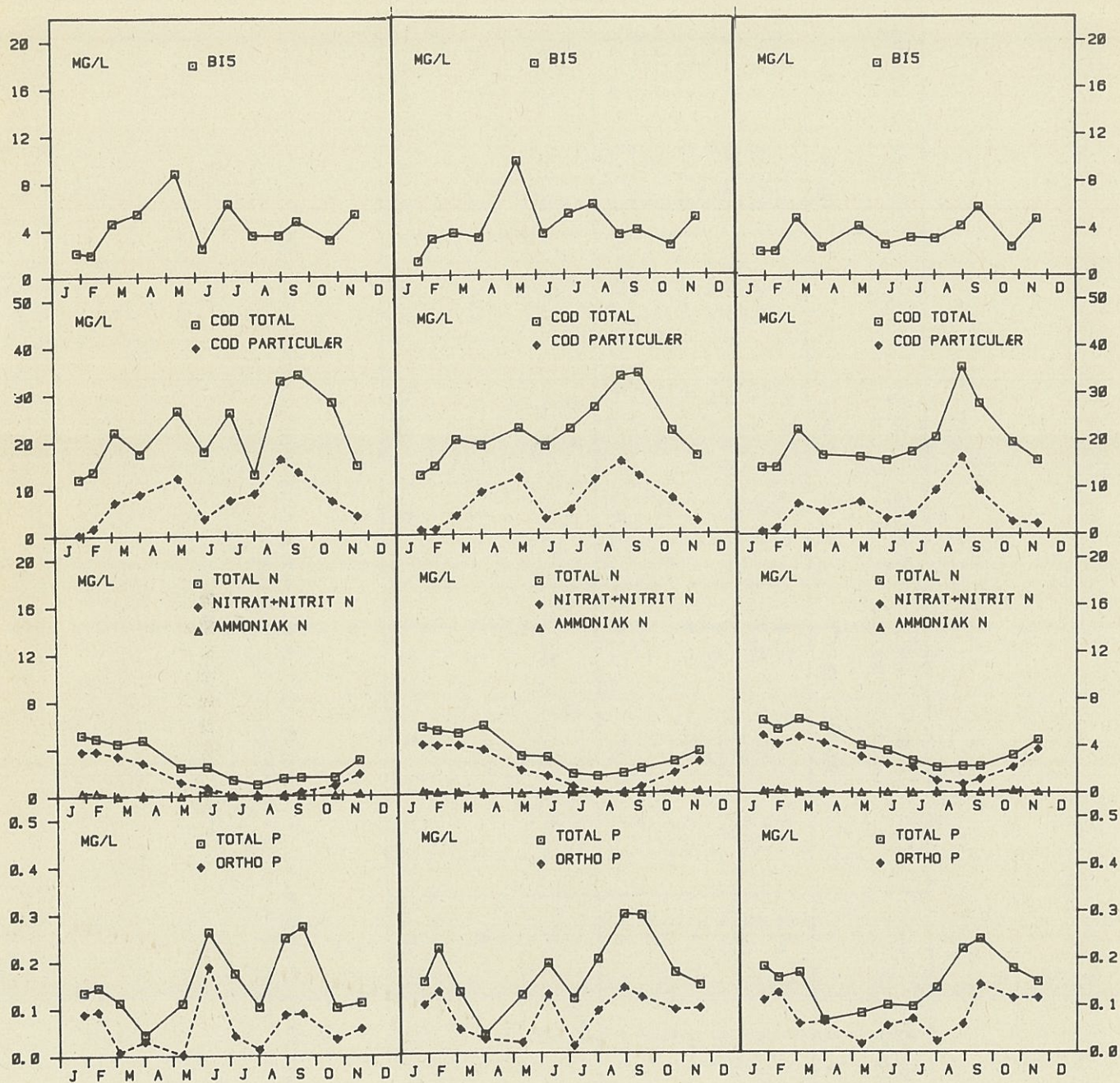
Stofkoncentrationerne her (fig. 11) er omtrent som i Kvind Sø. Der er stort set samme vandkvalitet i de to søer.

Gennemsnitskoncentrationer i vandet.

For bedre at få et overblik over de målte værdier, er årsgennemsnittene for hver enkelt målestation anført i tabel 3. De ovenfor omtalte karakteristika for stofindhold fremgår i store træk af tabel 3.



Figur 8. Målte indhold af organisk stof og næringssalte i Karl Sø i 1987.



Figur 9.  
Målte indhold af organisk stof og næringsalte i Bryrup Langsø i 1987.

Figur 10.  
Målte indhold af organisk stof og næringsalte i Kvind Sø i 1987.

Figur 11.  
Målte indhold af organisk stof og næringsalte i Kul Sø i 1987.

Arsgennemsnit 1987	St. nr.	Vand- føring l/s	pH	BI <sub>5</sub> mg/l	COD total mg/l	COD part. mg/l	Total N mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>-</sup> N mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>+</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	Total P mg/l	Ortho P mg/l
Tilløb til Karl Sø	90537	6	7,41	1,4	12	3,6	9,59	0,04	8,64	0,023	0,009
Karl Sø	90931	19		3,5	22	6,2	1,98	0,12	0,88	0,096	0,037
Kringelbæk	90274	21	7,39	3,6	39		7,85	0,26	6,02	0,425	0,215
Nimdrup Bæk	90275	190	7,28	2,3	17	10,7	7,70	0,22	6,45	0,199	0,130
Bryrup Langsø	90930	264	8,15	3,5	20	5,6	4,03	0,10	2,88	0,149	0,080
Afløb Bryrup R.	-	6,8	6,90	14,7	35	-	17,22	2,73	12,8	0,95	0,36
Kvind Sø	90929	311	8,29	4,2	22	7,1	3,46	0,11	2,10	0,173	0,084
Kul Sø	90928	330	8,17	4,3	22	7,6	2,84	0,10	1,56	0,152	0,061
Tilløb til Bryrup Langsø fra nord	90467	4	7,4	2,4	37	18	5,5	0,4	3,7	0,16	0,03
Tilløb til Bryrup Langsø fra sydvest	90064	1	7,5	1,4	11	2	5,2	0,03	4,6	0,03	0,02
Tilløb til Kul Sø fra vest	90125	2	7,0	1,0	6	3	0,6	0,02	0,4	0,04	0,03

Tabel 3.

Gennemsnitsværdier af stofkoncentrationer m.v. i vandet i Bryrup-søernes vandsystem i 1987.  
(På de nederste 3 st. er der kun taget 2 prøver, i øvrigt 12 prøver).



### Vandføring i vandløbene.

Vandføringerne i vandløbene i 1987 er vist i fig. 12. Der er især store årstidsvariationer i Kringelbæk, mens årstidsvariationerne jævnes mere ud jo længere, man bevæger sig ned gennem vandløbssystemet, bl.a. på grund af søernes udjævnende virkning.

Vandføringerne i fig. 12 er målt ved hver prøvetagning, ca. 1 gang pr. måned. De mere detaljerede variationer i vandføringen er herefter beregnet ud fra en korrelation med vandføringen på udvalgte referencestationer. (Se evt. bilag 3).

### Stoftransport.

Stoftransporten ved den enkelte målestation beregnes ved at gange vandføring med den målte stofkoncentration. I perioden mellem to prøvetagninger er der regnet med, at stofkoncentrationen i vandet ændrer sig lineært. Der udregnes en stoftransport (kg/d) for hvert stof for hver dag, og disse værdier lægges sammen, så at der er udregnet en værdi for den årlige stoftransport. I søafløbene er der regnet med, at stofkoncentrationerne er de samme, som er målt i overfladevandet i søen.

Værdierne for den årlige stoftransport findes i tabel 4. I bilag 0 er de tilsvarende transporter for 1983 opgjort.

Tallene i tabel 4 afspejler på samme måde som i tabel 3, at der sker en forøgelse af transporten af organisk stof ned gennem hovedløbet som følge af algeproduktionen i søerne, og fordi vandmængden øges ned gennem systemet (fra ca. 6 mio. m<sup>3</sup>/år i Nimdrup Bæk til over 10 mio. m<sup>3</sup>/år i Lystrup Å).

Derimod bliver kvælstoftransporten mindre og mindre jo længere, man bevæger sig nedstrøms gennem vandløbssystemet, på trods af at der jo hele tiden føres kvælstofforbindelser ud i vandløbene fra omgivelserne (især fra dyrkede arealer og spildevand).

Reduktionen i kvælstoftransport sker først og fremmest ved omdannelse af nitrat til atmosfærisk kvælstof (deni-

trifikation) i søbundens øverste mudderslag. Denitrifikationens størrelse er opgjort under omtalen af den enkelte sø.

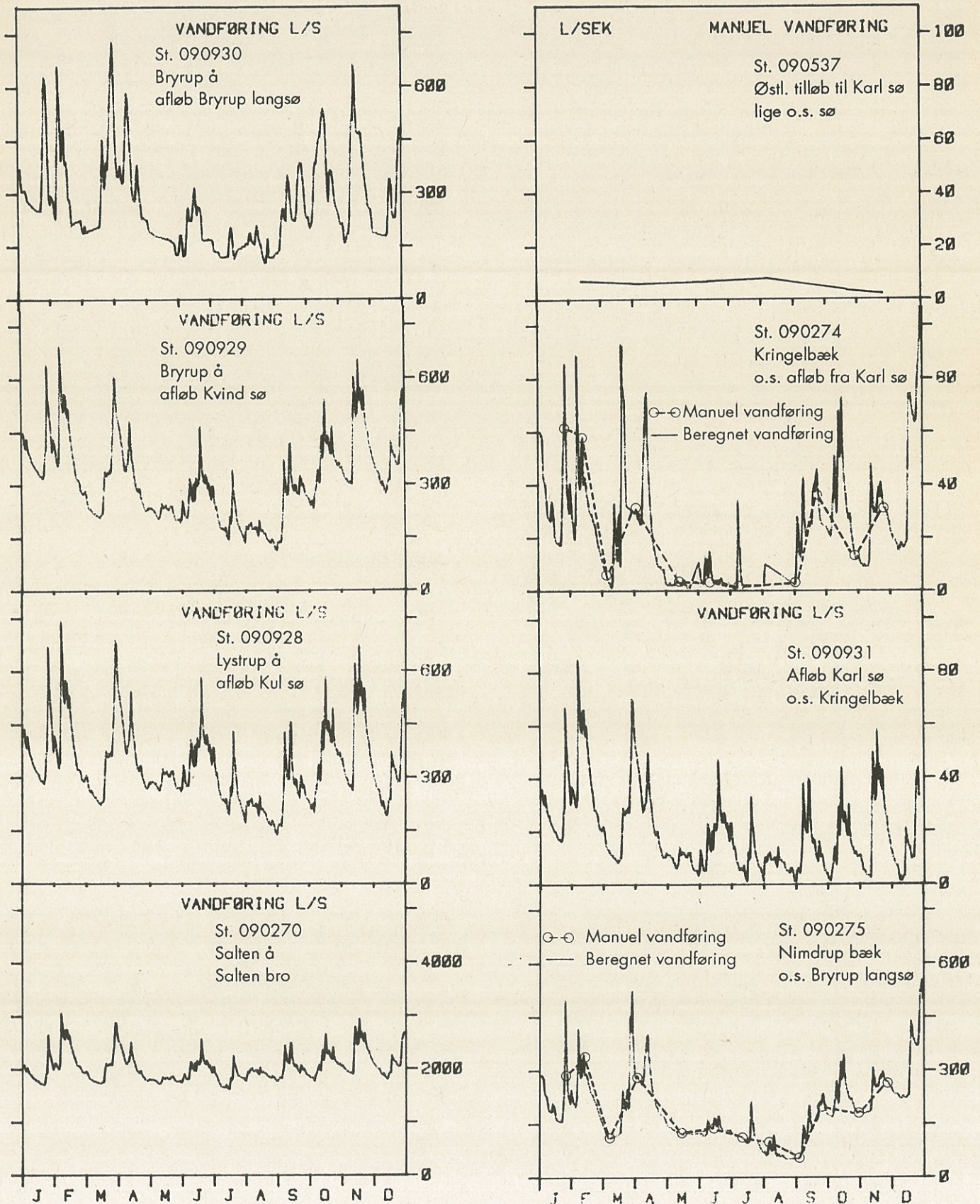
Tabel 4 viser også, at der sker nogen fosfortilbageholdelse i søerne, især i Bryrup Langsø. Mønstret for fosfortilbageholdelse kompliceres af, at der for nylig er sket store ændringer i fosfortilførslen til Karl Sø (forlægning af Kringelbæk i 1986) og Bryrup Langsø (fosforfjernelse på Bryrup Rensningsanlæg fra 1982). Når fosfortilførslen mindskes til stærkt fosforbelastede søer, sker der ofte i en årække en nettofosforfrigørelse fra sedimentet i søen, så at der løber mere fosfor fra søen gennem afløbet end den øjeblikkelige tilførsel.

En mere detaljeret fosforbalance gives senere under omtalen af den enkelte sø.

### Stofkilder.

Forureningskilderne i oplandet er dels spildevandsudledningerne, som er opgjort i tabel 2 og dels landbrugspåvirkning. Hertil kommer den naturlige stoftilførsel, altså den stoftransport gennem vandløbene og ud i søerne, som ville ske, dersom oplandet henlå i naturtilstand uden menneskelig påvirkning. Vandløb, der helt løber i naturområder, har ofte i gennemsnit et indhold af total kvælstof på ca. 1 mg N/l og af total fosfor på ca. 0,025 mg P/l.

Ved opgørelse af fordelingen af nærings salttransport på kilder, er der således regnet med, at den naturlige nærings saltbelastning er på 1 mg N/l og 0,025 mg P/l, og at spildevandsbidraget er som opgjort i tabel 2. Landbrugsbidragene er herefter ved opstillingen af massebalance for hver enkelt sø udregnet som forskellen mellem den totalt målte tilførsel og de to bidrag: spildevandsbidrag plus naturbidrag.



Figur 12.

Vandføring i vandløb og sø afløb i 1987. (Se evt. bilag 3).

Stoftransport 1987	St. nr.	Vand 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /år	BI <sub>5</sub> t/år	COD t/år	Total N t/år	Total P t/år
Tilløb til Karl Sø	90537	0,17	0,20	2,0	1,7	0,004
Afløb fra Karl Sø	90931	0,60	1,9	13	1,46	0,068
Kringelbæk	90274	0,67	3,2	35	6,0	0,42
Nimdrup Bæk	90275	5,98	15,3	107	46,0	1,20
Afløb Bryrup Langsø	90930	8,32	29	159	35,7	1,27
Afløb Bryrup Rensningsanlæg	-	0,21	3	7	3,6	0,20
Afløb Kvind Sø	90929	9,80	37	202	36,8	1,62
Afløb Kul Sø (Lystrup Å)	90928	10,4	44	217	31,9	1,51

Tabel 4.

Målte stoftransporter i 1987 gennem Bryrup-søernes vandssystem.

## KARL SØ

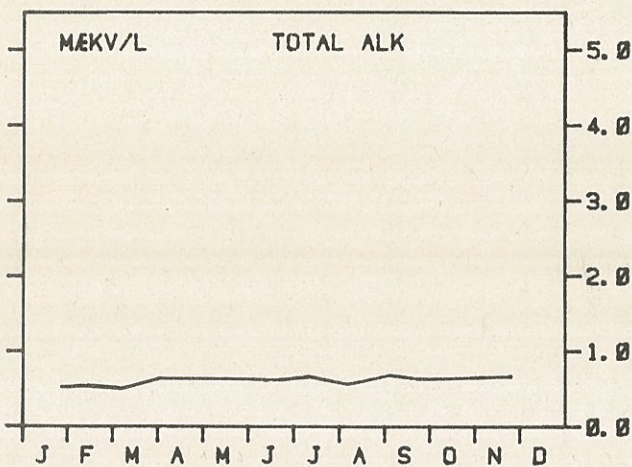
## Vandkemi.

Karl Sø er så lavvandet, at der ikke er længerevarende forskelle i vandkvaliteten i forskellige dybder i søen. Resultaterne i fig. 13 afspejler således forholdene i hele søen.

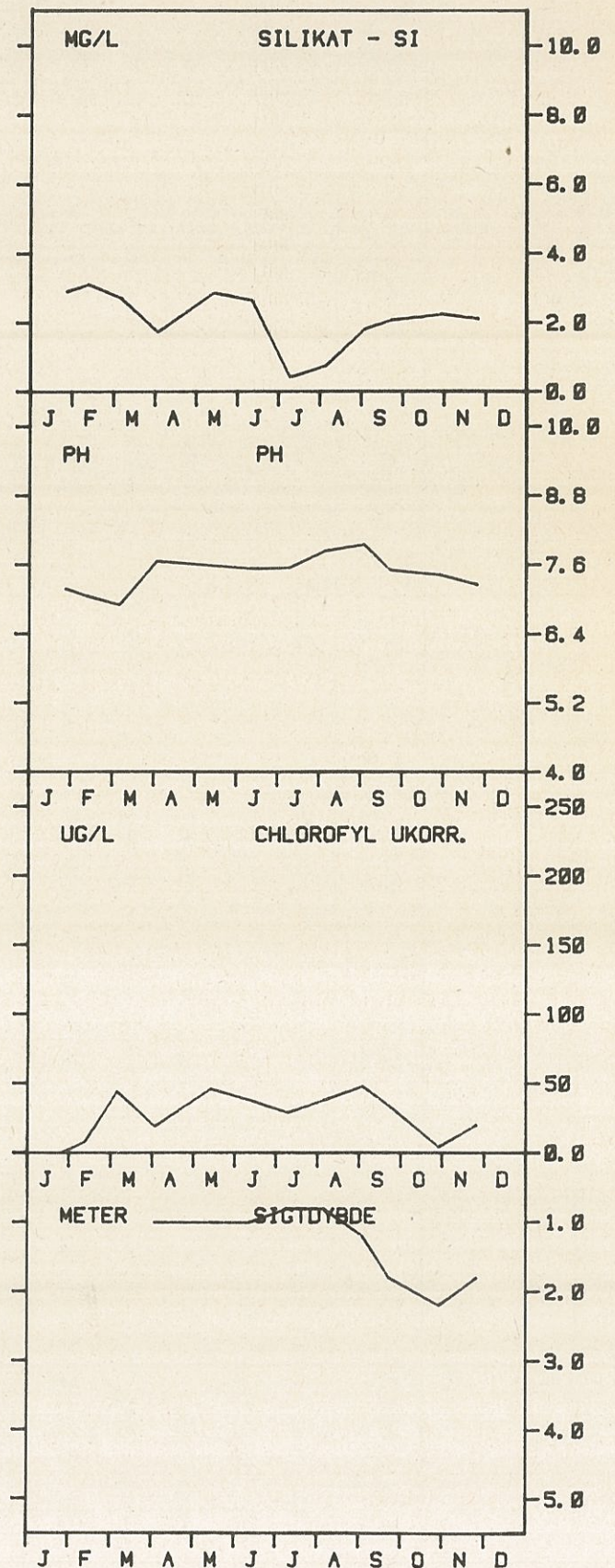
Forholdene i Karl Sø i 1987 er under stærk ændring som følge af afskæringen af Kringelbæk i 1986, så at denne nu ikke løber til Karl Sø, men til afløbet fra søen.

Karl Sø er en alkalisk sø, men alkaliniteten (bicarbonatindholdet) er dog kun ca. 0,6 mækv/l. Klorofylindholdet var i 1987 gennem hele vækstperioden forholdsvis stabilt omkring 40 my g/l, og vandet var uklart på grund af den store algemængde med sigt dybde i hele perioden på ca. 1 m.

