

Plantenæringsstoffer og planteplankton i Trondheimsfjorden*

Av *førsteamanuensis Egil Sakshaug* og forsker *Per Brun*

Førsteamanuensis Egil Sakshaug, Universitetet i Trondheim, Biologisk stasjon.
Forsker Per Brun, Selskapet for Industriell og Teknisk Forskning ved NTH, Trondheim.

Foredrag holdt i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene, i Trondheim 8. mai 1974.

Innledning.

Sør- og Nord-Trøndelag fylker har finansiert en resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Undersøkelsen startet i august 1972 og skal pågå i 3 år. Formålet med undersøkelsen er å kartlegge fjordens egenskaper som resipient for de tilstøtende områder som representerer ca. 300 000 personekvivalenter. De institusjoner som deltar i undersøkelsen er Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA), Vassdrags- og havnelaboratoriet ved NTH, Det Kgl. Norske Videnskabers Selskab, Museet (herunder Biologisk stasjon) ved Universitetet i Trondheim og Selskapet for Industriell og Teknisk Forskning ved NTH (SINTEF).

Som en del av undersøkelsen er det blitt samlet inn en stor mengde data vedrørende plantenæringsstoffer og klorofyll. Prøvene er tatt måned-

lig fra innerst til ytterst i fjorden (St. 1, 6, 7d, 9, 10, 15 og 18, Fig. 1). I tillegg er det gjort kvartalsvise observasjoner ved ytterligere 8 stasjoner (St. 1A, 4, 7D, 11, 12, 13, 14 og 16).

En del observasjoner er også gjort i Borgenfjorden som er en sidearm i Trondheimsfjordens indre del. Vi vil her gi en beskrivelse av variasjonen i plantenæringsstoffer slik forholdene synes å være etter at prosjektet er kommet halvveis. Vi vil konsentrere oss om observasjonene for året 1973 (Sakshaug 1974), og for enkelhets skyld bare presentere data for hovedstasjonene som er besøkt månedlig. Disse data er presentert som gjennomsnittsverdier for indre fjord (St. 1 og 6), ytre fjord (St. 7D—15) og St. 18, og gjelder nitrat, orthofosfat, løselig totalnitrogen, løselig totalfosfor samt klorofyll målt spektrofotometrisk etter den trikromatiske metode (Strickland og Parsons 1968).

Det er et begrenset antall slutninger man kan komme fram til ved bare å måle plantenæringsstoffer og klorofyll månedlig, men de observasjoner som er gjort i 1973 føyer seg

*) Resultatene fra 1973 er publisert med tillatelse fra oppdragsgiverne (Sør- og Nord-Trøndelag fylker).

