

# Planktonveksten i fjorder: Styres den av nitrogen eller av fosfor?

Av Eystein Paasche

Eystein Paasche er professor i marin biologi ved Universitetet i Oslo.

*Innlegg på møte i Norsk Vannforening  
19. september 1983.*

## 1. Hva er næringsbegrensning og hvordan påviser man den?

Alle er enige om at utslipp av nitrogen og fosfor med kloakkvann og annen avrenning fra land kan føre til uønsket kraftig planktonvekst i fjorder. Uenigheten slutter gjerne når man kommer til spørsmålet om hvorvidt fjerning fra utslippene av det ene av disse næringsstoffene, fosfor, er et virksomt tiltak. Hvis man kunne vise at fosfor er «begrensende», dvs. at det er fosforforsyningen som bestemmer omfanget av planktonveksten, så skulle svaret være gitt. Uheldigvis er begrepet «begrensning» ikke entydig, noe som vel kan ha bidratt til å forvirre diskusjonen omkring disse tingene. Næringsbegrensning kan bety at planktonalgenes vekst (formeringsrate) i øyeblikket er hemmet som følge av akutt mangel på vedkommende næringsstoff. Men det kan også bety at den samlede biomasse av planter og dyr i en fjord holdes nede ved en eller annen selvregulerende mekanisme som styres av nærings-tilgangen, selv om øyeblikkelig næringsmangel ikke gjør seg gjeldende på noe tidspunkt. Forvirringen blir ikke mindre av at rutinetester ofte ikke gir svar på det man er ute etter. For eksempel kan

vekstpotensialmålinger (NIVA 1982) gi falsk beskjed fordi de ikke tar hensyn til at det er forholdet mellom tilførselsrater og forbruksrater for fosfat, eller nitrogensalter, som avgjør hvorvidt planktonet i fjorden i øyeblikket er næringsbegrenset eller ikke. Målinger av konsentrasjonene av oppløst nitrat, fosfat osv. under oppblomstringer er av samme grunn til liten nytte. Der finnes forskjellige tester som kan brukes for å avgjøre om algene i øyeblikket er preget av næringsmangel. De fleste av dem er ennå på utprøvningsstadiet. Et konsentrert forskningsprogram må til for å avgjøre hvilke av dem som egner seg for norske fjorder.

## 2. Forekommer fosforbegrensning i sjøvann?

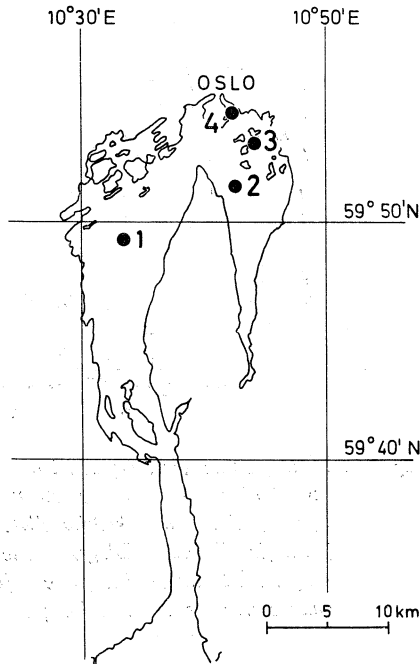
I diskusjonen om nytten av fosforfelling vil mange, ikke minst i den offentlige administrasjonen, henvise til de gode erfaringene man har med fosforfjerning i innsjøer. Andre, hvoriblant noen universitetsforskere, sier at intet er å vinne med slik felling i fjorder fordi det er nitrogen og ikke fosfor som er det begrensende næringsstoff i havet. Det er i utgangspunktet flere forhold som taler for at nitrogen er minimumsstoffet i sjøvann (Ryther & Dunstan 1971), og undersøkelser i mange deler av verden har bekræftet at fosfor vanligvis er tilstede i