Bemærkelsesværdig er det høje fosforindhold i vinteren 1987, formentlig stammende fra perioden før afskæringen af Kringelbæk (fig. 8 og 13). Også faldet i silikatindhold midt på sommeren er ikke helt sædvanligt, men er forårsaget af mange kiselalger i denne periode. I øvrigt er der ikke drastiske årstidsvariationer i de vandkemiske forhold i Karl Sø i 1987 (fig. 8 og 13).



Figur 13.  
Vandkemi i Karl Sø 1987. Se også figur 8.



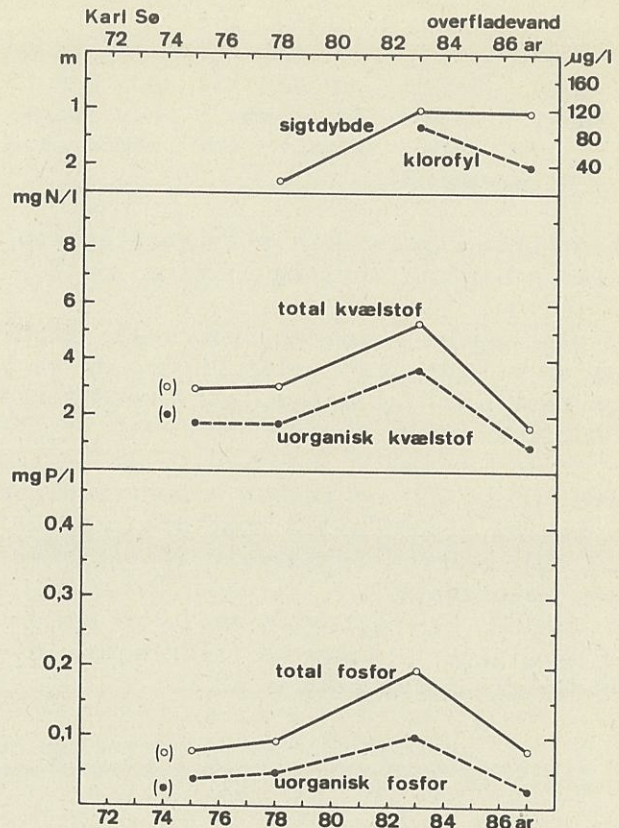
De vandkemiske forhold i Karl Sø belyses formentlig bedst gennem udviklingen igennem det seneste årti. I de tørre år midt i 70'erne, hvor stoftilførslen gennem Kringelbæk var lille, fandtes moderate indhold af nærings-salte (se fig. 14). Sommersigtedybden var i 1978 over 2 m i gennemsnit, og der var en del undersøisk vegetation i søen.

Det stærkt øgede næringssaltindhold førte i 1983 til meget stor algemængde med klorofylindhold på 120  $\mu\text{g/l}$  og en sigtddybe på kun 1 m som gennemsnit for perioden 1/5 - 1/10.

Afskæringen af Kringelbæk i 1986 har ført til en drastisk reduktion af næringssaltniveauet i Karl Sø. Også gennemsnitsværdien for klorofylindholdet er faldet, men der var dog endnu ikke i 1987 væsentlige ændringer i sigtddybden. Sporadiske besigtigelser tyder på, at Karl Sø i sommeren 1988 har været betydeligt mere klarvandet end i 1987.

Det kraftige fald i kvælstofindhold i Karl Sø i 1987 skyldes især, at vandets opholdstid i søen er øget som følge af afskæring af Kringelbæk. Der er herefter bedre tid for "overskydende" nitrat at blive denitrificeret. Reduktionen i kvælstofindhold skyldes kun i mindre grad, at koncentrationen i det tilstrømmende vand er mindsket, idet kvælstofindholdet også er højt (ca. 8  $\text{mg/l}$ ) i det østlige tilløb til Karl Sø (fig. 7).

Faldet i fosforindhold i vandet i Karl Sø i 1987 (fig. 14) skyldes derimod, at fosforindholdet i det tilstrømmende vand (østlige tilløb, se fig. 7) er blevet langt mindre efter afskæringen af Kringelbæk (se fig. 5 og 6). Reduktionen af fosforindholdet i vandet i Karl Sø synes således ikke at blive stærkt forsinket som følge af fosforfrigørelse fra søsedimentet. Årsagen til at fosforfrigørelse fra sedimentet tilsyneladende kun får en mindre forsinkende effekt på tilbagevandet til en mindre forurenat (evt. uforurenat) tilstand er formentlig, at Karl Sø kun har været udsat for en meget stor fosforbelastning gennem få år.



Figur 14.

Årsgennemsnit for kvælstof og fosfor og sommergennemsnit for sigtddybe og klorofyl i Karl Sø, (1/5-1/10).

## Fytoplankton i Karl Sø, 1987.

I årets første måneder var der kun få planktonformer til stede, - hovedsagelig små arter af slægterne *Rhodomonas* og *Chlamydomonas*.

Den lille centriske kiselalge *Stephanodiscus hantzii* toppede omkring april.

I maj begyndte små chlorococcale grøn-alger at gøre sig gældende, og de var, bortset fra august hyppigt forekommende indtil oktober.

Fra juli til september var furealgen *Ceratium hirundinella* hyppig sammen med en del større kiselalger, (*Asterionella*, *Melosira*).

I august og september var der en del blågrøn-alger (*Anabaena flos-aqua*, *Microcystis aeruginosa* m.fl.).

Der var tendens til en opblomstring af rekytalger i september-oktober.

## Massebalance for Karl Sø.

I tabel 5 er opstillet en massebalance for vand, organisk stof og næringssalte for Karl Sø i 1987. Balancen er usikker, fordi kvaliteten af det ind-sivende vand ikke er kendt, og fordi afløbskvaliteten i 1987 stadig er præget af den tidligere tilførsel gennem Kringelbæk.

Karl Sø har således i 1987 fungeret som en nettofosforkilde, dvs. der er løbet mere fosfor fra søen end til den. Tallene i tabel 5 viser også, at der løber mere organisk stof fra søen end til den (som følge af algeproduktion).

Derimod er kvælstofbalancen anderledes. Størstedelen af kvælstoftilførslen denitrificeres og omdannes til luftformige forbindelser ( $N_2$  og evt.  $N_2O$ ) og transporteres således ikke videre ned gennem vandsystemet.

Karl Sø 1987	Vand $10^6$ m <sup>3</sup> /år	BI <sub>5</sub> t/år	COD t/år	Total N t/år	Total P t/år
Tilløb fra øst	0,17	0,20	2,0	1,7	0,004
Indsivning	0,43	0,6	5	4	0,01
Nedbør	-	-	-	0,1	0,002
Tilførsel ialt	0,60	0,8	7	6	0,016
Afløb fra Karl Sø	0,60	1,9	13	1,46	0,068

Tabel 5.

Massebalance for organisk stof og næringssalte for Karl Sø i 1987. Massebalancen er meget usikker, fordi stofindholdet i det ind-sivende vand reelt ikke er kendt. Det er antaget, at koncentrationen i det ind-sivende vand har været lig med koncentrationen i det østlige tilløb til Karl Sø.

## BRYRUP LANGSØ

## Vandkemi.

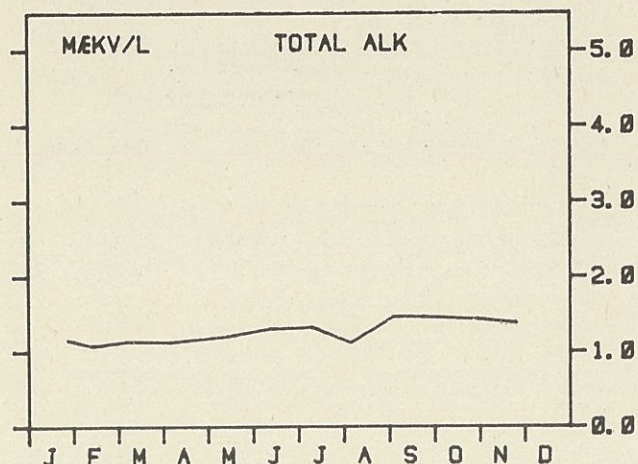
Med en maximumsdybde på ca. 9 m kan der forekomme temperaturlagdeling af søens vandmasser. Ved prøvetagningerne i 1987 er der kun konstateret små temperaturforskelle (under 2°C) og ikke kritisk lave iltindhold i bundvandet.

Variationerne i stofkoncentrationer i vandet i 1987 er vist i fig. 9 og 15. Karakteristisk og bestemmende for koncentrationsforløbene er de to algemaxima i marts-april og i august-september med klorofylindhold på omkring 100 µg/l.

Forårsmaksimet resulterer i et fald i fosforindhold i vandet som følge af sedimentation af alger, men ikke i nogen særlig pH-stigning i vandet. Omkring august sker der en betydelig frigørelse af fosfor fra sedimentet, så at indholdet i søvandet øges fra ca. 100 til ca. 240 µg P/l.

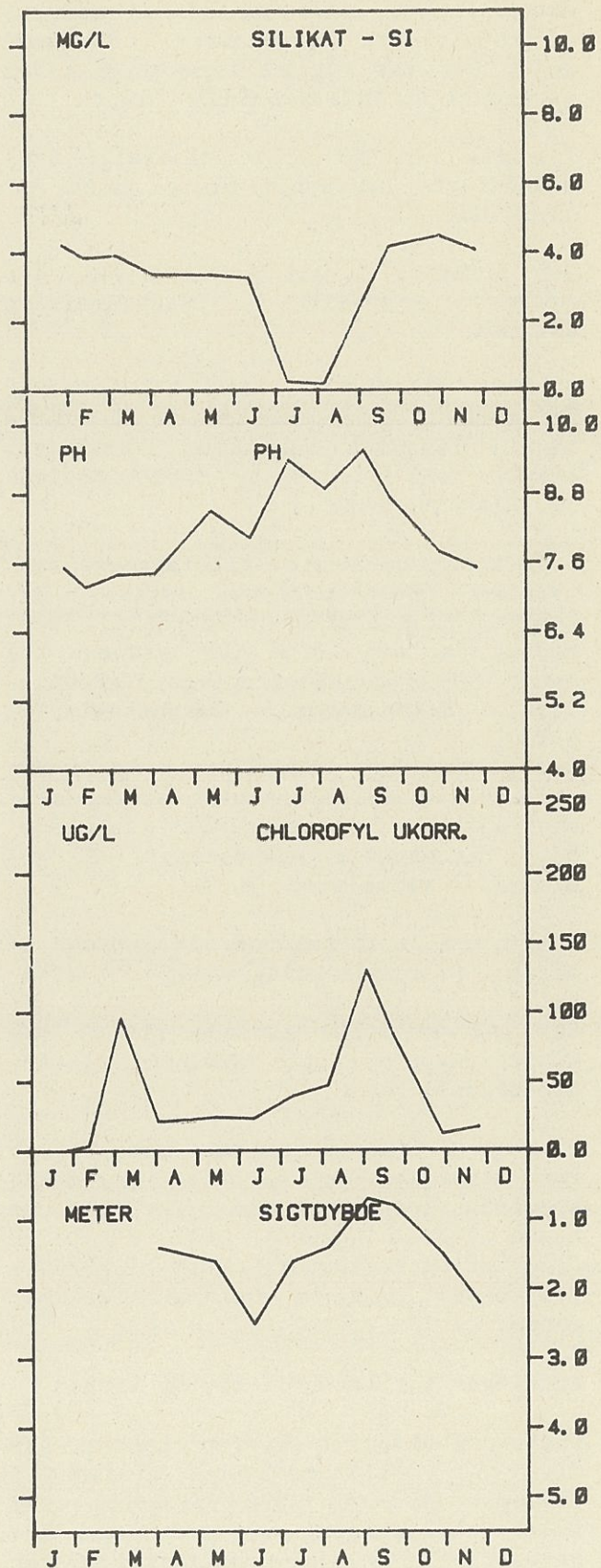
Nitratindholdet er stedse aftagende sommeren igennem, fordi der foregår en væsentlig denitrifikation i overfladesedimentet.

Sigtdybden i vandet var størst i juni (max. ca. 2,5 m) i en periode, hvor algemængden har været holdt nede af zooplanktongræsning, men hvor algemængden ikke har været fosforbegrænset. Direkte fosforbegrænsning af algemængden synes kun at være indtruffet i maj og måske omkring 1. august, og nitratindholdet er hele sommeren så højt, at der ikke har været kvælstofbegrænsning (min. konc. 0,7 mg NO<sub>3</sub>-N/l).



Figur 15.

Vandkemi i Bryrup Langsø 1987. Se også figur 9.



Fytoplankton, 1987.

I de første par måneder var algemængden relativt lille og bestod primært af rekyalger, (*Cryptomonas*, *Rhodomonas*). Der var dog et væsentligt islæt af grønalgen *Chlamydomonas* i marts.

I april var den lille kiselalge *Stephanodiscus hantzchii* blevet helt dominerende.

Den afløstes i maj af en anden, men større kiselalge, *Stephanodiscus astraëa*.

I juni var næsten alle kiselalgerne forsvundet og algemængden i det hele taget relativt beskedent. Der var enkelte små grønalger, (*Korshikoviella*, *Elakathotrix*).

I juli og august blev kiselalgerne igen hyppige, (*Stephanodiscus astraëa*, *Melosira*, *Fragillaria crotonensis*). Samtidigt var der, frem til oktober, ret mange chlorococcale grønalger, (*Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Korshikoviella*, m.fl.).

I september var kiselalgerne igen gået tilbage, og fytoplanktonet bestod altovervejende af blågrønalger, (*Chroococcus*, *Microcystis wesenbergii*, få *Microcystis aeruginosa*, m.fl.).

I slutningen af oktober var mængden af alger, (specielt blågrønalger), aftaget.

Der var en lille tendens til en sen kiselalgetop på dette tidspunkt, (*Stephanodiscus*).

Ud over i årets første tre måneder var rekyalger ret hyppige hele året, måske specielt i perioder med henfald af andre alger.

I august og september, under blågrønalgmaksimet, var de sparsomt forekommende.

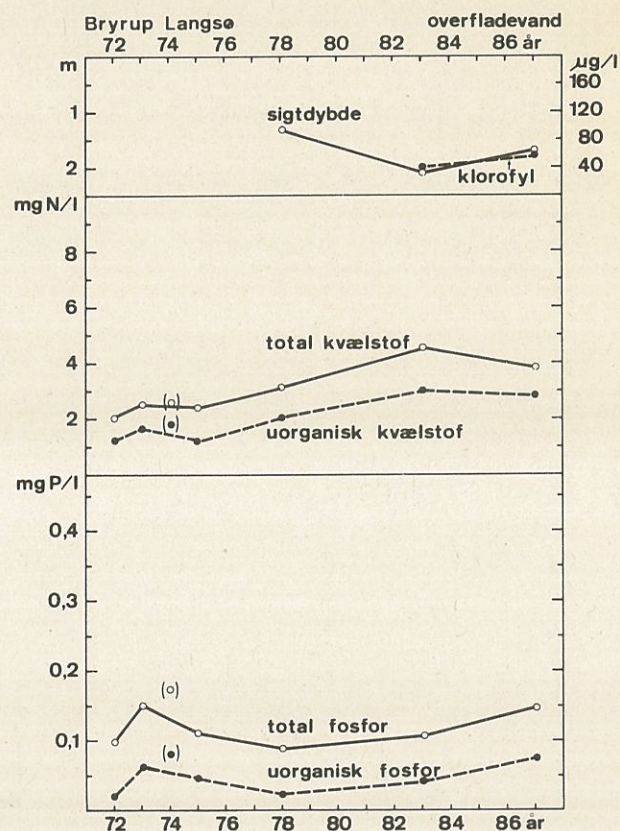
#### Ændringer i tilstand i Bryrup Langsø.

Fosforindholdet i Bryrup Langsø (se fig. 16) er tilsyneladende mindsket i perioden 1973 til 1978 formentlig som følge af afskæring af spildevand fra Brødstrup i overensstemmelse med, at også indholdet i Nimdrup Bæk er mind-

sket (fig. 4). Forøgelsen i fosforindholdet i 1987 (fig. 16) kan skyldes den forøgede tilførsel fra Kringelbæk (fig. 6 og tabel 4), der nu løber direkte til Bryrup Langsø.

De naturlige koncentrationsvariationer fra år til år kan være betydelige, og der kan derfor ikke lægges megen vægt på enkelte tilsyneladende ændringer. Der er dog ingen tvivl om, at Bryrup Langsø er på vej mod en mindre eutrofieret tilstand end tidligere.

Kvælstofindholdet i søvandet er generelt øget i perioden 1972-1987 tilsyneladende i overensstemmelse med det øgede indhold i Nimdrup Bæk. Indholdet af uorganisk kvælstof i Bryrup Langsø er stedse så højt, at algeproduktionen ikke begrænses af kvælstofmangel.



Figur 16.

Årsgennemsnit for kvælstof og fosfor samt sommergennemsnit (1/5-1/10) for sigtddybde og klorofyl.



## Stofkilder til Bryrup Langsø.

I tabel 6 er kvælstof- og fosfortilførslen til Bryrup Langsø fordelt på stofkilder.

Spildevandsbidraget er meget usikkert bestemt, idet det kun er baseret på erfaringstal for, hvor meget forurening 1 person bidrager med, og en omtrentlig opgørelse af antallet af beboere i oplandet.

Usikkerheden forøges yderligere af, at ikke alt spildevand når frem til vandløb og til Bryrup Langsø.

Den naturlige tilførsel i tabel 6 er den tilførsel, som ville forventes, hvis der slet ikke havde foregået menneskelig aktivitet i oplandet. Landbrugsbidraget (dyrkningsbidraget) er herefter beregnet som differens mellem den totalt målte tilførsel og spildevands- og naturbidrag.

Det er ikke overraskende, at dyrkningsbidraget er langt det største for kvælstofs vedkommende (ca. 83% af den samlede tilførsel). Bemærkelsesværdig er det, at dyrkningsbidraget af fosfor er ca. halvdelen af den totale tilførsel. Der kan heri være inkluderet evt. bidrag fra ulovlige landbrugsudledninger (f.eks. møddingsvand), men ellers består bidraget i udskylning/udvaskning fra dyrkede arealer.

## Massebalance for Bryrup Langsø.

I tabel 7 er opstillet en tabel over tilførsler og afløb af organisk stof og næringssalte for Bryrup Langsø i 1987.

Nævneværdig er det forholdsvis store fosforbidrag fra Kringelbæk. Det store

Bryrup Langsø 1987	Total N		Total P	
	t/år	%	t/år	%
Spildevand fra landsbyer (ca. 640 pers.)	1,1	2	0,42	24
Spildevand fra spredt bebyggelse (ca. 180 pers.)	0,3	0,5	0,12	7
Dambrug	-	-	0,18	10
Dyrkningsbidrag	49,3	83	0,81	46
Naturlig tilstrømning	8,3	14	0,21	12
Nedbør	0,6	1	0,01	0,6
Ialt	59,6	100%	1,75	100%

Tabel 6.

Opgørelse af kvælstof og fosfortilførslen til Bryrup Langsø fordelt på kilder i 1987. Spildevandsbidraget er beregnet ud fra antallet af personer i oplandet, idet der er regnet med, at halvdelen af spildevandet når frem til søen. Den naturlige tilstrømning er beregnet ud fra erfaringskoncentrationer i vandløb i naturområder på ca. 1 mg N/l og 0,025 mg P/l. Dyrkningsbidraget er fundet som differens. Fosforudledning fra dambrug er oplyst af Vejle Amtskommune.

fosforbidrag stammer fra spildevandsudledninger i oplandet, især fra Vinding.

