

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0-74/76

OVERVÅKING AV MJØSA

FREMDRIFTSRAPPORT nr. 8

UNDERSØKELSER I 1977

1. september 1978

Saksbehandler: Hans Holtan

Instituttetsjef Kjell Baalsrud

ISBN 82-577-0088-6

INNHALDSFORTEGNELSE

| | Side: |
|------------------------------------------------|-------|
| 1. INNLEDNING | 4 |
| 2. TRANSPORT AV NÆRINGSSALTER VIA TILLØPSELVER | 4 |
| 3. RUTINEMESSIGE UNDERSØKELSER I MJØSA | 13 |
| 3.1 Fysisk-kjemiske forhold | 13 |
| 4. SIKTEDYP | 20 |
| 5. PLANTEPLANKTON | 20 |
| 5.1 Total klorofyll <u>a</u> | 24 |
| 5.2 Primærproduksjon | 25 |
| 6. KREPSDYRPLANKTON | 29 |
| 7. MATEMATISK STRØMNINGSMODELL | 31 |
| 7.1 Innledning | 31 |
| 7.2 Resultater | 32 |
| 7.3 Generelt | 34 |
| 8. SAMMENFATNING | 40 |
| 9. ORDLISTE - BEGREPSTOLKNING | 49 |

TABELLFORTEGNELSE

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Vannføring og årstransport av tot fosfor (P) og tot nitrogen (N) i 1976 og 1977 | 5 |
| 2. Transport av fosfor: tot P og filtrert P i kg pr. år 1977 | 11 |
| 3. Partikulær materialtransport i tilløpselvene til Mjøsa samt Vormå i 1977 | 12 |
| 4. Middelkonsentrasjonen av en del fysisk-kjemiske komponenter under vårsirkulasjonen (mai 1977) på hovedstasjonene | 13 |
| 5. Midlere konsentrasjonsverdier for total fosfor under vårsirkulasjonsperioden (mai) på de forskjellige hovedstasjoner i Mjøsa | 14 |
| 6. Oksygenforholdene i bunnområdene på de forskjellige observasjonsdager 1977 | 15 |
| 7. Planteplanktonbiomasse i perioden mai-oktober og prosentvis andel blågrønnalger 1976 og 1977 | 24 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 8. Primærproduksjonsdata fra Mjøsa st. Skreia i perioden 1973-1977 | 25 |
| 9. Brøttum 1977. Årsproduksjon (15/4-15/12) | 40 |
| 10. Furnesfjorden 1977. Årsproduksjon (15/4-15/12) | 44 |
| 11. Skreia 1977. Årsproduksjon (15/4-15/12) | 45 |
| 12. Morskogen 1977. Årsproduksjon (15/4-15/12) | 46 |
| 13. Individantall under 1 m^2 overflate i dypsonen 0-20 m og 0-50 m for krepsdyrplankton ved fem lokaliteter i Mjøsa september 1977 | 47-48 |

FIGURFORTEGNELSE

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Vannstandsvariasjoner i Mjøsa og vannføring i tilløpselver og utløp (Vorma) 1977 | 6 |
| 2. Mjøsa. Tilførsler av total fosfor i kg/døgn 1977 | 7 |
| 3. Mjøsa. Tilførsler av total nitrogen i tonn/døgn 1977 | 8 |
| 4. Mjøsa. Tilførsler av silisium (SiO_2) 1977 | 9 |
| 5. Fosforkonsentrasjoner i Mjøsa 1977 | 16 |
| 6. Nitrogenkonsentrasjoner i Mjøsa 1977 | 17 |
| 7. Silisiumkonsentrasjon i Mjøsa-overflatelagene 1977 | 18 |
| 8. Silisiumkonsentrasjon og kiselalgenes biomasse (mengde) i Mjøsa (st. Skreia) i 1977. Vannføring i Gudbrandsdalslågen | 19 |
| 9. Vannføring i Lågen og siktedyp i Mjøsa 1976-1977 | 21 |
| 10. Total algebiomasse og andel av blågrønnalger 1976 og 1977, basert på blandprøver 0-10 m dyp | 23 |
| 11. Total klorofyll <u>a</u> 1976 og 1977, basert på blandprøver 0-10 m dyp | 26 |
| 12. Planteplanktonproduksjonen i 1976 og 1977 uttrykt som $\text{mg C/m}^2/\text{døgn}$ | 27 |
| 13. Forekomst av krepsdyrplankton under sensommeren i Mjøsas sentrale partier (Skreia) tidsperioden 1972-1977 | 30 |
| 14. Beregnede strømhastigheter etter ett døgn med konstant vind | 35 |
| 15. Vertikale hastigheter i 25 m's nivå | 36 |
| 16. Observerte og beregnede temperatur-profiler | 37 |
| 17. Observerte temperaturer 28. september 1977 | 38 |
| 18. Mjøsa. Beregnede temperaturer 28. september 1977 | 38 |
| 19. Dybdekart | 39 |

1. INNLEDNING

Aktivitetene innenfor NIVA's Mjøsundersøkelser har i 1977 i hovedsak konsentrert seg om

- Innsamling og bearbeidelse av prøver for beregninger av stofftransporten via 14 tilløp til Mjøsa samt Vorma.
- Innsamling og bearbeidelse av fysisk-kjemisk observasjonsmateriale fra de 5 hovedstasjoner i Mjøsa.
- Innsamling og bearbeidelse av biologisk materiale fra de 5 hovedstasjoner i Mjøsa.

Den rutinemessige del av programmet ble gjennomført etter de opprinnelige planer, bortsett fra visse avvik på grunn av dårlig vær.

Det var også i 1977 visse driftstekniske vanskeligheter ved registrering av vannføring. Dette gjelder spesielt Bråstadelva, Svartelva og Vikselva, og ved vurdering av de beregnede transportverdier må dette tas i betraktning.

2. TRANSPORT AV NÆRINGSSALTER VIA TILLØPSELVER

De utførte målinger av transporten av næringssalter til Mjøsa hadde som hovedhensikt å angi betydningen av den igangsatte "Mjøsaksjon" samt å fremskaffe data for visse empiriske modellbetraktninger. Resultatene er angitt i tabell 1 som også viser tilsvarende resultater for 1976. Variasjoner i henholdsvis vannføring, fosfor-, nitrogen- og silisiumtransport over året er angitt i figurene 1, 2, 3 og 4. Resultatene baserer seg på ukentlige prøver i tidsrommet april-oktober og månedlige prøver resten av året. Data angående stofftransporten fra Mjøsas nærområde (innbefattet byer og tettsteder med direkte utslipp i Mjøsa), bygger på antakelser ut fra de opplysninger som foreligger angående arealer, forurensningsbegrensende tiltak o.l.

Tabell 1. Vannføring og årstransport av tot fosfor (P) og tot nitrogen (N) i 1976 og 1977.

| | Vannf. i m ³ /år . 10 ⁶ | | Tonn tot P/år | | Tonn tot N/år | |
|--------------------------|-----------------------------------------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | 1976 | 1977 | 1976 | 1977 | 1976 | 1977 |
| Gudbrandsdals- lågen | 7359,0 | 6183,9 | 58,13 | 41,18 | 1731,7 | 1143,8 |
| Gausa | 226,3 | 676,4 | 3,74 | 9,92 | 163,1 | 465,0 |
| Rinda | 26,1 | 94,0 | 0,20 | 0,61 | 16,7 | 76,7 |
| Vismunda | 50,8 | 108,7 | 0,34 | 0,81 | 39,9 | 68,7 |
| Stokkelva | 37,2 | 98,5 | 0,25 | 1,12 | 26,1 | 115,1 |
| Bråstadelva | 10,2 | 106,4 | 0,11 | 1,16 | 7,8 | 118,3 |
| Hunnselva | 79,9 | 167,2 | 14,29 | 7,70 | 795,8 | 551,0 |
| Lena | 71,3 | 116,1 | 8,07 | 6,79 | 245,9 | 412,2 |
| Vikselva | 25,1 | 22,7 | 0,43 | 0,41 | 15,0 | 28,3 |
| Svartelva | 169,4 | 132,0 | 20,37 | 4,26 | 222,7 | 181,7 |
| Flagstadelva | 68,0 | 200,1 | 7,85 | 3,76 | 120,2 | 183,6 |
| Brumunda | 51,4 | 68,0 | 1,49 | 1,26 | 42,7 | 48,9 |
| Moelva | 47,0 | 90,0 | 0,88 | 1,32 | 34,2 | 76,2 |
| Mesna | 106,7 | 144,2 | 3,63 | 2,68 | 45,7 | 53,8 |
| Sum | 8328,4 | 8208,2 | 119,78 | 82,98 | 3507,5 | 3523,3 |
| Fra næromr. (anslått) | | | 167,00 | 147,00 | 710,0 | 1120,0 |
| Totalt | | | 286,78 | 229,98 | 4217,5 | 4643,3 |
| Vorma | 8501,4 | 8797,2 | 91,13 | 73,55 | 3893,8 | 3929,1 |
| Differanse | | | 195,65 | 156,43 | 323,7 | 714,2 |

Fig.1. Vannstandsvariasjoner i Mjøsa og vannføring i tilløpselver og avløp (Vorma) 1977.
0 m på Hamar VM = 117,936 m.o.h.

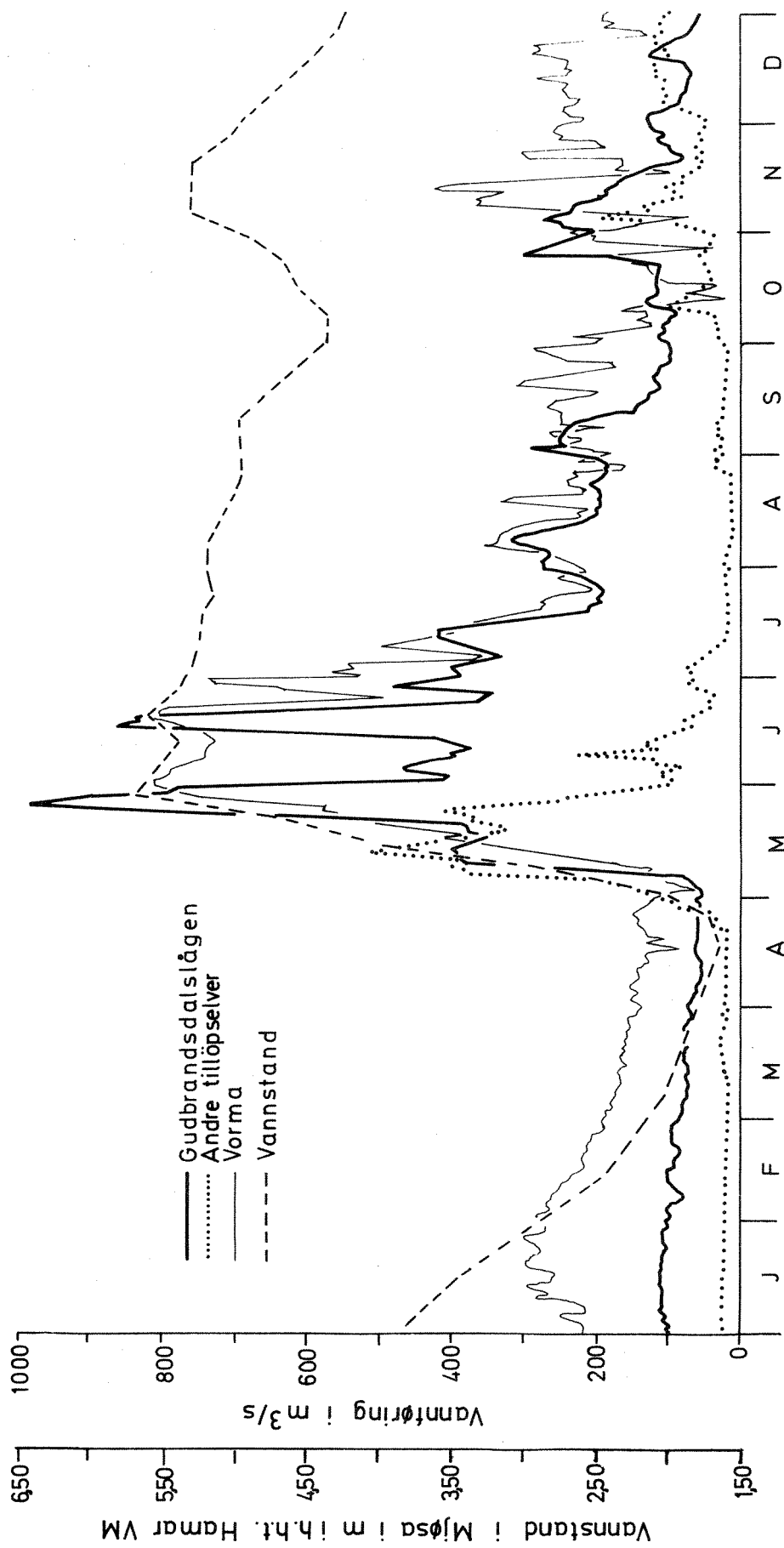


Fig. 2 Mjøsa. Tilførsler av total fosfor i kg/døgn 1977.

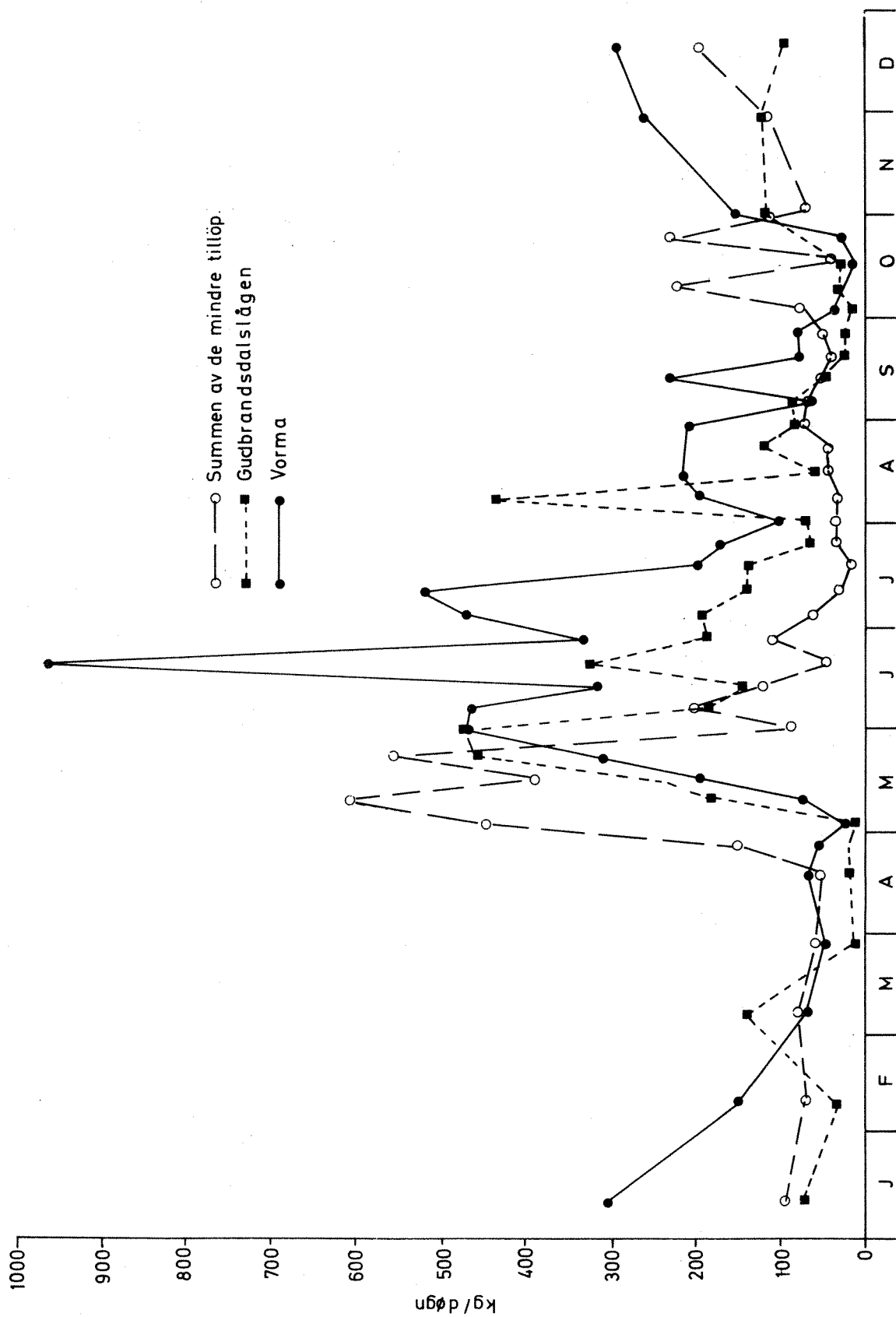


Fig.3 Mjøsa. Tilførster av total nitrogen i tonn/døgn 1977.

