

Havets iltvindszoner

Geomicrobiology og Oceanic Oxygen-Deficient Zones, GOODZ

Af projektleder, lektor, ph.d. Bo Thamdrup, Biologisk Institut, Syddansk Universitet

Togtben 13 og 14

Deltagere om bord: Gadiel Alarcon¹, Thomas Cedhagen², Tage Dalsgaard³, Edgardo Enriquez⁴, Laura Farias¹, Camila Fernandez¹, Kai Finster², Niels-Ulrik Frigaard⁵, Anni Glud⁶, Ronnie Glud⁶, Michelle Graco⁴, Dimitri Gutierrez⁴, Kirsten Habicht⁷, Mai Murmann Jespersen⁷, Bo Barker Jørgensen⁸, Bente Lomstein², Mathias Middelboe⁶, Jeppe Lund Nielsen⁹, Lars Peter Nielsen², Niels Peter Revsbech², Andreas Schramm², Preben Grann Sørensen², Osvaldo Ulloa¹, Federico Velazco⁴.

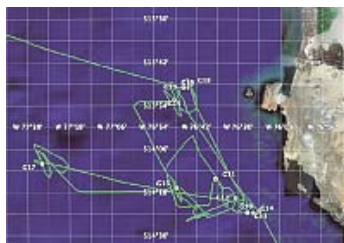
¹⁾ Universidad de Concepción, Chile; ²⁾ Biologisk Institut, AU; ³⁾ Danmarks Miljøundersøgelser, Silkeborg; ⁴⁾ Instituto del Mar del Perú, Callao; ⁵⁾ Institut for Molekylærbiologi og Fysiologi, KU; ⁶⁾ Biologisk Institut, KU; ⁷⁾ Biologisk Institut, SDU; ⁸⁾ Max-Planck-Institut für marine Mikrobiologie, Bremen; ⁹⁾ Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi, AaU.

Projektets baggrund og formål

Mens tilstedeværelsen af ilt tillader eksistensen af flercellede organismer i størstedelen af verdenshavene, findes der også åbne havområder med vedvarende iltmangel, hvor kun mikroorganismer kan leve. Disse iltvindszoner dækker kun ca. 2 % af havenes areal, men de spiller en uforholdsmæssig stor rolle i havets stofkredsløb med høj primærproduktion i det overliggende vand, stor begravelse af organisk stof i den underliggende havbund og stor kvælstoffjernelse. Iltvindszonerne påvirkes let af cirkulationen i havet og kan f.eks. ændre udbredelse som følge af global opvarmning. Skønt zonerne er nøglelokaliteter i havets biogeokemiske kredsløb, ved vi meget lidt om strukturen og funktionen af de mikrobielle samfund, der lever og driver omsætningen i dem.

Vore overordnede videnskabelige målsætninger med deltagelsen i Galathea 3-ekspeditionen var

- at udforske det mikrobielle samfunds sammensætning og funktion i iltvindszonerne med identifikation af de organismer, der spiller hovedroller i omsætningen, og med undersøgelser af hvordan virus påvirker samfundets struktur og omsætning
- at bestemme omsætningsrater for de væsentlige mikrobielle processer samt disses bidrag til de biogeokemiske kredsløb på lokal og global skala



Figur 1: Kort med sejlroute og prøvetagnings-stationer for iltsvind-projektet. Kortet øverst viser et udsnit af området ud for Pisco, hvor størstedelen af sedimentprøvetagningen foregik.

- at identificere og fortolke kemiske og biologiske markører af iltforholdenes variation gennem tiderne i havbunden under iltsvindszonerne

Projektets forløb

Den oprindelige plan omfattede undersøgelse af to af havets tre store iltsvindszoner i det Arabiske Hav og i det østlige Stillehav ud for Peru og Chile. På grund af omlægning af ruten måtte undersøgelserne i det Arabiske Hav aflyses. Disse udgjorde dog kun en mindre del af projektet (ca. seks personer i seks dage). I stedet koncentrerede vi hele indsatsen på togten 13 og 14 mellem Valparaiso i Chile og Puerto Ayora på Galapagos, og især på ben 14 i perioden 15. februar – 1. marts mellem Antofagasta i Chile, hvor projektgruppen blev fuldtallig, og Manta i Ecuador, hvor ti deltagere måtte gå fra borde pga. begrænsning i antallet af personer om bord ved anløb af Galapagos.

