

Struktur og funktion af planktonfødekedden i Det Indiske Ocean fra Cape Town til Broome i Australien

Af projektleder, forskningsprofessor, dr.scient. Torkel Gissel Nielsen, DMU

Togtben 7

Deltagere

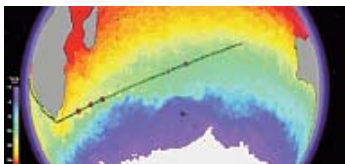
Torkel Gissel Nielsen¹, Andre W. Visser², Sigrun Jonasdottir², Eva Friis Møller³, Marc Andersen⁴, Jens Larsen¹, Birgit Søborg, Suree Satapoomin⁵, Cornelia Jaspers¹, Stiig Markager¹, Mathias Middelboe⁵, Winnie Martinsen¹, Anne Berendt³, Ole Schou Hansen¹, Per Juel Hansen³, Tarangkoon Woraporn³, Niels Daugbjerg³, Gert Hansen³, Maria Hastrup-Jensen³, Hans Henrik Jakobsen², Peter Henriksen¹, Louise Schlüter⁶, Karen Marie Hilligsøe¹, Michael Olesen³.

¹ Danmarks Miljøundersøgelser, Afd. for Havmiljø, ² Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afd. for Havøkologi og Akvakultur, ³ Københavns Universitet, Biologisk Institut⁴, Stockholms Universitet, Afd. for Marin Økologi, ⁵ Phuket Marin Biologiske Center, ⁶ DHI Vand og Miljø

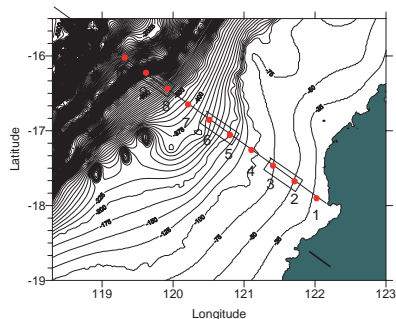
Baggrund

Til trods for, at tropiske have udgør 42 % af den samlede havoverflade, er kendskabet til biodiversitet, produktion og omsætning i de frie vandmasser meget begrænset. Nærværende projekt har undersøgt en række udvalgte nøgleparametre i planktonet og dermed givet en større indsigt i omsætningsvejene i et tropisk pelagisk økosystem med høj biodiversitet. Under et nyligt afsluttet dansk-thailandsk samarbejdsprojekt blev det vist, at planktonsamfundet i Andamanerhavet er et meget stabilt system trods den dynamiske oceanografi og de store sæsonmæssige variationer i f.eks. stormfrekvens. Fødenettet holder således effektivt på næringssaltene, og tilførsel af små bidrag af næringssalte bliver hurtigt optaget af det næringsbegrænsede planteplankton og kanaliseret videre op gennem det pelagiske fødenet. Desuden er overfladelaget kraftigt påvirket af UVstråling. UV og næringssaltbegrænsning er formodentlig de afgørende faktorer, som bestemmer dybdeudbredelse af organismerne. Derfor vil den dybdemæssige zonerings af organismer og den vertikale fluks af organisk stof indgå centralt i nærværende undersøgelse.

Planktonprojektet skulle oprindeligt have været gennemført i Andamanerhavet ud for Phuket i Sydthailand, men pga. omlægningen af VÆDDERENS sejlroute blev projektet flyttet



Figur 1: Overfladetemperaturen langs sejlruten fra Sydafrika til Australien. De otte stationer, som blev undersøgt på vej over, er markeret med de farvede cirkler.



Figur 2: Stationerne langs transektet ud for Broome. Afstanden imellem stationerne er 20 sømil - boksene viser de tre intensive områder, hvor døgnvariationer bl.a. blev undersøgt.

til havområdet ud for Broome i Nordvestaustralien. Ruteomlægningen gav mulighed for at undersøge planktonfødekæden langs sejlruten fra Cape Town til det intensive studieområde nord for Broome.

