

2009 nr. 62



FISK & HAV

TIDSSKRIFT FOR DTU AQUA, INSTITUT FOR AKVATISKE RESSOURCER



DTU Aqua
Institut for Akvatiske Ressourcer
Charlottenlund Slot
Jægersborg Allé 1
2920 Charlottenlund
Telefon 33 96 33 00
Email aqua@aqua.dtu.dk
Websted www.aqua.dtu.dk

Fisk & Hav er et populærvidenskabeligt tidsskrift med artikler om ferskvands- og havundersøgelser, om sammenhængen mellem vandmiljø og økosystemernes produktion af levende ressourcer, om den erhvervmæssige og rekreative udnyttelse ved fiskeri og opdræt og om forædling og forarbejdning af fisk og skaldyr til sunde fødevarer.

DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, er et institut på Danmarks Tekniske Universitet og arbejder med forskning, rådgivning, uddannelse, innovation og formidling inden for bæredygtig udnyttelse af havets og de ferske vandes levende ressourcer. Instituttet rådgiver Fødevareministeriet og andre offentlige myndigheder, fiskerierhvervet og internationale kommissioner.

Redaktion

Thomas Kiørboe, forskningsprofessor
Erling Larsen, chefkonsulent
Eva Maria Pedersen, AC TAP
Christian Skov, seniorforsker
Suzanne Rindom, redaktør

© DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer

Forsidebillede

Mnemiopsis-ribbegøple
Foto: Hans Ulrik Riisgaard

Grafisk tilrettelæggelse og tryk

Schultz Grafisk

Fisk & Hav eller dele heraf må ikke kopieres uden forudgående aftale med DTU Aqua

FISK & HAV 2009 nr. 62

- 2 THOMAS KJØRBOE
Havets usynlige liv
- 14 MARIE STORR-PAULSEN, BASTIAN HUWER, THOMAS WARNAR, LINE BØTTIGER
OG CAROLINE-MARIE V. MADSEN
Den invasive *Mnemiopsis*-ribbegople
i østersøtorskens gydeområde
- 24 ANNA RINDORF
Torsk og klima i Nordsøen
- 32 LENE JACOBSEN, CHRISTIAN SKOV, SØREN BERG, ANDERS KOED OG PETER FOGED LARSEN
Gedder i brakvand - bestandsophjælpning ved udsætning
- 40 NETE BERNBOM OG LONE GRAM
Kan fiskeproteiner forhindre bakterier i at klistre til overflader?

Havets usynlige liv

THOMAS KLØRBOE
DTU Aqua
Sektion for oceanografi

HAVETS USYNLIGE LIV Små planktonorganismer er grundlaget for havets fødekæder, men de fleste af vores metoder til at studere plankton er ganske primitive. Planktonorganismer er små og gennemsigtige og altså usynlige, og de lever under havoverfladen i en verden vi kun har begrænset adgang til og som adskiller sig radikalt fra den makroskopiske verden, vi selv lever i. DTU Aqua har udviklet en vandhenter, der kan hente et lille uforstyrret udsnit af havet op til overfladen, hvor vi med videomikroskopi og særlige belysningsteknikker kan observere planktonets forunderlige verden.

Tag en kubikmeter havvand. Hvis du er heldig, vil du finde en lille fisk. Hvis du vil være nogenlunde sikker på at finde en spisefisk, skal du tage en meget større mængde, måske hundrede kubikmeter. Men tag en milliliter havvand. Her vil du finde ti millioner virus, en million bakterier, titusinde algeceller, tusinde flagellater, ti ciliater og meget, meget mere. Og organismerne er alle sammen mindre eller meget mindre end en tiendedel millimeter.

Næsten al livet i havet er usynligt, både fordi de fleste organismer er mikroskopiske, men også fordi selv de arter (plankton) i de frie vandmasser, der er lidt større, er næsten gennemsigtige. Havets usynlige liv står for måske 99 procent af den biologiske omsætning i havet. Det er de små organismer, som spiller en rolle for stofkredsløbene i havet og for havets biologiske og meget betydningsfulde bidrag til klodens CO₂ omsætning. Og de små organismer er forudsætningen for de store. De mikroskopiske planktonalger er havets grønne planter, der

leverer den primære produktion til resten af fødekæden i havet.

Vi vil gerne forstå, hvordan havets usynlige liv udfolder sig og forstå dets betydning for f.eks. fiskeri og klima. Traditionelt gør vi det ved at fange de små organismer med finmaskede plankton-net eller ved at koncentrere dem på filtre med mikroskopiske porer. På den måde kan vi kvantificere deres forekomst i havet og studere dem under mikroskop. Mange planktonorganismer kan vi også holde i laboratoriet og studere i akvarier. Eller vi kan måle deres vækst og omsætning i indsamlede prøver. Det kan vi lære meget af.

Men mange organismer kan man kun vanskeligt indsamle på traditionel vis, fordi de går i stykker. Tag for eksempel *Mnemiopsis* goplen, en ribbegople der for nylig er indvandret til de danske farvande (fig. 1). Den kan nemt indsamles med plankton-net, men når man konserverer prøven med formalin eller sprit, som



traditionen er, forsvinder dyrene simpelthen. Det gælder mange andre organismer, også de helt små encellede planktonorganismer, og feltprøver kan ofte give et helt misvisende billede af deres faktiske fordeling. Nogle arter, vi ved ikke hvor mange, finder man aldrig i planktonprøver, og nogle af dem er kun blevet opdaget ved hjælp af andre teknikker. Hvordan kan vi studere organismer, der er så skrøbelige, at de unddrager sig normale indsamlingsteknikker?

Kan man studere en løve i bur? Ja, nogle aspekter, men hvis man vil forstå løvens biologi til bunds, må man supplere med observationer i løvens naturlige miljø. Vi vil gerne ligesom vildtbiologer og ornitologer, der studerer løver og fugle, kunne observere og studere planktonorganismer i deres naturlige miljø. Men prøveindsamlingen ødelægger ofte planktonet og især mikroorganismernes miljøer.

Vi opfatter normalt havvand som et homogent miljø, men i virkeligheden er det meget hete-

rogent. Inden for få millimeters afstand ændrer koncentrationen af opløste stoffer sig dramatisk, og bakterier for eksempel er helt afhængige af gunstige mikro-miljøer. De mikrobielle processer i havet er således ofte knyttet til 'marin sne', der findes i større eller mindre koncentrationer i alle havområder. Marin sne er løse aggregater af mikroskopiske planktonalger og andre encellede organismer og småpartikler som fækaliepillers og mineralpartikler (fig. 2). I traditionelle vandprøver disintegrerer disse aggregater til primærpartikler. Så hvordan kan vi studere plankton i dets naturlige miljø?

Et udsnit af det uforstyrrede hav

Der er ikke én enkelt teknik, der kan løse disse spørgsmål. Men en af de ting vi har forsøgt er at udvikle en vandhenter, der bringer et lille men uforstyrret udsnit af havet op på dækket. Det tillader os at observere planktonorganismerne i deres næsten intakte, naturlige miljø. Vi har kaldt denne vandhenter for 'Sea Core Sampler' (fig. 3).

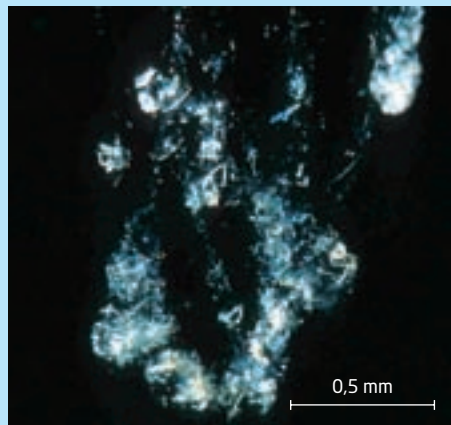
FIGUR 1
RIBBEGOPLE
(Mnemiopsis leydei)
Foto: Cristine Ditlefsen,
DTU Aqua.