I Bryrup Langsø bundfældes en del af den tilførte fosformængde, i 1987 ca. 1/2 ton eller ca. 27% af den tilførte fosformængde. Tidligere er målt fosforsedimentation på 0,39 - 0,77 t/år svarende til 37 - 50% af fosfortilførslen (Andersen 1974, Århus Amtskommune 1979).

Tilsvarende massebalance (tabel 7) for kvælstof viser, at kun en ubetydelig del af den tilførte kvælstofmængde bundfældes i Bryrup Langsø, men at ca. 22 tons (38%) af den tilførte mængde i 1987 er blevet omdannet til atmosfærisk kvælstof ved denitrifikation. Tidligere er denitrifikationen i Bryrup Langsø opgjort til ca. 15 tons pr. år.

Ovenstående beregninger af sedimentation af fosfor og denitrifikation i Bryrup Langsø er beregnede bl.a. ud fra forskellene mellem tilførsel og afløb og derfor behæftet med stor usikkerhed. Den fundne forskel på tallene for de enkelte år (1972, 1973, 1978 og 1987) afspejler således ikke nødvendigvis ændringer i søen.

Bryrup Langsø 1987	Vand 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /år	BI <sub>5</sub> t/år	COD t/år	Total N t/år	Total P t/år
Afløb Karl Sø	0,60	1,9	13	1,46	0,068
Kringelbæk	0,67	3,2	35	6,0	0,42
Nimdrup Bæk	5,98	15,3	107	46,0	1,20
Små tilløb 1)	0,16	0,3	5	0,9	0,02
Indsivning 2)	0,91	1,3	10	4,7	0,03
Nedbør 3)	-	-	-	0,55	0,01
Tilførsel ialt	8,32	22	170	59,6	1,75
Afløb (Bryrup Å)	8,32	29	159	35,7	1,27
Sedimentation	0	?	?	1,5	0,48
Denitrifikation	-	-	-	22,4	-

Tabel 7.

Tilførsel af organisk stof og næringssalte til Bryrup Langsø i 1987, samt beregnet sedimentation af N og P og denitrifikation.

1) Vægtet gnsnt. af de to tilløb.

2) Konc. antaget lig med konc. i sydvestlige tilløb.

3) Antaget: 15 kg N/ha år og 0,2 kg P/ha år.

Udvikling i næringssalttilførsel.

Resultaterne af tidligere opgørelser af næringssalttilførslerne til Bryrup Langsø er vist i tabel 8.

Der er stor usikkerhed på de opgjorte årlige stoftilførsler, fordi der kun er taget prøver ca. 1 gang pr. måned, og fordi vandføringen kun er bestemt ved enkeltmålinger samtidig med prøvetagningen.

Der er dog ingen tvivl om, at kvælstoftransporten til Bryrup Langsø er steget i perioden 1972-87. Der er tilsyneladende sket ca. en fordobling (se tabel 8), men en del af stigningen skyldes, at vandafstrømningen har været højere i 80'erne end i 70'erne.

Fosfortransporten til Bryrup Langsø er tilsyneladende mindsket som følge af afskæringen af spildevandet fra Brædstrup først i 70'erne, men fosfortilførslen er så igen steget, især i 1987 som følge af, at Kringelbæk er ført direkte ud i Bryrup Langsø. Den øgede vandafstrømning i 80'erne bevirker også, at mere spildevand når frem til vandløbene, og at markbidraget af fosfor øges.

Bryrup Langsø Årlig stoftilførsel	Vand 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /år	Fosfor t/år	Kvælstof t/år
1972	6,6	1,49	32,1
1973	6,0	1,17	30,6
1978	6,3	1,05	48,1
1983	8,6	1,22	63,7
1987	8,3	1,75	59,6

Tabel 8.

Opgørelser af næringssalttilførsel til Bryrup Langsø i år, hvor der er foretaget stoftransportmålinger.

#### Andre undersøgelser i Bryrup Langsø.

I 1988 blev der gennemført en standardiseret undersøgelse af fiskebestandens sammensætning i Bryrup Langsø. (Århus Amtskommune, 1989).

Udvalgte resultater fra undersøgelsen er vist i bilag 6.

Ligeledes blev der tilbage i 1975 gennemført en kartering af vegetationen i rørsumpen ved søen, (Wium-Andersen & Schierup, 1975).

Vegetationskortet fra denne undersøgelse er vist i bilag 5.

## KVIND SØ

## Vandkemi.

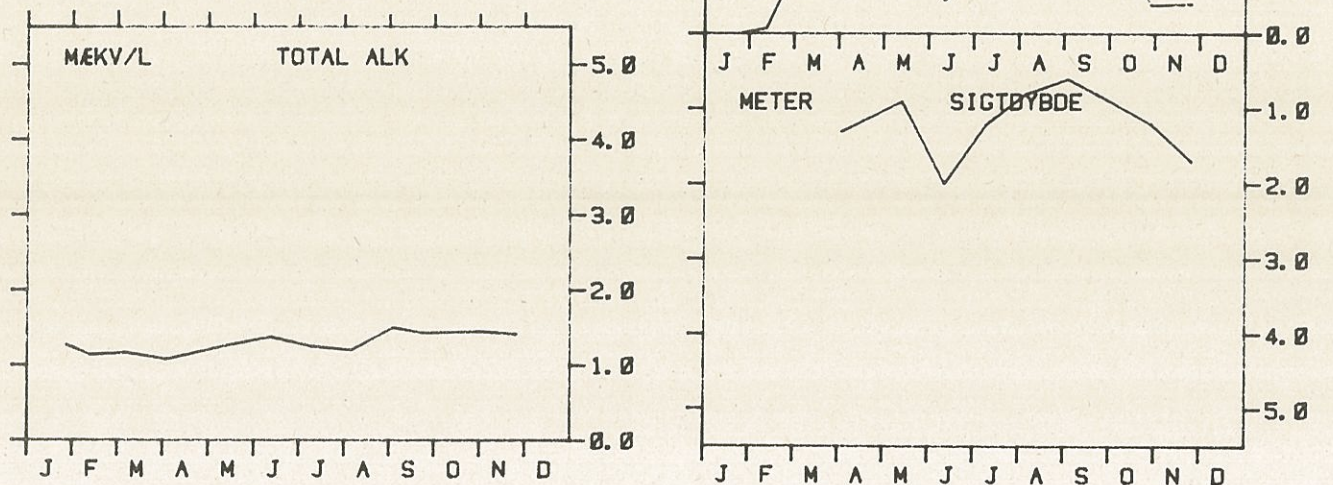
Med en maximumsvanddybde på kun ca. 2,5 m er der ingen stabile forskelle mellem overfladevand og bundvand i Kvind Sø.

Årstidsvariationerne i de kemiske forhold i søvandet fremgår af fig. 10 og 17. Indholdet af organisk stof og fosfor er generelt større end i Bryrup Langsø, idet algemængden i Kvind Sø er større, fordi fosforindholdet er større, og vanddybden er mindre, hvilket muliggør en større algemængde.

Der sker nogen fosforfrigørelse fra sedimentet i Kvind Sø om sommeren, som i så mange andre lavvandede eutrofe søer. Fosforfrigørelsen var dog mindre i 1987 end i tidligere år, idet fosforkoncentrationerne før indførelse af fosforfjernelse i Bryrup nåede op på 0,6 - 1,2 mg P/l om sommeren.

At fosforindholdet i vandet i Kvind Sø er mindsket fremgår også af fig. 18, hvor årsgennemsnit for næringssalte og sommerværdier for sigtddybde og klorofyl er vist.

Fosforindholdet er drastisk mindsket som følge af fosforfjernelsen i Bryrup til et niveau på ca. 0,2 mg P/l. Dette har dog endnu ikke resulteret i væsentlig reduktion af algemængden i vandet, men det må forventes, at yderligere reduktion af fosforindhold i vandet fører til en mindsket algemængde.



Figur 17.  
Vandkemi i Kvind Sø 1987. Se også figur 10.

## Fytoplankton, 1987.

Først på året var der relativt få alger, - fortrinsvis små arter som grønalgene *Chlamydomonas* og rekylalgerne *Cryptomonas* og *Rhodomonas*.

I marts-april toppede kiselalgerne, - små centriske former af slægterne *Stephanodiscus* og *Cyclotella*. Rekylalgerne var næsten forsvundet i marts.

I maj klingede forårstoppen af kiselalger af.

Der var dog enkelte store kiselalger til stede, (*Stephanodiscus astraea*). I stedet var chlorococcale grønalger blevet hyppige, med mange arter, (*Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Dictyosphaerium*, m.fl.). Hertil enkelte forekomster af grønalgerne *Closterium* og *Staurastrum*.

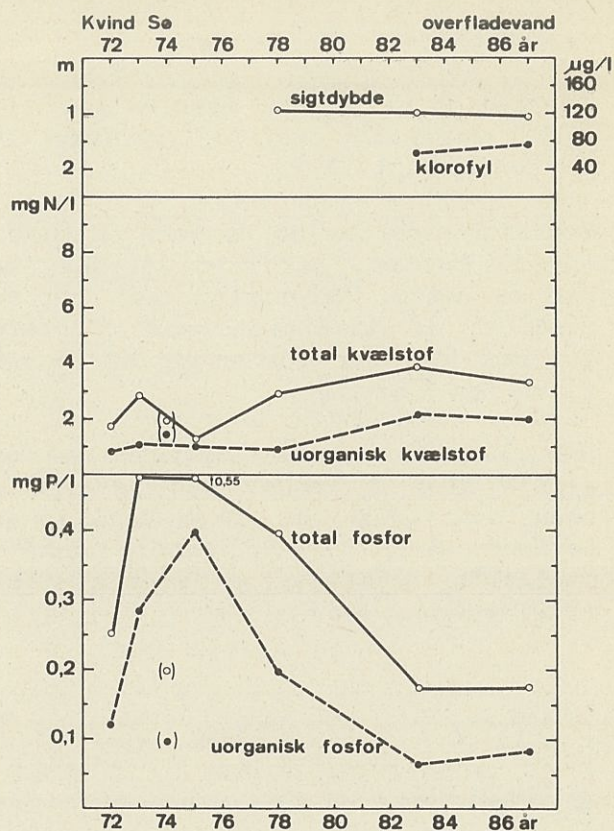
Frem til oktober var grønalgerne talrige. I juni-september indeholdt planktonet mange blågrønalger, (*Microcystis wessenbergii*, *Anabaena spiroides* m.fl.).

I slutningen af oktober var blågrønalgerne og grønalgerne aftaget, og der var i stedet et mindre maksimum af kiselalger, (*Stephanodiscus astraea*, *Fragillaria crotonensis*, *Tabellaria*, m.fl.).

Der var i øvrigt også et maksimum af kiselalger midt på sommeren i juli måned (*Stephanodiscus astraea*, *Melosira*).

## Øvrige undersøgelser i Kvind Sø.

I forbindelse med NPO-projekt 4.3 blev der af Biologisk Institut, Odense Universitet, gennemført detaljerede undersøgelser i Kvind Sø. Således blev fyto- og zooplanktons udvikling undersøgt såvel kvantitativt som kvalitativt. Udvalgte data fra undersøgelsen er venligst stillet til Miljøkontorets rådighed og er gengivet i bilag 7. Den interne fosforbelastning i søen er ligeledes vurderet i forbindelse med ovennævnte NPO-projekt, (Jensen & Andersen 1989). Enkelte udvalgte data fra denne reference er gengivet i bilag 8.



Figur 18.

Årsgennemsnit for kvælstof og fosfor og sommergennemsnit for sigtdybde og klorofyl (1/5-1/10).

## Massebalance for Kvind Sø.

I tabel 9 er anført massebalance for vand, organisk stof og næringssalte for Kvind Sø i 1987.

Fosfortransporten ud af søen er større end tilførslen. Der sker således stadig en netto fosforfrigørelse fra sedimentet af tidligere ophobet fosfor fra perioden før etablering af fosforfjernelse i Bryrup.

Der sker desuden en forøgelse af organisk stof i vandet ved passage af søen som følge af algeproduktionen. Derimod sker der et mindre fald i kvælstoftransporten som følge af denitrifikation i søen.

## Udvikling i næringssalttilførsel.

Fosfortransporten til Kvind Sø er for nedadgående (tabel 10), men ikke så drastisk som reduktion i tilførslen med spildevand fra Bryrup (se tabel 2). Fosfortilførslen til Kvind Sø afhænger jo også af tilførslen fra Bryrup Langsø, og hertil har tilførslen jo været stigende gennem de seneste år (se tabel 8).

tabel 9 og 10.

Kvind Sø 1987	Vand 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /år	BI <sub>5</sub> t/år	COD t/år	Total N t/år	Total P t/år
Afløb Bryrup Langsø	8,32	29	159	35,7	1,27
Bryrup Renseanlæg	0,21	3	7	3,6	0,20
Diffus tilførsel <sup>2)</sup>	1,27	2	14	6,6	0,04
Nedbør	-	-	-	0,2	0,00
Tilførsel ialt	9,80	34	170	46,1	1,51
Afløb fra Kvind Sø	9,80	37	202	36,8	1,62

Tabel 9.

Tilførsel af organisk stof og næringssalte til Kvind Sø i 1987 fordelt på kilder, samt stoftransport gennem afløbet fra søen.

1) Konc. antaget at være som i det sydvestlige tilløb til Bryrup Langsø.

Kvind Sø Årlig stoftilførsel	Vand 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /år	Fosfor t/år	Kvælstof t/år
1972	8,0	2,32	24,5
1973	7,0	1,59	20,9
1978	7,1	1,87	43,2
1983	11,1	(1,75)	53,3
1987	9,8	1,51	46,1

Tabel 10.

Opgørelser af næringssalttilførsel til Kvind Sø i år, hvor der er foretaget stoftransportmålinger.

## KUL SØ

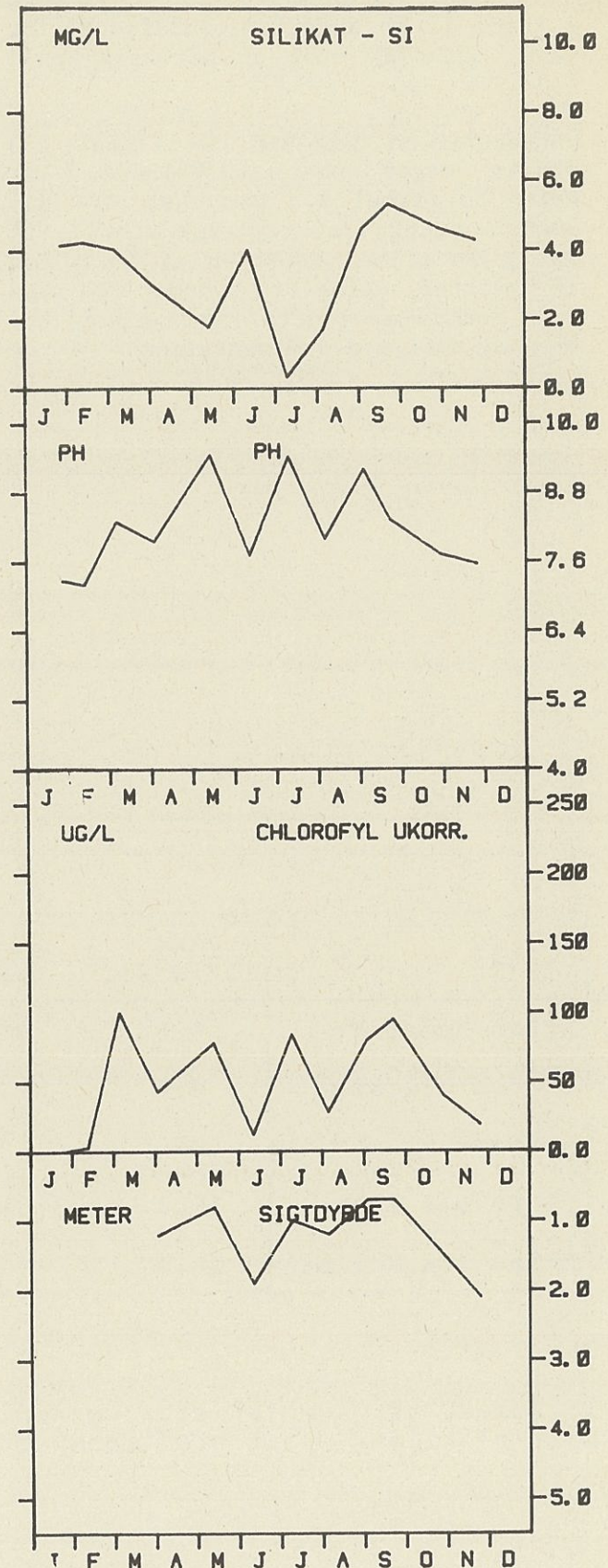
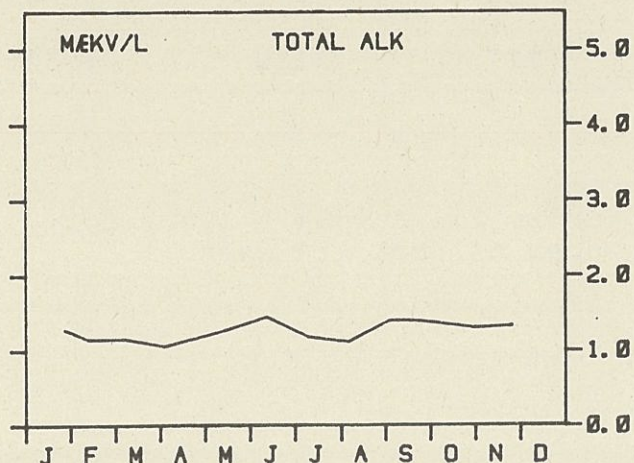
Kul Sø minder næsten på alle områder om Kvind Sø. Der er næsten ingen forskelle på dybdeforhold, vandskifte og vandkemiske forhold (se tabel 1 og fig. 19 og 20), og derfor er de biologiske forhold i de to søer også stort set identiske, og der henvises derfor til det allerede anførte om Kvind Sø for at undgå gentagelse.

## Fytoplankton, 1987.

I marts-april udgjorde små centriske kiselalger hovedparten af algerne i søen, (*Stephanodiscus*, *Cyclotella*). Kiselalgerne var næsten væk i maj-juni, men blev igen relativt hyppige i juli og oktober, hvor det dog var større arter, der gjorde sig gældende, (*Stephanodiscus astraea*, *Synedra*, *Fragilaria crotonensis*).

Ellers var udviklingen af alger karakteriseret ved opvækst af mange forskellige chlorococcale grønalger i maj. Grønalgerne var hyppige frem til september, (*Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Sphaerocystis*, *Kohrshikoviella*, *Coelastrum* m.fl.). Enkelte arter af slægterne *Closterium* og *Staurastrum* forekom også i planktonet.

Fra august til slutningen af september var det dog blågrønalgerne, der udgjorde langt størstedelen af biomassen. Først og fremmest var *Microcystis wesenbergii* talrig, men der var også en del andre blågrønalger, (*Aphanizomenon flos-aqua*, *Microcystis aeruginosa*, *Crocococcus*, *Oscillatoria*).



