

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BREKKE

O-7801205

OVERVÅKING AV MJØSA

Fremdriftsrapport nr. 10

Undersøkelser i 1979

Brekke, 12/8 1980

Saksbehandler: Hans Holtan

Medarbeider : Gösta Kjellberg

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer:	0-78012
Undernummer:	II
Løpenummer:	1221
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Overvåking av Mjøsa Fremdriftsrapport nr. 10 Undersøkelser i 1979	Dato: 21. mai 1980
	Prosjektnummer: 0-78012
Forfatter(e): Cand.real. Hans Holtan Fil. kand. Gösta Kjellberg Cand.real. Pål Brettum	Faggruppe:
	Geografisk område: Akershus - Hedemark - Oppland
	Antall sider (inkl. bilag): 71

Oppdragsgiver: Det kongelige Miljøverndepartement/Statens forurensningstilsyn, Akershus fylke, Hedemark fylke, Oppland fylke.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

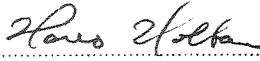
Ekstrakt: Observasjonsresultatene fra NIVA's Mjøsundersøkelse i 1979 viser at algeveksten i Mjøsa fortsatt er meget høy sammenlignet med andre store innsjøer på Østlandet. Innslaget av blågrønnalger var imidlertid meget lite dette år. Totalt sett var fosfortilførselen til Mjøsa ca. 15% høyere i 1979 enn i 1978. Dette har i første rekke sammenheng med mye nedbør og følgelig stor utvasking av erosjonsprodukter fra nedbørfeltet, spesielt var fosfortilførselen via Gudbrandsdalslågen stor dette år. Av tilløpselver som fortsatt har stor betydning med hensyn til fosfortilførselen til Mjøsa må spesielt Lenaelv og Hunnselv fremheves. Industriutslipp og jordbruk synes å være viktige årsaker til dette. Dessuten synes forurensningstilførsler via utette ledninger og diffuse tilførsler fra spredt bebyggelse fortsatt å være av betydning.

4 emneord, norske:
1. Forurensningstilførsler
2. Vannkvalitet
3. Eutrofiering
4. Mjøsa

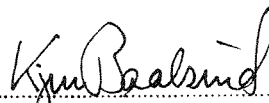
4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.



Prosjektleders sign.:



Seksjonsleders sign.:



Instituttssjefs sign.:

ISBN 82-577-0293-5

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
1. INNLEDNING	7
2. SAMMENDRAG OG KOMMENTAR	8
3. KLIMA	12
4. FOSFORTRANSPORT TIL MJØSA I 1979	12
5. AKSEPTABEL FOSFORBELASTNING	21
6. UNDERSØKELSER I MJØSA 1979	26
6.1 Oksygen	26
6.2 pH (surgetsgrad)	28
6.3 Konduktivitet	29
6.4 Alkalitet (hydrogenkarbonat)	30
6.5 Organisk stoff som kaliumpermanganatforbruk	31
6.6 Silisium	32
6.7 Nitrogen	34
6.8 Fosfor	35
6.9 Siktedyp	39
6.10 Primærproduksjon	39
6.11 Klorofyll <u>a</u>	49
6.12 Planteplankton i Mjøsa i 1979	52
6.13 Krepsdyrplankton	55
6.14 Bunnfauna	59

TABELLFORTEGNELSE

1. Tidspunkt for prøvetaking i Mjøselvene 1979	17
2. Tilløpselver til Mjøsa. Vannføring 1976, 1977, 1978, 1979	17
3. Tilløpselver til Mjøsa. Årstransport og middelkonsentrasjon av total fosfor 1976-1979	19
4. Transport og konsentrasjon av forskjellige fosforfraksjoner 1979	20
5. Årsvannføring, teoretiske oppholdstid, fosforbelastning, beregnet sommerklorofyll og målt sommerklorofyll (mai-okt.) i Mjøsa i 1976, 1977, 1978 og 1979	24

Tabellfortegnelse. Fortsatt.

Side:

6.	Variasjonsbredde og middelveier for vannets innhold av oksygen på de forskjellige observasjonsdager (vinter, vår og sommer) i 1979	26
7.	Skreia 1979. Høyeste målte dagsproduksjon	42
8.	Furnesfjorden 1979. Høyeste målte dagsproduksjon	43
9.	Brøttum 1979. Høyeste målte dagsproduksjon	44
10.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Furnesfjorden 31.5.1979	60
11.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Furnesfjorden 23.7.1979	61
12.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Furnesfjorden 21.8.1979	62
13.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Furnesfjorden 12.10.1979	63
14.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Furnesfjorden 19.11.1979	64
15.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Brøttum 18.5.1979	65
16.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Brøttum 11.7.1979	66
17.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Brøttum 24.8.1979	67
18.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Brøttum 11.10.1979	68
19.	Bunndyrforekomst ₂ uttrykt som individantall og våtvekt pr. m ² . Brøttum 13.11.1979	69

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
Fig. 1. Planteplanktonvolum i noen øst-norske vannforekomster	11
" 2. Kise meteorologiske stasjon. Nedbør 1972-1979	13
" 3. Kise meteorologiske stasjon. Temperatur 1972-1979	13
" 4. Kise meteorologiske stasjon. Antall soltimer	13
" 5. Kise meteorologiske stasjon. Midlere skydekke	14
" 6. Kise meteorologiske stasjon. Vindmengde = månedsum av alle Beufort-verdiene innenfor hver sektor	15
" 7. Vannbalanse i Mjøsa 1973-1979.	18
" 8. Sammenhengen mellom årsmiddelkonsentrasjonen av fosfor i hele sjøen og gjennomsnittlig algebiomasse i epilimnion i sommerhalvåret	23
" 9. Prøvetakingsstasjoner i Mjøsa	26
" 10. Oksygenmetning i % på de 3 hovedstasjoner i Mjøsa 1972-1979	27
" 11. Mjøsa. pH-observasjoner 1979. Blandprøver 0-10 m	28
" 12. Mjøsa. Konduktivitet, $\mu\text{S}/\text{cm}$. 20°C 1979. Blandprøver 0-10 m	29
" 13. Mjøsa. Alkalitet, ml HCl/1. 1979. Blandprøve 0-10 m	30
" 14. Mjøsa. Organisk stoff som kaliumpermanganatforbruk i mg O/1. 1979. Blandprøve 0-10 m	31
" 15. Variasjoner i vannets innhold av silisium (SiO_2) på de 3 hovedstasjoner i Mjøsa 1979	32
" 16. Utvikling av vannets innhold av silisium (SiO_2) i Mjøsa (st. Skreia) under vårsirkulasjonsperioden i tiden 1971-1979	33
" 17. Variasjoner i konsentrasjonen av total nitrogen og nitrater ($\mu\text{g N}/1$) i overflatesjiktet (0-10 m) på de 3 stasjoner i Mjøsa 1979	34
" 18. Total nitrogen og nitrater (skravert) på 3 stasjoner i Mjøsa	34
" 19. Variasjoner i de forskjellige fosforfraksjoner i overflatesjiktet i Mjøsa sommeren 1979	36
" 20. Fosforfordeling mot dypet vinter, vår og sommer på de 3 hovedstasjoner i Mjøsa	37

Figurfortegnelse. Fortsatt.

Side:

Fig. 21.	Middelverdier for total fosfor og orthofosfat av observasjonsserier (overfl.-bunn) vinter, vår og sommer i tidsperioden 1971-1979.	38
"	22. Vannføring (m^3/s) i Gudbrandsdalslågen og siktedyp ved de 3 stasjoner i Mjøsa 1979	40
"	23. Planteplanktonproduksjon ved de 3 hovestasjoner i Mjøsa 1979	41
"	24. Vertikalfordeling for primærproduksjonsdata ved st. Brøttum 1979	45
"	25. Vertikalfordeling for primærproduksjonsdata ved st. Furnesfjorden 1979	46
"	26. Vertikalfordeling for primærproduksjonsdata ved st. Skreia 1979	47
"	27. Planteplanktonets årsproduksjon beregnet for tidsperioden 15/4-15/11 ved fire stasjoner i Mjøsa i perioden 1973-1979	48
"	28. Total klorofyll <u>a</u> , blandprøver fra 0-10 m. 1979	50
"	29. Vertikalfordeling av total klorofyll <u>a</u> i vannlagene over 100 m ved Skreia under sommerperioden 1979	51
"	30. Planteplankton i Mjøsa 1976, 1977, 1978, 1979.	54
"	31. Individantall for krepsdyrplankton under $1 m^2$ overflate i dypsonen 0-50 m ved de tre lokaliteter i Mjøsa 1979	56
"	32. Individantall for de dominerende krepsdyrplanktonarter under $1 m^2$ overflate i dypsonen 0-50 m ved de tre lokaliteter i Mjøsa sommeren 1979	57
"	33. Bunnfaunaens vertikalfordeling uttrykt som individantall og gram ferskvekt pr. m^2 ved Furnesfjorden ved fem tidsperioder i 1979	70
"	34. Bunnfaunaens vertikalfordeling uttrykt som individantall og gram ferskvekt pr. m^2 ved Brøttum ved fem tidsperioder i 1979	71

1. INNLEDNING

Undersøkelsene av forurensningstilstanden i Mjøsa har i 1979 konsentrert seg om:

- Innsamling og bearbeidelse av prøver for beregninger av fosfortransporten til Mjøsa via 14 tilløpselver samt fosfortransporten ut av Mjøsa via Vormå.
- Innsamling og bearbeidelse av fysisk-kjemisk observasjonsmateriale fra 3 hovedstasjoner i Mjøsa.
- Innsamling og bearbeidelse av biologisk materiale fra de 3 hovedstasjoner i Mjøsa.

Undersøkelsene ble stort sett gjennomført i henhold til programmet datert 7. november 1978, bortsett fra visse avvik på grunn av dårlig vær.

Prøvetakingen i de forskjellige tilløpselver ble forsøkt gjennomført i henhold til vannføringen (tabell 1), dvs. at det ble samlet inn prøver sjeldent når vannføringen var relativt stabil og oftere når det var store endringer i elvenes vannføring. I 1979 ble det i henhold til programmet samlet inn data fra elvene for beregning av fosfortilførselen til Mjøsa.

Data angående stofftransporten fra Mjøsas nærområde (innbefattet byer og tettsteder med direkte utslipp i Mjøsa) bygger på opplysninger fra Hedmark og Oppland fylkeskommuner om industriutslipp og utslipp av kloakkvann. De diffuse tilførsler og tilførsler fra jordbruksaktiviteter fra nærområder bygger som i tidligere år, på analyser av observasjonsresultater fra tilløpselvene og kvalifisert skjønn.

2. SAMMENDRAG OG KOMMENTAR

Mjøsundersøkelsen har i 1979 i det vesentligste vært konsentrert om

- Innsamling og bearbeidelse av prøver for beregning av fosfortilførselen til Mjøsa.
- Innsamling og bearbeidelse av fysisk-kjemisk og biologisk materiale fra 3 hovedstasjoner i selve innsjøen.

Fosfortilførselen til Mjøsa i 1979

Totalt sett var fosfortilførselen til Mjøsa ca. 15% høyere i 1979 enn i 1978. Dette har i første rekke sammenheng med stor vannføring og følgende stor fosfortilførsel via Gudbrandsdalslågen samt en regnfull sommer og relativt stor erosjonsaktivitet i Mjøsområdet. Fosfortilførselen fra nærområdet innbefattet punktutslipp fra kloakkanlegg og industri var ca. 24% lavere i 1979 enn i 1978. Av tilløpselver som fortsatt har stor betydning med hensyn til fosfortilførsler (sterkt forurenset) til Mjøsa, kan spesielt Lenaelv og Hunnselv fremheves. Industri og jordbruk synes å være de viktigste årsaker til dette, men det antas at tilførsel av kloakkvann via utette kloakkledninger, overløp o.l. fortsatt er stor. For å bringe bedre klarhet i de nevnte elvers forurensningssituasjon (spesielt Hunnselva), vil vi anbefale at det igangsettes undersøkelser som både tar sikte på å lokalisere forurensningskilder samt prioritere deres betydning i forurensningssammenheng.

Fysisk-kjemiske forhold i Mjøsa

Vannets fysisk-kjemiske kvalitet var i god overensstemmelse med tidligere års tilstand. Dette gjelder også vannets innhold av oksygen.

Vannets nitrogeninnhold i overflatelagene var av samme størrelsesorden i 1979 som i 1978, men sett i et lengre tidsperspektiv har vannets nitrogeninnhold økt betydelig særlig i Furnesfjorden.

Vannets innhold av fosfor (total fosfor) var under sommersituasjonene noe lavere i 1979 enn i 1978, men konsentrasjonsverdiene var begge disse

år noe høyere enn i de forutgående år, særlig i 1976 og 1977. I de senere år har konsentrasjonsverdiene, spesielt orthofosfatverdiene, vært noe lavere om vinteren og våren enn i tidligere år. Orthofosfatfraksjonen om våren utgjør forøvrig ca. halvparten av den totale fosformengde.

Akseptabel fosforbelastning

Med støtte i empiriske modellbetraktninger er en fosfortilførsel på 175 tonn total fosfor pr. år tidligere vært lansert som grensen for akseptabel belastning hva eutrofisituasjonen i Mjøsa angår. I den senere tid er det gjort betydelige fremskritt med hensyn til å tilpasse slike modeller til norske forhold, og på bakgrunn av dette arbeide synes nevnte verdi å være noe for høy. De biologiske forhold i Mjøsa sammenlignet med andre store norske innsjøer tilsier at en verdi på

150 tonn total fosfor pr. år

synes mer ønskelig som grense for fosforbelastning for Mjøsa.

Biologiske forhold

Siktedypet som i noen grad avspeiler algemengden, fulgte stort sett det samme variasjonsmønster i 1979 som i 1977 og 1978. De laveste verdier (3-4 m) ble observert i perioden juni-juli og deretter var det en siktedypsforbedring utover sensommer og høst. Noen markert siktedypsforbedring sammenlignet med de to forutgående år, kan vanskelig påpekes.

Sammenlignet med forholdene rundt midten av 70-årene, har det vært en markert nedgang i algenes primærproduksjon (produksjon pr. tidsenhet) i de senere år. Årsaken til dette synes å være en kombinasjonseffekt av dårlige vekstvilkår klimatisk sett og redusert næringssalttilførsel.

Stort sett hadde vannets klorofyllinnhold (mål for algemengde) i 1979 et lignende forløp som i tidligere år. Verdiene dette år var også av samme størrelsesorden som i 1977 og 1978. Den midlere klorofyllverdi ved Skreia var i 1979 $3,5 \text{ mg/m}^3$ mot $3,8 \text{ mg/m}^3$ i 1978.

De mest fremtredende trekk i algesamfunnets artssammensetning i 1979 sammenlignet med forholdene i 1975 og 1976 er at blågrønnalgene så og

si helt er forsvunnet fra planteplanktonet. På samme måte som i 1977 og 1978 var det kiselalgene, særlig *Asterionella formosa*, som dominerte planteplanktonet i 1979. Planteplanktonets biomasse var av samme størrelsesorden og fulgte samme variasjonsmønster som i tidligere år.

Dyreplanktonets mengde og sammensetning lignet i store trekk forholdene slik de er observert i tidligere år.

Generelle kommentarer

Siden 1976 har det vært en klar forbedring av forurensningssituasjonen i Mjøsa. Den totale fosfortilførselen var således vel 20% lavere i 1979 enn i årene frem til 1976 da det var varme, tørre somre. Fosfortilførselen som skyldes menneskelige aktiviteter (kloakk, industri og jordbruk), er blitt redusert med vel 30%.

På bakgrunn av rapporter fra "Mjøsaksjonen" synes kloakkrensaneanleggene å virke tilfredsstillende og renseseffekten synes stort sett å ligger over 90%. Selv om det er nedlagt et stort arbeide i å forbedre ledningssystemene, står det fortsatt mye arbeide igjen på dette felt.

Tilførselen av industrielt avløpsvann er fortsatt meget stor. I f.eks. Hunnelva som er sterkt preget av industrielt avløpsvann, synes ikke forurensningssituasjonen å være nevneverdig bedre enn før "Mjøsaksjonen" tok til. Fosforkonsentrasjonen i denne elv var også i 1979 vanligvis betydelig høyere enn i avløpsvannet fra kloakkrensaneanleggene. Ved siden av at elven (nedstrøms bedriftene) av denne grunn er ødelagt, yter den et stort bidrag til Mjøsas fosforbelastning. Det samme er tilfelle med Lenaelva, som ved siden av avløpsvann fra industri og husholdninger, også er sterkt utsatt for forurensningstilførsler fra jordbruket (bl.a. erosjon). I flere av de øvrige tilløpselver som f.eks. Svartelva og Flagstadelva, er forurensningssituasjonen klart bedre enn før "Mjøsaksjonen" ble satt i gang.

Algeveksten i Mjøsa er fortsatt meget høy sammenlignet med de andre store innsjøer på Østlandet (fig. 1). Bortsett fra at blågrønnalgene nå praktisk talt er borte, er det liten reduksjon å spore i algemengden fra 1977 til 1979. Her må det taes i betraktning at de klimatiske forhold i

løpet av denne periode har vært ugunstig for algevekst. Det er derfor meget vanskelig å vurdere hvilken betydning "Mjøsaaksjonen" hittil har hatt for forurensningssituasjonen i innsjøen. Dessuten blir vurderingen ytterligere vanskeliggjort ved at det nødvendigvis vil ta noe tid før basisgehalten i selve Mjøsa når et akseptabelt nivå, innsjøens dyp og volum tatt i betraktning.

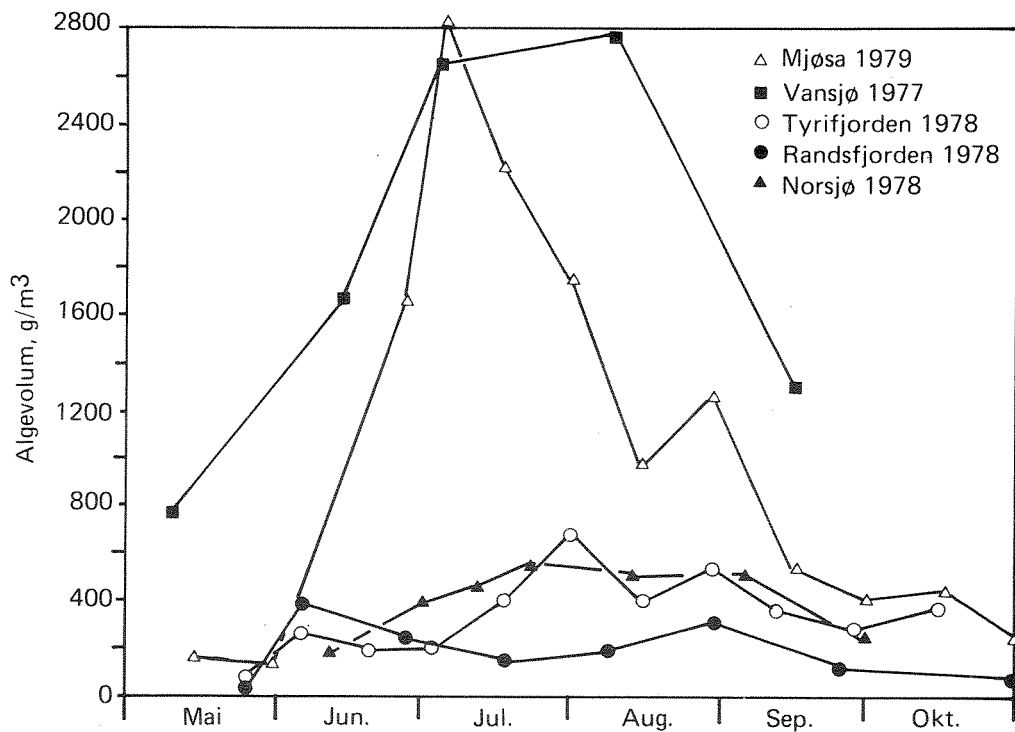


Fig. 1. Planteplanktonvolum i noen øst-norske vannforekomster.

3. KLIMA

Vekstforholdene i innsjøer er ved siden av tilgang på næringssalter betinget av de klimatiske forhold i produksjonsperioden.

Som det går frem av figurene 1 og 2 var somrene 1977, 1978 og 1979 kaldere og til dels betydelig fuktigere enn somrene tidligere i 1970-årene, f.eks. i 1975 og 1976. Figurene 3 også gir en oversikt over antall soltimer og skydekke, viser at lys og strålingsenergi har vært lavere i de senere år sammenlignet med forholdene frem til og med 1976.

Vindens fart og retning som har betydning for strøm- og spredningsforholdene i Mjøsa, er vist i fig. 6.

4. FOSFORTRANSPORT TIL MJØSA I 1979

Vanntilførselen til Mjøsa var betydelig større i 1979 enn i tidligere år (tabell 2), f.eks. ca 32% høyere enn i 1978. Dette har i første rekke sammenheng med relativt stor vannføring i Gudbrandsdalslågen i sommermånedene (fig. 7). Vannføringen i de øvrige tilløpselver var mer i overensstemmelse med tidligere år. Dato for prøvetaking går frem av tabell 1.