FIGUR 2

MARIN SNE

*Dette fnug er fotograferet
af en dykker i havet.*

*Foto: Alice Alldredge,
University of California.*



FIGUR 3

SEA CORE SAMPLEREN

*Foto: Helge A. Thomsen,
DTU Aqua.*



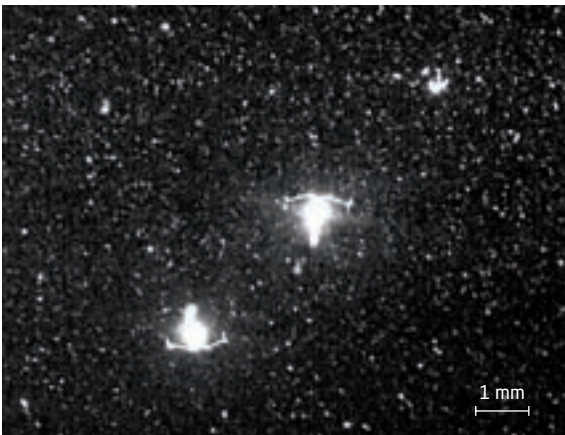
Princippet er enkelt. Et en meter højt, firkantet plastikakvarium sænkes lodret ned til den ønskede dybde. Bund og top er åbne, og vand strømmer således frit gennem akvariet under udsætningen. Med en simpel mekanisk eller elektronisk mekanisme lukkes top og bund nu med to ventiler. Hele lukkemekanismen sidder udvendigt, og det vand, der fanges i akvariet, er helt uforstyrret. Skrøbelige organismer, marine og kemiske gradienter bevares intakte. Halvtreds liter hav er indfanget.

Tilbage på dækket placeres vandhenteren i en video-opstilling. Et videokamera med en kraftig makrolinse kigger ind i akvariet. Kameraet er monteret i en ramme, der trinløst kan køre op og ned og frem og tilbage. Således kan hele vandvolumenet i akvariet afsøges. Partikler og organismer i det indfangede hav kan belyses på forskellig måde for at gøre dem synlige. Det kan gøres bagfra med hvidt eller usynligt infrarødt lys eller med en fokuseret laser, der oplyser et kendt volumen vand. I alle tilfælde fremstår de ellers gennemsigtige organismer lysende klart på en mørk baggrund.

Det første vi ser, er verden som en vandloppe oplever den. Myriader af partikler, der lyser op i det kraftige laserlys, som stjerner på en nattehimmel (fig. 4). Det tilsyneladende helt klare vand er fyldt med små partikler. De fleste er planktonalger. Det er føde for vandlopper og andet dyreplankton. Selv om der tilsyneladende er en uendelighed af partikler, er havvandet alligevel en tynd suppe. Fødemængden i form af alger og andre organiske partikler svarer til blot få riskorn per kubikmeter vand. Planktondyr er derfor nødt til at filtrere kolossale mængder vand for partikler for at få føde nok. De filtrerer ca. en million gange deres eget kropsvolumen hver eneste dag.

Havets græssere

I vandhenteren kan vi tydeligt se, hvordan forskellige planktondyr løser denne opgave. Nogle vandlopper står næsten stille i vandet, men ved hjælp af mundlemmerne, som slår hurtigt og næsten konstant, skaber de en fødestrøm (fig. 5). Vi kan se fødestrømmen på grund af partiklerne i væsken. Fødestrømmen trækker partikler ned til vandloppen. Vi kan se, at vandloppen



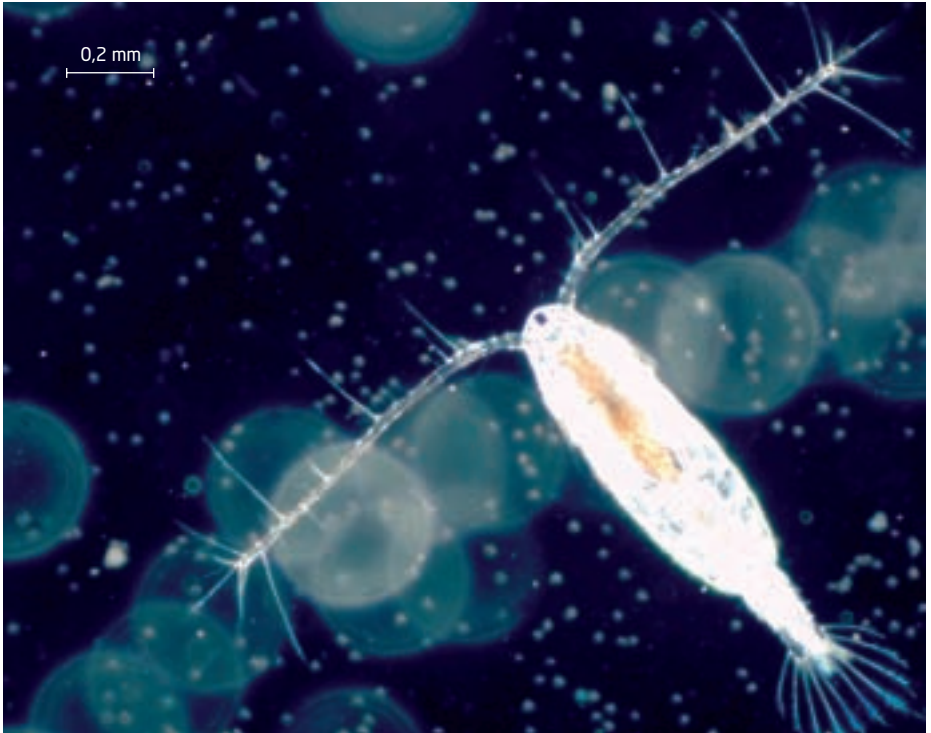
FIGUR 4
DEN MIKROSKOPISKE
STJERNEHIMMEL

Laserlys belyser her 0,1 ml havvand i Sea Core Samplern. Partiklerne er de mindste encellede eukaryote organismer i havet; planktonalger, flagellater og ciliater. To små vandlopper er fanget i laserstrålen.

Foto: Thomas Kjærboe, DTU Aqua.

FIGUR 5
VANDLOPPE
(*Acartia tonsa*)

Vandlopper er millimeterstore krebsdyr. De er den helt dominerende gruppe dyreplankton i havet, og man antager, at de er de mest almindelige flercellede organismer overhovedet på jordkloden.
Foto: Thomas Kiørboe, DTU Aqua.



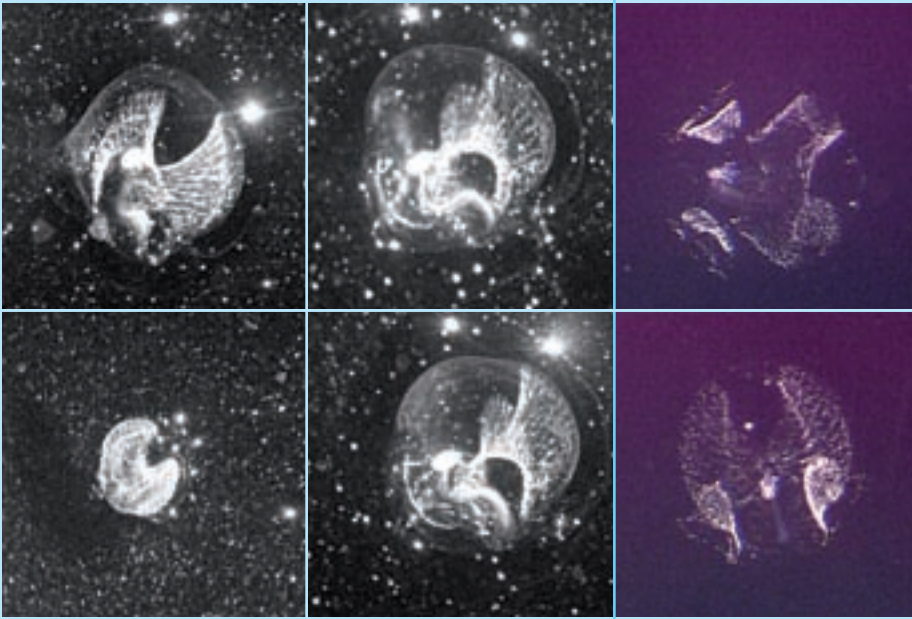
fanger og æder nogle af partiklerne, mens den lader andre passere. Sådan bliver den ved time efter time, dag efter dag.