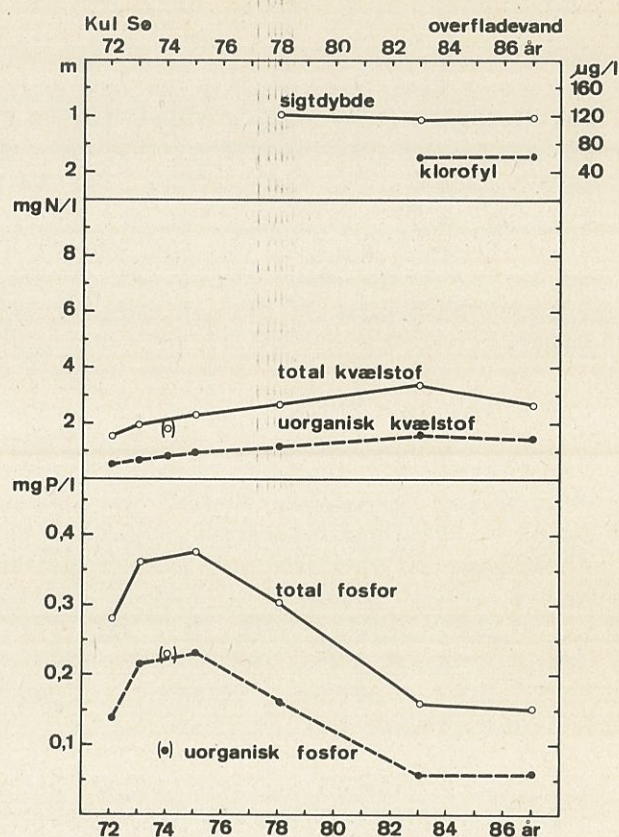
Figur 19.

Vandkemi i Kul Sø 1987. Se også figur 11.

## Massebalance for Kul Sø.

I tabel 11 er anført massebalancen for vand, organisk stof og næringssalte i 1987.

Massebalancen for Kul Sø (tabel 11) minder meget om massebalancen for Kvind Sø (tabel 9). Der sker en lille nettoproduktion af organisk stof i Kul Sø og en lille reduktion af indholdet af kvælstof og fosfor i vandet ved passage gennem søen dels ved denitrifikation og dels ved sedimentation.



Figur 20.

Årgennemsnit for kvælstof og fosfor og sommergennemsnit for sigtdybde og klorofyl (1/5-1/10).

Kul Sø 1987	Vand $10^6 \text{ m}^3/\text{år}$	BI <sub>5</sub> t/år	COD t/år	Total N t/år	Total P t/år
Afløb Kvind Sø	9,80	37	202	36,8	1,62
Diffus tilførsel	0,6	1	4	0,4	0,02
Nedbør	-	-	-	0,2	0,00
Tilførsel ialt	10,4	38	206	37,4	1,64
Afløb fra Kul Sø	10,4	44	217	31,9	1,52

Tabel 11.

Tilførsel af organisk stof og næringssalte til Kul Sø i 1987, fordelt på kilder, samt stoftransport gennem afløbet fra søen.



## SEDIMENTUNDERSØGELSER

I oktober 1983 blev der foretaget kemiske analyser af overfladesedimentet i de fire Bryrup Søer. Der er ikke tidligere foretaget målinger af tungmetalindholdene, men indholdet af organisk stof og næringssalte blev målt i 1972-73 (Andersen 1974).

### Sedimentkarakteristik.

Sedimentet i de dybeste dele af Bryrup Søerne er næsten ens i de fire søer: en stærk vandholdig mudder (gyttje, ca. 95% vand) med et beskedent indhold af kalk (10-30 g/kg TS) og et moderat indhold af jern (20-40 g/kg TS). Sedimentets karakter afspejler først og fremmest de geologiske forhold i oplandet (tabel 12).

### Tungmetalindhold.

Overfladesedimentets indhold af tungmetaller er normalt et godt mål for, om der sker væsentlig kulturbetinget tilførsel af tungmetaller.

Indholdet af tungmetaller i alle fire søer er næsten på samme niveauer, som man ofte finder i uforurenede søer.

Ved sammenligning mellem søerne (tabel 12) ses dog, at indholdet af zink og bly er forhøjede i Kvind Sø og Karl Sø, utvivlsomt som følge af spildevandstilførsel fra Bryrup og Vinding. Zink kommer fra tagrender og bly fra vejene (benzin). Også kobberindholdet synes noget forhøjet i Kvind Sø.

### Næringssalte i sedimentet.

Kvælstof i sedimentet findes bundet i det organiske stof. Indholdet følger derfor stort set indholdet af organisk stof. I Bryrup Søerne er kvælstofindholdet omkring 20 g N/kg TS, eller på samme niveau som i muddret i andre danske søer (se tabel 12).

Fosforindholdet er noget højere i alle fire søer, end man normalt finder i uforurenede søer, hvor man ofte finder omkring 1 g P/kg TS i muddret. Fosforindholdet styres ikke kun af fosfortilførslen til søen, men også af sedimentets evne til at binde fosfor.

Den fosforbindingsevne er størst i Bryrup Langsø, formentlig fordi tilførslen af lerminerale er størst her til. I øvrigt vil en del fosfor være bundet i calcium- og jernforbindelser samt i det organiske stof (herunder organismene) i sedimentet.

### Vertikalfordeling i sedimentet.

I efteråret 1987 blev der foretaget fornyede undersøgelser af de vigtigste stoffer i sedimentet. For at få et groft indtryk af vertikalfordelingen blev der udtaget delprøver til kemiske analyser i forskellige sedimentdybder. Resultaterne fremgår af fig. 21-24.

Det sædvanlige mønster i sedimenter (stigende tørstofindhold og aftagende indhold af organisk stof og næringssalte) ses også i Bryrup Søerne. De sedimentkemiske forhold i 1987 var omtrent som i 1983 (tabel 12) og i 1972-73 (Andersen 1974).

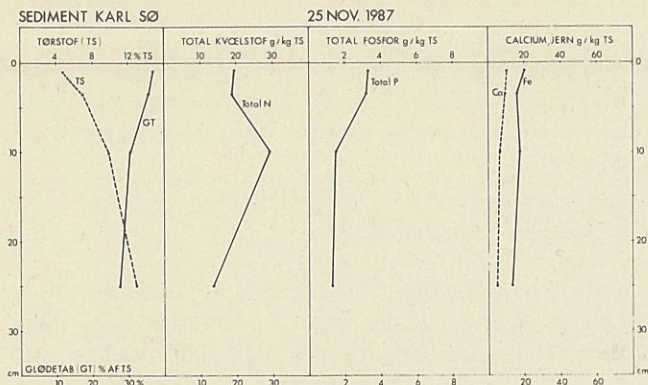
Den væsentligste ændring af fosforindholdet i overfladesedimentet i Kvind Sø er mindsket fra ca. 5 g P/kg TS i 1973 til knap 3 g P/kg TS i 1987. Dette må tilskrives, at der siden 1982 er foretaget fosforfjernelse på Bryrup Rensningsanlæg.

De senere års nettofrigørelse af fosfor fra sedimentet i Kvind Sø har altså forsinket virkningen af fosforfjernelsen i Bryrup, men fosforindholdet er nu så lavt, at størstedelen af denne nettobelastning fra sedimentet er overstået.

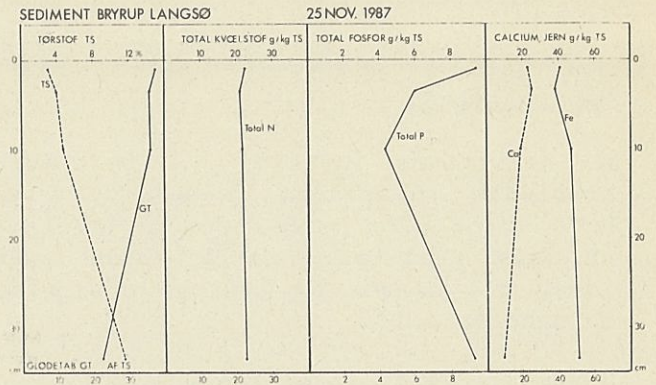
Sediment 0-5 cm 25-26/10 1983	Karl Sø	Bryrup Langsø	Kvind Sø	Kul Sø
pH	6,7	7,0	7,3	7,0
Tørstof (TS)	6,4	3,8	4,8	4,6
Glødetab (GT)	34,2	33,0	36,3	33,6
Total kvælstof % af TS g/kg TS	20,9	19,0	21,2	21,8
Total fosfor g/kg TS	3,0	7,3	3,4	3,1
Calcium g/kg TS	10	26	14	11
Jern g/kg TS	22	40	38	24
Kobber mg/kg TS (mg/kg GT)	23	28	60	26
Nikkel -	33	33	(38)	32
Krom -	11	8,3	(13)	8,9
Bly -	80	54	(104)	59
Cadmium -	3,6	1,6	4,9	2,8
Kviksølv -	0,1	0,1	0,3	0,1
Zink -	250	240	550	220
	(67)	(85)	(165)	(77)
	(96)	(100)	(105)	(95)
	(32)	(25)	(36)	(26)
	(234)	(164)	(287)	(176)
	(11)	(4,8)	(13)	(8,3)
	(0,3)	(0,3)	(0,8)	(0,3)
	(731)	(727)	(1515)	(655)

Tabel 12.

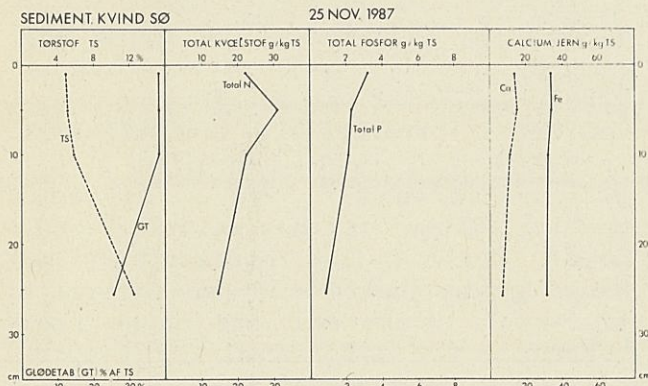
Resultater af kemiske analyser af overfladesedimentet i Bryrup Søerne. De øverste 5 cm tykke sedimentlag er udtaget til analyse den 25-26/11 1983.



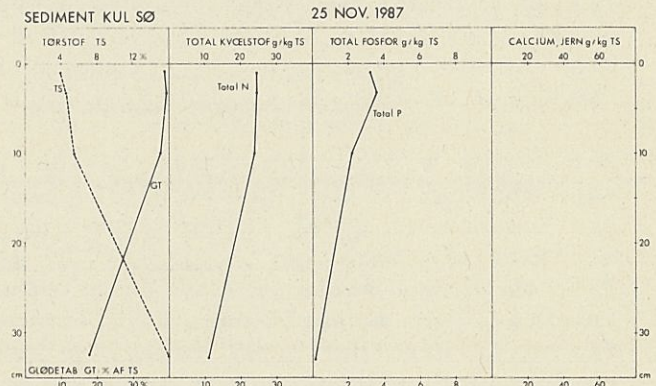
Figur 21.  
Vertikal fordeling af tørstof, glødetab (organisk stof), kvælstof, fosfor, calcium og jern i sedimentet i den dybeste del af Karl Sø. Den 25. november 1987.



Figur 22.  
Vertikal fordeling af tørstof, glødetab (organisk stof), kvælstof, fosfor, calcium og jern i sedimentet i den dybeste del af Bryrup Sø. Den 25. november 1987.



Figur 23.  
Vertikal fordeling af tørstof, glødetab (organisk stof), kvælstof og fosfor i sediment fra Kvind Sø. Den 25. november 1987.



Figur 24.  
Vertikal fordeling af tørstof, glødetab (organisk stof), kvælstof og fosfor i sediment fra Kul Sø. Den 25. november 1987.

## MULIGHEDER FOR AT MINDSKE FORURENINGEN AF SØERNE

Naturtilstand

De naturgivne forhold, der bestemmer hvorledes tilstanden i søerne ville have været uden menneskets påvirkning, er især kvaliteten af det vand, der løber til søerne og søernes størrelse og dybdeforhold.

## Vandkvalitet i naturtilstand.

Først og fremmest fosforindholdet i vandet vil sætte grænser for hvor store algemængder, der kan dannes i søvandet i naturtilstand. Ud fra målinger i uforurenede vandløb i området (østlige tilløb til Karl Sø, fig. 7, tabel 3, og en kilde syd for Bryrup Langsø) skønnes, at det naturlige fosforindhold i vandløb i området er ca. 0,025 mg P/l.

Med dette niveau for total fosfor i vandløbsvand ville gennemsnitskoncentrationerne af total fosfor i søvandet skønmæssigt være ca. 0,01 - 0,02 mg P/l, og søerne ville have en helt anden karakter, end de har i dag. Da tilstanden ville være helt anderledes, er det naturligvis usikkert mere præcist at gætte på, hvorledes tilstanden ville være.

## Biologiske forhold i naturtilstand.

Der er dog ingen tvivl om, at algemængden i vandet ville være så lille (formentlig ca. 1/10 af det nuværende niveau), at lyset ville nå helt til bunds i Karl Sø, Kvind Sø og Kul Sø og give mulighed for undersøisk vegetation overalt i de tre søer. I den dybeste del af Bryrup Langsø ville der formentlig ikke være plantevækst.

Sigtdybden i sommerperioden ville formentlig normalt være mere end 4 meter i Bryrup Langsø, og i de andre søer ville man (bortset fra under algernes forårsopblomstring) kunne se bunden overalt.

Plantevæksten langs bredderne ville være ændret således, at tætheden af rørsumpen var lille, og der ville være forekomst af strandbo (littorella) og lobelia i alle fire søer. De mest typiske planter i søerne ville dog være

undervandsplanter af slægterne tusindblad og vandaks, samt en del kransnålalger.

Fremtidig tilstand

Den fremtidige tilstand i søerne vil ligge langt fra naturtilstanden, men der vil ske en stærk formindskelse af forureningspåvirkningen i forhold til den ret stærke forurening af søerne, som er sket i hvert fald gennem de seneste årtier, men som der nu gribes ind overfor.

## Karl Sø.

I Karl Sø vil forholdene nærme sig naturtilstanden, fordi Kringelbæk er afskåret således, at der ikke herigenem føres fosforberiget vand til Karl Sø. Fosforindholdet i vandet i det østlige tilløb til søen svarer formentlig omtrent til det naturlige indhold. Derimod er nitrattilførslen mange gange større end den naturlige tilførsel. Dette har dog næppe stor betydning for tilstanden, da fosfortilførslen er meget lille.

Den største usikkerhed vedrørende den fremtidige tilstand er ukendskabet til hvor lang tid, der vil gå, inden søens økosystem har indstillet sig på den nuværende lave fosfortilførsel, altså bl.a. hvor lang tid, der vil kunne ske en væsentlig fosforfrigørelse fra sedimentet. Herudover er der måske fare for, at der sker tilsivning af fosfor fra spildevandsnedsivning fra sommerhuse ved søen.

Der er dog ingen tvivl om, at tilstanden i Karl Sø vil bedres afgørende i løbet af ganske få år, og at algemængden i løbet af 5-10 år generelt vil være så lille, at der oftest er sigtdybde til bunden af søen selv på de dybeste steder. I takt hermed vil der ske en genindvandring og udbredelse af undervandsplanter, som formentlig kommer til at vokse over størstedelen af søbunden. De hyppigste planter vil være vandaksarter, tusindblad og kransnålalger på de lidt større dybder og en betydelig "tyndere" rørsump af

tagrør end i dag og med betydelig udbredelse af grundskudsplanter, strandbo og måske også af Lobelia.

#### Bryrup Langsø

Ved nedenstående skøn over den fremtidige tilstand i Bryrup Langsø er der regnet med, at spildevand fra Vinding er afskåret til Bryrup, og spildevandet fra Grødstrup, Davding og Slagballe er ført til Brødstrup, samt at dambrugsudledninger af fosfor halveres.

Fosfortilførslen til Bryrup Langsø vil herefter omtrent være som opgjort i tabel 13. Det største fosforbidrag vil efter afskæring af spildevand fra landsbyerne være dyrkningsbidraget, selv om den angivne størrelse af dette bidrag kun bygger på formodninger. Fosfortilbageholdelsen (sedimentationen) i Bryrup Langsø vil være ret høj, fordi en del af fosfortilførslen findes bundet til bundfældelige jordpartikler. I tabel 13 er regnet med en fosforreentionskoefficient,  $R_p = 0,4$ .

Det skønnede fremtidige gennemsnitsindhold af total fosfor i Bryrup Langsø er ca. 0,07 mg P/l med noget højere værdier om vinteren og lavere værdier om sommeren.

Den fremtidige algemængde vil naturligvis mindskes, når fosforniveauet bliver ca. det halve af nu; et realistisk skøn er, at algemængden også vil mindskes til ca. halvdelen af niveauet i Bryrup Langsø i 1980'erne, og den gennemsnitlige sommersigtddybde vil gradvis øges til omkring eller lidt over 2 m.

Ikke blot vil den totale algemængde i Bryrup Langsø mindskes; der vil også ske kvalitative ændringer, så at opblomstring af blågrønalger bliver sjældnere. Dette er især af interesse for den rekreative udnyttelse, især badning, idet disse masseforekomster af alger i vandoverfladen ikke blot kan give søen et uæstetisk udseende, men i visse tilfælde samtidigt kan være giftige.

#### Kvind Sø og Kul Sø

De økologiske forhold vil også i frem-

tiden være omtrent ens i de to søer. Ved nedenstående skøn over den fremtidige udvikling er der regnet med, at fosfortilførslen fra Bryrup Rensningsanlæg er på 200 kg/år, og at 10% af fosfortilførslen netto vil bundfældes i hver af søerne, når søerne i løbet af en del år igen er kommet i en stabil tilstand i overensstemmelse med den fremtidige fosfortilførsel.

I tabel 14 er der med disse forudsætninger beregnet den fremtidige fosfortilførsel og fosforindhold i Kul Sø. Indholdet i Kul Sø vil generelt være en anelse lavere end i Kvind Sø, på grund af sedimentation og yderligere tilførsel af rent vand til Kul Sø fra omgivende plantage.

Det fremgår af tabel 14, at de gennemsnitlige fosforkoncentrationer i fremtiden vil blive omtrent som i Bryrup Langsø (ca. 0,07 mg P/l).

Tilførslen af spildevand fra Bryrup kompenseres altså af indsivning af fosforfattigt vand direkte til søerne og af en vis, men beskedent, nettofosforsedimentation.

Fosforindholdet i Kvind Sø vil dog være en anelse højere, formentlig i gennemsnit ca. 0,08 mg/l.

Algemængden i Kvind Sø og i Kul Sø vil under alle omstændigheder blive noget større end i Bryrup Langsø, fordi den mindre vanddybde gør, at de lysmæssige betingelser for algernes vækst bliver bedre.

Det skønnes, at algemængden i Kvind Sø og Kul Sø bliver omtrent det halve af niveauet i 1970'erne og 80'erne. Denne gennemsnitlige sommersigtddybde bliver formentlig omkring 1,4 m, måske lidt større i Kul Sø end i Kvind Sø.

Den fremtidige algemængde og sigtddybde vil afhænge stærkt af, om undervandsplanter får en betydelig udbredelse i søerne. I dag er der stort set ingen undervandsplanter, og den fremtidige udbredelse afhænger ikke blot af, hvor klart vandet bliver i fremtiden, men formentlig også af, om planterne kan finde fæste i den løse mudderbund, der

findes i størstedelen af søerne.

Algemængden om sommeren kan endvidere komme til at afhænge af, om der også i fremtiden vil ske en nettofrigivelse af fosfor fra sedimentet i juli - august måned. En sådan fosforfrigivelse vil selvsagt kunne øge algemængden. Der er dog mulighed for, at denne frigivelse ikke vil finde sted, hvis sedimentet i fremtiden kan holde sig bedre iltet end i dag.

Der er gode muligheder for et mere veliltet sediment, dels fordi der vil ske en formindskelse af mængden af organisk stof, som nedbrydes i sedimentet, og dels fordi nitratindholdet i søvandet formentlig vil øges, da der bruges mindre til algernes vækst. Det højere nitratindhold vil kunne bidrage til at holde sedimentet iltet og dermed forhindre fosforfrigivelse til sedimentet og altså i sidste ende bidrage til at mindske algemængden (Andersen 1977, 1985).