Fosfortilførselen til Mjøsa årene 1976, 1977, 1978 og 1979 er stilt sammen i tabell 3. Totalt sett var den totale fosfortransport ca. 15% høyere i 1979 enn i 1978, Tilførslene fra nærområdene (tettsteder, industri, diffuse) var imidlertid ca. 24% lavere i 1979 enn i det foregående år. Årsaken til de høye transportverdiene i 1979 er i første rekke stor vannføring og dermed relativt stor fosfortransport i Gudbrandsdalslågen (ca. 90% høyere enn i 1978), men en våt og regnfull sommer medførte også betydelig erosjon i nedbørområdet og dermed transport av partikkulært fosfor til innsjøen. Fordeling av de forskjellige fosforfraksjoner går frem av tabel 4. Ca. 47% av de tilførte fosformengder foreligger som løst organisk fosfor og ca 18% som løst uorganisk fosfor (orthofosfat). Dette er i god overensstemmelse med fraksjonsfordelingen i 1978.

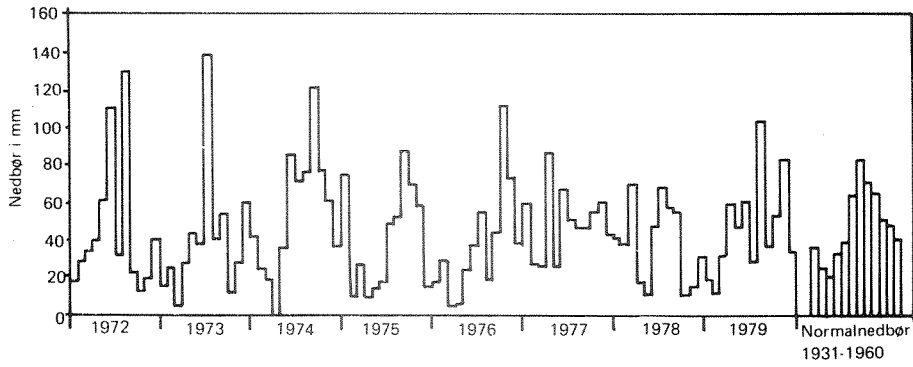


Fig. 2. Kise meteorologiske stasjon.
Nedbør 1972 - 1979.

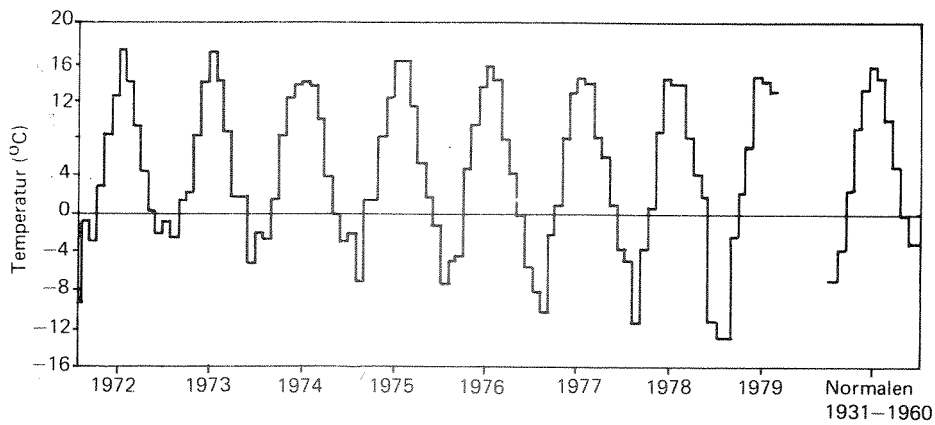


Fig. 3. Kise meteorologiske stasjon.
Temperatur 1972 - 1979.

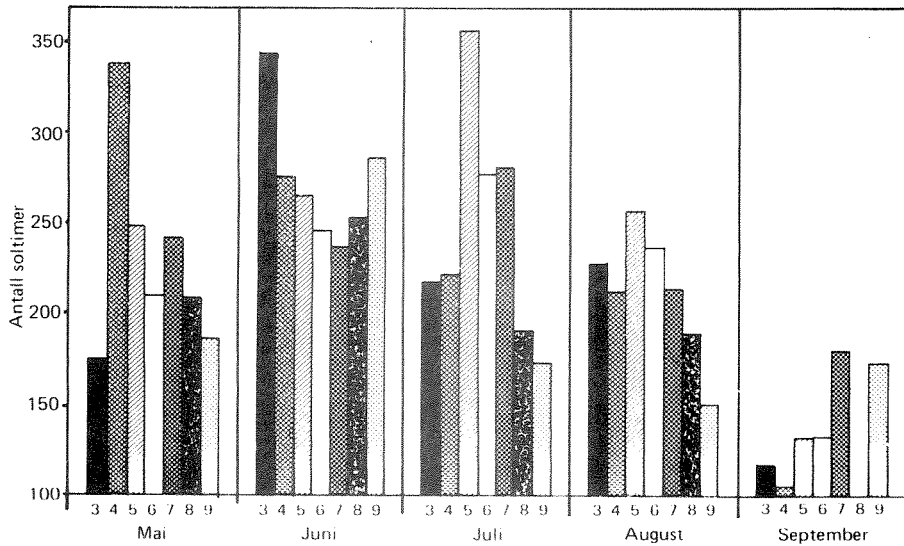


Fig. 4. Kise meteorologiske stasjon.
Antall soltimer.

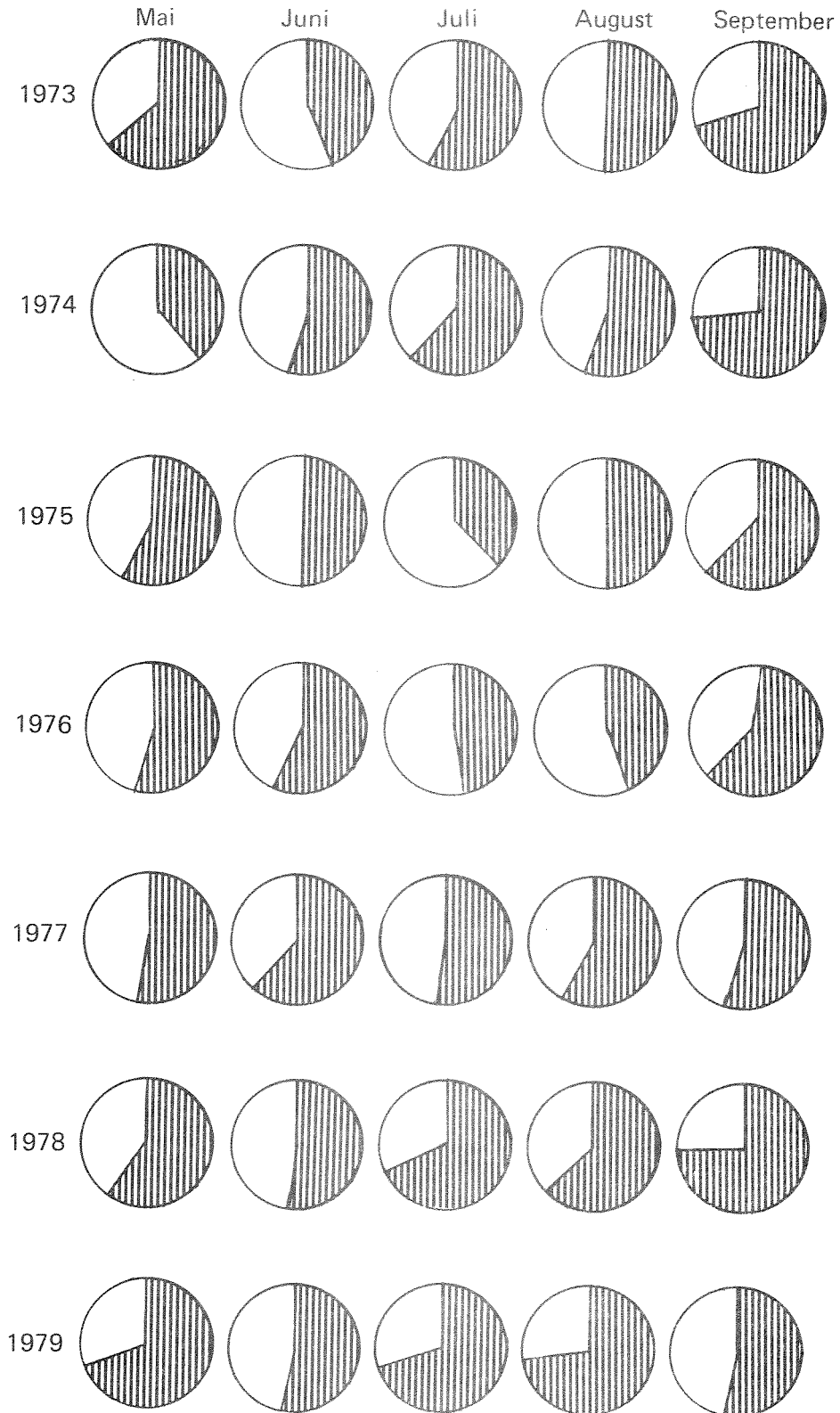


Fig. 5. Kise meteorologiske stasjon: Midlere skydekke.
Fylt sirkel = fullstendig skydekke.
De fylte sektorene viser andel av skydekke for de enkelte månedene.

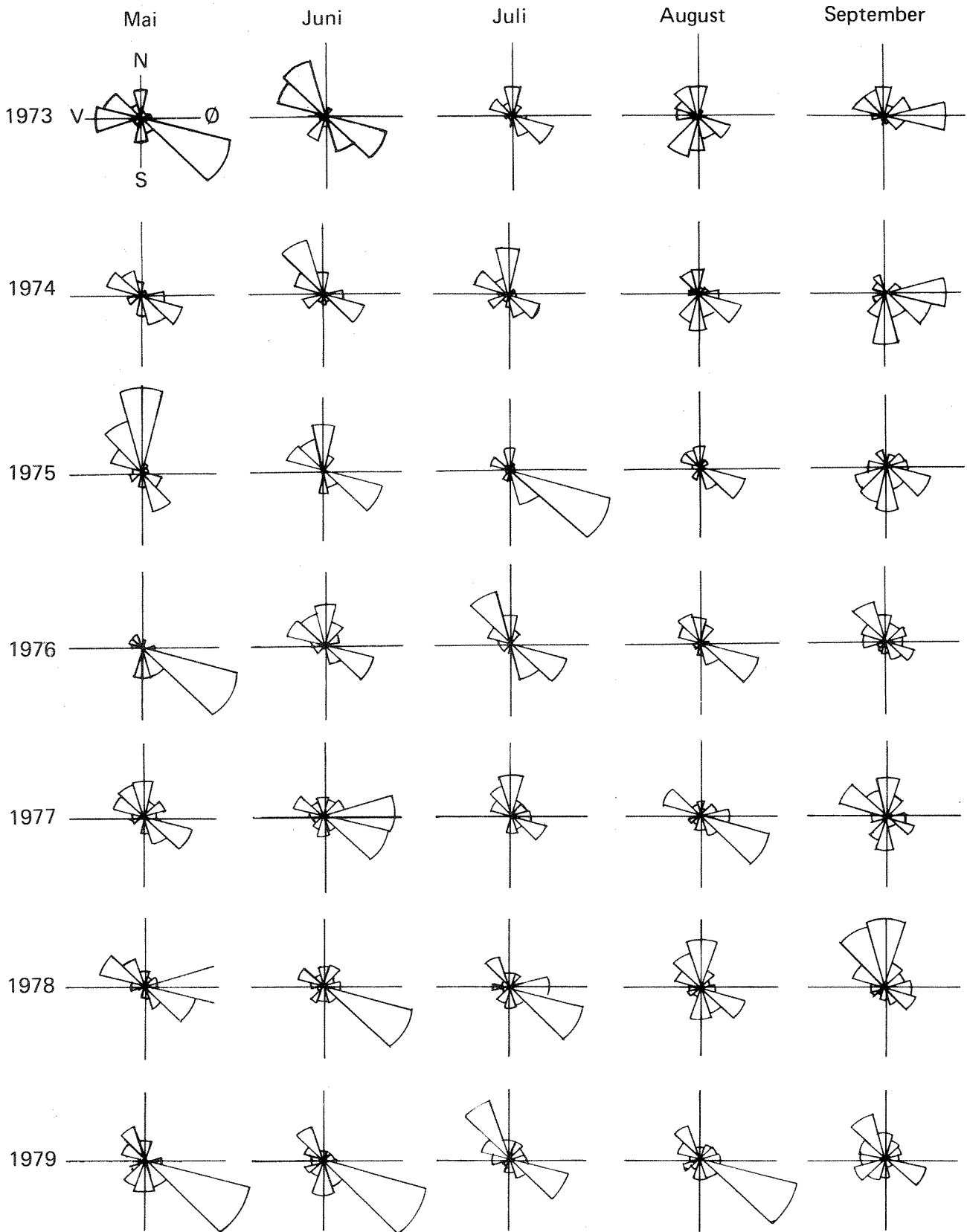


Fig. 6. Kise meteorologiske stasjon. Vindmengde = månedsum av alle Beaufort-verdiene innenfor hver sektor.

I Svartelva, Flagstadelva, Brumunda og Moelva var fosfortransporten i 1979 lavere - tildels betydelig lavere enn i 1976. I elver hvor avrenning fra jord- og skogbruk gjør seg sterkest gjeldende, som Stokkelva, Brumunda, Gausa m.fl. synes fosfortransporten i stor grad å være betinget av avrenningsforholdene og tilførsel av erosjonsprodukter fra nedbørfeltet. I de sterkt forurensede elver Lenaelva og Hunnelva var fosfortransporten i 1979 av samme størrelsesorden som i 1976. Her er det i første rekke industrielt avløpsvann og avrenningsvann fra jordbruksaktiviteter som gjør seg gjeldende, og Mjøsaksjonen synes i liten grad å ha redusert fosfortilførselen fra slike kilder, ihvertfall i disse områder.

Tabell 1. Tidspunkt for prøvetaking i Mjøselvene 1979

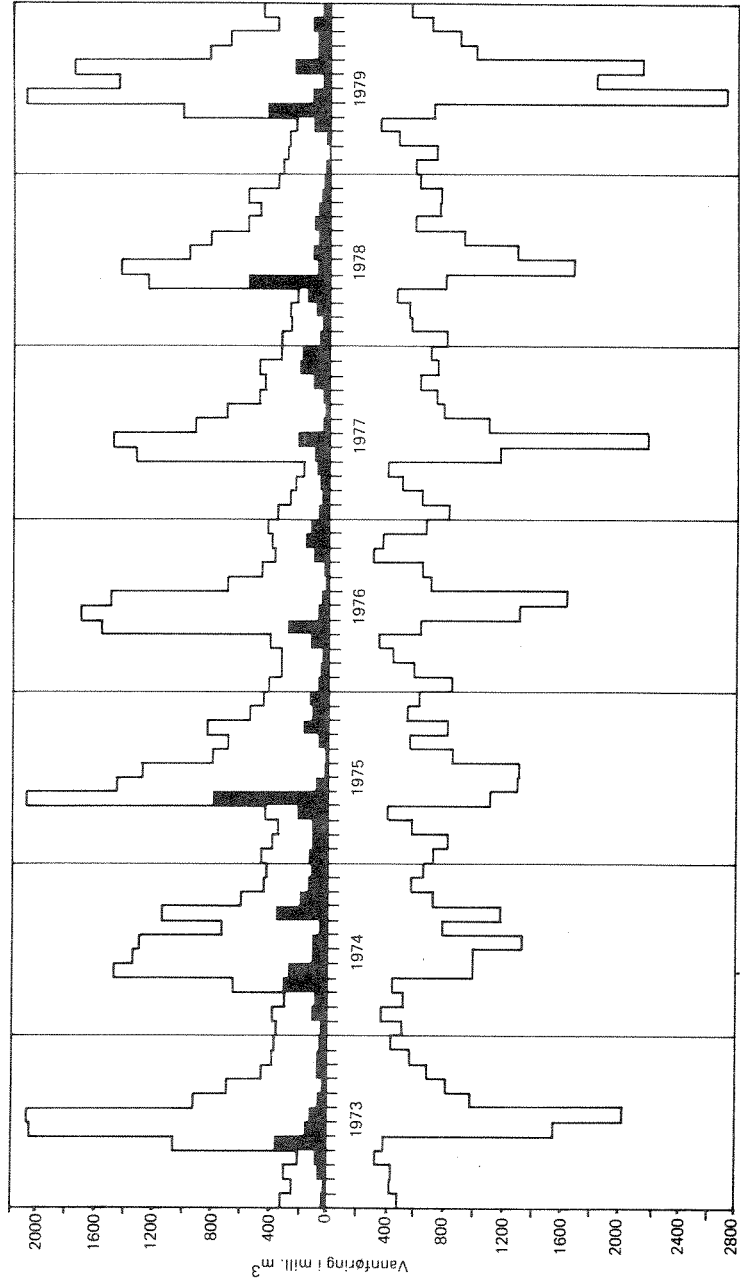
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Dato for prøve- taking.	15	12	5	18	2	7	4	1	5	10	20	17
			19	24	8	14	9	6	11	23		
				26	15	21	16	13	25			
					22	28	26	20				
					31			29				

Tabell 2. Tilløpselver til Mjøsa. Vannføring 1976, 1977, 1978 og 1979.

Årsvannføring mill. m³/år.

Elv	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen	7359,0	6183,9	6586,0	9129,7
Gausa	226,3	676,4	427,8	607,4
Rinda	26,1	94,0	36,8	50,1
Vismunda	50,8	108,7	76,6	64,5
Stokkelva	37,2	98,5	53,7	70,7
Bråstadelva	10,2	106,4	17,0	22,3
Hunnselva	79,9	167,2	98,5	106,3
Lenaelva	71,3	116,1	80,3	85,2
Vikselva	25,1	22,7	21,3	26,6
Svartelva	169,4	132,0	222,3	98,5
Flagstadelva	68,0	200,1	137,7	85,7
Brumunda	51,4	68,0	46,8	55,1
Moelva	47,0	90,0	64,2	59,3
Mesnaelva	106,7	144,2	151,7	154,5
Sum	8328,4	8208,2	8020,7	10605,9
Vorma	8501,4	8797,2	8740,7	11006,7
Nærområdet	173,0	589,0	720,0	400,8

Fig. 7. Vannbalanse i Mjøsa 1973-1979. Sort: Som vannføring i lokale elver + avrenning fra nærområdet - Gudbrandsdalslågen.



Tabell 3. Tilløpselver til Mjøsa.

Årstransport og middelkonsentrasjon av total fosfor 1976-1979.

Elv	Transport tonn P/år				Konsentrasjon µg P/l			
	1976	1977	1978	1979	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdals- lågen	59,55	41,18	57,90	110,00	7,9	6,7	8,8	12,0
Gausa	4,86	9,92	10,10	11,47	16,5	14,7	23,7	18,9
Rinda	0,16	0,61	0,37	0,67	7,7	6,5	10,0	13,3
Vismunda	0,31	0,81	1,20	1,29	6,7	7,5	15,7	20,0
Stokkelva	0,26	1,12	0,79	1,28	6,7	11,4	14,7	21,1
Bråstadelva	0,10	1,16	0,30	0,76	10,8	10,9	17,8	34,3
Hunnselva	14,29	7,70	9,59	14,07	178,8	46,1	97,4	132,3
Lenaelva	8,64	6,79	7,70	9,56	113,2	58,5	95,9	112,2
Vikselva	0,51	0,41	0,47	0,98	17,1	18,1	21,9	36,8
Svartelva	17,98	4,26	8,49	6,15	120,2	32,3	38,2	62,4
Flagstadelva	6,22	3,76	3,37	3,05	115,4	18,8	24,5	35,6
Brumunda	3,16	1,26	1,08	1,47	29,0	18,5	23,0	26,8
Moelva	0,82	1,32	1,42	1,31	18,7	14,7	22,1	22,1
Mesna	3,32	2,68	2,83	2,83	34,0	18,6	18,7	18,3
Sum	120,18	82,98	105,61	164,89	14,4	10,1	13,2	15,55
Nærområdet	187,82	147,00	113,00	86,11	965,0	250,0	157,0	214,84
Sum	308,00	229,98	218,61	251,00	36,2	26,1	25,0	22,8
Vorma	95,16	73,55	87,90	111,94	10,7	8,4	10,1	10,2
Diff.	212,84	156,43	130,71	139,06				

Tabell. 4. Transport og konsentrasjon av forskjellige fosforfraksjoner 1979.

