

# På jagt efter de mindste alger

De mindste arter af plankton er så små, at de ikke kan studeres i et almindelig mikroskop. Alligevel har disse små arter stor betydning for havets kulstofkredsløb, og nu kan vores viden udvides ved brug af DNA-metoder.

## Forfattere



Erik Askov Mousing, ph.d.-studerende, Center for Makroøkologi, Evolution og Klima, Københavns Universitet. eamousing@bio.ku.dk



Nikolaj Sørensen, ph.d.-studerende, Center for Makroøkologi, Evolution og Klima, Københavns Universitet. nsorensen@bio.ku.dk

Sidste år var vi sammen med en snes andre forskere på et ti dage langt togt med forsknings-skibet Dana, hvor vi indsamlede og behandlede vandprøver fra Grønlandshavet; fra Island i syd op til 74° nord. Vores første målestation lå i Danmarksstrædet mellem Island og Grønland. Det var dog ikke vandet, som interesserede os, men derimod de mikroskopiske alger kaldet fytoplankton, som flyder rundt i det.

På trods af, at fytoplankton kun måler brøkdele af en millimeter har deres antal og artssammensætning en altafgørende betydning for havets økologi og samspillet mellem havet og klimaet. Det skyldes planktonets fotosyntese – evnen til at lave sukkerstoffer fra vand og uorganisk kulstof ( $\text{CO}_2$ ) ved hjælp af solens energi. Fytoplanktonet er også det

nederste trin i fødekæden og dermed grundlag for alle større organismer i havet såsom krebsdyr, fisk, havpattedyr og fugle. For det menneskelige øje er alt fytoplankton meget småt, og de bliver derfor ofte behandlet som én stor gruppe. Ser man derimod på fytoplanktonet igennem et mikroskop åbner der sig en utrolig varieret verden med ekstreme størrelsesforskelle og en enorm artsdiversitet. Faktisk varierer fytoplankton over en faktor 10.000 i størrelse, hvilket er langt mere end forskellen mellem en mus og en elefant.

## Noget fytoplankton opfører sig både som plante og dyr

I tillæg til de store størrelsesforskelle man finder indenfor fytoplankton, er der også enorme forskelle i hvilken rolle, de spiller i økosystemet. Hvor noget

## Artsbestemmelse af de mindste alger

De mindste alger er for små til, at de kan genkendes og artsbestemmes i et mikroskop, og derfor bruger man oftest molekylære metoder til at identificere dem. Det betyder, at man bestemmer arterne ud fra forskelle i deres DNA-sekvens. Man behøver dog ikke hele organismens DNA-sekvens, men nøjes oftest med et enkelt gen, typisk genet 18S. I praksis sekventerer (dvs. aflæser) man det DNA, der er til stede i en vandprøve, og sammenligner resultaterne med DNA-sekvenser fra kendte organismer.

Over de seneste par år er det blevet flere hundrede gange billigere at sekventere DNA, og udviklingen ser ikke ud til at stoppe foreløbig. Det bliver derfor mere og mere normalt med molekylære studier, der bruger DNA-sekventering. Når man arbejder med DNA, ser man dog aldrig selve cellen,

men kun dens slægtsforhold. Det er derfor vigtigt, at kombinere DNA-sekventering med andre metoder, hvis man ønsker at fortælle noget om et biologisk samfund.

En metode, man kan benytte, er pigmentanalyse. Her udnytter man, at der hos alger, i modsætning til landplanter, kan være stor variation i, hvilke pigmenter der bliver benyttet til fotosyntese. Hvor landplanter blade er grønne, kan algers farve variere mellem grøn, gul, brun, rød og endda blå, samt alle tænkelige nuancer deraf. Den præcise pigmentsammensætning afhænger af algens slægtsforhold. Selvom denne metode ikke er præcis nok til at bestemme selve arten, da nært beslægtede arter af alger oftest har samme pigmentindhold, kan man stadig til en vis grad bekræfte de data, man får fra de molekylære analyser.

# i Grønlandshavet

fytoplankton ernærer sig gennem fotosyntese ligesom planter, er der andet, der må spise andre organismer for at få næring ligesom dyr. Endelig findes der dem, der befinder sig mellem disse to kategorier og kan udnytte solens stråler til energi samtidig med, at de kan spise andre organismer. Denne sammenblandede ernæringsstrategi kaldes meget passende *mixotrofi* og har vist sig at være meget mere udbredt blandt fytoplankton, end man først troede.

Grønlandshavet er interessant, fordi det er del af et særligt produktivt område, hvor der bliver optaget meget CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Vi er på jagt efter nye data på fytoplanktonets mange forskellige arter og størrelser, der kan kaste lys over, hvordan de påvirker og bliver påvirket af klimaændringerne i fremtiden.