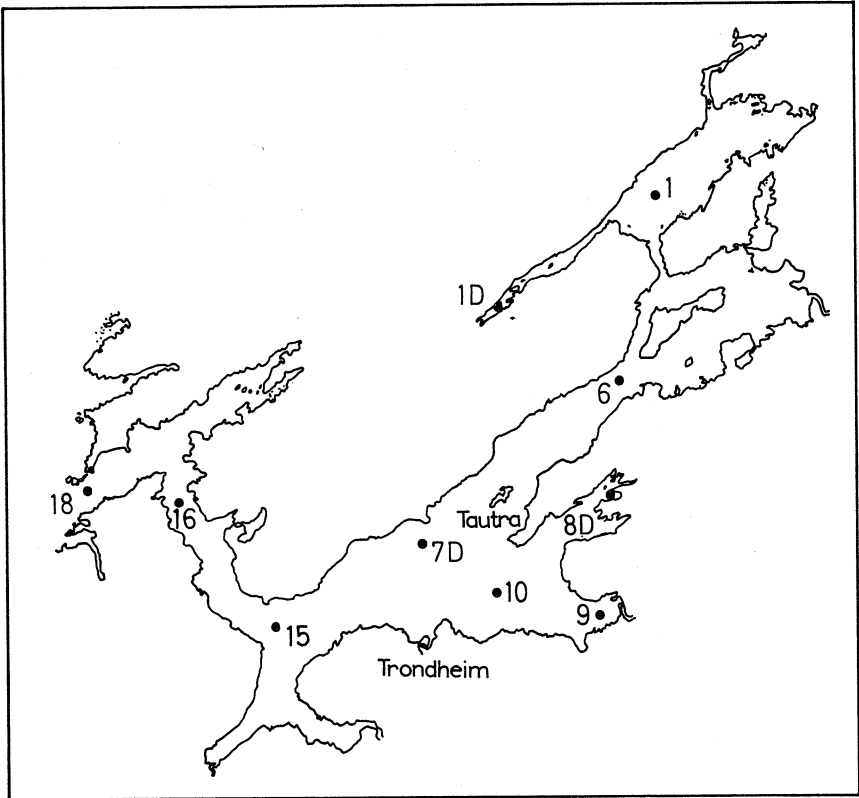


Fig. 1. Kart over Trondheimsfjorden med stasjoner for plantenæringsstoffer, klorofyll og oksygen.

pent inn i det bilde man har fått av Trondheimsfjorden ved de biologisk-kjemiske undersøkelser som ble utført i 1970—71 av Trondheim biologiske stasjon og Institutt for marin biokjemi (Haug, Myklestad og Sakshaug 1973, Jensen og Sakshaug 1973, Sakshaug og Myklestad 1973). Vi vil derfor se resultatene fra 1973 i sammenheng med resultatene fra den tidligere undersøkelsen.

Undersøkelsen i 1970—71 og i 1972

supplerer hverandre, da førstnevnte la hovedvekten på bare to stasjoner (St. 15 og Trondheim havn) med ukentlige målinger av mange parametre, mens det nåværende prosjekt legger hovedvekten på å ha mange stasjoner, men med reslativt få målte parametre og relativt få besøk på stasjonene. Da undersøkelsen i 1970—71 hadde et tett observasjonsnett i tid, var det mulig å studere de dynamiske forhold vedrørende vekst av

planteplankton og variasjon i plante-næringsstoffer, og det var mulig å anta visse regulært forekommende planktonblomstringer som en funksjon av spesielle hydrografiske situasjoner. Den nåværende undersøkelse vil derimot mer vise geografiske forskjeller og gi et godt materiale for

utregning av budsjett med hensyn til tilførsel og forbruk av plantenæringsstoffer i fjorden. På det nåværende tidspunkt er data for tilførslene ikke ferdigbehandlet, men en del slike data som er innsamlet i forbindelse med den forrige undersøkelsen vil bli presentert.