	Fosforfraksjoner, transport i kg				Fraksjoner i prosent av total fosfor.			
	Total fosfor	Partikul. fosfor	Løst org. fosfor	Orto fosfat	Partikul. fosfor	Løst org. fosfor	Orto fosfat	
Gudbrandsdalslågen	110036	51348	42094	16594	46,7	38,3	15,0	
Gausa	11468	4594	3862	3012	40,1	33,7	26,2	
Rinda	668	220	312	136	32,9	46,7	20,4	
Vismunda	1289	626	393	270	48,6	30,5	20,9	
Stokkelva	1280	738	359	183	57,7	28,0	14,3	
Bråstadelva	765	404	226	135	52,8	29,5	17,7	
Hunnselva	14068	7375	3537	3156	52,4	25,2	22,4	
Lenaelva	9557	4859	2260	2438	50,8	23,7	25,5	
Vikselva	980	553	245	182	56,4	25,0	18,6	
Svartelva	6146	4139	1244	763	67,3	20,3	12,4	
Flagstadelva	3053	1612	898	543	52,8	29,4	17,8	
Brumunda	1475	223	568	684	15,1	38,5	46,4	
Moelva	1310	557	368	385	42,5	28,1	29,4	
Mesnaelva	2828	1099	1019	710	38,9	36,0	25,1	
Sum	164923	78347	57385	29191	47,5	34,8	17,7	
Vorma	112078	50720	37303	24055	45,2	33,3	21,5	

5. AKSEPTABEL FOSFORBELASTNING

En stadig økende eutrofiering i innsjøer som følge av økt nærings saltbelastning, er et verdensomspennende problem, og det arbeides i dag i alle industrialiserte land intenst for å bekjempe denne utvikling. Ved iverksettelse av forurensningsbegrensende tiltak blir det naturlig nok alltid stilt krav om kost-nytteeffektanalyser. Dette krever bl.a. utsagnskraftige modeller eller relasjoner som i noen grad gjør det mulig å forutsi hvilke og hvor omfattende tiltak som bør iverksettes for å holde utviklingen under kontroll.

Forskerne er her blitt stilt overfor en meget vanskelig oppgave, og det er blitt gjort en rekke forsøk på å utvikle matematiske eutrofieringsmodeller som er relevante for problemstillingen og som kan brukes i praktisk sammenheng. Bl.a. er det på empirisk grunnlag forsøkt å finne frem til relevante relasjoner mellom fosforbelastning og biologisk respons (algebiomasse). Et stort arbeide på dette felt (106 innsjøer) er blitt organisert av OECD. Rapportutkast fra dette arbeidet foreligger i disse dager.

Den forskning og empiriske modellutvikling som har pågått i den senere tid, synes lovende som et hjelpemiddel ved studium av eutrofieringens årsaksvirkningsforhold, særlig når det gjelder store, dype innsjøer. Bruken av modellene forutsetter imidlertid at:

- innsjøens algeproduksjon er fosforbegrenset
- vannmassene i innsjøene blir fullstendig blandet høst og vår
- fosfortilførselen og uttransport av fosfor er direkte proporsjonal med fosforkonsentrasjonen i innsjøen.

Ved bruken av slike modeller må det taes hensyn til at enhver innsjø har sin egenart og at faktorer som klima, vekstsesongens lengde, beiteeffekt, fosfortilførsel fra innsjøens sedimenter osv. ikke fanges opp. De empiriske resultater kan dessuten bare anvendes på innsjøer av samme type som de erfaringsmaterialet stammer fra.

Ut fra det store forskningsmateriale som nå foreligger, kan det klart konstateres at for store, dype innsjøer foreligger det en god korrela-

sjon mellom fosforkonsentrasjon og midlere konsentrasjon av algebiomasse (klorofyll a) i produksjonssjiktet om sommeren. Dette gjelder også norske innsjøer (Rognerud, Berge, Johannessen 1979) slik det går frem av fig. 8. Det skal understrekes at også det norske materialet bare gjelder større innsjøer med middelkonsentrasjon av fosfor ($[P]\lambda$) mellom 4 og 11 $\mu\text{g/l}$. Sammenhengen er tilnærmet gitt ved linjen

$$1.) [\text{Tot. kl.a}] = 0.42 [\text{Tot P}] - 0,93 \quad r = 0,94.$$

Ved anvendelse av de empiriske modeller som tidligere er utarbeidet (Vollenweider 1976) med hensyn til fosforbelastning og algebiomasse (klorofyll a), viste det seg at disse gav for store algemengder i forhold til fosfortilførselen (Rognerud, Berge, Johannessen 1979). Det ble derfor nødvendig å foreta visse justeringer av de opprinnelige modeller, slik at de var mer i overensstemmelse med norske forhold. Det kan i denne sammenheng være grunn til å nevne at de "utenlandske" modeller bl.a. omfatter mellomeuropeiske og amerikanske innsjøer, hvor bl.a. forurensningstilstanden, den generelle fysiske-kjemiske vannkvalitet, temperaturforholdene, vekstsesongens lengde, fosforomsetning osv. tildels er svært forskjellig fra de norske. På bakgrunn av et mer inngående studium av forholdet mellom fosforets og vannets teoretiske oppholdstid i noen norske innsjøer (20 stk.), kom nevnte forfattere frem til følgende relasjon mellom fosforkonsentrasjon i innsjøen $[P]\lambda$ og middelveiden f for alle tilløp/tilførsler $[P]i$ (samlet fosfortilførsel pr. år/vannføring pr. år):

$$2.) \text{Log} \frac{[P]\lambda}{[P]i} = -0,029 T_w - 0,20$$

hvor T_w er innsjøens teoretiske oppholdstid.

Settes verdien for $[P]\lambda$ inn i ovenfornevnte relasjon mellom midlere total klorofyll a $[kl a]$ om sommeren og innsjøens fosforkonsentrasjon, får vi:

$$3.) [kl a] = 0,42 \cdot [P]i \cdot 10^{-(0,029 T_w + 0,20)} + 0,93$$

$$\text{eller } 4.) [P]i = \frac{[kl a] + 0,93}{0,42 \cdot 10^{-(0,029 T_w + 0,2)}}$$

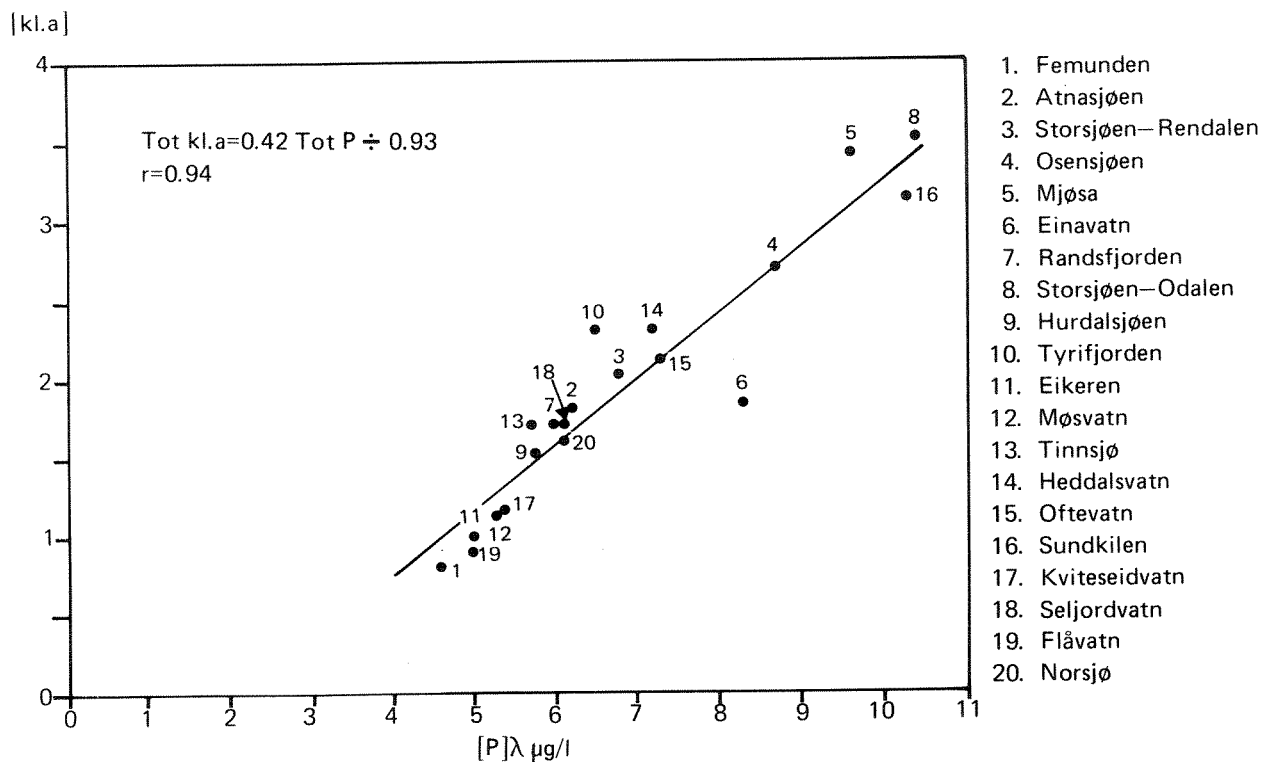


Fig. 8. Sammenhengen mellom årsmiddelkonsentrasjonen av fosfor i hele sjøen $\{P\}\lambda$ og gjennomsnittlig algebiomasse $\{kl a\}$ i epilimnion i sommerhalvåret.

Det midlere sommerklorofyll (mai-okt.) i Mjøsa for de 4 siste vekstsesonger er beregnet i henhold til 3) og på bakgrunn av de aktuelle belastninger og vannføringer. Resultatene er satt opp i tabell hvor også middelveidene av måleresultatene er antydnet.

Tabell 5. Årsvannføring, teoretisk oppholdstid, fosforbelastning, beregnet sommerklorofyll og målt sommerklorofyll (mai-okt.) i Mjøsa i 1976, 1977, 1978 og 1979.

	1976	1977	1978	1979
Årsvannføring (Vorma) i mill. m ³	8501,4	8797,2	8740,7	11007
Teoretisk opph.tid i år, T _w	6,6	6,4	6,4	5,1
Total fosforbelastn. i tonn/år	308	230	219	252
Midlere fosforkons. i tilløp, µg P/l, [P] _i	36,2	26,1	25,0	22,9
Midlere fosforkons. i innsjøen µg P/l, [P] _λ	10,3	10,0	10,0	10,2
Beregnet [P] _λ i µg P/l (2)	14,7	10,7	10,3	10,3
Beregnet [kl a] (3), mg/m ³	5,2	3,6	3,4	3,4
Målt [kl a] sommermidler mg/m ³	5,0	3,6	3,6	3,5

Som det går frem av tabell 5 er det relativt god overensstemmelse mellom beregnet og målt sommerklorofyll a. Når det gjelder beregnet og målt fosforkonsentrasjon i innsjøen kan det være visse avvik. Dette kan ha sammenheng med analysemetodenes nøyaktighet ved så lave konsentrasjoner og dessuten kan man anta en viss ujevn fosfor-fordeling i innsjøen, idet konsentrasjonene er langt høyere utenfor utslippsområder enn i hovedvannmassene. Det er heller ikke her tatt hensyn til fosfortilførsel fra sedimenter, biologisk fosforomsetning osv.

Målsettingen med Mjøsaksjonene er å redusere belastningen på Mjøsa så langt som mulig ned mot 175 tonn fosfor pr. år innen utgangen av 1980. Hensikten med en rask reduksjon av belastningen fra et uakseptabelt nivå er å unngå irreversible forhold, bl.a. kjennetegnet ved omfattende utløsning av fosfor fra bunnsedimentene. Det er godt håp om at de tiltakene som nå gjennomføres, vil være tilstrekkelig for å oppnå dette.

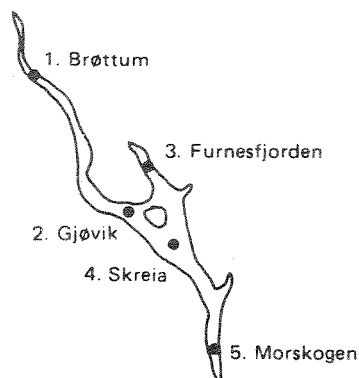
Hvor bra vannkvaliteten på sikt vil bli er imidlertid usikkert. Om man som mål for midlere sommerklorofyll-konsentrasjon setter at denne ikke skal overstige 2 mg/m^3 og en anvender en midlere årlig vanntilførsel til Mjøsa på $8970 \text{ mill. m}^3/\text{år}$ (middel for perioden 1973 - 1978 i Vorma), må den midlere årlige fosforkonsentrasjonen i tilførselsvannmassene (direkteutslipp + diffuse tilførsler fra nærområdene + tilførsler via tilløpselvene) [P]i ikke overstige $16,8 \text{ } \mu\text{g P/l}$. Dette tilsvarer en total fosfortilførsel til Mjøsa på ca. 150 tonn fosfor pr. år. Ut fra de første empiriske fosformodeller som ble lansert (Vollenweider 1968) ble den akseptable fosforbelastning tilsvarende beregnet til 175 tonn p/år. (NIVA 1975). Legges imidlertid de siste Vollenweider-relasjoner til grunn (NIVA 1978), skulle den akseptable fosforbelastning ikke overstige 125 tonn fosfor pr. år. Disse tallene taler for at om man skal oppnå ovenfornevnte målsetting for sommerklorofyll, må tiltakene mot forurensningen også gjennomføres i betydelig grad etter at "Mjøsaksjonen" er fullført.

Det skal imidlertid understrekes at en slik grenseverdi bare må betraktes som retningsgivende for størrelsesorden for belastningen og ikke som en eksakt grenseverdi. Likeledes må den angitte verdi på $2 \text{ } \mu\text{g kl a/m}^3$ som ønskelig, men ikke som et eksakt mål.

6. UNDERSØKELSER I MJØSA 1979

Prøvetakingspunktene som er blitt benyttet som hovedstasjoner ved de fysisk-kjemiske og biologiske prøveinnsamlinger i 1979 er avmerket på fig. 9.

Fig. 9.
Prøvetakingsstasjoner
i Mjøsa.



I det følgende skal resultatene fra de generelle fysisk-kjemiske undersøkelser kort omtales.

6.1 Oksygen

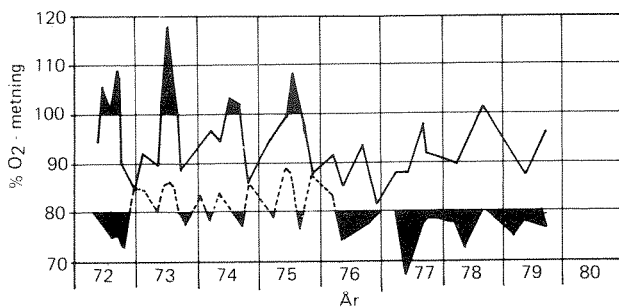
Vannets innhold av oksygen går frem av tabell 6 som viser variasjonsbredder i vertikalsnittet på de forskjellige observasjonsdager i 1979.

Tabell 6. Variasjonsbredde og middelerverdier for vannets innhold av oksygen på de forskjellige observasjonsdager (vinter, vår og sommer) i 1979.

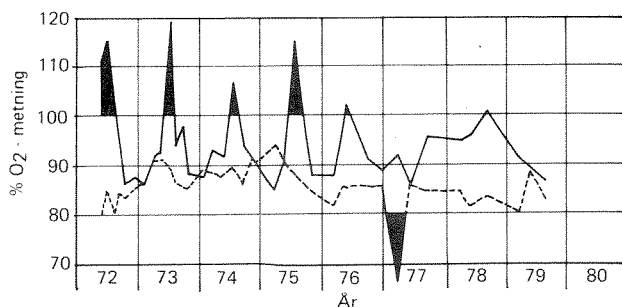
Stasjon	Mars		Mai		Aug./sept.	
	Variasjon	Middel	Variasjon	Middel	Variasjon	Middel
Brøttum	9,7-12,9	11,3	9,5-10,3	9,9	10,2-11,4	11,1
Furnesfj.	10,5-12,6	11,3	10,4-10,9	10,6	11,6-11,8	11,7
Skreia	10,0-12,3	10,9	9,9-10,7	10,4	10,6-11,6	11,0

Som i tidligere år varierte vannets oksygenmetning på hovedstasjonene i Mjøsa i 1979 stort sett i området 80-100%. De laveste verdier ble obser-

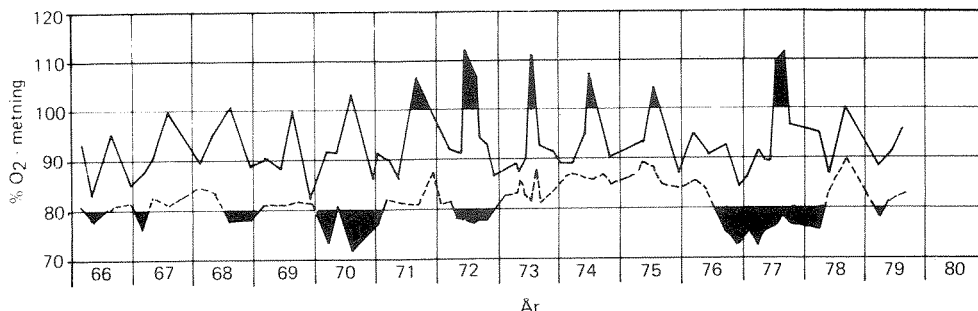
vert i dyplagene på st. Brøttum. I tidsperioden etter 1976 har oksygeninnholdet i de bunnære vannmasser vært noe lavere enn i tidligere år (fig. 10). Det er imidlertid ut fra det foreliggende materiale vanskelig å vurdere om dette skyldes økt planteplanktonproduksjon, økt tilførsel av organisk stoff eller endrede vannutskiftningsforhold (dypvannet) i forhold til tidligere år. Det er i første rekke dypvannsmassene på st. Brøttum og st. Skreia som er mest utsatt for oksygentæring.



a) Brøttum (St. pr. dyp 80 m)



c) Furnesfj. (St. pr. dyp 80 m)



d) Skreia (St. pr. dyp 440 m før 1972 - senere 400 m).

Fig. 10. Oksygenmetning i % på de 3 hovedstasjoner i Mjøsa 1972-1979. Øverste linje gjelder 0,5 eller 1 m dyp. Nederste linje gjelder bunnære vannmasser.

6.2 pH (surhetsgrad)

På alle observasjonsdager ble vannets pH i overflatelagene (0-10 m blandprøve) målt (fig. 11.) Som i tidligere år var pH-verdiene noe lavere ved Brøttum enn på de øvrige stasjoner (Furnesfjorden og Skreia). Algeproduksjonen forårsaker som vanlig betydelig høyere pH-verdier i overflatelagene utover sommeren enn om vinteren og vår/forsommeren, med høyeste verdier i Furnesfjorden. I tidligere år da algeproduksjonen var mer utpreget, som f.eks. i 1976, var pH-verdiene i perioder betydelig høyere, >pH 9.

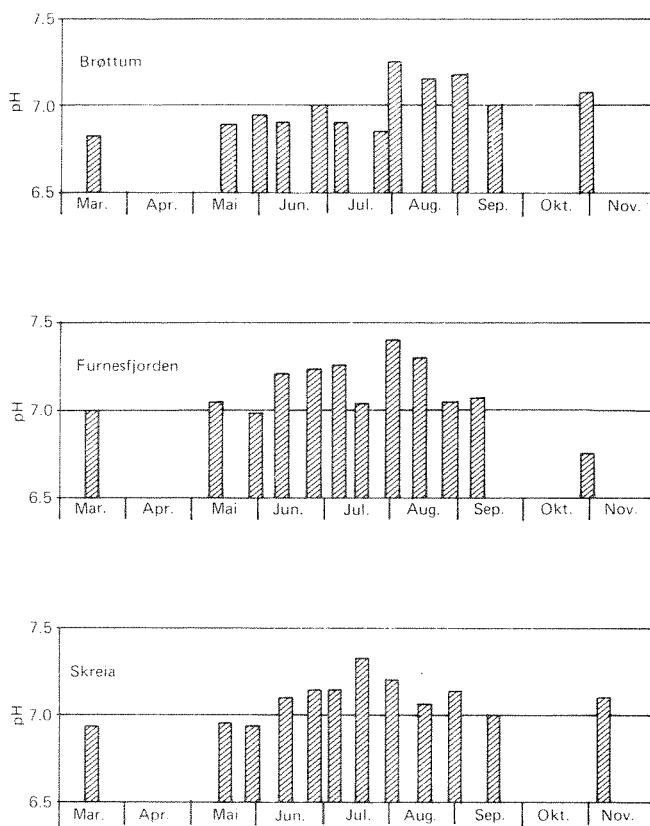


Fig. 11. Mjøsa. pH-observasjoner 1979. Blandprøver 0-10 m.

6.3 Konduktivitet

Variasjonsmønsteret for overflatevannets (0-10 m blandprøve) innhold av mineralsalter, uttrykt som konduktivitet er vist i fig. 12. Smelte- og høyfjellsvann tilført via Gudbrandsdalslågen bevirker betydelig lavere konduktivitetsverdier på st. Brøttum enn i Furnesfjorden og på Skreia. Flomcannet gjenspeiler seg med noe lavere konduktivitetsverdier i overflatelagene på alle stasjoner utover sommeren.

