

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

0-91/69

PALEOLIMNOLOGISKE UNDERSØKELSER I MJØSA 1972-1976
PALEOLIMNOLOGIC RESEARCH ON LAKE MJØSA, NORWAY
1972-1976.

30. mars 1977.

Saksbehandler : Frode Berge

Instituttetsjef : Kjell Baalsrud

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	5
2. UNDERSØKELSE SOMRÅDE, MATERIALE OG METODIKK	5
3. SEDIMENTENES KARAKTER	8
3.1 Vanninnhold og organisk stoff	9
4. RELATIV FOREKOMST AV PLANKTONISKE OG EUTROFI- INDIKERENDE DIATOMEER	11
5. ARTSFORDELINGEN PÅ DE UNDERSØKTE LOKALITETER	13
6. DIATOMEANALYSENE RESULTATER SETT I RELASJON TIL ANNET DATAMATERIALE	14
6.1 Biologiske data	15
6.2 Sammenligning av diatomeforekomster i overflate- sediment og vannprøver	17
6.3 Fysisk/kjemiske data	24
7. DISKUSJON	25
7.1 Planktoniske og perifytiske diatomeer	26
7.2 Artsfordelingen	26
7.3 Diatomeanalysene sett i relasjon til andre data	30
7.3.1 Biologiske data	31
7.3.2 Diatomeer i overflatesediment og i vannprøver	32
7.3.3 Fysisk/kjemiske faktorer	33
7.4 Eutrofieringsutviklingen	34
8. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	36
9. SUMMARY AND CONCLUSIONS	39
10. LITTERATUR	41
11. APPENDIX	

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Lokaliseringen av de undersøkte sedimentprofiler fra Mjøsa. The location of the investigated sediment profiles from Lake Mjøsa.	6
2. Midlere innhold av organisk stoff (tørrstoff-gløderest) og uorganisk stoff fra Mjøsa 1972-1974. Mean values for organic material (dry matter-ignition loss) and inorganic material in water from Lake Mjøsa 1972-1974.	16
3. Relativ hyppighet (%) av planktondiatomeer i overflate- sediment og vannprøver fra forskjellige lokaliteter i Mjøsa. Frequency (%) of planktonic diatoms in surface sediment and water samples from different locations in Lake Mjøsa.	18-19
4. Algevolum, pH og siktedyp ved synoptiske undersøkelser i Mjøsa 1973 (NIVA. Mjøsprosj. 4, 1974). Algal volume, pH and Secchi disc transparency at synoptic investigations of Lake Mjøsa 1973 (NIVA, Mjøsprosj. 4, 1974).	20
5. Middelerverdier for pH, fosfor og nitrogen fra fire lokali- teter i Mjøsa. Mean values of pH, phosphorus and nitrogen at four locations in Lake Mjøsa.	21

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Mjøsa. Lake Mjøsa.	7
2. Vanninnhold og glødetap i sedimenter fra Mjøsa utenfor Feiring. Water content and loss on ignition in sediments from Lake Mjøsa outside Feiring.	10
3. Relativ hyppighet av planktondiatomeer på fem lokaliteter i Mjøsa. Frequency of planktonic diatoms at five locations in Lake Mjøsa.	12
4. Biologiske og kjemiske parametre fra Mjøsa 1972-1976. Biological and chemical parameters from Lake Mjøsa 1972-1976.	22
5. Siktedyp. Mjøsa 1972. (Data fra NIVA. Mjøsprosj. 3A. 1973). Secchi disc transparency. Lake Mjøsa 1972. (Data from NIVA. Mjøsprosj. 3A. 1973).	23

1. INNLEDNING

I denne rapporten er det foretatt en oppsummering av resultater fra fem delrapporter om biologiske sedimentundersøkelser i Mjøsa fra perioden 1972-1976 (Berge 1973a og b, 1974a og b, 1976a).

Formålet med de paleolimnologiske undersøkelser har vært å belyse Mjøsas eutrofieringsutvikling i de senere årtier. Hovedvekten er her lagt på diatomeundersøkelser, men annet datamateriale fra Mjøsprosjektet og eldre undersøkelser er trukket inn som kontroll av og supplement til de diatomeanalytiske resultater.

NIVAs Hamaravdeling med fil.cand. Gösta Kjellberg i spissen fortjener en særskilt takk for all velvillig assistanse i forbindelse med opphenting av sedimentprøver.

Det er også grunn til spesielt å takke diatomologen Hannelore Håkansson ved Kvartärbiol. lab., Universitetet i Lund, for taksonomisk veiledning og verdifull hjelp med fremstilling av elektroscan-fotos.

2. UNDERSØKELSESONRÅDE, MATERIALE OG METODIKK

De paleolimnologiske undersøkelser bygger i første rekke på forekomstene av sedimenterte skall av diatomeer (kiselalger) i sedimentkjerner fra forskjellige lokaliteter i innsjøen (se tabell 1 og Fig. 1).

Gjennom analyse av den sedimenterte diatomefloraen har det, ut fra kjennskap til ulike kiselalgers miljøkrav, til en viss grad vært mulig å rekonstruere enkelte trekk ved Mjøsas utviklingshistorie.

Detaljert beskrivelse av den anvendte metodikk ved prøvetaking og analysing av materialet finnes i to delrapporter om sedimentundersøkelser i Mjøsa: Berge (1973a) og Berge (1976a).

De diatomeanalytiske resultater er jevnført med bl.a. en del av Mjøsprosjektets øvrige datamateriale (NIVA, Mjøsprosjektet, nr. 3A 1973, nr. 4 1974, nr. 5 1975, nr. 6 1976). Lokaliseringen av angjeldende prøvetakingsstasjoner fremgår av Fig. 1.

Tabell 1

Lokaliseringen av de undersøkte sedimentprofiler fra Mjøsa.

The location of the investigated sediment profiles from Lake Mjøsa.

Lokalitet Location	Tidspunkt Sampling date	Dyp Depth	Avstand fra land Distance from the shore
Vingrom	Jan. 1974	20 m	ca. 50 m
Gjøvik	Sept. 1973	8 m	ca. 70 m
Hamar	Aug. 1972	11 m	ca. 300 m
Helgøya	Mar. 1973	35 m	ca. 50 m
Feiring	Jun. 1976	20 m	ca. 350 m

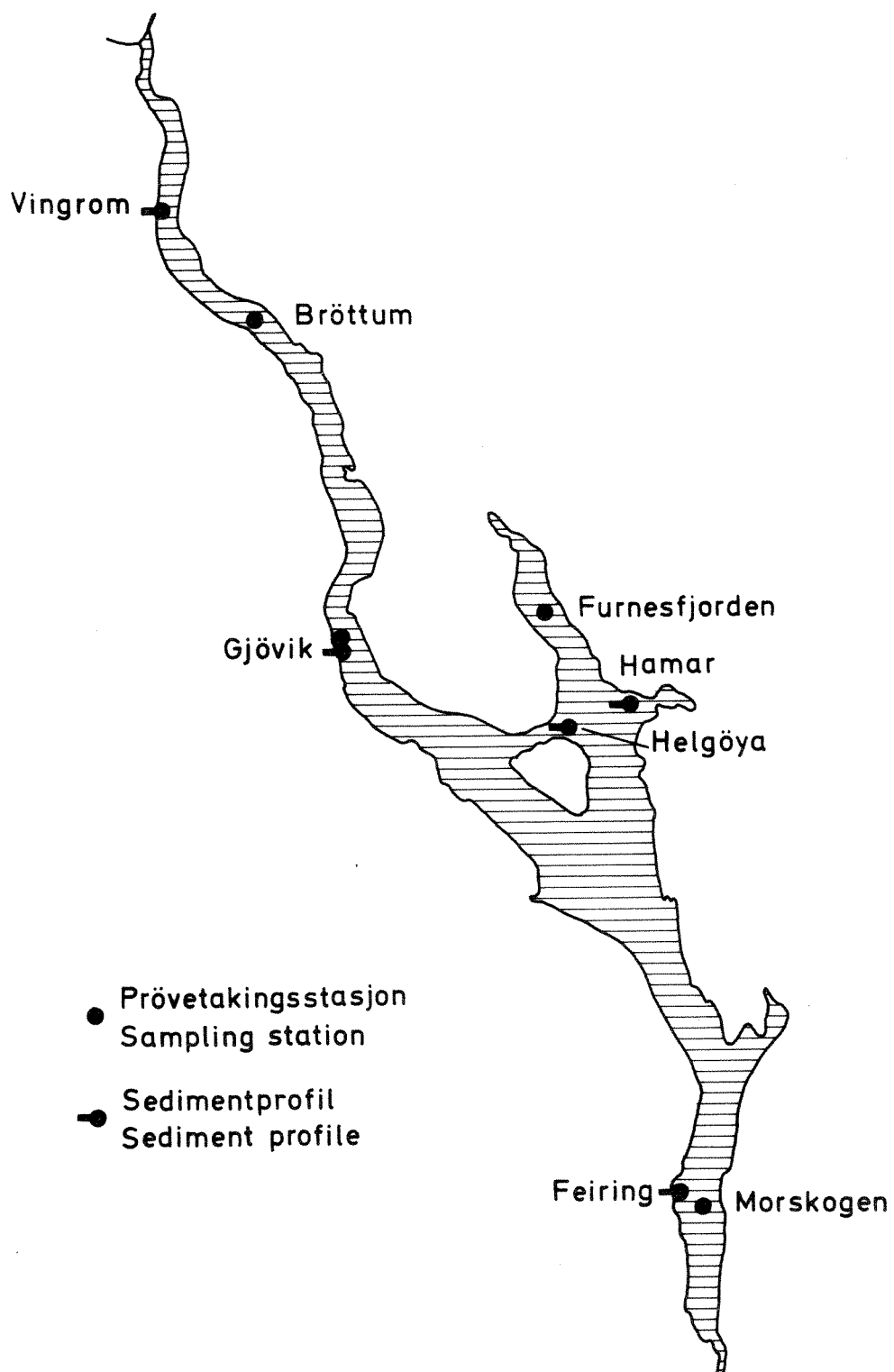


Fig.1

Mjosa

Lake Mjosa

3. SEDIMENTENES KARAKTER

De undersøkte sedimentene består av leirgytje med varierende innhold av sand og organisk materiale. Selv om enkelte profiler inneholder en del diffuse soner og tynne sjikt, har det ikke makroskopisk vært mulig å påvise tydelige varvserier (dvs. lagdeling som reflekterer årstids-avhengige skiftninger i sedimentkvaliteten).

Under den mikroskopiske analysen har det imidlertid vist seg at mineralpartiklenes størrelse kan variere betydelig fra nivå til nivå langs et profil, trolig i første rekke på grunn av vekslende vannstand (utvasking fra strandområdene) og ujevn vannføring og materialtransport via tilløpselvene.

På de fleste lokaliteter er diatomematerialet i de dypereliggende sedimentene (avsetningene under ca. 20 mm fra sedimentoverflaten) betydelig påvirket av korrosjon. Bare Vingromprofilets materiale synes å være tilnærmet like godt bevart i alle undersøkte sedimentnivåer. Også diatomeskallene i Hamarprofilet er nokså lite påvirket av korrosjon.

Blant faktorer som innvirker på konserveringsvilkårene for sedimenterte diatomeskall, synes særlig sedimentasjonshastighet, bunndyraktivitet, sedimentenes kjemiske sammensetning, surhetsgrad og red.-oks.-potensial å være av vesentlig betydning (jfr. Jørgensen 1955, Lewin 1961, Round 1964, Meriläinen 1971). Kiselskall kan være særlig utsatt for oppløsning i relativt alkalisk og oksygenfattig vann. Stor sedimentasjonshastighet synes derimot å bidra til å beskytte skallene mot såvel kjemisk som mekanisk nedbrytning (Badbury & Waddington 1972).

På denne bakgrunn er det sannsynlig at Vingrom-materialets gode konservering har sammenheng med at området har noe lavere pH enn andre Mjøsavsnitt, rikelig oksygentilførsel og muligens høy sedimentasjonshastighet på grunn av materialtilførsel via Lågen.

Ved Hamar har neppe pH-forholdene vært spesielt gunstige, men diatomeskallene her er likevel relativt godt bevarte, trolig på grunn av stor

sedimentasjonshastighet forårsaket av høy organisk produksjon i forholdsvise næringsrike vannmasser.

3.1 Vanninnhold og organisk stoff

For samtlige profiler er det i første rekke innholdet av diatomeskall som har vært gjenstand for systematisk analyse. Feiringprofilen er imidlertid også undersøkt med hensyn på vanninnhold og relativ mengde av organisk og minerogent materiale.

Vanninnholdet var vesentlig høyere (64,8%) i de øverste 5 mm av sedimentene enn i de dypere liggende avsetninger som gjennomgående hadde et vanninnhold nær 50% (se Fig. 2).

Glødetapet, som til en viss grad gir uttrykk for sedimentenes innhold av organisk stoff, utgjorde 10,4% av tørrstoffinnholdet i profilen øverste 5 mm. Videre nedover varierte tallene mellom 2,4 og 4,8% uten å indikere noen markert trend langs profilen (se Fig. 2).

De foreliggende tall tyder på at sedimentasjonen utenfor Feiring omfatter relativt beskjedne mengder organisk stoff, og at den vesentligste nedbrytning av dette finner sted i de øverste ca. 5 mm av sedimentet. Det er ikke mulig ut fra dette materialet å avgjøre om toppsedimentets noe rikligere innhold av organisk stoff kun skyldes ufullstendig mineralisering av ferske avsetninger, eller om dette til en viss grad også reflekterer økende sedimentasjon av organisk stoff i de senere år.