Del I: Fra Cape Town til Broome

Under VÆDDERENS togt fra Cape Town i Sydafrika til Broome i Nordvestaustralien blev de pelagiske fødekæders sammensætning og produktion undersøgt. Togtet foregik langs et transekt mellem 36° og 39, 5° sydlig bredde. Dette område udgør en frontzone, hvor det kolde antarktiske vand sydfra møder det varmere tropiske vand nordfra (figur 1). Undersøgelsen fokuserer på planktondynamikken i de øverste 500 m af den 3.000-4.000 m dybe vandsøjle. Ud over *in situ*-undersøgelser af dybdefordeling og sammensætningen af det pelagiske fødenet fra virus til vandlopper undersøgte vi vandlopperens rolle i den vertikale flux af organisk materiale fra den fotiske zone.

På baggrund af de forskellige vandmasser har vi identificeret tre pelagiske økosystemer, 1) det kolde (12-14°C), næringsrige antarktiske vand (ca. 5 µg Chl *a* l⁻¹) med kiselalger, dinoflagellater og store vandlopper over 2) blandingsvandet til 3) det varme (20-22°C) næringsfattige vand mod nord (ca. 0,5 µg Chl *a* l⁻¹) domineret af mindre fytoplanktonformer, bl.a. proklorofyter og små vandlopper.

Del II: Broome-transektet

I forbindelse med ankomsten til Broome i Australien blev nogle af deltagerne skiftet ud, og følgende påmønstrede planktonprojektet:

Thomas Kiørboe², Peter Munk², Helge A. Thomsen², Russ R. Hopcroft⁷, Don Dieble⁸, Peter Tiselius⁹, Marie Maar¹, Alison Sampey¹⁰.

⁷Institute of Marine Science, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK 99775-7220, ⁸Ocean Sciences Centre, Memorial University, St. John's, Newfoundland and Labrador, Canada A1C 5S7, ⁹Department Of Marine Ecology, Göteborg University, Kristineberg Marine Research Station, S-450 34 Fiskebäckskil, Sweden. ¹⁰Darwin Office, Australian Institute of Marine Science, PO Box 40197, Casuarina MC, NT 0811

Arbejdet ved Broome foregik langs et transekt bestående af 10 stationer vinkelret på kysten, dækkende et dybdeinterval fra 20 til 2.000 m (figur 2). Der blev defineret to typer af stationer:

De ekstensive stationer (station-varighed 4 timer). Her blev dybdefordeling af næringsalte, plankton og fiskelarver undersøgt i forhold til strukturen af vandmassen. Desuden blev dybdefordelingen af plankton registreret vha. undervandsvideo.

De intensive stationer blev besøgt i 24 til 48 timer (figur 2). Fokus på disse stationer var – ud over ovenstående - undersøgelser af døgnændringer i planktonets dybdefordeling og undersøgelser af sedimentationen vha. sedimentationsfælder.

Status for oparbejdningen

På nuværende tidspunkt kan det konkluderes, at projektet har bidraget med væsentlig ny viden om funktionen og strukturen af planktonføddekæden i det sydlige Indiske Ocean og det tropiske havområde ud for Broome i Nordvestaustralien. På baggrund af de målte parametre har vi således planlagt en lang række afhandlinger, som beskriver samspillet imellem områdets oceanografi og planktonbiologi. Disse vil i løbet af det næste års tid blive skrevet sammen og indsendt til et internationalt tidsskrift (tentative titler se nedenfor). Resultater for nogle af de mere specifikke underprojekter er beskrevet nedenfor.