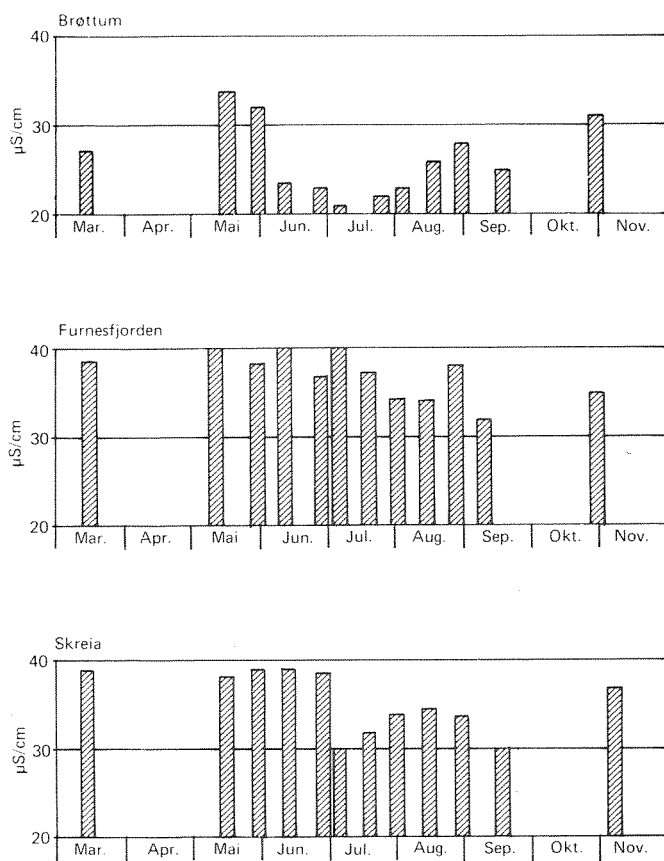


Fig. 12. Mjøsa. Konduktivitet, $\mu\text{S}/\text{cm}$. 20°C 1979.

Blandprøver 0-10 m.

6.4 Alkalitet (hydrogenkarbonat)

Variasjonsmønsteret for vannets innhold av hydrogenkarbonat målt som alkalitet går frem av fig. 13. Alkalitetsverdiene som er en nødvendig parameter ved bestemmelse av primærproduksjoner, er lavest lengst nord i Mjøsa (Brøttum), noe som i likhet med konduktiviteten, har sammenheng med at her gjør det saltfattige vannet fra Gudbrandsdalslågen seg mest gjeldende.

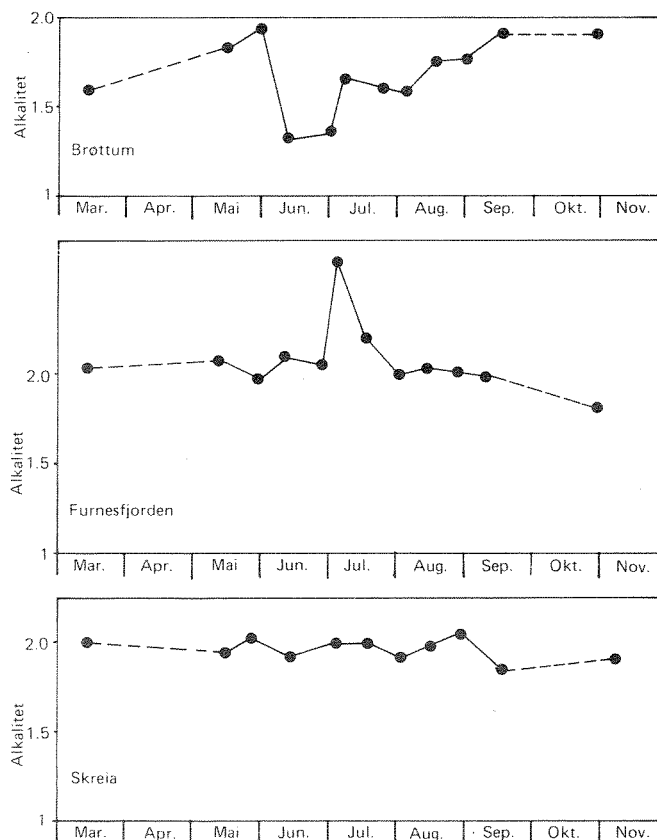


Fig. 13. Mjøsa. Alkalitet, ml HCl/l. 1979. Blandprøve 0-10 m.

6.5 Organisk stoff som kaliumpermanganatforbruk

Overflatevannets innhold av organisk stoff (0-10 m blandprøve) er vist i fig. 14. Generelt sett er verdiene lavest i de nordligste områder av Mjøsa (Brøttum) hvor Gudbrandsdalslågen gjør seg mest gjeldende og høyest i Furnesfjorden - utenfor Hamar hvor bl.a. Brumunda, Svartelva og Flagstadelva munner ut. At verdiene tildels er noe høyere om sommeren enn ellers, kan ha sammenheng med høyere algeproduksjon, men større tilførsler av humusrikt vann fra lokale tilløpselver kan også medvirke til dette.

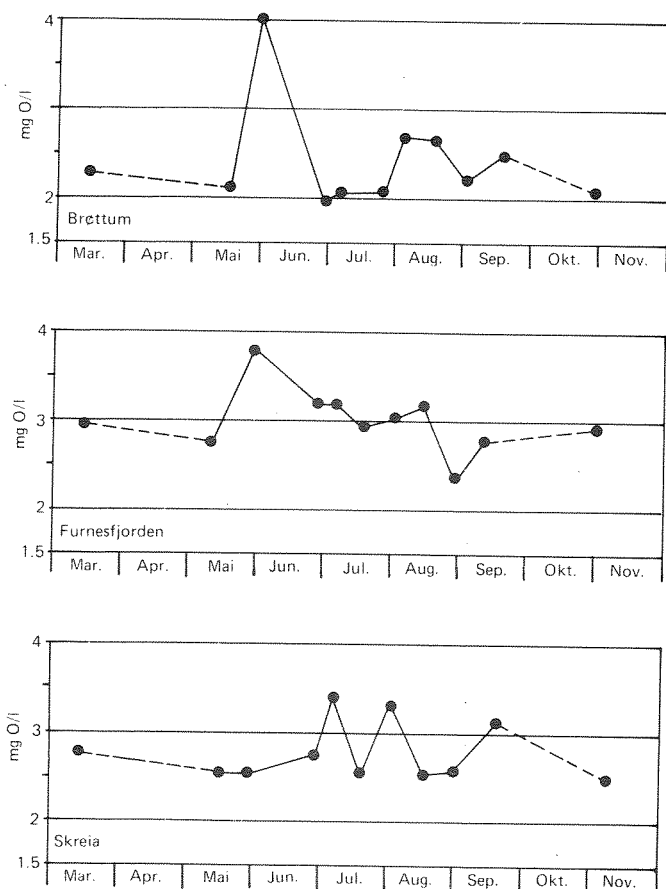


Fig. 14. Mjøsa. Organisk stoff som kaliumpermanganatforbruk i mg O/l. 1979. Blandprøve 0-10 m.

6.6 Silisium

Vannets innhold av silisium er målt i en blandprøve (0-10 m) samt i flere dyp fra 0-50 m (vinter, vår og sommer fra overflate til bunn). Resultatene (fig. 15) viser at etterhvert som kiselalgene kommer til utvikling utover sommeren, avtar silisiuminnholdet i overflatelagene - i dyplagene er det relativt konstante forhold. Dette er i overensstemmelse med tidligere års observasjoner og har sammenheng med kiselalgenes forbruk av silisium ved oppbygging av sitt kisel skall. Som fig. 16 viser har det vært en gradvis minskning av vannets silisiuminnhold siden 1966 - antakelig forårsaket av produksjon og sedimentasjon av kiselalger som anvender silisium for oppbygging av sitt kisel skall.

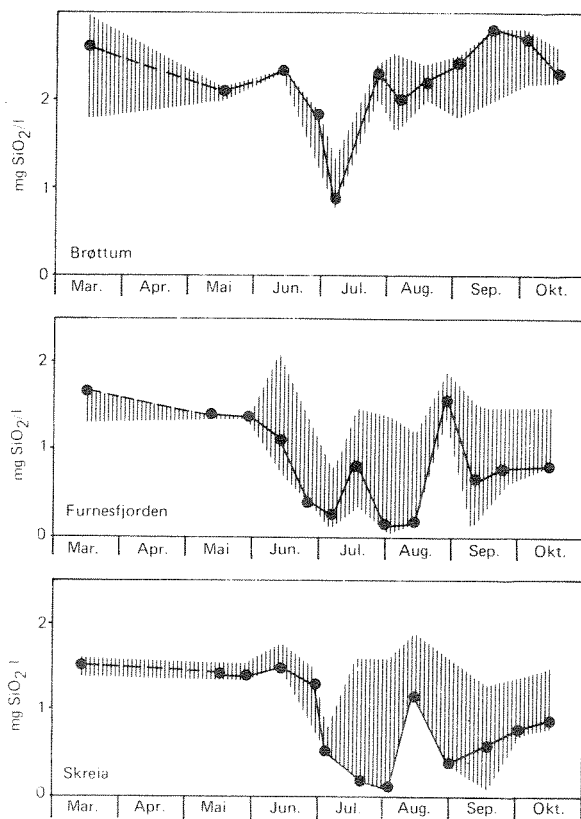


Fig. 15. Variasjoner i vannets innhold av silisium (SiO_2) på de 3 hovedstasjoner i Mjøsa 1979. ○— blandprøve 0-10 m. Skravert felt angit variasjonsbredde for prøver samlet inn fra flere dyp i snitt fra 0-50 m, 14/3, 16/5 og 30/5 fra overflate til bunn.

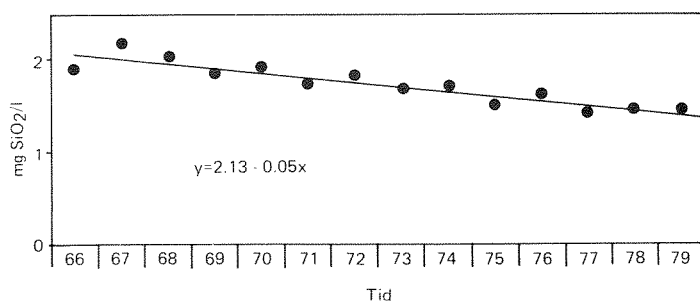


Fig. 16. Utvikling av vannets innhold av silisium (SiO₂) i Mjøsa (st. Skreia) under vårsirkulasjonsperioden i tiden 1971 - 1979.

6.7 Nitrogen

Observasjonsresultatene viser at vannets innhold av nitrogen i overflatevannmassene (0-10 m) varierer både i tid og rom i løpet av året (fig. 17). De høyeste verdier er målt i Furnesfjorden og de laveste i de nordlige områder (Brøttum). På alle stasjoner er verdiene høyest om vinteren og lavest på forsommeren. I store trekk løper konsentrasjonen av total nitrogen og nitrater parallelt. I middel utgjorde nitratkonsentrasjonen (0-10 m) ca. 65% av det totale nitrogeninnhold i sommersesongen 1979.

Av fig. 18 kan det sees at konsentrasjonene av både total nitrogen og nitrater har økt betydelig i løpet av observasjonsperioden 1971-1979.

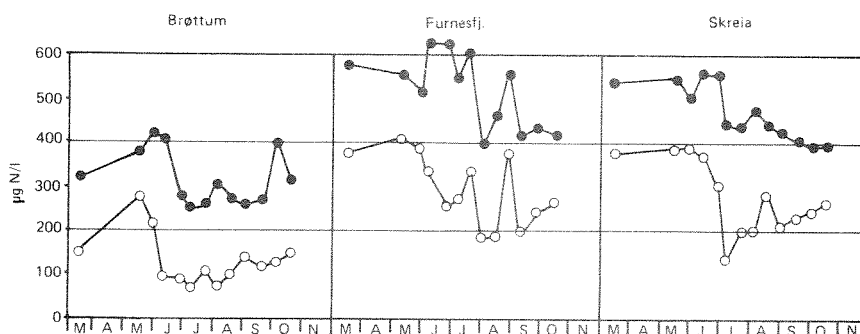


Fig. 17. Variasjoner i konsentrasjonen av total nitrogen og nitrater ($\mu\text{g N/l}$) i overflatesjiktet (0-10 m) på de 3 stasjoner i Mjøsa 1979. ● total nitrogen, ○ nitrater.

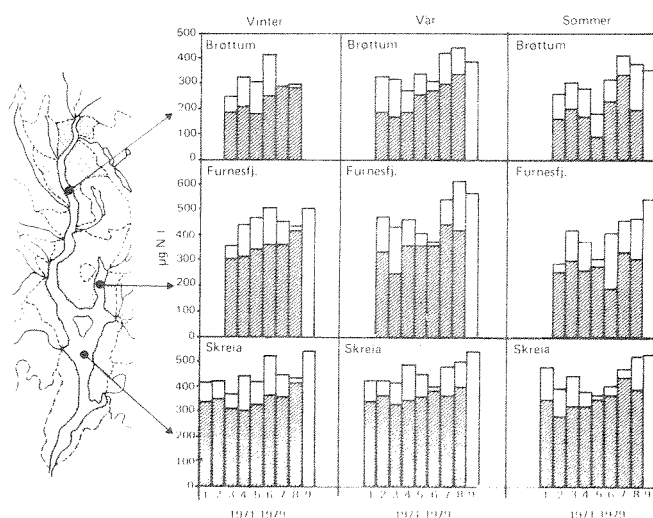


Fig. 18. Total nitrogen og nitrater (skravert) på de 3 stasjoner i Mjøsa. Aritmetiske middelværdier av observasjonsresultater (overflate - bunn) vinter, vår og sommer 1971 - 1979.

I de sentrale områder (Skreia) var således "vårkonsentrasjonene" av total nitrogen ca. 24% høyere i 1979 enn i 1971, mens det tilsvarende tall for nitrater var 15%. Denne økning må i vesentlig grad tilskrives økt forbruk av nitrogenholdig kunstgjødsel i jordbruket, men økt nitrogen i nedbøren kan også spille en viss rolle.

6.8 Fosfor

Variasjoner i vannets innhold av fosfor (0-10 m blandprøve) (total fosfor, partikulært fosfor, løst organisk fosfor og orthofosfat) i løpet av sommeren på de tre hovedstasjoner i Mjøsa er vist i fig. 19. På alle stasjoner var konsentrasjonen av partikulære og organisk løste fosforfraksjoner i overflatelaget tildels betydelig høyere i sommermånedene enn vinter, vår, høst. Orthofosfatverdiene var derimot lave på denne tid. Dette variasjonsmønster er i tråd med det en kunne forvente ut fra forløpet av algeproduksjonen. Algene forbruker den løste fosfatfraksjonen utover sommeren, mens den partikulære og organiske fraksjon øker. Tilførsel av partikulært fosfor fra nedbørfeltet under flomperioden er den viktigste årsak til opprettholdelse av et slikt variasjonsmønster særlig i den nordlige del av Mjøsa. De høye konsentrasjoner av partikulært og organisk løst fosfor i produksjonssjiktet går også frem av fig. 20 som viser variasjonen mot dypet under vinter, vår og sommersituasjonen. På bakgrunn av hele observasjonsmaterialet (fra alle dyp) utgjør orthofosfatkonsentrasjonen (som er lettest tilgjengelig for algevekst) ca. 57, 54 og 44% av den totale fosforkonsentrasjonen på henholdsvis stasjonene Skreia, Furnesfjorden og Brøttum. Dette viser at tilførelsen av løst uorganisk fosfor (orthofosfat) er relativt stor. Dette kan tyde på betydelig utslipp av kloakkvann og industrielt avløpsvann.

Den midlere fosforkonsentrasjon (total fosfor og orthofosfat) under vinter, vår og sommer på de 3 hovedstasjoner har i tidsrommet 1971 til 1979 variert noe fra år til år (fig. 21). Dette kan tildels ha sammenheng med varierende avrenningsforhold, men man må også ta i betraktning analysemetodens presisjonsnivå. Det er vanskelig ut fra dette materialet å påpeke noen klare konsentrasjonsendringer, men materialet synes å tyde på at særlig orthofosfatverdiene har hatt en synkende tendens i de senere år.

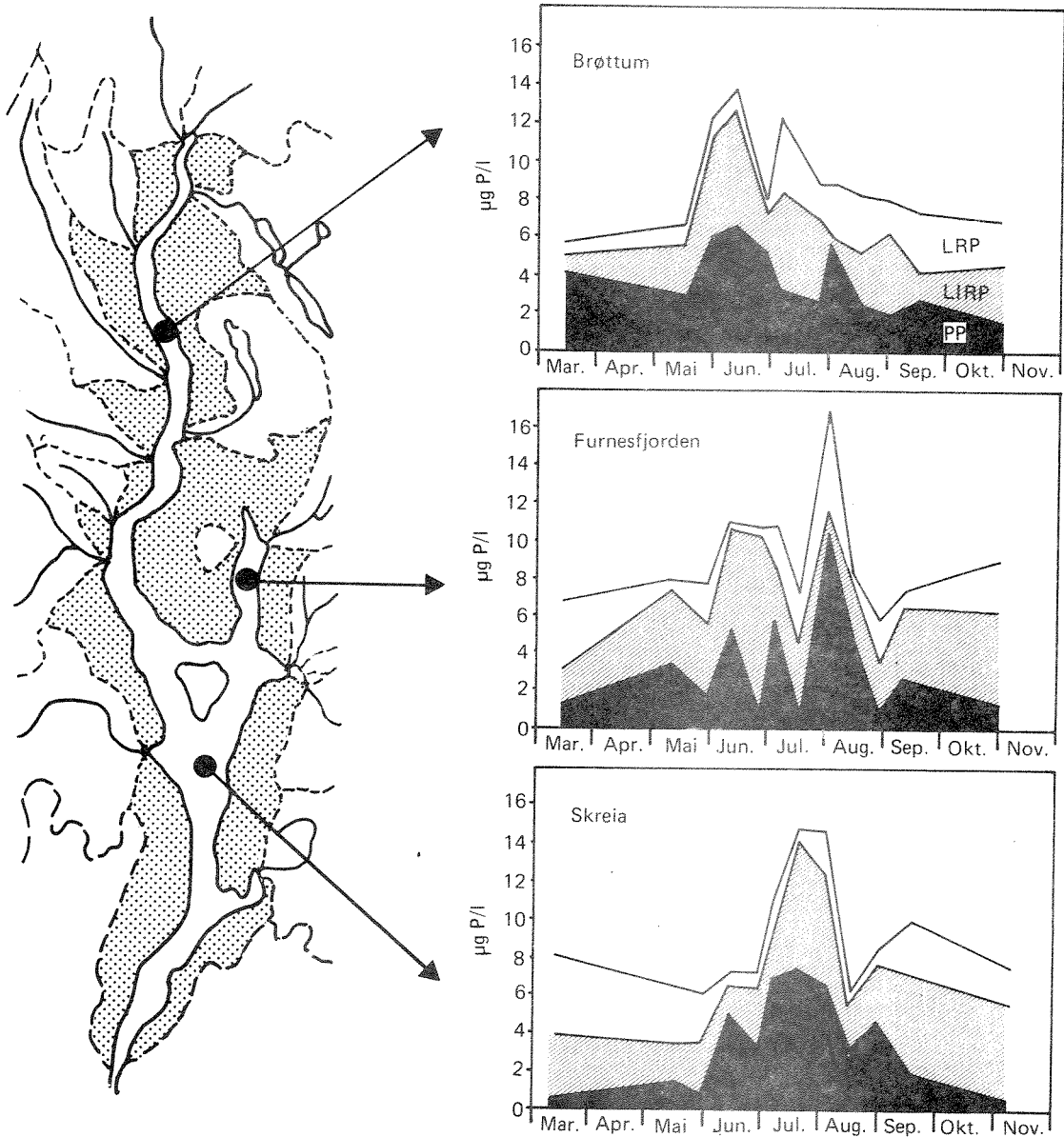


Fig. 19. Variasjoner i de forskjellige fosforfraksjoner ($\mu\text{g P/l}$) i overflatesjiktet (0-10 m) i Mjøsa sommeren (mai-okt.) 1979.

sort = partikulært fosfor
 skravert 2 løst organisk fosfor
 hvitt = orthofosfat

<u>Middelverier:</u>	<u>Brøttum</u>	<u>Furnesfjorden</u>	<u>Skreia</u>
Total fosfor (Tot P):	8,6	9,0	8,9
Partikulært fosfor (PP):	3,4	3,2	3,5
Løst org. fosfor (LIRP/:	3,2	4,0	3,5
Orthofosfat (LRP):	2,0	1,8	1,9

