



Et hav i forandring

Foto: Karen Riisgaard

Fuglefjeldet ved indsejlingen til Kapisigdlit fjordgrenen i Godthåbsfjorden.

Dyreplankton spiller en helt central rolle i den arktiske marine fødekæde.

Det kan blive disse uanseelige skabninger, der afgør, hvordan dyrelivet i

Arktis klarer sig, når temperaturen stiger, havisen smelter og

havstrømmene ændrer sig

Af Karen Riisgaard, Mette Dalgaard Agersted, Signe Jung-Madsen, Rasmus Swalethorp og Torkel Gissel Nielsen

■ De polare områder er de første til at mærke effekten af klimaforandringerne, og konsekvenserne er omfangsrige. Siden 1979 er havisens udbredelse blev målt ved hjælp af satellitfotos, og i denne periode er havisens udbredelse blevet reduceret med ca. 3 % årligt. I august måned 2010 var havisens udbredelse således 28 % mindre end gennemsnittet for august måned i perioden 1979-2000.

Den mindre udbredelse af havis betyder, at nye sejlruiter åbner og tidligere utilgæng-

lige ressourcer som f.eks. gas og olie kan udvindes. Interessen omkring Arktis er steget i takt med, at området er blevet mere fremkommeligt, men de mange nye muligheder i Arktis vil blive fulgt af mindst lige så mange udfordringer.

Et af de steder, hvor klimaforandringerne vækker bekymring, er i de grønlandske havområder. Farvandene langs Grønlands øst- og vestkyst har et rigt dyreliv, som danner det økonomiske fundament for den grønlandske befolkning. I dag udgør fiskeri af rejer, hel-

lefisk, krabber og torsk godt 90 % af Grønlands samlede eksportindtægter, og selvom eksport af råstoffer som olie, aluminium og guld vil kunne supplere indtægterne fra fiskeriet i fremtiden, er dette endnu ikke tilfældet.

På DTU Aqua, sektion for marinøkologi og klima, forsker vi i, hvordan en mindre udbredelse af havis, varmere havstrømme samt øget risiko for oliespild påvirker den arktiske marine fødekæde, og hvilken betydning et varmere klima vil have på havets produktions-

forhold og dermed Grønlands fiskebestande. Forudsætningen for at forstå effekten af et varmere klima eller f.eks. et olieudslip er, at man kender strukturen og funktionen af den basale del af fødekæden. Netop derfor er denne del af det arktiske økosystem kerneområdet i gruppens forskning.

Havets drivende liv

Planteplanktonet er grundlaget for livet i og omkring havet. En bedre forståelse for planktonodynamikken i Arktis er derfor helt central for at

forstå og forudsige, hvad der sker i de marine fødekæder, når temperaturen stiger og havisen smelter.

Planktonet er havets drivende organismer. De er ofte så små, at man ikke kan se dem med det blotte øje, men de findes til gengæld i enorme mængder. Planktonet omfatter både bakterier, plante- og dyreplankton såsom gopler, krebsdyr og fiskelarver.

I Arktis er planktonets vækst styret af havisdækket. Når isen bryder op i det tidlige forår trænger lyset ned gennem havoverfladen, og den øverste del af vandsøjlen bliver varmet op af solens stråler, som også får isen til at smelte. Det varmere, lette ferskvandspåvirkede vand lejres oven på det koldere og mere salte bundvand. Den ellers opblandede vandsøjle bliver herved lagdelt, hvilket betyder at planteplanktonet kan holde sig tæt ved overfladen, hvor der er tilstrækkeligt med lys til, at de kan vokse og overleve (figur 1). Planteplanktonet græsses af dyreplanktonet, som igen ædes af krebsdyr, fisk, havfugle, hvaler og andre større dyr.

Det er især store vandlopper af slægten *Calanus*, som dominerer dyreplanktonet under forårsopblomstringen. Udover at være vigtige græssere på planteplanktonet, udgør de også den vigtigste fødekilde for en lang række dyr højere oppe i fødekæden. Vandlopperne udgør på denne måde et vigtigt led i den arktiske fødekæde, og små ændringer i deres levevilkår kan få uvurderlig betydning for, hvordan de højere led i fødekæden klarer sig.