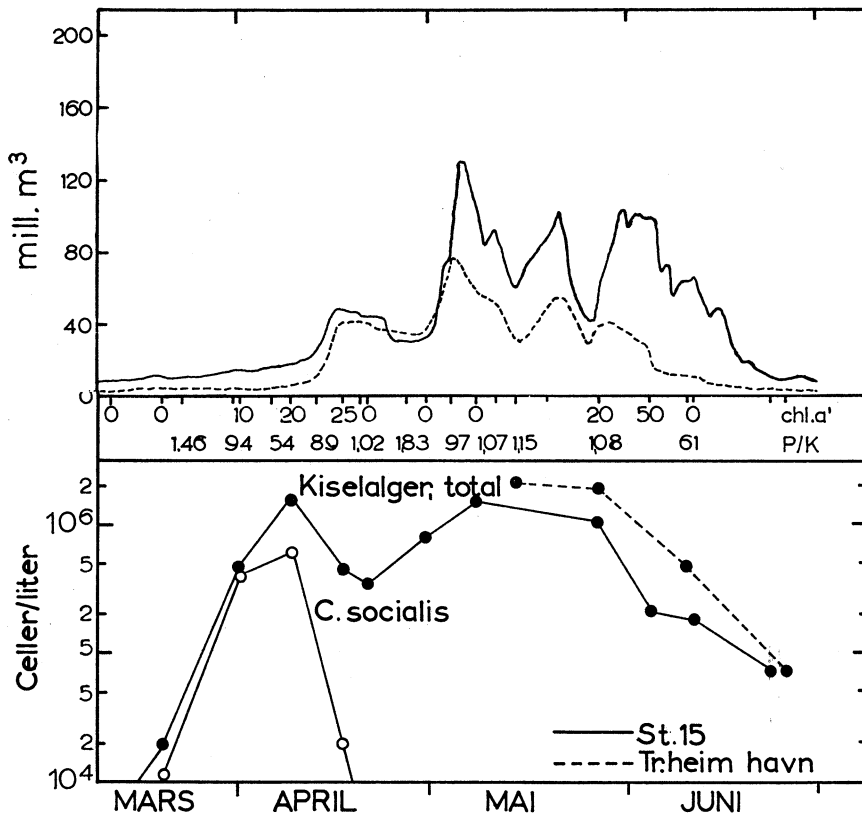


Fig. 2. Kiselalgesyklus våren 1970 ved St. 15 og Trondheim havn; gjennomsnittlig celledannelse i de øverste 20 m. Chl a': forekomst av derivater av klorofyll a som prosent av den totale klorofyllmengde. P/K: forholdet protein/karbohydrat i kiselalgene ved Trondheim havn. Øverste del av diagrammet viser daglig ferskvannstilførsel til ytre fjord (heltrukket linje) og indre fjord (stiplet linje).

Den mengde plantenæringsstoffer man observerer i sjøvann er en funksjon av tilførsel og forbruk, hvor forbruket i all vesentlighet representeres av planteplanktonets opptak. For lokaliteter som ikke ligger ekstremt nær utslippssteder for nitrogen og fosfor vil det derfor gjerne være et omvendt forhold mellom mengdene av løselig N og P og mengdene av planteplankton i vannet. Det er med andre ord naturlig at man i planteplanktonets vekstsesong, som er mars-oktober i Trondheimsfjorden, finner meget lave verdier for nitrat og fosfat (nitrat: ofte under påvisningsgrensen $0,36 \mu\text{gat N/l}$). Om vinteren observerer man maksimumsverdier, da planteplanktonets forbruk er praktisk talt lik null. Vi finner det derfor naturlig å innlede med en gjennomgåelse av planteplanktonets syklus i fjorden.

I fig. 2 er vist syklus for kiselalgen, den langt dominerende planteplanktongruppe i fjorden, for mars—juni ved St. 15 og Trondheim havn i

1970. Denne syklus kan sies å være representativ for de fleste år siden observasjonene startet i 1963. Vekstsesongen starter i andre halvdel av mars med den *første vårblomstring*, som når maksimum i første uke av april. Denne perioden viser tilnærmet eksponsiell vekst og utløses av den økende lysstråling utover våren. Det synes som om denne blomstringen starter når globalstrålingen overstiger $120\text{--}140 \text{ ly/døgn}^*$ (Sakshaug og Mykkestad 1973). Biomassen ved maksimum tilsvare i klorofyll ca. 15 mg/m^3 i de øverste 5 m eller ca. 300 mg/m^2 integrert over de øverste 20 m (Jensen og Sakshaug 1973). Som celletall tilsvare dette 2—5 millioner celler/liter. Den dominerende arten er *Chaetoceros socialis* som etter maksimum synker ned mot dypet i form av tunge, sterkt forkislete hvileporer.

En ny blomstring, den *andre vårblomstringen*, kommer tidlig i mai

*) $1 \text{ langley (ly)} = 1 \text{ gcal/cm}^2$.

Tabell 1.

Klorofyll *a* (mg/m^3) gjennomsnittsverdier for de øverste 10 m i 1973.

Dato	Indre fjord	Ytre fjord	St. 18
15.—17. januar	.16	.29	.13
19.—21. februar	.18	.24	.23
20.—23. mars	1.65	1.53	
2.—4. april	5.61	3.66	
25.—27. april	1.34	1.01	2.41
7.—11. mai	.61	.81	.98
21.—23. mai	1.80	1.15	1.05
12.—15. juni	.62	1.00	
3.—10. juli	1.18	.70	.52
8.—10. august	2.68	1.20	1.57
29.—31. august	1.10	.59	.87
20.—27. september	1.18	.76	1.12
16.—18. oktober	.29	.13	.12

og varer måneden ut. Karakteristisk art i denne blomstringen er kiselalgen *Skeletonema costatum*, og i noen år også *Chaetoceros constrictus*, *C. curvisetus* og *C. debilis*.