Dinoflagellater med haver

Den horisontale og vertikale udbredelse af konsortier af dinoflagellater og ektosymbionter og fysisk-kemiske parametre blev studeret langs de to transekter. Vi fandt fire slægter af dinoflagellater, som havde ektosymbionter: *Ornithocercus*, *Histioneis*, *Parahistioneis*, *Citharistes*. De højeste koncentrationer af konsortierne blev fundet i de øverste 100 m, hvilket indikerer, at konsortierne er baseret på fotosyntese. Koncentrationen af konsortierne var positivt korreleret til vandtemperaturen, og vi fandt stort set ingen konsortier under 10°C. Desuden var koncentrationen af konsortier negativt korreleret til NO₃-koncentrationen, hvilket indikerer, at disse konsortier er mest succesfulde i N-begrænsede miljøer. Lys- og elektronmikroskopi af *O. magnificus* og *O. quadratus* viste, at ektosymbionterne var cyanobacteria, og at dinoflagellaterne åd disse. Dog blev der fundet fødevakuoler, som tyder på, at dinoflagellaterne lever af andet end cyanobakterier. Enkeltceller blev pipetteret om bord på VÆDDEREN til analyse for de gener, som koder for N-fiksering. Disse prøver er under oparbejdning hos tyske kolleger.

Ny vandhenter udviklet og afprøvet i forbindelse med Galathea 3

Til togtet blev der udviklet en ny type vandhenter, 'Sea Core Sampler' (figur 3). Ideen med vandhenteren var at indsamle et helt uforstyrret udsnit af vandsøjlen, hvori man efterfølgende kunne studere planktonorganismers adfærd mv. ved hjælp af videomikroskopiering direkte ind i vandhenteren. Vandhenteren giver således mulighed for at studere den uforstyrrede adfærd af planktonorganismer og for at lave kvantitative målinger af filtrationsrater mv. Vandhenteren er specielt velegnet til at studere delikate planktonorganismer som f.eks. Doliolider og fænomener som 'marin sne' (figur 3). Vandhenteren blev anvendt på alle 10 transektstationer med stor succes. Der er indsamlet videooptagelser af en række udvalgte organismer. Desuden blev filtrationsstrømme målt på Doliolider ved at følge partikler i filtrationsstrømmen. Filtrationsmålinger af de uforstyrrede dyr i vandhenteren gav filtrationsrater, der var 2-10 gange højere, end tidlige målinger



Figur 3: 'Sea Corer Sampler' under optagning i Det Indiske Ocean (til venstre), samt billeder af doliolid (midten) og marin sne (til højre) fotograferet i vandhenteren. Dolioliden måler ca. 2 mm, snefnugget omtrent det samme. Fotos: Thomas Kiørboe



har vist. Et vigtigt formål med vandhenteren var at undersøge 'marin sne', dvs. porøse partikelaggregater, der disintegrerer ved traditionel prøvetagning, og som formodes at være den væsentligste kilde til sedimentation af partikulært materiale i havet. Der blev lavet målinger af synkehastigheder og væskestrømme omkring synkende aggregater. Et vigtigt resultat af de foreløbigt ret begrænsede målinger er, at der ikke passerer væske *gennem* det porøse aggregat, kun udenom. Det har meget stor betydning for, hvordan aggregater koloniseres af mikroorganismer og nedbrydes i de øvre vandmasser. En beskrivelse af vandhenteren og af de foreløbige resultater fra Det Indiske Ocean er nu publiceret (Kiørboe 2007).

Sedimentation af organisk materiale ud for Broome

Partikelregnen ned gennem det øvre produktive vandlag (0-100 m) blev målt vha. sedimentfælder. Sammensætningen af partikler blev målt i forhold til partikulært organisk kulstof og kvælstof, klorofyl a og phaeopigment. Desuden blev de genkendelige strukturer (fytoplankton, zooplankton, fækali-er osv.) bestemt, talt og målt vha. mikroskopi. For at få en idé om, hvor hurtigt partiklerne sank, og hvor stor en andel der dagligt forsvandt fra det øvre vandlag, blev de samme parametre for partikelsammensætningen målt for selve vand-søjlen. Sedimentationen i form af kulstof og kvælstof blev endvidere sammenlignet med parallelle målinger af primærproduktionen. Analyserne og de mikroskopiske bestemmelser er stadig undervejs og ventes afsluttet til efteråret (2007).