Vandloppernes vandring

Den arktiske vinter er lang og tidspunktet for havisens opbrud varierer fra år til år. Planktonet i Arktis har på forskellig vis tilpasset sig den lange arktiske vinter, men en af de mest fremtrædende tilpasninger er de store vandloppers vandring til og fra overfladevandet.

I det tidlige forår vandrer *Calanus* op til overfladen for at lægge æg og æde sig fede i planteplanktonet. Når de har



Foto: Prof. Russell R. Hopcroft

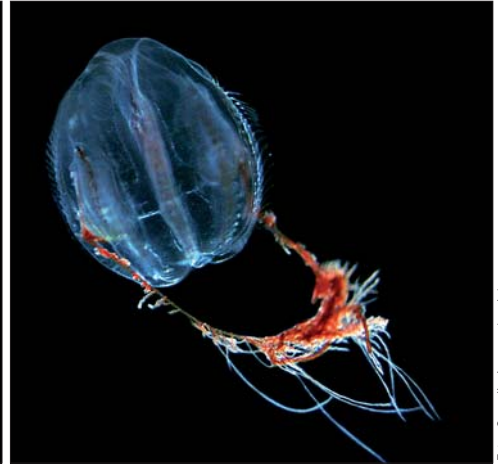
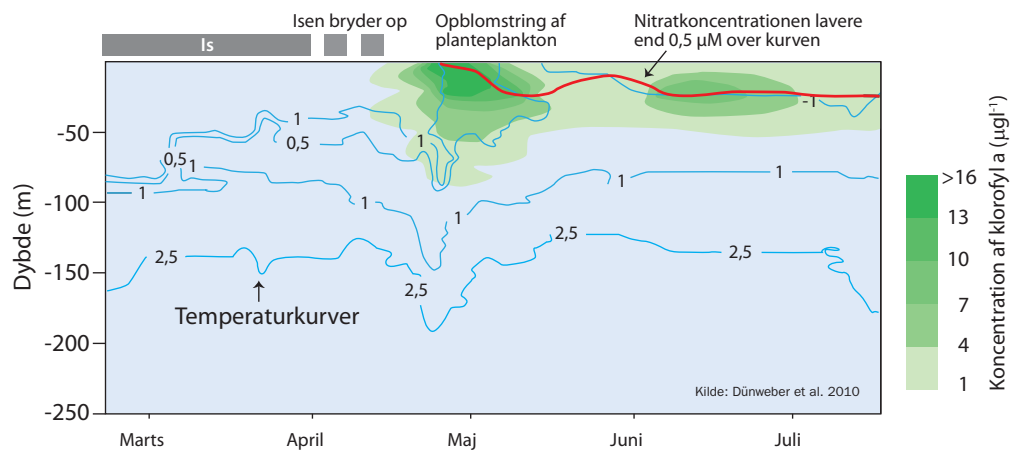


Foto: Cornelia Jaspers (gopler)

Lyskrebs og gopler er nogle af de oversete organismer i de arktiske havområder. Lyskrebs lever i store stimer, men de er svære at kvantificere, fordi de svømmer hurtigt og vandrer op og ned i vandsøjlen. Gopler er langsomme, men de kan til gengæld kun tælles i helt friske prøver, hvilket betyder at de ofte er forsvundet i de konserverede planktonprøver som oparbejdes i Danmark efter togterne. Billederne viser lyskrebsen *Thysanoessa raschii* og Arktisk ribbegoppe (*Mertensia ovum*).