Sommer- og høstsituasjonen er meget uberegnelig, med spredte blomstringer som varierer sterkt fra år til år.

Tabell 1 viser klorofylldata for 1973. Tabellen er noenlunde i samsvar med Fig. 2, men avslører tydelig utilstrekkeligheten av månedlig innsamling, idet det blir meget få observasjoner for hver blomstring, i verste fall risikerer man at blomstringen faller fullstendig mellom to innsamlingstokt. Maksimum av 1. vårblostring antydes rundt 2.—4. april, men med lave verdier. I denne perioden med hurtig vekst vil imidlertid et par dagers forskyvning av tidspunkt for observasjonene kunne resultere i meget store forskjeller i observert biomasse (opptil 4 x). Det er vanskelig å påvise den andre vårblostringen ut fra tabell 1 med bare to observasjoner i mai. Det antas likevel at blomstringen har skjedd mellom 11. mai og 12. juni. Sommer- og høstsituasjonen viser et komplisert mønster med et maksimum i begynnelsen av august, og den næringsfattige vintersituasjonen antydes som i tidligere år i oktober—mars.

Tabell 2 viser nitrat- og fosfatmengdene i de øverste 5 m hvor tilgangen på lys tillater sterk algevekst i mars—oktober. Man ser at nitratmengdene i store deler av vekstsesongen ligger under påvisningsgrensen for nitratanalysen (0,36 $\mu\text{gat/l}$), mens høye verdier generelt forekommer om vinteren. Fosfatver-

diene viser det samme forløp, men verdiene ligger aldri under påvisningsgrensen for analysen (0,06 $\mu\text{gat/l}$). Tabell 2 viser dessuten summen av andre løste N-forbindelser enn nitrat (tatt som differensen av total-N og nitrat), og de tilsvarende tall for løselige P-forbindelser (total P minus ortofosfat). Et karakteristisk trekk er de høye verdier for «andre N-forbindelser». Denne summen omfatter en rekke N-forbindelser som kan være både tilgjengelige og utilgjengelige for planteplankton. Generelt tilgjengelige forbindelser er ammonium og nitrit; urea og en del aminosyrer er tilgjengelige for noen arter. De utilgjengelige komponentene kan muligens være mer høymolekylære forbindelser. Ut fra et litteraturstudium over forekomsten av disse forbindelsene i sjøvann kan man anse det som usannsynlig at de tilgjengelige N-komponentene utenom nitrat utgjør mer enn 1—2 $\mu\text{gat/l}$ i vekstsesongen. De høye verdiene for løselige N-forbindelser utenom nitrat i tabell 2 representerer dermed for det meste utilgjengelige forbindelser. En støtte for denne antagelsen ligger også i det faktum at disse forbindelsene ikke viser en systematisk årstidsvariasjon. Hvis de var tilgjengelige skulle man forvente lavere verdier i vekstsesongen enn om vinteren. En tredje støtte for antagelsen om utilgjengelighet er tidligere undersøkelser i fjorden over planteplanktonets fysiologiske tilstand (Haug, Myklestad og Sakshaug 1973) samt bioassayforsøk (Sakshaug og Myklestad 1973) som antyder at nitrogen normalt er minimumsfaktor for planteplanktonveksten. Det er inter-

Tabell 2. Gjennomsnittsverdiene for løselige N- og P-forbindelser i de øverste 5 m, 1973. <: mindre enn 0.36 µgat/l.