Man får av Fig. 2 et umiddelbart inntrykk av små forandringer med tiden med hensyn til mengden av sedimentert organisk materiale. Noen konklusjon kan imidlertid ikke trekkes på dette punkt før man kjenner sedimentasjonshastigheten for de forskjellige nivåer nedover langs profilen. De foreliggende tall antyder kun at det ikke har funnet sted noen markert endring i mengdeforholdet mellom organisk og uorganisk materiale. Man kan således ikke utelukke at det i den senere tid har skjedd en økning i den årlige sedimentasjon av både minerogent materiale (f.eks. gjennom øket erosjon fra jordbruksområder) og organisk stoff (på grunn av tiltagende produksjon i Mjøsa m/tilløp). Et klarere bilde av disse forhold vil imidlertid

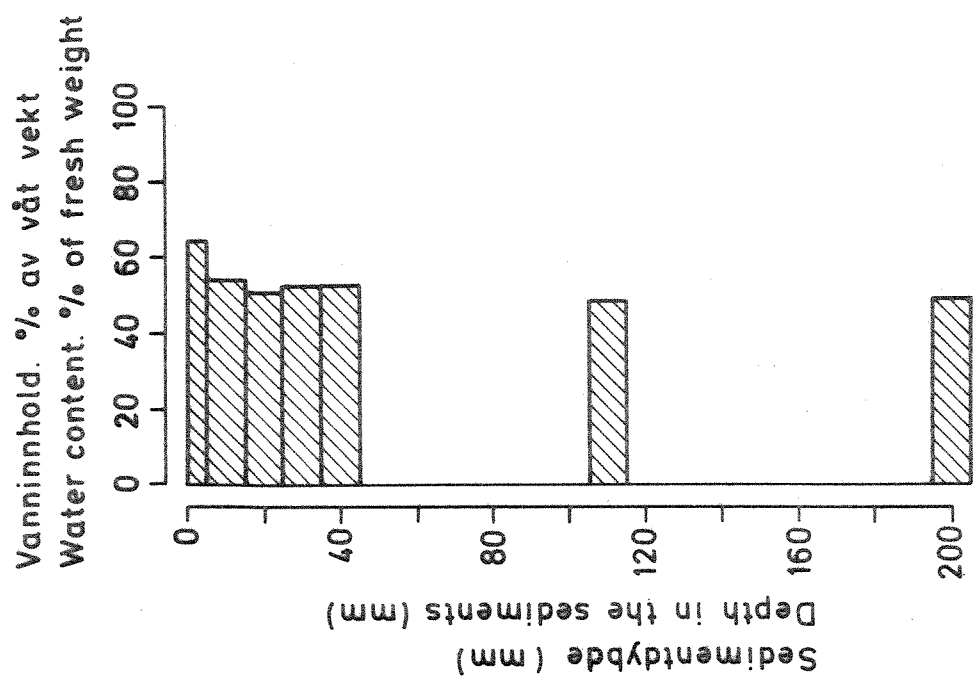
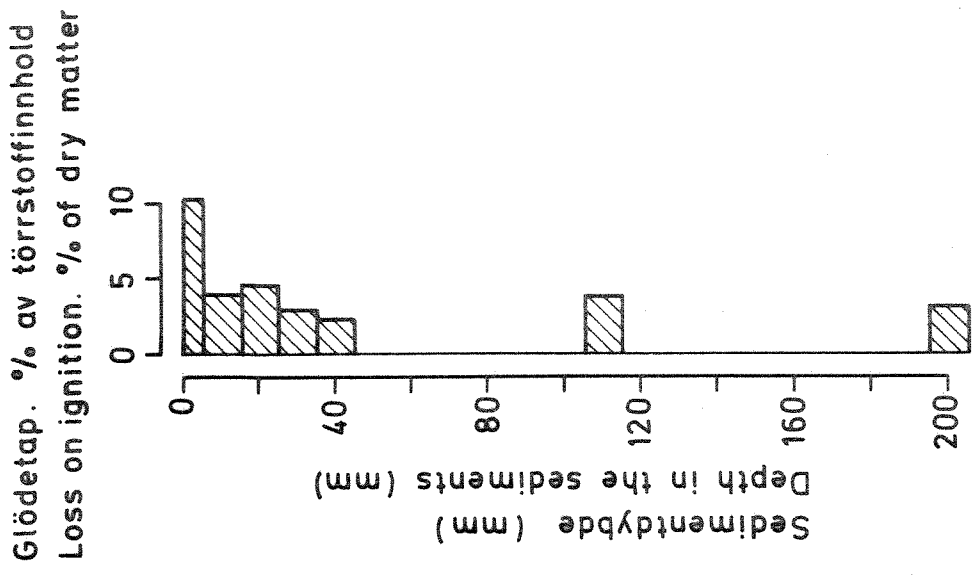


Fig. 2 Vanninnhold og glödetap i sedimenter fra Mjösa utenfor Feiring
Water content and loss on ignition in sediments from lake
Mjösa outside Feiring

kunne oppnås ved hjelp av relativt presise dateringsmetoder basert på sedimentenes innhold av de radioaktive isotpene ^{137}Cs og ^{210}Pb (jfr. Digerfeldt & al. 1975).

4. RELATIV FOREKOMST AV PLANKTONISKE OG EUTROFIINDIKERENDE DIATOMEER

Sedimentprøver vil som regel inneholde diatomeskall fra såvel planktoniske som perifytiske arter (terminologi ifølge Wetzel & Westlake (1969)). Mens planktonartene til vanlig vil dominere i sedimenter fra de dypeste partier av en innsjø, vil innslaget av perifytiske former gjerne være særlig fremtredende i de strandnære sedimentprøver.

Ved sammenligning av forekomstene av sedimenterte diatomeskall på forskjellige lokaliteter i en innsjø må man imidlertid, foruten faktorer som vann dybde og avstand fra land, også ta hensyn til vind- og strømforhold, samt eventuelle tilførsler av materiale via elver og bekker. Det er på denne bakgrunn man må vurdere de varierende mengdeforhold mellom planktoniske og perifytiske diatomeer på forskjellige lokaliteter i Mjøsa (se Fig. 3).

På samtlige lokaliteter har det funnet sted en økning i relativ forekomst av planktonalger og/eller eutrofiindikerende arter fra 20 mm nivået i de undersøkte profiler og oppover mot sedimentoverflaten.

På tre lokaliteter (Feiring, Helgøya og Gjøvik) har dypereliggende sedimentnivåer på grunn av korrosjon av diatomeskall fått en overrepresentasjon av planktonalger med relativt korrosjonsbestandige kiselskall (særlig *Melosira* spp. (Berge 1976a)).

Profilet fra Hamar og i særdeleshet Vingromprofilet er lite preget av korrosjon. For begge lokaliteter inntreer en markert økning i relativ forekomst av planktonalger i profilenes øverste avsnitt (se Fig. 3).

Ved å sammenholde den relative økning av planktondiatomeer med de senere års observasjoner av tiltagende algebegroing langs Mjøsas strender (NIVA, Mjøsprosj. nr. 6. 1976), kan man slutte at det har funnet sted en produksjonsøkning av såvel perifytiske som planktoniske diatomeer, og med

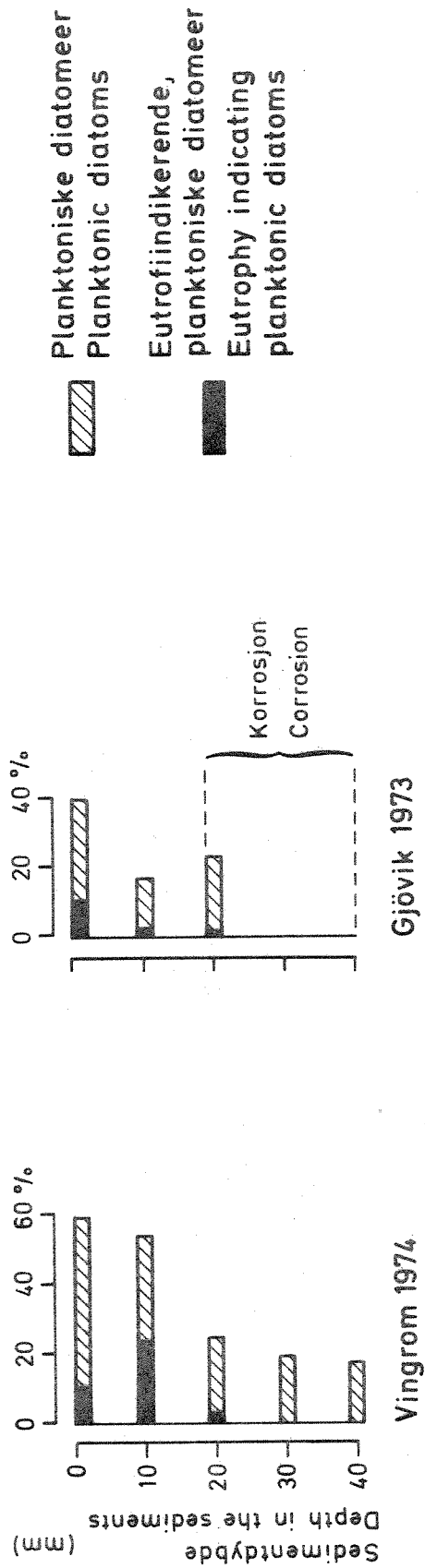
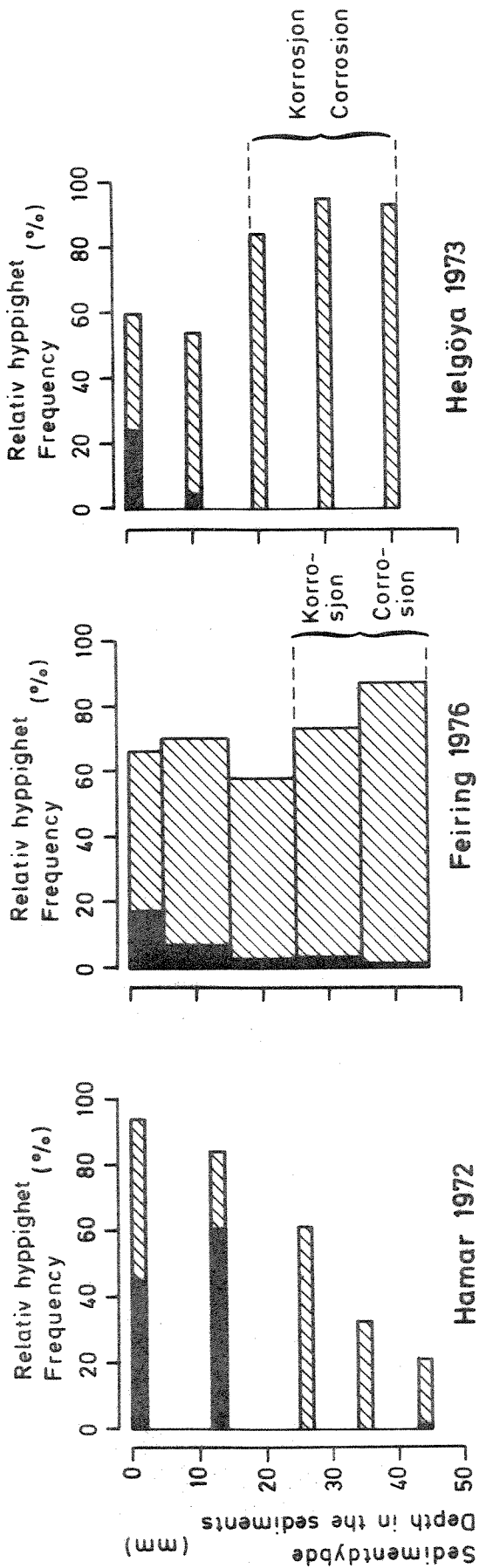


Fig. 3 Relativ hyppighet av planktondiatomeer på fem lokaliteter i Mjøsa
 Frequency of planktonic diatoms at five locations in lake Mjøsa

sterkest utslag for planktonets vedkommende. (Selv med nedsatt siktedyp på grunn av høy planktonproduksjon, tyder omfanget av den nåværende begroing på at totalproduksjonen av perifytiske alger er blitt vesentlig høyere enn tidligere.) Denne klare manifestasjon av eutrofiering på samtlige lokaliteter bekreftes av fordelingen av utpreget eutrofiindikerende arter som viser markert økende forekomst i de øverste sedimentnivåer (Fig. 3).

5. ARTSFORDELINGEN PÅ DE UNDERSØKTE LOKALITETER

Uten å gå detaljert inn på den sedimenterte diatomefloraens artssammensetning (artslistene finnes i delrapportene (Berge 1973 a og b, 1974 a og b, 1976 a)), skal det her kort trekkes frem visse likheter samt markerte særtrekk hos de undersøkte lokaliteter.

I tabell 3 er planktondiatomeene rangert etter relativ hyppighet i overflatesedimentet på hver enkelt lokalitet. *Fragilaria crotonensis* dominerer ved Hamar, Helgøya og Feiring og rangerer som nr. 2 og 3 ved henholdsvis Gjøvik og Vingrom. De to sistnevnte lokaliteter hadde dominans av *Tabellaria flocculosa* v. *asterionelloides*.

Andre arter med store forekomster på de fleste lokaliteter er *Asterionella formosa*, *Melosira italica* subsp. *subarcitca* og *Diatoma elongatum*. Utenfor Vingrom var det forøvrig mye *Fragilaria capucina*, og ved Feiring var det et ekstra stort innslag av *Cyclotella kützingiana*.

Av de forannevnte arter har følgende øket sterkt i relativ hyppighet i den senere tid: *Fragilaria crotonensis*, *Diatoma elongatum* og *Fragilaria capucina*.