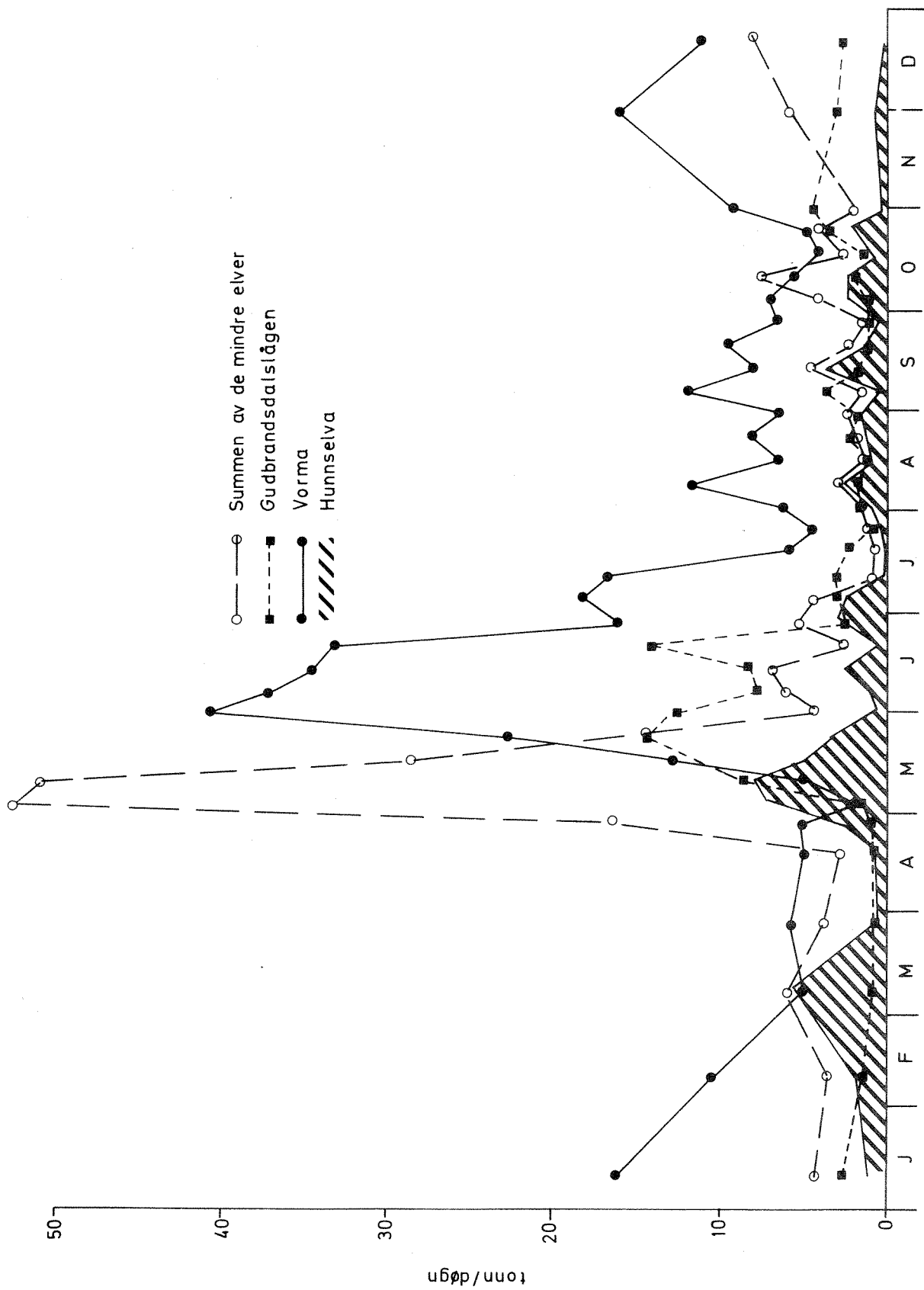
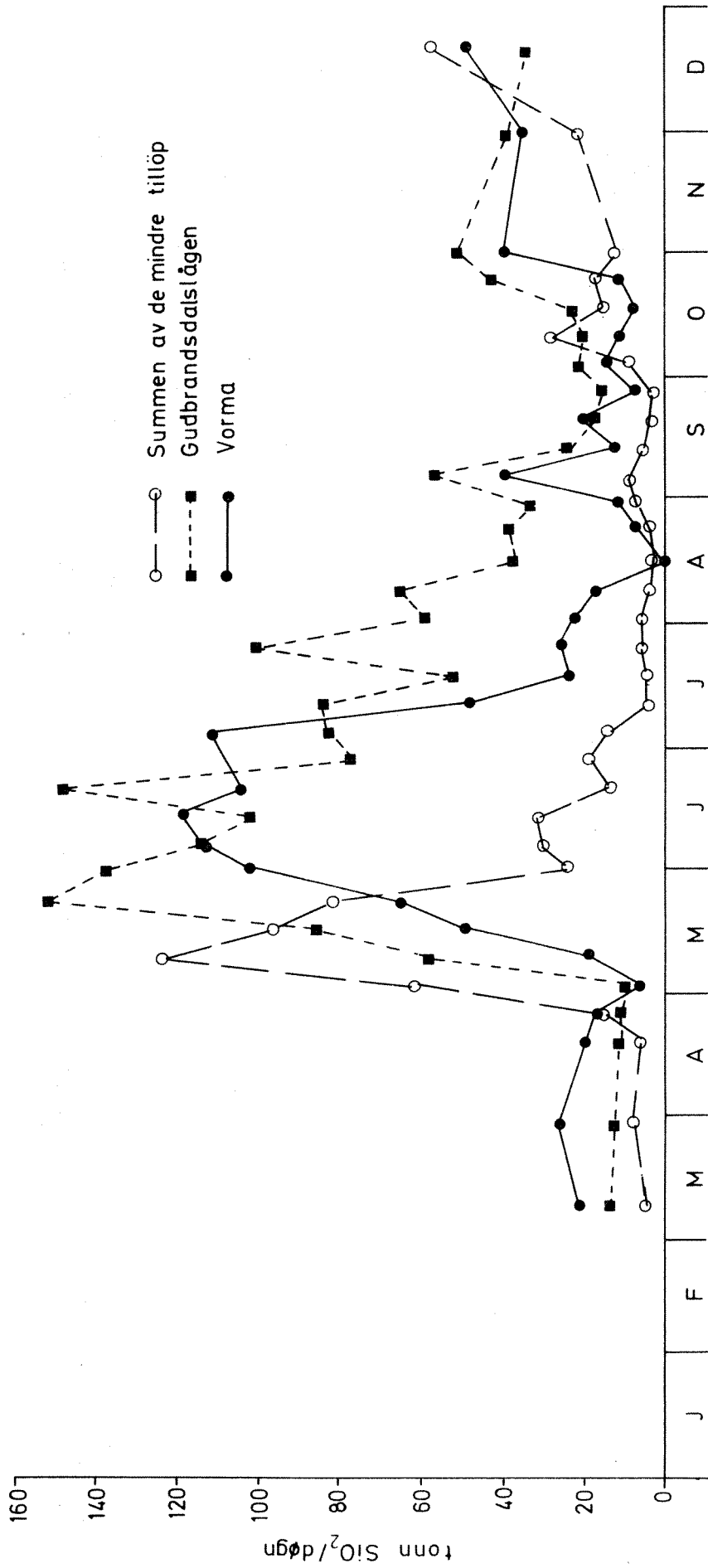


Fig. 4. Mjøsa. Tilførsler av silisium (SiO_2) 1977



Som tabell 1 viser var avrenningsforholdene i 1976 og 1977 svært forskjellige. Mens den totale årsvannføring i Lågen var ca. 16% lavere i 1977 enn i 1976, var tilførselene via de øvrige tilløpselver omtrent dobbelt så store (ca. 109%) i 1977 sammenlignet med 1976. At vannføringen viste et motsatt mønster i Vikselva og Svartelva har antakelig sammenheng med visse driftsvanskeligheter av vannføringsstasjonene.

Totalt sett var transporten av total fosfor til Mjøsa via tilløpselvene ifølge observasjonsmateriale ca. 34% lavere i 1977 enn i 1976, mens tilsvarende reduksjon i Vorma var ca. 19%. For Lågens vedkommende kan forskjellen i transportverdiene tildels tilskrives lavere vannføring i 1977 enn i 1976 - noe som vil medføre mindre erosjon og følgelig mindre stofftransport. I hvilken grad eventuelle forurensningsbegrensende tiltak har hatt betydning er ut fra det foreliggende observasjonsmateriale vanskelig å avgjøre. Som nevnt var den samlede vannføring i de øvrige Mjøselver over dobbelt så stor i 1977 som i 1976, men til tross for dette avtok fosfortransporten i disse elver ifølge observasjonsmateriale med ca. 33%. Dette må i vesentlig grad tilskrives iverksettelse av rensetekniske tiltak, bruk av fosforfrie vaskemidler o.l. I denne sammenheng kan det være av interesse å merke seg at fosfortransporten i elver som drenerer jordbruksområder (jord - erosjon) og med liten kloakkvannstilførsel, hadde betydelig større fosfortransport i 1977 enn i 1976 (f.eks. Gausa, Rinda, Vismunda, Stokkelva, Bråstadelva), mens fosfortransporten i elver som i større grad er belastet med kloakkvann, var blitt betydelig redusert i samme tidsrom. I henhold til observasjonsmateriale forelå ca. 45% (tabell 2) av det tilførte fosfor som partikulært. I elver som Lena, Hunnselva, Gausa og Mesna var relativt sett den partikulære fosfor-fraksjon størst. Dette avspeiles også i den partikulære materialtransport (tabell 3).

Forskjell i avrenningen i 1976 og 1977 innvirker på erosjonsforholdene og dermed på elvenes partikulære materialtransport. Bortsett fra Lågen, Hunnselva og Mesna var materialtransporten i "Mjøselvene" av nevnte grunn betydelig høyere i 1977 enn i 1976.

Den totale nitrogentransporten til og fra Mjøsa via tilløp/avløp var av samme størrelsesorden i 1977 som i 1976 (tabell 1), idet Lågens nitrogentransport var ca. 34% lavere og de øvrige elvers transport ca. 34% høyere. Dette har sammenheng med nedbør og avrenningsforholdene. Da nedbør, jordbruksvirk-

somhet og visse industriaktiviteter er de viktigste kilder for nitrogentilførsel, samt at iverksatte kloakkrensaneanlegg i liten grad fjerner nitrogen, vil "Mjøs-aksjonen" i liten grad influere på transporten av denne komponent.

Av fig. 1 til 4 går det klart frem at den største stofftransporten til Mjøsa foregår i flomperioder særlig om våren. Det er imidlertid grunn til å merke seg at fosfortransporten i disse perioder i langt større grad foreligger som partikulært fosfor enn i lavvannsperioder. Dette har sammenheng med tilførsel av erosjonsmateriale fra jordbruksområder o.l.

Silisiumtransporten i Mjøselvene er angitt i fig. 4. Variasjonsmønstre er her som for de øvrige parametre.

Tabell 2. Transport av fosfor:tot P og filtrert P i kg pr. år 1977.

| Elv | Fosfortransport | | | % partikulært fosfor |
|--------------------|-----------------|-------------|--------------------|----------------------|
| | Tot P | Løst fosfor | Partikulært fosfor | |
| Gudbrandsdalslågen | 41183 | 25669 | 15514 | 37,7 |
| Gausa | 9921 | 4665 | 5256 | 53,0 |
| Rinda | 610 | 458 | 152 | 24,9 |
| Vismunda | 812 | 597 | 215 | 26,5 |
| Stokkelva | 1119 | 705 | 414 | 37,0 |
| Bråstadelva | 1158 | 753 | 405 | 35,0 |
| Hunnselva | 7702 | 3602 | 4100 | 53,2 |
| Lena | 6791 | 2764 | 4027 | 59,3 |
| Vikselva | 408 | 253 | 155 | 38,0 |
| Svartelva | 4260 | 2145 | 2115 | 49,6 |
| Flagstadelva | 3764 | 1832 | 1932 | 51,3 |
| Brumunda | 1257 | 638 | 619 | 49,2 |
| Moelva | 1317 | 656 | 661 | 50,2 |
| Mesna | 2678 | 1214 | 1464 | 54,7 |
| Sum | 82980 | 45951 | 37029 | 44,6 |
| Vorma | 73546 | 47160 | 26386 | 35,9 |

Tabell 3. Partikulær materialtransport i tilløpselvene til Mjøsa
samt Vorma i 1977.

(Tørrstoff på filter: - tørket ved 105°C,
gløderest: - glødet ved 480°C).

| | Tonn pr. år | | | % org. av tørrstoff |
|--------------------|-------------|-----------|------------|------------------------|
| | Tørrstoff | Gløderest | Differanse | |
| Gudbrandsdalslågen | 10943 | 7645 | 3298 | 30 |
| Gausa | 16312 | 15137 | 1175 | 7 |
| Rinda | 161 | 90 | 71 | 44 |
| Vismunda | 456 | 335 | 121 | 27 |
| Stokkelva | 242 | 145 | 97 | 40 |
| Bråstadelva | 303 | 157 | 146 | 48 |
| Hunnselva | 2319 | 994 | 1325 | 57 |
| Lena | 1476 | 1053 | 423 | 29 |
| Vikselva | 104 | 60 | 44 | 42 |
| Svartelva | 382 | 168 | 214 | 56 |
| Flagstadelva | 701 | 360 | 341 | 49 |
| Brumunda | 391 | 276 | 115 | 29 |
| Moelva | 232 | 136 | 96 | 41 |
| Mesna | 1135 | 110 | 1025 | 90 |
| Sum | 35157 | 26666 | 8491 | 24 |
| Vorma | 16812 | 8844 | 7968 | 47 |
| Differanse | 18345 | 17822 | 523 | 3 |

3. RUTINEMESSIGE UNDESØKELSER I MJØSA

3.1 Fysisk-kjemiske forhold

Konsentrasjonen (middelverdien) av noen kjemiske parametre før produksjonsperiodens start går frem av tabell 4. Variasjoner i fosforkonsentrasjonene (middelverdier) under vårsirkulasjonen på de forskjellige observasjonsstasjoner er angitt i tabell 5.

Tabell 4. Middelkonsentrasjonen av en del fysisk-kjemiske komponenter under vårsirkulasjonen (mai 1977) på hovedstasjonene.

| Komponent | Brøttum 10/5 | Gjøvik 19/5 | Furnesfj. 12/5 | Skreia 13/5 | Morskogen 12/5 |
|--------------------------------------------|-----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| Temperatur °C | 3,07 | 3,63 | 3,07 | 3,38 | 3,45 |
| Oksygen, mg O ₂ /l | 10,7 | 10,7 | 10,7 | 11,2 | 11,2 |
| Oksygen, % metning | 82,1 | 83,5 | 82,2 | 86,9 | 86,5 |
| pH | 6,80 | 6,91 | 6,86 | 6,91 | 6,96 |
| Konduktivitet µS/cm | 34,9 | 35,1 | 40,2 | 35,6 | 35,9 |
| Farge, mg Pt/l | 11 | 11 | 22 | 13 | 14 |
| Turbiditet, JTU | 0,34 | 0,2 | 0,37 | 0,2 | 0,2 |
| Silisium, µg SiO ₂ /l | 1,9 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,5 |
| Tot N, µg N/l | 456 | 468 | 544 | 455 | 420 |
| Nitrat, µg N/l | 295 | 358 | 436 | 355 | 347 |
| Tot P, µg P/l | 5,3 | 5,9 | 7,2 | 5,6 | 5,7 |
| Orto-P µg P/l | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 3,1 |
| Alkalitet mekv. v/pH 4,5 | 0,167 | 0,198 | 0,204 | 0,195 | 0,197 |

Bortsett fra noe lavere saltholdighet var den generelle vannkvalitet våren 1977 i god overensstemmelse med forholdene på tilsvarende tidspunkt i 1976. Middelveiene for total fosfor var imidlertid betydelig lavere i 1977 sammenlignet med tidligere år (tabell 5).

Tabell 5. Midlere konsentrasjonsverdier for total fosfor under vårsirkulasjonsperioden (mai) på de forskjellige hovedstasjoner i Mjøsa.

| | Brøttum | Gjøvik | Furnesfjorden | Skreia | Morskogen |
|------|----------|----------|---------------|----------|-----------|
| 1972 | 29/5 9,0 | | 1/6 12,6 | 31/5 9,3 | 30/5 8,6 |
| 1973 | 3/5 7,8 | 6/5 7,5 | 3/5 11,4 | 4/5 12,8 | 5/5 8,2 |
| 1974 | 28/5 7,6 | 28/5 9,0 | 27/5 8,6 | 27/5 9,0 | 29/5 9,6 |
| 1975 | 6/6 9,6 | 30/5 8,2 | 30/5 8,7 | 28/5 8,2 | 28/5 8,4 |
| 1976 | 13/5 7,3 | 19/5 8,8 | 18/5 9,9 | 19/5 9,6 | 20/5 7,4 |
| 1977 | 10/5 5,3 | 19/5 5,9 | 12/5 7,2 | 15/5 5,6 | 12/5 5,7 |

Det samme var også tilfelle for de midlere ortofosfatverdier (figur 5). Dette kan skyldes flere ting.