Dato	Nitrat µgat/l			Σ andre løselige N-forbindelser µgat/l		
	Indre fjord	Ytre fjord	St. 18	Indre fjord	Ytre fjord	St. 18
15.—17. januar	9.7	8.9	8.0	6.1	3.3	6.8
19.—21. februar	9.7	9.2	8.7	4.8	4.4	4.5
20.—23. mars	6.4	6.9	5.8	5.4	5.3	6.6
2.—4. april	<	2.3	—	6.8	5.9	—
25.—27. april	<	0.9	3.6	5.4	6.0	4.4
7.—11. mai	0.6	0.6	3.1	3.6	3.8	3.2
21.—23. mai	<	<	1.6	7.0	7.8	5.8
12.—15. juni	<	<	—	7.0	5.5	—
3.—10. juli	<	<	0.8	7.5	7.5	5.9
8.—10. august	<	1.6	1.4	3.6	6.6	5.7
29.—31. august	<	<	0.7	7.0	6.9	6.0
20.—27. september	<	0.8	0.5	7.7	5.8	6.5
16.—18. oktober	4.3	2.9	1.9	3.8	4.9	5.2

Dato	Ortofosfat µgat/l			Σ andre løselige P-forbindelser µgat/l		
	Indre fjord	Ytre fjord	St. 18	Indre fjord	Ytre fjord	St. 18
15.—17. januar	.45	.51	.51	.06	.09	.08
19.—21. februar	.69	.62	.60	.02	.04	.07
20.—23. mars	.45	.48	.55	.18	.19	.13
2.—4. april	.15	.27	—	.15	.12	—
25.—27. april	.12	.16	.32	.16	.13	.15
7.—11. mai	.13	.19	.36	.13	.17	.20
21.—23. mai	.14	.18	.23	.19	.12	.08
12.—15. juni	.16	.29	—	0	.01	—
3.—10. juli	.15	.15	.26	.18	.18	.04
8.—10. august	.20	.25	.29	.07	.09	.04
29.—31. august	.17	.19	.28	.11	.19	.23
20.—27. september	.17	.25	.19	.21	.08	.14
16.—18. oktober	.40	.42	.40	.13	.09	.04

essant å merke seg dette på bakgrunn av at de «andre» løselige N-forbindelser er tilstede i relativt store mengder. En konklusjon må bli at i Trondheimsfjorden er nitrat en bedre estimator enn total N for tilgjengelig N.

Summen av løselige fosforforbindelser minus ortofosfat viser et maksimum i vekstsesongen. Dette antyder at disse stoffene kan være relativt lett nedbrytbare forbindelser produsert av algene selv.

Forutsetter man N eller P som

Tabell 3. Gjennomsnittsverdier for innholdet av løselige N- og P-forbindelser i de øverste 20 m, januar—februar 1973.

	Indre fjord	Ytre fjord	St. 18
Saltholdighet, ‰	26.47	30.18	31.89
Nitrat, µgat/l	9.7	9.0	8.4
Total-N, µgat/l	15.1	14.4	14.0
Ortofosfat, µgat/l	.57	.57	.56
Total-P, µgat/l	.59	.63	.63
Nitrat/ortofosfat (molar)	17.0	15.8	15.0
Total-N/Total-P (molar)	25.6	22.9	22.2

minimumsfaktorer i fjorden, blir det enkleste estimat for vannets vekstkapasitet mengden av nitrat og fosfat i vintersituasjonen når planktonets opptak er nær null. N- og P-verdier for vintersesongen er gitt i tabell 3 som gjennomsnittsverdier integrert over de øverste 20 m. Et alternativt estimat er å ta gjennomsnittsverdier for hele året i lagene under den eufotiske sone. Dette er vist i Tabell 4 som gjennomsnittsverdier for 20 m dyp. Verdiene for 20 m dyp deler seg naturlig i to grupper: I januar—tidlig august er verdiene tilnærmet lik vintervannet. Om høsten er verdiene betraktelig lavere i N og P, særlig for nitrat. Vintervannet og 20 m-vannet i januar—august viser verdier for nitrat i området 6—10 µgat/l med de høyeste verdiene i indre fjord. Ortofosfat ligger i området 0.6—0.9 µgat/l, og viser en liten, men signifikant økning innover i fjorden i 20 m dyp. Dette kan tolkes som en tiltagende gjødsling (eutrofi) innover i fjorden.