På enkelte lokaliteter er materialet i de dypere liggende sedimenter såvidt korrosjonspåvirket at lite kan sies om diatomeforekomstene i tidligere perioder. Dette gjelder ikke minst *Asterionella formosa* som i likhet med en rekke andre planktonarter antas å ha øket produksjonen betydelig i de siste årtier.

Resultatene viser forøvrig klar økning i de senere år for de noe mindre hyppige, men økologisk interessante artene *Melosira granulata* v. *angustissima* og *Stephanodiscus hantzschii* som begge indikerer utpreget eutrofiering.

Forekomstene av *Tabellaria flocculosa* v. *asterionelloides* og *Cyclotella comta* har vært tiltagende på noen lokaliteter, men minkende utenfor Helgøya og Hamar, hvor eutrofieringen har nådd lengst.

For *Melosira italica* subsp. *subarctica* er det ingen entydig tendens, mens *Melosira distans* viser markert tilbakegang utenfor Feiring hvor det tidligere har vært store forekomster av denne oligotrofiindikerende algen. Forøvrig er det sedimentenes innhold av *Achnanthes* spp. (først og fremst *A. microcephala*) og andre perifytiske alger som i særlig grad preges av relativ tilbakegang i den senere tid.

6. DIATOMEANALYSENE'S RESULTATER SETT I RELASJON TIL ANNET DATAMATERIALE

En rekke fysisk/kjemiske og biologiske parametere kan anvendes ved vurderingen av trofinivået i en vannforekomst. På grunn av vannøkosystemers kompleksitet og miljøfaktorenes skiftninger vil imidlertid trofigraden kunne variere adskillig både i rom og tid. Tilstrekkelig oversikt over variasjonsbredden forutsetter derfor et omfattende datamateriale innsamlet over en lengre periode og fra forskjellige lokaliteter. I det følgende vil resultatene av diatomeanalyser fra 1972-1976 bli vurdert i forhold til andre biologiske og en del fysisk/kjemiske data fra Mjøsprosjektet og noen tidligere undersøkelser.

Ved å sammenligne ulike lokaliteters forekomster av diatomeskall i overflatesedimentet kan man få et visst inntrykk av eutrofieringssituasjonen i forskjellige deler av Mjøsa. Da mengdeforholdet mellom perifytiske og planktoniske diatomeer varierer betraktelig fra lokalitet til lokalitet, synes det mest hensiktsmessig å basere vurderingene utelukkende på arts-sammensetningen hos den ene av disse algegruppene, nemlig planktongruppen. På denne bakgrunn er følgende trofiindeks brukt ved sammen-

ligningen av ulike lokaliteters trofigrad: $T =$ relativ hyppighet av eutrofiindikerende, planktoniske diatomeer/rel. hypp. av samtlige planktoniske diatomeer.

Overflatesedimentet utenfor Hamar har sterkest innslag av utpreget eutrofiindikerende diatomeer ($T = 0,48$). Deretter følger Helgøya (0,39), Feiring (0,26), Gjøvik (0,24) og Vingrom (0,16). I Fig. 4 er disse resultater sidestilt med andre biologiske og en del fysisk/kjemiske data. Lokaliseringen av de undersøkte sedimentprofiler og av Mjøsprosjektets prøvetakingsstasjoner er ikke sammenfallende, men avvikene er neppe større (se Fig. 1) enn at en sammenligning av resultater skulle være av interesse.

6.1 Biologiske data

Samtlige biologiske data som er illustrert i Fig. 4 (diatomeanalyse fra overflatesedimentene samt følgende parametre fra vannfasen: årlig produksjon av planteplankton, totalt algeevolum, diatomeevolum og organisk stoff), indikerer at Furnesfjorden og undersøkte lokaliteter ved Hamar og Helgøya (se Fig. 1) utgjør Mjøsas mest eutrofipregede områder.

Ut fra overensstemmende resultater fra diatomeanalyse, diatomeevolum i vannprøver samt årlig produksjon av planteplankton, synes eutrofieringen å være noe mindre markert i området Morskogen/Feiring, mens Brøttum/Vingrom later til å utgjøre Mjøsas minst eutrofipregede avsnitt. Tallene for totalt algeevolum 1972-73 var derimot gjennomgående noe høyere for Brøttum enn for Morskogen.

Også når det gjelder vannmassenes innhold av organisk stoff viser Furnesfjorden de høyeste verdier, mens tallene for Brøttum er litt høyere enn for Morskogen.

Diatomeanalysene av overflatesedimentene indikerer at Gjøvik- og Feiringområdet ligger på omtrent samme trofinivå. Analysene fra Gjøvik og Feiring er imidlertid basert på materiale fra henholdsvis 1973 og 1976. Man kan derfor ikke utelukke at Gjøvikområdets trofigrad har endret seg noe i løpet av den aktuelle treårsperioden.

Oppgaver over årsproduksjon og diatomevolum foreligger ikke fra Gjøvik-området. Tallene for organisk stoff (se Tabell 2) er relativt høye utenfor Gjøvik og overgås bare av Furnesfjordens resultater.

Tabell 2. Midlere innhold av organisk stoff (tørrstoff - gløderest) og uorganisk stoff i vann fra Mjøsa 1972-1974.
Mean values for organic material (dry matter - ignition loss) and inorganic material in water from Lake Mjøsa 1972-1974.

År Year	Lokalitet Location	Dyp Depth m	Organisk stoff Organic material mg/l	Uorganisk stoff Inorganic material mg/l	Referanse Reference
1972	Brøttum	0 - 30	0.46	0.81	NIVA. Mjøsprosj. 3A, 1973
1973	"	0 - 20	0.55		NIVA. Mjøsprosj. 5, 1975
1974	"	ikke spes. not spec.	0.44	0.45	NIVA. Mjøsprosj. 6, 1976
1973	Gjøvik	0 - 20	0.56		NIVA. Mjøsprosj. 5, 1975
1972	Furnesfjorden	0 - 30	0.65	0.57	NIVA. Mjøsprosj. 3A, 1973
1973	"	0 - 20	0.65		NIVA. Mjøsprosj. 5, 1975
1972	Morskogen	0 - 30	0.39	0.34	NIVA. Mjøsprosj. 3A, 1973
1973	"	0 - 20	0.44		NIVA. Mjøsprosj. 5, 1975
1974	"	ikke spes. not spec.	0.54	0.29	NIVA. Mjøsprosj. 6, 1976

For juli 1973 fant Brettum & Lillevold (1974) at den maksimale daglige planktonproduksjon var størst i Furnesfjorden ($914 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{dag}$) og minst ved Brøttum (455). I 1975 var høyeste målte dagsproduksjon for Furnesfjorden $2130 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{dag}$. (Berge & Rognerud 1976.) De tilsvarende tall for Morskogen og Brøttum var henholdsvis 744 og 632.

I Tabell 4 er de undersøkte lokaliteter rangert med hensyn på målt algevolum 1973. I tre av fire observasjonstilfeller hadde Vingrom de laveste verdier, mens de øvrige lokaliteter lå på omtrent samme nivå. 15. juni hadde Hamarområdet høyeste verdi etterfulgt av Feiring, Helgøya og Gjøvik (samme nivå) og til slutt Vingrom med minst algevolum.

6.2 Sammenligning av diatomeforekomster i overflatesediment og vannprøver

For å få et inntrykk av graden av overensstemmelse mellom diatomeprøver fra henholdsvis overflatesediment og vannprøver, er det i Tabell 3 gitt en oversikt over den prosentvise artsfordeling hos planktondiatomeer fra forskjellige deler av Mjøsa.

På samtlige lokaliteter var det sterk overvekt av *Asterionella formosa* i vannprøvene 1972. I sedimentprøvene var det derimot markert dominans av *Fragilaria crotonensis* på tre lokaliteter (Hamar, Helgøya og Feiring), mens *Tabellaria flocculosa* v. *asterionelloides* dominerte i Vingroms overflatesediment. Også for Vingroms vedkommende inneholdt imidlertid sedimentene betydelig mer *Fragilaria crotonensis* enn *A. formosa*.

Stephanodiscus hantzschii var vesentlig svakere representert i sedimentene enn i vannprøvene.

Av en oversikt over den prosentvise fordeling av registrerte diatomeer på samtlige sammenlignbare lokaliteter (Tabell 3 F) vil det fremgå at sedimentene omfatter betydelig flere arter enn vannprøvene. Dette gjelder først og fremst arter med liten relativ hyppighet. Av diatomeer med forholdsvis store forekomster i overflatesedimentet savnes *Fragilaria capucina* (i de nordlige deler av Mjøsa) og *Cyclotella* spp. i vannprøvene.

Tabell 3. Relativ hyppighet (%) av planktondiatomeer i overflatesediment og vannprøver fra forskjellige lokaliteter i Mjøsa.

Frequency (%) of planktonic diatoms in surface sediment and water samples from different locations in Lake Mjøsa.

Lokalitet Location	A. VINGROM 1974	B. GJØVLK 1973	C. FEIRING 1976
Overflatesediment Surface sediment	Tabellaria flocculosa	Tabellaria flocculosa	Fragilaria crotonensis 20.1
	v. asterionelloides 30.3	v. asterionelloides 29.4	Cyclotella kützingiana 14.3
	Fragilaria capucina 26.6	Fragilaria crotonensis 24.0	Cyclotella spp. 13.6
	F. crotonensis 15.7	Asterionella formosa 19.2	Asterionella formosa 13.3
	Melosira italica	Melosira italica	Tabellaria flocculosa
	subsp. subarctica 10.9	subsp. subarctica 8.2	v. asterionelloides 9.0
	Diatoma elongatum 6.0	Cyclotella comta 6.1	Diatoma elongatum 6.0
	Asterionella formosa 4.9	Diatoma elongatum 5.6	Cyclotella comta 5.0
	Cyclotella comta 3.9	Centrales indet. 4.1	Stephanodiscus hantzschii 4.2
	Centrales indet. 1.2	Melosira islandica 3.3	Melosira islandica 3.5
	Cyclotella stelligera 0.5		Melosira spp. 3.0
			Melosira italica subsp. subarctica 2.7
			Melosira distans v. lirata 2.3
		M. granulata v. angustissima 1.5	
		Stephanodiscus astrea 0.8	
		Melosira granulata 0.8	
Lokalitet Location	BRØTTUM 1972		MORSKOGEN 1972
Vannprøver Water samples	Asterionella formosa 86.9		Asterionella formosa 41.7
	Diatoma elongatum 6.0		Fragilaria crotonensis 32.9
	Tabellaria fenestrata		Diatoma elongatum 11.8
	v. asterionelloides 3.6		Melosira italica 5.8
	Fragilaria crotonensis 3.5		Tabellaria fenestrata
	Melosira italica 0.3		v. asterionelloides 5.7
	Stephanodiscus hantzschii 0.2		Stephanodiscus hantzschii 2.1
	Rhizosolenia longiseta 0.1		

Tabell 3. Forts.

Lokalitet Location	D. HELGØYA 1973	E. HAMAR 1972	F. VINGROM, FEIRING, HELGØYA, HAMAR
Overflatesediment Surface sediment	<i>Fragilaria crotonensis</i> 38.9	<i>Fragilaria crotonensis</i> 38.8	<i>Fragilaria crotonensis</i> 28.4
	<i>Melosira italica</i>	<i>Asterionella formosa</i> 21.1	<i>Asterionella formosa</i> 12.4
	subsp. subarctica 14.6	<i>Melosira italica</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i>
	<i>Cyclotella comta</i> 14.6	subsp. subarctica 14.1	v. <i>asterionelloides</i> 11.7
	<i>Asterionella formosa</i> 10.2	<i>Diatoma elongatum</i> 7.7	<i>Melosira italica</i> subsp. subarctica 10.6
	<i>Cyclotella</i> spp. 6.2	<i>Melosira granulata</i>	<i>Fragilaria capucina</i> 6.7
	<i>Melosira islandica</i> 4.5	v. <i>angustissima</i> 6.6	<i>Cyclotella comta</i> 5.9
	<i>Tabellaria flocculosa</i>	<i>Stephanodiscus astraee</i> 4.8	<i>Diatoma elongatum</i> 5.5
	v. <i>asterionelloides</i> 3.9	<i>Tabellaria flocculosa</i>	<i>Cyclotella</i> spp. 4.9
	Centrales indet. 3.4	v. <i>asterionelloides</i> 3.6	<i>C. kützingiana</i> 3.6
	<i>Diatoma elongatum</i> 2.2	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 3.4	<i>Melosira granulata</i>
	<i>Stephanodiscus astraee</i> 1.7	Centrales indet. 0.4	v. <i>angustissima</i> 2.0
			<i>M. islandica</i> 2.0
		<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 1.9	
		<i>S. astraee</i> 1.8	
		Centrales indet. 1.3	
		<i>Melosira</i> spp. 0.8	
		<i>M. distans</i> v. <i>lirata</i> 0.6	
		<i>M. granulata</i> 0.2	
		<i>Cyclotella stelligera</i> 0.1	
Lokalitet Location	FURNESFJORDEN 1972		BRØTTUM, MORSKOGEN, FURNESFJORDEN
Vannprøver Water samples	<i>Asterionella formosa</i> 48.6	<i>Asterionella formosa</i> 59.1	<i>Asterionella formosa</i> 59.1
	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 16.6	<i>Fragilaria crotonensis</i> 16.7	<i>Fragilaria crotonensis</i> 16.7
	<i>Fragilaria crotonensis</i> 13.8	<i>Diatoma elongatum</i> 7.9	<i>Diatoma elongatum</i> 7.9
	<i>Melosira italica</i> 10.9	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 6.3	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> 6.3
	<i>Diatoma elongatum</i> 5.8	<i>Melosira italica</i> 5.7	<i>Melosira italica</i> 5.7
	<i>Tabellaria fenestrata</i>	<i>Tabellaria fenestrata</i>	<i>Tabellaria fenestrata</i>
	v. <i>asterionelloides</i> 3.2	v. <i>asterionelloides</i> 4.2	v. <i>asterionelloides</i> 4.2
<i>Rhizolenia longiseta</i> 1.1	<i>Rhizolenia longiseta</i> 0.4	<i>Rhizolenia longiseta</i> 0.4	

Tabell 4. Algevolum, pH og siktedyp ved synoptiske undersøkelser i Mjøsa 1973 (NIVA. Mjøsprøsj. 4, 1974).
Algal volume, pH and Secchi disc transparency at synoptic investigations of Lake Mjøsa 1973
(NIVA, Mjøsprøsj. 4, 1974).