Prøvetagningen fulgte to mønstre: dels en kortlægning af iltsvindszonen fra nord til syd med undersøgelser af vandsøjlen på stationer jævnt fordelt langs kysten af det nordlige Chile og Peru, typisk i en afstand på 20–30 sømil, og dels et tværsnit af iltsvindszonen omkring 14°S ud for Pisco med undersøgelse af såvel vand som havbund på stationer fordelt fra territorialgrænsen til 5 km dybde i Perugraven (figur 1). Med 24 pladser om bord ud over togt- og projektlederens dominerede projektet forsat aktiviteterne på ben 14, men der foregik en tæt koordinering af prøvetagningen med alle de øvrige projekter, således at vandprøver oftest blev delt med *Kulstof*-, *DOM*-, og *Roseobacter*-projekterne, mens sedimentprøvetagningen foregik i fællesskab med *Protistprojektet*.

Vi havde et uhyre intenst prøvetagningsprogram, som omfattede [antal udsætninger i parentes]:

- vandprøver med tilhørende hydrografiske målinger hentet med rosette/CTD med 12 vandhenterer á 30 l [40];
- bundprøver hentet med box corer (Brutalis) [13], multiple corer [44], gravity corer [8], og Rumohr corer [8];
- in situ-måling på mikroskala af fordelingen af ilt og nitrat i havbundens overflade ved hjælp af en autonom lander [3].

En planlagt kemisk og mikrobiologisk profilering af vandsøjlen på decimeterskala ved hjælp af et avanceret pumpe/CTD-system var blevet aflyst inden togtet, da projektet blev beskåret i antallet af pladser.

Som nævnt i togtlederrapporten for togtben 13 og 14 forløb prøvetagningen fra et overordnet synspunkt yderst tilfredsstillende. Mandskabets dygtighed, arbejdsomhed og fleksibilitet i kombination med godt vejr tillod effektivt arbejde på dækket fra tidlig morgen til sen aften, mens natten oftest blev udnyttet til søopmåling med henblik på at identificere egnede positioner til bundprøver. Vi fik færre sedimentprøver, men til gengæld flere vandprøver end planlagt.

Sedimentprøvetagningen blev dels besværliggjort af fosforit-belægninger på dybder omkring 500–800 m, der umuliggjorde brugen af vores foretrukne prøvetager, multicoreren, og visse steder endda forhindrede box coreren i at udtage bundprøver. Desuden brød det store spil sammen, da vi forsøgte at bruge box coreren på 5,3 kilometers dybde. Vi kunne derefter kun tage prøver med de letteste bundhentere – multicoreren og Rumohr-coreren – og kun til 5-600 meters dybde af hensyn til Triaxus-wiren, der blev brugt som erstatning.

Status og foreløbige resultater

Selvom en del målinger blev foretaget om bord på skibet, udgør de resultater, der nu foreligger som rådata, skønsmæssigt kun 10–20 % af den mængde data, vi forventer at have, når alle prøver er oparbejdede. Nogle væsentlige foreløbige resultater skal dog nævnes:

- Iltsvindszonen var meget stærkt udviklet under togtet. Vore prøver blev således indsamlet under nærmest ideelle forhold, hvilket bør give de bedste forudsætninger for spændende resultater. Dette var specielt positivt i lyset af, at der i slutningen af 2006 blev varslet et Niño-forhold i togtperioden, hvilket normalt betyder en svækkelse af iltsvindet.
- Det lykkedes at bestemme iltkoncentrationen i iltsvindszonen med en nyudviklet iltsensor monteret på CTD'en. Der har været stor usikkerhed om iltkoncentrationer og disses dynamik i iltsvindszonerne, hvilket skyldes en forholdsvis høj detektionsgrænse for traditionelle metoder til iltmåling. Den nye sensor er op mod 50 gange mere følsom og viste ingen målbar ilt i iltsvindszonens kerne. Dette er et meget vigtigt resultat for forståelsen af livsbetingelserne i iltsvindszonen.
- I størstedelen af iltsvindsområdet fandt vi i den øverste del af iltsvindszonen en population af cyanobakterier, der lever under praktisk taget iltfrie forhold. Disse organismer producerer ilt, men iltten bruges lige så hurtigt. Deres produktion af ilt inde i iltsvindszonen kan spille en nøglerolle i bl.a. kvælstofomsætningen.
- Der var store mængder nitratkoncentrerende bakterier og foraminiferer på havbunden i iltsvindszonen. Blandt andet fandt vi for første gang i dette område den største kendte bakterie af slægten *Thiomargarita*, hvor én celle kan ses med det blotte øje. Når iltten er opbrugt, bruges nitrat som åndingsmiddel i stedet. Gennem deres optagelse og transport af nitrat ned i havbunden har disse organismer stor betydning for havbundsmiljøet.

De indsamlede prøver bliver anvendt til et meget stort antal forskellige biologiske, geologiske, kemiske og fysiske analyser, hvoraf kun et udvalg skal nævnes her: I vandprøverne bestemmes koncentrationer af ilt, næringsalte, opløst uorganisk kulstof, metan og lattergas, det mikrobielle samfund



analyseres med molekylærbiologiske og mikrobiologiske teknikker (bl.a. fosmidbiblioteker, kvantitativ PCR, genekspresion, fluorescerende *in situ* hybridisering, mikroautoradiografi, flow cytometri og most-probable-number tælling), og væsentlige mikrobielle processer i kulstof- og kvælstofkredsløbet kvantificeres ved hjælp af bl.a. ^{14}C - og ^{15}N -mærkning. I havbunden laves tilsvarende målinger suppleret med undersøgelser af den mikrobielle omsætning af jern og svovl, af virus' indflydelse på det mikrobielle samfund samt organisk geokemi, sedimentologi og palæoøkologi.

Størstedelen af resultaterne forventes at foreligge som rå-data inden for et år, og vi planlægger at afholde en workshop om projektet i begyndelsen af 2008.

Formidling

Projektet havde et udmærket samspil med pressen før og under togtet og fik en tilfredsstillende dækning og omtale. Projektet indgik desuden i det SDU-baserede formidlingsprojekt *Til søs med Gale Thea*, der rettede sig mod 5.-6.-klasserne og omfattede frit tilgængeligt undervisningsmateriale samt direkte kontakt til skoler på Fyn og i Syd- og Sønderjylland. Mange af iltsvindprojektets deltagere har allerede fortalt om projektet i skoler, gymnasier og foreninger, til åbent-husarrangementer, i radio og tv, og denne aktivitet fortsætter til efteråret (2007), bl.a. i forbindelse med *Naturvidenskabsfestivalen*. Det er vores hensigt at blive ved med at formidle nye resultater fra projektet bredt på længere sigt, da vi forventeligt først skal til at afdække de fleste spændende og betydningsfulde resultater fra vores vældige samling af prøver og data.



Konklusion

Deltagelsen i Galathea 3 har været en forskningsmæssig succes. Der var bred tilfredshed i den store projektgruppe om bord på skibet, ikke mindst på grund af det gode samarbejde med besætningen og de øvrige projekter. Også de sydamerikanske deltagere fik et stort fagligt udbytte af togtet. Projektet har skabt tættere bånd mellem de seks deltagende danske grupper og styrket samarbejdet med såvel den chilenske som den peruanske gruppe. En del af undersøgelserne fra Galathea 3 udgør således en væsentlig del af basis for et stort treårigt chilensk/US-amerikansk/dansk projekt om iltsvindzonernes mikrobielle økologi, der starter i 2008 og involverer SDU, DMU, og AU.



En stor del af arbejdet foregik på mere eller mindre interimistiske arbejdspladser rundt omkring på skibet. Foto: Bo Thamdrup, Andreas Schramm, Anni Glud.