#### Sammenfatning vedrørende fremtidig tilstand i Bryrup Søerne

På trods af meget store usikkerheder er i tabel 15 anført nogle forventninger til Bryrup Søernes fremtidige tilstand.

Sådanne usikre talværdier er måske ikke i sig selv meget sigende om den forventede tilstand. Bedre er formentlig nogle mere naturmæssige betragtninger:

Karl Sø vil udvikle sig mod en helt uforurennet sø med undervandsplanter næsten over hele søen og med sigtddybde til bunden det meste af sommeren. Grundskudsplanterne breder sig, og Lobelia kan igen klare sig i søen.

Bryrup Langsø vil fortsat være noget eutrofieret, især som følge af udvaskning af fosfor fra dyrkede arealer. Der sker dog en betydelig forbedring i søens tilstand, masseforekomst af blågrøn alger bliver sjældne, og søen bliver mere attraktiv, både naturmæssigt og rekreativt med en god badevandskvalitet.

Kvind Sø og Kul Sø vil fortsat være de mest eutrofierede ofte med vand, der er uklart af alger. Søerne bliver dog noget mere klarvandede og især biologisk mere interessante, fordi der vil komme et bælte af undervandsplanter formentlig ud til ca. 1,5 m dybde.

Selv om søerne bliver mindre forurenede vil mængden af fisk ikke øges, snarere tværtimod. Derimod vil der ske skift i fiskebestandene hen imod flere rovfisk, som for mange fiskere er de mest attraktive.

Fremtidig fosfortilførsel til Bryrup Langsø	Mængde t/år	Koncentrationsbidrag mg/l
Naturlig tilførsel	0,21	0,025
Dyrkningsbidrag	0,54	0,065
Dambrug	0,09	0,011
Spildevand fra spredt bebyggelse (ca. 180 PE)	0,12	0,014
Tilførsel i alt	0,96	0,115
Skønnet gnsnt. i søvandet ( $R_p = 0,4$ ) og søafløb	0,58	0,070

Tabel 13.

Beregnet fremtidig fosfortilførsel til Bryrup Langsø. Tallene er beregnede på baggrund af tabel 6, dog er der regnet med, at dyrkningsbidraget af fosfor mindskes med 1/3 som følge af ændret dyrkningspraksis og gødningshåndtering. Fosforudledningerne fra dambrug forudsættes halveret. Koncentrationsbidragene er beregnet ud fra vandgennemstrømningen i 1987 ( $8,32 \times 10^6 \text{ m}^3$ ).

Fremtidig fosfortilførsel til Kul Sø	Mængde t/år	Koncentrationsbidrag mg/l
Tilførsel fra Bryrup Langsø	0,59	0,057
Spildevand fra Bryrup	0,20	0,019
Fra omgivende arealer	0,094	0,009
Tilførsel i alt	0,88	0,085
Skønnet gnsnt. i søvand og afløb	0,70	0,068

Tabel 14.

Beregnet fremtidig fosfortilførsel og gennemsnitligt fosforindhold i vandet i Kul Sø. Der er regnet med, at tilførslen fra omgivende arealer ( $1,87 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) indeholder 0,05 mg P/l. Koncentrationsbidragene er beregnet ud fra vandgennemstrømningen i 1987 ( $10,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ ).

Fremtidig gennemsnitlig søvandskvalitet	Total fosfor mg P/l	Sommer klorofyl mg/l	Sommer sigtdybde m
Karl Sø	0,01-0,02	ca. 0,01	over 3 m
Bryrup Langsø	0,07	ca. 0,02	ca. 2 m
Kvind Sø	0,08	ca. 0,04	ca. 1,3 m
Kul Sø	0,07	ca. 0,03	ca. 1,5 m

Tabel 15.

Nogle forventninger til fremtidige gennemsnitsværdier for fosforindhold (årgennemsnit) og sommergennemsnit for sigtdybde og klorofylindhold i vandet. Det vil måske være af størrelsesordenen 10 år, før forventningerne kan forventes opfyldt.





## 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. (1975): Influence of pH on the release of phosphorus from lake sediments. - Arch. Hydrobiol. 76, 411-19.
- 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. (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 Hague 1977, 357-62.
- GUDENÅUNDERSØGELSEN 1973-75: Rapporter udgivet af Gudenåudvalget.
- JACOBSEN, O.S. (1977): Sorption of phosphate by Danish lake sediments. - Vatten 33, 290-98.
- JENSEN, H. & ANDERSEN, F. (1989): Kvalstofs betydning for fosforudvekslingen mellem sediment og vand i to lavvandede søer. Vand & Miljø 2, 1989.
- WIUM-ANDERSEN, S. & SCHIERUP, H.H. (1975): Kartering af rørsump- og flydebladsvegetation i udvalgte søer i Gudenå-systemet. Gudenåundersøgelsen 1974-75. Rapport nr. 26.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1979): Bryrup Søerne 1978.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1989): Fisk i Bryrup Langsø, 1988. (I tryk).
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1989): Smådyrsfaunaen i Bryrup Langsø (i tryk).

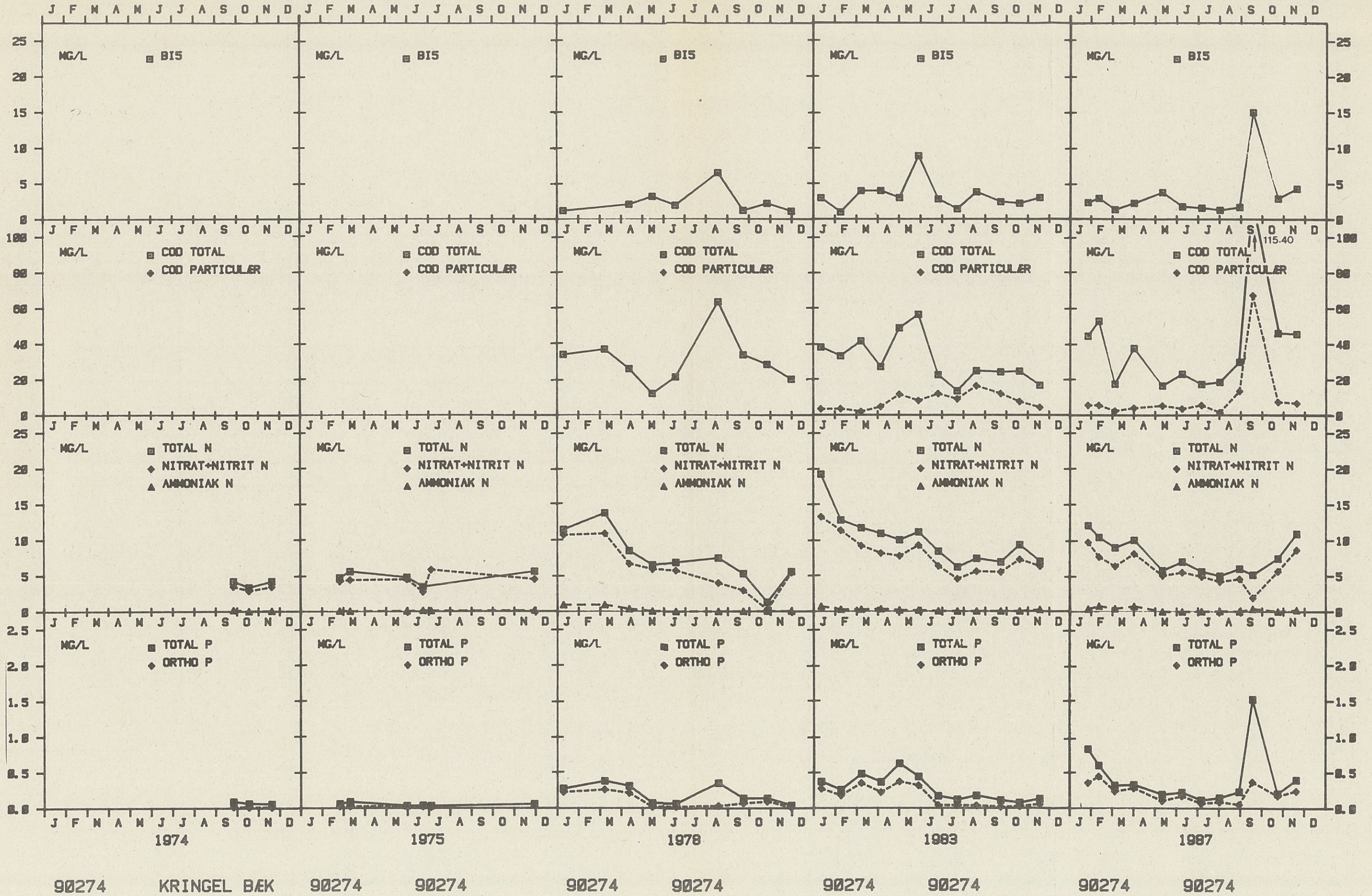


## BILAG.

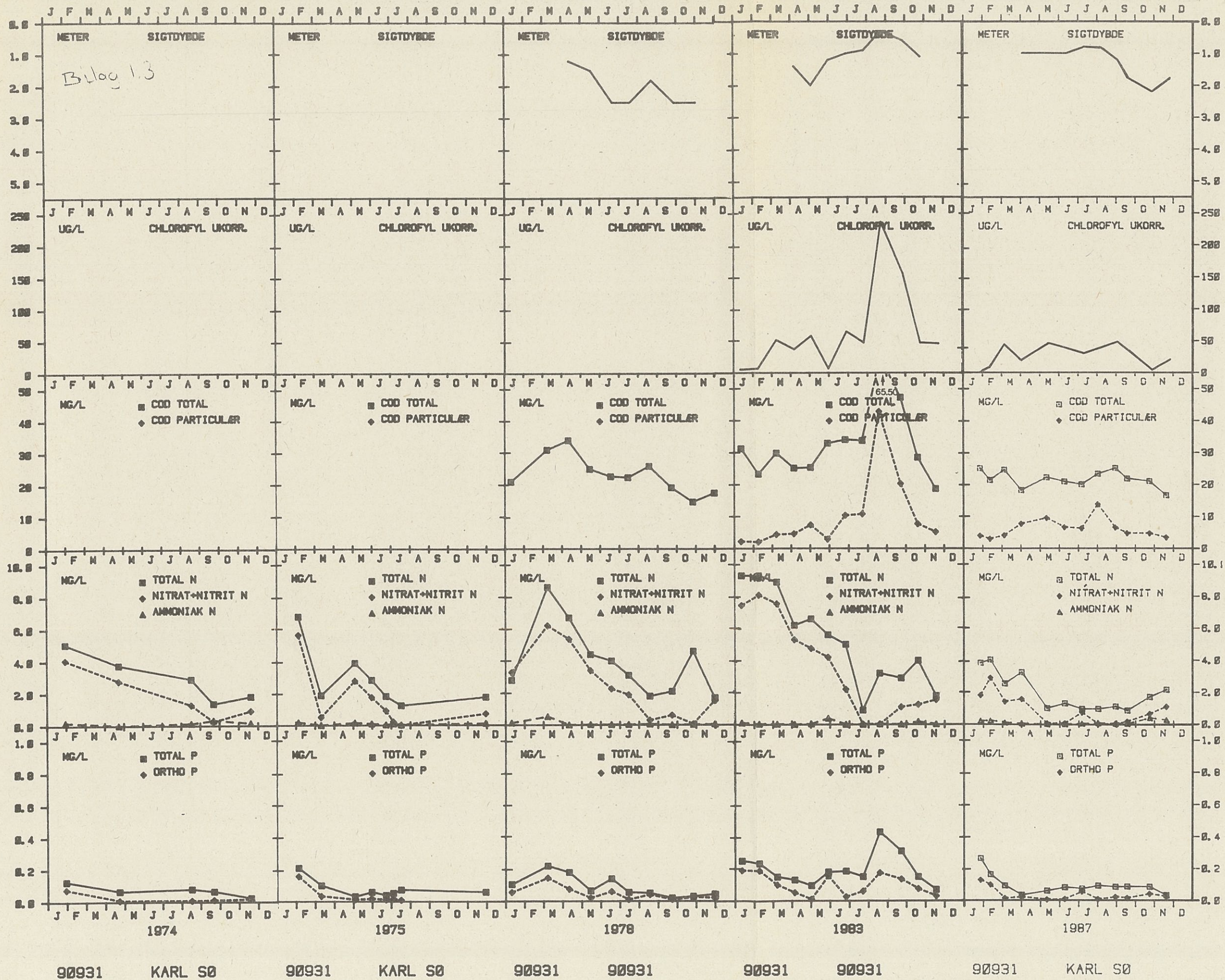
	Side
0. Beregnede årstransporter 1983.	46
1. Plot af vandkemiske data fra	
Kringelbæk	47
Nimdrup Bæk	49
Karl Sø	51
Bryrup Langsø	53
Kvind Sø	55
Kul Sø	57
2. Gennemsnitsværdier for vandkemi for ovenstående stationer.	59
3. Relationer mellem enkeltvandføringer og referencestationer.	63
4. Hysografisk tabel og kurve for Bryrup Langsø.	70
5. Vegetationskort over rørsumpvegetation i Bryrup Søerne 1975.	71
6. Fiskedata, Bryrup Langsø.	76
7. Fytoplankton og zooplankton, Kvind Sø.	77
8. Udvekslingsforsøg og intern P-belastning. Kvind Sø.	78

Arstransport 1983	Kringelbæk 090275	Karl Sø 090931	Nimdrup Bæk 090274	Bryrup Langsø 090930	Kvind Sø 090929	Kul Sø 090928
Vandføring l/s	14,6	35,9	187,3	272,7	353,0	456,1
BI <sub>5</sub> , tons	1,5	-	17,1	-	-	-
COD, tons	15,6	31,2	96,3	140,8	215,0	289,5
CODpart., tons	2,5	6,6	20,0	41,0	89,5	114,0
Total-N, tons	5,0	6,8	50,8	40,9	44,0	49,3
NH <sub>4</sub> -N, tons	0,1	0,1	0,8	0,5	0,3	0,9
(NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> )-N, tons	3,9	5,1	42,0	29,0	28,0	25,8
Total-P, kg	155	185	988	357	1607	1863
PO <sub>4</sub> -P, kg	100	108	559	836	568	595

Bilag 1.1











Gennemsnitskoncentrationer på årsbasis og for perioden 1. maj - 1. oktober.

Kul Sø.

På årsbasis	Sigtdybde m	Chlorofyl µg/l	Total-N mg/l	Uorg.N mg/l	Total-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	pH
1972	-	-	1,56	0,48	280	135	-
1973	-	-	1,93	0,73	362	217	-
1974	-	-	1,74	0,78	231	61	8,23
1975	-	-	2,29	0,89	376	233	8,87
1978	-	-	2,36	0,70	364	196	8,57
1983	1,1	62	3,32	1,62	159	56	8,41
1987	1,2	49	2,84	1,65	152	61	8,17
<u>1/5-1/10</u>							
1972	-	-	1,45	0,10	374	195	-
1973	-	-	1,60	0,03	564	369	-
1974	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	1,47	0,11	463	310	9,23
1978	1,0	-	2,00	0,19	460	259	8,72
1983	1,1	64	2,47	0,84	208	81	8,44
1987	1,1	63	1,70	0,45	195	70	8,68

Gennemsnitskoncentrationer på årsbasis og for perioden 1. maj - 1. oktober.

Kringelbæk.

På årsbasis	BI <sub>5</sub> mg/l	COD-total mg/l	Total-N mg/l	Uorg.N mg/l	Total-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l
1975	-	-	4,83	4,44	58	18
1978	2,42	31	7,43	6,12	128	64
1983	3,29	31	10,07	8,08	187	103
1987	3,46	39	7,85	6,48	255	136
<u>1/5-1/10</u>						
1975	-	-	4,12	4,46	49	19
1978	3,20	33	6,55	4,69	104	28
1983	3,72	32	8,33	6,58	177	74
1987	4,20	37	5,75	4,44	245	94

Gennemsnitskoncentrationer på årsbasis og for perioden 1. maj - 1. oktober.

Nimdrup Bæk.

På årsbasis	BI <sub>5</sub> mg/l	COD-total mg/l	Total-N mg/l	Uorg.N mg/l	Total-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l
1972	-	-	6,09	5,43	307	198
1973	-	-	5,92	5,32	300	215
1974	-	-	5,21	4,64	285	140
1975	-	-	5,82	5,06	266	130
1978	2,75	21	7,57	6,06	256	158
1983	2,87	16	8,63	7,29	240	103
1987	2,34	17	7,70	6,67	233	130
<u>1/5-1/10</u>						
1972	-	-	5,30	4,68	279	186
1973	-	-	5,08	4,58	271	213
1974	-	-	4,74	4,15	260	127
1975	-	-	5,64	4,69	242	128
1978	2,80	28	6,45	5,18	236	159
1983	2,93	13	7,97	6,70	224	111
1987	2,15	15	7,35	6,40	222	146

Gennemsnitskoncentrationer på årsbasis og for perioden 1. maj - 1. oktober.

Kvind Sø.

På årsbasis	Sigt dybde m	Chlorofyl µg/l	Total-N mg/l	Uorg.N mg/l	Total-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	pH
1972	-	-	1,69	0,76	253	121	-
1973	-	-	2,79	1,12	491	285	-
1974	-	-	1,88	1,38	(199)	(96)	8,4
1975	-	-	2,54	1,04	550	396	9,10
1978	-	(22)	2,91	0,86	391	194	8,81
1983	-	57	3,85	2,23	174	66	8,61
1987	-	49	3,46	2,22	173	84	8,29
<u>1/5-1/10</u>							
1972	-	-	1,43	0,32	325	167	-
1973	-	-	2,78	0,37	788	487	-
1974	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	1,66	0,24	723	527	9,65
1978	0,9	-	2,50	0,36	475	245	8,93
1983	1,0	61	3,00	1,28	225	92	8,86
1987	1,0	75	2,20	0,84	203	85	8,97

Gennemsnitskoncentrationer på årsbasis og for perioden 1. maj - 1. oktober.

Bryrup Langsø.

På årsbasis	Sigt dybde m	Chlorofyl µg/l	Total-N mg/l	Uorg.N mg/l	Total-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	pH
1972	-	-	2,07	1,27	94	20	-
1973	-	-	2,56	1,68	152	53	-
1974	-	-	2,64	1,94	176	82	8,29
1975	-	-	2,37	1,32	106	45	8,81
1978	-	-	3,20	2,08	90	24	8,57
1983	-	39	4,52	3,03	109	42	8,16
1987	-	41	4,03	2,97	149	80	8,15
<u>1/5-1/10</u>							
1972	-	-	1,83	0,88	91	9	-
1973	-	-	2,19	1,25	160	48	-
1974	-	-	1,09	0,21	255	111	8,51
1975	-	-	2,06	0,97	106	39	9,11
1978	1,3	-	2,78	1,76	87	19	8,67
1983	2,2	49	3,83	2,06	109	33	8,47
1987	1,4	58	2,84	1,81	146	62	8,84

Gennemsnitskoncentrationer på årsbasis og for perioden 1. maj - 1. oktober.

Karl Sø.