Dato Date	11/5		15/6		22/6		23/7		24/8		13-19/11	
	Lokalitet Location		Lokalitet Location		Lokalitet Location		Lokalitet Location		Lokalitet Location		Lokalitet Location	
Algevol.	Vingrom	0.5-2	Hamar	2-5	Hamar		Hamar		Ingen		Ingen	
Algal vol. (mm ³ /l)	Gjøvik	ca. 2	Feiring	ca. 2	Helgøya		Helgøya		obs.		obs.	
Dyp: 0.5 m	Helgøya	<0.5	Helgøya	0.5-2	Gjøvik	2-5	Gjøvik	2-5	No		No	
Depth: 0.5 m	Hamar		Gjøvik		Feiring		Feiring		obs.		obs.	
	Feiring		Vingrom	<0.5	Vingrom	0.5-2	Vingrom	0.5-2				
pH	Alle		Vingrom	<7.3	Vingrom	7.3-8	Vingrom	7.3-8			Alle	
Dyp: 0.5 m	Lokaliteter	<7.3	Gjøvik		Feiring	8-9	Feiring				lokalteter	
Depth: 0.5 m	All		Hamar		Hamar		Hamar	8-9			All	
	locations		Helgøya	7.3-8	Helgøya	>9	Gjøvik	>9			locations	<7.3
			Feiring		Gjøvik		Helgøya					
Siktedyp	Hamar	2-5	Alle		Alle		Hamar	<2			Hamar	
Secchi disc	Vingrom	5-8	lokali-		lokali-		Vingrom				Vingrom	5-8
transparency	Feiring		teter	2-5	teter	2-5	Gjøvik	2-5			Gjøvik	
(m)	Gjøvik	>8	All		All		Helgøya				Helgøya	>8
	Helgøya		locations		locations		Feiring				Feiring	

Tabell 5

Middelverdier for pH, fosfor og nitrogen fra fire lokaliteter i Mjøsa.
 Mean values of pH, phosphorus and nitrogen at four locations in Lake Mjøsa.

År Year	Lokalitet Location	Dyp (m) Depth (m)	pH	PO ₄ µg/l	Tot.P µg/l	NO ₃ µg/l	Tot.N µg/l	Ref.
1972	Brøttum	0 - 30	7.0	2	8	99	248	NIVA. Mjøspr. 3A. 1973
"	"	≥ 30	6.7	3		182		
1974	"	ikke spes. not spec.	6.9		9		262	NIVA. Mjøspr. 6. 1976
1974	"	0 - 30		3	8.6	137	253	NIVA. Mjøspr. 5. 1975
1974	Gjøvik	0 - 30		3	7.3	210	359	"
1972	Furnesfjorden	0 - 30	7.2	3	9.5	227	393	NIVA. Mjøspr. 3A. 1973
"	"	≥ 30	6.9	5		314		
1972	Morskogen	0 - 30	7.1	3	8.5	218	367	NIVA. Mjøspr. 3A. 1973
"	"	≥ 30	6.9	4		287		
1974	"	ikke spes. not spec.	7.0		8		382	NIVA. Mjøspr. 6. 1976
1974	"	0 - 30		4.3	8.2	277	393	NIVA. Mjøspr. 5. 1975

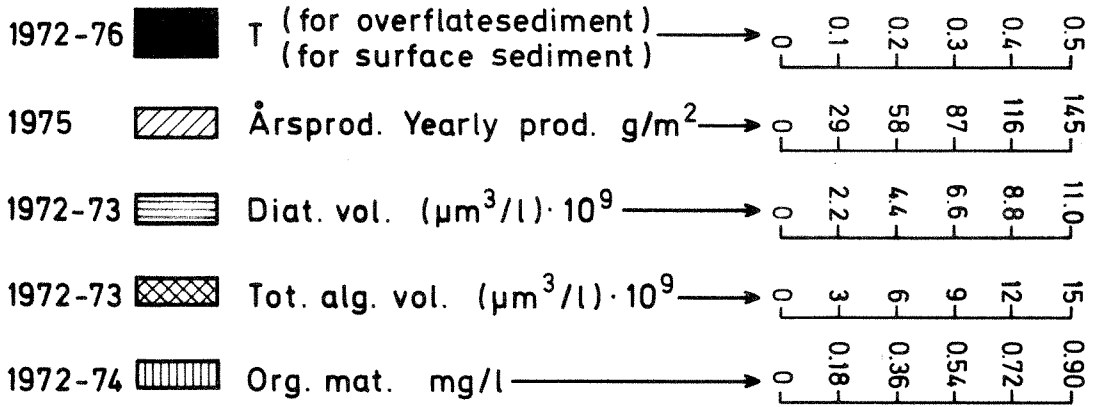
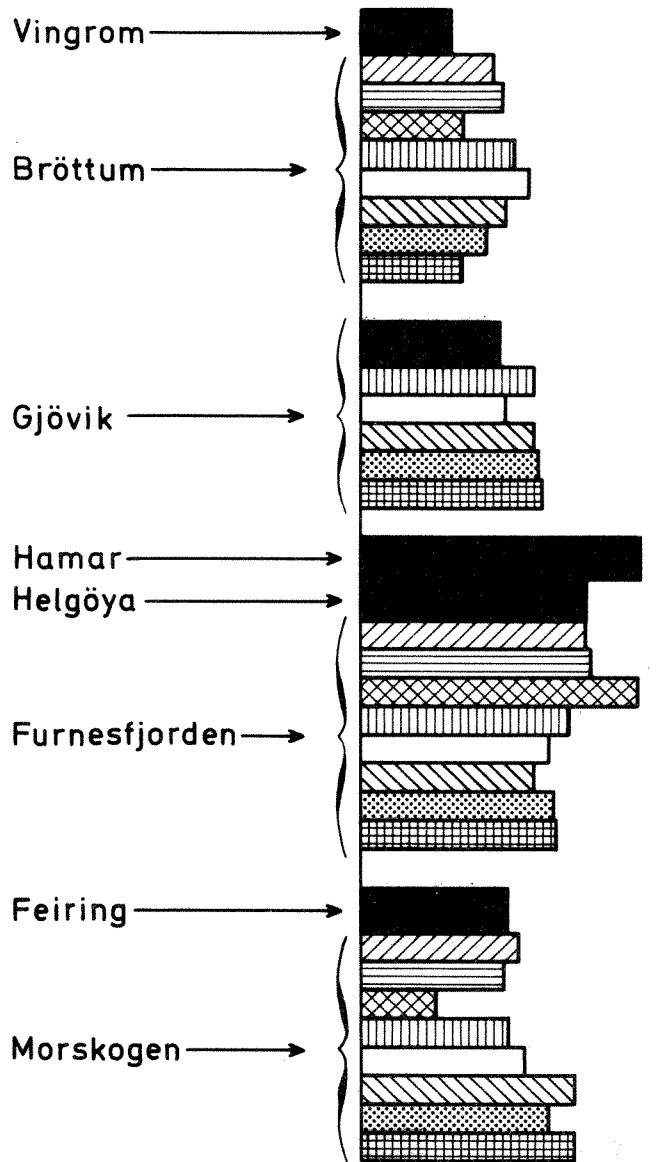


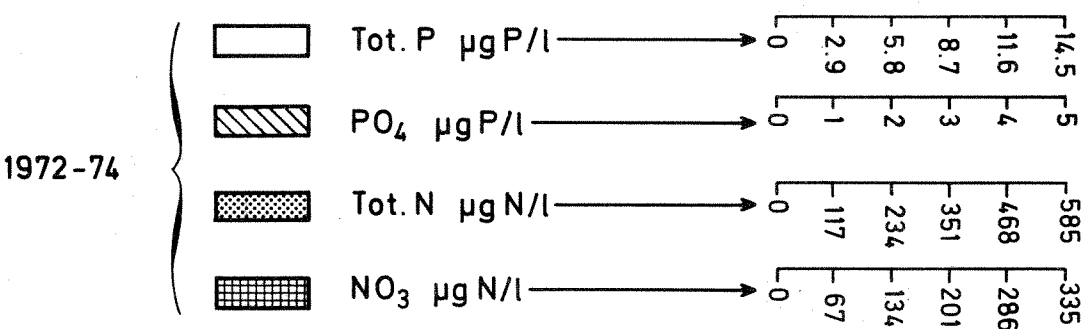
Fig. 4



T = rel. hypp. av eutrofiind. plankt. diat. / rel. hypp. av samtlige plankt. diat.
 T = frequency of eutropy indicating planktonic diat. / frequency of all planktonic diatoms

Enheterne langs vertikalaksen er justert for direkte sammenligning av ulike parametres diagram søyler (dvs. at summen av søylenegdene er den samme for alle parametre)

The units on the vertical axis are adjusted for direct comparison of the diagram bars of different parameters (i.e. for each parameter summing of all locations' bars gives the same total bar length)



Biologiske og kjemiske parametre fra Mjösä 1972 - 1976
 Biological and chemical parameters from lake Mjösä 1972 - 1976

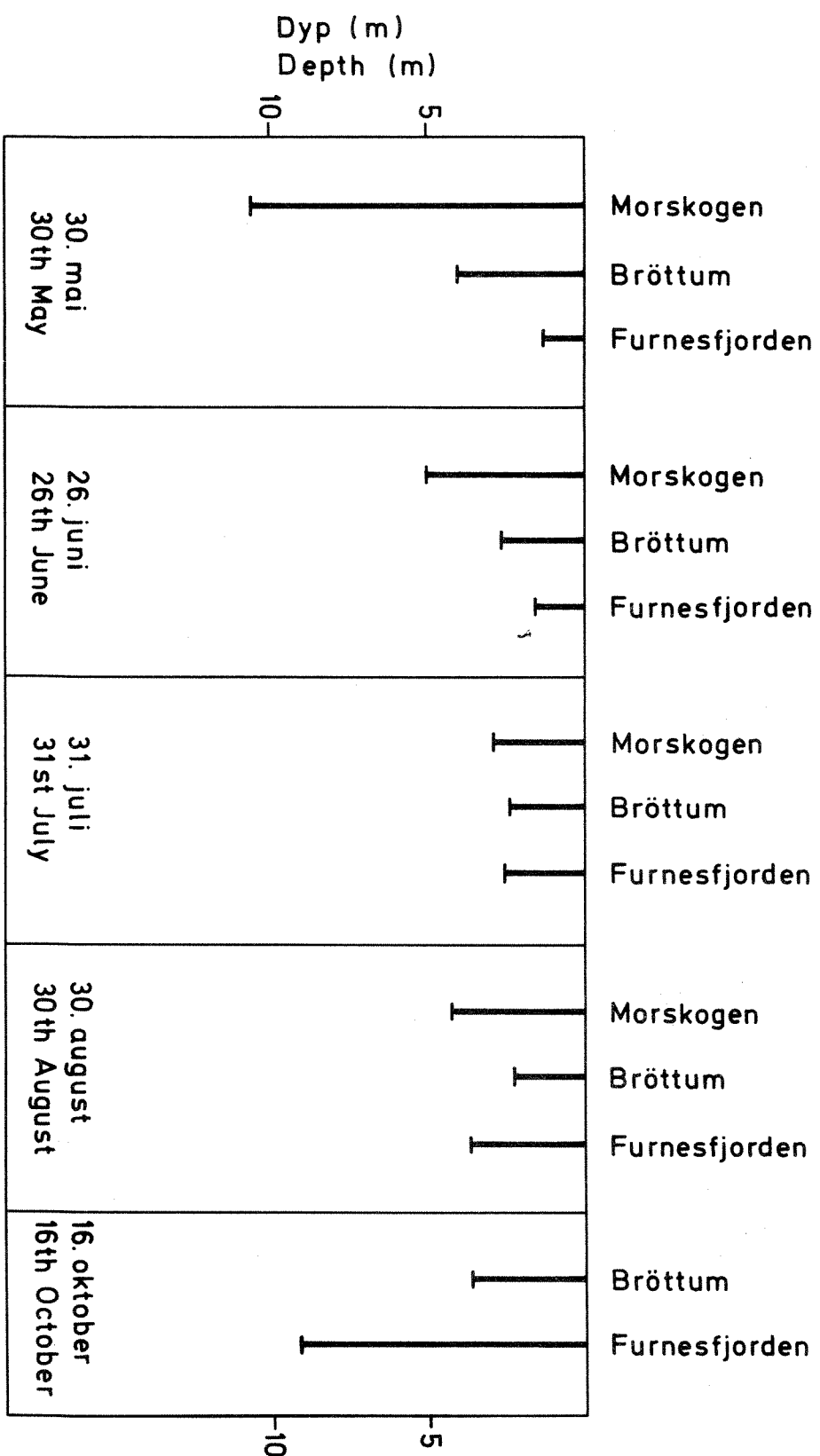


Fig. 5 Siktedyp. Mjösa 1972. (Data fra NIVA. Mjösprosj. 3A 1973)
Secchi disc transparency. Lake Mjösa 1972. (Data from NIVA. Mjösprosj. 3A 1973)

6.3 Fysik/kjemiske data

Det foreliggende tallmateriale (se Fig. 4 og 5, Tabell 4 og 5) omfatter årene 1972 og 1974 (for siktedyp 1972 og 1973) og er hentet fra Mjøsprosjektets NIVA-rapporter nr. 3A, 4, 5 og 6 fra årene 1973-1976. Fra to av lokalitetene mangler det tall for henholdsvis 1972 og 1974. Dette må tas med i vurderingen når gjennomsnittstallene fra de ulike lokaliteter sammenlignes, bl.a. fordi verdiene for fosfor og nitrogen viser økende tendens fra 1972 til 1974.

