

Planktonalger i dialysekultur for karakterisering av vekstkapasitet/vannkvalitet

Fastsittende marine alger som indikatorer på tungmetallforurensning i fjorder og kystfarvann

Av *dr.techm. Arne Jensen*

Arne Jensen er ansatt ved Institutt for marin biokjemi, Universitetet i Trondheim.

*Innlegg på NFVV's seminar
4. april d.å.*

Innledning.

Det er et faktum at mesteparten av forskningsarbeidet innen området vann ikke springer ut fra noen spesiell interesse for vannet selv, men oftest bunner i problemer omkring vannets og vannkvalitetens innflytelse på systemer og organismer knyttet til vannet. Utgangspunktet har gjerne vært at de primære studieobjekter reagerte mer eller mindre dramatisk på endringer i vannets sammensetning, og man ble tvunget til å undersøke hvilke kvaliteter og kvantiteter som avstedkom de observerte reaksjoner.

Ved institutt for marin biokjemi (tidl. Norsk institutt for tang- og tareforskning) har vi gjennom mange år interessert oss for vannkvalitetens innflytelse på marine algers vekst og kjemiske sammensetning. Der hvor algene syntes å reagere systematisk på endringer av spesielle faktorer i sjøvannet har man muligheter til å

benytte algene som måleinstrument for vedkommende faktorer. Dersom disse faktorer er skadelige og/eller opptrer i mengder utover det som er ønskelig, er man innenfor feltet vannforurensning. Instituttet driver for tiden to prosjekter som faller i denne kategori: Bruk av dialysekultur av planktonalger til måling av vannkvalitet, og anvendelse av fastsittende marine alger som indikatorer på tungmetallforurensning i fjorder og kystfarvann. Det sistnevnte prosjektet har professor Arne Haug tatt seg av, mens undertegnede har ledet arbeidet med dialysekulturene.

Registrering av vannkvalitet ved hjelp av planktonalger i dialysekultur.

Selve metodikken har nylig vært beskrevet i «Vann» (1) og trenger derfor ingen inngående behandling. Den går i korthet ut på å dyrke renkulturer av mikroskopiske alger i pølser av et stoff som tillater effektiv gjennomgang av næringssalter, lav-

molekylære vekstfaktorer og produkter, samt lys, men som holder algecellene tilbake. Disse pølsene plasseres på en hensiktsmessig måte i den vannmasse man vil undersøke. De aller fleste av vannets innholdsstoff kan virke med full kraft på testalgene, hvis vekst og utvikling kan følges ved vanlige metoder. Apparaturen som benyttes er detaljert beskrevet (2) og resultatene fra studier av vekstkapasiteten for fytoplankton i vann fra Trondheimsfjorden er publisert (3). Forsøkene viste at algekulturene reagerte raskt på endringer i konsentrasjonen av den vekstbegrensende faktor, nemlig nitrat, og en lineær sammenheng ble funnet mellom nitratinnholdet og i) overgang fra logaritmisk til lineær vekst i kulturene, ii) veksthastigheten i kulturenes lineære fase og iii) den endelige celletetthet i kulturene. Dette gjaldt innenfor de konsentrasjoner som er vanlige for nitrat i Trondheimsfjorden (0—10 μ gatom $\text{NO}_3\text{—N/l}$). Forsøk i medier med kunstig høye nitratinnhold viste at forurensning med næringssalter som nitrat gir øket vekst i kulturen også godt utover de naturlige nitratkonsentrasjoner. Det er ikke fastlagt ennå hvor denne avhengigheten opphører å være lineær.

Mer interessant i forurensnings-sammenheng er kanskje studiene av:

Tungmetallers innflytelse på vekst og utvikling av planteplankton i dialysekultur.

Uregelmessige avvik fra lineær respons på variasjoner i næringssaltinnholdet i sjøvannet under de rutine-

messige forsøk på å følge vekstkapasiteten i sjøen ved hjelp av dialysekultur, hadde tidlig antydning at hemmende faktorer var virksomme av og til. Spesielle forhold gjorde det sannsynlig at hemningen kunne skyldes metallioner. Systematiske forsøk med tilsats av tungmetaller til et sjøvann som skulle være næringsrikt nok til å gi god vekst ble derfor satt i gang. Slikt vann får man fra 30 m eller dypere i Trondheimsfjorden, og kontrollkulturene ble kjørt i dette, uten tilsats av noe slag, mens prøvekulturene ble grodd i vann som var tilsatt kjente mengder tungmetall. I alle akvarier ble det brukt så store over-skudd av vann at det lille optak organismene representerte ikke skulle bidra til å endre hverken næringssalt- eller tungmetallinnholdet i mediet. I første omgang ble tilsats av zinkklorid utprøvd, fordi dette metallet ikke er svært giftig, slik at man kan arbeide med konsentrasjoner som lett lar seg kontrollere analytisk.