## De små størrelser er en udfordring

De arter af fytoplankton, vi ved absolut mindst om i Arktis, er de små pikoeukaryoter, og de forventes endda at blive mere dominerende i fremtiden. Derfor var pikoeukaryoterne også blandt dem, vi var særlig interesserede i at indsamle, mens vi var ombord på forskningsskibet. Med en størrelse på un-



## Kiselalge set under lysmikroskop

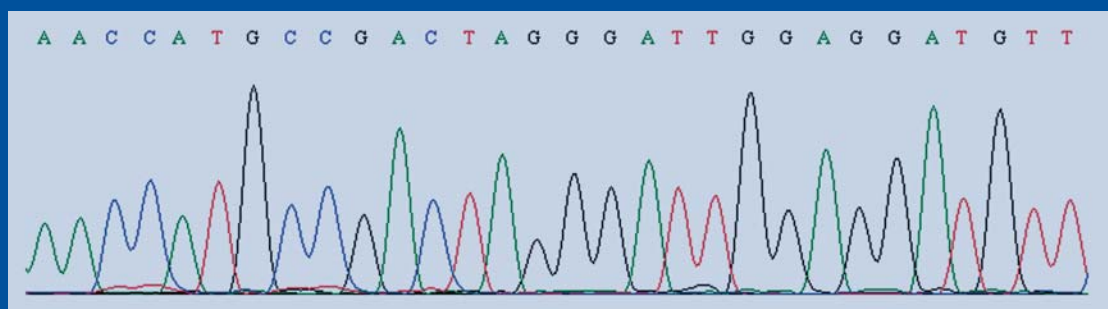
Kiselalgen *Chaetoceros atlanticus*. Kiselalger er, som navnet antyder, omgivet af en skal bestående af kisel. Denne skal beskytter dem mod at blive spist, men gør dem også tunge, således at de hurtigere daler ned på bunden, hvor de dør uden tilgang til lys. De lange børster er med til at modvirke dette ved at få kiselalgen til at synke langsommere ned gennem vandsøjlen.

Foto: Niels Daugbjerg

## Kromatogram af DNA-sekvens

Når DNA sekventeres, bliver der lavet en kopi af det DNA, man aflæser. I stedet for de almindelige fire DNA-baser (adenin, cytosin, guanin og thymin) bruges modificerede versioner, der lyser i forskellige farver. En maskine aflæser da denne perlerække af farver, hvilket giver et kromatogram, hvorfra

DNA-sekvensen kan aflæses. På kromatogramet angiver højden af en kurve intensiteten af lyset, der svarer til en given base. Det vidste udsnit af et kromatogram viser 30 basepar af en arktisk alges DNA-sekvens tilhørende slægten *Chrysochromulina*.



der 1-2 mikrometer hører pikoekaryoter til blandt verdens mindste livsformer, og man kan lægge op til 1000 af dem ved siden af hinanden på en enkelt millimeter. På trods af, at en liter vand kan indeholde flere tusind arter, er de første 100 af disse endnu ikke blevet beskrevet. Det skyldes naturligvis deres ringe størrelse, som gør dem utroligt svære at håndtere og helt umulige at studere i et mikroskop. I stedet benytter vi os af molekulære metoder, hvor vi undersøger deres DNA for at adskille og genkende de enkelte arter (boks forrige side).

At forstå, hvad der bestemmer artsdiversiteten på Jorden, er et af økologiens store spørgsmål. I Center for Makroøkologi, Evolution og Klima arbejder alle forskere på at besvare dette spørgsmål med udgangspunkt i vidt forskellige organismegrupper. Dette er en krævende opgave, og vi, der arbejder med mindre-end-mikroskopiske arter, har det absolut ikke nemmere. Håbet er dog, at vi gennem en kreativ brug af molekulære metoder kan lære om fytoplanktonets levevis og udbredelse.

### Fytoplankton forsinket den globale opvarmning

En særlig vigtig egenskab, vi interesserer os for hos Grønlandshavets fytoplankton, er størrelsesforholdet og sammensætningen af arter. Dette påvir-

ker nemlig, hvor meget CO<sub>2</sub> havet optager fra atmosfæren og deponerer i dybhavet. Denne transport af CO<sub>2</sub> fra atmosfæren til dybhavet kaldes den biologiske pumpe og kan forsinke global opvarmning.

Store kiselalger, som for eksempel arter af *Chaetoceros*, menes at kunne øge havets optag af CO<sub>2</sub> på et givent sted. Dette skyldes delvist, at de er relativt tunge og dermed synker hurtigere, men også at de bliver ædt direkte af krebsdyrene. Den korte vej igennem fødekæden giver en større sandsynlighed for, at det organiske kulstof synker ned fra overfladevandet som for eksempel vandloppesækaler, inden det bliver nedbrudt af bakterier.