Vandloppenhunnen udskiller duftstoffer i fødestrømmen, og det tiltrækker hanner. Fødeoptagelsen afbrydes stort set kun af sjældne og kortvarige parringer. Omtrent en gang i døgn producerer hunnen et hold æg, som enten smides frit i vandet, eller som hos nogle arter fasthæftes til bagkroppen, hvor de bliver siddende til de klækker.

Halesøpunge lever også af planktonalger, men spiser tillige bakterier (fig. 6). Halesøpunge tilhører chordaterne, som er forstadiet til hvirveldyrene. Det er altså i plankton, vi skal

finde vore evolutionære rødder. Halesøpungene er ganske små og består af et hoved og en hale. Den art vi finder flest af i danske farvande, *Oikopleura dioica*, måler en millimeter eller mindre. Den er ligesom vandlopperne vigtig føde for fiskelarver.

Selve dyret er omgivet af et sindrigt opbygget slimhus. Huset består af et kompliceret system af filtre. Når dyret slår med halen, pumpes der vand gennem filtrene. De ydre, grove filtre fjerner større planktonalger, og de indre, fine filtre tilbageholder bakterier og andre meget små alger, som dyret lever af. I vandhenteren kan vi se hvordan dyret arbejder. I korte perioder slår den med halen, hvorved der trækkes vand gennem husets filtre, og selve huset svulmer



FIGUR 6

HALESØPUNGE

(*Oikopleura dioica*)

Forskellig belysning giver forskellige billeder af dette meget gennemsigtige dyr. Selve organismen, et fiskelarve-lignende kræ, ses bedst på de to midterste billeder. Dyret sidder i et kompliceret slimhus, der indeholder en række filtre. Når dyret slår med halen, pumpes vand gennem huset, og partikler i vandet tilbageholdes på et af filtrene. Dyret æder de mindste partikler. Med laserbelysning (de fire sort/hvide billeder) visualiseres partiklerne i vandet, og i det nederste venstre panel ses, hvordan udstrømningsvandet er helt rensat for partikler (det mørke klare felt). Med hvidt lys (de to farvebilleder) ser man næsten kun filtret. Billederne har lidt forskellig forstørrelse, men halesøpungens hus måler ca. en millimeter i diameter.

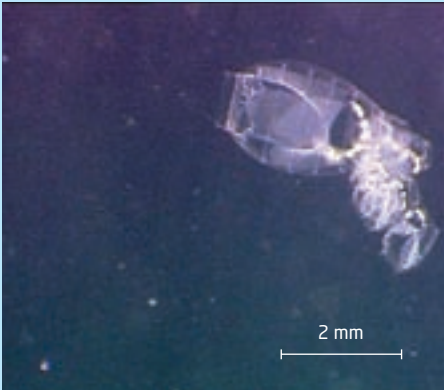
Foto: Thomas Kjærboe, DTU Aqua.

FIGUR 7

DOLIOLIDER

(Doliolum denticulatum)

Ligesom halesøpungene filtrerer doliolider det omgivende vand for fødepartikler. Vand drives ved hjælp af cilier gennem 'tønden' og passerer et finmasket filter. Der findes forskellige livsstadier af doliolider. Her ses det ældste stadium med afkom fastgjort i den ene ende. De gule pletter (perlerækker) der ses langs bagkanten af dyret, både hos voksne og de unge individer, er fækalie-piller, som produceres i en stadig strøm. 'Tøndebåndene' er muskler, som kan trække sig sammen og give anledning til en jetstrøm, der skubber dyret hurtigt gennem vandet. Under uforstyrrede forhold trækkes dyret dog gennem vandet af den cille-genererede fødestrøm. Foto: Thomas Kiørboe, DTU Aqua.



op. Vi kan følge vandstrømmen ved hjælp af partiklerne i vandet.

Vandet, der forlader husets udstrømningsåbning, er fuldstændig rensat for partikler. Så stopper halen sine slag, og huset falder lidt sammen, hvorved vand presser ud igen gennem de ydre, grove indstrømningsfiltre. Herved renses filterne delvist. Men efter nogle timer sidder der alligevel så mange partikler på indstrømningsfiltret, at fødeindsamlingen bliver ineffektiv. Så afstødes det gamle hus, og et nyt hus er allerede klar som en lille slimklat på dyret. Ved hjælp af halen pumpes det nye hus op, nærmest som en ballon, der folder sig ud med et komplet system af filtre. Hvad der sker med det afstødte hus, vender vi tilbage til.

Sea Core Sampleren blev udviklet til Galathea 3 ekspeditionen, hvor den blev brugt første gang i Det Indiske Ocean. Her er udvalget af planktonarter selvfølgelet forskelligt fra, hvad vi finder i vores egne farvande. Og vi fandt blandt andet de meget smukke doliolider (fig. 7). Det er tøndeformede dyr, der som halesøpungene lever af at filtrere vandet for alger og bakterier. Ved hjælp af cilier på indersiden af tøndens, drives vand igennem denne, og fødepartikler tilbageholdes på et filter. Fødestrømmen driver også dyret gennem vandet. Tøndens er endvidere forsynet med muskler, der sidder som tøndebånd omkring dyret. Når musklerne trækker sig sammen, presses vand som en jetstrøm ud af dyret, der på den måde kan skyde en ganske god fart gennem vandet.

På Galathea 3 ekspeditionen sad jeg sammen med verdens førende doliolid-ekspert og betragtede de svømmende dyr gennem videokameraet. Han påstod, at han havde fået en helt ny forståelse for disse dyrs biologi, hans livs studieobjekt, ved at se dem uforstyrrede i deres naturlige miljø. Hans hidtidige forståelse var baseret på traditionelle prøveindsamlinger og

laboratorieforsøg. Det var sikkert en overdri- velse, men kommentaren illustrerer, hvor meget det betyder, at man kan observere de dyr man studerer.

I vandhenteren kan vi på meget enkel vis måle fødestrømmen og de vandvolumener som de helt uforstyrrede dyr filtrerer. Tag dolioliden som eksempel. Vi kan på videobillederne måle tværsnitsarealet af indstrømningsåbningen (tøndens munding), og vi kan ved at følge partikler i vandet måle væskehastigheden i indstrømningen. Produktet af de to størrelser, areal gange hastighed, giver det volumen vand, der filtreres per tidsenhed. For dolioliderne fandt vi værdier der var ca. ti gange højere end talrige tidligere målinger i traditionelle laboratorie-inkubationer. Det forklarer, hvorfor doliolider er i stand til at overleve i næringsfattige havområder. Og det illustrerer, hvor vigtigt det kan være at studere dyrene i deres naturlige, uforstyrrede omgivelser.

Skrøbelige dyr

Måling af filtrationsraterne hos de uforstyrrede doliolider illustrerer Sea Core Samplers potentiale for at studere skrøbelige dyr. Både doliolider og halesøpunge er ganske vanskelige at indsamle i god stand med traditionelle teknikker, fordi de nemt går i stykker. Vandlopper derimod er ganske robuste, hvilket er en del af forklaringen på, at netop vandlopper er de mest studerede planktondyr overhovedet.

Men mange helt almindelige planktonorganismer er meget skrøbelige. Det gælder en del helt små former, som f.eks. den meget almindelige encellede ciliat *Mesodinium*, som eksploderer ved den mindste berøring og derfor er vanskelig at studere. Det gælder også mange lidt større former som f.eks. en del af det såkaldte gele-plankton. I plankton finder vi mange mikro-vandmænd, millimeterstore meduser og andre gelatinøse dyr med meget lange og ofte

forgrenede fangtråde. Fangtrådene falder typisk af, når vi fanger dyrene med plankton-net.