overskudd (Mann, 1982). Hos oss har diskusjonen om nytten av fosforfjerning i stor grad dreid seg om Oslofjorden. Oslofjorden har, i motsetning til mange andre norske fjorder, et overveiende marint preg med saltholdigheter som sjelden synker stort under 2‰ selv om sommeren. I langt ferskere vann, syd i Kattegat (1,5‰ salt), hevdes det bestemt at nitrogen og ikke fosfor er nærmest ved å bli begrensende (Granéli 1982). Det samme er tilfelle i Østersjøen (0,7‰ salt), bortsett fra steder oppunder land under vårflommen (Jansson m.fl. 1981). Her i Norge er fosforbegrensning blitt påvist i Trondheimsfjorden, men bare i forbindelse med en stor ferskvannsutstrømming på senvåren som forårsaker et fall i saltholdighetene ned mot 1,5‰ (Sakshaug m.fl. 1983). Både i de lokale elvene rundt indre Oslofjord og i rensed kloakkvann er der riktignok et overskudd på nitrogen i forhold til fosfor, sammenlignet med planktonalgernes behov. Men inntil det motsatte er sikkert vist, må man likevel spørre om det ikke er fjordens marine karakter som alt i alt bestemmer planteplanktonets ernæringsforhold.

### 3. Er sannsynligheten for næringsbegrensning i planktonet den samme uansett årstid?

I fravær av detaljkunnskaper har generelle utsagn om at en fjord er N- eller P-begrenset antagelig liten verdi. Med noen eksempler fra Oslofjorden (Fig. 1) skal jeg vise at arten og graden av næringsbegrensning er vidt forskjellig, avhengig av årstid og avstand fra land. For å bedømme fjorden som helhet, måtte man egentlig lage et samlet bilde av planktonproduksjonen hvor de forskjellige avsnitt og tidsrom inngikk med den

vekt de burde ha. En sannferdig modell måtte bygge på en forståelse av hvorledes næringstilgangen er med på å bestemme planktonproduksjonen i de ulike faser av årsutviklingen.



Figur 1.

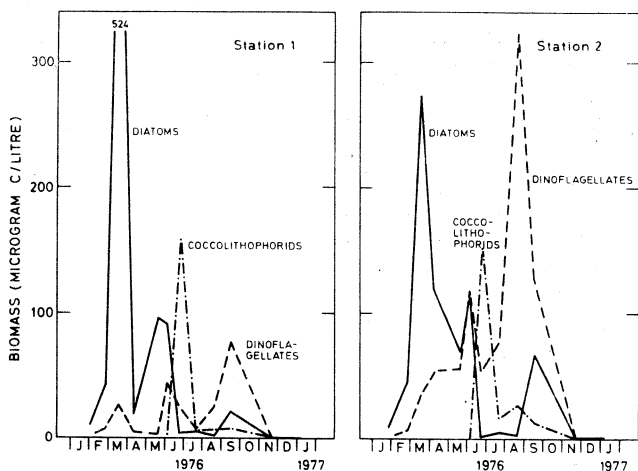
Indre Oslofjord med prøvetakingsstasjoner.

#### 3.1. Første våroppblomstring

Over hele indre Oslofjord er der i februar—mars en meget stor, årvisse oppblomstring som først og fremst skyldes en bedring i lysforholdene etter vinteren (Fig. 2). Denne oppblomstringen foregår i vann som på forhånd er næringsrikt, fordi det har stått på større dyp tidligere og kommer opp til overflaten når det

øverste brakkvannssjiktet blir borte om vinteren. I denne oppblomstringen får algene sitt nitrogen i form av nitrat.