Det viste seg snart at de tre testalgene som ble undersøkt hadde helt forskjellige toleransegrenser for zinktilsats til sjøvannet. Mens *Skeletonema costatum*, en meget vanlig diatomé også i norske farvann, hadde vanskeligheter med 50 ppb zinkioner i tillegg til sjøvannets normale innhold (< 20 ppb), tålte en annen diatomé (*Thalassiosira pseudonana*) 250 ppb før en lignende hemning inntraff. Den tredje algen, *Phaeodactylum tri-cornutum*, som er kjent som en robust eksperimentalg, trivdes tilsynelatende bra helt oppe i 25 000 ppb zink i sjøvannet!

Etter dette skulle man vente at ut-

slipp av zinksalter i Trondheimsfjorden som ga 50 ppb eller mer zink ville føre til endringer i artsammensetningen av de planktoniske alger i fjorden. Nå varierer imidlertid fjordvannets kvalitet meget gjennom året; bl. a. svinger innholdet av næringsalter, humusstoff og fenoler meget og i hvert fall de to sistnevnte grupper influerer på tungmetallers giftighet. Det var derfor ventet at evnen til å tåle tungmetallbelastning ville variere med årstiden. Vi har indikasjon på at dette holder stikk, men det er for tidlig å si om variasjonene skyldes svingninger i humusinnhold eller i bakgrunnen av tungmetaller, som vi vet kan variere betydelig i fjordområder.

Nå er det ikke sikkert at tungmetallbelastning er uten virkning på alger selv om den ikke influerer på veksten. Det kan godt tenkes at algene akkumulerer metallioner i uheldig grad selv om veksten ikke nedsettes målbart. For å undersøke dette ble de tre testalgene grodd opp i dialyseapparatet ved zink-konsentrasjoner som lå like oppunder de mengder som ga nedsatt vekst for hver art. Algene ble høstet et stykke ut i den lineære vekstfase, og zinkinnholdet ble bestemt og sammenlignet med innholdet i tilsvarende alger grodd uten ekstra zink-tilsats. De foreløpige resultater synes å antyde at to av de undersøkte arter (*S. costatum* og *T. pseudonana*) ikke anriket vesentlige mengder zink som følge av denne type zinkbelastning i sjøen. *P. tricornutum* viste imidlertid 10 ganger høyere zinkinnhold pr. celle ved 250 ppb tilsats enn uten tilsats.

Videre forsøk med zinkbelastninger som ga små, men signifikante reduksjoner i veksthastigheten, viste at samtlige alger da anriket zink ca. 10 ganger i forhold til kontrollene, bortsett fra *P. tricornutum* som viste en økning på 200 ganger. Med 10 000 ppb zink i sjøvannet inneholdt denne algen 8,8 % zink i asken!

Vi arbeider for tiden med studier av kobberioners virkning på vekst og sammensetning av de samme algene.

Fastsittende marine alger som indikatorer på metallforurensning i fjorder og kystfarvann.

Utgangspunktet for dette prosjektet var de inngående studier av polyanioners ionebytteregenskaper som har vært utført ved instituttet. Som kjent inneholder våre makroskopiske brunalger store mengder alginat og sulfaterede polysakkarider. Disse negativt ladede polymere forbindelser sitter utenfor cellemembranen og antas å stå i fri ionebyttingslikevekt med sjøvannet utenfor plantene. Avhengig av sammensetning og oppbygning utviser alginatene meget vel definerte selektiviteter overfor kationer, og Haugs gruppe ved instituttet har vist at algenes ionesammensetning, når det gjelder makroionene Ca, Mg, Sr og Ba i stor grad bestemmes av alginattype og sjøvannets innhold av disse ionene.