I vandhenteren har jeg observeret dyrene i fri udfoldelse. På fangtrådene fanger de mindre planktondyr. Det er sådan de lever. Ind imellem kan de sammentrække det komplicerede trådnæt og med stor hastighed skyde gennem vandet for på en ny position elegant at udfolde trådnettet. Hvordan de undgår, at der går kludder i trådnettet er mig en gåde. Disse dyrs biologi er meget dårligt kendt, blandt andet fordi de er så vanskelige at indsamle og studere. Men Sea Core Sampleren åbner nye og indtil videre uudnyttede muligheder for at studere disse organismers naturlige udfoldelse og liv.

Marin sne

I havet finder man ofte løse aggregater af alger og andre småpartikler. Disse aggregater kan minde om snefnug og kaldes derfor marin sne (fig. 1). Marin sne har kolossal betydning for den biologiske omsætning i havet på mindst to måder.

For det første synker snefnuggene til bunds og fjerner derved organisk kulstof fra de øverste vandmasser og på den måde CO_2 fra atmosfæren (organisk kulstof dannes af planktonalger fra CO_2 ved fotosyntese). Det meste CO_2 returneres hurtigt til atmosfæren, men hvis snefnuggene synker til dybder over ca. 1000 meter, er kuldioxiden fjernet fra atmosfæren i mindst 1000 år. En lille del af de snefnug, der ender i dybhavet vil tillige i geologisk tidskala omdannes til fossilt brændstof og således næsten permanent returnere CO_2 til den pulje, der i disse år afbrændes med så stor hastighed. Dannelse af fossilt brændstof foregår dog med en ubetydelig hastighed.

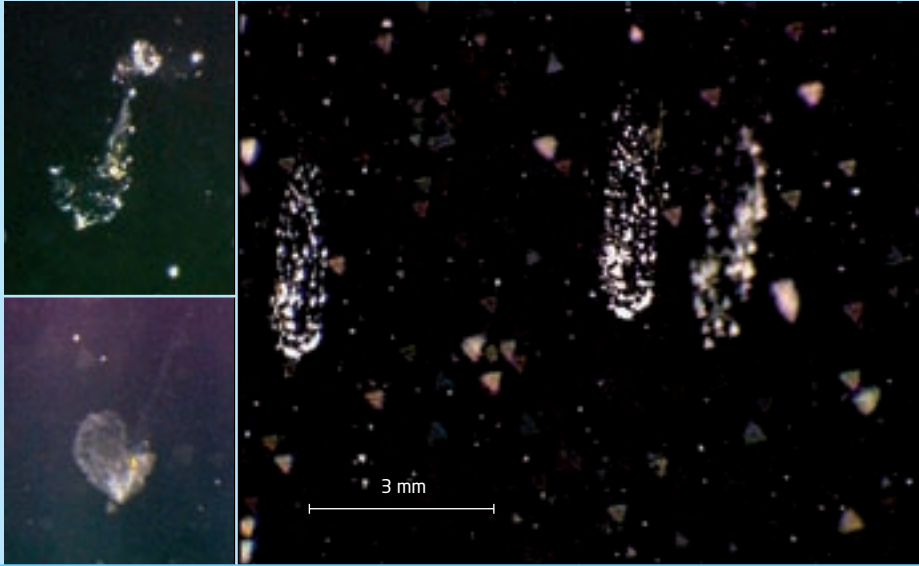
For det andet foregår en meget stor del af den mikrobielle omsætning i havet (og derfor en stor del af hele den biologiske omsætning) på

og i umiddelbar nærhed af marine snefnug. Det vender vi tilbage til.

Vi er derfor meget interesserede i at studere marin sne. Hvordan dannes det? Hvordan omdannes det? Hvor hurtigt synker det? osv. Men den slags studier er meget vanskelige at gennemføre i laboratoriet, fordi snefnuggene går i stykker, når vi indsamler dem på normal vis. I Sea Core Sampleren kan vi indsamle helt intakte snefnug, og vi kan studere visse aspekter af deres omsætning.

Ved at kigge ind i vandhenteren kan vi f.eks. hurtigt konstatere, at der er mindst to slags snefnug (fig. 8). Den ene slags er helt åbenbart dannet fra afstødte huse af halesøpunge. De nyligt afstødte huse kan nemt kendes som sådanne, og ved at sammenligne forskellige snefnug kommer man frem til, at en gruppe snefnug er mere eller mindre omdannede slimhuse. Sammen med de partikler, der har tilstoppet indstrømningsåbningen, og halesøpungens fækaliepiller udgør det afstødte hus et snefnug. Den anden type er umiddelbart mere porøs (fig. 2 og fig. 8). Der er ingen genkendelige strukturer fra slimhusene, men man kan ofte genkende nogle af partiklerne som planktonalger. De sidste snefnug er dannet ved en rent fysisk proces ved, at algeceller og andre opløstpartikler støder sammen (f.eks. på grund af turbulens) og efterfølgende klæber sammen.

Hvis vi fanger et snefnug i kameraet og zoomer ind på det, vil vi se, at der sværmer massevis af små, celledede organismer rundt om fnugget, og at der også er masser af mikroskopisk liv på overfladen af fnugget. Det er ciliater og flagellater. De lever af bakterier, som er tiltrukket af de opløst organiske stoffer, der siver ud af snefnugget. Vi kan ikke se bakterierne. De er for små.



FIGUR 8
FORSKELLIGE TYPER
AF MARIN SNE

De to fnug til venstre er begge afstødte huse fra halesøpunge i forskellige stadier af nedbrydning. Snefnuggene til højre er formodentlig dannet af kiselalger, som er meget porøse. Alligevel strømmer der ikke vand igennem dem, når de synker, muligvis fordi mellemrummene er fyldt med slim. Væskestrømmen i og omkring snefnugget har stor betydning for det mikromiljø, som fnuggets mikroorganismer lever i.
Foto: Thomas Kiørboe, DTU Aqua.

Bakterierne reagerer på de kemiske gradienter, og flagellater og ciliater på de høje koncentrationer af bakterier omkring snefnugget, for fnugget udgør en nærings-oase i en ellers tynd suppe af føde. Koncentrationen af bakterier i og omkring fnugget er måske 10.000 gange højere end i det omgivende vand. Nogle vandløper tiltrækkes også af fnuggene, hvor de gnaver løs af fnuggene og tillige græsser på de mange flagellater og ciliater. Der etableres således komplette mikrobielle samfund på og omkring de marine snefnug, og marin sne karakteriseres ofte som mikrobielle 'hot spots' på grund af den høje mikrobielle aktivitet.

Den mikrobielle aktivitet på snefnuggene har blandt andet den effekt, at fnugget ædes helt eller delvist, inden det synker ned under de øverste vandlag. Herved tilbageholdes nærings-salte i de øvre lag, hvor de kan genbruges til fornyet produktion, men CO₂ returneres også til vandet og videre tilbage til atmosfæren. Vi vil derfor gerne kunne kvantificere de mikrobielle processer på snefnuggene. Det kan indtil videre ikke umiddelbart lade sig gøre i Sea Core Sampleren. Men vi kan studere de hydrodynamiske processer, der er med til at regulere de mikrobielle processer, særligt hastigheden, hvormed næringsstoffer og mikroorganismer udveksles mellem snefnugget og det omgivende vand.

Disse hastigheder afhænger blandt andet af væskestrømmen i og omkring det dalende snefnug. I vandhenteren kan vi se, at snefnuggene kan være meget porøse, og det har længe været et åbent spørgsmål, i hvilken udstrækning der strømmer vand gennem det dalende aggregat. Hvis der gør, er udvekslingen mellem fnug og vand potentielt meget større, end hvis det ikke er tilfældet. Jeg har i Sea Core Sampleren målt væskestrømningerne omkring de synkende aggregater. De resultater jeg indtil videre har høstet tyder ikke på, at der strømmer vand

gennem det tilsyneladende utætte aggregat (måske fordi det er fyldt med slim), men der skal yderligere målinger til, før det spørgsmål endeligt kan afgøres.