Siktedyp

Observasjoner av siktedyp i 1972 og 1973 er fremstilt i Tabell 4 og Fig. 5. Hamar/Furnesfjorden og til dels Vingrom/Brøttum har gjennomgående noe lavere tall enn de øvrige lokaliteter.

pH

Tallene i Tabell 4 er basert på Fig. 20 i NIVA-rapport nr. 4, Mjøsprosj. 1974. Det fremgår av tabellen at pH i vår- og sommermånedene 1973 var høyest ved Hamar og Helgøya og lavest ved Vingrom. Gjennomsnittstall fra 1972 og 1974 (Tabell 5) viser ingen stor pH-forskjell fra lokalitet til lokalitet, men det er en tendens til noe høyere pH-nivå i Furnesfjorden enn utenfor Morskogen og Brøttum. I 1974 varierte de målte pH-verdier i området 6,8-7,0 i dyplaget i Mjøsas sentrale deler. Utenfor Brøttum var verdiene i dyplaget noe lavere, pH 6,6-6,9. I overflaten var det betydelige sesong- og døgnvariasjoner hovedsakelig knyttet til planteplanktonets fotosynteseaktivitet. De høyeste verdier ble målt i Furnesfjorden med pH opptil 9,1.

Total fosfor

Gjennomsnittsverdiene for vannets innhold av total fosfor viser små lokalvariasjoner. De høyeste verdier hadde Furnesfjorden med et gjennomsnitt på 9,5 µg P/l i 1972. Deretter fulgte Brøttum, Morskogen og Gjøvik.

Ortofosfat

Høyeste gjennomsnittstall for ortofosfat, 4,3 $\mu\text{g P/l}$ i vannmassene ned til 30 m dyp, stammer fra Morskogen 1974. Tilsvarende tall fra Furnesfjorden mangler for dette året. I 1972 hadde disse to lokaliteter samme verdi, 3 $\mu\text{g P/l}$, i vannmassene over 30 m, mens verdiene på dypere vann var noe høyere i Furnesfjorden (5 $\mu\text{g P/l}$) enn ved Morskogen (4 $\mu\text{g P/l}$). I 1974 lå verdiene for Gjøvik og Brøttum på samme nivå, nemlig 3 $\mu\text{g P/l}$ i overflatelagene.

Total nitrogen

Det totale nitrogeninnhold har vært høyest (393 $\mu\text{g N/l}$) i Furnesfjorden. Litt lavere tall finner man for henholdsvis Morskogen og Gjøvik (se Tabell 5 og Fig. 4), og betydelig lavere er gjennomsnittstallene for Brøttum (248-262 $\mu\text{g N/l}$).

Nitrat

I 1972 hadde Furnesfjorden den høyeste gjennomsnittsverdi for nitrat (227 $\mu\text{g N/l}$ i de øvre vannlag). Deretter fulgte Morskogen og Brøttum, mens data manglet fra Gjøvik. I 1974 rangerte Morskogen øverst (277 $\mu\text{g N/l}$) etterfulgt av Gjøvik og Brøttum. Data for dette året mangler fra Furnesfjorden.

7. DISKUSJON

I motsetning til de dypere liggende avsetninger avspeiler de øverste sedimentlag i Mjøsa en situasjon som er typisk for eutrofe forhold preget av masseproduksjon av planktondiatomeer med *Fragilaria crotonensis* som dominerende art. Tilsvarende forhold er påvist i de øvre sedimentlag for en rekke innsjøer, hvorav bl.a. følgende har vært studert med hensyn til eutrofiutviklingen i moderne tid: Zürichsee (Nipkow 1928) i Sveits, Lake Windermere (Pennington 1943, 1947) i England, Lake Washington (Stockner & Benson 1967) og Shagawa Lake (Bradbury & Waddington 1972) i USA, Trummen (Digerfeldt 1972) i Sverige, Päijänne (Granberg 1972) i Finland og Lough Neagh (Battarbee 1973) i Nord-Irland.

Lake Washington og Shagawa Lake kan nevnes som typiske eksempler hvor det har vært mulig å påvise nær sammenheng mellom menneskelig miljøpåvirkning og endringer i diatomefloraen. Således ble det i Lake Washington dokumentert en klar forbindelse mellom diatomeforekomst og kjente variasjoner i kloakkutslipp gjennom de siste 80 år. I perioder med stor kloakktilførsel ble det bl.a. observert sterk dominans av *Fragilaria crotonensis*. Tilsvarende resultater foreligger fra Shagawa Lake der endringer i sedimentenes diatomeinnhold er studert i relasjon til menneskelig påvirkning av nedbørfeltet i form av bergverksdriftsnauhogst av store skogsarealer og etterfølgende urbanisering. Særlig markerte eutrofieringseffekter som begynte å gjøre seg gjeldende fra slutten av 1940-årene, er av Bradbury & Megard (1972) blitt knyttet til begynnende bruk av fosfatholdige vaskemidler.

7.1 Planktoniske og perifytiske diatomeer

Den anvendte inndeling i planktoniske og perifytiske diatomeer bygger i hovedsak på Cholnoky's (1968) klassifisering av planktondiatomeer. For enkelte arter synes imidlertid Cholnoky's klassifiseringskriterier å være noe for rigorøse i produksjonsmessig sammenheng hvor det synes rimelig å inkludere i planktonet de arter som i vesentlig grad bidrar til primærproduksjonen i de frie vannmasser. Den foreliggende planktonoversikt omfatter derfor noen arter som Cholnoky utelukker fra planktonet, men som andre forskere betegner som fakultativt planktoniske tykoplanktoniske eller meroplanktoniske (jfr. Hutchinson 1967, Meriläinen 1971). Dette gjelder følgende arter som er funnet i vesentlige mengder i de frie vannmasser og/eller i sedimentprøver på relativt dypt vann: *Tabellaria flocculosa* v. *asterionelloides*, *Fragilaria capucina*, *Diatoma elongatum* og *Melosira distans* v. *lirata*.

7.2 Artsfordelingen

Følgende diatomearter utgjør trolig et nytt florainnslag i Mjøsa da de ikke er registrert i dypere liggende sedimenter eller i eldre planktonundersøkelser: *Fragilaria crotonensis*, *Melosira granulata* v. *angustissima*, *Stephanodiscus hantzschii* og *Diatoma elongatum*. De tre førstnevnte arter

er utpregede eutrofiindikatorer. Tilsvarende registreringer foreligger fra toppsedimentene i en rekke andre sterkt eutrofierte innsjøer: Lake Washington (Stockner & Benson 1967), Shagawa Lake (Bradbury & Megard 1972), Trummen (Digerfeldt 1972) samt flere innsjøer i Englands Lake District (Stockner 1972).

I Mjøsa har produksjonsøkningen vært spesielt sterk hos *Fragilaria crotonensis* som ifølge Lindstrøm & al. (1973) først ble påvist i betydelige mengder i begynnelsen av 1960-årene. I tidligere planktonundersøkelser er *Fragilaria crotonensis* ikke registrert.

Toppsedimentets innhold av *Diatoma elongatum* må også tilskrives økende forurensning, idet denne algen reagerer positivt på moderate økninger i vannets saltholdighet (Hustedt 1959, Skreslet & Foged 1970).

Forekomstene av *Asterionella formosa* er også begrenset til de øverste sedimentlag. At denne algen ikke er påvist i dypere liggende avsetninger må imidlertid skyldes korrosjonspåvirkning, idet eldre undersøkelser viser at Mjøsplanktonet har vært dominert av *Asterionella* allerede fra før århundreskiftet da de første planktonregistreringer ble gjennomført (Huitfeldt-Kaas 1906 og 1946, Braarud, Føyn & Gran 1928, Strøm 1921).

A. formosa har spesielt tynne og skjøre kiselskall og er derfor sterkt utsatt for kjemisk oppløsning og/eller mekanisk ødeleggelse (jfr. Granberg 1972, Juse 1966).

Selv om *A. formosa* kan eksistere under nokså varierende miljøforhold, synes sterk produksjonsøkning å indikere begynnende eutrofiering (Pennington 1943, Round 1964, Lund 1968, Stockner 1972).

Av andre arter som har vist en klar produksjonsøkning i den senere tid, bør spesielt nevnes *Fragilaria capucina* i området utenfor Vingrom. Denne algen har reagert positivt på øket næringstilførsel gjennom forurensning av Lake Michigan (Stoermer & Yang 1970) og kan ofte dominere i små eutrofe innsjøer (Bright 1968). Selv om de store forekomstene av *F. capucina* er begrenset til toppsedimentet, bør det noteres at innslaget av denne algen

ikke er helt ubetydelig i dypereliggende sedimentlag. Dette kan indikere at Mjøsas nordende ikke var ekstremt oligotrof før de siste årtiers markerte eutrofiering tok til.

Sedimentenes innhold av *Tabellaria*-skall representerer en viss taksonomisk usikkerhet. Korrekt artsbestemmelse forutsetter kjennskap til algenes koloniform, men denne går tapt under sedimentasjonen. Mjøsprosjektets planktonprøver (NIVA, Mjøsprosjektet, nr. 3A, 1973) omfatter imidlertid utelukkende *Tabellaria fenestrata* v. *asterionelloides* som Knudson (1952) har revidert til *T. focculosa* v. *asterionelloides*. På denne bakgrunn antas det at hovedmassen av sedimentenes *Tabellaria*-forekomster kan betegnes *T. flocculosa* v. *asterionelloides*. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det finnes et visst innslag av *T. focculosa* v. *pelagica* (Holmboe 1900) og *T. focculosa* v. *flocculosa* hvorav sistnevnte varietet hovedsakelig tilhører strandsonens perifyton. Da disse tre varieteter ikke med sikkerhet kan skjelnes fra hverandre i det fossile materialet, er samtlige *Tabellaria*-skall her oppført som *T. focculosa* v. *asterionelloides*. Denne varietet finnes under temmelig skiftende miljøforhold. Mye tyder imidlertid på at økende forekomst indikerer begynnende eutrofiering (Knudson 1954, Nipkow 1928, Schröter 1896). I sterkt eutrofierte vannmasser vil imidlertid den relative hyppighet ofte være nokså beskjeden sammenlignet med forekomstene av utpreget eutrofiindikerende arter. De data som foreligger fra Mjøsa er i god overensstemmelse med det utviklingsforløp som her er antydnet, idet områdene utenfor Feiring, Gjøvik og Vingrom har sterkest innslag av *T. flocculosa* i de øvre sedimentlag, mens de mest eutrofipregede lokalitetene, Hamar og Helgøya, har maksimal forekomst av denne algen noe dypere ned i sedimentene.

Utenfor Hamar er artsantallet blitt betydelig redusert i den senere tid, bl.a. er ikke *Cyclotella* spp. blitt påvist i de øverste sedimentlag. En slik reduksjon av floraens diversitet reflekterer endringer i retning av mer ekstreme miljøforhold, i dette tilfellet sterk eutrofiering (jfr. Hutschinson & Wollak 1940, Cholnoky 1968). I Hamarprofilen er det maksimal forekomst av *Cyclotella comta* 35 mm fra sedimentoverflaten, mens denne algen ikke er registrert i toppsedimentet. Sedimentprofilene fra de øvrige lokaliteter unntatt Vingrom (hvor forekomstene av *C. comta* er små) viser også klar nedgang i relativ hyppighet for *C. Comta* i den senere

tid. *Cyclotella* spp. med unntak av enkelte arter som f.eks. *C. meneghiniana*, regnes gjerne som typiske oligotrofiindikatorer. Bradbury & Waddington (1972) hevder imidlertid at *C. comta* har en betydelig næringsfysiologisk tilpasningsevne. For Mjøsas vedkommende synes det som om produksjonen av *C. comta*, i likhet med de fleste andre planktonarter, er blitt stimulert av moderat økning av næringstilførselen, men produksjonen har så avtatt igjen etter hvert som eutrofieringen er blitt mer markert. *Cyclotella kützingiana* viser forøvrig et tilsvarende utviklingsmønster vurdert etter forekomstene i sedimentprofilen fra Feiringområdet. I dette området var ellers den oligotrofiindikerende *Melosira distans* v. *lirata* sterkt representert i tidligere perioder, mens forekomstene i toppsedimentet er temmelig beskjedne. Om den nåværende utviklingstendens fortsetter, er det sannsynlig at denne algen snart vil forsvinne fra Mjøsas diatomeflora.

Den relative hyppighet hos *Melosira italica* subsp. *subarctica* viser et noe uregelmessig mønster langs sedimentprofilene, men i grove trekk er det her tale om en økning i tidlig eutrofieringsfase med etterfølgende tilbakegang på samtlige lokaliteter, unntatt Vingrom (hvor forekomstene er små), i den senere tid.

M. italica subsp. *subarctica* er rapportert fra mange forskjelligartede innsjøtyper. Algen er vanlig i oligo- til mestotrofe kaldtvanninnsjøer (Mølder & Tynni 1967, Hustedt 1930, Cleve-Euler 1951). Ifølge Foged (1954) er den alkalifil og indikerer moderat eutrofi. Lund (1954, 1971) har studert algens økologi i Englands Lake District, hvor den forekommer i en rekke innsjøer som spenner over et vidt miljøspektrum. Algens konkurransevne beror ifølge Lund (1954) for en stor del på at den overvintrer på sedimentoverflaten. Under vårfullsirkulasjonen bringes cellene så igjen opp i innsjøens fotiske sone.