Figur 1: Figuren viser hvordan havisen bryder op om foråret og planteplanktonet vokser op på en målelokaltet i Diskobugten, Vestgrønland. Koncentrationen af planteplanktonet er vist med grønne farvekoder og er angivet som koncentrationen af klorofyl *a* i $\mu\text{g l}^{-1}$. Den røde linje repræsenterer den dybde, hvor koncentrationen af næringsalte (nitrat) er $0,5 \mu\text{M}$, dvs. over linien er nitraten opbrugt og under stiger næringsaltkoncentrationen. Det fremgår, at planktonkoncentrationen falder i takt med, at næringssaltene opbruges.

fyldt deres fedtdepoter vandrer de hundrede til tusinde meter ned i det bundnære vand, hvor de går i dvale indtil det efterfølgende forår. Herefter vandrer de atter op til overfladen for endnu engang at lægge æg og æde sig fede.

Når hovedparten af de voksne vandlopper i sensommeren forlader overfladelaget, bliver det encellede dyreplankton mere dominerende i planktonet. Det encellede dyreplankton kan vokse lige så hurtigt som planteplanktonet, hvilket betyder at der hurtigt etableres et rigt sam-

fund af encellede dyreplankton, der hen over sommeren udgør de dominerende græssere på planteplanktonet.

Vandlopper er god fiskeføde

Planktonet er med andre ord afgørende for produktionen i den marine fødekæde. De fleste undersøgelser er blevet udført fra Arktisk Station (som er ejet af Københavns Universitet) i Diskobugten, Vestgrønland. Diskobugten ligger ved den sydlige grænse for havisens udbredelse og er et biologisk højproduktivt område med et

rigt bunddyrssamfund og vigtige forekomster af fisk, fugle og havpattedyr.

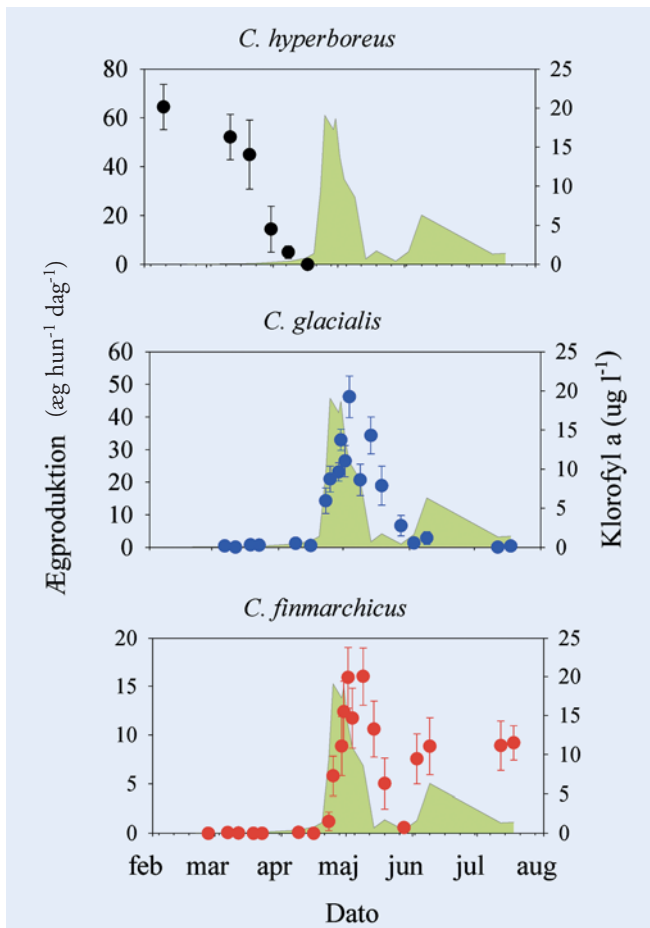
Siden vi i starten af 1990'erne begyndte at lave biologiske undersøgelser i Diskobugten, er en række faktorer blevet ændret. Isdækket er bl.a. blevet tyndere og mere kortvarigt, vandet varmere og væksten af planteplanktonet starter tidligere.

En anden tydelig ændring i Diskobugten er vandloppernes artssammensætning. I Diskobugten mødes tre *Calanus*-arter; de to arktiske arter *C. glacialis* og *C. hyperboreus* og



Foto: Rasmus Svallethorp (Gothåbsfjorden, Grønland)

Feltarbejde i Kapisigdlit. Planktonnettet bliver skyllet efter brug.