1. Forskjell i avrenningsforholdene.
2. Effekt av forurensningsbegrensende tiltak.
3. Sedimentasjon av fosfor via algebiomasse i 1976.
4. Feil i analyser.

Det er vanskelig på bakgrunn av det foreliggende materiale å avgjøre hvilke effekter som har størst betydning. Noe lavere silisiuminnhold i 1977 enn i 1976 tyder på at sedimentasjonseffekten kan ha hatt en viss betydning. Mens vårsirkulasjonens nitratkonsentrasjon var av samme størrelsesorden de to observasjonsår, var verdiene for total nitrogen betydelig høyere i 1977 enn i 1976. Bortsett fra eventuell økt nitrogentilførsel via nedbør og fra jordbruket er denne forskjell vanskelig å forklare.

Tidsvariasjonene i overflatelagens (blandprøve 0-10 m) næringssaltkonsentrasjoner er gjengitt i figurene 5, 6 og 7. Reduksjon i konsentrasjonen av total fosfor utover høsten kunne tyde på en betydelig sedimentasjonseffekt (sinking rate). Variasjonene forøvrig har sannsynligvis sammenheng med varierende avrenning og strømforhold.

Både nitrogen (tot N og NO₃) og silisiuminnholdet (fig. 8) avtok etterhvert som vannføringen i Lågen avtok og algeveksten fikk større betydning utover sommeren.

Oksygensituasjonen i bunnområdene på de forskjellige observasjonsstasjoner og observasjonsdager er fremstilt i tabell 6.

Tabellen viser at det er et visst oksygenforbruk mot dypet på alle observasjonsstasjoner. Spesielt gjør dette seg gjeldende i Furnesfjorden og i Mjøsas nordlige områder. Dette har sannsynligvis sammenheng med tilførsel av organisk materiale fra landområdene, som sedimenterer og forbruker oksygen ved forråtnelsesprosessene. Sedimentasjon av algemateriale innvirker også på dette forhold.

Tabell 6. Oksygenforholdene i bunnområdene på de forskjellige observasjonsdager 1977.

| Ovservasjons- dager | Brøttum 80 m | | Gjøvik 300 m | | Furnesfj. 80 m | | Skreia 400 m | | Morskogen 300 m | |
|------------------------|-----------------|------|-----------------|------|-------------------|------|-----------------|------|--------------------|------|
| | mg/l | % | mg/l | % | mg/l | % | mg/l | % | mg/l | % |
| 19/1 | | | | | | | 9,8 | 76,3 | | |
| 14-17/3 | 10,4 | 80,4 | 10,4 | 81,2 | 8,7 | 66,9 | 9,3 | 72,6 | 10,6 | 82,5 |
| 14/4 | | | | | | | 9,7 | 75,7 | | |
| 12-19/5 | 8,6 | 66,6 | 10,5 | 81,8 | 11,2 | 86,3 | 10,7 | 83,0 | 10,0 | 77,6 |
| 13/6 | | | | | | | 9,8 | 76,0 | | |
| 7/7 | | | | | | | 10,1 | 78,5 | | |
| 4/8 | | | | | | | 10,2 | 79,6 | | |
| 7/2-7/9 | 9,6 | 78,8 | 10,4 | 81,1 | 10,7 | 84,7 | 10,9 | 86,0 | 10,2 | 79,5 |

Fig. 5 Fosforkonsentrasjoner i Mjøsa 1977

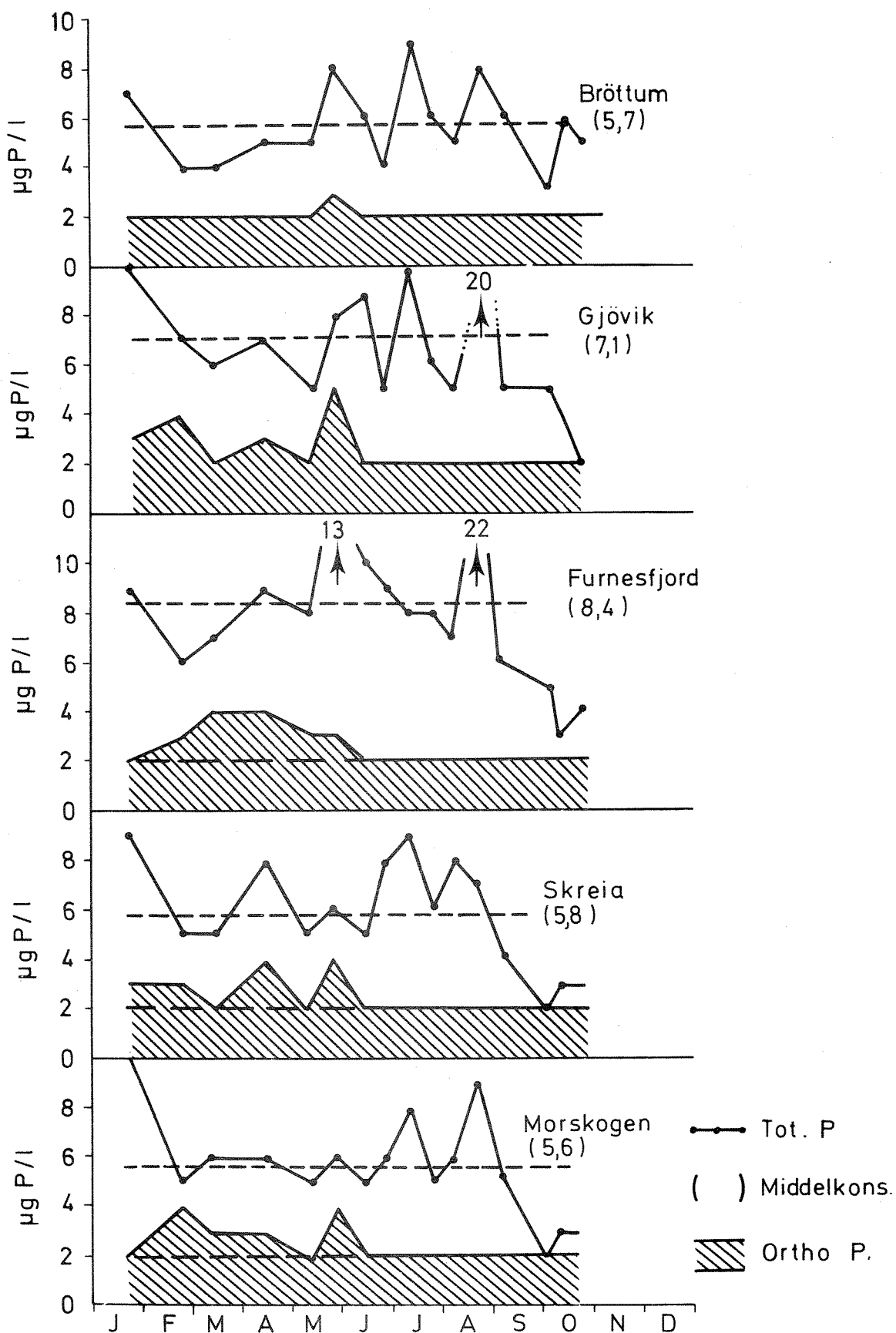


Fig. 6 Nitrogenkonsentrasjoner i Mjøsa 1977

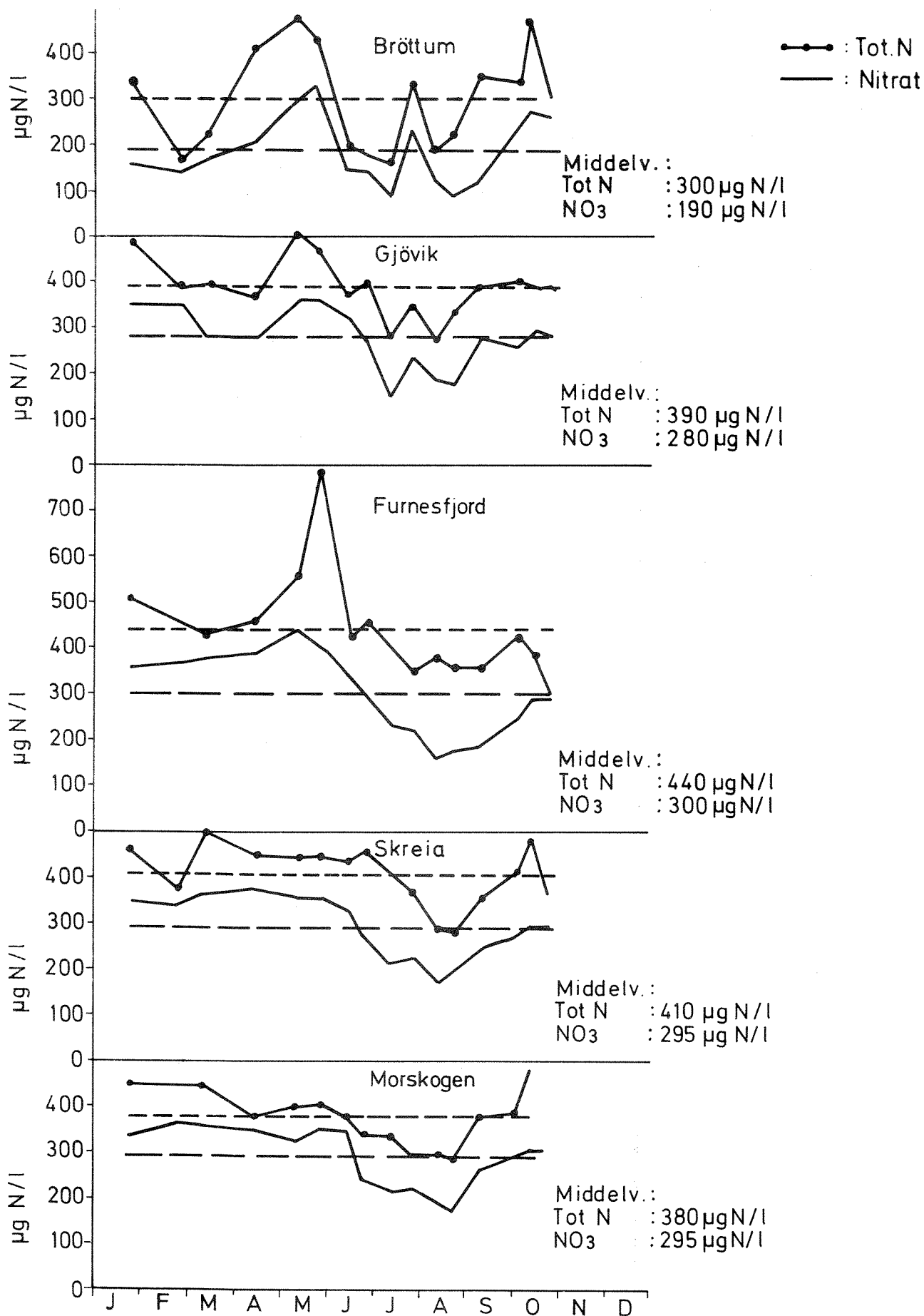


Fig. 7 Silisiumkonsentrasjon i Mjøsa-overflate-lagene 1977

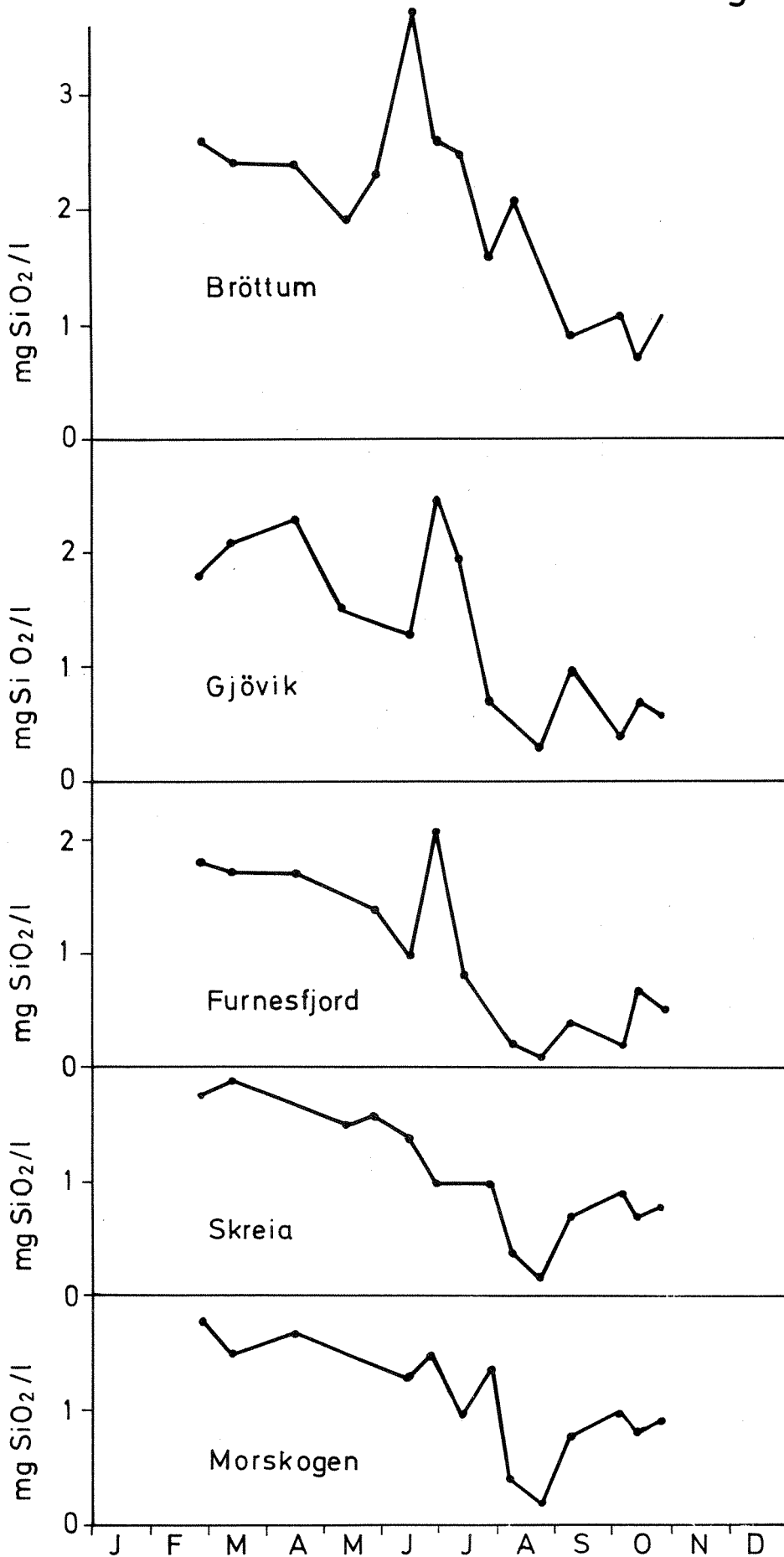
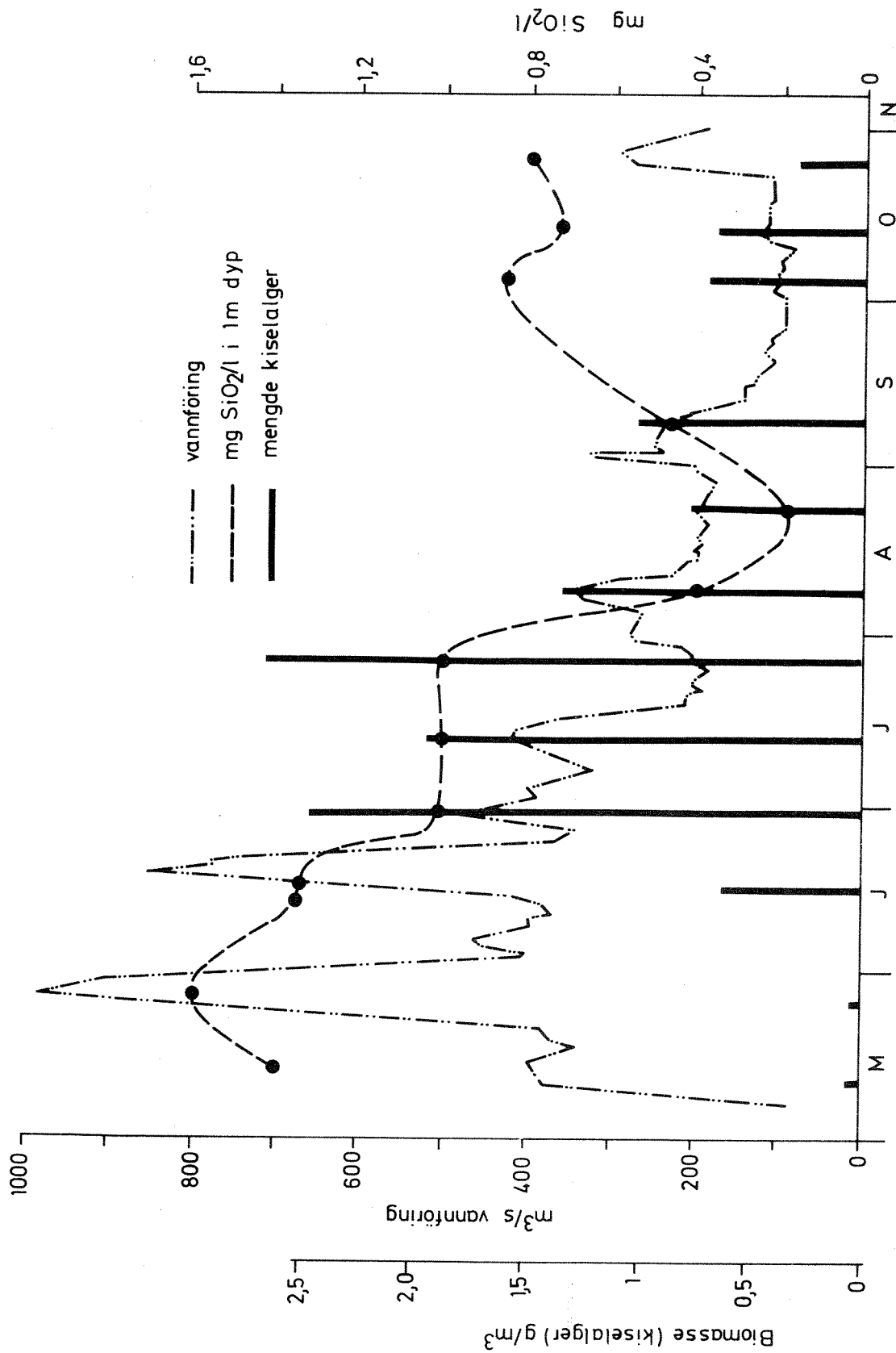


Fig. 8. Siliumkonsentrasjon og kiselalgenes biomasse (mengde) i Mjøsa (st. Skreia) i 1977. Vannføringsvariasjoner i Gudbrandsdalslågen.