Ut fra nevnte forhold er det vanskelig å gi noen entydig tolkning av variasjonsmønsteret for de sedimenterte forekomster av *M. italica* subsp. *subarctica*. Ifølge Lund (op.cit) kan det synes som om fysiske faktorer er viktigere enn kjemiske. Cleve-Euler (1951) karakteriserer imidlertid denne algen som "entscheiden halophob" (lav toleransegrense for vannets

saltinnhold). Hvis man legger avgjørende vekt på denne faktor, er det nærliggende å antyde at den moderate økning i saltholdighet som muligens har stimulert produksjonsøkningen hos *Diatoma elongatum*, har virket tilsvarende hemmende på veksten hos *M. italica* subsp. *subarctica*.

Forekomstene av *M. islandica* i Mjøssedimentene er relativt små, men variasjonstendensene langs sedimentprofilene er omtrent de samme som hos *M. italica* subsp. *subarctica*. Da *M. islandica* også er halophob (Cleve-Euler, op.cit.), foreligger det også her en mulighet for at produksjonssenkningen i den senere tid har sammenheng med en svak økning i vannets saltholdighet.

Selv om mengdeforholdet mellom perifytiske og planktoniske diatomeer i den senere tid er forskjøvet i favør av planktonartene, har Mjøsas eutrofiering sannsynligvis medført produksjonsøkning også hos perifytgruppen (jfr. avsnitt nr. 4). Denne gruppen domineres av *Achnanthes* spp. med *A. microcephala* som den markert hyppigste art.

Nitzschia spp. (særlig *N. fonticola*) forekommer relativt hyppig i toppsedimentet utenfor Gjøvik og Feiring og indikerer her god tilgang på næringsalter og organiske nitrogenforbindelser (Cholnoky 1968) i de strandnære områder.

7.3 Diatomeanalysene sett i relasjon til andre data

Fysisk/kjemiske og biologiske dataregistreringer i vannmassene vil være mer preget av lokalisering og tidspunkt for prøvetaking enn de resultater som oppnås ved sedimentanalyse som representerer en integrasjon over flere produksjonssesonger. En sammenligning av data fra henholdsvis vannfase og bunnsedimenter må av den grunn omfatte gjennomsnittstall med de begrensninger som følger av dette. Data av denne karakter kan i grove trekk avdekke regionale og temporale variasjonsmønstre, men forteller lite om vannsystemers dynamikk. Selv om det foreliggende datamateriale er temmelig omfattende, vil det likevel være behov for en ytterligere komplettering for å oppnå en tilfredsstillende representasjon av forholdene i ulike deler av Mjøsa. Etter hvert som datamassen blir fyldigere,

kan det derfor bli nødvendig å justere noen av de konklusjoner som trekkes på det foreliggende grunnlag.

7.3.1 Biologiske data

De biologiske data viser god overensstemmelse med de trofiindekser som er beregnet ut fra de undersøkte lokaliteters diatomeforekomster i overflatesedimentet. Følgende parametre gir nemlig samme trofirangering for sammenlignbare lokaliteter som den man oppnår på grunnlag av diatomeanalysenes trofiindekser: Årlig produksjon av planteplankton, maksimal daglig planktonproduksjon og diatomevolum i vannprøver. Rangeringen er følgende:

1. Hamar, Helgøya/Furnesfjorden (de mest eutrofierte områder).
2. Feiring/Morskogen.
3. Gjøvik.
4. Vingrom/Brøttum.

Tallene for totalt algevolum og vannprøvers innhold av organisk stoff er også på linje med de øvrige data når det gjelder Furnesfjorden som har de høyeste verdier. Derimot har Brøttum høyere verdier enn Morskogen med hensyn til organisk stoff, mens forholdet er omvendt for de øvrige biologiske parametre fra disse to lokalitetene.

Disse resultater har trolig sammenheng med Lågens innvirkning på Mjøsas vannmasser (jfr. NIVA-rapport nr. 5, Mjøsprosjektet 1975). På forsommeren er planktonproduksjonen i Mjøsas nordende lav på grunn av det tilstrømmende elvevannets lave temperatur og høye turbiditet. De turbulente forhold under vårflommen medfører også demping av algeproduksjonen. Brøttumområdets relativt høye tall for organisk stoff - periodevis også for algevolum - skyldes, i tillegg til den lokale produksjon, vesentlige tilførsler av suspendert materiale og algedrift via Lågen.

7.3.2 Diatomeer i overflatesediment og i vannprøver

Mens diatomeinnholdet i vannprøver avspeiler situasjonen på det tidspunkt prøven blir tatt, vil sedimentprøver omfatte en mer eller mindre komplett samling av skall fra diatomeer produsert i løpet av en eller flere vekstsesonger. På denne bakgrunn er det rimelig at artsantallet i sedimentprøver blir vesentlig høyere enn i en serie med vannprøver, som det fremgår av de foreliggende data.

Asterionella formosa som dominerer i vannprøvene, er blitt betydelig underrepresentert i sedimentprøvene. De viktigste årsaker er trolig kjemisk oppløsning i vannfasen (Granberg 1972, Juse 1966) og korrosjonspåvirkning etter innleiring i sedimentene (Berge 1973b). Man kan heller ikke se bort fra at *Asterionella* på grunn av god flyteevne i større grad enn mange av de øvrige arter er blitt transportert med det gjennomstrømmende overflatevannet ut av innsjøen. Mye tyder på at tilsvarende forhold har innvirket på forekomstene av *Stephanodiscus hantzschii* som er betydelig svakere representert i sedimentene enn i vannprøvene. Manglende forekomster av *Fragilaria capucina* (i Mjøsas nordende) og *Cyclotella* spp. i vannprøvene kan ha sammenheng med såvel lokale (jfr. Meriläinen 1971) som sesongmessige variasjoner i produksjonen. Sedimentprofilen fra Vingrom representerer således relativt strandnære områder med gunstige utviklingsmuligheter for *Fragilaria capucina*, mens de tilsvarende vannprøver derimot er hentet fra Mjøsas midtparti utenfor Brøttum.

Konklusjonen på sammenligningen må bli at sedimentanalysene synes å ha gitt et noe fortegnert bilde av enkelte arters relative betydning i produksjonsmessig sammenheng. Sedimentanalysene omfatter imidlertid adskillig flere planktonarter og gir dermed en fyldigere oversikt over produksjonsforholdene enn man kan oppnå med et begrenset antall vannprøver.

7.3.3 Fysisk/kjemiske faktorer

I god overensstemmelse med de biologiske data har Furnesfjorden gjennomgående de høyeste tall for pH, total fosfor, total nitrogen og nitrat, og de laveste verdier for siktedyp. Overensstemmelsen er også relativt god når det gjelder Brøttum-området, idet denne delen av Mjøsa har de laveste tall for pH, fosfat, total nitrogen og nitrat.

De små verdiene for siktedyp ved Vingrom skyldes trolig i større grad Lågenvannets høye turbiditet enn lokal algeproduksjon på forsommeren.

Det er ikke foretatt noen pH-analyse (jfr. Nygaard 1956, Meriläinen 1967) av diatomeforekomstene i profilene fra Hamar, Helgøya og Feiring, men vurdert ut fra den senere tids endringer i diatomefloraens sammensetning, kan det antydes en svak forskyvning i alkalisk retning. Denne tendens bekreftes av pH-målinger (bromthymolblått som indikator) fra 1927 (Braarud, Føyn og Gran 1928) med Mjøsprosjektets pH-data fra årene 1972-74. pH-verdiene fra 1927 lå på 6,4-6,5 i Mjøsas midtparti vest for Nes kirke. Tilsvarende gjennomsnittsverdier fra overflatevannmassene ved Brøttum, Morskogen og i Furnesfjorden varierte i 1972-74 mellom pH 6,9 og 7,2. pH-analyser av diatomemateriale fra Vingrom og Gjøvikområdet (Berge 1974a,b) viste ingen klar pH-trend langs sedimentprofilene. Analyseresultatene fra overflatesedimentene stemmer relativt godt overens med pH-målingene fra 1972-74.

Tilsvarende analyser av diatomeforekomster i vassdrag i Agder har vist en tydelig forsurening på samtlige lokaliteter fra 1949 til 1975 (Berge 1976). I et humuspreget vann, Langtjern i Flå kommune i Buskerud, var det derimot kun en svak forsurening å spore i den senere tid (Berge 1975). Geografisk lokalisering, geologisk betinget bufferkapasitet og eutrofiering er trolig de viktigste faktorer som har motvirket forsurening av Mjøsa.

Brøttumområdets relativt høye verdier for total fosfor kan for en stor del skyldes fosfat som er adsorbent til breslampartikler i det tilførte Lågenvannet. På grunn av stor turbiditet i flomperioder vil imidlertid relativt lite av det tilførte fosfat kunne bli utnyttet til algevekst (NIVA, O-151/73, Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa, Vormo, 1976).

Mens tallene for ortofosfat varierer lite fra lokalitet til lokalitet og således gir liten informasjon om eventuelle forskjeller i eutrofieringsgraden, er det nokså markerte forskjeller mellom ulike Mjøsavsnitt med hensyn til konsentrasjonene av total nitrogen og nitrat. Laboratorieforsøk har vist at fosfat virker begrensende for algevekst i vannprøver fra Furnesfjorden og Morskogen (NIVA-rapport nr. 3A, Mjøsprosj. 1973), mens både fosfat og nitrat begrenser produksjonen i vann fra Brøttum hvor vannets nitratkonsentrasjon er lavest.

En rangering av de undersøkte lokaliteter etter avtagende konsentrasjoner av enten total nitrogen eller nitrat gir følgende resultat:

1. Furnesfjorden
2. Morskogen
3. Gjøvik
4. Brøttum.

Den samme rekkefølge fremkommer om lokalitetene trofirangeres på grunnlag av diatomeanalyse, årlig produksjon av planteplankton, maksimal daglig planktonproduksjon og diatomevolum i vannprøver.

Selv om fosfortilførslene har avgjørende innvirkning på eutrofieringsgraden, synes verdiene for total nitrogen og nitrat å gi et klarere bilde enn de tilsvarende fosfortallene av belastningsnivået i ulike deler av Mjøsa. Viktige faktorer i denne sammenheng er trolig både metodiske problemer med hensyn til nøyaktig registrering av små fosfatkonsentrasjoner samt algepopulasjonenes evne til å regulere produksjonen etter varierende fosfortilførsler.

7.4 Eutrofieringsutviklingen

Hovedhensikten med Mjøsprosjektets biologiske sedimentundersøkelser har vært å belyse innsjøens eutrofieringsutvikling i løpet av de siste årtier. Undersøkelser av denne karakter ble ansett som nødvendige for å supplere det limnologiske observasjonsmateriale som foreligger fra undersøkelser utført før Mjøsprosjektet ble igangsatt.

To av de undersøkte sedimentprofiler, den ene fra Vingrom og den andre fra Hamarområdet, er lite korrosjonspåvirket og danner derfor det sikreste grunnlaget for en vurdering av diatomeproduksjonen i tidligere perioder. Bortsett fra at *Asterionella formosa* ikke er blitt påvist i dypere liggende sedimenter, er det relativt god overensstemmelse mellom sedimentanalysene og tidligere undersøkelser av Mjøsa (Holmeboe 1900, Huitfeldt-Kaas 1906 og 1946, Braarud & al. 1928, Lindstrøm & al. 1973). Ut fra dette materialet synes det rimelig å karakterisere Mjøsa som en oligotrof innsjø før den senere tids markerte eutrofieringsfase satte inn. Når man tar i betraktning de relativt store forekomster av *Asterionella formosa*, *Melosira italica* subsp. *subarctica* og *M. islandica*, kan imidlertid ikke tilstanden ha vært preget av noen ekstrem oligotrofi (jfr. Braarud & al. 1928). Mjøsas mange fiskearter vitner forøvrig om at innsjøen, spesielt i de strandnære områder, fra gammelt av har omfattet en betydelig variasjonsbredde med hensyn til ulike miljøtyper. Således kan man anta at områder hvor det i lang tid har forekommet fiskearter som f.eks. mort og brasme, har vært mer mesotroft preget enn innsjøens hovedvannmasser.

Diatomeanalysene fra dypere liggende sedimenter indikerer temmelig stabile produksjonsforhold. Vesentlige kvantitative og/eller kvalitative endringer i diatomefloraens sammensetning registreres først ca. 40 mm og ca. 25 mm fra sedimentoverflaten i profilene fra henholdsvis Hamar (1972) og Vingrom (1974). Det foreligger hittil ingen data om sedimentasjonshastigheten i forskjellige deler av Mjøsa. Om man tar i betraktning sedimentasjonsdata fra innsjøer som limnologisk sett kan jevnføres med det grunne Mjøsområdet utenfor Hamar, er det rimelig å anta at sedimentasjonshastigheten her i de siste årtier har vært på mellom 1,5 og 3 mm pr. år. (jfr. Pennington 1947, Züllig 1955, Stockner & Benson 1967, Digerfeldt & al. 1972.

På dette grunnlag kan Mjøsas begynnende forurensningspregede eutrofiering antydningvis tidfestes til begynnelsen av 1950-årene. Ca. 10 år senere inntrådte så særlig markante biologiske endringer bl.a. karakterisert ved nyetablerte forekomster av utpreget eutrofiindikerende diatomearter med masseforekomst av *Fragilaria crotonensis* (jfr. Lindstrøm & al. 1973).

Selv om eutrofieringsgraden varierer noe fra område til område, så synes utviklingen å ha omfattet hele innsjøen, muligens med et visst tidsmessig etterslep for Mjøsas nordlige deler.