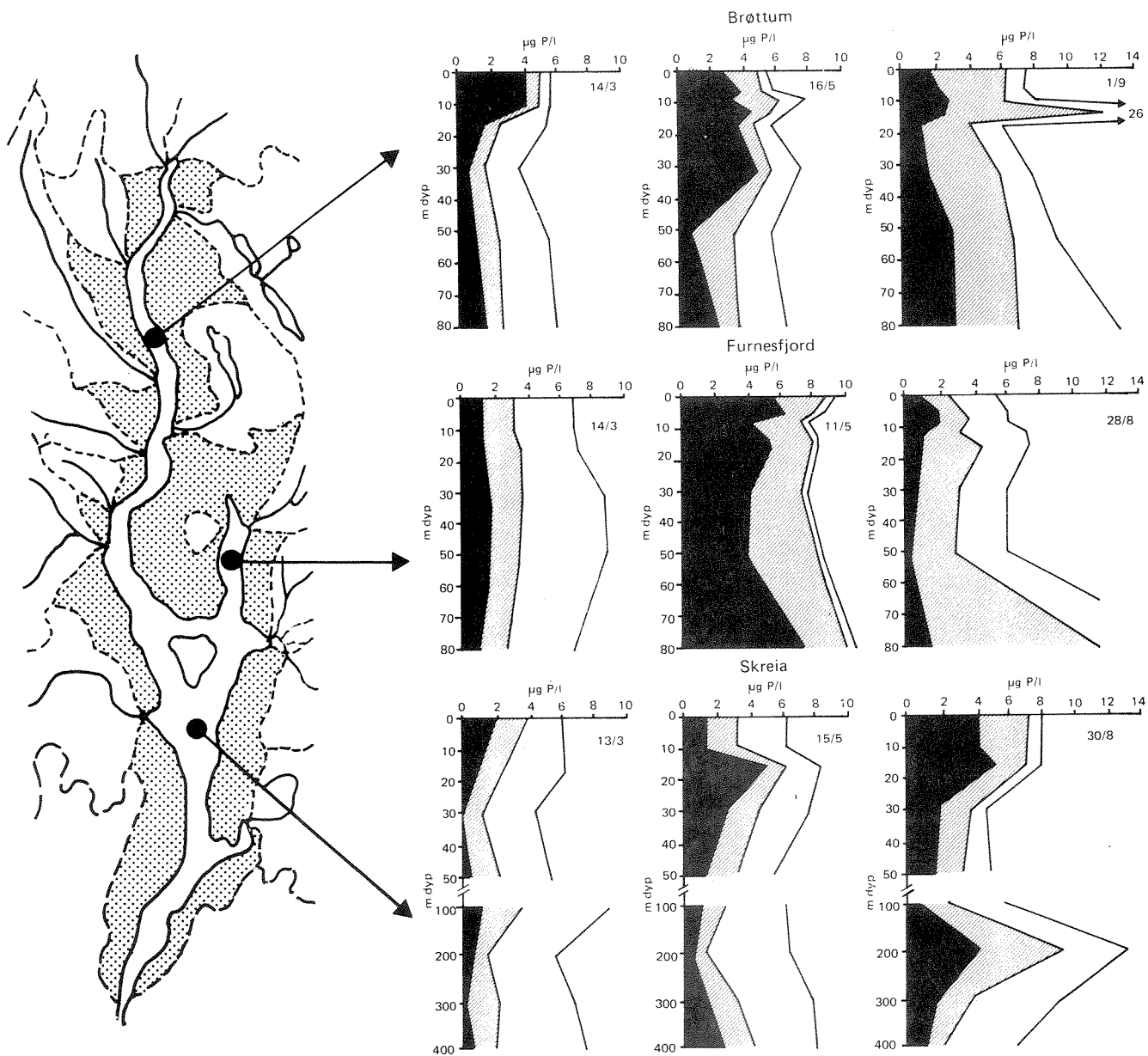


Fig. 20. Fosforfordeling ($\mu\text{g P/l}$) mot dypet vinter, vår og sommer på de 3 hovedstasjoner i Mjøsa.
 sort: partikulært fosfor
 skravert: løst organisk fosfor
 hvitt: orthofosfat

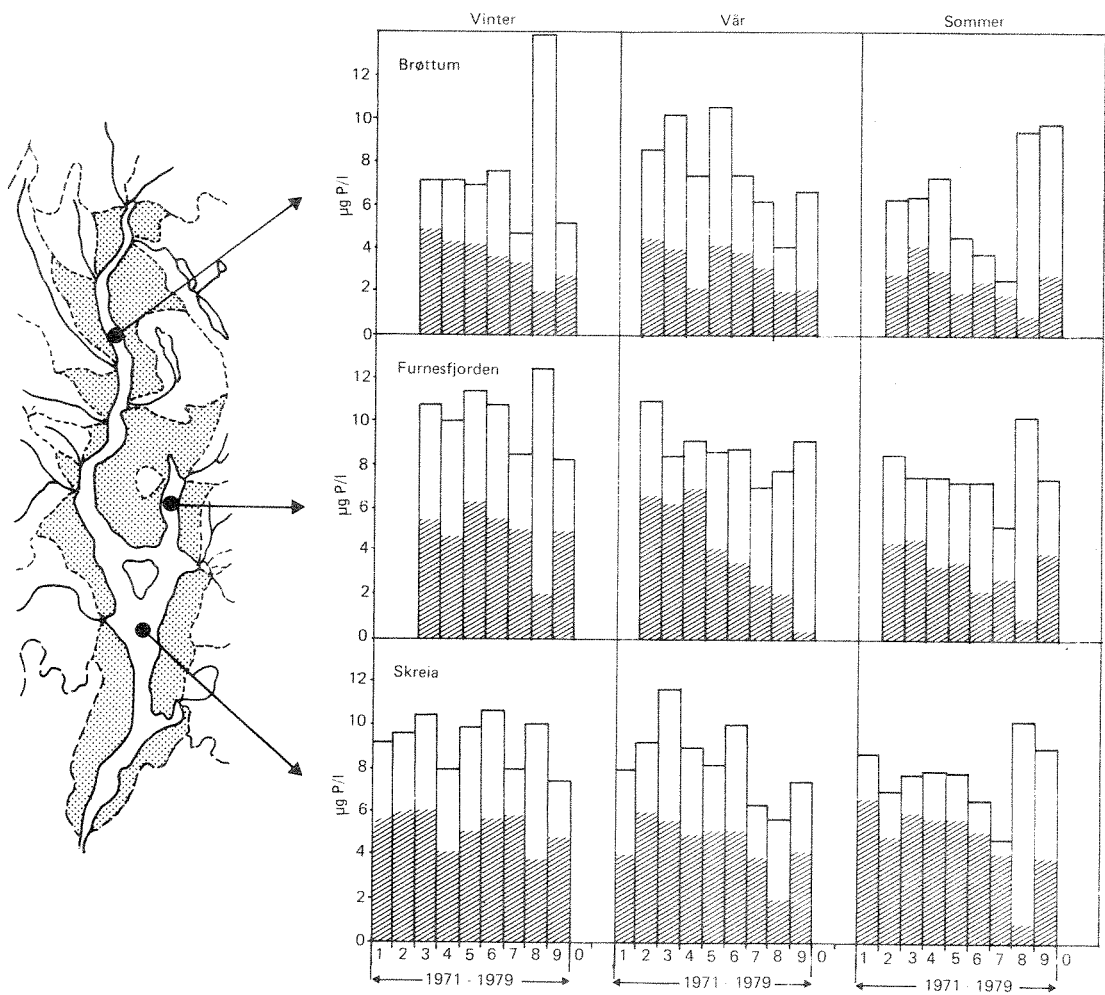


Fig. 21. Middelerdier for total fosfor og orthofosfat (skravert) av observasjonsserier (overfl.-bunn) vinter, vår og sommer i tidsperioden 1971-1979.

6.9 Siktedyp

Resultatene av siktedypsmålingene som er utført i innsamlet 1979 ved de tre hovedstasjonene fremgår av fig. 22. Stort sett følger siktedypet samme mønster i 1979 som i 1977 og 1978 med en påtakelig siktedypsreduksjon utover forsommeren med de laveste verdier (3-4 m) i perioden juni-juli. Deretter ælte siktedypet utover sensommeren og høsten. I likhet med hva som ble registrert foregående år, avviker forholdene ved Brøttum noe fra dette hovedmønsteret ved at vårflommen i slutten av mai på grunn av stor slamtransport nedsetter siktebarheten i vannet i de nordlige deler av Mjøsa i denne tidsperiode. Bortsett fra dette er det algeforekomsten som er den avgjørende faktor for siktebarheten i de frie vannmasser i Mjøsa, og de lave siktedypverdiene i perioden juni-juli opptrer i forbindelse med kiselalgetoppen og maksimum algeforekomst på denne tid. Det store siktedypet >9 m som ble notert i Furnesfjorden i slutten av august, har sammenheng med at kraftig nordlig vind førte bort det algerikere overflatevannet fra Furnesfjorden i prøvetakingsperioden. Dette er bl.a. et godt eksempel på hvor stor effekt vindpåvirkningen til sine tider har for Mjøsa og hvilke konsekvenser dette medfører.

6.10 Primærproduksjon

I løpet av sommerperioden (mai-oktober) 1979 er det blitt samlet inn primærproduksjonsdata fra tre lokaliteter i Mjøsa, nemlig st. Brøttum, Furnesfjorden og Skreia. Dagsproduksjonen på de ulike stasjoner fremgår av fig. 23 og primærproduksjonens vertialfordeling (tabellene 7, 8, 9 og fig. 24, 25, 26). Størst produksjon ble målt ved stasjonene Furnesfjorden og Skreia med en "årsproduksjon" på ca. 20 g C/m^2 , mens årsproduksjonen ved st. Brøttum var ca. 7 g C/m^2 . Dette er lave verdier, og i størrelsesorden man finner i typisk oligotrofe innsjøer. Høyeste dagsproduksjon, 312 mg C/m^2 , ble notert ved st. Furnesfjorden i mai. Ved Skreia og Brøttum var produksjonen størst i juli med maksimum 279 resp. 142 mg C/m^2 pr. døgn. Mesteparten av primærproduksjonen skjer som regel i vannmassene over fire meter med maksimum produksjon på ett eller to meters dyp.

Som det fremgår av fig. 27, har primærproduksjonen avtatt sterkt de siste to årene. Imidlertid skal det i denne sammenheng påpekes at måleteknikken

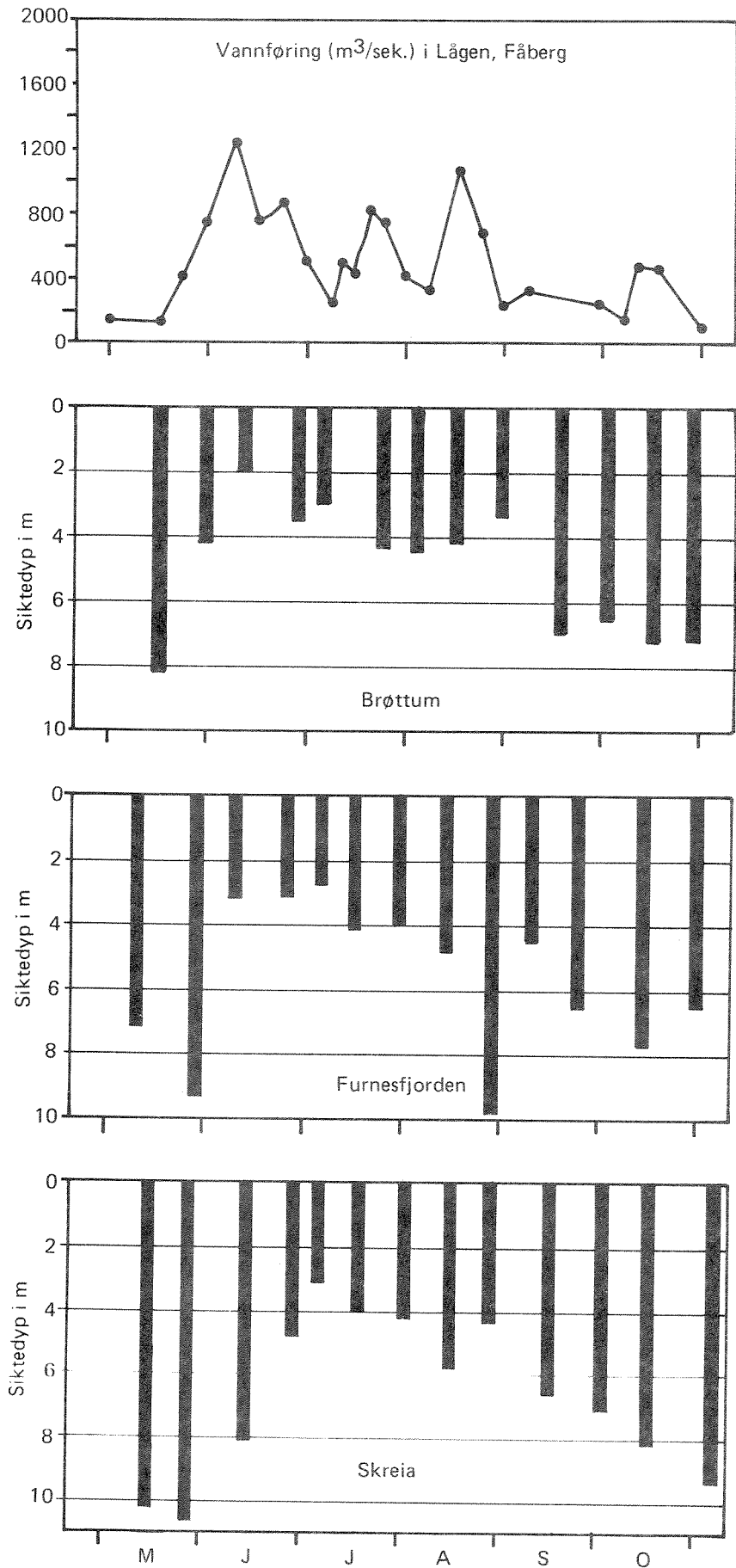


Fig. 22. Vannføring (m³/s) i Gudbrandsdalslågen og siktedyp ved de 3 stasjoner i Mjøsa 1979.

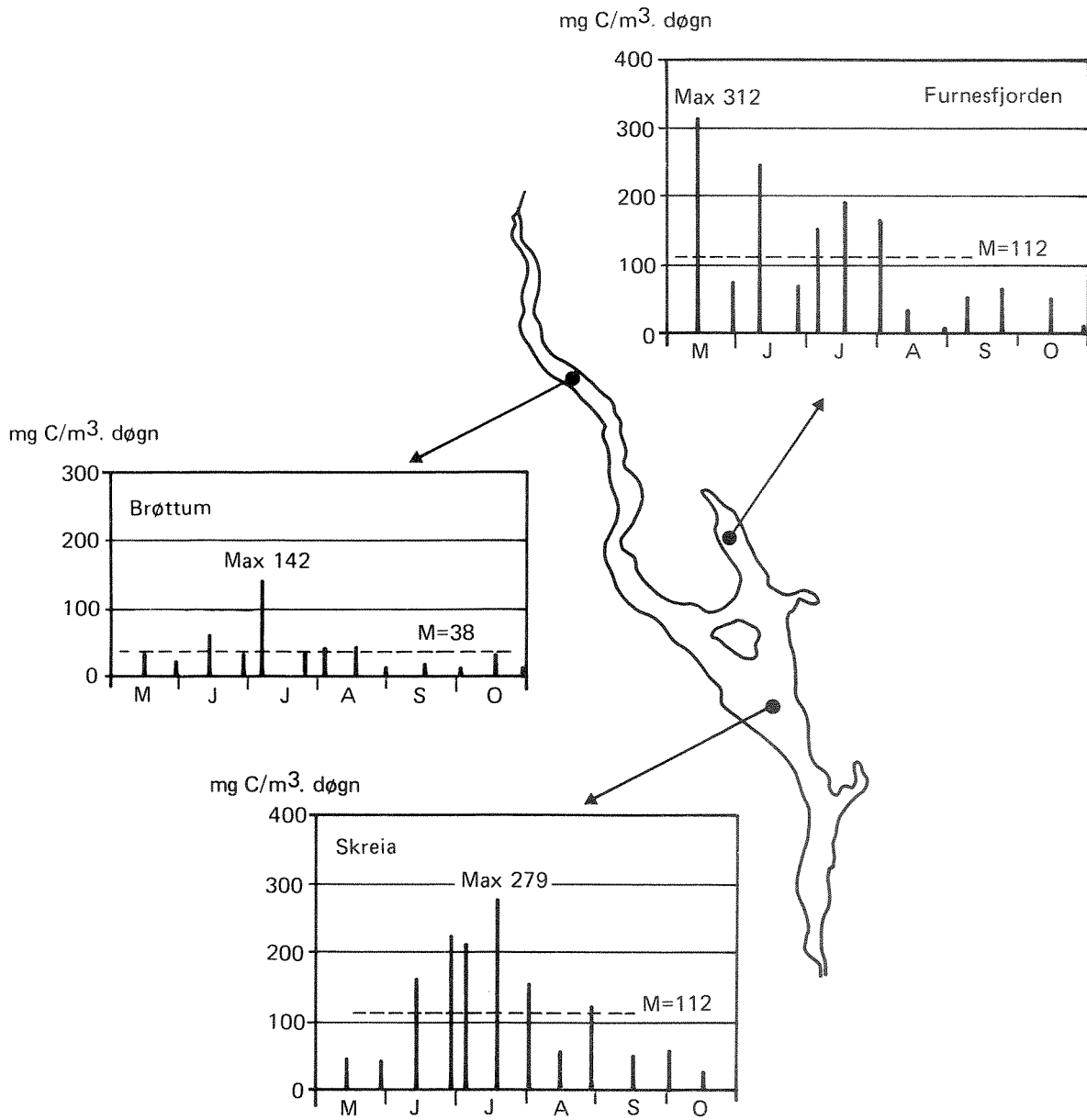


Fig. 23. Planteplanktonproduksjon ved de 3 hovedstasjoner i Mjøsa 1979.

Tabell 7. SKREIA 1979

Høyeste målte dagsproduksjon 1979 : 279 mg C·m⁻²·d⁻¹
 Middell dagsproduksjon (1/5-31/10) : 112 mg C·m⁻²·d⁻¹
 "Årsproduksjon" 1979 (1/5-31/10) : 20 g C·m⁻²·d⁻¹
 Prod. maks (dyp 2 m dato : 19/7) : 63,8 mg C·m⁻³·d⁻¹

Dato	14/5	28/5	13/6	28/6	5/7	19/7	2/8	16/8	30/8	17/9	1/10	10/10	7/11
Dyp													
0,5 m	4,9	1,3	6,9	41,6	44,6	40,0	17,5	18,2	23,8	10,7	6,4	10,6	1,6
1 m	3,9	3,7	15,3	26,5	65,0	51,5	22,3	15,2	27,7	14,2	6,9	8,3	3,1
2 m	5,5	5,6	19,9	50,5	43,8	63,8	24,0	12,7	24,4	10,2	11,1	5,9	2,7
4 m	5,1	5,3	21,0	23,6	23,9	33,8	21,9	6,0	14,5	6,1	9,2	2,7	1,7
6 m	5,0	4,1	19,0	18,8	9,5	14,7	11,0	1,7	5,6	1,8	3,8	0,8	0,8
8 m	3,9	3,7	11,8	7,9	1,6	7,1	7,4	0,7	2,3	0,8	1,8	0,4	0,6
12 m	1,4	1,1	1,9	0,4	0	1,0	0	0	0,2	0,1	0,3	0,1	0
Dags- prod.	48	42	162	228	217	279	153	54	122	50	59	28	13

Tabell 8. FURNESFJORDEN 1979.

Høyeste målte dagsproduksjon 1979 : 312 mg C·m⁻²·d⁻¹
 Midlel dagsproduksjon (1/5-31/10) : 112 mg C·m⁻²·d⁻¹
 "Årsproduksjon" 1979 (1/5-31/10) : 20 g C·m⁻²·d⁻¹
 Prod. maks. (dyp 1 m dato 11/6) : 68,9 mg C·m⁻³·d⁻¹

Dato	11/5	29/5	11/6	27/6	5/7	17/7	1/8	14/8	28/8	10/9	24/9	15/10	30/10
Dyp													
0,5 m	8,2	19,5	44,7	12,9	29,1	19,3	27,6	15,6	0,2	8,8	9,1	17,2	5,6
1 m	24,9	26,4	68,9	18,0	36,1	31,8	37,7	13,7	0,4	10,7	10,8	14,0	2,3
2 m	46,6	13,4	48,6	18,7	35,3	35,1	36,9	7,0	0,9	10,6	14,7	10,6	2,5
4 m	48,8	5,8	31,7	7,5	20,1	30,9	20,5	2,1	0,9	7,3	10,4	5,1	1,0
6 m	28,1	1,9	8,0	2,4	4,8	15,3	8,5	0,8	0,5	3,6	4,1	2,2	0,4
8 m	14,6	1,5	3,0	0,5	0,8	4,7	3,1	0,2	0,4	1,1	1,7	1,0	0,2
12 m	2,5	0	0	0	0	0,4	0,4	0	0,1	0,1	0,2	0,2	0
Dags- prod.	312	74	248	71	152	193	169	36	6	52	68	53	13

Tabell 9. BRØTTUM 1979.