Fremtidige undersøgelser

Ved hjælp af Sea Core Sampleren kan vi observere planktonets forunderlige verden og glæde os over den formrigdom og skønhed vi her finder. Bedst opleves dette naturligvis i form af levende billeder, og interesserede kan gå ind på min hjemmeside og se nogle udvalgte eksempler på optagelser i Sea Core Sampleren (www.aqua.dtu.dk/english/cv/hoek/Thomas_Kioerboe/cv.aspx). De stillbilleder, der er vist i denne artikel, er næsten alle 'frosne' videobilleder (og derfor af en beskeden teknisk kvalitet).

Simple observationer i Sea Core Sampleren af, hvordan planktonlivet udfolder sig, hjælper os til at udvikle en intuitiv forståelse af planktonorganismers biologi og kan hjælpe os til at formulere og præcisere videnskabelige problemstillinger. Selv var jeg meget overrasket over at se de mange partikler, der findes i helt klart vand (fig. 2). Jeg vidste godt, at der er mange usynlige partikler i havvand, men jeg havde aldrig rigtigt indset det, før jeg så det. 'Seeing is believing'. De mange partikler gør det også muligt direkte at kvantificere fødestrømme og fødeoptagelse hos helt uforstyrret dyreplankton i dets naturlige miljø, noget der ikke tidligere har været muligt.

Det oprindelige hovedformål med Sea Core Sampleren var at undersøge, hvordan dyreplankton finder marine snefnug. Vi ved fra dykkerobservationer, at der til tider kan være rigtig mange planktondyr knyttet til de største snefnug. Spørgsmålet er, hvordan dyrene finder fnuggene. Spørgsmålet har mere end blot akademisk interesse. Beregninger har vist, at dyreplanktons græsning på marine snefnug kan medføre fnuggenes næsten totale nedbrydning

i de øverste vandlag. Græsningen er altså en begrænsning af den nedadrettede transport af snefnug og fjernelse af CO₂ fra atmosfæren. Vi er nødt til at kende mekanismerne for at kunne inkludere processen i vore modeller af havets biologiske kulstofomsætning.

Men sådanne undersøgelser er endnu ikke lykkedes, simpelthen på grund af vandhenterens begrænsede volumen. Store snefnug er sjældne, og det sker derfor ikke så ofte, at man fanger et stort snefnug i vandhenteren. Et fnug, der

er stort nok til, at man kan lave systematiske studier. Store snefnug forekommer imidlertid hyppigt under algeopblomstringer, f.eks. i forbindelse med forårsopblomstringerne i vores farvande, eller i områder med næsten konstante høje forekomster af planktonalger. Vi må altså ud med vandhenteren i sådan en situation. Det er planen. Som en forventet sidegevinst vil vi observere fænomener, som man hidtil kun har haft et indirekte eller måske slet intet kendskab til.

Den invasive *Mnemiopsis*-ribbegople i østersøtorskens gydeområde

MARIE STORR-PAULSEN
DTU Aqua

Sektion for monitorering og
databehandling

BASTIAN HUWER

DTU Aqua

Sektion for populations-
og økosystemdynamik

THOMAS WARNAR

DTU Aqua

Sektion for monitorering og
databehandling

LINE BØTTIGER OG

CAROLINE-MARIE

V. MADSEN

Syddansk Universitet

INVASIV GOPLE I foråret 2007 blev den nye invasive ribbegople med det latinske navn *Mnemiopsis leidyi* for første gang registreret i havet øst for Bornholm. Ribbegoplen har tidligere været beskyldt for omfattende skader på fiskeriet i blandt andet Sortehavet, fordi den konkurrerer med fiskene om zooplankton som fødegrundlag, og fordi den æder fiskeæg og fiskelarver. Det har i pressen givet ribbegoplen det dramatiske navn dræbergoplen, og den har haft megen bevågenhed, efter at den for alvor indtog de danske kyster i løbet af sommeren 2007. I de senere år er Bornholmerdybet blevet det eneste sted, hvor den østlige østersøtorske gyder succesfuldt. Torskeæg bliver gydt frit i vandsøjlen, og da ribbegoplen blandt andet æder fiskeæg samt konkurrerer med torskelarverne om fødeemner, er goplerne en potentiel trussel for torskebestanden i området.

Vores tyske kollegaer fandt i starten af torskens gydesæson i foråret 2007 ribbegoplerne i de samme dybder som torskeæggene. Det var derfor med stor spænding, at vi på DANA's årlige novembertogt i 2007 for første gang skulle undersøge, om den uønskede ribbegople fortsat var til stede, og om de havde spredt sig yderligere i områderne i og omkring Bornholmerdybet. Som det vil fremgå af artiklen, har vi på dette og efterfølgende togter fundet *Mnemiopsis*-ribbegopler i store dele af området.

Konsekvenser for fiskeriet

I begyndelsen af 1980'erne blev ribbegoplen både berømt og berygtet for dens påvirkning af økosystemet i Sortehavet. Goplen kom til Sortehavet med fragtskibenes ballastvand fra de østlige kyster af Nord- og Sydamerika. I de følgende år tog ribbegoplen eksplosivt til i an-

tal, og i slutningen af 1980'erne var den spredt i store dele af Sortehavet. Samtidig med ribbegoplens kraftige opblomstring i Sortehavet observerede man en drastisk nedgang i mængden af det zooplankton som ribbegoplen lever af og en reduktion af de pelagiske fiskebestande (fisk der opholder sig frit i vandet).

Konsekvensen blev et totalt sammenbrud af Sortehavets store fiskeri af især ansjos og brisling, der begge lever af zooplankton. Men også fiskeriet af hestemakrel, der lever af de zooplankton-ædende småfisk, gik dramatisk ned. Flere forskere har dog påpeget, at det kraftige fiskeritryk af de zooplankton-ædende sildefisk og en stigende eutrofiering, altså forurening med næringsstoffer, kan have medvirket til at rykke balancen i Sortehavets økosystem, så *Mnemiopsis*-ribbegoplen lettere



Ribbegopler er kugle- eller æggeformede, helt gennemsigtige geléagtige dyr, der lever af zooplankton, fiskeæg og -larver. På overfladen findes 8 striber eller ribber, der løber fra pol mod pol. Alle ribbegopler kan lyse i mørke (bio-luminescens), men man ved ikke, hvilken funktion den selvlysende effekt har. I modsætning til vandmænd, brandmænd og andre ægte gopler, som ribbegoplerne kun er fjernt beslægtede med, har ribbegoplerne ingen stikkende nældeceller, men i stedet klæbeceller.

Mnemiopsis-ribbegoplen er en hermafrodit med fantastiske forplantningsevner og med mulighed for selv-befrugtning. Produktionen af æg er afhængig af temperatur, adgang til føde og ribbegoplens størrelse. I goplens oprindelige omgivelser ved den amerikanske østkyst starter forplantningen, når goplen har en længde på ca. 3 cm. I Sortehavet er forplantning dog registreret helt ned til 1 cm. Den kan producere æg ved temperaturer mellem 12 og 29 °C. En ribbegople kan under gunstige forhold begynde at producere æg et par uger efter klækningen, og i løbet af de følgende 10 dage kan den producere op til 12.000 æg.

MNEMIOPSIS-RIBBE- GOPLENS BIOLOGI

Kønt kan bæstet være, når man ser dets reflekterende ribber langs siden.

Foto: Hans Ulrik Riisgaard.

fik mulighed for at sprede sig. Østersøen er som Sortehavet påvirket af en stigende eutrofiering, hvilket kan give ribbegoplen mulighed for en opblomstring.

Ribbegoplens vandring til Østersøen

I efteråret 2006 blev *Mnemiopsis*-ribbegoplen for første gang observeret i stort antal i det hollandske vadehav, og siden har den spredt sig nordpå med havstrømmene til Helgoland, Vadehavet og videre op langs den jyske vestkyst. I Limfjorden blev den efterfølgende fundet i et antal, der i visse dele af fjorden, blandt andet i Skive Fjord, overgår de mængder, der er rapporteret om fra Sortehavet (Riisgaard et al, 2007). Og i november 2006 blev ribbegoplen for første gang observeret i den vestlige Østersø.