4. SIKTEDYP

Variasjonen i siktedypet på de forskjellige stasjoner går frem av figur 9. Av denne figuren går det frem at siktedypet i hovedbassenget var vel 12 m både i 1976 og 1977. På grunn av elvetransportert partikulært materiale var siktedypet om våren lavest i den nordlige del av Mjøsa begge år. I juni/juli var siktedypet på alle stasjoner noe mindre i 1977 enn i 1976, men begge år var det av størrelsesorden 4 m. Utover sommeren (august/september) var siktedypet betydelig større i 1977 enn i 1976. Dette skyldes forskjell i blågrønnalgeforekomsten de to år (se neste kapittel). Siktedypet økte ytterligere videre utover høsten.

5. PLANTEPLANKTON

Variasjonene i planteplanktonets biomasse og andelen av blågrønnalger i vekstperioden 1977 er fremstilt i figur 10.

Figuren er basert på analyseresultater av blandprøver av vannmassene fra 0-10 m dyp.

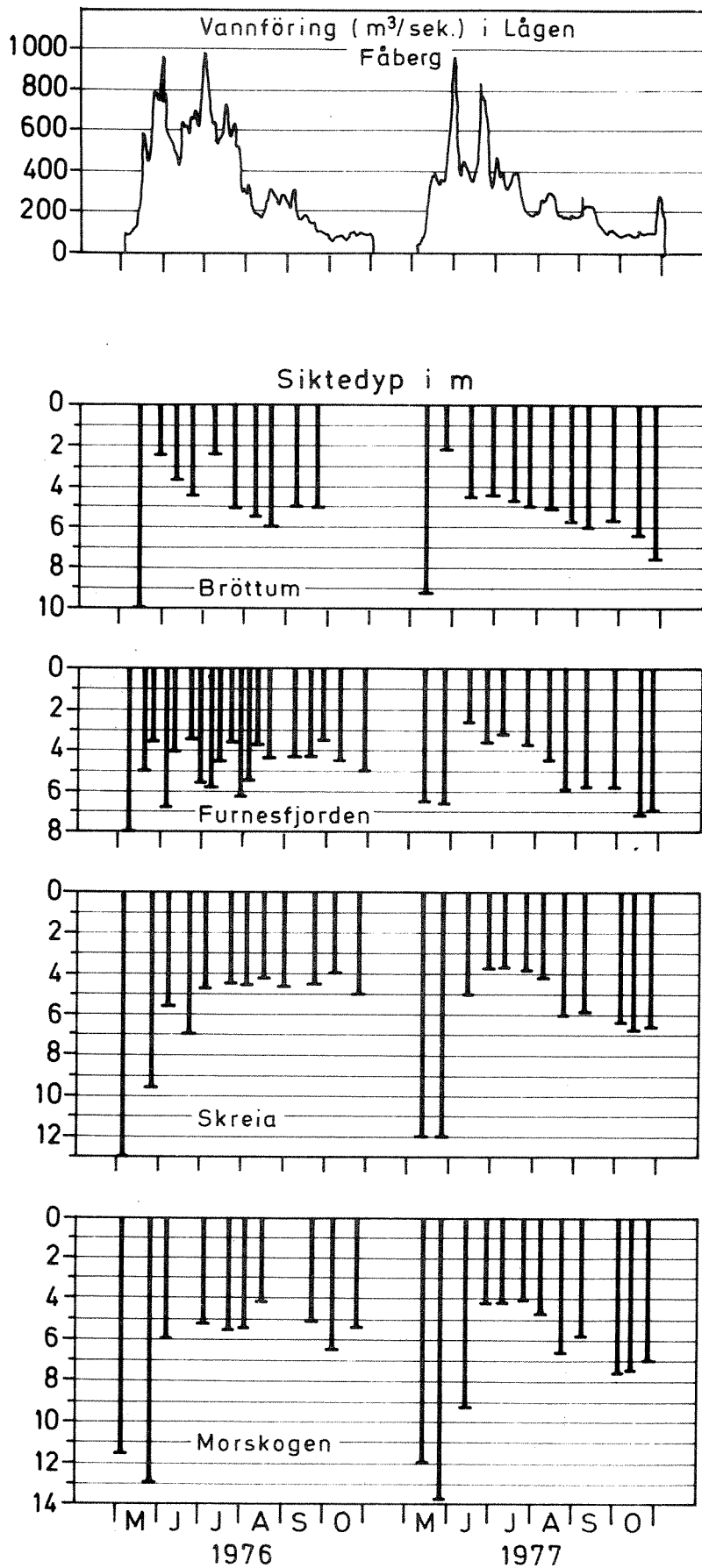
For sammenligningens skyld er på samme figur plottet inn tilsvarende resultater fra 1976.

På stasjonen i Furnesfjorden var algebiomassen lav frem til månedsskiftet mai-juni, da det skjedde en kraftig oppblomstring i løpet av kort tid. Denne algeblomsten varte et par måneder frem til månedsskiftet juli-august, hvorefter algebiomassen igjen avtok sterkt.

Denne algeblomsten var hovedsakelig forårsaket av kiselalgen *Asterionella formosa*, men gulalger (chrysophyceae), bl.a. *Uroglena americana*, hadde også store forekomster i vannmassene på denne tiden. Forøvrig var det noe mindre forekomster av flagellater som *Cryptomonas* spp., *Rhodomonas lacustris* og *Katablepharis ovalis*.

Andre algegrupper hadde i denne perioden underordnet betydning i det samlede algesamfunn.

Fig. 9 Vannføring i Lågen og siktedyp i Mjösa 1976 - 1977



En mindre økning av algebiomassen i september-oktober etter et minimum i august skyldtes en økning av mengdene av to andre kiselalgearter: *Fragilaria crotonensis* og *Tabellaria fenestrata*, men mengdene av disse var relativt moderate.

Stasjonene Skreia og Morskogen gjenspeiler i store trekk utviklingen i Furnesfjorden med en viss forskyvning i tid. Også på disse stasjonene var det kiselalgen *Asterionella formosa* som var årsaken til algemaksimum i 1977.

På samme måte var det *Asterionella formosa* som var den dominerende alge i vannmassene på stasjon Brøttum i 1977, men algemengdene var her moderate gjennom hele sesongen.

Av figuren går det frem at maksimumsverdiene for algebiomasse var omtrent like høye i 1977 som i 1976, på stasjon Morskogen var den i slutten av juli betydelig større det sistnevnte år.

Algebiomassen var i 1976 høy også utover høsten på grunn av den kraftige oppblomstringen av blågrønnalgen *Oscillatoria* (cf.) *bornetii* f. *tenuis*.

Figuren viser at mengdene av blågrønnalger i 1977 var minimale (selv om det ble registrert en del blågrønnalger i dypere vannlag tidlig på året) og en unngikk dermed de problemene som blågrønnalgene skapte i 1976.

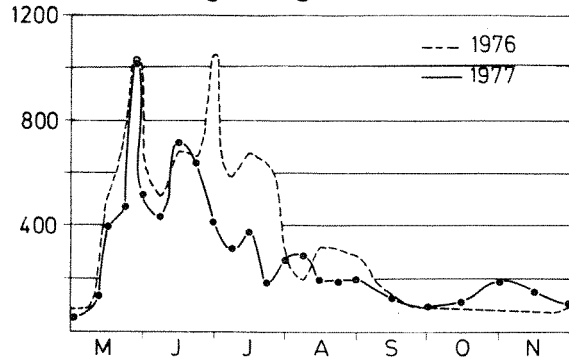
Som helhet kan en si at algesamfunnet i 1977 hadde en sammensetning og utvikling som minnet om tilstandene slik de ble registrert i 1972-73 med kiselalgene, og da spesielt *Asterionella formosa* som de dominerende og chryso-phyceaene og cryptophyceene som viktige grupper i tillegg, men med beskjedne mengder av blågrønnalger.

I tabell 7 nedenfor er gitt en oversikt over middelverdiene for algebiomasse uttrykt som g/m^3 på de fire hovedstasjonene i 1977 og tilsvarende verdier for 1976. Den prosentvise andel av blågrønnalger er tatt med i tillegg.

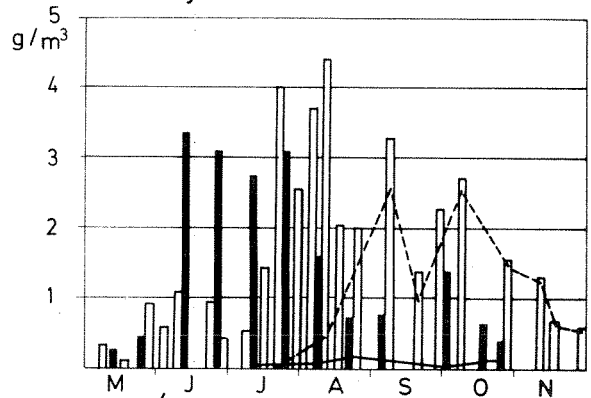
Av tabell 7 ser en at algemengdene gjennom vekstsesongen (mai-oktober) som gjennomsnittsverdi var svært lik de to årene selv om variasjonene og algemaksimum inntrådte tildels svært forskjellig. Det går videre frem at den prosentvise andel av blågrønnalgene var omkring seks ganger større i 1976 enn i 1977.

Fig.10 Total algebiomasse og andel av blågrønnalger 1976 og 1977, basert på blandprøver 0 - 10 m dyp.

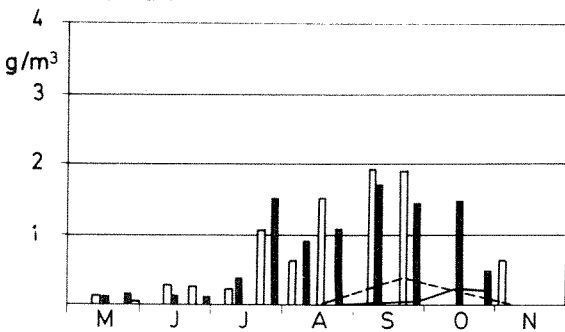
m³/s Vannføring i Lågen



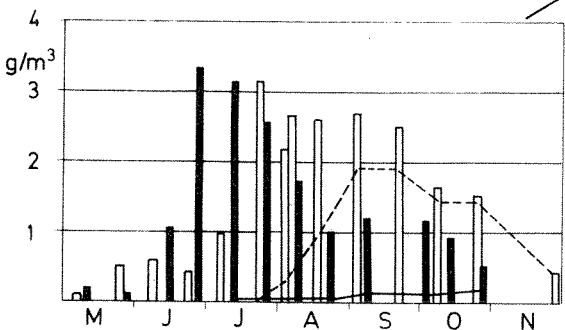
Furnesfjorden



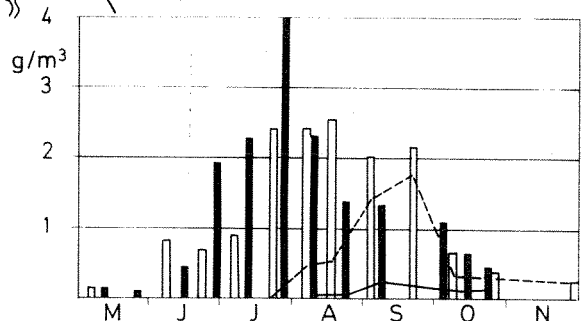
Bröttum



Skreia



Morskogen



- Total algebiomasse 1976
- Total algebiomasse 1977
- Blågrønnalgemengde 1976
- Blågrønnalgemengde 1977

Blågrønnalgeinnslaget er størst på sensommeren og høsten. I 1976 utgjorde *O. Bornetii* henimot 100% av algebiomassen i september. Det tilsvarende tall i 1977 var 30-40%.

Tabell 7. Planteplanktonbiomasse i perioden mai-oktober og prosentvis andel blågrønnalger 1976 og 1977.

| Stasjon | 1976 | | 1977 | |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| | Planteplankton- biomasse ₃ g/m ³ | Prosent andel blågrønnalger | Planteplankton- biomasse ₃ g/m ³ | Prosent andel blågrønnalger |
| Furnesfjorden | 1,83 | 37,5 | 1,78 | 5,0 |
| Skreia | 1,67 | 37,9 | 1,42 | 4,7 |
| Morskogen | 1,36 | 32,1 | 1,34 | 4,7 |
| Brøttum | 0,90 | 11,0 | 0,79 | 5,8 |
| Snitt alle stasjoner | 1,44 | 29,6 | 1,33 | 5,0 |

5.1 Total klorofyll a

Prøver for total klorofyll a ble samlet inn som blandprøver fra 0-10 m dyp, fra de samme blandprøvene som prøver for algeanalysene ble samlet inn fra. I fig. 11 er vist variasjonene i klorofyllmengdene på de fire hovedstasjonene sammen med tilsvarende data for 1976 for sammenligningens skyld.

Som det fremgår av fig. 10 og fig. 11 viser variasjonene i klorofyllmengdene det samme variasjonsmønster både i tid og rom som algebiomassen analysert ved mikroskop-analyser, noe som også var tilfelle i 1976. Bare i en kortere periode i forbindelse med våroppblomstringen i juni ser det ut til å være en tendens til forholdsvis stort avvik mellom mikroskopanalyseresultatene og klorofyllverdiene.

I 1976 ble de høyeste klorofyllverdiene registrert i de sentrale delene av Mjøsa (Furnesfjorden, Skreia) med ca. 10 mg/m³ i forbindelse med kiselalgeoppblomstringen i juli det året og i Furnesfjorden opptil 9 mg/m³ også i oktober i forbindelse med de store blågrønnalgebiomassene på den tiden.

I 1977 ble det ikke registrert verdier på over 6 mg/m^3 på noen stasjoner med unntak av stasjon Morskogen i slutten av juli da verdien var 10 mg/m^3 samtidig med de store mengdene av *Asterionella formosa* som tidligere omtalt.

De høyeste middelverdiene for vekstsesongen (mai-oktober) ble i 1977 registrert med $3,7 \text{ mg/m}^3$ på stasjon Furnesfjorden og med $3,6 \text{ mg/m}^3$ på stasjon Morskogen, mens stasjon Skreia hadde $3,3 \text{ mg/m}^3$ og stasjon Brøttum $2,3 \text{ mg/m}^3$.

På stasjonene Skreia og Brøttum var dette omtrent som i 1976 eller litt lavere mens Furnesfjorden hadde betydelig lavere og Morskogen betydelig høyere enn i 1976.

5.2 Primærproduksjon

Primærproduksjonsdata ble samlet inn i vekstsesongen i 1977 på alle hovedstasjonene. Døgnproduksjonen på prøvetakingsdatoene på de ulike stasjonene fremgår av figur 12 og tabellene 9, 10, 11 og 12. For sammenligningens skyld er det i figuren satt inn tilsvarende data for 1976. I tabell 8 er produksjonsdata maksimum og middel dagsproduksjon og årsproduksjon for tidsperioden 1973 til 1977 angitt.