Figur 2. Ægproduktion hos tre vandlopper af slægten *Calanus* i forhold til planteplanktonets forårsopblomstring. Den fede arktiske *C. hyperboreus* lægger alle sine æg på dybt vand om vinteren uden føde (øverst) hvorimod den tynde atlantiske *C. finmarchicus* ikke kan lægge æg før den har græsset på planteplanktonet (nederst). En mellemting mellem disse 2 strategier repræsenteres af den arktiske *C. glacialis*. Som *C. hyperboreus* er den i stand til at starte ægproduktionen før forårsopblomstringen, men som *C. finmarchicus* øges ægproduktionen med stigende fødekonzentration. Antal æg per hun (cirkler) og koncentration af planteplankton angivet som klorofyl a (farvet område).

den sydfra kommende atlantiske *C. finmarchicus*. De to arktiske arter kan lægge æg før forårsopblomstringen dvs. uden føde, mens *C. finmarchicus* kræver, at forårsopblomstringen er i gang, for at de kan reproducere sig (figur 2).

De arktiske *Calanus*-arters strategi med at lægge æg før forårsopblomstringen er en tilpasning til de uforudsigelige fødebetingelser i et arktisk miljø med variabelt isdække. Men den globale opvarmning har betydet, at tidspunktet for forårsopblomstringen kommer tidligere og er blevet mere forudsigelig, da den nu primært styres af lysindstrålingen frem for isdækket. Det varmere klima har således betydet, at *C. finmarchicus* har vundet frem på bekostning af *C. glacialis* og *C. hyperboreus*.

Færre fede vandlopper

Det er nærliggende at spørge, hvorfor vandlopperens arts-sammensætning har økologisk

betydning, for umiddelbart er de tre *Calanus*-arter, som vi finder i Diskobugten, ens. Måler man til gengæld på vandlopperens fedtindhold ser man straks, at der er afgørende forskelle. *C. hyperboreus* er størst (fedest) og indeholder 25 gange så meget fedt som *C. finmarchicus*. *C. glacialis* er mindre end *C. hyperboreus*, men indeholder alligevel 10 gange mere fedt end *C. finmarchicus*.

Calanus er det foretrukne bytte for en lang række marine organismer, og det høje fedtindhold i de arktiske *Calanus*-arter er en af de væsentligste årsager til, at vi finder de store bestande af fisk, havfugle og havpattedyr i de arktiske havområder. At den "magre" *C. finmarchicus* vinder indpas på bekostning af de arktiske arter, vil i fremtiden kunne påvirke de højere led i fødekæden, som alle er afhængige af den fedtholdige føde. Et skift til den magre *C. finmarchicus* vil f.eks. betyde, at mange fisk og havfugle skal bruge mere energi på at søge føde, da de skal fange 10 eller 25 gange så mange vandlopper for at få deres fødebehov dækket, som hvis de jagede *C. glacialis* eller *C. hyperboreus*.

Olie i Arktis

Det er svært at nævne Arktis uden også at berøre de mulige olieboringer i fremtiden. Den mindre udbredelse af havis vil betyde, at det bliver lettere at bore efter olie og sejle olie gennem de hidtil isdækkede områder. Det skotske olieselskab Cairn Energy offentliggjorde i efteråret, at de har fundet både naturgas og olie ud for Grønlands vestkyst. Selvom der endnu er lang vej for at olien kan udvindes kommercielt, så er drømmene om et olieeventyr i Grønland ved at blive til virkelighed.