Kun et halvt år senere blev ribbegoplen registreret i Bornholmerdybet i den centrale del af Østersøen. Mens ribbegoplen i Sortehavet havde størst konsekvens for de små pelagiske arter, kan situationen i Østersøen dog godt være anderledes. Her er det toprovfisken, torsken, der risikerer at blive påvirket. Vores tyske kollegaer fandt nemlig ribbegoplen i netop de dybder, hvor torskeæggen flyder frit rundt.

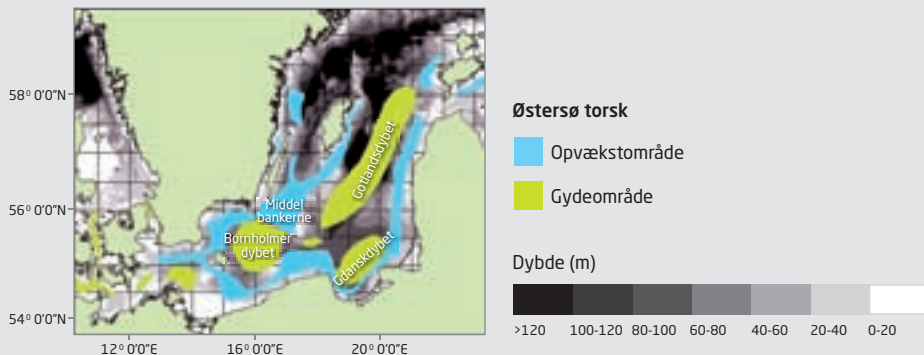
På jagt efter ribbegoplerne i Østersøen

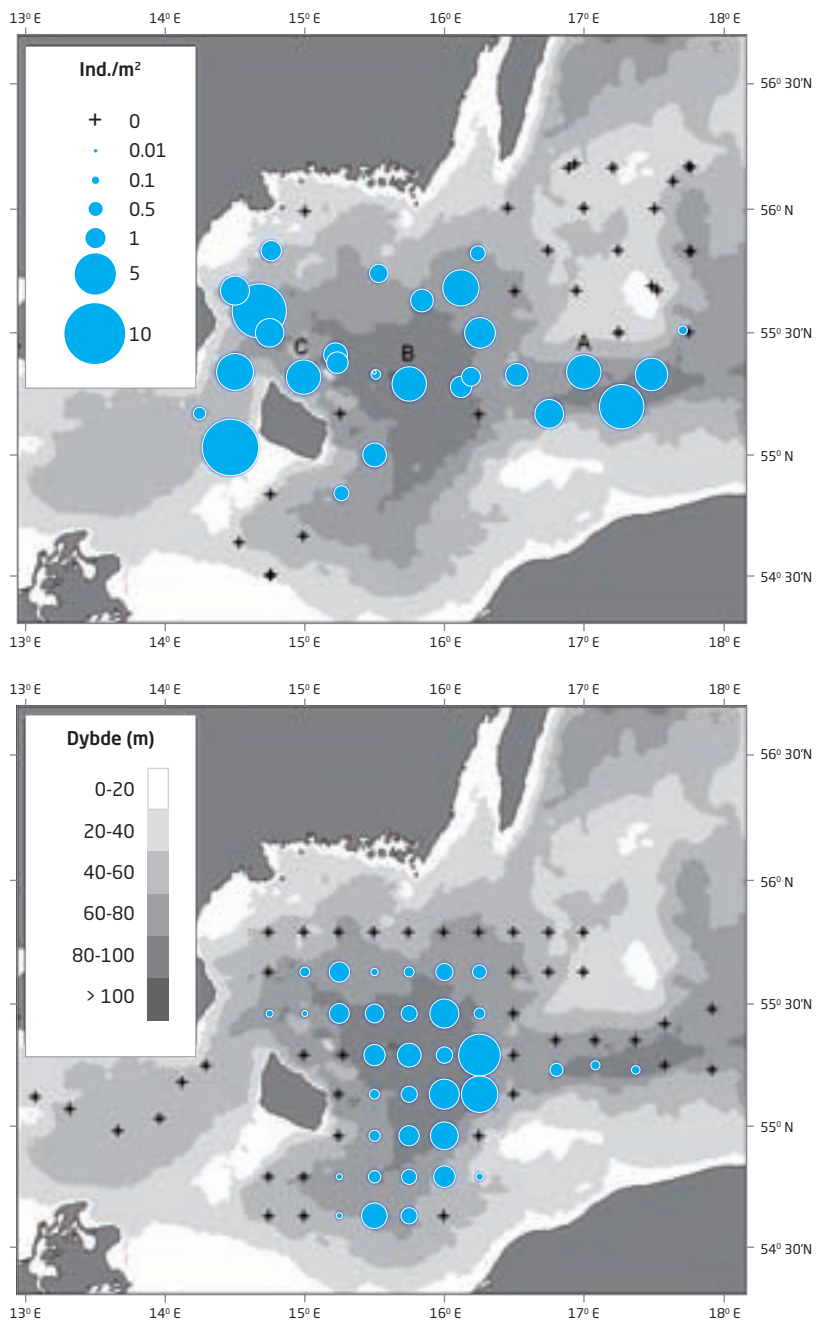
Det var derfor med spænding, at vi første gang tog på goplejagt på DANA's årlige Østersøtogt i november 2007. Vi skulle undersøge, om *Mnemiopsis*-ribbegoplen huserede i det vigtige torske- og brislinge gydeområde i Bornholmerdybet (figur 1). Siden har vi gennemført yderligere to togter i henholdsvis marts og november 2008 for at undersøge, hvordan ribbegoplens årlige udbredelse forløber og for at følge udviklingen af denne truende invasive art. Det første goplejagt med afgang fra Hirtshals den 1. november 2007 var et 17 dages togt i området omkring Bornholmerdybet.

Vi brugte forskellige typer af net for at bestemme ribbegoplernes vertikale og horisontale udbredelse. Det viste sig, at *Mnemiopsis*-ribbegoplen var spredt over store dele af undersøgelsesområdet, og i november 2007 fandt vi goplerne på 63 procent af samtlige 92 undersøgte lokaliteter (stationer). Den største horisontale tæthed af ribbegopler fandt vi langs kanterne af Bornholmerdybet, nord og vest for Bornholm samt i den dybe 'Stolpe-renden', der forbinder Bornholmerdybet med Gdanskdybet (figur 2). Til gengæld fandt vi ingen ribbegopler i det helt lavvandede område omkring Middelbankerne nordøst for Bornholmerdybet.

FIGUR 1

Gyde og opvækstområder for torsken i Østersøen. Modificeret efter Bagge et al. 1994.



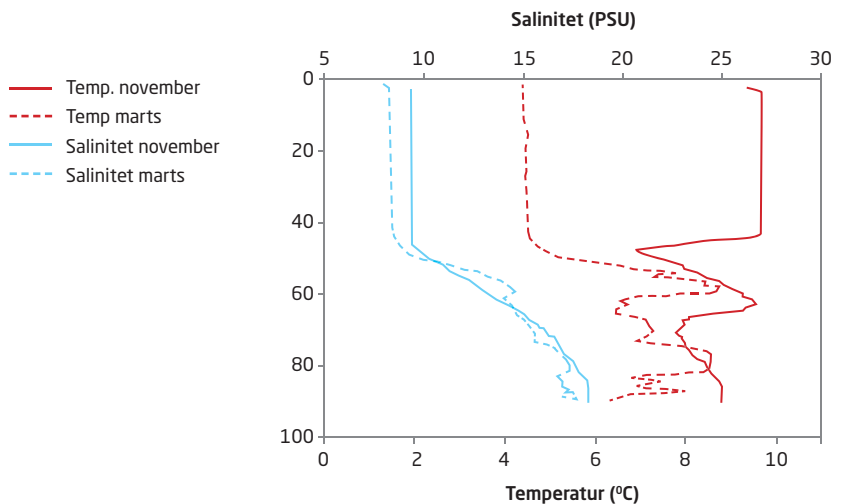


FIGUR 2

Forekomst og horisontal fordeling af *Mnemiopsis leidyi* i forbindelse med DANA's togter i Østersøen i november 2007 og marts 2008. De blå cirkler viser ribbegoplernes tæthed (individer per kvadratmeter), krydserne er stationer uden fangst. Bogstaverne viser stationer hvor dybdefordelingen af ribbegoplen blev registreret (se figur 4).