Høyeste målte dagsproduksjon 1979 : 142 mg C·m⁻²·d⁻¹
 Middell dagsproduksjon (1/5-31/10) : 38 mg C·m⁻²·d⁻¹
 "Årsproduksjon" 1979 (1/5-31/10) : 7 g C·m⁻²·år⁻¹
 Prod. maks. (dyp:2 m dato : 6/7) :27,0 mg C·m⁻³·d⁻¹

Dato	16/5	30/5	12/6	29/6	6/7	24/7	3/8	17/8	31/8	18/9	2/10	17/10	29/10
Dyp													
0,5 m	1,8	4,4	13,9	5,6	21,2	6,2	6,6	16,6	3,0	1,8	3,1	12,4	5,9
1 m	4,3	5,1	13,2	11,2	24,3	7,7	10,1	18,8	3,8	2,6	1,8	11,3	5,0
2 m	6,6	4,4	15,8	9,1	27,0	5,0	10,3	9,3	3,5	4,7	3,2	6,5	2,9
4 m	5,0	2,4	7,0	2,9	22,7	5,0	6,4	1,9	2,1	3,7	1,9	3,2	1,4
6 m	3,2	0,7	0,7	1,9	9,7	2,1	2,0	0,8	1,1	0,8	1,2	1,1	0,6
8 m	2,4	0,3	0,2	0,9	1,3	0,5	0,4	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7	0,3
12 m	0,8	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2
Dags- prod.	35	21	61	36	142	34	45	44	16	20	16	37	17

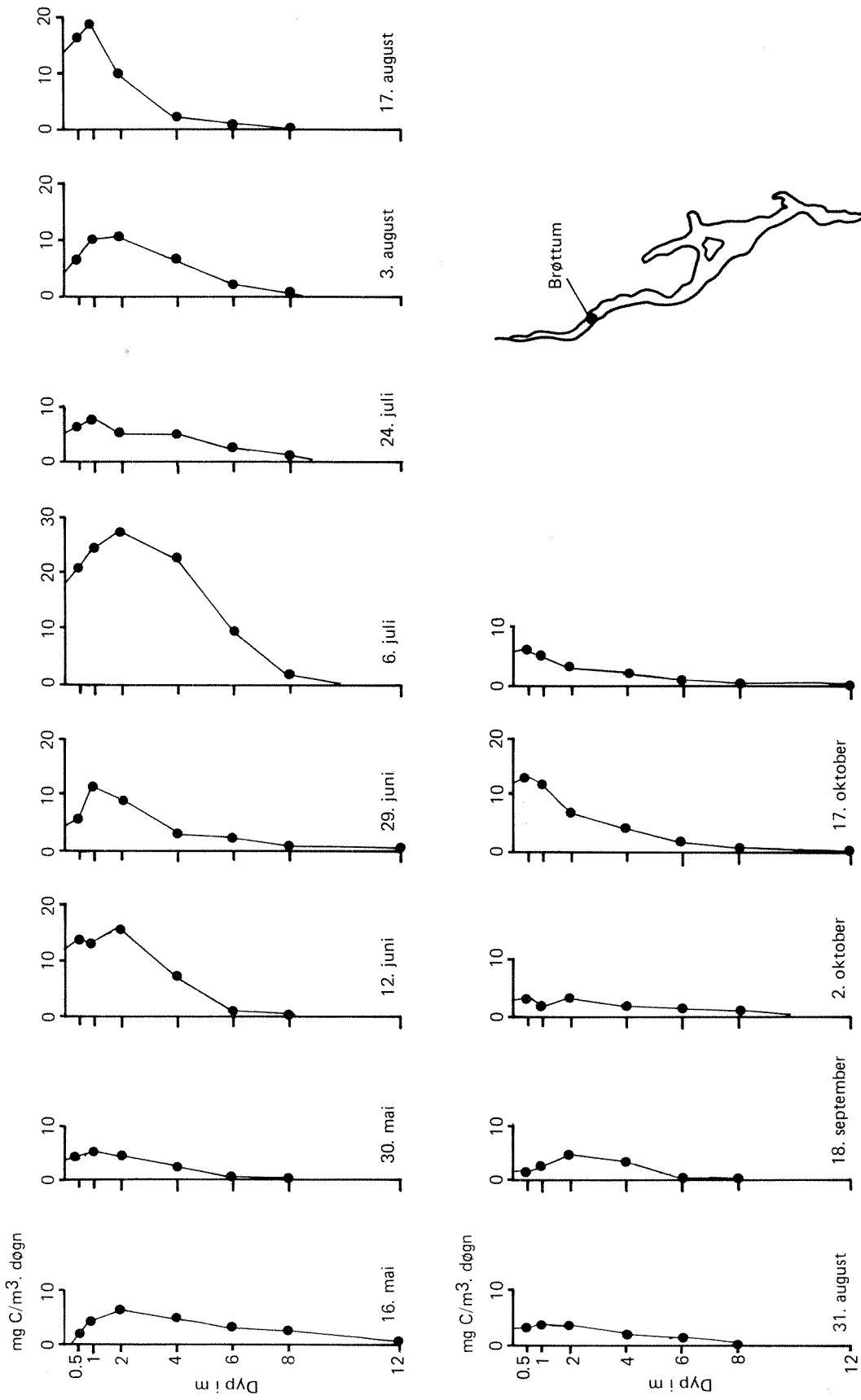


Fig. 24. Vertikalfordeling for primærproduksjonsdata ved st. Brøttum 1979.

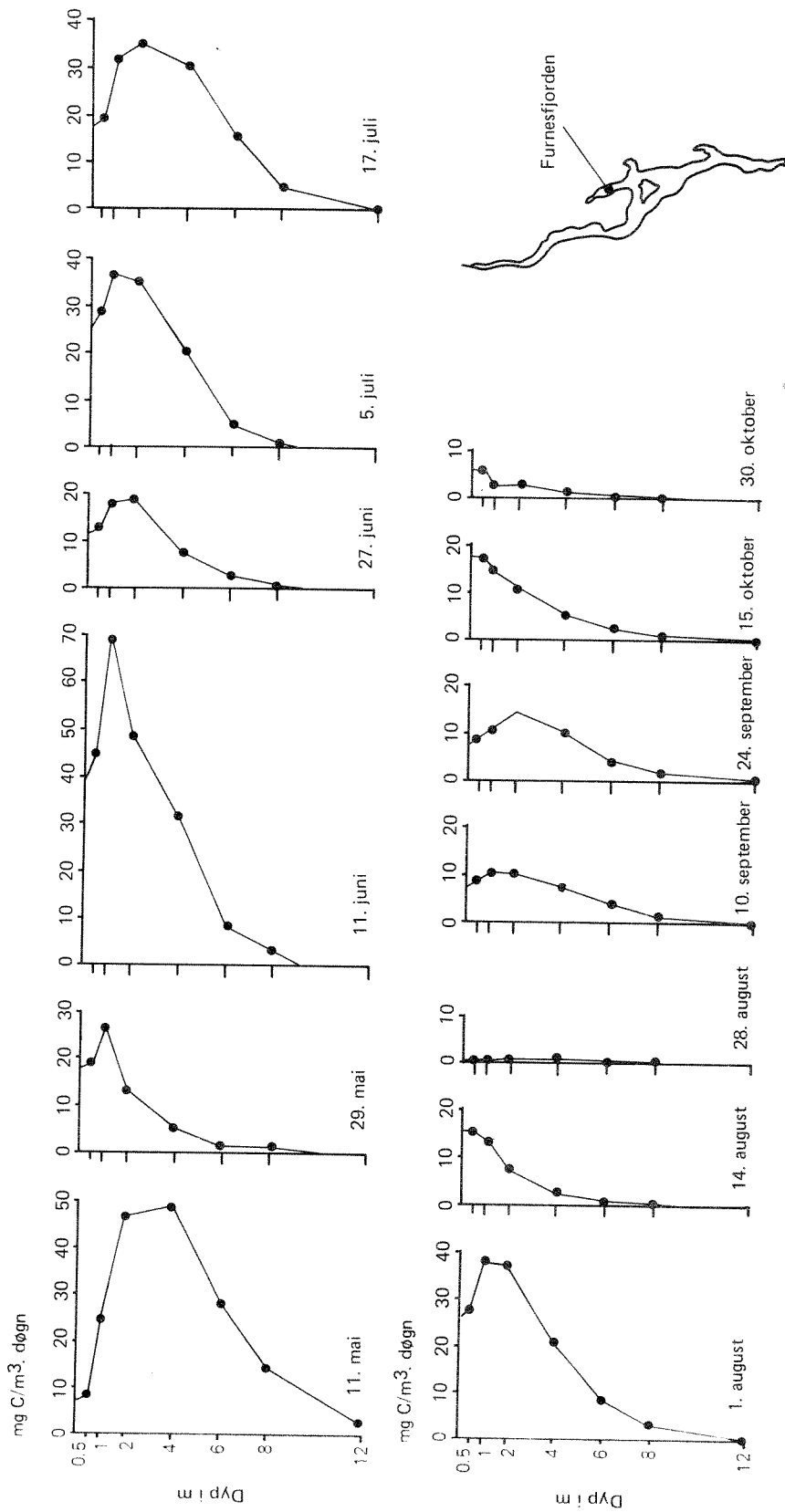


Fig. 25. Vertikalfordeling for primærproduksjonsdata ved st. Furnesfjorden 1979.

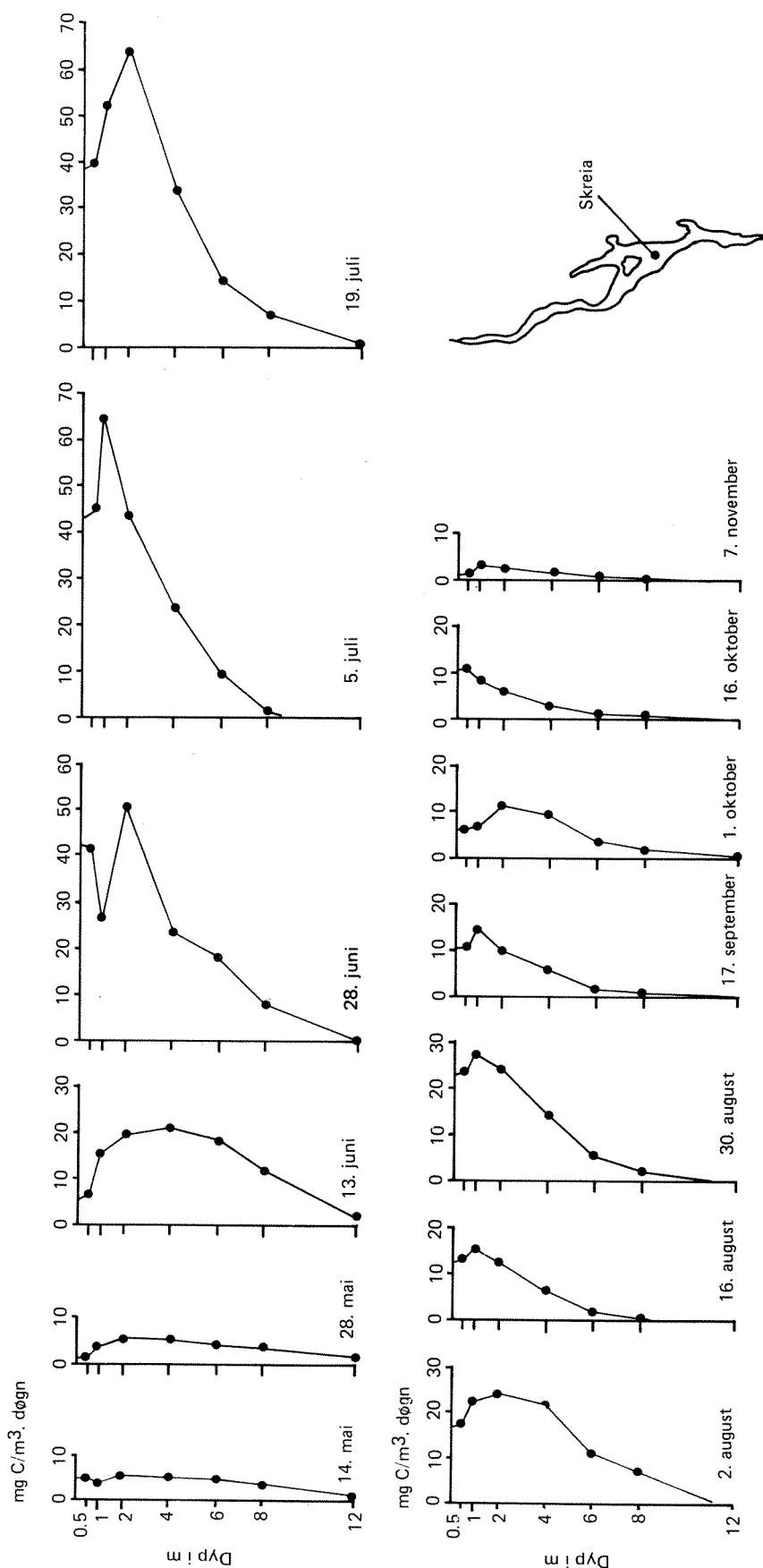


Fig. 26. Vertikalfordeling for primærproduksjonsdata ved st. Skreia 1979.

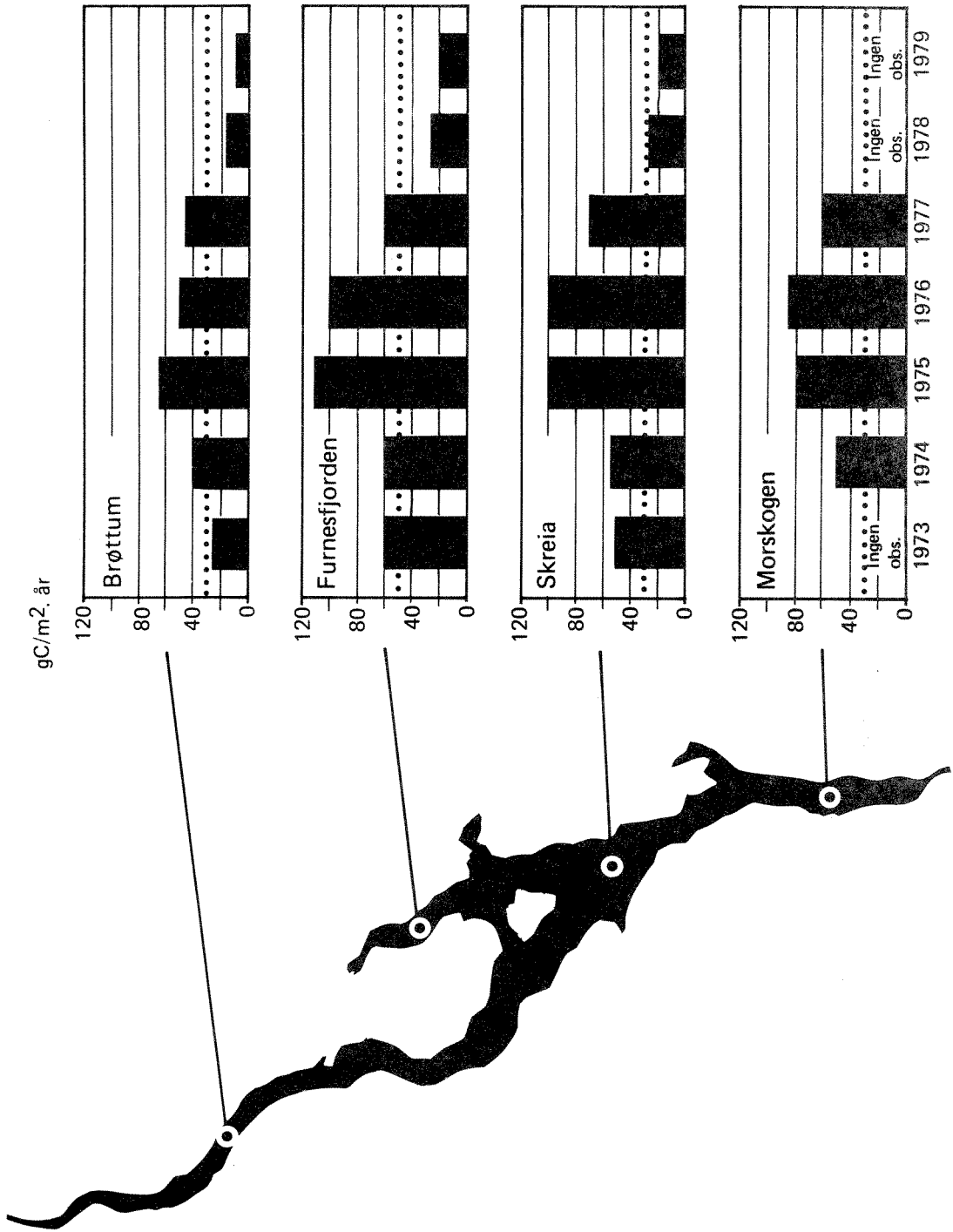


Fig. 27. Planteplanktonets årsproduksjon beregnet for tidsperioden 15/4 - 15/11 ved fire stasjoner i Mjøsa i perioden 1973-1979.

er endret de siste årene, og det er mulig at dette er årsak til at verdiene ligger noe lavt jevnført med tidligere resultater. Det pågår for tiden fosøk som tar sikte på å korrigere for eventuelle feilkilder. Eventuelle justeringer kommer dog ikke til å forandre selve hovedinntrykket, nemlig at primærproduksjonen er blitt redusert vesentlig i de senere år og da spesielt i 1979.

Årsaken til den markerte nedgang i primærproduksjonen som er dokumentert i løpet av de senere år, kan være en kombinasjon av dårligere vekstvilkår på grunn av klimaforholdene (kalde, vindrike og solfattige somre) og redusert næringsstofftilførsel (spesielt fosfor). Utviklingen som sådan, dvs. redusert primærproduksjon er i overensstemmelse med det man kan vente seg ved en reduksjon av fosforbelastningen.

6.11 Klorofyll a

Data for vannets innhold av total klorofyll a ble i perioden mai-oktober samlet inn som blandprøve fra 0-10 metersjiktet ved de tre hovedstasjoner Brøttum, Furnesfjorden og Skreia. Klorofyllprøvene er tatt fra de samme blandprøver som ble anvendt for bestemmelse av algebiomasse. Ved siden av disse prøver er det også blitt samlet inn prøver fra en vertikalserie fra overflaten ned til 12 meters dyp. Ved st. Skreia er denne serie utvidet til 100 meter dyp.

Fig. 28 viser variasjonsmønsteret for vannets innhold av total klorofyll a i 0-10 metersjiktet under "vegetasjonsperioden" (mai-oktober). Som det fremgår av figuren følger klorofyllinnholdet stort sett samme mønster som algebiomassen med forholdsvis lave tall ($1-2 \text{ mg/m}^3$) i mai og i begynnelsen av juni. Deretter øker verdiene raskt og når maksimum ($6-8 \text{ mg/m}^3$) i løpet av juli, hvorpå det skjer en gradvis nedgang utover sensommer og høst. De høyeste verdier ble målt på st. Furnesfjorden og Skreia ($>8 \text{ mg/m}^3$). Ved st. Brøttum hvor klorofylltoppen i likhet med tidligere år var forskjøvet mot sensommeren på grunn av Gudbrandsdalslågens påvirkning, var den høyeste verdi 6 mg/m^3 .

Middelverdiene for klorofyllmengden i perioden mai-oktober var høyest i Furnesfjorden ($4,3 \text{ mg/m}^3$). Tilsvarende verdier for Skreia og Brøttum var henholdsvis $3,5 \text{ mg/m}^3$ og $2,6 \text{ mg/m}^3$. Klorofyllinnholdet i 1979 var stort sett

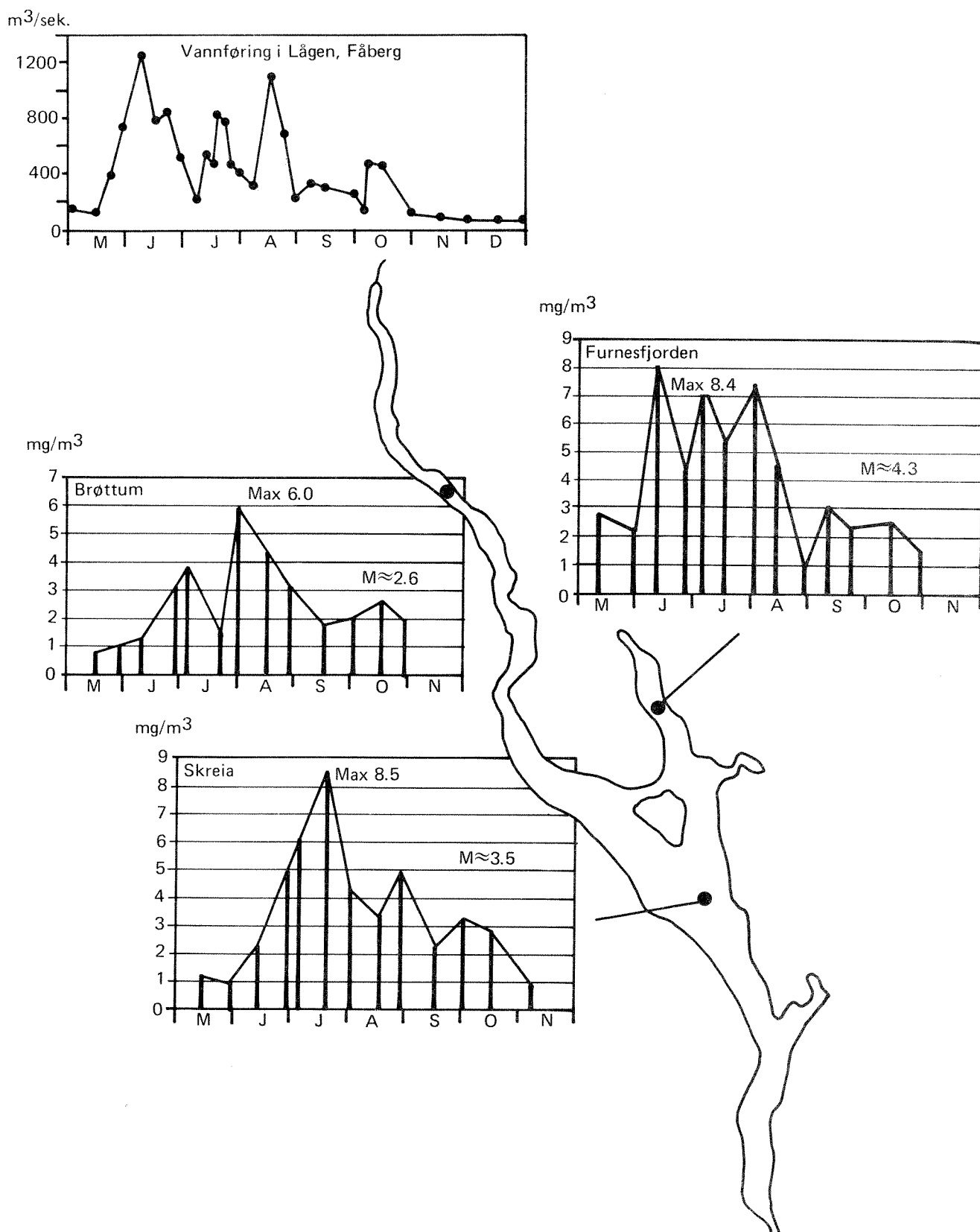


Fig. 28. Total klorofyll a, blandprøver fra 0-10 m. 1979.