For overgangselementene er det vist at alginater binder Pb sterkere enn Cu, som igjen bindes sterkere enn Cd. Dette siste sitter sterkere enn gruppen Zn, Ni, Co og Mn, som bindes nokså likt av alginat. Ut fra data i litteraturen syntes det imidlertid

som om rekkefølgen for anrikning av disse elementene i algen er en annen. Det som er viktigere i denne forbindelse, er imidlertid det forhold at algene viste til dels stor anrikning av overgangselementene i forhold til det omgivende sjøvann. De nærmere relasjoner var ikke på noen måte kjent. Derfor tok Haug opp studiet av variasjonene i innhold av Zn, Cu, Hg, Pb og Cd i et par av våre vanligste tangarter, *Ascophyllum nodosum* og *Fucus vesiculosus*, først for å få en systematisk oversikt over variasjonsbredene, og etter hvert for å korrelere disse med kjente kilder for de aktuelle metaller i miljøet.

De første resultatene ble rapportert ved tungmetallsymposiet på Hurdalsjøen 1972 (4), og viste at de tre tungmetallene Zn, Cu og Pb varierte én til to tierpotenser i de to tangartene uten at dette ga synlige effekter på algene. Tang fra presumptivt uforurensede områder ble funnet å inneholde rundt 100 ppm Zn, ca. 10 ppm Cu og mindre enn 3 ppm Pb i tørrstoffet. Mens indre deler av Trondheimsfjorden ga tang med ubetydelig høyere innhold, fant man fra 500—1 000 ppm Zn, 120—350 ppm Cu og 10—30 ppm Pb i tang fra Orkdalsfjorden som mottar avløpsvann fra Løkken gruber. I Sørfjorden som belastes av metallurgisk industri i Odda, falt tallene systematisk fra de høye verdiene innerst i fjorden (2 300—3 700 ppm Zn, 85—160 ppm Cu og 70—95 ppm Pb) til midlere verdier der Sørfjorden munner ut i selve Hardangerfjorden (1 700—2 500 ppm Zn, 5—20 ppm Cu og < 3—9 ppm Pb). Zinkbelastningen var tydelig målbar

i tangen i selve Hardangerfjorden, i hvert fall forbi Varaldsøy.

De detaljerte resultater fra undersøkelsen i Hardangerfjorden samt data fra undersøkelser i Nord-Norge og i Trondheimsfjorden er under bearbeidelse for publikasjon.

Konklusjon.

De to prosjektene som er gjennomgått ovenfor viser at både planktoniske og benthiske marine alger reagerer klart på tilsats av overgangselementer til sjøvannet de gror i. Erfaringene hittil har demonstrert dialysekulturens muligheter for utnyttelse av planktoniske alger til å overvåke vannkvaliteten, både når det gjelder vekstkapasitet og toksisitet.

Arbeidene med zinkioners effekt i sjøvann tyder på at det kan bli ugjørlig å finne frem til generelle sikkerhetsgrenser for utslipp av tungmetaller i sjøvann, fordi vannkvaliteten for øvrig spiller en avgjørende rolle. Dette betyr at toleransegrenser for de enkelte metallioner må bestemmes særskilt for det enkelte utslippsted.

Forsøkene med tang har klart vist at disse plantene registrerer tungmetallpåvirkning i miljøet meget tydelig. De anriker en rekke metallioner mange hundre ganger i forhold til sjøvannet og letter derved analysearbeidet vesentlig. Det er grunn til å anta at de responser tangartene utviser er en slags integrert reaksjon på tungmetallbelastningen. Dette åpner muligheter til å komme utenom de store problemer som raske fluktuasjoner i vannmassenes innhold skaper for prøvetakingen. Forholdet mellom tungmetallers konsentrasjon og

aktivitet i sjøen og de resulterende effekter på algene både når det gjelder vekst og sammensetning, vil bli gjenstand for videre studier ved instituttet.

Referenser:

1. Arne Jensen: Dialysekultur av plantep plankton — anvendelsesmuligheter i forurensningsstudier. Vann 7 (1972) pp. 100—104.
2. Arne Jensen, Britt Rystad and Liv

Skoglund: The use of dialysis cultures in phytoplankton studies.

J. exp. mar. Biol. Ecol. 8 (1972) pp. 241—248.

3. Arne Jensen and Britt Rystad: Semi-continuous monitoring of the capacity of sea water for supporting growth of phytoplankton. J. exp. mar. Biol. Ecol. in press.
4. Arne Haug: Akkumulering av tungmetaller i marine alger. Symposium om tungmetallforurensninger, Hurdalsjøen, 14.—16. februar 1972, p. 198—206.