Kvaliteten av høstvannet i 20 m (tabell 4) kan forklares ut fra en innstrømming av vann fra kysten

under sprangskiktet (gjennomsnittene er kun regnet ut på basis av situasjoner hvor et sprangskikt skiller 20 m-vannet fra de fattige overflatelagene). Antagelsen av en slik innstrømming er sannsynlig, da dette har vært observert om høsten i flere år tidligere (Wendelbo 1970). Verdiene for N og P antyder at det innstrømmende vannet kan karakteriseres som biologisk noe «brukt».

De verdier vi får for N, P og tallforholdet N/P er en funksjon av blandingsprosesser mellom kystvann, tilført overflateavrenning (særlig via elver) og andre terrestriske tilførsler, spesielt kloakk. Alle disse kildene for N og P har sine karakteristiske verdier og tallforhold. Tidligere undersøkelser har vist at relativt lite forurenset elvevann i Trøndelagsområdet inneholder om vinteren 10—20 µgat/l nitrat og bare 0.06—0.11 µgat/l fosfat, noe som gjør forholdet nitrat/fosfat større enn 160. Husholdningskloakk kan antas å ha et N/P-forhold nær 7,5. Av dette kan antas at N/P-forholdet i sjøvannet vil øke når elvevann er den dominerende kilde for tilførsel av N og P,

Tabell 4. Gjennomsnittsverdier for innholdet av løste N- og P-forbindelser i 20 m dyp.

	Salt- holdighet o/oo	Nitrat µgat/l	Total-N µgat/l	Orto- fosfat µgat/l	Total-P µgat/l	Nitrat/ Ortofosfat (molar)	Total-N Total-P (molar)
Indre fjord:							
januar—august	32.67	9.8	13.4	.77	.86	12.7	15.6
august—oktober	31.10	3.9	8.7	.40	.55	9.8	15.8
Ytre fjord:							
januar—august	32.80	8.1	12.2	.64	.75	12.7	16.3
august—oktober	32.05	3.1	8.7	.37	.44	8.4	19.8
St. 18:							
januar—august	33.09	6.0	10.4	.55	.68	10.9	15.3
august—oktober	32.64	3.0	8.6	.42	.47	7.1	18.3

mens det omvendte vil være tilfelle når kloakken er den dominerende kilde. Elvevannets effekt på sjøvannet kan observeres via nedsatt saltholdighet. Sjøvannet selv, som estimert på basis av tall for St. 18, hvor saltholdigheten er høyest, vil ha et forhold mellom nitrat og fosfat i området 10—15. Da N/P-forholdet øker innover i fjorden, både i vintervann og 20 m-vann, samtidig som saltholdigheten avtar, er det grunn til å tro at overflateavrenning representerer den viktigste N-kilde. Samtidig skjer en relativt mindre økning av P-verdiene innover i fjorden ved nær konstant saltholdighet, noe som antyder at også en effekt av f.eks. kloakk kan spores.

Slike data kan selvfølgelig gjøres til gjenstand for inngående beregninger, men dette vil støte på mange komplikasjoner. Her vil f.eks. forskjellige typer av industriavløp vanskeliggjøre slike beregninger, videre kan en eventuell negativ korrelasjon mellom saltholdighet og N-tilførsel

forstyrres av diffust tilsig av N fra gjødslete områder. I tillegg kommer selvsagt sikkerhetene for prøvetaking og analyse inn her.

Forholdet N/P er målt i planteplanktonet ved Trondheim havn (Haug, Myklestad og Sakshaug 1973, fig. 2) og viser verdier mellom 13 og 19 for hele året. Sammenholdes dette med tallene nevnt ovenfor, ser vi at forholdet nitrat/fosfat for sjøvannet selv ligger til dels under eller innenfor dette området. Ut fra dette har man at nitrogen er den mest sannsynlige minimumsfaktor (forutsatt at tilgjengelig nitrogen representeres ved nitrat). Her vil imidlertid stor tilførsel av elvevann (observert ved nedsatt saltholdighet) føre til at P istedet blir begrensende faktor.