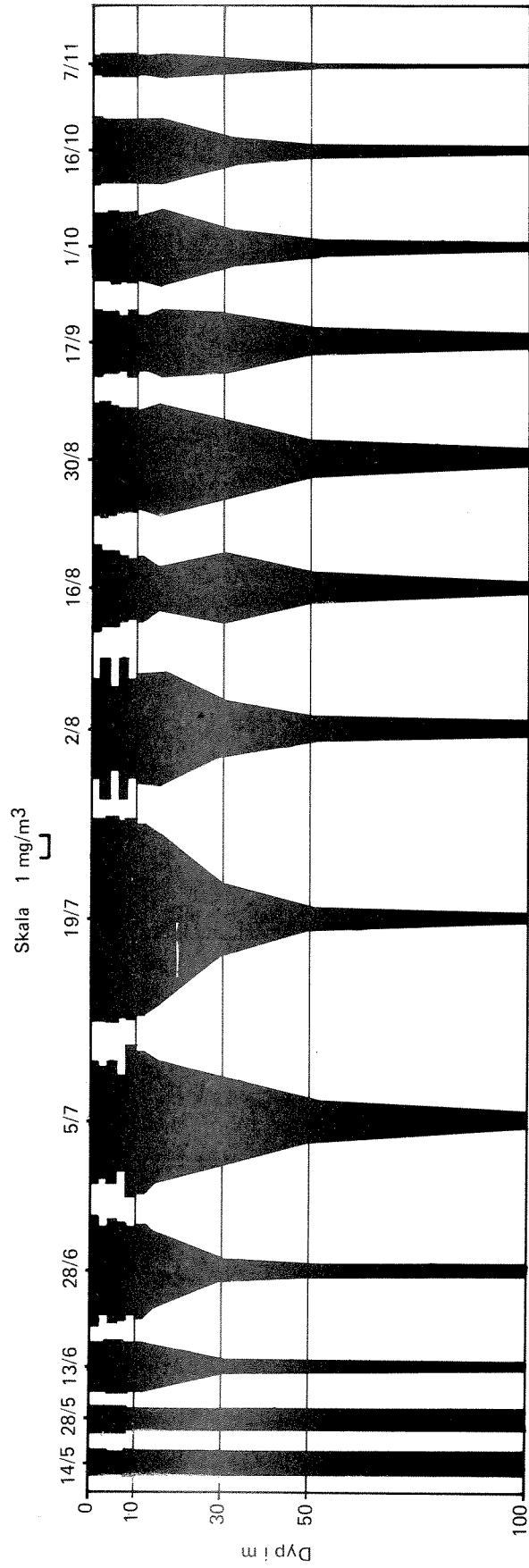


Fig. 29. Vertikalfordeling av total klorofyll a i vannlagene over 100 m ved Skreia under sommerperioden 1979.

av samme størrelsesorden som i 1978. Maksimumsverdiene ved Furnesfjorden og Skreia var imidlertid i 1979 noe høyere enn i 1978.

Vertikalseriene viser i likhet med tidligere år at algemengden var temmelig jevnt fordelt i hele vertikalsnittet under sirkulasjonsperioden om våren og forsommeren (se fig. 29). Etter at sprangsjiktet er etablert, finnes den største algemengden og følgelig de høyeste klorofyllverdier i de øverste vannmasser, dvs. vannmassene over 16 meter. I forbindelse med sprangsjiktreduksjonene utover høsten blandes algene også inn i vannmassene på større dyp samtidig som algemengden som sådan avtar. På dyp større enn 50 m synes variasjonene under vegetasjonsperioden å være små med verdier omkring 1 mg/m^3 . Størst klorofyllmengde ble målt i dypsonen 2-4 meter den 11. juni ved st. Furnesfjorden med en verdi på $12,4 \text{ mg/m}^3$. I perioden mai-oktober ble de høyeste klorofyllverdiene målt i 0-4 m sonen.

6.12 Planteplankton i Mjøsa i 1979

Variasjonene i planteplanktonets biomasse og andelen av blågrønnalger i vekstsesongen 1979 er fremstilt i fig. 30 for de tre stasjonene Brøttum, Furnesfjorden og Skreia i Mjøsa. Figuren er basert på analyseresultater av blandprøver fra vannmassene i 0-10 m dyp.

Variasjonene i planteplanktonvolumet i 1976, 1977 og 1978 på de ulike stasjonene er tatt med for sammenligningens skyld.

Det mest fremtredende trekk i analyseresultatene fra 1979 var at blågrønnalgene så å si helt var borte fra planteplanktonet. Bare enkelte individer av *Oscillatoria bormetii* f. *tenuis* ble registrert i prøvene i juli/august på stasjon Skreia og Furnesfjorden. Både i 1978 og 1977 var andelen av blågrønnalger i det samlede planteplanktonet relativt liten, og denne tendensen var altså ennå mer fremtredende i 1979. Det har vært en bemerkelsesverdig liten andel av blågrønnalger i planteplanktonet etter at blågrønnalgene kulminerte i 1976.

Om dette skyldes tiltak i nedbørfeltet eller de relativt dårlige vekstbetingelsene for alger i Mjøsa på grunn av de klimatiske forhold de siste årene, er vanskelig å si. Sannsynligvis er det en kombinert effekt av begge.

Med unntak av stasjon Brøttum der algebiomassen hele vekstsesongen var lavere enn i 1978 og også tidligere år, var algebiomassen og variasjonene på de andre stasjonene (Skreia, Furnesfjorden) mye like i 1978 og 1979. Selv om maksimal algebiomasse i løpet av vekstsesongen ikke har gått så drastisk ned f.eks. på stasjon Skreia, er tendensen de tre siste årene (1977, 1978 og 1979) at algebiomassen etter maksimum i juni/juli har ligget på et reelt lavt nivå hele ettersommeren og høsten, sammenlignet med 1976. Dette skyldes i første rekke fraværet av blågrønnalger i større mengder i vannmassene disse årene.

På samme måte som i 1977 og 1978 var det kiselalgene som dominerte planteplanktonet i 1979 hele vekstsesongen sett under ett, først og fremst representert ved *Asterionella formosa*. *Tabellaria fenestrata* og i ennå større grad *Fragilaria crotonensis* var av underordnet betydning i 1979. *Asterionella formosa* var dominerende i juni, juli og august med en topp i månedskiftet juni-juli.

Som nevnt ble det bare registrert enkelte spredte individer av blågrønnalgen *Oscillatoria bormetii* f. *tenuis* i planteplanktonet i vekstsesongen 1979.

Gruppen Cryptophyceae med arter innen slekten *Cryptomonas* og *Rhodomonas lacustris* hadde en prosentuell stor andel av det samlede planteplankton høsten 1979, men algebiomassen totalt på denne tiden var liten.

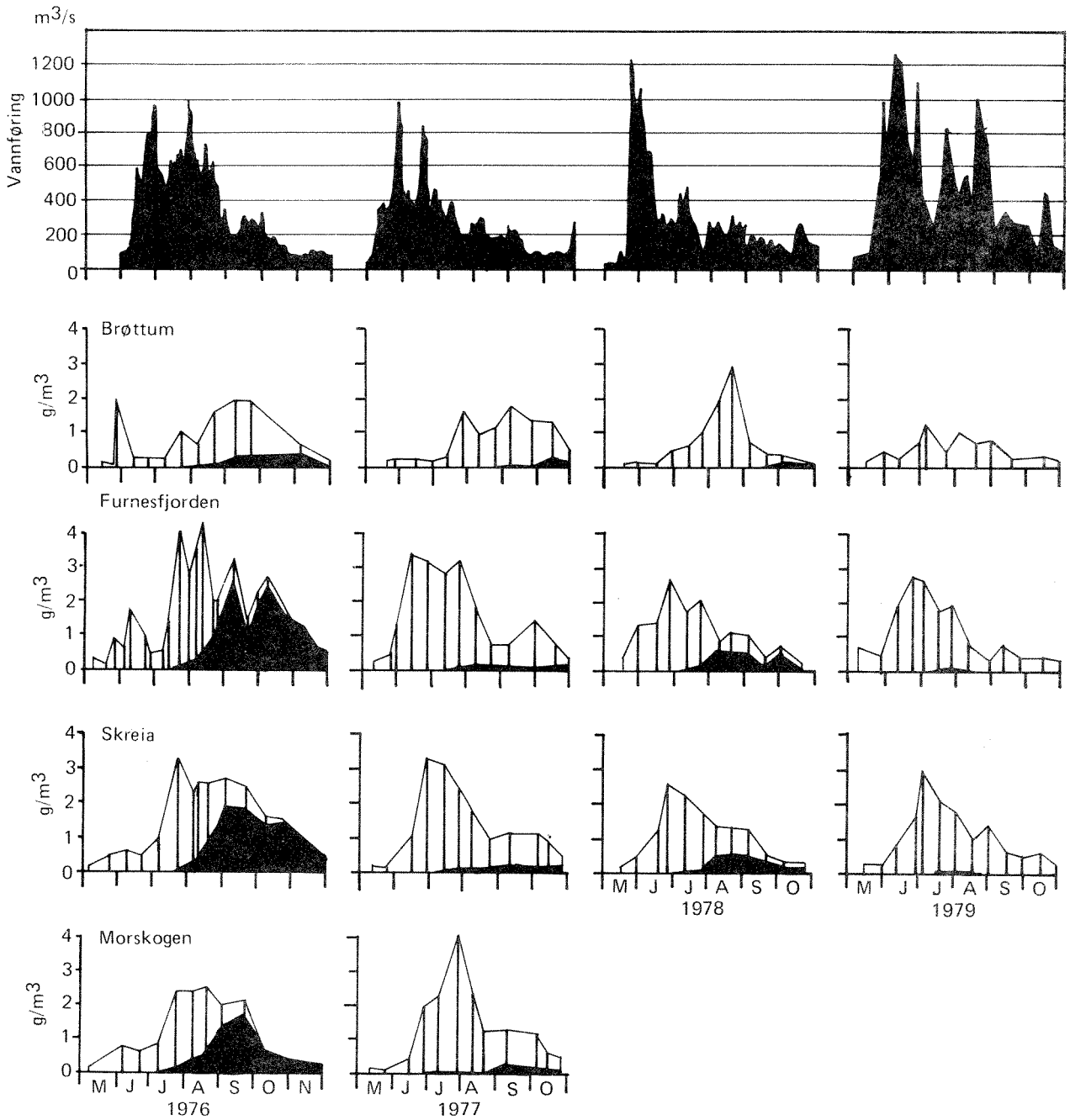


Fig. 30. Planteplankton i Mjøsa 1976, 1977, 1978 og 1979.
Øverst: vannføring i Gudbrandsdalslågen og Fåberg.
Nederst: total biomasse (algemengde).
Sort: blågrønnalger (biomasse).

6.13 Krepsdyrplankton

I forbindelse med Direktoratets fiskeundersøkelser har NIVA i 1979 samlet inn et mer omfattende krepsdyrplanktonmateriale. Materialet som ble samlet inn med en 25 liters Schindlerfelle, omfatter de øverste 100 meter.

Her blir imidlertid materialet fra bare de øverste 50 meter behandlet. Foruten å dekke Direktoratets behov var hensikten med denne undersøkelse i likhet med det materiale som ble samlet inn i 1976, 1977 og 1978, å dokumentere om det hadde skjedd eventuelle større forandringer i dyreplanktonsamfunnet jevnført med situasjonen i tidligere år.

Resultatet av undersøkelsen fremgår av fig. 31 og 32. Størst forekomst av krepsdyrplankton med individantall på over 1 mill. ind./m² ble funnet i Furnesfjorden i august. På dette tidspunkt var forekomsten av hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis* og vannloppen *Daphnia galeata* spesielt stor. På de øvrige stasjoner var forekomsten betydelig mindre og her oversteg ikke individantallet 500.000 ind./m². Jenvført med forholdene i 1978 syntes krepsdyrplanktonet i 1979 å ha økt i Furnesfjorden, avtatt ved st. Brøttum og stort sett være av samme størrelsesorden ved st. Skreia. I likhet med foregående år var det hoppekrepsen *E. gracilis* som dominerte faunaen på de fleste prøvetakingsdager i sommerhalvåret.

Av spesiell interesse er det at vannloppen *Holopedium gibberum* (gelekrepsen) nå blir funnet. I 1978 ble det fanget tre juvenile (unge) eksemplarer ved den kvantitative prøvetakingen samt et fåtall eksemplarer ved den kvalitative prøveinnsamlingen. I 1979 ble arten bare funnet i det kvalitative materiale, men antallet var større enn i 1978. Arten som anses å være en god oligotrofiindikator, er tidligere ikke blitt funnet i det materiale som ble samlet inn i forbindelse med Mjøundersøkelsen.

Av de andre mest vanlig forekommende arter, kan følgende nevnes: Forekomsten av hoppekrepsen *Limnocalanus macrurus* i de øverste vannlag, synes å ha økt på st. Brøttum og Skreia jevnført med tidligere år, mens den stort sett ligger på samme nivå i Furnesfjorden. Jenvført med 1978 har forekomsten av hoppekrepsen *Heterocope appendiculata* og *Cyclops lacustris* avtatt. Hoppekrepsen *Mesocyclops* spp. hadde økt i Furnesfjorden, var stort sett av samme mengde på st. Skreia, men hadde avtatt på st. Brøttum jevnført med situasjonen i 1978.

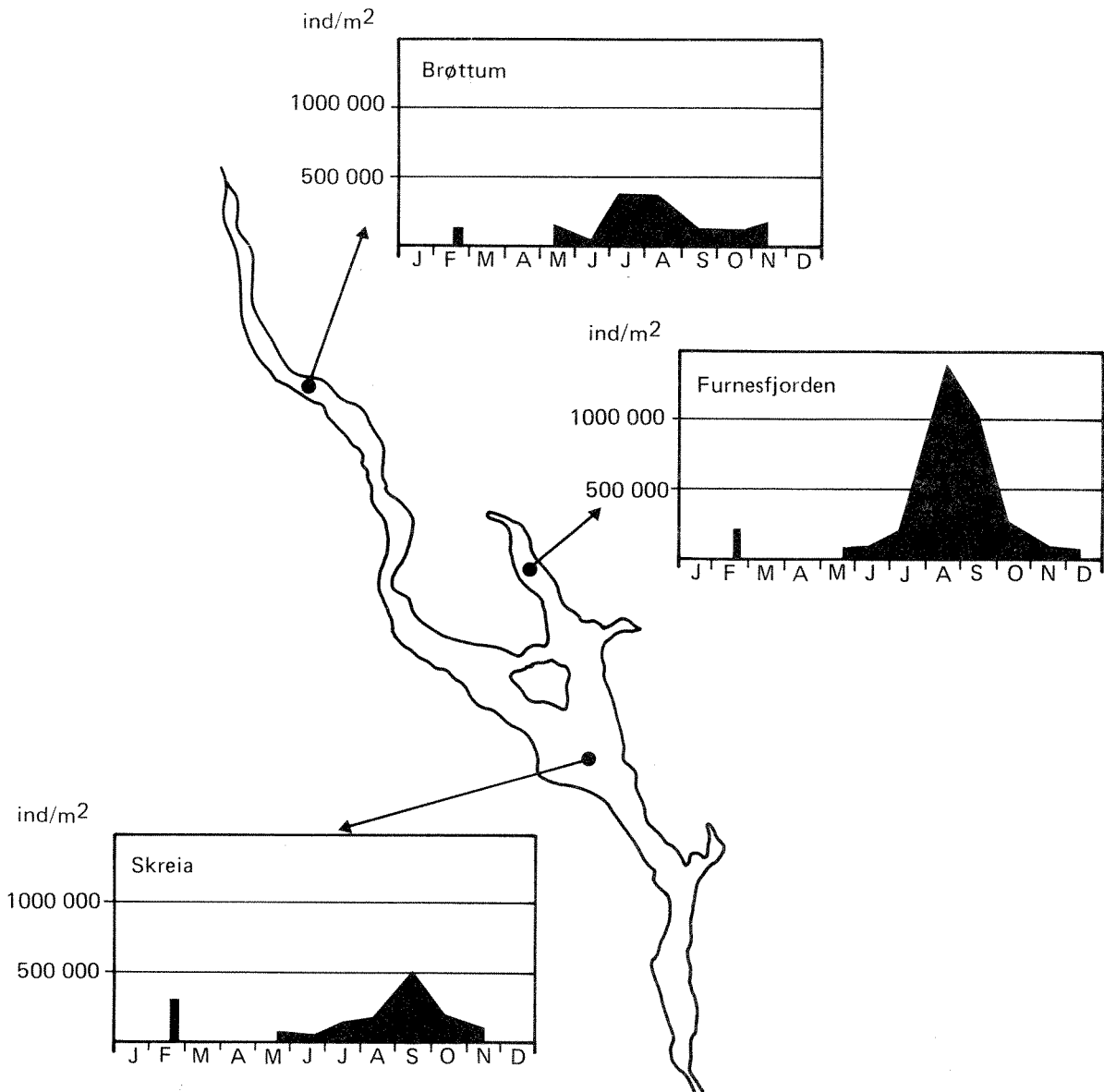


Fig. 31. Individantall for krepsdyrplankton under 1 m^2 overflate i dypsonen 0-50 m ved de tre lokaliteter i Mjøsa 1979.

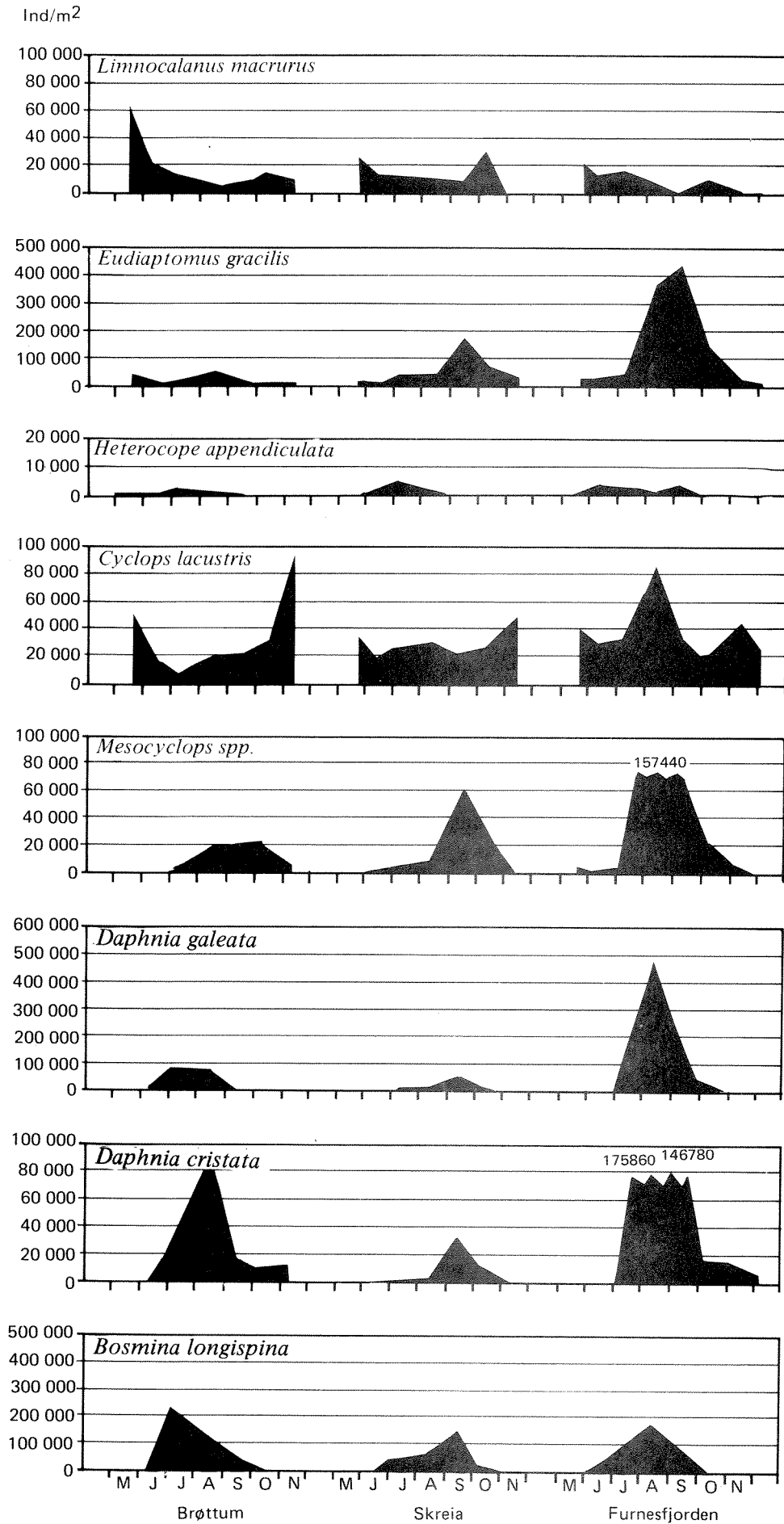


Fig. 32. Individantall for de dominerende krepsdyrplanktonarter under 1 m² overflate i dypsonen 0-50 m ved de tre lokaliteter i Mjøsa sommeren 1979.