Tabell 8. Primærproduksjonsdata fra Mjøsa st. Skreia i perioden 1973-1977.

| | Benevning | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 |
|----------------------|------------------------------|-------|-------|--------|--------|------|
| Maks. dagsproduksjon | $\text{mg C/m}^2/\text{dag}$ | 643 | 651 | 1355 | 1425 | 750 |
| Middel - " - | " " " | 290 | 330 | 600 | 580 | 370 |
| Årsproduksjon | $\text{g C/m}^2 \text{ år}$ | ca.50 | 50-60 | ca.100 | ca.100 | 68 |

Som helhet var primærproduksjonen betydelig lavere i 1977 enn i 1976, spesielt var dette tilfelle på stasjon Furnesfjorden, der det i 1976 ble registrert en maksimal døgnproduksjon på over $2000 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$, mens den i 1977 var såvidt over $500 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$.

Heller ikke på de andre stasjonene var den maksimale døgnproduksjonen som ble registrert vesentlig over $500-700 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$ i 1977, mens det i 1976 ble målt verdier på omkring $1500 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$ på stasjonene Skreia og Furnesfjorden og over $600 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$ på Brøttum.

Fig.11. Total klorofyll a 1976 og 1977, basert på blandprøve 0-10 m dyp.

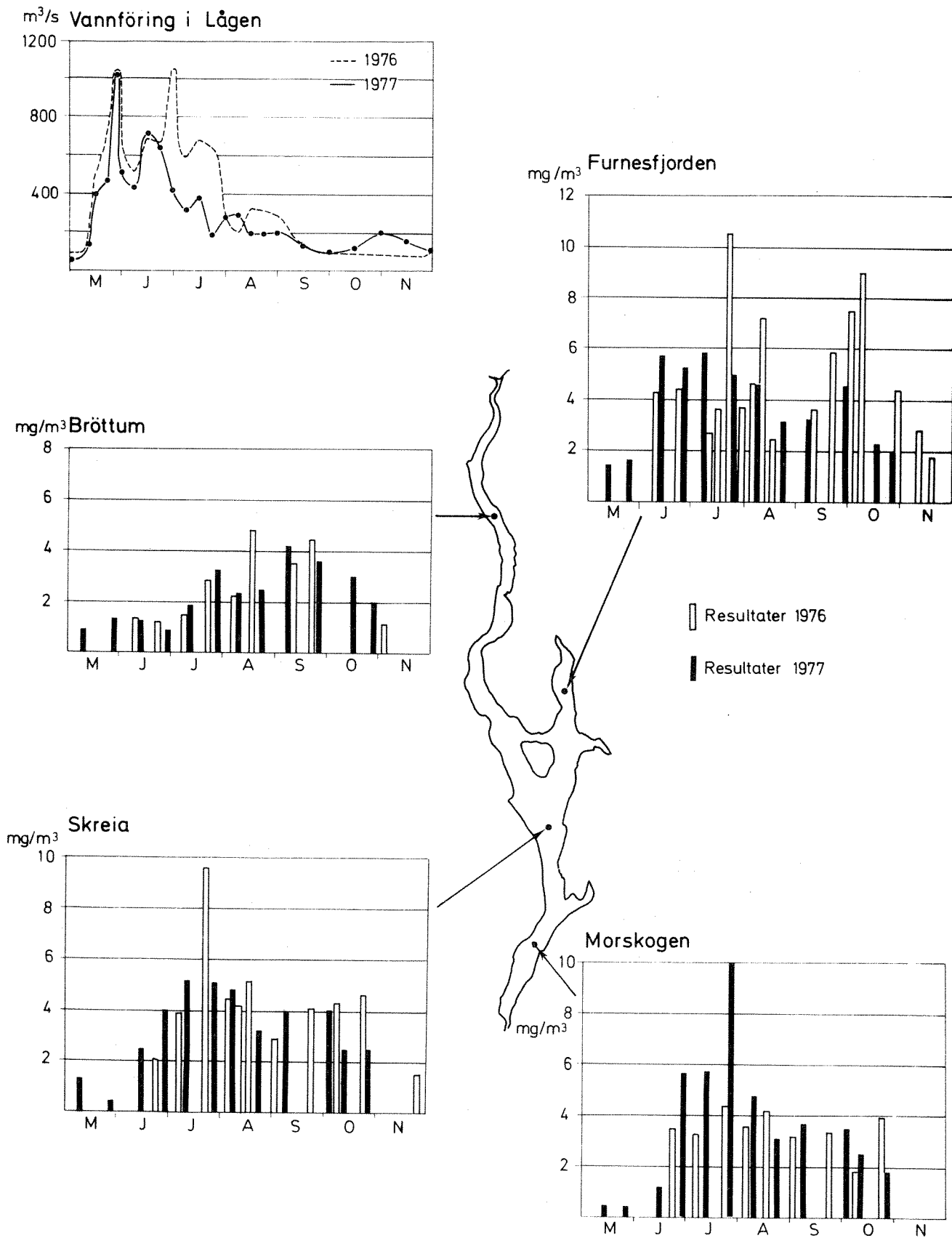
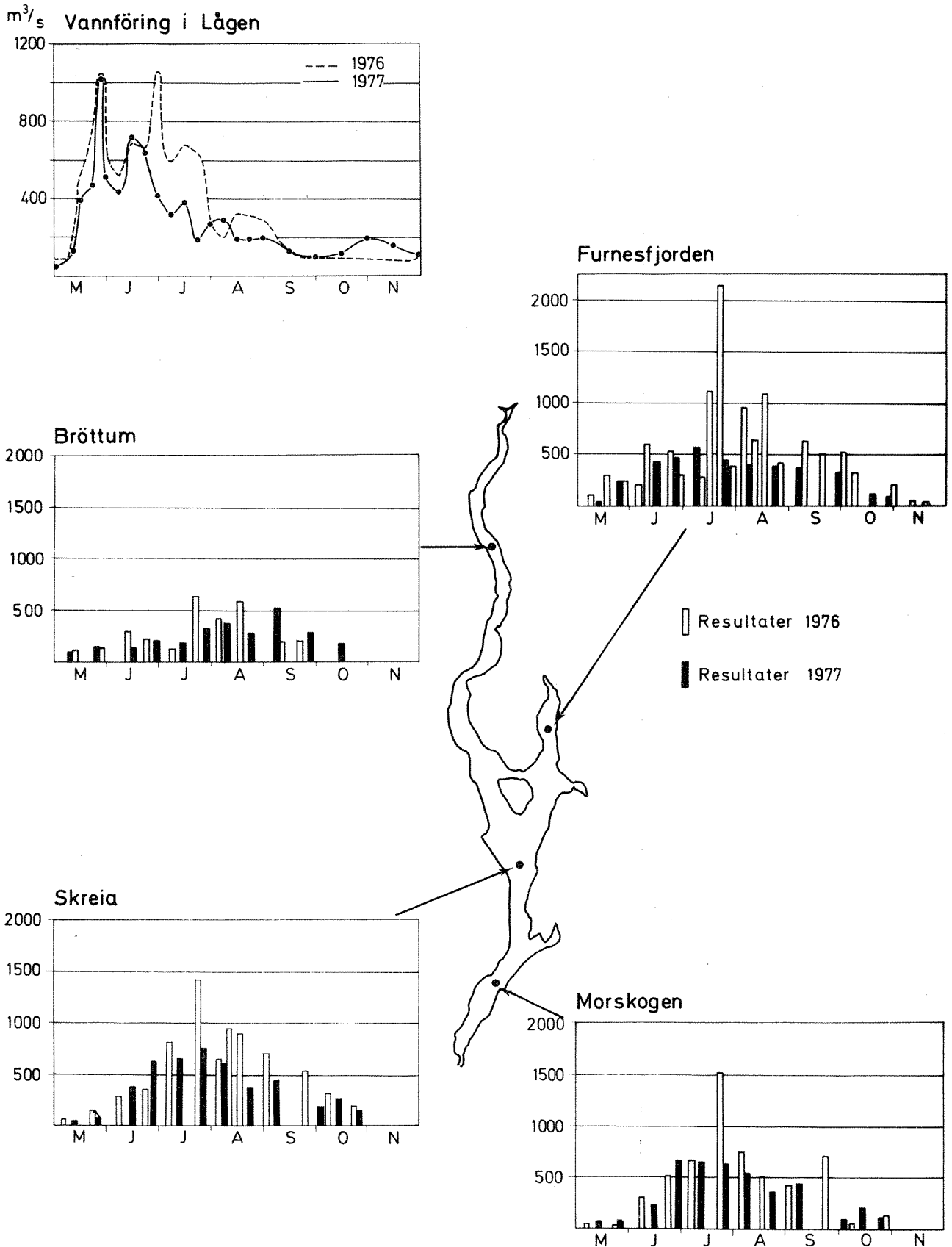


Fig.12 Planteplanktonproduksjonen i 1976 og 1977 uttrykt som mg C/m² · døgn.



Den høyere aktiviteten i produksjonen som til tider ble registrert i 1976, førte til raskere oppbygning av algebiomassen, men svingningene var større enn i 1977 da produksjonsaktiviteten var jevn gjennom store deler av vekstsesongen. Årsproduksjonen, som i alt vesentlig er representert ved produksjonen i perioden 15. april til 15. desember, er for 1977 beregnet til ca. $62 \text{ g C/m}^2 \cdot \text{år}$ på stasjon Furnesfjorden og stasjon Morskogen, $69 \text{ g C/m}^2 \cdot \text{år}$ på stasjon Skreia og $46-47 \text{ g C/m}^2$ på stasjon Brøttum.

Tilsvarende verdier for 1976 var ca. $100 \text{ g C/m}^2 \cdot \text{år}$ i Furnesfjorden og Skreia, $80 \text{ g C/m}^2 \cdot \text{år}$ på Morskogen og $50 \text{ g C/m}^2 \cdot \text{år}$ på Brøttum.

I de sørlige deler var en betydelig senkning og i de nordlige deler bare en mindre senkning.

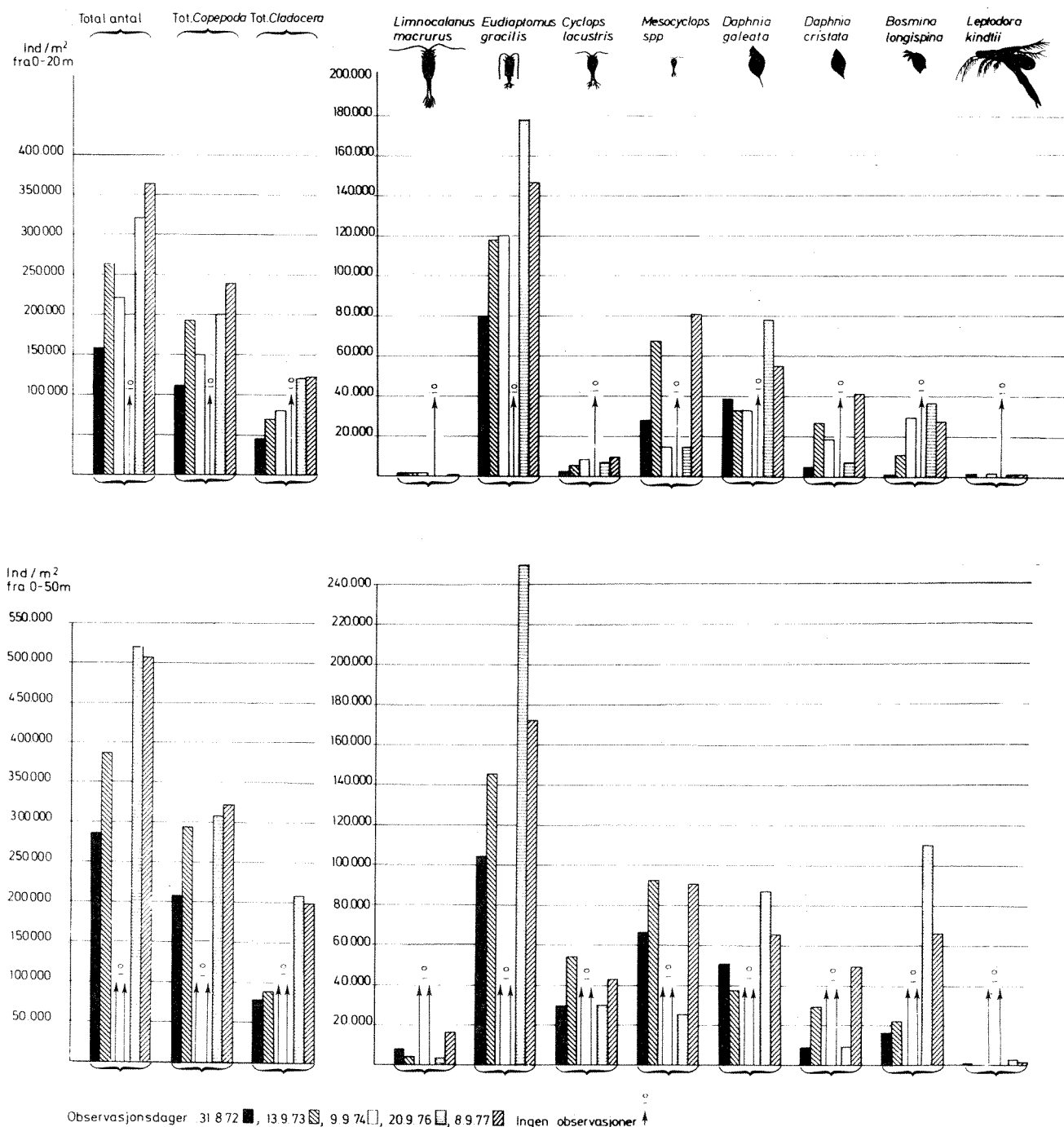
6. KREPSDYRPLANKTON

I september måned 1977 ble det samlet inn en kvantitativ prøveserie av dyreplankton fra overflaten ned til 50 meter på alle fem hovedstasjoner. Hensikten med dette var å dokumentere om eventuelle større forandringer i dyreplanktonet hadde funnet sted i løpet av de siste år. Resultatet av denne undersøkelse fremgår av tabell 13. Den største forekomst av krepsdyrplankton ble i prøvetakingsperioden funnet i Furnesfjorden, der individantallet var ca. dobbelt så stort som ved prøvetakingsstasjonene i den sentrale og søndre del (Skreia, Morskogen). Den laveste forekomst ble notert i Mjøsas nordlige del (Brøttum).

Gruppen *Copepoda* med artene *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops lacustris* og *Mesocyclops* spp. som dominerende innslag var i flertall ved samtlige stasjoner. Ved Kise og i Furnesfjorden utgjorde dog gruppen *Cladocera* nesten halvparten av individantallet. Cladocer-faunaen besto i første rekke av artene: *Daphnia galeata*, *D. cristata* og *Bosmina longispina*. Bortsett fra stasjonen ved Brøttum der *C. lacustris* var mest vanlig, var *E. gracilis* rikeligst representert.

Artssammensetning og mengde av krepsdyrplanktonet i 1977 var stort sett i overensstemmelse med tidligere observasjoner (se fig. 13, som viser forholdene ved st. Skreia i Mjøsas sentrale område). Noen markert forandring i krepsdyrsamfunnet synes ikke å ha skjedd i løpet av de senere år.

Fig. 13 Forekomst av krepssdyrplankton under sensommeren i Mjosas sentrale partier (Skeira) tidsperioden 1972-77



7. MATEMATISK STRØMNINGSMODEL

7.1 Innledning

Med en matematisk modell menes et system av ligninger og funksjonssammenhenger som beskriver et aktuelt problem. Et eksempel er lengde = hastighet • tid ($s = v \cdot t$).

Det system som beskriver strømforholdene i en sjø er naturligvis betydelig mer komplisert og er ikke mulig å løse eksakt. Ved hjelp av elektronisk databehandling kan imidlertid tilnærmede løsninger, som er akseptable for praktisk bruk, bestemmes. Fordelene er at strømningene kan beregnes for en vilkårlig valgt vind, inn- og utløpsvannføringer, temperatursjiktning samt for eventuelle endringer i sjøens form. Resultatene oppnås raskt og til en relativt lav pris. Ulempene er de til dels høye utviklingskostnadene og vanskelighetene med å verifisere modellene ved feltmålinger.

7.2 Ligninger

Modellen som her er benyttet er utviklet av J. Simons ved Canada Centre for Inland Waters. Grunnleggende ligninger er:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = f \cdot v - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (A_H \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_H \frac{\partial u}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (A_V \frac{\partial u}{\partial z}) \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -f \cdot u - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} (A_H \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_H \frac{\partial v}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (A_V \frac{\partial v}{\partial z}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} (uT) - \frac{\partial}{\partial y} (vT) - \frac{\partial}{\partial z} (wT) + \frac{\partial}{\partial x} (K_H \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_H \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_V \frac{\partial T}{\partial z}) \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

$$p(x, y, z) = \int_z^{\text{overfl.}} \rho g dz \quad (5)$$

u, v, : hastighetskomponenter i horisontalplanet langs x- og y-aksene
t : tid
w : hastighetskomponent i vertikalretning (z)

| | | |
|------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| f | : | corioliparameteren |
| p | : | trykkraft |
| T | : | temperatur |
| ρ | : | tetthet |
| A_H, A_V | : | koeffisienter for turbulent diffusjon av bevegelse i henholdsvis horisontal og vertikal retning |
| K_H, K_V | : | koeffisienter for turbulent diffusjon av varme i henholdsvis horisontal og vertikal retning |

Ligning (1) og (2) beskriver bevegelsen (Newton's 2. lov). Ligning (3) (varmlovens 1. hovedsetning) beskriver varmens bevarelse. Ligning (4) (kontinuitetsligningen) gir uttrykk for massens bevarelse. Videre er det antatt hydrostatisk trykkfordeling (5).