På årsbasis	Sigtdybde m	Chlorofyl µg/l	Total-N mg/l	Uorg.N mg/l	Total-P µg/l	PO <sub>4</sub> -P µg/l	pH
1974	-	-	2,98	2,04	73	25	7,68
1975	-	-	2,88	1,66	78	37	8,07
1978	2,1	-	3,98	2,58	91	46	7,69
1983	1,1	64	5,31	3,69	195	100	8,22
1987	1,3	27	1,97	1,00	96	37	7,12
<u>1/5-1/10</u>							
1974	-	-	2,14	1,02	73	11	7,90
1975	-	-	2,44	1,21	51	13	8,24
1978	2,1	-	3,08	1,72	66	28	7,87
1983	1,0	95	4,03	2,12	225	93	9,00
1987	1,1	39	1,02	0,19	79	18	6,99

post opdateret

Skala nr 01

Ved bearbejdning anvendes vandføringer fra 21.43 01 1987

QR korrelationsberegning

Regressionskurve data

vandf = 0.10600 \* ( ref vandf ) \*\* 1.000 + -1.5 ref vandf (

Styrevandføring 6.0 l/s

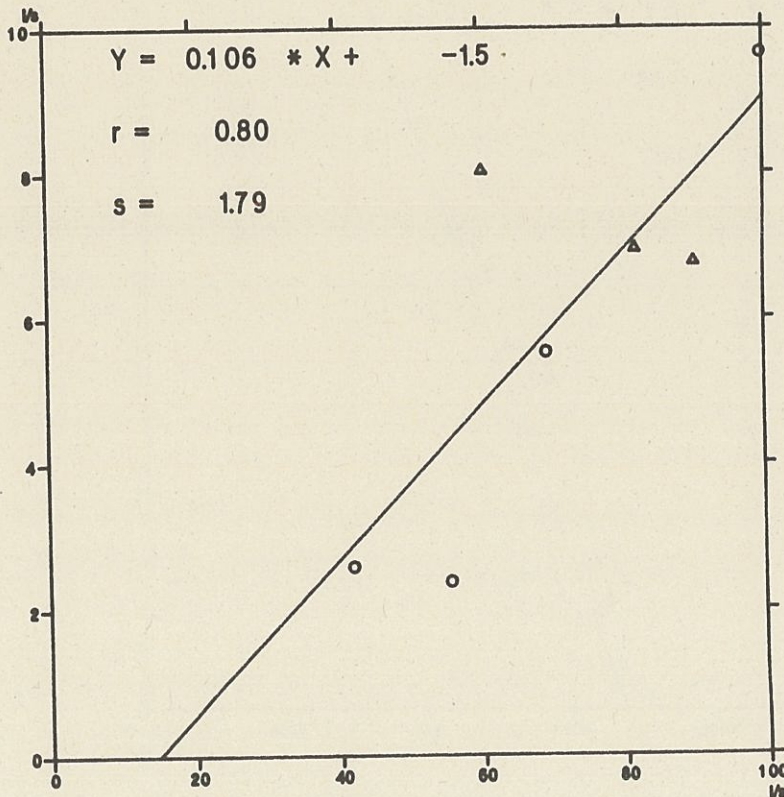
Beregninger foretages for perioden fra 1983 til 87

Følgende målinger anvendes

					FUNDNE MALINGER		
Dato	kl	H REL	vandf *	styre	DATO	STED MÅL	REF ST MÅL
11.02.87	00.00	90.0	7.0	80.6	11.02.87	7	90
02.04.87	00.00	69.0	6.0	69.0	02.04.87	6	69
05.08.87	00.00	60.0	8.0	41.1	05.08.87	8	60
29.10.87	00.00	42.0	3.0	70.3	29.10.87	3	42
25.11.87	00.00	55.0	2.0	92.7	25.11.87	2	55

Største styreniveau 25.11.87 00.00 Vandføringskorrektio n i l/s -2.33  
 Mindste styreniveau 05.08.87 00.00 Vandføringskorrektio n i l/s 3.14

210614 ØSTLIG T.T. KARLSØ , VED KARLSØ



21.43 VOEL BÆK , VOEL BRO

PLOT AF ENKELTMÅLING MOD DØGNMIDDEL

post opdateret

Skala nr 01

Ved bearbejdning anvendes vandføringer fra 21.28 01 1987

QR korrelationsberegning

Regressionskurve data

vandf = 0.05400 \* ( ref vandf ) \*\* 1.000 + -87.5 ref vandf (

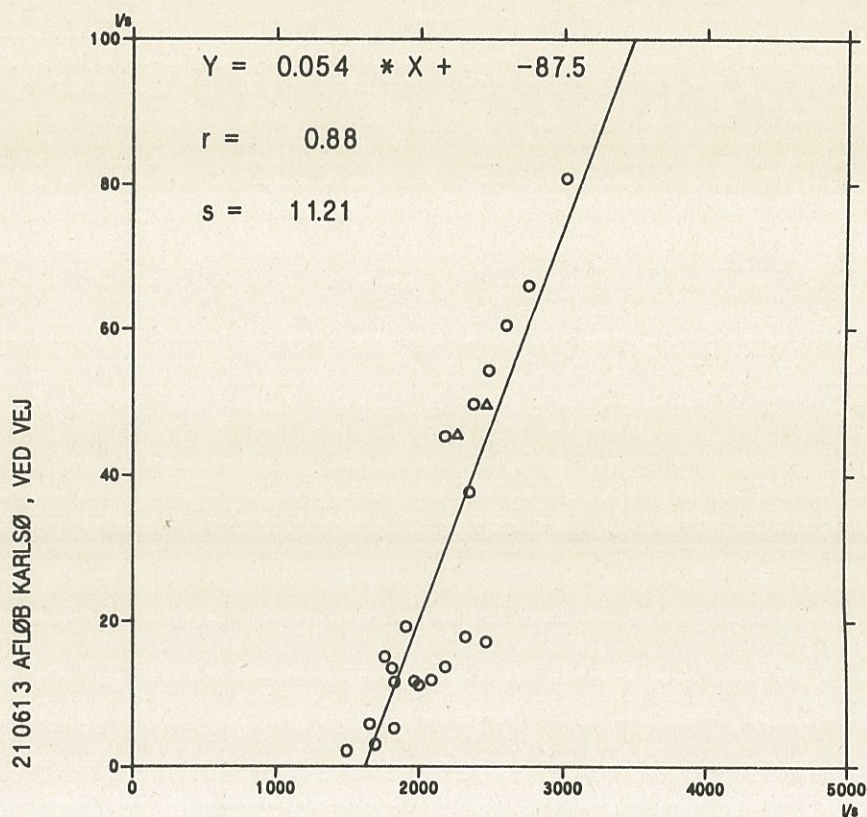
Styrevandføring 10.0 l/s

Beregninger foretages for perioden fra 1983 til 87

Følgende målinger anvendes

FUNDNE MALINGER

Dato	k1	H REL	vandf *	styre	DATO	STED MAL	REF ST MAL
27.01.87	00.002261.0		46.0	1594.3	27.01.87	46	2261
11.02.87	00.002749.0		66.0	1712.0	11.02.87	66	2749
05.03.87	00.001811.0		13.0	1755.4	05.03.87	13	1811
13.05.87	00.001828.0		12.0	1791.0	02.04.87	17	2463
11.06.87	00.001965.0		12.0	1928.0	13.05.87	12	1828
					11.06.87	12	1965
09.07.87	00.001656.0		6.0	1730.1	09.07.87	6	1656
05.08.87	00.001997.0		11.0	1978.5	05.08.87	11	1997
03.09.87	00.001826.0		5.0	1918.6	03.09.87	5	1826
29.10.87	00.002084.0		12.0	2047.0	29.10.87	12	2084
					26.11.87	18	2320

Største styreniveau  
Mindste styreniveau29.10.87 00.00  
27.01.87 00.00Vandføringskorrektion i l/s-13.04  
Vandføringskorrektion i l/s 11.41

post opdateret

Skala nr 01

Ved bearbejdning anvendes vandføringer fra 21.43 01 1987

QQ korrelationsberegning

Regressionskurve data

vandf = 0.81200 \* ( ref vandf ) \*\* 1.000 + -19.5 ref vandf (

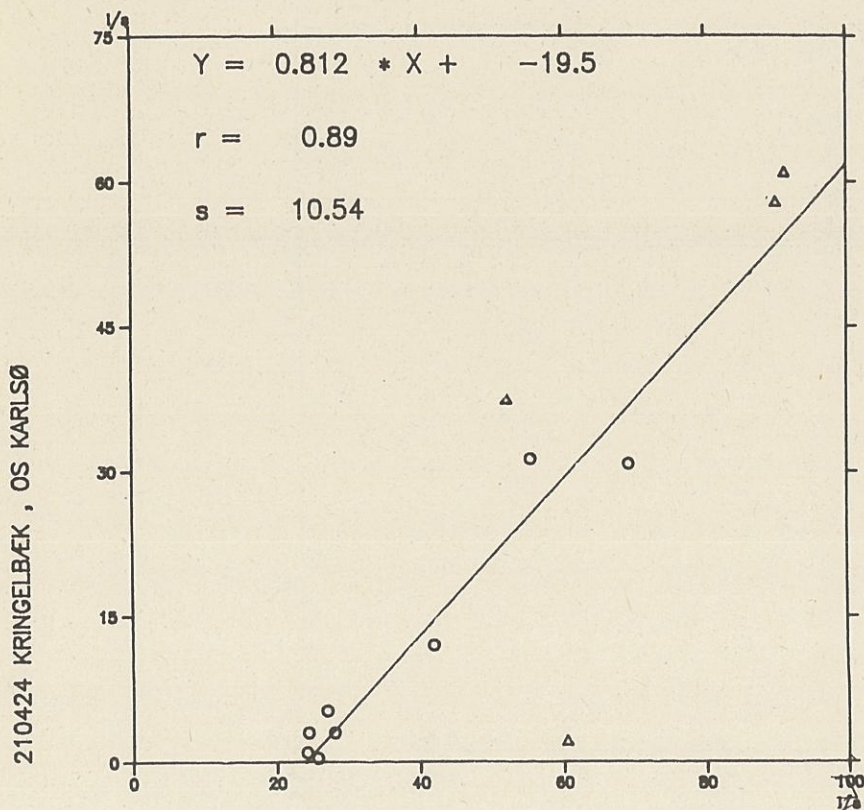
Styrevandføring 40.0 l/s

Beregninger foretages for perioden 1987

Følgende målinger anvendes

## FUNDNE MALINGER

Dato	k1	H REL	vandf *	styre	DATO	STED MAL	REF ST MAL
27.01.87	00.00	91.0	61.0	65.1	27.01.87	61	91
11.02.87	00.00	90.0	58.0	67.8	11.02.87	58	90
05.03.87	00.00	27.0	5.0	70.1	05.03.87	5	27
02.04.87	00.00	69.0	31.0	80.1	02.04.87	31	69
13.05.87	00.00	28.0	3.0	73.6	13.05.87	3	28
					11.06.87	3	24
11.06.87	00.00	24.0	3.0	69.6	09.07.87	1	24
09.07.87	00.00	24.0	1.0	72.0	05.08.87	2	60
05.08.87	00.00	60.0	2.0	106.8	03.09.87	0	26
03.09.87	00.00	26.0	0.0	75.3	22.09.87	37	52
22.09.87	00.00	52.0	37.0	55.7	29.10.87	12	42
					25.11.87	31	55
29.10.87	00.00	42.0	12.0	76.5			
25.11.87	00.00	55.0	31.0	66.1			

Største styreniveau  
Mindste styreniveau05.08.87 00.00  
22.09.87 00.00Vandføringskorrektion i l/s-27.22  
Vandføringskorrektion i l/s 14.28

21.43 VOEL BÆK , VOEL BRØ

PLOT AF ENKELTMÅLING MOD DØGNMIDDEL

post opdateret

Bilag 3.4

Skala nr 01

Ved bearbejdning anvendes vandføringer fra 21.43 01 1987

QQ korrelationsberegning

Regressionskurve data

vandf = 2.48900 \* ( ref vandf ) \*\* 1.000 + 36.1 ref vandf (

Styrevandføring 200.0 l/s

Beregninger foretages for perioden fra 1977 til 87

Følgende målinger anvendes

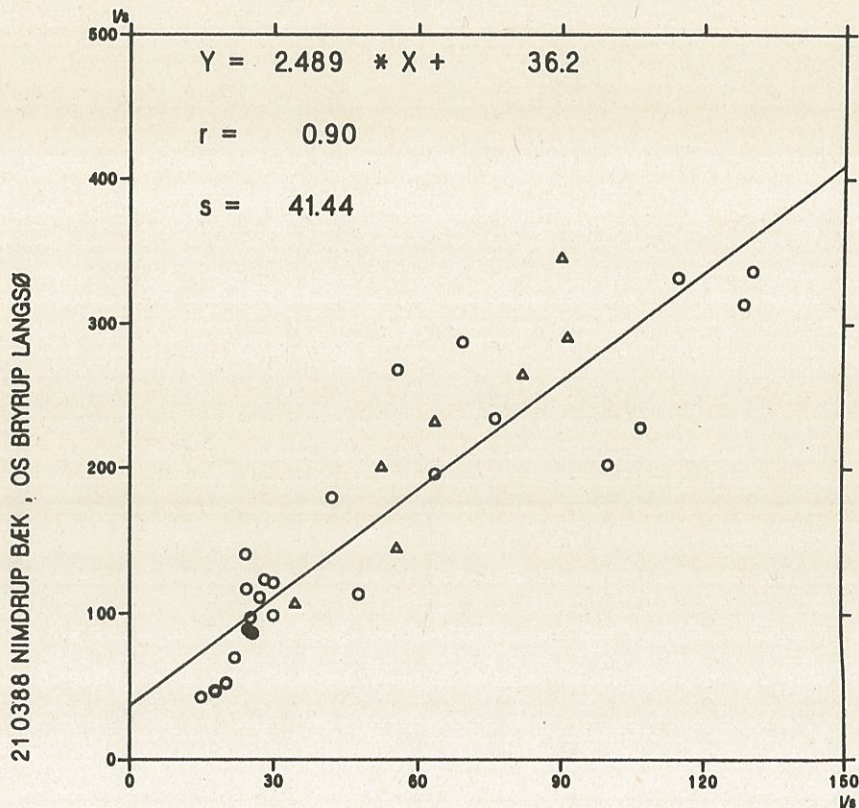
FUNDNE MÅLINGER

Dato	k1	H REL	vandf *	styre	DATE	STED MAL	REF ST MAL
27.01.87	00.00	91.0	291.0	54.4	27.01.87	291	91
11.02.87	00.00	90.0	346.0	31.3	11.02.87	346	90
05.03.87	00.00	27.0	111.0	62.8	05.03.87	111	27
02.04.87	00.00	69.0	287.0	34.0	02.04.87	287	69
13.05.87	00.00	28.0	123.0	58.9	13.05.87	123	28
					11.06.87	140	24
11.06.87	00.00	24.0	140.0	48.1	09.07.87	116	24
09.07.87	00.00	24.0	116.0	57.7	22.09.87	201	52
05.08.87	00.00	60.0	102.0	99.4	29.10.87	179	42
03.09.87	00.00	26.0	54.0	84.7	25.11.87	268	55
22.09.87	00.00	52.0	201.0	51.6			
29.10.87	00.00	42.0	179.0	50.4			
25.11.87	00.00	55.0	268.0	27.7			

Største styreniveau  
Mindste styreniveau

05.08.87 00.00  
25.11.87 00.00

Vandføringskorrektio n i l/s-83.44  
Vandføringskorrektio n i l/s 95.00



21.43 VOEL BÆK , VOEL BRO

PLOT AF ENKELTMÅLING MOD DØGNMIDDEL



post opdateret

Skala nr 01

Ved bearbejdning anvendes vandføringer fra 21.40 01 1987

QQ korrelationsberegning

Regressionskurve data

$$\text{vandf} = 0.06200 * (\text{ref vandf}) ** 1.000 + -70.1 \text{ ref vandf}$$

Styrevandføring 200.0 l/s

Beregninger foretages for perioden fra 1983 til 87

Følgende målinger anvendes

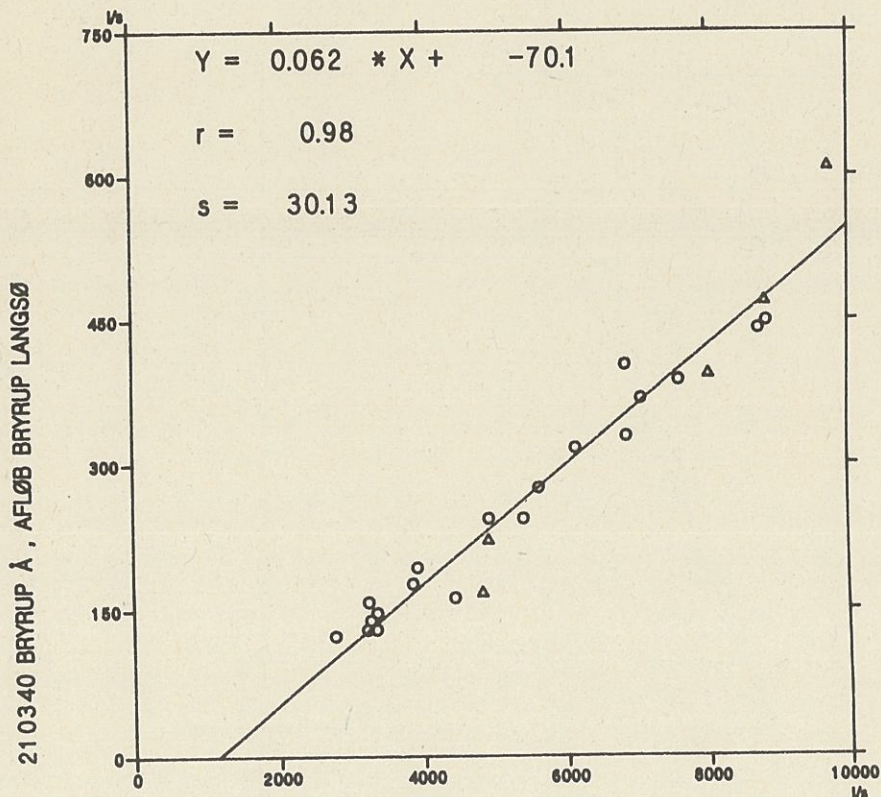
FUNDNE MALINGER

Dato	kl	H REL	vandf *	styre	DATO	STED MAL	REF ST MAL
27.01.87	00.009713.0		609.0	3116.2	27.01.87	609	9713
11.02.87	00.008796.0		470.0	4441.2	11.02.87	470	8796
05.03.87	00.003907.0		192.0	4036.0	05.03.87	192	3907
02.04.87	00.006826.0		402.0	3567.9	02.04.87	402	6826
13.05.87	00.003843.0		176.0	4230.1	13.05.87	176	3843
					11.06.87	222	4900
11.06.87	00.004900.0		222.0	4545.2	09.07.87	129	3208
09.07.87	00.003208.0		129.0	4353.2	05.08.87	157	3229
05.08.87	00.003229.0		157.0	3922.5	03.09.87	129	3333
03.09.87	00.003333.0		129.0	4478.2	22.09.87	243	5392
22.09.87	00.005392.0		243.0	4698.5	29.10.87	275	5607
					25.11.87	386	7588
29.10.87	00.005607.0		275.0	4397.3			
25.11.87	00.007588.0		386.0	4588.0			