Næringsbegrensning er det overhodet ikke tale om før næringssaltene er uttømt fra vannet, etter at oppblomstringen



Figur 2. Planteplanktonets årssyklus i indre Oslofjord i 1976. Kurvene viser forandringene i biomassen i de øverste 8 meter vann av de tre hovedgruppene kiselalger («diatoms»), kalkflagellater («coccolithophorids») og fureflagellater («dinoflagellates»). Diagrammene er fra stasjon 1 (venstre) og stasjon 2 (høyre). På stasjon 3 og 4 var fureflagellatmengdene i august og september enda større (se Figur 1 for plassering av stasjonene). Fra Paasche (1977).

har kuliminert. På grunn av vannets forhistorie (denitrifisering) er utgangskonstrasjonene av nitrat og fosfat slik at atomforholdet mellom N og P kan bli omkring 5 eller 8, ifølge våre målinger, mens planktonalgene generelt trenger 12–16 N atomer for hvert P-atom. Det er derfor overveiende sannsynlig at det er N-mangel og ikke P-mangel som til sist setter grensen for planktonproduksjonen i denne fase. Silisium-mangel er en annen mulighet, i og med at denne oppblomstringen består av kiselalger (diatoméer). Men silisiumbegrensning er

hittil ikke påvist med sikkerhet i Oslofjorden.

### 3.2. Følgende våroppblomstringer

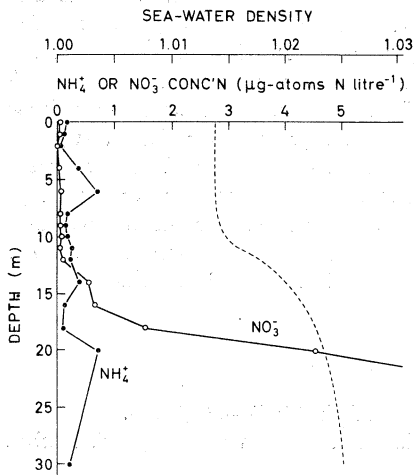
Etter et minimum i mars—april kommer der én eller flere nye oppblomstringer i perioden fra slutten av april til ut i juni. Den første av dem forårsakes antagelig av den lokale vårflommen, og forsterkes av at næringsalter da skylles ut fra båkevjer og gjennom overløp. I lokale elver er der et stort overskudd på nitrogen i forhold til algenes krav om ca. 15 N-atomer pr. P-atom (P. Hallberg, per-

sonlig meddelelse). Mekanismen for påfølgende oppblomstringer forstår vi mindre av. I den grad disse senvårs-oppblomstringene får sin næring fra land, ville man kunne vente å finne fosforbergrensning.

### 3.3. Sommersituasjonen nær land.

Det karakteristiske for områdene nærmest Oslo om sommeren har vært enorme bestander av planteplankton (se Fig. 2 med tilhørende tekst). Åpenbart har de ernært seg ved hjelp av kraftige lokale utslipp. Det er for tidlig å si om leggingen av nye ledninger og utkobling av de gamle renseanleggene har gjort tilstanden merkbart bedre. Planktonalgene i slike situasjoner står så tett i vannet at

det er selvbeskygging, altså lysmangel, og ikke næringsmangel som setter en grense for hvor store bestandene skal bli. Lyset bestemmer også hvor fort de skal formere seg. Vår tolkning er at algebestandene hele tiden tynnes ut ved utstrømning eller synking, mens ny algebiomasse bygges opp like fort på grunnlag av det overskudd av næring som siver ut fra land eller fra mudderet på grunt vann. Her kan hverken N eller P være mangelvare, og det må antagelig meget kraftige reduksjoner til i inntransporten før det ene eller andre stoffet kan tenkes å bli begrensende. Biologisk sett er det interessant at beitende planktondyr, som tar av en god del av algeproduksjonen i åpnere deler av fjorden om sommeren, antagelig er uten enhver betydning når det gjelder å holde algebestandene i sjakk i de mest forurenkede vannmassene oppunder land.



Figur 3.

Tetthets-sjiktningen (stiplet kurve) og fordelingen av nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) og ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) med dypet på stasjon 1 om sommeren. Eksemplet er fra 14. august 1981. Planktonalgene (ikke vist) er i de øverste 10 metrene. Fra Paasche og Kristiansen (1982).