Sjøen deles inn i celler (1 km . 1 km). I horisontalplanet er cellene kvadratiske og høyden er avstanden mellom et gitt antall horisontale nivåflater (4 m, 12 m, 25 m). For hver celle blir hastigheter, nivå og temperatur beregnet. Beregningen utføres med jevne tidsintervaller (20 s). Krefter som innvirker på bevegelsen er vindens skyvkraft, friksjon mot bunnen og trykkrefter på grunn av temperaturforskjeller, vindoppstuvning, inn- og utløpsvannføringer. Når bevegelsen først er kommet igang, blir den avbøyd til høyre på grunn av jordrotasjonen. Forøvrig blir bevegelsen påvirket av sjøens form.

7.2 Resultater

Som input i modellen gjaldt forholdene 28/9-77.

Vindstyrke : 6 m/s i 10 m's nivå fra SV
Tilløp via Lågen : Vannføring : 200 m³/s, temperatur : 8°C
Utløpsvannføring i Vorma : 100 m³/s
Temperatur : Som i vertikalsnittet ved Gjøvik (fig.17),
dvs. ikke noe utpreget sprangsjikt

Situasjonen som blir beskrevet er resultatet etter ett døgn med konstant vindpåvirkning.

Overflatevannet beveget seg mot NNE (fig.14), dvs. til høyre for vindens retning. Hastigheten i intervallet 10 cm/s til 15 cm/s dominerte.

Også sjiktet mellom 4 m og 12 m hadde tendens til NNE-lig bevegelse. Karakteristiske hastigheter var 2 cm/s til 6 cm/s. I nivået 12 m - 25 m beveget vannet seg generelt mot NW. Dominerende hastigheter varierte mellom 1 cm/s til 6 cm/s. Bevegelser i sjiktet 25 m til bunn hadde sydlig retning med karakteristiske hastigheter mellom 0,5 cm/s og 3 cm/s.

Vannoverflatens nivå økte fra SW mot NE. Nivåforskjellene varierte overveiende mellom 0,1 cm og 0,5 cm innen ulike tverrsnitt. I nord var vannstanden 2,5 cm høyere enn ved utløpet i syd.

I Mjøsas nord- og vestlige deler hadde vannet overveiende en nedadrettet bevegelse. De største hastighetene (0,1 mm/s - 0,2 mm/s) fant sted langs strendene. I syd- og vestlige deler var strømmingene oppadrettet. Hastighetenes størrelse avtok med dypet. De vertikale strømmingene gikk i stor utstrekning dypere enn til 25 m's nivå (fig.15).

Vannets temperatur økte fra vest mot øst. Fig.16 viser et typisk eksempel på dette. Videre hadde området nær utløpet i syd relativt kaldt vann (fig.18).

Overflatesjiktens bevegelse mot Mjøsas nord- og østside (til høyre for vinden) kan forklares med jordrotasjonens avbøyende kraft. Oppstuvning mot denne side førte til skrånende overflate fra nordøst mot sydvest. Videre var vannet varmere langs østsiden enn vestsiden på grunn av vertikale strømminger. Disse fenomenene fører til at trykkraftene søkes balansert av corioli kraften, slik at strømhastighetene, som opprinnelig var satt igang av vinden, forsterkes. Effekten avtar med dybden.

Trykkrefter på grunn av skrånende overflate og temperaturfordeling fører til generelt nedadrettede bevegelser langs Mjøsas øst- og nordlige deler. Vertikale hastigheter i de ulike nivåflatene og temperaturfordelingen indikerte at en del av dette vannet ble innlagret i sjiktene mellom 4 m og 25 m, mens hovedmengden ble trent dypere ned enn til 25 m's nivået. Dette forløpet medfører oppadrettede kompensasjonsstrømmer langs syd- og vestsiden samt sydgående bevegelser i dyplaget.

I et område mellom Lillehammer og Gjøvik viser modellberegningene oppadrettede strømminger (fig.15) og tilhørende lave temperaturer. Forløpet synes å

være nært knyttet til bunntopografien (fig. 19). Overensstemmelsen mellom beregnede og observerte temperaturer tyder på at resultatet er realistisk (fig. 17 og 18).

Også observerte og beregnede temperaturprofiler i ulike tverrsnitt viste meget god overensstemmelse. Et eksempel er vist på fig.16.

Syd for Helgøya var det plassert selvregistrerende strømmålere på 8 og 40 m's dyp. De modelerte hastighetene hadde samme retning, men var lavere enn de observerte.

7.3 Generelt

Det er her gjort et første forsøk på å beregne strøm- og temperaturfordelingen i Mjøsa med en matematisk modell. Sammenlikninger med observasjoner tyder på at beregningene gir et realistisk bilde av virkeligheten.

Metoden er et redskap til å beskrive strømminger og temperaturfordeling kvantitativt. For eks. kan betydningen av vindenes styrke og retning, eller eventuelle reguleringseffekter av Lågen være interessante.

Kjennskap til strømningsmønsteret gir grunnlag for å vurdere spredningen av ulike stoffer. Observasjoner i Mjøsa av f.eks. fosfor, nitrogen, organisk materiale, bakterier m.v. har vist store regionale variasjoner. Dersom tilførslene og diverse prosesser er kjente, kan disse sammen med resultatene fra strømningsmodellen, nyttes i en matematisk spredningsmodell til å beregne denne konsentrasjonsfordelingen.

Biologisk produksjon har en viss sammenheng med mengde og konsentrasjon av ulike stoffer som er tilgjengelige. Matematiske strøm- og spredningsmodeller kan derfor være til hjelp for å vurdere den biologiske respons på naturlige og menneskelige påvirkninger.

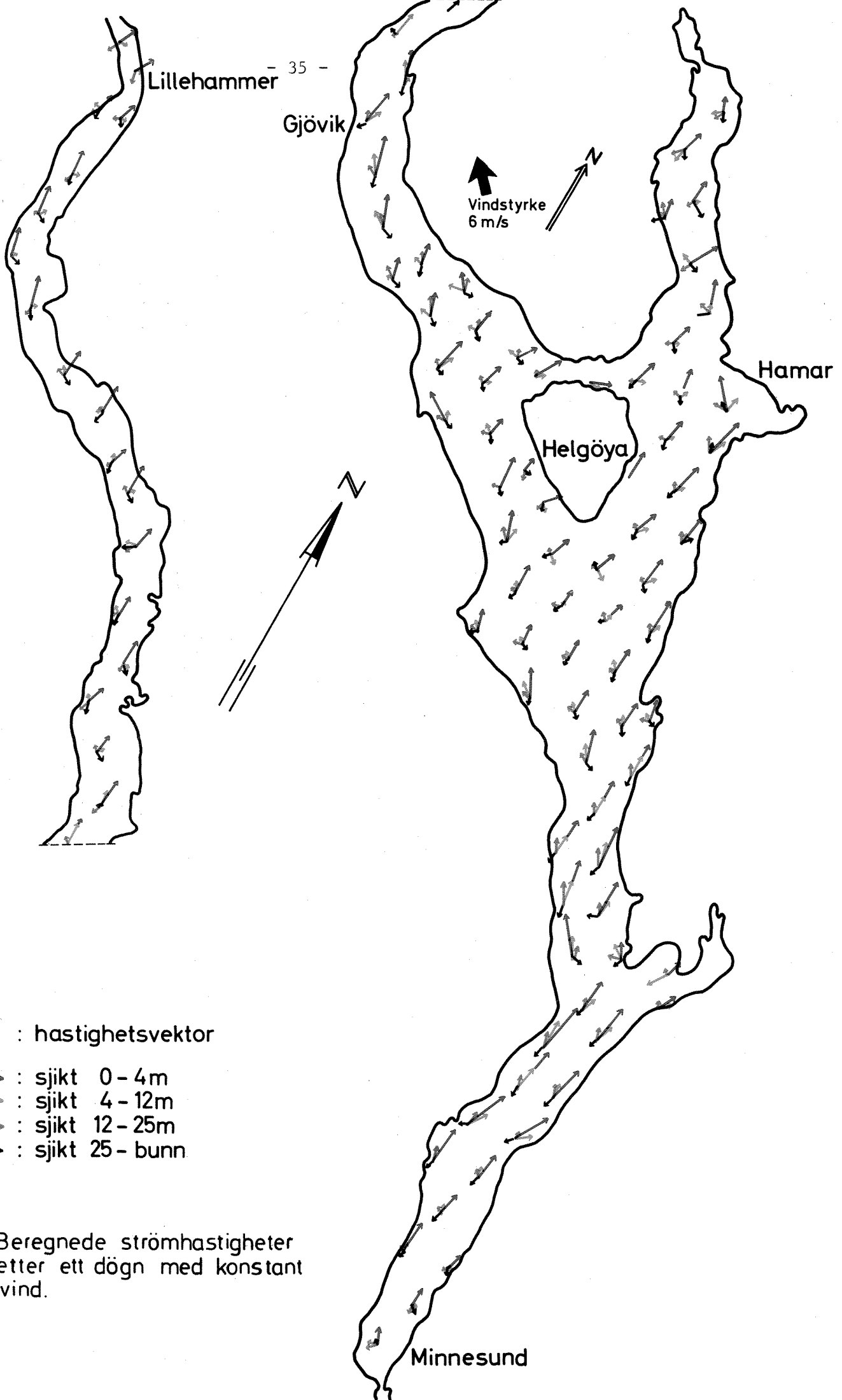


Fig.14. Beregnede strømhastigheter etter ett døgn med konstant vind.

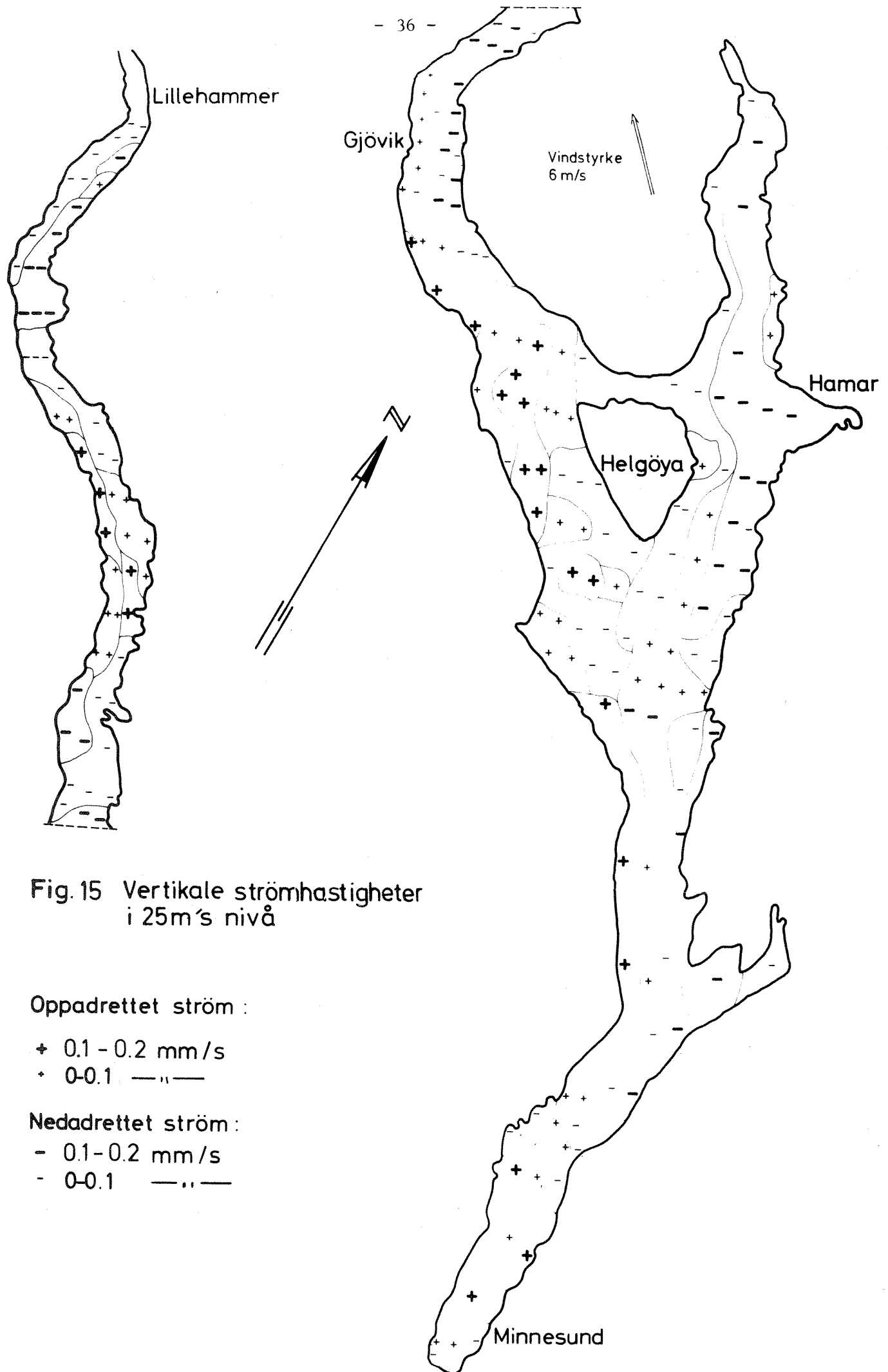


Fig.15 Vertikale strømhastigheter
i 25m's nivå

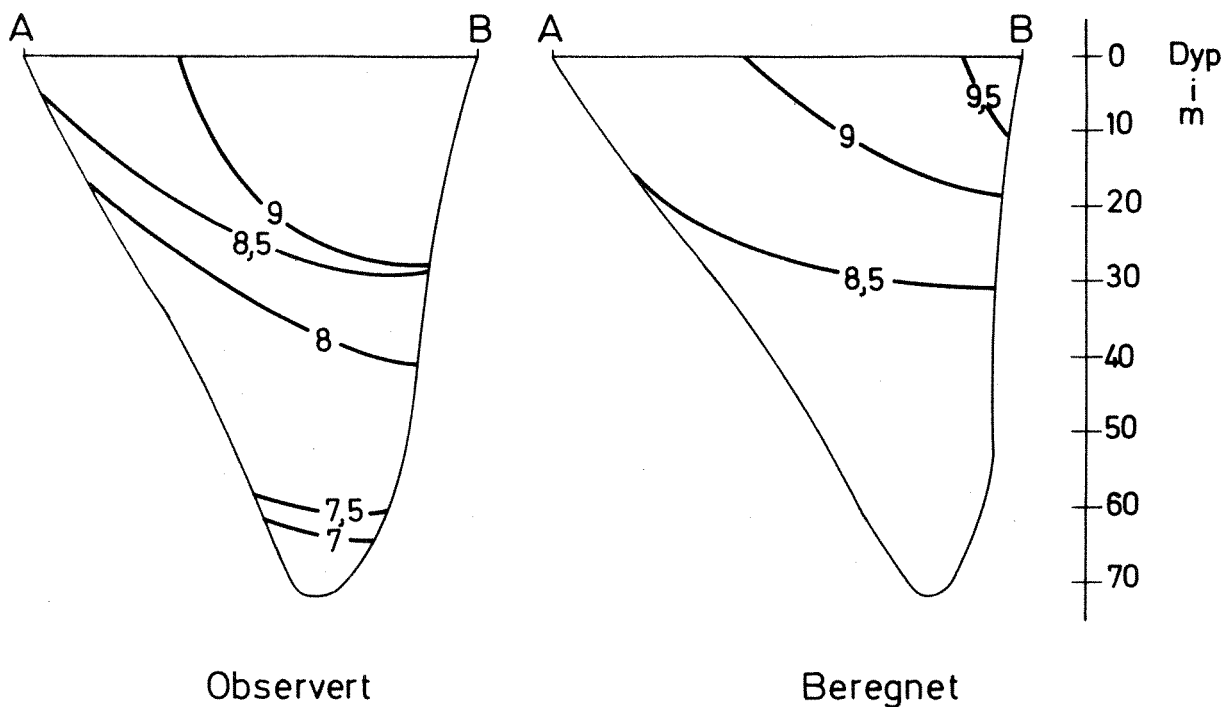
Oppadrettet strøm :

- + 0.1 - 0.2 mm/s
- + 0-0.1 — " —

Nedadrettet strøm :

- 0.1 - 0.2 mm/s
- 0-0.1 — " —

Fig.16. Observerte og beregnede temperatur profiler.