Største styreniveau  
Mindste styreniveau

22.09.87 00.00  
27.01.87 00.00

Vandføringskorrektion i l/s-21.20  
Vandføringskorrektion i l/s 76.89



21.40 GUDENÅ , VOERVADSBRO

PLOT AF ENKELTMÅLING MOD DØGNMIDDEL

post opdateret

Skala nr 01

Ved bearbejdning anvendes vandføringer fra 21.28 01 1987

00 korrelationsberegning

Regressionskurve data

vandf = 0.34100 \* ( ref vandf ) \*\* 1.000 + -394.0 ref vandf (

Styrevandføring 200.0 l/s

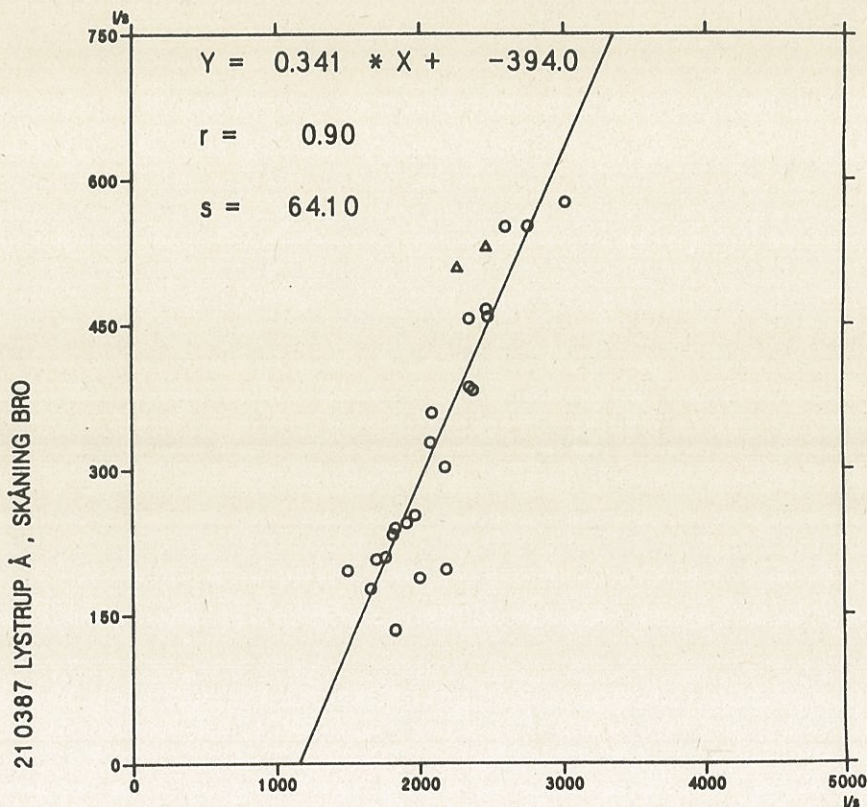
Beregninger foretages for perioden fra 1983 til 87

Følgende målinger anvendes

FUNDNE MÅLINGER

Dato	k1	H REL	vandf *	styre	DATO	STED MAL	REF ST MAL
27.01.87	00.002261.0		509.0	1354.8	27.01.87	509	2261
11.02.87	00.002749.0		551.0	1719.7	11.02.87	551	2749
05.03.87	00.001811.0		233.0	1714.2	05.03.87	233	1811
02.04.87	00.002463.0		466.0	1682.9	02.04.87	466	2463
13.05.87	00.001828.0		239.0	1713.6	13.05.87	239	1828
					11.06.87	252	1965
11.06.87	00.001965.0		252.0	1812.5	09.07.87	177	1656
09.07.87	00.001656.0		177.0	1723.4	05.08.87	188	1997
05.08.87	00.001997.0		188.0	2032.2	03.09.87	134	1826
03.09.87	00.001826.0		134.0	2019.5	22.09.87	327	2073
22.09.87	00.002073.0		327.0	1700.6	29.10.87	358	2084
					25.11.87	456	2342
29.10.87	00.002084.0		358.0	1620.7			
25.11.87	00.002342.0		456.0	1591.3			

Største styreniveau 05.08.87 00.00 Vandføringskorrektion i l/s-98.98  
 Mindste styreniveau 27.01.87 00.00 Vandføringskorrektion i l/s132.00



21.28 SALTEN Å , SALTEN BRO

PLOT AF ENKELTMÅLING MOD DØGNMIDDEL

post opdateret

Skala nr 01

Ved bearbejdning anvendes vandføringer fra 21.28 01 1987

QQ korrelationsberegning

Regressionskurve data

vandf = 0.41300 \* ( ref vandf ) \*\* 1.000 + -483.0 ref vandf (

Styrevandføring 100.0 l/s

Beregninger foretages for perioden fra 1983 til 87

Følgende målinger anvendes

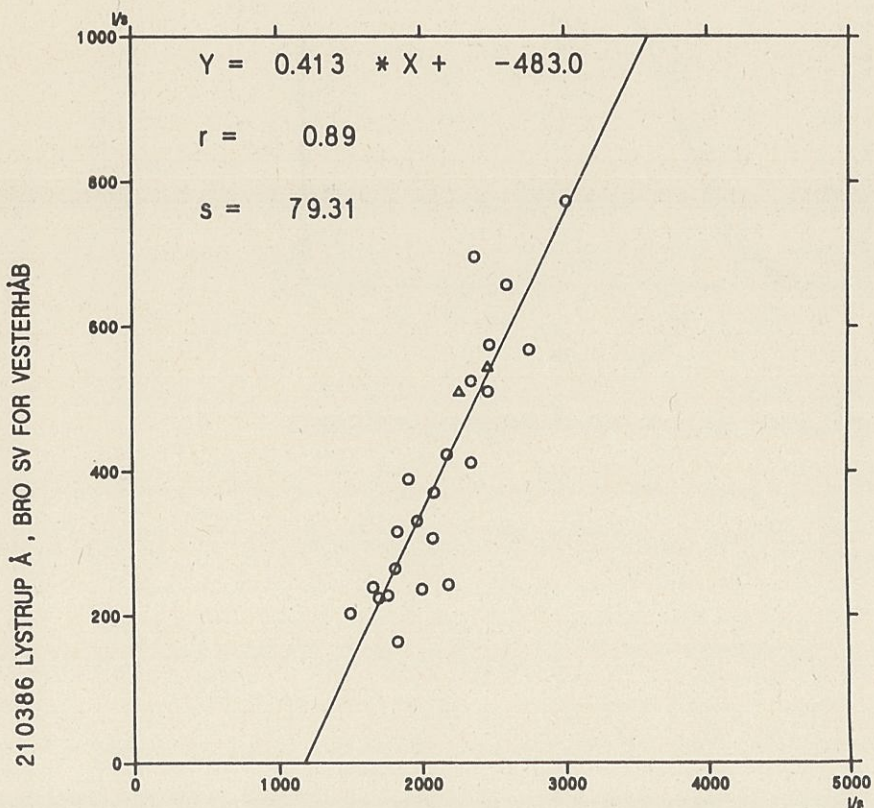
FUNDNE MALINGER

Dato	k1	H REL	vandf *	styre	DATO	STED MAL	REF ST MAL
27.01.87	00.002261.0		511.0	1265.8	27.01.87	511	2261
11.02.87	00.002749.0		567.0	1618.2	11.02.87	567	2749
05.03.87	00.001811.0		264.0	1413.9	05.03.87	264	1811
02.04.87	00.002463.0		510.0	1470.3	02.04.87	510	2463
13.05.87	00.001828.0		315.0	1307.4	13.05.87	315	1828
					11.06.87	330	1965
11.06.87	00.001965.0		330.0	1408.1	09.07.87	238	1656
09.07.87	00.001656.0		238.0	1321.9	05.08.87	236	1997
05.08.87	00.001997.0		236.0	1667.7	03.09.87	162	1826
03.09.87	00.001826.0		162.0	1675.9	22.09.87	306	2073
22.09.87	00.002073.0		306.0	1574.2	29.10.87	370	2084
					25.11.87	411	2342
29.10.87	00.002084.0		370.0	1430.2			
25.11.87	00.002342.0		411.0	1589.0			

Største styreniveau  
Mindste styreniveau

03.09.87 00.00  
27.01.87 00.00

Vandføringskorrektio n i l/s-109.14  
Vandføringskorrektio n i l/s 60.21

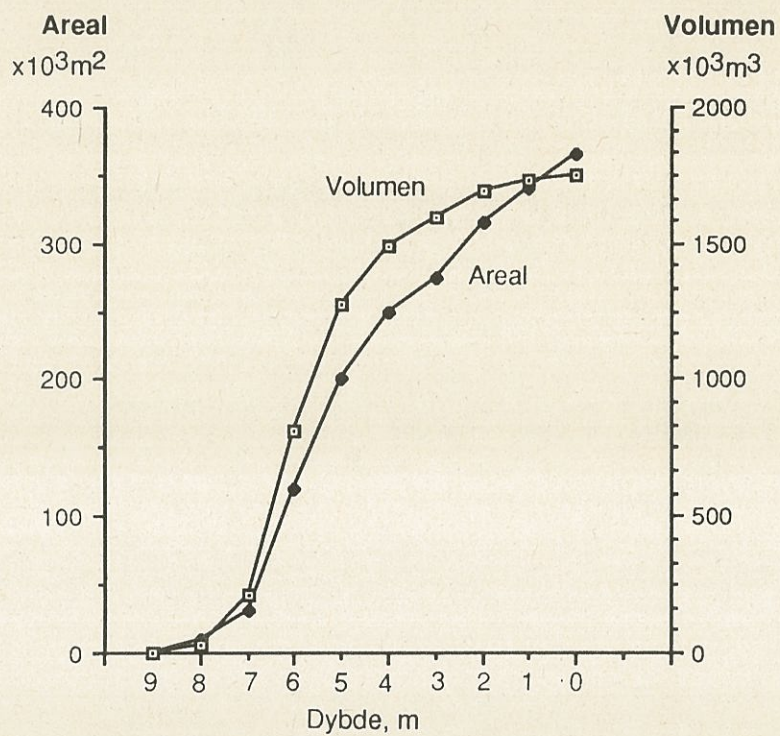


21.28 SALTEN Å , SALTEN BRO

PLOT AF ENKELTMÅLING MOD DØGNMIDDEL

Areal $\times 10^3 \text{ m}^2$	Volumen $\times 10^3 \text{ m}^3$	Dybde m
370	1730	0
316	1676	2
275	1514	3
251	1490	4
202	1271	5
122	832	6
31	243	7
3	24	8
0	0	9

Hypsografisk tabel, Bryrup Langsø.

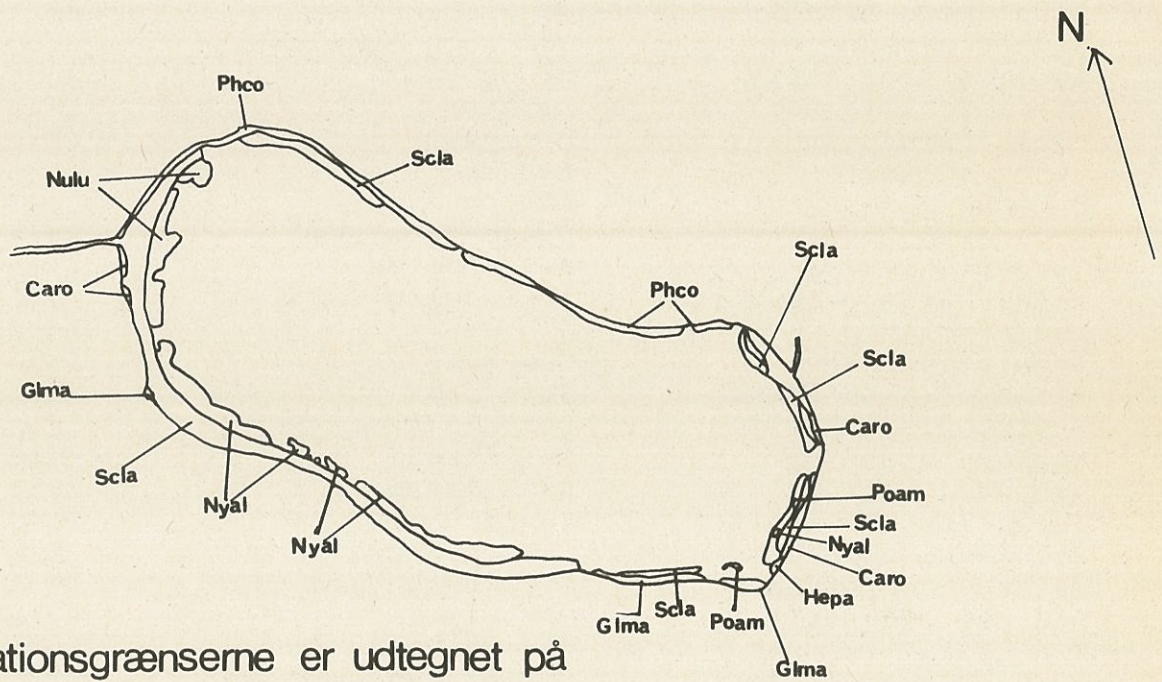


BRYRUP LANGSØ, HYPISOGRAFISK OVERSIGT

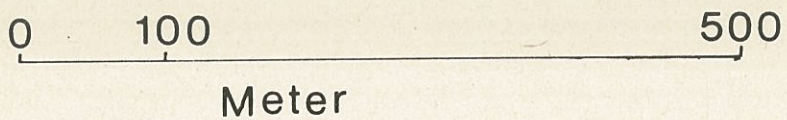
Artsliste og anvendte forkortelser:

<u>Navn</u>		<u>Forkortelse</u>
Acorus calamus	Kalamus	Acca
Alisma plantago-aquatica	Vejbredskeblad	Alpl
Baldingera arundinaceae	Rørgræs	Baar
Bidens cernua	Nikkende Brøndsel	Bice
Butomus umbellatus	Brudelys	Buom
Carex acutiformis	Kærstar	Caac
Calla palustris	Kærmysse	Capa
Carex rostrata	Næbstar	Caro
Epilobium hirsutum	Lådden dueurt	Ephi
Equisetum fluviatile	Dyndpadderokke	Eqfl
Glyceria maxima	Høj Sødgræs	Glma
Heleocharis palustris	Almindelig Sumpstrå	Hepa
Indre rørsump		Inrø
Iris pseudacorus	Gul Iris	Irps
Littorella uniflora	Strandbo	Liun
Lysimachia thyrsiflora	Duskblomstret Fredløs	Lyth
Nuphar luteum	Gul Åkande	Nulu
Nymphaea alba	Hvid Åkande	Nyal
Phragmites communis	Tagrør	Phco
Polygonum amphibium	Vand-pileurt	Poam
Potamogeton natans	Svømmende Vandaks	Pona
Scirpus lacustris	Søkogleaks	Scla
Sparganium ramosum	Grenet Pindsvineknop	Spra
Typha angustifolia	Smalbladet Dunhammer	Tyan
Typha latifolia	Bredbladet Dunhammer	Tyla
Veronica beccabunga	Tykbladet Ærenpris	Vebe

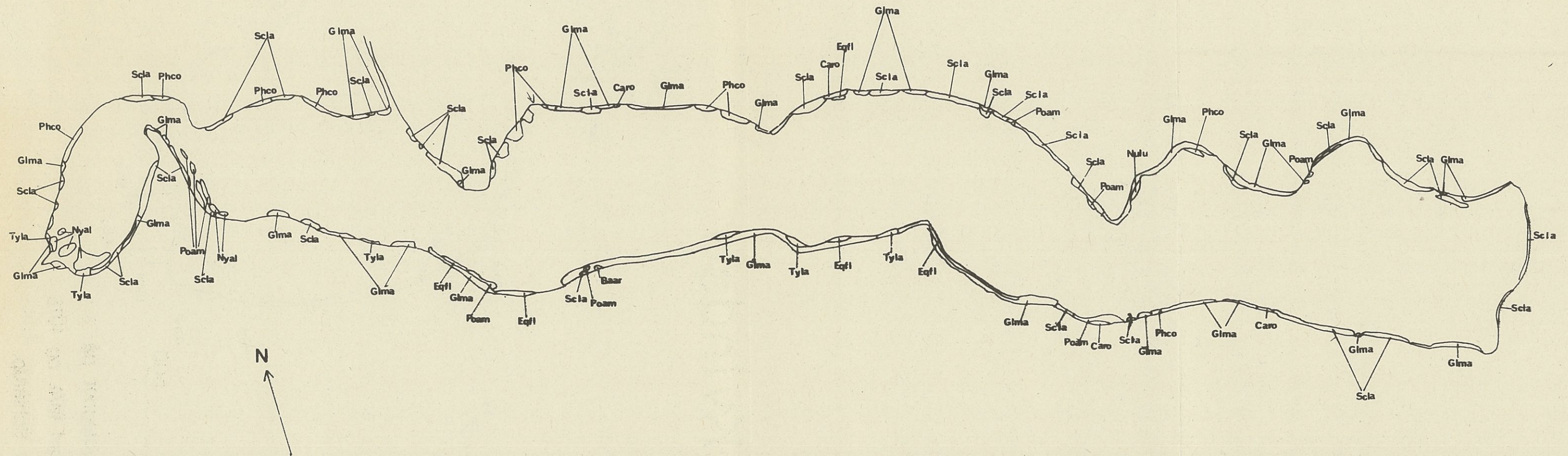
# Karlsø



Vegetationsgrænserne er udtegnet på  
grundlag af IR-fotos optaget 1974 & 1975  
S.Wium- Andersen og H.H. Schierup



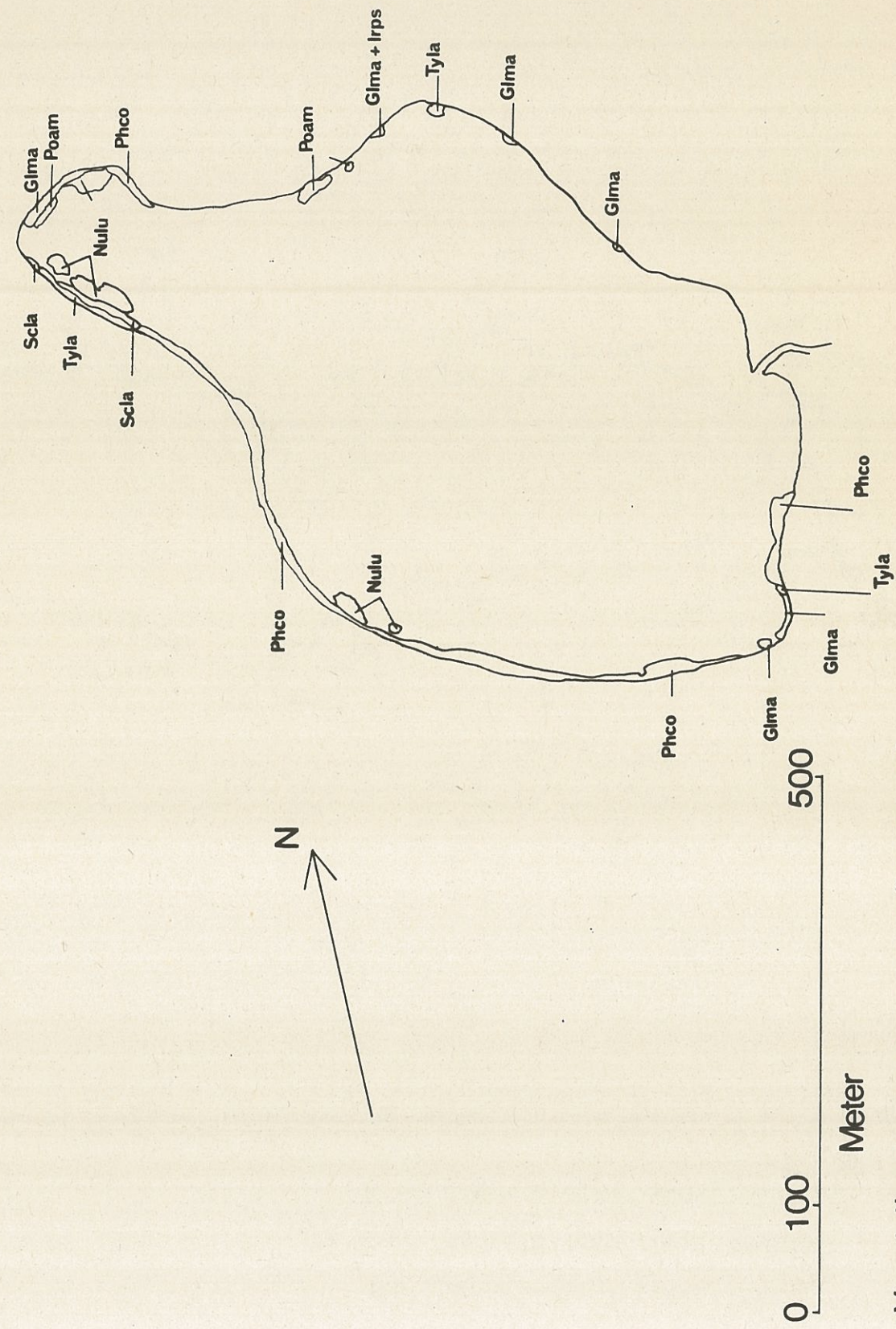
# Bryrup Langsø



Vegetationsgrænserne er udtegnet på grundlag af IR-fotos optaget 1974 & 1975  
S.Wium-Andersen og H.H. Schierup