FIGUR 3

Temperatur (rød) og salinitet (blå) i Bornholmerdybet på november- og martstogterne. I november måned er temperaturerne stort set ens ved overflade og bund, men i marts måned er der næsten tre graders forskel på overflade- og bundtemperatur.



Billedet ændrede sig fuldstændigt i marts måned, hvor vi igen var ude med DANA i området. Denne gang så vi, at tætheden af *Mnemiopsis*-ribbegoplen var størst i den centrale dybe del, hvor også det varmeste vand findes på denne tid af året. Det kunne tyde på, at goplernes fordeling er afhængig af temperaturforskellene i vandsøjlen (figur 3). Når overfladevandet bliver varmet op om sommeren og efteråret, kan *Mnemiopsis*-ribbegoplen sprede sig ud til de lavere områder langs kanterne af Bornholmerdybet. Om vinteren, når overfladevandet derimod er blevet nedkølet, trækker goplerne ned mod de varmere og dybere vandlag i midten af Bornholmer dybet.

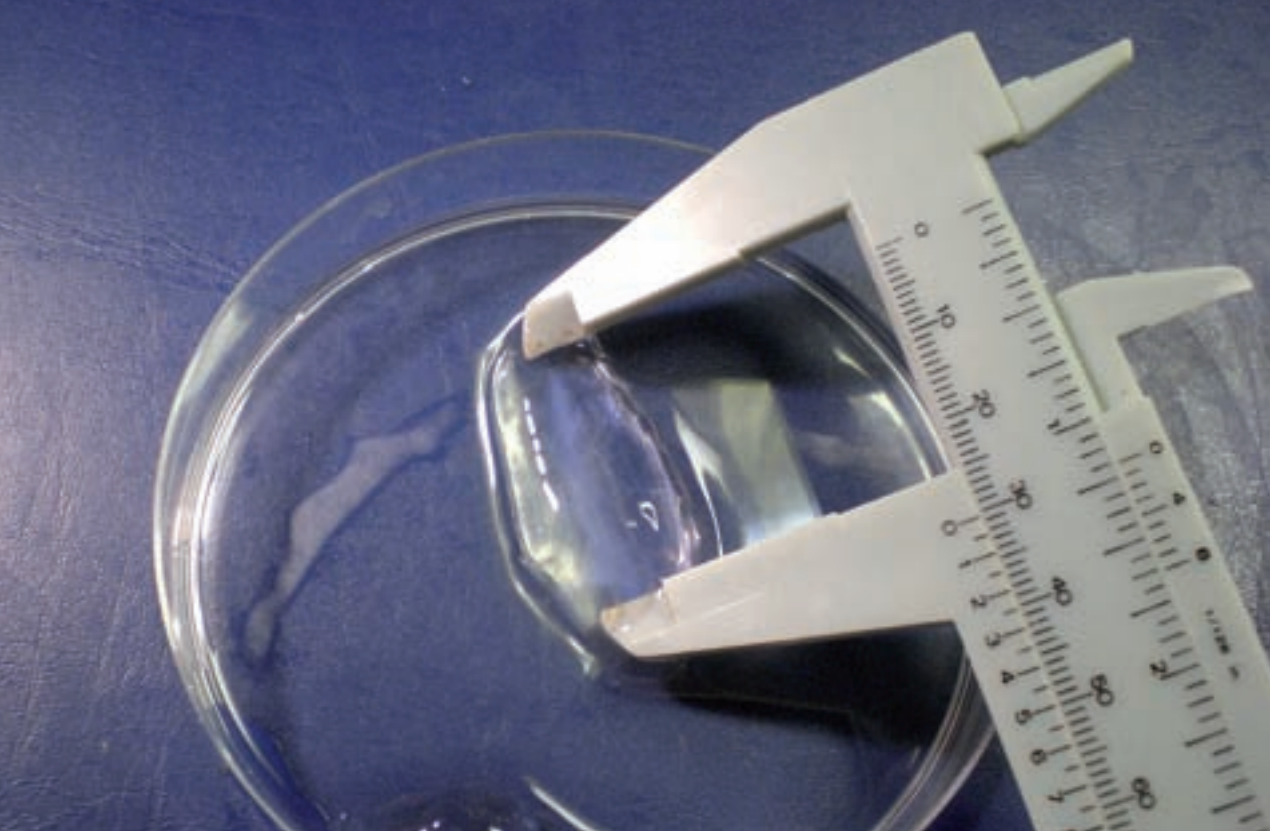
I de vertikale undersøgelser fandt vi de største individtætheder af *Mnemiopsis*-ribbegoplen omkring springlaget (figur 4), som adskiller det saltfattige overfladevand fra det dybere, saltrige vand i 40 til 60 meters dybde (figur 3). På nogle stationer fandt vi enkelte ribbegopler ved et så lavt iltindhold som 0,3 ml ilt per liter (O_2/l),

hvilket svarer til en iltmætning på 0,5 procent. Til sammenligning skal torskeæg have mindst 2 ml ilt per liter (O_2/l) for at overleve.

Ribbegoplens udbredelse i Østersøen

De højeste tætheder vi fandt i Østersøen var på 0,12 individer per kubikmeter (m^3), altså ca. 7000 gange lavere end i Limfjorden. Til gengæld var goplerne i Østersøen større end i Limfjorden, hvor de kun var 7 til 8 millimeter (Skive Fjord, hvor tætheden var højest). Det største eksemplar, vi observerede i Østersøen, var 9 centimeter langt, mens gennemsnitslængden var 2,8 centimeter.

De tætheder af *Mnemiopsis*-ribbegoplen som vi og vores tyske kollegaer (Haslob et al, 2007, Huwer et al, 2008) hidtil har fundet i den centrale Østersø er således væsentlig lavere end de tætheder, der er blevet registreret i visse andre danske farvande og i Sortehavet. Til sammenligning er der både i Sortehavet og i Limfjorden fundet ribbegopler i tætheder på ca. 300



individer per kubikmeter (m^3), og de højeste tætheder i Limfjorden i sensommeren 2007 var helt oppe på 860 individer per kubikmeter (m^3) (Riisgaard et al, 2007).

Ribbegopler i Østersøtorskens gydeområde

I den østlige del af Østersøen gyder torsken kun i tre kendte områder, nemlig Bornholmer-, Gdansk- og Gotlandsdybet (figur 1). Men i de senere år er det kun Bornholmerdybet, der har haft de ilt- og salinitetsforhold, som kan sikre torskeæggenes overlevelse. Som konsekvens er denne hårdt fiskede torskebestand derfor afhængig af succesfuld gydning i Bornholmerdybet for at forny bestanden (Köster et al, 2005).

Torskeæg bliver ligesom brislingeæg gydt frit i vandsøjlen, hvor de flyder rundt og dermed er tilgængelige for ribbegoplen. Hos andre arter som sild eller hornfisk gydes æggene på bunden og er derfor ikke i fare for ribbegoplerne.

Derfor fulgte vi med stor interesse vore tyske kollegaers (IFM-GEOMAR) opdagelse i foråret

2007, hvor de fandt *Mnemiopsis*-ribbegoplen i Bornholmerdybet i netop de dybder, hvor brislinge- og torskeæggenes flyder frit rundt (Haslob et al, 2007).

I august 2007 og 2008 var kollegaerne fra Kiel igen på togt med forskningsskibet Alkor, med deltagelse af medarbejdere fra DTU Aqua. Men på denne årstid var der overraskende få *Mnemiopsis*-ribbegopler i selve Bornholmerdybet. Til gengæld blev der i august 2007 registreret en del ribbegopler nordvest for Bornholm. En mulig forklaring på den forholdsvis lave bestand af ribbegopler kunne være fødekongurrence fra brislingebestanden, der de sidste ti år har været meget stor. Brislingerne har muligvis været i stand til at udkonkurrere *Mnemiopsis*-ribbegoplen og har derved forhindret en eksplosiv formering og spredning af goplerne.