Observert

Beregnet

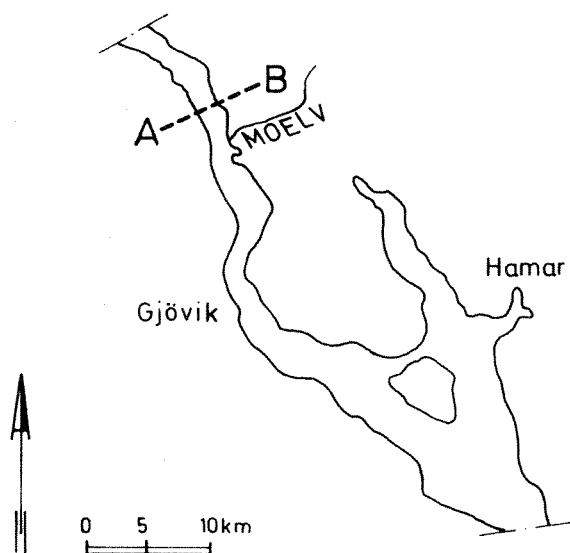


Fig.17. Observerte temperaturer 27. - 28.09, 1977

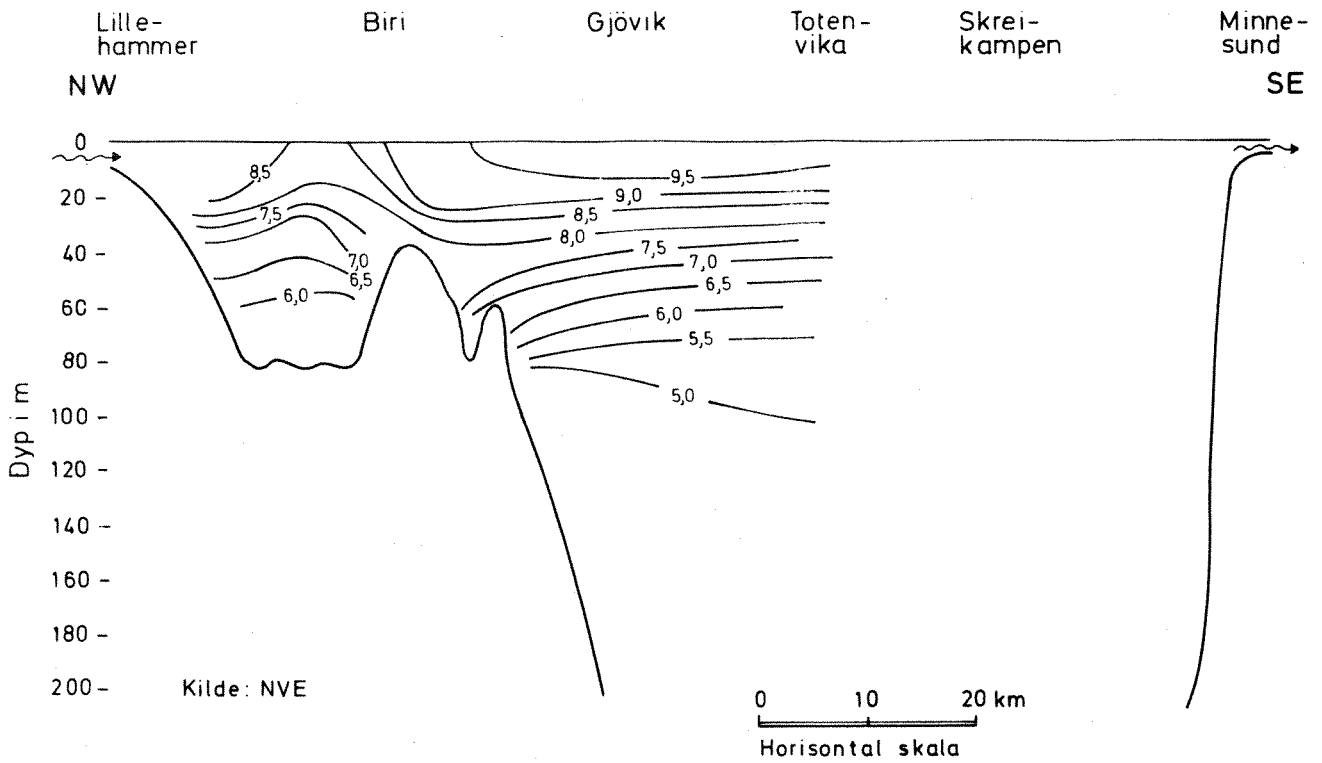


Fig.18. Beregnede temperaturer 28.09, 1977

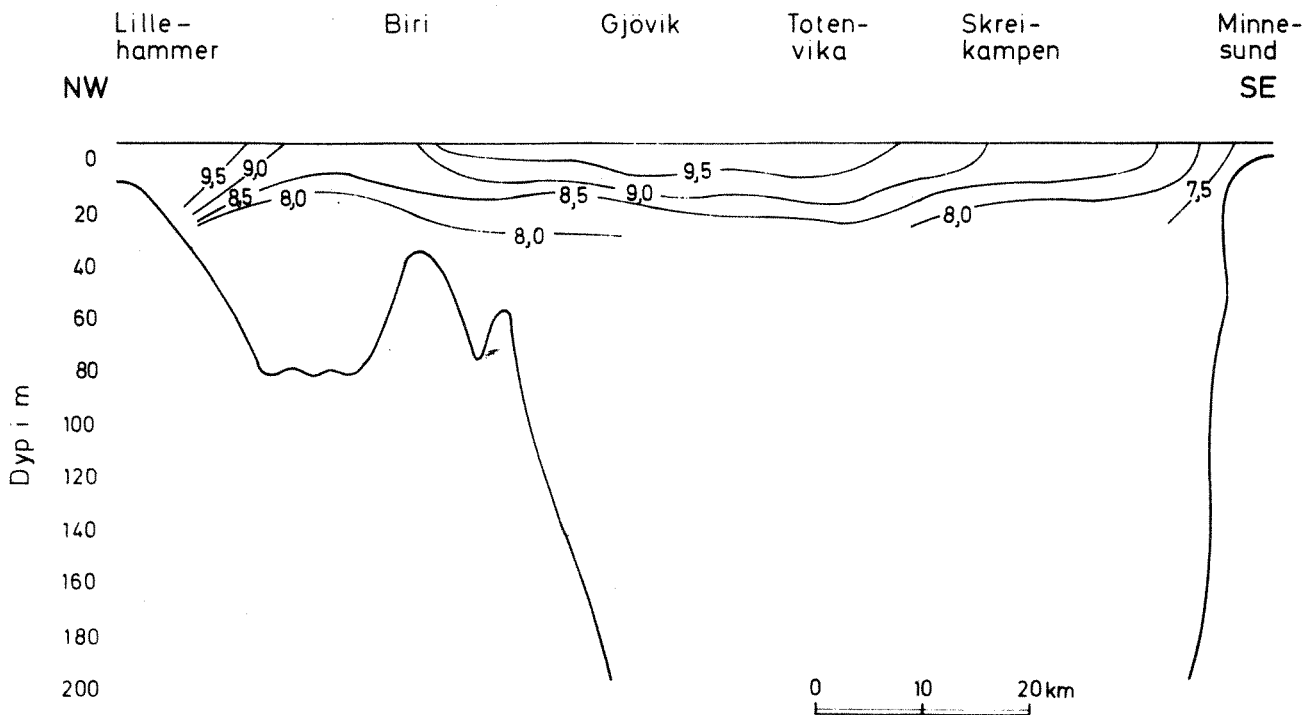
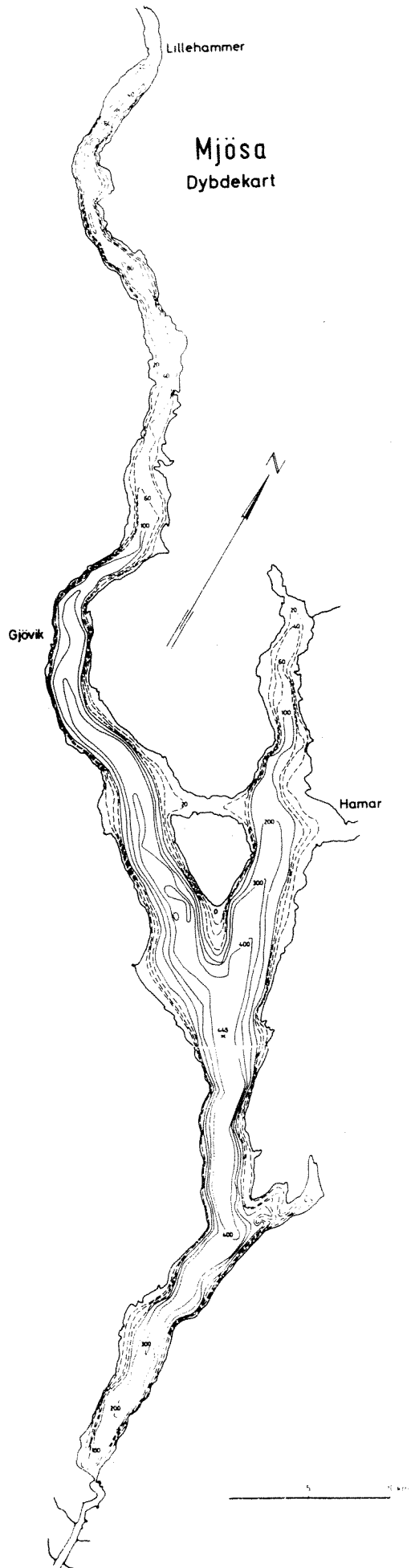


Fig.19.



8. SAMMENFATNING

I likhet med foregående år var også sommerperioden 1977 karakterisert av betydelig forekomst av alger over hele Mjøsa. I begynnelsen av juni etter dannelsen av et sprangsjikt, økte algemengden raskt og nådde sitt maksimum i løpet av juli. Et unntak fra dette mønster var Mjøsas nordlige områder hvor algeutviklingen i likhet med foregående år var noe tidsforskjøvet. Dette har sin forklaring i flomsituasjonen i Lågen på forsommeren. I løpet av august avtok algemengden, hvoretter den igjen økte noe utover september måned. Videre utover høsten avtok igjen algemengden.

Det som først og fremst skiller de to årene hva algemengde angår, er generelt sett en betydelig større algemengde i september - oktober 1976 (se spesielt Furnesfjorden og Skreia). Videre synes algeforekomsten å være noe mer lokalbettinget i 1976 jevnført med 1977, da algemengden var mer jevnt fordelt i Mjøsas sentrale områder så vel som i de sydlige deler. Videre foreligger betydelige forskjeller mellom de to år når det gjelder algesuksesjonen. Sommeren 1977 var innslaget av blågrønnalger (*Oscillatoria*) mindre markert, og det var i første rekke kiselalgen som dominerte algefloraen dette år.

Planteplanktonets biomasse besto i 1977 i stor utstrekning av kiselalgen *Asterionella formosa*, mens toppene på forsommeren 1976 var dominert av kiselalgen *Fragilaria crotonensis*. Første halvdel av sommeren 1977 lignet algesuksesjonen mer på situasjonen som var fremherskende i 1972 enn slik den var i 1976.

I løpet av sensommeren og høsten tiltok bl.a. andelen *Oscillatoria* spp. Dette gjelder begge de to siste år, men var spesielt markert i 1976 da mengden *Oscillatoria* var betydelig større samt opptrådte tidligere på sommeren enn i 1977. Videre er det grunn til å merke seg at det markerte *Oscillatoria*-maksima som ble dannet i tilknytning til sprangsjiktet spesielt i august 1976, ikke forekom i 1977, da algen var mer orientert mot overflaten. Trikomene (algetrådene) var også i gjennomsnitt betydelig lengere i 1976 enn i 1977. Dette er bl.a. forhold som medførte at drikkevannssituasjonen var betydelig bedre siste sommer-høst jevnført med foregående år, men det

bør nevnes at det også dette år var betydelig lukt- og smaks-ulemper for Hamar vannforsyning, spesielt i september. Denne ulempe hadde imidlertid ikke det omfang og den varighet som hersket sensommeren og høsten 1976.

Ovenfornevnte forhold både når det gjelder algemengde og suksesjonsforhold, skulle tyde på at vekstforholdene i 1977 var mindre gunstige enn i 1976, og bl.a. ved siden av mindre gunstige værforhold kan næringssalttilgangen, og da spesielt fosfattilgangen ha hatt avgjørende betydning. *Fragilaria crotonensis* og *Oscillatoria* spp. er algearter med større næringssaltkrav enn f.eks. *Asterionella formosa*. Videre er det kjent at *Oscillatoria* forekommer med korte trikomer når forholdene er ugunstige, bl.a. når næringssaltinnholdet er lavt. Dette skulle kunne tyde på at tilgangen på næringssalter var mindre i sommerperioden 1977 enn i 1976. Særlig gjelder dette forsommeren og høysommeren, mens næringssalttilgangen utover høsten tydeligvis ble bedre. Det var først under denne tidsperioden *Fragilaria crotonensis* og *Oscillatoria* spp. forekom i størst mengde i 1977.

Årsakene til den dokumenterte forskjellen mellom de to siste år er sikkert en kombinasjon av flere faktorer.

Blant faktorer som har nedsatt algeproduksjonen, kan nevnes:

- Mindre tilførsler av næringssalter som resultat av de forurensningsbegrensende tiltak som er iverksatt.
- Sommeren 1977 var kjølig, regnfull og vindrik. Vindpåvirkningen kan ha bidratt til større fortykning - jevnfør den mer homogene algefördelingen 1977 sammenlignet med 1976. Bare korte perioder med godt vær har bl.a. redusert produksjonskapasiteten osv.

Faktorer som har bidratt til å øke næringssaltkonsentrasjonen, er bl.a. lav vannføring i Lågen. Spesielt gjelder dette sensommeren og høsten da vannføringen i lange tidsperioder var lavere enn $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

Selv om de iverksatte forurensningsbegrensende tiltak har hatt betydning for forurensningstilførslene til Mjøsa (fosfortilførselen via tilløpselvene synes å være ca. 30% redusert fra 1976 til 1977), er belastningen fortsatt

for stor. De forskjellige forurensningskilder kan imidlertid ha ulik effekt på algeproduksjonen selv om belastningens størrelse er den samme. Dette har sammenheng med i hvilken form de forskjellige forurensningskomponenter foreligger. Løste fosforforbindelser har for eksempel langt større betydning enn partikulært fosfor.

På bakgrunn av disse forhold bør følgende tiltak fortsatt prioriteres:

- innskrenkning i bruk av fosforholdige vaskemidler
- reduksjon av fosfor i kloakkrenseanlegg
- utbedring av kloakkledningssystemet
- reduksjon av fosfor i industrielt avløpsvann
- redusere åpenbare tilsig fra gjødselkjellere og gjødsellager
- en bedre kontroll med og behandling av avløpsproblemene i spredt bebyggelse.

De fortsatte Mjøsundersøkelser bør ved siden av å følge forurensningstransporten via tilløpselvene og utviklingen i selve Mjøsa, konsentrere seg om å fremskaffe gode data angående forurensningsbelastningen fra nærområdene - både hva næringsalter, tungmetaller o.l. angår. Videre er det av stor betydning å foreta et nærmere studium av stoffomsetningen i selve innsjøen. Den mikrobiologiske omsetning av organisk stoff og hvilken betydning den stadig økende nitrogentilførsel har i denne sammenheng, er sentrale forskningsoppgaver.