Ændringer i planktonsamfundet langs Broome transektet fra kyst mod oceanet

Indsamlingen af plankton langs transektet ud for Broome blev gennemført som planlagt. Meso-zooplanktonet blev indsamlet med et såkaldt multinet, der indsamler i forskellige dybder efter den standardprocedure, der er blevet brugt på hele Galathea 3-togtet. Større planktondyr, heriblandt fiske-larver, blev indsamlet med et stort ringnet (2 m i diameter),

der blev trukket ned til havbunden og op igen. Dette net var nyudviklet til formålet og udstyret med en relativt fin maskestørrelse på 0,6 mm (se billede herunder). Det viste sig at funge godt til samtidig indsamling af de relativt store ålelarver og de små fiskelarver, der er ned til få millimeter lange. For at ålelarverne ikke skulle kunne se nettet og dermed undvige det blev alle træk udført om natten.

Efter hvert træk udsorterede vi alle større larver, deriblandt ålelarverne, og vi fandt en tydelig variation i antal og arts sammensætning ud langs transektet. Vi fandt blandt andet et naturligt skift fra kystnære arter til mere oceaniske arter, jo dybere vandet blev. Vi gennemførte under togtet undersøgelser af ålelarvernes maveindhold for at få indblik i, hvad disse larver lever af, og vi konserverede prøver for senere at undersøge maveindholdet med forskellige biokemiske metoder.

På vores første del af transektet, omkring den tredje station, passerede vi en frontzone, og her var der tydeligvis meget større biologisk produktion og forekomst af fiskelarver. På nedenstående figur ses et snit af hydrografien, som den så ud langs transektet, med samtidig indikation af hvorledes ålelarvernes forekomst ændrede sig. Der resterer en stort oparbejdningsindsats for at få alle informationer fra prøverne, men de foreløbige indikationer bekræfter vores arbejdshypotese om en sammenhæng mellem fronthydrografi og planktonets biomasse og artsdiversitet.

Publikationer

T. Kiørboe (2007): *The Sea Core Sampler: a simple water sampler that allows direct observations of undisturbed plankton*. J. Plankton Res., 29; 6, pp 547-554.

Tarangkoon, W. Hansen, G. Hansen, P.J., LaRoche, J.

(manuskript): *Dinoflagellate/cyanobacterial consortia in the Tropical Indian Ocean and the North-West Australian Sea*.

Munk, P et al. (planlagt manuskript): *Changes in plankton productivity and fish larval communities across a frontal zone at the tropical Australian shelf*.

Grønkjær, P et al. (planlagt manuskript): *Feeding of leptocephali fish larvae in the shelf waters of tropical Australia*.

Visser et al. (planlagt manuskript): *Biological Oceanography of Indian Ocean. I Physical and Chemical oceanography*

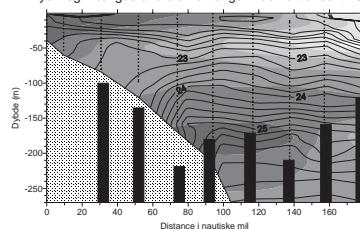
Jakobsen et al. (planlagt manuskript): *Biological Oceanography of Indian Ocean. II Composition and role of the protist community*

Jonasdottir et al. (planlagt manuskript): *Biological Oceanography of Indian Ocean. III. Composition and role of the mesozooplankton community*

Møller et al. (planlagt manuskript): *Biological Oceanography of Indian Ocean. IV Role of copepods in the vertical flux of organic matter*.

Nielsen et al. (planlagt manuskript): *Biological Oceanography of Indian Ocean. V. Carbon cycling in areas of different hydrographic regimes*.

Fysik og mængde af ålelarver langs Broome transekt 2006



Figur 4: Figuren viser en vertikal profil af saltholdighed (jo mørkere, desto saltere) samt massefylde (linjer, i kg m⁻³ over 1.000 kg m⁻³). Søjlerne illustrerer mængden af ålelarver, den højeste søjle viser en tæthed på 6 per 1.000 m⁻³.



Figur 5: Her udsættes ringnettet, der bruges til fangst af fiskelarver. Foto: Peter Munk



Figur 6: Et eksempel på en af de mange forskellige fiskelarver, vi fangede langs Broome-transektet. Foto: Peter Munk