Ut fra de foreliggende fysisk/kjemiske og biologiske data må Mjøsa nå generelt karakteriseres som en eutrof innsjø. Noen få eksempler kan illustrere den nåværende situasjon: Verdiene for total fosfor og total nitrogen har under vårsirkulasjonen i de senere år (til og med 1975) vært henholdsvis ca. 10 µg P/l og ca. 400 µg N/l (NIVA-rapport nr. 6, Mjøsprosj. 1976), mens tilsvarende tall for andre av våre større østlands-innsjøer ligger betydelig lavere (Tyrifjorden har f.eks. ca. 5 µg P/l og ca. 300 µg N/l). Total fosforbelastning er nå ca. 1 g/m² pr. år i Mjøsa (Op.cit.) For en innsjø med Mjøsas morfometri representerer verdier av denne størrelsesorden ifølge Vollenweider (1968) en kritisk belastning som kan innebære store eutrofieringsproblemer.

Maksimal døgnproduksjon somrene 1973 og 1974 lå på ca. 750-900 mg C/m² · døgn (NIVA-rapp. nr. 5, Mjøsprosj. 1975). I 1975 ble det målt maksimumsverdier på ca. 2000 mg C/m² · døgn (NIVA-rapp. nr. 6, Mjøsprosj. 1976).

En særlig bemerkelsesverdig biologisk manifestasjon av Mjøsas nåværende eutrofe status representerer en massiv oppblomstring ettersommeren og høsten 1976 av en blågrønnalge som av NIVAs biol. avd. og K. Thomasson er bestemt til *Oscillatoria* cf. *borneti* var. *tenuis*.

Ved vurderingen av disse observasjoner er det imidlertid nødvendig å ta hensyn til at somrene 1975 og 1976 var spesielt varme og nedbørfattige. Såvel relativt høy vanntemperatur som liten gjennomstrømning kan ha bidratt til å forsterke innsjøens eutrofe preg.

8. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I tidsrommet 1972-76 er det gjennomført paleolimnologiske undersøkelser i Mjøsa med sikte på å belyse visse trekk ved innsjøens utviklingshistorie. Hovedvekten er lagt på utviklingen i de siste årtier som har vært preget av markert eutrofiering forårsaket av forurensningstilførsler fra bebyggelse, industri og landbruk.

Undersøkelsene er i første rekke basert på analyse av bunnsedimentenes innhold av kiselskall fra diatomeer (kiselalger) som tilhører en artsrik algegruppe med karakteristiske former tilpasset ulike miljøtyper. Ut fra diatomeanalyse er det således forsøkt å foreta en kronologisk rekonstruksjon av visse økologiske forhold i Mjøsa.

Det foreligger analyser av sedimentkjerner fra fem forskjellige områder i Mjøsa (se Fig. 1 og Tab. 1). Annet datamateriale fra NIVAs Mjøsprosjekt og eldre undersøkelser er trukket inn som kontroll av og supplement til de diatomeanalytiske resultater.

De undersøkte sedimenter består hovedsakelig av leirgytje uten tydelige varvserier, men med varierende innhold av sand og organisk materiale.

Sedimentprofilene vitner om stor stabilitet i produksjonsforholdene inntil ca. 1950, da visse forskyvninger i mengdeforholdene mellom ulike diatomearter begynte å gjøre seg gjeldende. På dette utviklingstrinn kan det også registreres en begynnende produksjonsøkning av diatomeer med sterkest utslag for planktonets vedkommende. Omkring begynnelsen av 1960-årene inntrådte det så mer dyptgripende økologiske forandringer karakterisert ved nyetablerte forekomster av utpreget eutrofiindikerende diatomearter med masseforekomst av *Fragilaria crotonensis*.

Selv om eutrofieringsgraden varierer noe fra område til område, så synes utviklingen å ha omfattet hele innsjøen, muligens med et visst tidsmessig etterslep for Mjøsas nordlige deler.

En sammenligning av diatomeforekomster i henholdsvis overflatesediment og vannprøver synes å indikere at sedimentprøvene gir et noe fortegnert bilde av enkelte arters relative betydning i produksjonsmessig sammenheng. Imidlertid gir sedimentanalysene en fyldigere oversikt over produksjonsforholdene, da de omfatter adskillig flere arter enn man normalt registrerer i et begrenset antall vannprøver.

Såvel eldre data som de diatomeanalytiske resultater, indikerer at Mjøsas eutrofiering har vært ledsaget av en moderat heving av vannets pH-nivå.

Resultatene fra diatomeanalysene viser spesielt god overensstemmelse med data for følgende biologiske og fysisk/kjemiske faktorer: Produksjon av planteplankton, diatomevolum i vannprøver, pH, total nitrogen og nitrat. På dette grunnlag kan det stilles opp følgende rangering for de undersøkte lokaliteters nåværende trofinivå:

- 1) Hamar/Helgøya/Furnesfjorden (mest eutrofiert)
- 2) Feiring/Morskogen
- 3) Gjøvik
- 4) Vingrom/Brøttum.

Både sedimentanalysene og eldre planktonundersøkelser gir grunnlag for å karakterisere Mjøsa som en moderat oligotrof innsjø før den senere tids markerte eutrofiering satte inn. Mjøsas nåværende eutrofe status er således et resultat av en hurtig og vidtgående økologisk omveltning sett i relasjon til de stabile forhold som preget innsjøen i tidligere perioder.

9. SUMMARY AND CONCLUSIONS

The objective of the palaeolimnological research on Lake Mjøsa, Norway, during the period 1972-1976 has been to throw some light on the lake's history of development.

The main issue has been the development during the last decades with marked cultural eutrophication.

Lake Mjøsa is the largest lake in Norway, covering an area of 362 km², with a length of 290 km and a maximum depth of 449 m. It is a typical fiord lake situated at the end of Gudbrandsdalen valley and surrounded by forests, rich agricultural land and several densely populated areas, including three towns with populations ranging from 6,500 to 12,400 people.

The investigations are mainly based on analyses of diatom frustules in the bottom deposits of the lake.

Among the numerous diatom taxa there are many forms with rather restricted ecological requirements. Diatom analysis is therefore used as an attempt to make a chronological reconstruction of certain ecological conditions in Lake Mjøsa.

Sediments from five different locations in the lake have been analysed (see Fig. 1 and Tab. 1).

Other data from NIVA's Mjøs-project and results from former investigations have been used to check and supplement the diatom analytical findings. The analysed sediments consist mainly of clayey gyttja without distinct varve series and with varying contents of sand and organic material.

The sediment profiles seem to reflect great productional stability until about 1950 when certain changes in the proportion of different diatom species took place. At this developmental stage one can also trace an increase of diatom production, especially of the planktonic forms.

More thorough ecological changes started around the beginning of the 1960's. At this time new populations of eutrophy indicating diatoms were established and *Fragilaria crotonensis* became a dominating species.

Although the degree of eutrophication varies from place to place the whole lake has been affected, possibly with some time lag for the northern parts.

A comparison of diatom content in surface sediment and water samples seems to indicate that the sediment samples give a somewhat distorted picture of the relative productional importance of certain diatom species. Taxonomically, however, the sediment samples are more complete as they contain a higher number of species than normally found in a limited number of water samples.

Both previous data and the diatom analyses indicate that the eutrophication of Lake Mjøsa has been accompanied by a moderate rise in the pH of the water.

There is a close agreement between diatom analytical results and data representing the following biological, physical and chemical factors: Phytoplankton production, diatom volume in water samples, pH, total nitrogen, and nitrate.

On the basis of diatom analysis and early investigations of the phytoplankton Lake Mjøsa can be classified as a moderate oligotrophic lake before the start of the recent cultural eutrophication. The present eutrophic status of the lake is therefore a result of a fast and drastic ecological disturbance compared with the stable conditions prevailing in the lake during earlier periods.

LITTERATUR

- Battarbee, R.W. 1973. A pollen and diatom study of the Late-Flandrian development of Lough Neagh. D. Phil. Thesis. The New University of Ulster. 148 p.
- Berge, D. & Rognerud, S. 1976. Primærproduksjon i Mjøsa 1975 og Losna 1974-75. In prep.
- Berge, F. 1973a. En undersøkelse basert på fossile diatomeer i en sedimentprofil utenfor Hamar 1972. NIVA. Mjøsprosjektet, Delrapport nr. 1. 31 p.
- Berge, F. 1973b. En undersøkelse av fossile diatomeer i en sedimentprofil fra Mjøsa utenfor Helgøya 1973. NIVA. Mjøsprosjektet. Delrapport nr. 2. 21 p.
- Berge, F. 1974a. Diatomeer i en sedimentprofil fra strandsonen sør for Gjøvik 1973. NIVA. Mjøsprosjektet. Delrapport nr. 3. 21 p.
- Berge, F. 1974b. Diatomeer i en sedimentprofil fra Mjøsa utenfor Vingrom 1974. NIVA. Mjøsprosjektet. Delrapport nr. 4. 20 p.
- Berge, F. 1975. pH-forandringer og sedimentasjon av diatomeer i Langtjern. SNSF-prosjektet. IR 11/75. 18 p.
- Berge, F. 1976a. Kiselalger og pH i noen elver og innsjøer i Agder og Telemark. En sammenligning mellom årene 1949 og 1975. SNSF-prosjektet. IR 18/75. 36 p.
- Berge, F. 1976b. Undersøkelser av sedimenter fra Mjøsa utenfor Feiring, med hovedvekt på diatomeanalyse. NIVA. Mjøsprosjektet. Delrapport nr. 5. 17 p.
- Bradbury, J. P. & Megard, R. O. 1972. A stratigraphic Record of Pollution in Shagawa Lake, Northeastern Minnesota. Contrib. No. 106, Limnological Research Center, University of Minnesota. 27 p.
- Bradbury, J. P. & Waddington, C. B. 1972. The impact of European Settlement on Shagawa Lake, Northeastern Minnesota, USA. Contrib. No. 112, Limnological Research Center, University of Minnesota. 32 P.
- Brettum, P. & Lillevold, L. 1974. Planteplankton i Mjøsa - biomasse og produksjon. Forskningsnytt nr. 8: 44-48.
- Bright, R.C. 1968. Surface-water chemistry of some Minnesota lakes, with preliminary notes on diatoms. University of Minnesota, Limnol. Res. Ctr. Interim Rept. 3, 59 p.
- Braarud, T., Føyn, B. & Gran, H.H. 1928. Biologische Untersuchungen in einigen Seen des östlichen Norwegens, August-September 1927. Avh. Vidensk.- Akad. Oslo I. Matem.Nat.v.sk.kl., nr. 2: 1-37.
- Cholnoky, B.J. 1968. Die Oekologie der Diatomeen in Binnengewässern. J. Cramer, Lehre. 699 p.

- Cleve-Euler, A. 1951-53. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. Almquist & Wiksells Boktryckeri, Stockholm 1171 p.
- Digerfeldt, G. 1972. The post-glacial development of Lake Trummen. Folia limnol. Scand. 16. 96 p.
- Digerfeldt, G., Battarbee, R. W. & Bengtsson, L. 1975. Report on annually laminated sediment in Lake Järlasjön, Nacka, Stockholm. Geol. Fören. i Stockholm. Förh. 97: 29-40.
- Foged, N. 1954. On the diatom flora of some Fünen lakes. Folia Limnol. Scand. 6: 1-75.
- Granberg, K. 1972. The diatom successions in the recent sediments and the eutrophication of Ristiselkä, Lake Päijänne, Central Finland Aqua Fennica 1972: 20-27.
- Holmboe, J. 1900. Undersøgelser over norske ferskvannsdiatomeer. Arch. Math. Naturv. 22: 1-72.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1906. Planktonundersøgelser i Norske Vande. Christiania 1906.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1946. The plankton in Mjøsa. Nytt Mag. Naturvid. 85: 161-221.
- Hustedt, F. 1930. Die Süßwasserflora Mitteleuropas. Heft 10: Bacillariophyta (Diatomeae). Jena.
- Hustedt, F. 1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Band VII. 2. Teil. In Rabenhorsts Kryptogamen-Flora. Leipzig. 845 p.
- Hutchinson, G. E. 1967. Treatise on limnology. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. London. 1115 p.
- Hutchinson, G. E. & Vollak, A. 1940. Studies on Connecticut lake sediments. II. Chemical analyses of a core from Linsley Pond, North Branford. Amer. J. Sci. 238: 493-517.
- Juse, A. 1966. Diatomeen in Seesedimenten. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 4: 1-32.
- Jørgensen, E. G. 1955. Solubility of the silica in diatoms. Physiol. Plantarum. 8: 846-851.
- Knudson, B.M. 1952. The diatom genus *Tabellaria*. I. Taxonomy and morphology. Ann. Bot. London. N.S. 16: 421-440.
- Knudson, B.M. 1954. The ecology of the diatom genus *Tabellaria* in the English Lake District. J. of Ecology 42: 345-358.