I undersøkelsen i 1970—71 ble det forsøkt å regne ut budsjetter for N og P for første og andre vårblostring i ytre fjord. Beregningene viser følgende tall når man tenker seg tilførselene *jevnt fordelt* i de øverste 10 m i hele ytre fjord:

<i>Første vårblostring</i>	<i>nitrat $\mu\text{gat/l}$</i>	<i>fosfat $\mu\text{gat/l}$</i>
Sjøvann, vinter	6—10	0,6—0,8
Elvevann, total for mars	1,1	~ 0
Kloakk (210 000 pers. ekv.) total for mars	0,02 (total-N)	0,003 (total-P)

Av disse tallene ser man tydelig at nesten all nitrat og fosfat kommer fra sjøvannet selv og at de andre bidragene er meget beskjedne. Vi kan anta at første vårblostring er analog med en batchkultur slik vi kjenner den fra laboratoriet. Den starter i en høy næringskonsentrasjon, og vokser eksponensielt inntil ressursene er oppbrukt (nitrat). Den videre næringstilførsel i form av N

og P fra elvevann, kloakk og vertikalblanding i vannmassene er alfor liten til å underholde de store planktonpopulasjonene som har vokst opp. En vesentlig del av dette planteplanktonet må derfor gå til grunne. I Trondheimsfjorden skjer dette som tidligere nevnt ved at den viktigste arten, *Chaetoceros socialis*, synker ut av det eufotiske lag som hvile-sporer. Typiske tegn på nærings-

mangel kan leses ut av fig. 2, hvor man ser at forholdet protein over karbohydrat avtar sterkt, og at derivater av klorofyll a (kalt a') opptrer når blomstringen når maksimum.

Den andre vårblomstringen er tydelig korrelert til vårflommen i mai, og viser et praktisk talt konstant forhold mellom protein og karbohydrat i hele måneden (fig. 2). Dette bringer tankene hen på en kjemostat hvor man kan tenke seg fjordens brakkvannslag som et vekstkammer. Dette driver utover og består av ferskvann som river med seg underliggende saltvann. Blomstringen

kan da tenkes underholdt av de N- og P-ressurser som kommer med ferskvannet og fra det medrevne saltvannet, mens de forbrukende prosesser er beiting og transport av populasjoner ut av fjorden. Et visst tap kan også forekomme ved at populasjoner synker, men dette er observert tydelig bare noen få ganger mot slutten av blomstringen. I brakkvannslaget i de øverste 10 m har blandingsforholdet saltvann/ferskvann vist seg å være forbausende konstant og lik 4 : 1 ved St. 15. Følgende data finnes for blomstringen, presentert på tilsvarende måte som for første vårblomstring:

	nitrat $\mu\text{gat/l}$	fosfat $\mu\text{gat/l}$
Elvevann	3—7	~ 0,1
Medrevet sjøvann (gj.sn. for 20—30 m)	2,5—7	0,3—0,7
Kloakk	Som for første vårblomstring	

Av dette følger at selv om elvevannet bringer store mengder nitrat til brakkvannslaget, så er det likevel det medrevne sjøvann som tilfører brorparten av næringssaltene (blandingsforholdet 4:1 tatt i betraktning), derav praktisk talt all fosfat. Det ser derfor ut til at elvevannets viktigste funksjon i denne sammenheng er å rive med seg dypereliggende saltvann. Saltvannets ressurser av N og P blir dermed gjort tilgjengelige for planktonalgene. Av fig. 2 ser man at når flommen er

over, avtar algemengdene, forholdet protein over karbohydrat minker, og derivatet a' av klorofyll a opptrer. Alt dette er tegn på at populasjonene fra andre vårblomstring sulter og er for store til å underholdes av tilførelene av N og P i sommersituasjonen.