Tidligere studier har således antydnet, at områder domineret af store arter af fytoplankton har et større biologisk optag af CO<sub>2</sub> end områder domineret af små arter. Desværre viser forskning dog også, at når vandet bliver varmere, er det de små fytoplankton, som klarer sig bedst og dominerer over de større. Vi har altså grund til at frygte en ond cirkel, hvor global opvarmning fører til flere små arter af fytoplankton, og havets evne til at optage CO<sub>2</sub> bliver svækket. Det vil betyde mere CO<sub>2</sub> i atmosfæren, som vil resultere i yderligere temperaturstigninger.

#### Læs mere

Maria Lund Paulsen, Karen Riisgaard, Mette Dalgaard Agersted, Line Reeh og Torkel Gissel Nielsen: Havets plankton bremser klimaændringer, *Aktuel Naturvidenskab* nr. 6-2012.

Katherine Richardson, Will Steffen og Diana Liverman: *Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions*. Cambridge University Press. 2011.

## Annonce

## Feltarbejde i strid modvind

Feltarbejde på havet går ikke altid efter planen. Allede efter den første station blev vi ramt af en storm, der forhindrede os i at sætte udstyret i vandet igen. I laboratoriet fortsatte arbejdet dog på trods af det dårlige vejr. For at undersøge størrelsesfordelingen og artsdiversiteten af fytoplankton filtrerede vi vand igennem forskellige filterstørrelser.

Filtrene fryses ned, så vi kan måle på dem på land. Alle fytoplankton indeholder pigmentet klorofyl *a*, og ved at måle koncentrationen af klorofyl *a* fanget på filtrene, kan vi estimere koncentrationen af fytoplankton i hver størrelsesfraktion og dermed den relative størrelsesfordeling.

Vi tog også konserveret vand med hjem, og i disse prøver kan vi både tælle antallet af forskellige størrelser arter samt måle cellerne og beregne deres volumen. For at forstå fytoplanktonets fordeling må vi også vide, hvordan forholdene var, da de blev indsamlet. Udover de fysiske parametre som saltindhold, temperatur, dybde og lys, indsamler vi også vandprøver til bestemmelse af de vigtigste uorganiske næringssalte (som nitrat, fosfat og kiseltsyre) og vi måler primærproduktionen (raten hvormed CO<sub>2</sub> indbygges).

I løbet af togtet løb vi ind i flere storme, men over ti dage lykkedes det at indsamle mere end 40 vandprøver til artsbestemmelse, foretage ca. 40 målinger af primærproduktion samt at filtrere mere end 500 liter vand fra i alt 20 stationer. I alt fik vi indsamlet hundredvis af prøver, som vil blive undersøgt over de næste mange måneder.

## Vandprøver kan være bedre end satellitmålinger

Når forskere beregner fytoplanktonets optag af CO<sub>2</sub> på global skala, bruger de ofte modeller baseret på satellitobservationer af alger i havet. Dette er en vigtig udregning, da den fortæller os om havets effekt på mængden af CO<sub>2</sub> i atmosfæren og dermed graden af global opvarmning, som vi kan forvente i fremtiden. Det har dog vist sig, at disse modeller i flere dele af verdenshavet er upræcise. Det gør sig særligt gældende i kolde egne, hvor CO<sub>2</sub>-optaget spiller en vigtig rolle. Det skyldes sandsynligvis, at de nuværende modeller er baseret på varmere vand, og beregningerne derfra ikke kan overføres direkte til Arktis.

Baseret på prøverne fra vores togt til Grønlandshavet og andre lignende togter håber vi at øge vores forståelse af algerne optag af CO<sub>2</sub> i Arktis, således at modellerne kan blive pålidelige. Det er især vigtigt med gode modeller for Arktis, da det ikke alene udgør et område med stort optag af CO<sub>2</sub>, men også et område, der påvirkes tidligere og kraftigere af global opvarmning end resten af verden. ■



Stemmingsbillede fra togtet.

Foto: Erik Mousing.

## Udtagning af vandprøver fra forskellige dybder.

Når vi er nået frem til en målestation sendes en CTD-rosette med forskellige måleinstrumenter og vandhentere ned igennem vandsøjlen. Vi måler bl.a. vandets saltindhold, temperatur, dybde (deraf navnet CTD: conductivity-temperature-depth) og lys, og i takt med, at CTD'en sænkes ned, kan vi lave en dybdeprofil af vandet. Ud fra profilen kan vi vælge særligt interessante dybder og udtage vandprøver til vandkemi og biologi. Når CTD'en er tilbage på dækket, tappes den for vand og vores analyser starter. Da vi skal nå flest mulige stationer er det en kamp mod tiden at få prøverne i hus ved hver station, så vi arbejder benhårdt – også om natten.

Foto: Erik Mousing og Nikolaj Sørensen



Et af flere laboratorier om bord. Mange forskellige forskningsinstitutioner og projekter er gået sammen for at gøre turen mulig: Fire universiteter, NAACOS, Dansk Center for Havforskning og Grønlands Naturinstitut. Havforskning er desværre så kostbart, at alle økonomiske sejl må sættes, hvis man ønsker at komme til søs.

Foto: Erik Mousing