Vannloppen *D. galeata* har i 1979 vist en viss økning i Furnesfjorden, men nedgang ved st. Brøttum og Skreia jevnført med situasjonen foregående år. Ved Brøttum var nedgangen betydelig. Deres mindre slektning *Daphnia cristata* viste økt forekomst og da spesielt i Furnesfjorden, mens vannloppen *Bosmina longispina* ikke var så rikt representert i 1979 som i 1978.

Foruten at vannloppen *H. gibberum* igjen er påtruffet i Mjøsas frie vannmasser, har det ikke vært mulig å spore mer markerte forandringer eller utviklingstrender i det foreliggende materiale. Manglende kunnskaper om dyreplanktonets naturlige svingninger i tid bl.a. på grunn av endrede klimaforhold, endret beitetrykk, samt til dels betydelige feilkilder ved den anvente prøvetakingsmetodikk, gjør det umulig å tolke mindre forandringer på riktig måte og eventuelle årsaker til disse.

6.14 Bunnfauna

Ved fem tidspunkter (mai, juli, august, oktober, november) i 1979 er bunnfaunaprøver blitt samlet inn langs to dybdeprofiler - den ene ved Brøttum og den andre i Furnesfjorden. Prøvene er blitt samlet inn i forbindelse med DVF's fiskeundersøkelser og er tenkt som bakgrunnsdata for bedre å kunne tolke analyser av fiskens maveinnhold.

Prøvene er samlet inn ved hjelp av Ekmangrabb. Det innsamlede materiale er sållet gjennom 0,5 mm sållduk hvorpå det ble konservert med 4% formalin. Materialet er bare blitt bestemt til større grupper.

Resultatet av undersøkelsen går frem av tabellene 10 - 19 og figurene 33 og 34 . Som det fremgår av resultatene ble den største individtetthet påtruffet i de grundere partier med en individtetthet på omkring 2000 individer/m². På større dyp avtar bunndyrmengden, og her finner man som regel en individtetthet lavere enn 500 ind./m². Våtvekten varierer fra ca. 10 g/m² til 0,1 g/m² med de høyeste verdier i de grunnere partier. Fjærmygglarvene (Chironomidae) dominerte faunabildet på de fleste lokaliteter. Gruppene fåbørstemark (Oligochaeta), krepsdyr (Crustacea), først og fremst Pallacea quadrispinosa og ertemuslinger (Psidium) var også vanlige på de fleste lokaliteter, mens øvrige grupper som snegl (Gastropoda: Gyraulus, Volvata, Lymnaea), døgnfluer (Ephemeroptera: Ephemera, Canis), vårfluer (Trichoptera) m.fl. først og fremst forekommer i de strandnære områdene. Forekomsten av disse grupper reduseres betydelig på grunn av Mjøsreguleringen. Noen større forskjell mellom de to stasjoner foreligger ikke.

Tabell 10. Bunn dyreforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m.².

Furnesfjorden den 31.5. 1979.

Prøve Dyregruppe	3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m		75-100 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	187	0,151	93	0,527	13	0,005	120	0,336	80	0,092	280	0,48	27	0,036
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	107	0,111	40	0,135	80	0,091	120	0,108	40	0,004	-	-	-	-
Ephemeroptera	13	0,011	13	0,227	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	27	0,064	27	0,008	13	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	-	-	-	-	-	-	-	-	13	0,003	-	-	-	-
Chironomidae	1720	0,967	787	0,666	1067	1,087	267	0,36	120	0,175	27	0,009	213	0,161
Lamellibranchiata	387	0,423	173	0,129	120	0,071	-	-	107	0,053	-	-	-	-
Gastropoda	20	0,484	-	-	13	0,013	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	2441	1,727	1133	1,692	1306	1,271	507	0,804	360	0,327	307	0,489	240	0,197

Tabell 11. Bunndyrforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m².

Furnesfjorden den 23.7. 1979.

Prøve Dyregruppe	3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m		75-100 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	773	1,508	440	0,908	93	0,133	40	0,095	40	0,068	213	0,597	20	0,046
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	-	-	60	0,072	13	0,021	13	0,044	13	0,011	67	0,323	60	0,454
Epheneriotea	27	0,032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	27	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	53	0,04	20	0,002	13	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	1040	8,853	620	3,166	987	2,181	1067	2,057	547	1,009	187	0,183	60	0,06
Lamellibranchiata	27	0,033	20	0,06	13	0,024	13	0,003	-	-	67	0,204	-	-
Gastropoda	27	0,191	-	-	-	-	-	-	13	0,044	-	-	-	-
Σ	1974	10,817	1160	4,208	1119	2,379	1133	2,199	613	1,132	534	1,307	140	0,56

Tabell 12. Bunnedyrforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m².

Furnesfjorden den 21.8. 1979.

Dyregruppe	3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m		75-100 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	293	0,5	200	0,307	53	0,089	40	0,088	93	0,235	93	0,295	-	-
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	13	0,113	-	-	-	-	27	0,057	-	-	107	0,992	40	1,007
Ephemeroptera	13	0,047	27	0,009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	27	0,023	13	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	-	-	13	0,011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	907	1,192	733	0,835	720	1,737	80	0,08	160	0,461	27	0,041	120	0,153
Lamellibranchiata	213	0,496	27	0,033	13	0,015	27	0,023	13	0,017	-	-	-	-
Gastropoda	13	0,016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	1479	2,387	1013	1,205	786	1,826	174	0,248	266	0,713	227	1,328	160	1,230

Tabell 13. Bunn dyrforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m².

Furnesfjoren den 12.10. 1979.

Dyregruppe	3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m		75-100 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	667	1,059	253	0,483	160	0,163	80	0,073	40	0,095	120	0,295	187	0,199
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustarea	40	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	13	0,065	40	0,061
Ephemeroptera	40	0,005	13	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	27	0,015	27	0,163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	80	0,02	40	0,013	13	0,007	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	640	1,117	773	0,717	253	0,392	493	1,671	213	0,34	-	-	13	0,003
Lamellibranchiata	160	0,156	67	0,081	93	0,124	93	0,072	53	0,037	-	-	13	0,019
Gastropoda	27	0,152	13	0,049	13	0,054	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	1681	2,804	1186	1,507	532	0,74	666	1,816	307	0,513	133	0,36	253	0,282

Tabell 14. Bunndyrforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m².

Furnesfjorden den 19.11. 1979.

Dyregruppe	3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	827	0,967	200	0,284	133	0,14	80	0,127	53	0,088	27	0,037
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	13	0,001	27	0,083	27	0,119	-	-	-	-	-	-
Ephemeroptera	40	0,016	-	-	13	0,003	-	-	13	0,001	-	-
Trichoptera	-	-	40	0,004	40	0,333	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	-	-	13	0,001	13	0,003	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	1280	2,845	560	0,705	787	1,148	627	1,217	320	0,453	40	0,063
Lamellibranchiata	227	0,485	107	0,113	200	0,328	133	0,156	107	0,112	27	0,029
Gastropoda	20	0,343	27	0,092	-	-	13	0,004	-	-	-	-
Σ	2587	4,657	974	1,282	1213	2,074	853	1,504	493	0,654	94	0,129

Tabell 15. Bunnedyrforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m².

Brøttum den 18.5. 1979.

Dyregruppe	0-3 m		3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	20	0,002	20	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	13	0,001	220	0,2	720	0,946	220	0,348	27	0,035	40	0,069	67	0,344
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	-	-	80	0,366	300	0,194	40	0,052	187	0,247	40	0,009	20	0,006
Ephemeroptera	-	-	120	0,48	20	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	13	0,005	120	4,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	-	-	-	-	-	-	20	0,004	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	120	0,145	1320	1,394	1240	1,188	860	0,852	413	0,396	133	0,064	173	0,119
Lamellibranchiata	-	-	240	1,674	240	0,262	220	0,66	53	0,039	240	0,125	27	0,008
Gastropoda	-	-	460	1,936	40	0,266	20	0,044	-	-	-	-	-	-
Σ	146	0,151	2580	10,132	2580	2,864	1380	1,96	680	0,717	453	0,267	280	0,475

Tabell 16. Bunnedyrforekomst uttrykt som individtall og våtvekt pr. m².

Brøttum den 11.7. 1979.

Dyregruppe	0-3 m		3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	-	-	467	0,547	333	0,388	387	0,511	120	0,203	27	0,047	67	0,181
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	27	0,031	13	0,013	107	0,3	53	0,052	53	0,02	53	0,027	67	0,112
Ephemeroptera	67	0,053	93	0,036	27	1,145	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	13	0,092	27	0,057	27	0,157	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	-	-	-	-	40	0,031	27	0,007	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	1147	0,363	1040	0,679	1227	1,285	333	0,596	333	0,447	133	0,12	160	0,112
Lamellibranchiata	-	-	80	0,391	147	0,225	120	0,152	80	0,129	40	0,053	-	-
Gastropoda	-	-	20	0,179	40	0,083	67	0,309	-	-	-	-	-	-
Σ	1254	0,539	1740	1,902	1908	3,531	654	1,031	586	0,799	253	0,247	294	0,405

Tabell 17. Bunndyrforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m.².

Brøttum den 24.8. 1979.

Dyregruppe	3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	27	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	213	0,315	347	0,763	107	0,215	53	0,049	80	0,148	120	0,416
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	107	0,712	-	-	-	-	27	0,045	27	0,168	27	0,429
Ephemeroptera	80	0,006	13	0,151	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	80	0,244	13	0,027	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	867	0,676	520	0,28	227	0,133	133	0,143	27	0,027	80	0,081
Lamellibranchiata	80	0,156	133	0,204	107	0,133	-	-	27	0,024	-	-
Gastropoda	280	0,831	40	0,139	13	0,021	13	0,253	-	-	-	-
Σ	2187	2,940	1093	1,567	454	0,502	226	0,49	161	0,367	227	0,926

Tabell 18. Bunnedyrforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m².

Brøttum den 11.10.79.

Dyregruppe	Prøve		0-3 m		3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	-	-	320	0,489	347	0,448	213	0,363	120	0,131	27	0,023	-	-	27	0,039
Hirudinea	-	-	27	0,072	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	20	0,11	93	0,724	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	0,288
Ephemeroptera	-	-	133	0,037	-	-	27	0,047	-	-	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	-	-	107	0,172	13	0,006	27	0,073	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	-	-	-	-	40	0,02	-	-	13	0,004	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	1340	0,562	1107	3,549	747	0,821	307	0,333	133	0,099	93	0,171	-	-	-	-
Lamellibranchiata	20	0,098	227	0,42	173	0,124	93	0,208	13	0,004	27	0,056	13	0,009	-	-
Gastropoda	-	-	320	2,441	40	0,104	13	0,013	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	1380	0,77	2334	7,904	1360	1,523	680	1,037	279	0,238	147	0,25	67	0,336	-	-

Tabell 19. Bunndyrforekomst uttrykt som individantall og våtvekt pr. m².

Brøttum den 13.11. 1979.

Dyregruppe	0-3 m		3-5 m		5-7 m		7-9 m		9-15 m		15-30 m		30-75 m	
	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt	Ind.	Vekt
Nematoda	-	-	-	-	13	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta	27	0,004	200	0,364	280	0,561	200	0,549	107	0,117	213	0,681	333	0,539
Hirudinea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crustacea	-	-	13	0,017	-	-	-	-	-	-	53	0,487	40	0,151
Ephemeroptera	27	0,009	93	0,104	13	0,053	13	0,013	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	27	0,009	133	0,415	13	0,085	27	0,173	-	-	-	-	-	-
Ceratopogonidae	40	0,018	13	0,013	-	-	13	0,007	-	-	-	-	-	-
Chironomidae	1600	1,617	493	1,193	840	1,236	280	0,356	27	0,015	40	0,053	40	0,013
Lamellibranchiata	-	-	160	0,137	347	0,547	240	0,805	320	0,117	27	0,028	-	-
Gastropoda	-	-	347	1,155	40	0,073	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	1707	1,639	1453	3,399	1547	2,563	773	1,903	454	0,249	333	1,249	413	0,703

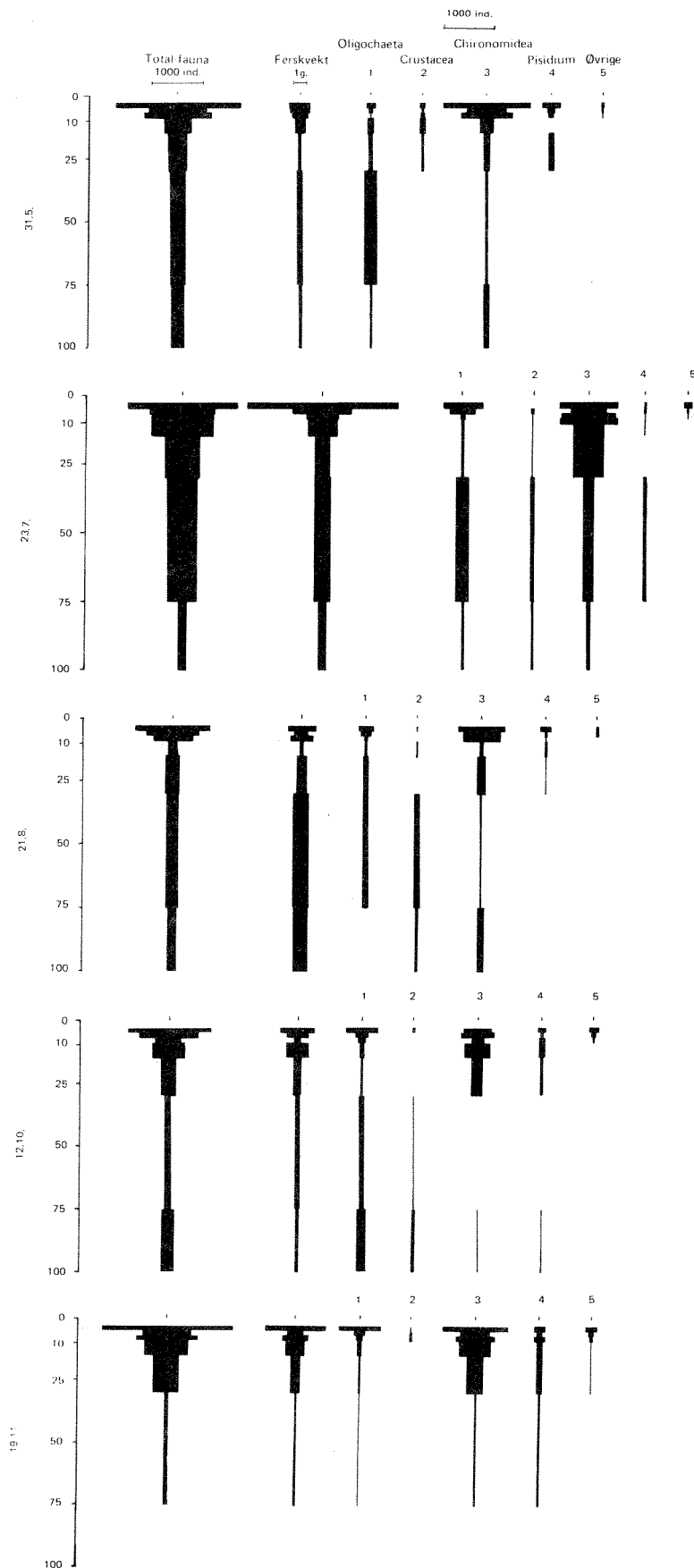


Fig. 33. Bunnfaunaens vertikalfordeling uttrykt som individ-
antall og gram ferskvekt pr. m² ved Furnesfjoren
ved fem tidsperioder i 1979.

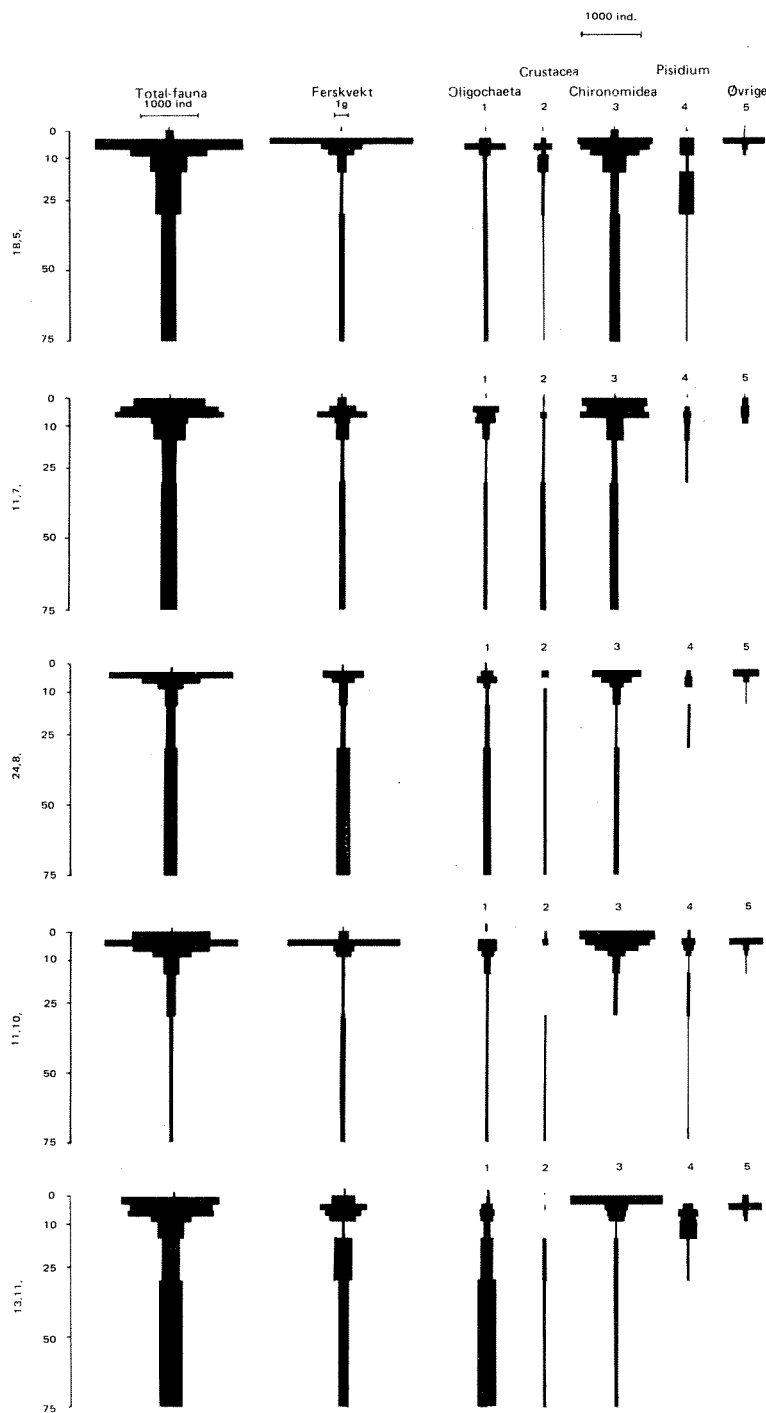


Fig. 34. Bunnfaunaens vertikalfordeling uttrykt som individ-
antall og gram ferskvekt pr. m² ved Brøttum
ved fem tidsperioder i 1979.