Hvordan forholder Trondheimsden seg til andre vannmasser når det gjelder graden av eutrofi. En sammenligning av maksimalverdier for nitrat og fosfat i vintersituasjonen viser følgende (Haug og Sakshaug 1973):

	<i>Sargasso-</i> <i>havet</i>	<i>Trond-</i> <i>heims-</i> <i>fjorden</i>	<i>Engelske</i> <i>kanal</i>	<i>Indre</i> <i>Oslo-</i> <i>fjord</i>	<i>Syd-</i> <i>ishavet</i>	<i>Rhin-</i> <i>deltaet</i>
nitrat, $\mu\text{gat/l}$	1—2	6—10	8	14—35	40	90
fosfat, $\mu\text{gat/l}$	0,15	0,6—0,8	0,8	1,5—2,5	1,9—2,6	20

Verdiene for Trondheimsfjorden ligger på linje med Den engelske kanal og mellom de ekstreme verdier for Sargassohavet og Sydishavet (Sydishavet representerer de høyeste verdier funnet i oseaniske farvann). Vi ser også at Rhindeltaet (og indre Oslofjord) har langt høyere verdier enn Trondheimsfjorden. Dette skyldes en langt større belastning pr. areal- og volumenhet, vesentlig fra kloakkutslipp.

Tilførsel av N, P og organiske stoffer til en resipient kan gi alt fra gunstige virkninger i form av større avkastning av økonomiske viktige planter og dyr til skadevirkninger i form av nedsatt oksygeninnhold eller til og med forekomst av H₂S i vannmassene. Disse skadevirkningene er vel så mye en funksjon av topografi og hydrografi som av mengden som tilføres av disse forbindelsene. I Trondheimsfjordens hovedvannmasser ligger verdiene for oksygen ikke noe sted lavere enn 70 % av metning. Man kan dermed trygt si at tilførselen av N, P og organisk stoff til fjorden ikke har gitt skadevirkninger på dette punkt. Bunnvannet i Trondheimsfjordens hovedarmer fornyes én til flere ganger i året, så det er lite sannsynlig at en større nedgang i oksygeninnholdet vil kunne forekomme for fjorden som helhet.

Imidlertid sprer ikke tilførsler som f.eks. kloakk seg jevnt utover fjorden som antatt i tidligere beregninger, men vil utgjøre meget lokale problemer, særlig på steder hvor terskler hindrer god utskifting av bunnvannet. En del små fjordarmer viser allerede med de nåværende tilførsler av organisk stoff etc. betyde-

lig nedsatt oksygeninnhold i bunnvannet. Disse lokalitetene vil følgelig ikke tåle en eventuell økning i tilførslene. Et eksempel på dette er indre Borgenfjord hvor bunnvannet skiftes ut bare en gang i året og hvor H₂S utvikles utover ettersommeren. Andre lokaliteter med spesielt lave oksygeninnhold er påvist i Lofjorden i Åsenfjorden (St. 8D) (ned til 33 %), Verrabotn (St. 1D, ned til 42 %) og Stjørdalsfjorden (St. 9, ned til 56 %).

LITTERATURLISTE

- Haug, A. og Sakshaug, 1973. Forurensninger i marint miljø. Pp. 125—142 i Carlsen, K. et al. (red.): Miljøkunnskap. Tapir forlag, Trondheim.
- Haug, A., S. Myklestad og E. Sakshaug, 1973. Studies on the phytoplankton ecology of the Trondheimsfjord. 1. The chemical composition of phytoplankton populations. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 11: 15—26.
- Jensen, A. og E. Sakshaug, 1973. Studies on the phytoplankton ecology of the Trondheimsfjord. II. Chloroplast pigments in relation to abundance and physiological state of the phytoplankton. *Ibid.*, 11: 137—155.
- Sakshaug, E., 1974. Plantenæringsstoffer og klorofyll i fjordvannet. Pp. 24—35 i Lande, E. (red.): Resipientundersøkelsen i Trondheimsfjorden. Årsrapport 1972—73. *K. norske Vidensk. Selsk. Mus.* (Lånes ut med oppdragsgivernes tillatelse.)

- Sakshaug, E. og S. Myklestad, 1973. Studies on the phytoplankton ecology of the Trondheimsfjord. III. Dynamics of phytoplankton blooms in relation to environmental factors, bioassay experiments and parameters for the physiological state of the populations. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 11: 157—188.
- Strickland, J. D. H. & T. R. Parsons, 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd Can.* No. 167, 311 pp.
- Wendelbo, P., 1970. *Hydrografiske forhold i Trondheimsfjorden 1963—1966*. Hovedfagsoppgave. Universitetet i Oslo.