- Lewin, J. C. 1961. The dissolution of silica from diatom walls. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 21: 182-198.
- Lindstrøm, E.-A., Skulberg, R. & Skulberg, O. M. 1973. Observations on Planktonic Diatoms in the Lake-River System Lake Mjøsa-Lake Øyeren - River Glåma, Norway. *Norw. Journ. of Botany*. 20. (2-3) : 183-195.
- Lund, J. W. G., 1954. The seasonal cycle of the plankton diatom *Melosira italica* (Ehr.) Kütz. subsp. *subarctica* O. Müll. *J. Ecol.* 42(1): 151-179.
- Lund, J. W. G. 1968. Phytoplankton, p. 306-330. In: Eutrophication: causes, consequences and correctives. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Lund, J. W. G. 1971. An artificial alteration of the seasonal cycle of the plankton diatom *Melosira italica* subsp. *subarctica* in an English Lake. *J. Ecol.* 59: 521-533.
- Molder, K. & Tynni, R. 1967. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen I. *Co. Rend. soc. Geol. Fin.*, 29: 199-217.
- Meriläinen, J. 1967. The diatom flora and the hydrogen-ion concentration of the water. *Ann. Bot. Fenn.* 4: 51-58.
- Meriläinen, J. 1971. The recent sedimentation of diatom frustules in four meromictic lakes. *Ann. Bot. Fenn.* 8: 160-176.
- Nipkow, H. F. 1928. Über das Verhalten des Skelette planktischer Kieselalgen im geschichteten Tiefenschlamm des Zürich- und Baldeggersees. *Schwiz. Z. Hydrol.* 4(1/2): 71-120.
- Norsk institutt for vannforskning. 1973. Mjøsprøsjektet. Fremdrifts-rapport nr. 3A. Undersøkelser 1972. Resultater og kommentarer. Rapport O-91/69, april 1973.
- Norsk institutt for vannforskning 1974. Mjøsprøsjektet. Fremdrifts-rapport nr. 4. Unders. 1973. Resultater og kommentarer. Rapport O-91/69, oktober 1974.
- Norsk institutt for vannforskning. 1975. Mjøsprøsjektet. Fremdrifts-rapport nr. 5. Unders. 1974. Resultater og kommentarer. Rapport O-91/69, mars 1975.
- Norsk institutt for vannforskning 1975. Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa, Vormå. Resipientundersøkelser i forbindelse med planlagte vassdrags-reguleringer. 1974-1975. A. Resultater og vurderinger. Rapport O-151/73. Oktober 1975.

- Norsk institutt for vannforskning 1976. Mjøssprosjektet. Fremdriftsrapport nr. 6. Unders. 1975. Rapport O-91/69. Juli 1976.
- Nygaard, G. 1956. Ancient and recent flora of diatoms and chrysophyceae in Lake Gribsø. *Folia Limnol. Scand.* 8: 32-94, 253-262 + 12 pls.
- Pennington, W. 1943. Lake sediments: The bottom deposits of the North Basin of Windermere, with special reference to diatom succession. *New Phytol.* 42: 1-27.
- Pennington, W. 1947. Studies of the post-glacial history of British vegetation. VII. Lake sediments: pollen diagrams from the bottom deposits of the North Basin of Windermere. *Phil. Trans. Roy. Soc. London. Ser. B. Biol. Sci.* 233: 137-175.
- Round, F. E. 1964. The diatom sequence in lake deposits: Some problems of interpretation. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* XV. 1012-1020.
- Schröter, C. 1896. Die Schwebeflora unserer Seen (Das Phytoplankton). *Neujahrsbl. naturf. Ges. Zürich.* 99: 1-60.
- Skreslet, S. & Foged, N. 1970. The ecosystem of the arctic Lake Nordlaguna, Jan Mayen Island. II Plankton and benthos. *Astarte. Journal of Arctic Biology.* 3(2): 53-61.
- Stockner, J. G. 1972. Paleolimnology as a means of assessing eutrophication. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 18: 1018-1030.
- Stockner, J. G. & Benson, W. W. 1967. The succession of diatom assemblages in the Recent sediments of Lake Washington. *Limnol. Oceanogr.* 12:513-532.
- Stoermer, E. F. & Yang, J. J. 1970. Distribution and relative abundance of dominant plankton diatoms in Lake Michigan. Great Lakes Research Division. Pub. no. 16, Univ. Michigan, Ann Arbor. 64 p.
- Strøm, K. M. 1921. The phytoplankton of some Norwegian lakes. *Vidensk. Selsk. Skr. I. M.-N.Kl.* 1921,4.
- Vollenweider, R. A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. OECD-report. Water management research. 1968.
- Wetzel, R. G. & Westlake, D. F. 1969. Periphyton. In R. A. Vollenweider (ed.), A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook, 12: 33-40.
- Züllig, H. 1955. Sedimente als Ausdruck des Zustandes eines gewässers. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 8(suppl.): 485-530.

11. APPENDIX

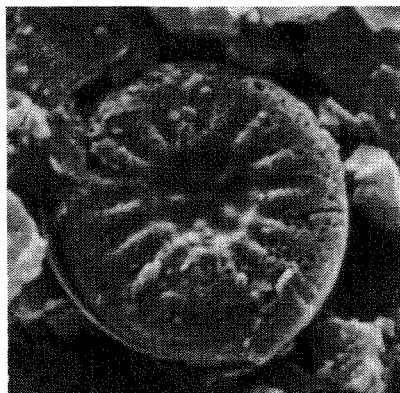
SEM-fotos av diatomeer i overflatesediment fra Mjøsa utenfor Feiring 1976.

SEM-micrographs of diatoms in surface sediment from Lake Mjøsa outside Feiring 1976.

For en del tilfeller der artsbestemmelsen har vært usikker ved bruk av lysmikroskop, er det nedenfor gjengitt noen stereoscan-fotos.

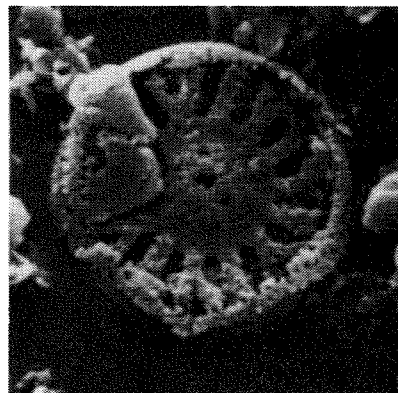
Prep.: Hannelore Håkansson

Foto : Electronmikr. lab., Zool. inst., Lund.



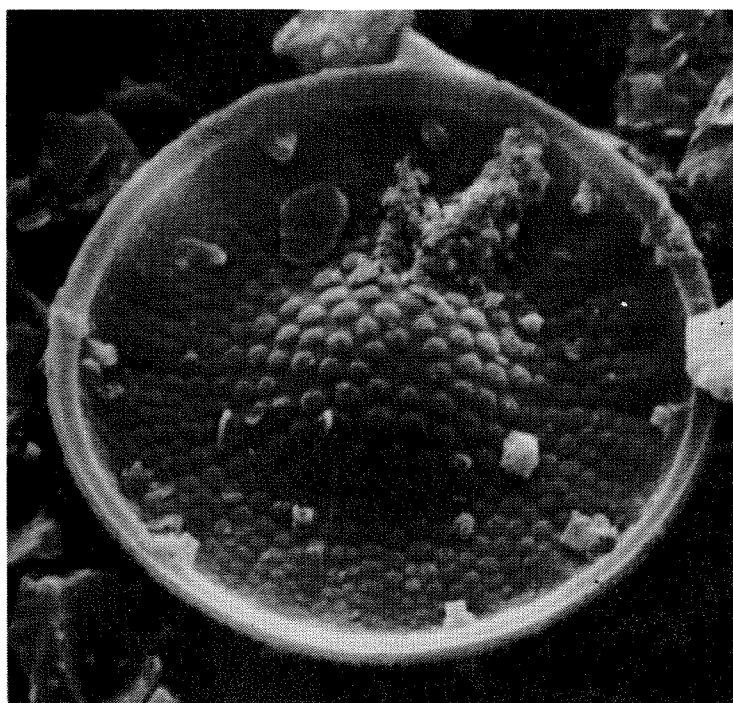
—| 1 μ m

Cyclotella stelligera
Cleve & Grun.



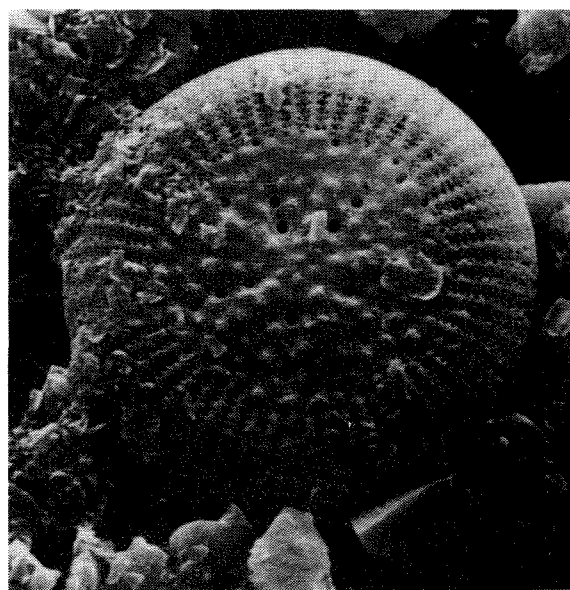
—| 1 μ m

Cyclotella pseudostelligera
Hustedt.



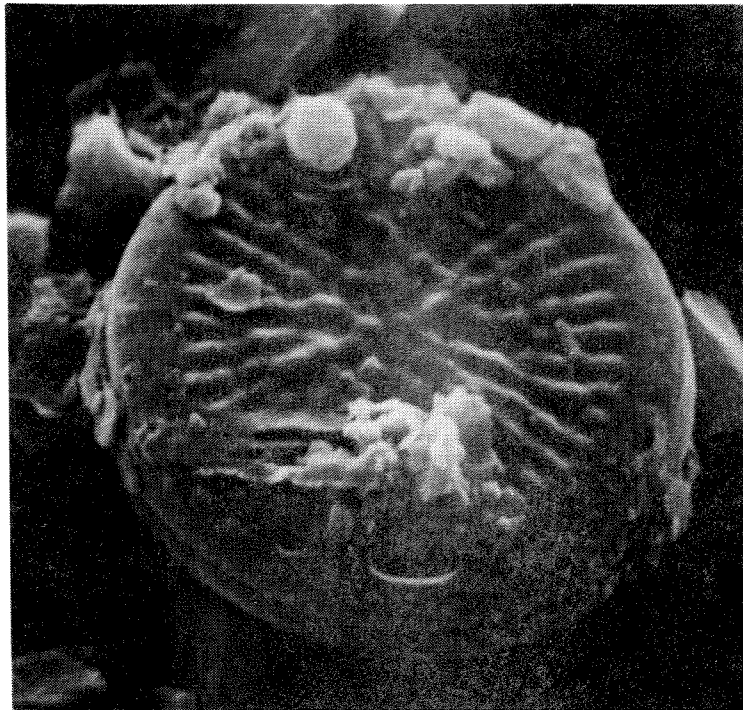
—| 1 μ m

Stephanodiscus hantzschii Grun.



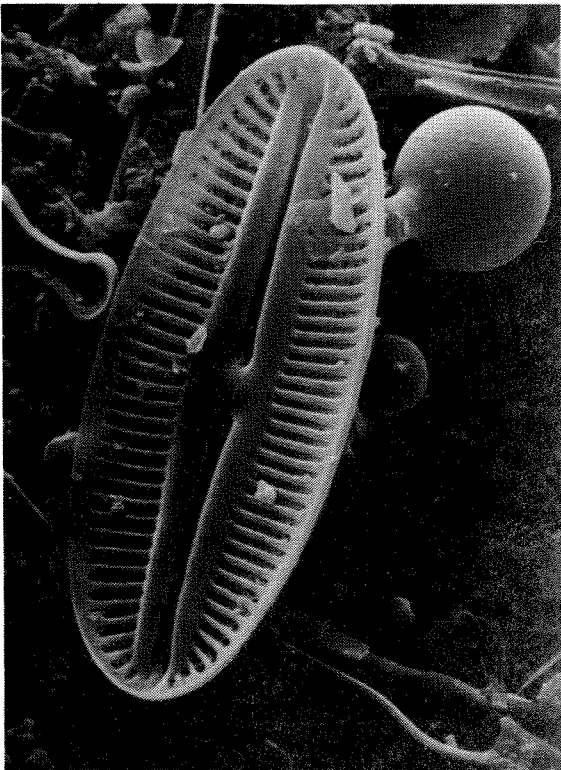
—| 1 μ m

Cyclotella kützingiana Thwaites.



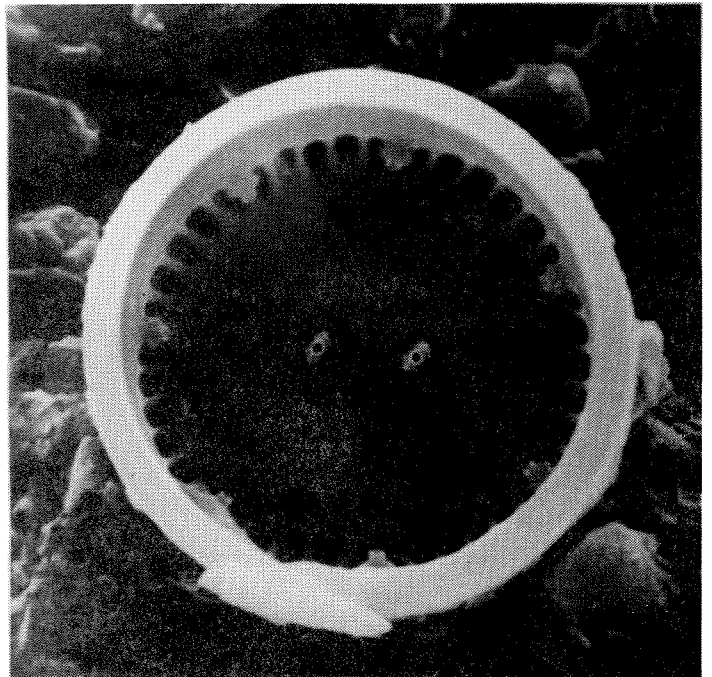
—| 1 μm

Cyclotella sp.



—| 10 μm

Diploneis sp.



—| 1 μm

Cyclotella sp.
(sett fra innsiden)
(inner view)