Men den sorte guldfeber, Grønland lige nu drømmer om, kan gå hen og blive et problem, hvis olien slipper ud i havet. Et olieudslip i Arktis vil få langt større konsekvenser end hvis samme udslip skete i tempererede eller tropiske områder, som vi f.eks. så sidste forår ved



Foto: Bo Normander

Projektet

Forskning i marine fødekæder i Grønland bliver udført på DTU Aquas sektion for Havøkologi og klima, og foregår i tæt samarbejde med Grønlands Klimaforskningscenter i Nuuk, Danmarks Miljøundersøgelser og Københavns Universitet samt en række udenlandske gæsteforskere fra Europa og Nordamerika. Udover forfatterne bliver forskningsarbejdet udført af specialestuderende Anne Etzerodt, specialestuderende Julie Cornelius Grenvald, videnskabelige assistent Marc Overgaard Hansen, ph.d.-studerende Cornelia Jaspers, ph.d.-studerende Sanne Kjellerup fra DTU Aqua og Seniorforsker Morten Hjorth fra DMU, Aarhus Universitet.

olieboreplatformen Deepwater Horizon i Mexico. Processer som fordampning og nedbrydning går fire gange langsommere, når temperaturen falder blot 20 grader, og det betyder, at der er langt mere tid, hvor olien kan drive rundt og komme i kontakt med planter og dyr.

Et fremtidigt olieudslip i det marine Arktis vil dog ikke kun få konsekvenser for fugle og havpattedyr, der bliver fedtet ind i olien. Også planktonet vil blive påvirket. Vores igangværende undersøgelse af vandloppen *Calanus* har vist en negativ effekt af olie på vandlopperens tidlige udvikling. Ved lave temperaturer, som vi finder i Arktis, udvikler vandlopperne sig langsommere, og de er derfor eksponeret for de giftige oliestoffer i længere tid end hvis temperaturen var blot 5-10 grader højere. Selv små olieudslip kan således påvirke vandlopperens produktion og dermed grundlaget for hele fødenettet.

Et varmere Arktis

Historien om Arktis virker efterhånden som et plot til en dårlig Hollywoodfilm, hvor katastrofen er lige om hjørnet, og hvor der hele tiden er nye farer på vej. Dette understøttes af rekonstruktioner og modeller af temperaturen i Arktis forudsiger, at havet fortsat bliver varmere, og at isen fortsat smelter.

Vi er i dag opmærksomme på, at klimaforandringerne udgør en væsentlig trussel for det arktiske økosystem. På DTU Aqua forsøger vi at kvantificere de processer, der forgår i Arktis, og forstå hvordan forandringerne påvirker fødekæderne. En hovedindsats vil være at indsamle manglende data omkring nøgleorganismer og processer i Arktis og integrere data i allerede eksisterende modeller. Modellerne vil efterfølgende blive anvendt til at forudsige, hvordan varmere temperaturer påvirker de enkelte arter og til at udvikle strategier for, hvordan vi bedst forvalter det sårbare arktiske økosystem i fremtiden. ■

Om forfatterne

Karen Riisgaard er ph.d.-studerende ved DTU-Aqua
E-mail: krii@aqu.aqua.dtu.dk

Mette Dalgaard Agersted er ph.d.-studerende ved DTU-Aqua
E-mail: mda@aqu.aqua.dtu.dk

Signe Jung-Madsen er ph.d.-studerende ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet og DTU-Aqua
E-mail: siju@aqu.aqua.dtu.dk

Rasmus Swaethorp er ph.d.-studerende ved DTU-Aqua
E-mail: rsu@aqu.aqua.dtu.dk

Torkel Gissel Nielsen er Dr. Scient og professor ved DTU-Aqua
E-mail: tgjin@aqu.aqua.dtu.dk

Videre læsning:

Madsen, S.J. ; Nielsen, Torkel Gissel ; Tervo, O.M. ; Söderkvist, J. (2008) On the importance of feeding for egg production of Calanus finmarchicus and C. glacialis during the Arctic spring. Mar Ecol Prog Ser 353:177-190

Dünweber, M. et al. (2010) Succession and fate of the spring diatom bloom in Disko Bay, western Greenland. Mar Ecol Prog Ser 419: 11-29

Nielsen, T.G. (2006) Plankton fødekæden - grundlaget for livet i Diskobugten. Arktisk Station 1906-2006. 58-69. Arktisk Station, København og Forlaget Rhodos