### 3.4. Sommersituasjonen godt unna strandkanten

Et meget skarpt sprangsjikt (Fig. 3) virker om sommeren som en sperre mellom det planktonrike vannet i det øverste 10 meter tykke laget og det næringsrike vannet lengre nede. I åpent vann i juli—august er der bare spor av tilgjengelig nitrogen og fosfor tilbake ovenfor sprangsjiktet. Samtidig kan planktonbestandene være 3—5 ganger større enn eksempelvis i ytre Oslofjord, og i god vekst ifølge våre målinger. Der er et stadig tap av celler som oppveies av at andre celler formerer seg. Vi vet ikke hvor stor del av celletapet som skyldes synking ned gjennom sprangsjiktet og hvor stor del som skyldes beiting ved små planktondyr, som der er en del av i det øverste vannlaget, ovenfor sprangsjiktet. Synking betyr tap av nitrogen og fosfor, som må

kompenseres ved tilførsel horisontalt, mens beiting betyr at nærings saltene gjenannes på stedet, ved ekskresjon fra dyrene. Det interessante er at omløpstiden for de små mengdene nitrogen (som ammonium, som nu er nitrogenkilden for algene) og fosfor (fosfat) i vannet er av størrelsesorden én time (Paasche og Kristiansen 1982, O. K. Andersen personlig meddelelse). Omløpstiden er den tiden det tar før algene har brukt opp alt som er tilgjengelig. Den korte omløpstiden sier noe om hvor rask nyforsyningen med næring, som vi altså ikke kan gjøre skikkelig rede for ennå, må være for å holde hjulene i gang. Denne situasjonen ligner i prinsippet på den man har i norsk kystvann i alminnelighet om sommeren, og for øvrig i store deler av verdenshavene. Med det vi vet om disse situasjoner i Oslofjorden og andre steder kan vi antagelig si at hverken nitrogen eller fosfor er umiddelbart begrensende for planktonets formeringsrate. På den annen side er det like klart at det ene av de to stoffene, eller begge to tilsammen, indirekte bestemmer hvilket størrelsesnivå plante- og dyreplanktonbestandene alt i alt vil ligge på. Det må bedre metoder til enn de man vanligvis har brukt

for å avgjøre om det er fosfor eller nitrogen som er minimumsstoffet i denne siste betydningen.

#### 4 Konklusjon

På grunnlag av en enorm innsats av forskere i utlandet de siste 15 år, og spede begynnelse i vårt eget land, er vi nå i bedre stand til å se hva vi ennå ikke skjønner, enn man var da de første store planene ble lagt for renseanlegg i Oslofjorden, og annetsteds. Mere forskning må til før vi forstår grunnlaget for planktonets ernæring i de situasjonene som er beskrevet ovenfor, og som inngår i den årlige produksjonssyklus. Da kan man etterhvert bli sikrere når man snakker om nitrogen og fosfor i fjorder. Det har vært sagt nylig, meget treffende at «pasienten (fjorden) må ... behandles, og ikke bare utredes» (Rensvik 1983). Jeg er helt enig i at man ikke bare kan la ting skure, og tror som andre at de fleste rensiltak man har satt i verk var så godt begrunnet som det lot seg gjøre i øyeblikket. Men, for å fortsette metaforen, hvis man først bruker tusener på å gi pasienten en dyr behandling, burde man også spandere noen kroner på å forske videre i sykdomsårsaken.

#### REFERANSER

- Granéli, E., Svenska havsforskningsföreningens årbok 17:37—49 (1982).  
Jansson, B.-O., Wallentinus, I., Wulff, F., Naturvetenskapliga forskningsrådets årbok 1979—80: 181—218 (1981).  
Mann, K. H., Ecology of Coastal Waters. Blackwell, Oxford (1982).  
NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Overvåkningsrapport 46/82 (1982).  
Paasche, E., Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 29: 91—106 (1977).  
Paasche, E., Kristiansen, S., Marine Biology 69: 55—63 (1982).  
Rensvik, H., Aftenposten 22. juni 1983.  
Rytber, J. H., Dunstan, W. M., Science 171: 1008—1013 (1971).  
Sakschaug, E., Andresen, K., Myklestad, S., Olsen, Y., Journal of Plankton Research 5: 175—196 (1983).