0 100 500  
Meter

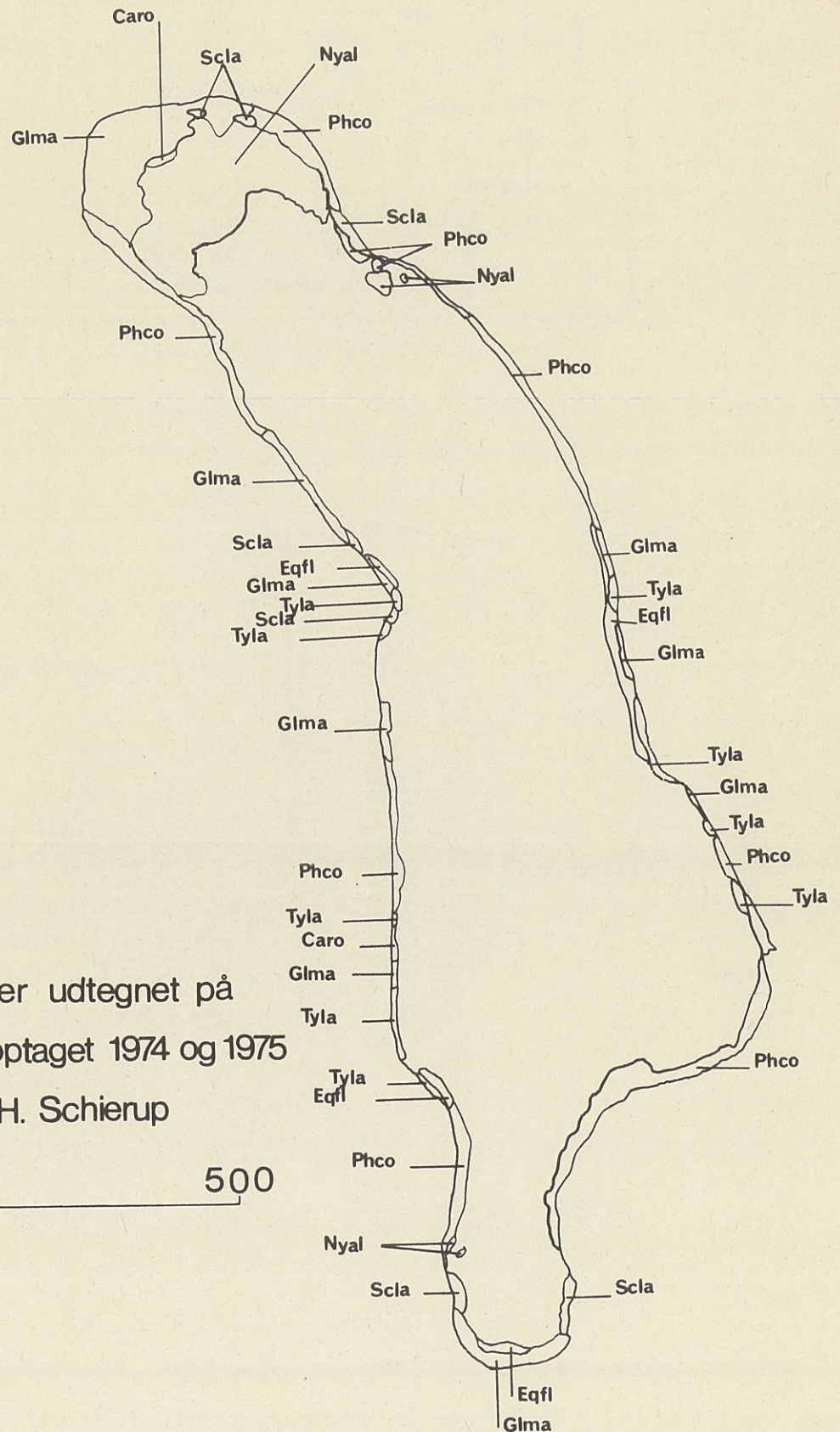
# Kvindso



Vegetationsgrænserne er udteget på grundlag af IR-fotos optaget 1974 og 1975 S.Wium-Andersen og H.H. Schierup.

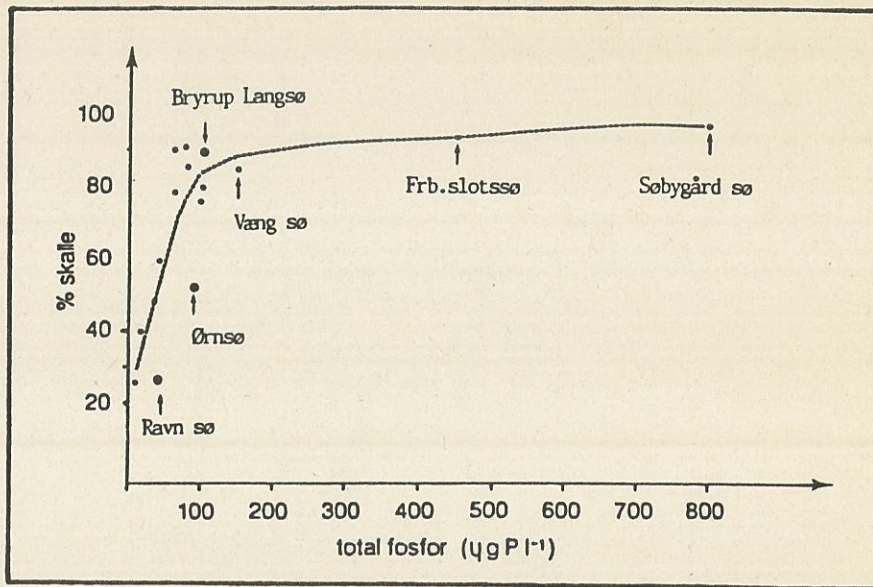


# Kulso

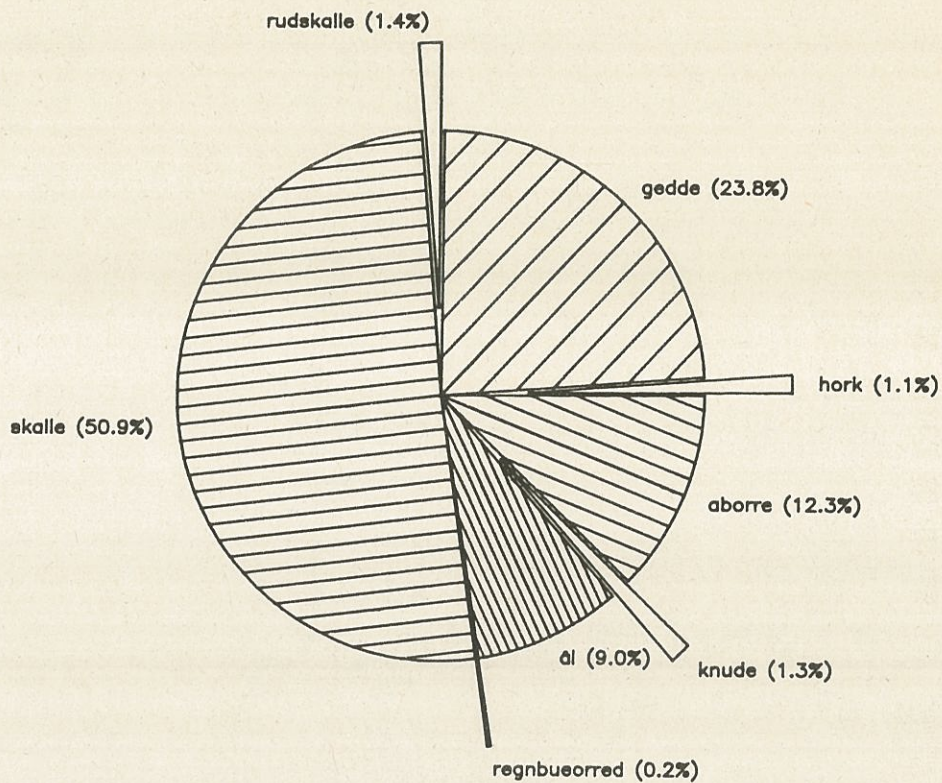


Vegetationsgrænserne er udtegnet på grundlag af IR-fotos optaget 1974 og 1975  
S.Wium- Andersen & H.H. Schierup

0 100 500  
Meter



Antallet af skaller i % af summen af antal skaller + aborrer. Efter /57/.

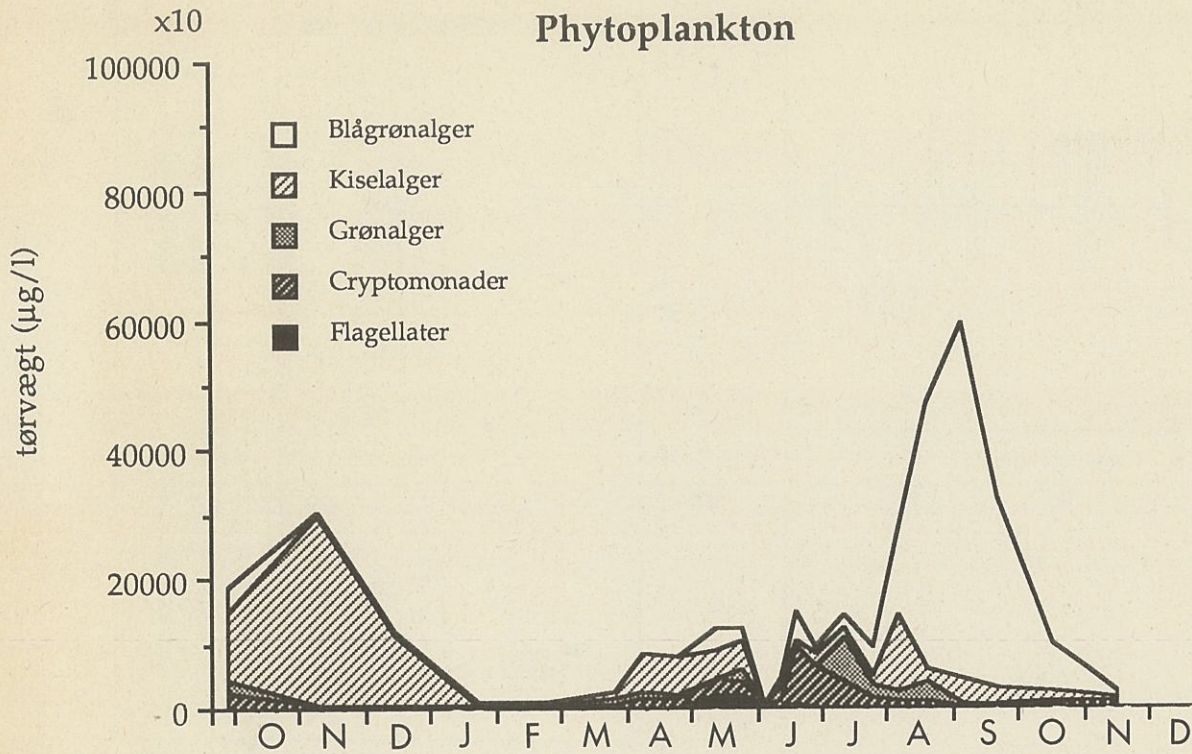


Fangstens vægtmæssige fordeling, CPUE(W), på arter. Beregnet som gns. fangst af 1 garnsætning plus ca. 3 kvarters el-fiskeri. Se Appendix 1.

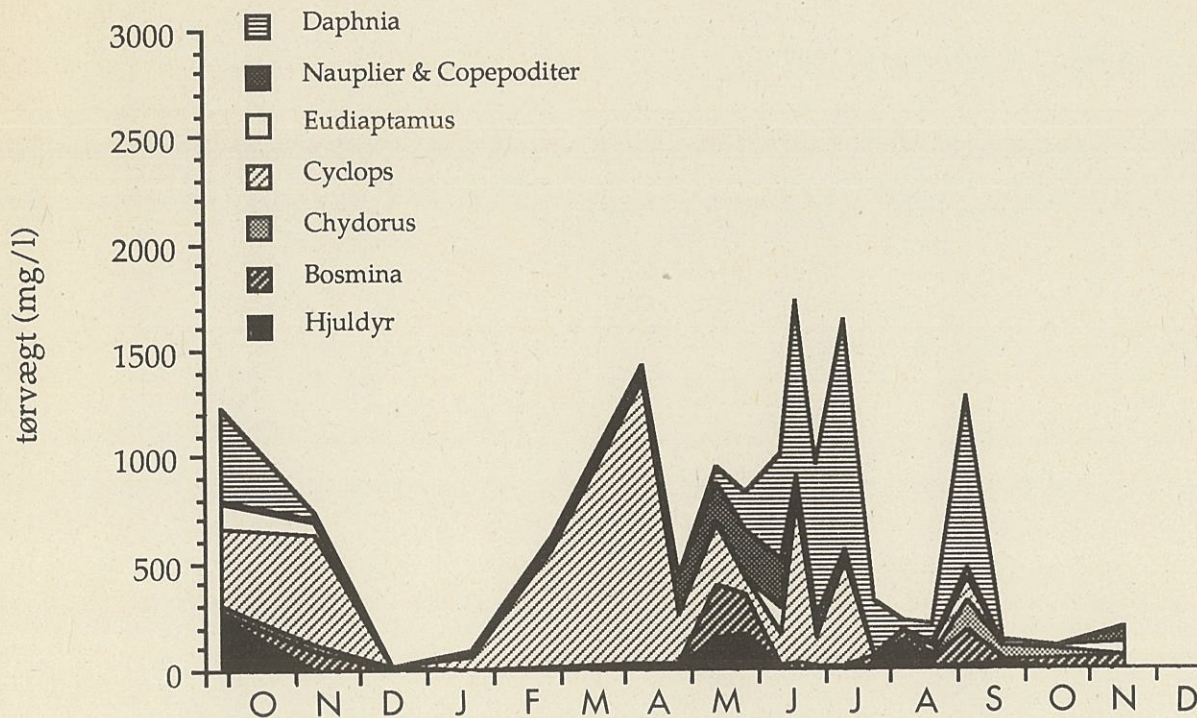
Data fra fiskeundersøgelse i Bryrup Langsø 1988.

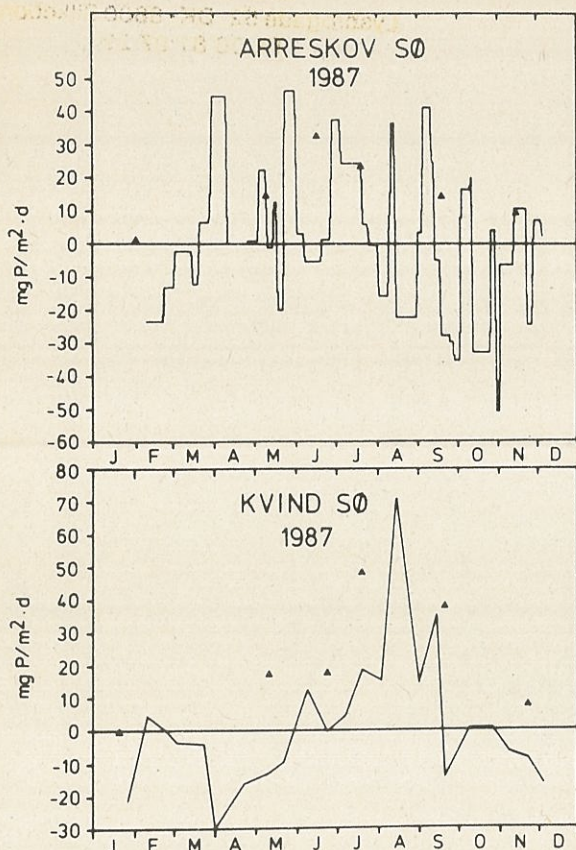
## Kvind Sø 1986-87

## Phytoplankton

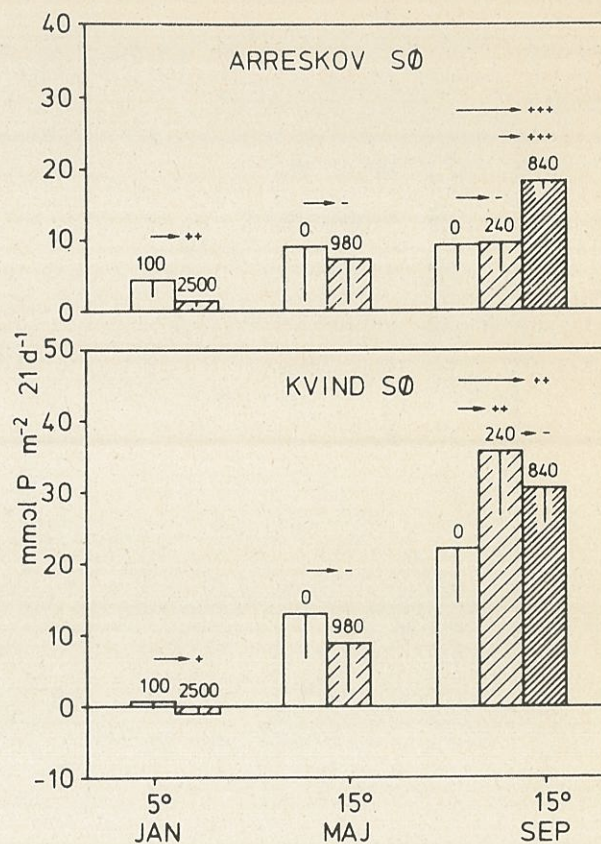


## Zooplankton





Figur 2. Intern belastning med fosfor i Arreskov Sø og Kvind Sø i 1987. Kurven er beregnet ud fra massebalancen for fosfor og koncentrationer i vandfasen. Positive værdier betyder afgivelse af fosfor fra sedimentet til det ovenliggende vand, hvorimod negative værdier betyder optagelse. Trekkanterne viser fosforafgivelsesrater målt i sedimentsojler i laboratoriet.



Figur 3. Nitrats effekt på sedimentets fosforafgivelse (positive søjler) eller optagelse (negative søjler) i eksperimenter over 21 dage. Under figuren er vist, hvornår og ved hvilken temperatur de tre forsøg er udført. Nitratkonzentrationen i vandet over sedimentet er angivet ved tallene over søjlerne. Ved pilene over søjlerne er vist, om der er statistisk forskel på fosforafgivelsen ved forskellig nitratkonzentration. +++ betyder signifikant forskellige på 99,5% niveauet, ++ på 97,5%, + på 95% og - ikke forskellige. Den lodrette streg i hver søjle viser standardafvigelsen. Der var 5 sedimentsojler i hver gruppe.

Figurer fra Jensen og Andersen (1989).