Tabell 9. Brøttum 1977. "Årsproduksjon" (15/4 - 15/12): 45 g C · m⁻² · år⁻¹.

| Dyp | 10/5 | 26/5 | 14/6 | 29/6 | 13/7 | 27/7 | 10/8 | 24/8 | 8/9 | 27/9 | 14/10 |
|----------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 0,5m | 1,79 | 30,9 | 33,4 | 36,8 | 26,9 | 28,5 | 20,5 | 67,5 | 88,6 | 64,2 | 31,4 |
| 1 m | 1,71 | 40,7 | 27,7 | 44,0 | 30,0 | 34,2 | 47,5 | 69,0 | 95,7 | 71,2 | 23,1 |
| 2 m | 7,41 | 44,0 | 33,8 | 39,3 | 40,7 | 42,7 | 63,5 | 59,7 | 55,7 | 58,7 | 38,8 |
| 4 m | 7,75 | 10,9 | 13,1 | 35,3 | 17,3 | 46,4 | 54,1 | 30,8 | 81,3 | 32,0 | 25,0 |
| 6 m | 9,26 | 1,22 | 2,16 | 8,73 | 12,4 | 37,0 | 27,1 | 9,48 | 29,9 | 10,3 | 8,85 |
| 8 m | 6,15 | -0,26 | -0,14 | 0,78 | 5,73 | 12,4 | 21,7 | 0,55 | 31,1 | 3,30 | 3,86 |
| 12 m | 1,60 | -0,79 | -0,40 | -0,67 | 0,52 | 0,72 | 3,10 | 5,73 | -0,22 | -1,06 | -0,36 |
| Dags- prod. | 83,8 | 151 | 132 | 215 | 181 | 321 | 384 | 281 | 527 | 282 | 187 |

Tabell 10. Furnesfjorden 1977. "Årsproduksjon" (15/4 - 15/12): 61 g C . m⁻² . år⁻¹.

| Dyp | 12/5 | 25/5 | 14/6 | 27/6 | 8/7 | 25/7 | 9/8 | 22/8 | 7/9 | 30/9 | 18/10 | 26/10 |
|----------------|------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| 0,5m | 7,62 | 28,1 | 82,5 | 118 | 54,2 | 86,3 | 66,6 | 49,9 | 35,7 | 77,8 | 34,5 | 19,7 |
| 1 m | 7,91 | 45,7 | 83,8 | 140 | 99,2 | 107 | 81,5 | 55,3 | 64,1 | 72,6 | 31,9 | 19,2 |
| 2 m | 8,51 | 44,7 | 85,9 | 124 | 93,2 | 103 | 71,5 | 52,8 | 81,7 | 72,3 | 24,5 | 18,0 |
| 4 m | 4,70 | 32,1 | 29,5 | 44,5 | 104 | 55,0 | 50,1 | 43,8 | 51,3 | 39,5 | 10,9 | 8,83 |
| 6 m | 2,08 | 18,9 | 43,2 | 11,7 | 31,6 | 19,2 | 25,4 | 27,4 | 25,1 | 14,9 | 3,55 | 4,30 |
| 8 m | 1,01 | 6,43 | 10,1 | 1,37 | 9,82 | 3,59 | 10,6 | 27,7 | 9,67 | 4,17 | 0,68 | 1,56 |
| 12 m | 0,10 | 0,12 | 0,94 | -2,13 | 0,60 | -2,60 | -0,83 | 0,33 | 1,05 | -1,5 | -0,77 | 0,05 |
| Dags- prod. | 41,0 | 242 | 437 | 472 | 582 | 453 | 402 | 390 | 377 | 333 | 111 | 90,6 |

Tabell 11. Skreia 1977. "Årsproduksjon" (15/4 - 15/12): 68 g C · m⁻² · år⁻¹.

| Dyp | 11/5 | 26/5 | 15/6 | 28/6 | 12/7 | 26/7 | 8/8 | 23/8 | 8/9 | 4/10 | 13/10 | 25/10 |
|---------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| 0,5m | 1,89 | 1,97 | 24,3 | 57,0 | 23,6 | 82,3 | 46,9 | 44,1 | 47,5 | 54,9 | 27,8 | 20,1 |
| 1 m | 4,86 | 4,50 | 24,4 | 80,2 | 68,7 | 130 | 86,8 | 45,9 | 77,6 | 54,4 | 37,8 | 25,5 |
| 2 m | 6,48 | 7,64 | 36,9 | 116 | 107 | 147 | 113 | 58,1 | 75,7 | 41,1 | 41,7 | 26,1 |
| 4 m | 6,65 | 11,3 | 75,2 | 89,2 | 125 | 116 | 99,3 | 54,8 | 67,0 | 17,4 | 39,3 | 23,1 |
| 6 m | 6,38 | 10,2 | 34,2 | 58,1 | 59,8 | 47,7 | 43,8 | 29,3 | 31,4 | 6,35 | 22,7 | 12,2 |
| 8 m | 4,19 | 6,19 | 23,5 | 21,4 | 17,9 | 16,6 | 17,4 | 15,8 | 12,3 | 1,38 | 9,15 | 4,62 |
| 12 m | 1,41 | 1,25 | 3,78 | 0 | 0,14 | -0,68 | 0,90 | 2,37 | - | 1,18 | 0,97 | 0,23 |
| Dag- prod. | 55,3 | 80,2 | 388 | 632 | 666 | 750 | 609 | 368 | 447 | 196 | 264 | 155 |

Tabell 12. Morskogen 1977. "Årsproduksjon" (15/4 - 15/12): 61 g C · m⁻² · år⁻¹.

| Dyp | 13/5 | 26/5 | 15/6 | 28/6 | 12/7 | 26/7 | 8/8 | 23/8 | 8/9 | 4/10 | 13/10 | 25/10 |
|----------------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 0,5m | 5,33 | 2,57 | 11,4 | 44,5 | 51,5 | 80,8 | 53,7 | 59,3 | 43,5 | 34,9 | 30,8 | 14,8 |
| 1 m | 10,9 | 7,19 | 28,2 | 111 | 79,3 | 162 | 72,5 | 71,4 | 52,8 | 31,2 | 33,9 | 18,2 |
| 2 m | 11,5 | 8,58 | 37,1 | 89,0 | 106 | 141 | 70,8 | 74,7 | 59,3 | 15,9 | 36,8 | 18,6 |
| 4 m | 10,7 | 10,3 | 40,0 | 108 | 129 | 75,3 | 79,8 | 43,2 | 61,1 | 6,13 | 34,0 | 16,7 |
| 6 m | 6,31 | 8,35 | 23,7 | 46,2 | 37,9 | 27,2 | 45,8 | 23,5 | 37,8 | 1,70 | 16,4 | 7,13 |
| 8 m | 4,02 | 5,99 | 8,15 | 13,8 | 11,4 | 7,20 | 21,5 | 8,87 | 25,1 | -0,02 | 5,86 | 4,40 |
| 12 m | 1,32 | 2,88 | 0,80 | -0,52 | 1,07 | -2,10 | 1,81 | 0,46 | 4,72 | -0,74 | 0,95 | 0,50 |
| Dags- prod. | 78,2 | 87,4 | 243 | 664 | 658 | 628 | 536 | 368 | 439 | 83,9 | 216 | 114 |

Tabell 13. Individantall under 1 m² overflate i dypsonen 0-20 m og 0-50 m for krepsdyrplankton ved fem lokaliteter i Mjøsa, september 1977.

| Lokalitet Art | Brøttum | | Kise | | Furnesfjorden | | Skreia | | Morskogen | |
|----------------------------|---------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | 0-20 m | 0-50 m | 0-20 m | 0-50 m | 0-20 m | 0-50 m | 0-20 m | 0-50 m | 0-20 m | 0-50 m |
| Limnocalanus macrurus ♀ | 440 | 5140 | 1190 | 2890 | 510 | 1110 | 280 | 7080 | 590 | 2490 |
| | 120 | 6320 | 330 | 2530 | 420 | 1220 | 390 | 7490 | 230 | 1230 |
| | - | - | - | - | - | - | 120 | 1320 | 80 | 80 |
| | - | - | - | 600 | - | - | 40 | 140 | - | - |
| Σ Limnocalanus | 560 | 11460 | 1520 | 6020 | 930 | 2330 | 830 | 16030 | 900 | 3800 |
| Heterocope appendiculata ♀ | 20 | 20 | 260 | 260 | - | - | 60 | 60 | - | - |
| | - | - | 80 | 80 | 190 | 190 | - | - | - | 300 |
| | 360 | 360 | 290 | 290 | 550 | 550 | 270 | 270 | 20 | 20 |
| | 100 | 300 | 1120 | 1120 | 2450 | 4350 | 440 | 440 | 370 | 370 |
| Σ Heterocope | 480 | 680 | 1750 | 1750 | 3190 | 5090 | 770 | 770 | 390 | 690 |
| Eudiaptomus gracilis ♀ | 930 | 2330 | 1960 | 2060 | 9580 | 10180 | 1350 | 1650 | 1470 | 1570 |
| | 120 | 120 | 580 | 680 | 1040 | 1240 | 280 | 280 | 100 | 300 |
| | 470 | 1170 | 1380 | 1380 | 5440 | 5740 | 1510 | 2010 | 1310 | 1610 |
| | 14370 | 18070 | 57230 | 63330 | 255810 | 283710 | 107960 | 129660 | 149750 | 194250 |
| | 1680 | 1680 | 18970 | 19570 | 57530 | 60530 | 35790 | 39190 | 55800 | 63100 |
| Σ Eudiaptomus | 17570 | 23370 | 80120 | 87020 | 329400 | 361400 | 146890 | 172790 | 208430 | 260830 |
| Cyclops lacustris ♀ | 230 | 230 | 460 | 1660 | 140 | 640 | 170 | 3170 | 130 | 630 |
| | - | 200 | 40 | 1040 | 140 | 340 | - | 600 | 80 | 680 |
| | - | 200 | 820 | 1820 | 480 | 1680 | 170 | 4770 | 330 | 1230 |
| | 1130 | 3530 | 3790 | 6190 | 14550 | 16250 | 6530 | 13530 | 5790 | 9190 |
| | 14380 | 75380 | 3390 | 31690 | 4170 | 26770 | 2510 | 20610 | 3290 | 21790 |
| Σ C. lacustris | 15740 | 79540 | 8500 | 42400 | 19480 | 45680 | 9380 | 42680 | 9620 | 33520 |
| Acanthocyclops ♀ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | 140 | 140 | 880 | 880 | - | - | 350 | 350 |
| Σ Acanthocyclops | - | - | 140 | 140 | 1000 | 1000 | - | - | 450 | 450 |
| Mesocyclops spp. ♀ | - | - | 20 | 20 | 1370 | 1370 | 80 | 280 | 70 | 70 |
| | - | - | 20 | 20 | 220 | 220 | - | - | - | - |
| | - | - | 250 | 250 | 11440 | 11740 | 210 | 210 | 150 | 150 |
| | 3840 | 6340 | 27050 | 28350 | 74550 | 81550 | 66390 | 72890 | 63400 | 78000 |
| | 2100 | 4200 | 8970 | 11870 | 30960 | 35460 | 14370 | 17670 | 24250 | 31350 |
| Σ Mesocyclops | 5940 | 10540 | 36310 | 40510 | 118540 | 130340 | 81050 | 91050 | 87870 | 109570 |

Tabell 13. Individantall under 1 m² overflate i dypsonen 0-20 m og 0-50 m for krepsdyrplankton ved fem lokaliteter i Mjøsa, september 1977.

| Art | Lokalitet | Brøttum | | Kise | | Furnesfjorden | | Skreia | | Morskogen | |
|---------------------------|-----------|---------|--------|--------|--------|---------------|---------|--------|--------|-----------|--------|
| | | 0-20 m | 0-50 m | 0-20 m | 0-50 m | 0-20 m | 0-50 m | 0-20 m | 0-50 m | 0-20 m | 0-50 m |
| Daphnia galeata | ♀ u/egg | 2810 | 2910 | 18260 | 19060 | 65600 | 69800 | 20670 | 25570 | 21400 | 23700 |
| | ♀ m/egg | 1110 | 1110 | 9090 | 10190 | 22320 | 24520 | 9460 | 10060 | 12080 | 13380 |
| | ♀ hv./egg | - | - | - | - | - | - | 40 | 40 | - | - |
| | ♂ | 1290 | 2190 | 7730 | 10330 | 40360 | 45460 | 11670 | 13770 | 19110 | 21010 |
| | embr. | - | - | 3840 | 4140 | 7250 | 12150 | 3900 | 5100 | 3060 | 3460 |
| | juv. | 1150 | 1350 | 9620 | 10220 | 73040 | 78040 | 9490 | 10790 | 18410 | 19110 |
| Σ D. galeata | | 6360 | 7560 | 48540 | 53940 | 208570 | 229970 | 55230 | 65330 | 74060 | 80660 |
| Daphnia cristata | ♀ u/egg | 920 | 2320 | 13810 | 15310 | 33340 | 50240 | 22060 | 27260 | 15160 | 20860 |
| | ♀ m/egg | 20 | 20 | 2830 | 3230 | 4640 | 6140 | 1620 | 1720 | 4690 | 5990 |
| | ♀ hv./egg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | ♂ | - | - | 50 | 50 | 180 | 180 | - | - | 120 | 120 |
| | embr. | - | - | 60 | 60 | - | - | - | - | 210 | 210 |
| | juv. | 1500 | 1900 | 12740 | 14740 | 86190 | 101290 | 17580 | 20380 | 23550 | 26550 |
| Σ D. cristata | | 2440 | 4240 | 29490 | 33390 | 124350 | 157850 | 41260 | 49360 | 43730 | 53730 |
| Bosmina longispina | ♀ u/egg | 960 | 1060 | 3810 | 16310 | 6950 | 23150 | 8240 | 25240 | 5350 | 12150 |
| | ♀ m/egg | 420 | 520 | 3600 | 20500 | 4770 | 20770 | 2170 | 10970 | 2930 | 11230 |
| | ♀ hv./egg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | ♂ | - | - | 70 | 70 | 500 | 1400 | - | - | 110 | 210 |
| | embr. | 200 | 200 | 2540 | 8740 | 7670 | 20570 | 3210 | 11910 | 2500 | 8400 |
| | juv. | 1870 | 2470 | 11020 | 31820 | 21240 | 44640 | 13690 | 17790 | 12370 | 18670 |
| Σ Bosmina | | 3450 | 4250 | 21040 | 77440 | 41130 | 110530 | 27310 | 65910 | 23260 | 50660 |
| Σ Alona spp. | | - | - | - | - | - | - | - | - | 70 | 70 |
| Σ Chydorus spp. | | - | - | - | - | 120 | 120 | 70 | 70 | 80 | 80 |
| Σ Leptodora kindtii | | - | - | 60 | 160 | 440 | 440 | 930 | 930 | 100 | 100 |
| Σ Polyphemus pediculus | | - | - | 240 | 240 | 360 | 360 | 200 | 200 | 20 | 20 |
| Σ Bythotrephes longimanus | | - | - | - | - | 70 | 70 | 80 | 80 | 60 | 60 |
| Tot. Copepoda | | 40290 | 125590 | 128340 | 177840 | 472540 | 545840 | 238920 | 323320 | 307660 | 408860 |
| Tot. Cladocera | | 12250 | 16050 | 99370 | 165170 | 375040 | 499340 | 125080 | 181880 | 141380 | 185380 |
| Σ krepsdyrplankton | | 52540 | 141640 | 227710 | 343010 | 847580 | 1045180 | 364000 | 505200 | 449040 | 594240 |

ORDLISTE - BEGREPSTOLKNING

- Vannets maks. tetthet: Vannet er "tyngst" ved ca. 4°C.
- Epilimnion: Overflatesjikt - relativt varmt og homogent.
- Sprangsjikt (metalimnion, termoklin): Overgangsjikt mellom varmt overflatevann og kalde dypvannsmasser.
- Hypolimnion: Kalde dypvannsmasser.
- Sommerstagnasjon: Stabil termisk sjiktning med kaldere (hypolimnion) vann i dypet.
- Høstsirkulasjon: Ustabil situasjon under avkjølingsperioden om høsten. Ut på høsten vil vannmassene ha ensartet temperatur fra overflate til bunn (høstfullsirkulasjon).
- Vinterstagnasjon: Stabil termisk sjiktning med kaldt vann (ca. 0°C) i overflatelagene og noe varmere (ca. 4°C) i de dypere lag.
- Vårsirkulasjon: Ustabil situasjon med ensartet temperatur fra overflate til bunn.
- Eutrof vannforekomst: Næringsrik vannforekomst.
- Dystrof vannforekomst: Lavt innhold av næringsalter, men høyt innhold av organisk stoff fra nedbørfeltet (humusstoffer) - vannet brunt.
- Oligotrof vannforekomst: Næringsfattig vannforekomst.
- Primærproduksjon: Plantevekst (planteplankton) pr. tidsenhet.
Angis i mg karbon (C) pr. m² og døgn og som gram karbon (C) pr. m² og år.
- Biomasse: Mengde (vektenhet) organismer i en bestemt vannmengde, f.eks. mg planteplankton pr. liter vann.
- Klorofyll: Angir planteplanktonets biomasse, f.eks. µg/l eller mg/m³.

M J Ø S U N D E R S Ø K E L S E N

Bemanning/arbeidsutførelse

- cand.real Hans Høltan : Saksbehandler - ansvarlig for fysisk-kjemiske forhold
- fil.kand. Gøsta Kjellberg : Ansvarlig for feltarbeide, primærproduksjon, zooplankton, bunndyr og elveundersøkelser
- cand.real. Pål Brettum : Ansvarlig for planteplankton
- ingeniør Brynjar Hals : Ansvarlig for vannføringsdata - feltarbeide
- cand.mag. Else Ø. Sahlquist : Telling av planteplankton
- forskningsass. Gjertrud Holtan : Bearbeidelse av tallmateriale
- assistent Gerd Justås : Telling av zooplankton - bunndyr, feltarbeide
- ingeniør Mette Gunn Norheim : Telling av zooplankton - bunndyr, feltarbeide
- assistent Kjell Kristiansen : Feltarbeide
- ingeniør Inger Marie Bjørke : Kjemiske analyser
Hamar kommune
- cand.real. Torulv Tjomsland : Ansvarlig for strømningsmodellen

Kjemiske og biologiske prøver er ellers blitt analysert av NIVA's faste laboratoriepersonell, dataseksjonens personale har deltatt i databehandlingen, skrivemaskinarbeide er utført på skrivestuen og tegnekontoret er ansvarlig for tegnearbeide og for trykking av rapport.