Naturlige fjender af ribbegoplen

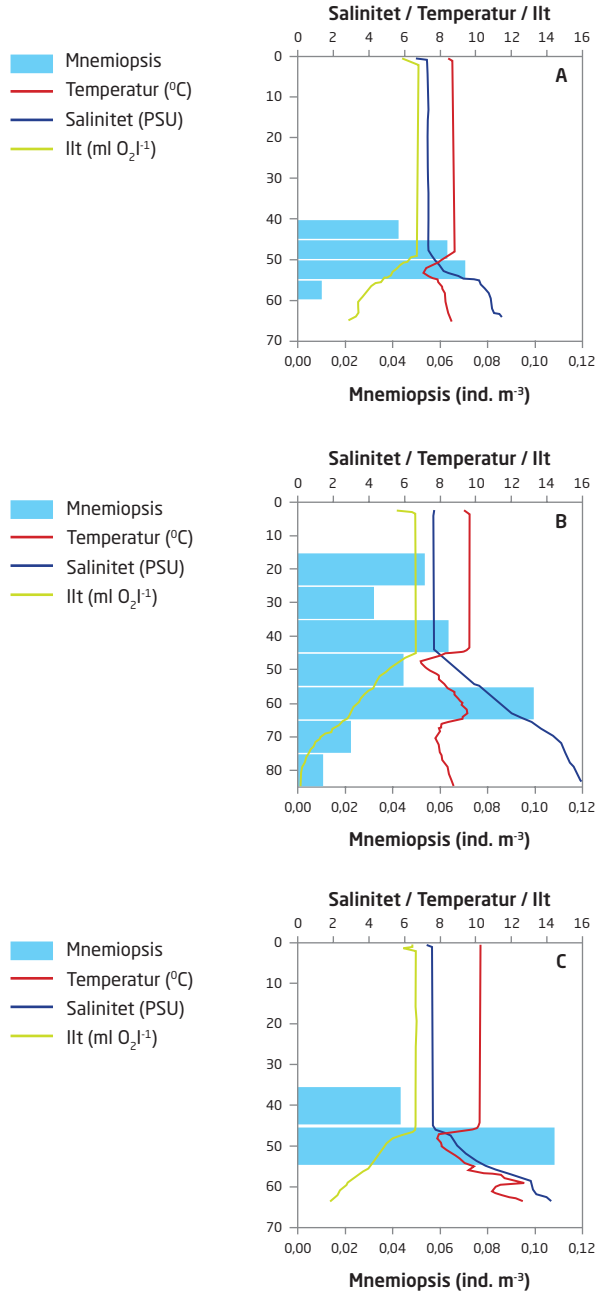
Mnemiopsis har tilsyneladende ingen natur-

Længdemåling af en Mnemiopsis-ribbegople ombord på DANA.

Foto: Bastian Huwer, DTU Aqua.

FIGUR 4

Den vertikale fordeling af *Mnemiopsis*-ribbegopler i november 2007 samt profiler af temperatur, salt- og iltindhold på tre stationer (A, B og C) vist på figur 2.



lige fjender i de danske farvande og er kun begrænset af lave temperaturer (under 2 °C) og mangel på føde. I Bornholmerdybet vil temperaturen dog næppe være begrænsende, da bundvandstemperaturen aldrig kommer under fire grader. Desuden er ribbegoplerne meget tolerante over for et stort spænd af saltholdigheder mellem 2 og 39 promille og over for lav iltmætning (0,5 ml O₂/l). Det øger risikoen for, at Bornholmerdybet kan fungere som et refugium for ribbegoplen om vinteren, og at den hurtigt vil kunne øge bestanden om foråret, når der kommer ny tilgængelig føde (Riisgaard et al, 2007).

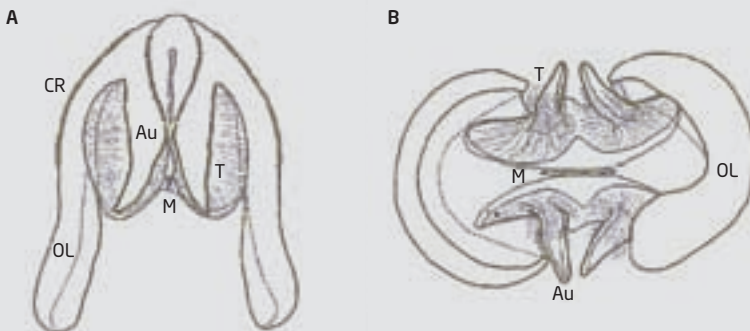
I *Mnemiopsis*-ribbegoplens oprindelsesområde findes en anden ribbegople, melongoplen *Beroe ovata*, som lever af andre ribbegopler. Melongoplen blev i midten af 1990'erne utilsigtet indført med ballastvand til Sortehavet, lige som *Mnemiopsis* blev det ti år tidligere. Her var den en medvirkende årsag til, at *Mnemiopsis*-bestanden faldt kraftigt (Riisgaard et al, 2007). I den vestlige Østersø har vi også en hjemlig art af melongopler (*Beroe cucumis*), som er i stand til at æde *Mnemiopsis*-ribbegopler. Desværre trives den ikke i den østlige del af Østersøen, da den foretrækker vand med højere saltholdighed.

Opsummering

Mnemiopsis-ribbegoplen er en ny art i Østersøen, og vi ved endnu ikke, hvilke konsekvenser dens tilstedeværelse vil få for det helt specielle brakvands-økosystem, der findes her. Goplen er registreret i meget store tætheder i Limfjorden, og den har vist sig i stand til at overvintre i den vestlige Østersø. Det betyder, at vi må være meget opmærksomme på udviklingen af bestanden.

De tætheder og størrelser af ribbegoplen vi har registreret i Bornholmerdybet i forbindelse med DANA-togterne giver ikke i sig selv anledning til den helt store bekymring, men med *Mnemiopsis*-ribbegoplens store formeringspotentiale må man være opmærksom på, at billedet hurtigt kan ændre sig, hvis forholdene bliver gunstige. Det er især i forbindelse med torskens og brislingens gydning i foråret og om sommeren, at en opblomstring af *Mnemiopsis*-ribbegoplens bestand kan blive kritisk for fiskeriet i Østersøen.

Tak til Hans Ulrik Riisgaard for konstruktive kommentarer til artiklen.



FIGUR 5

Mnemiopsis leidyi

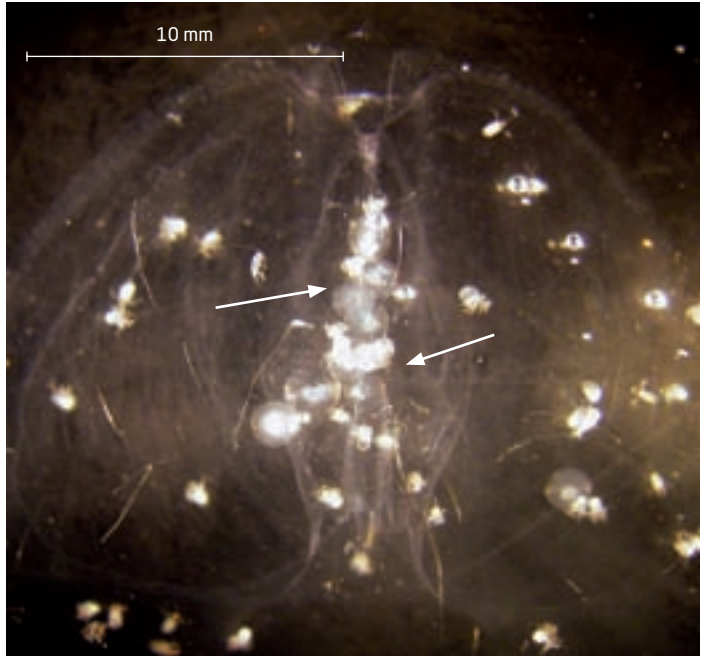
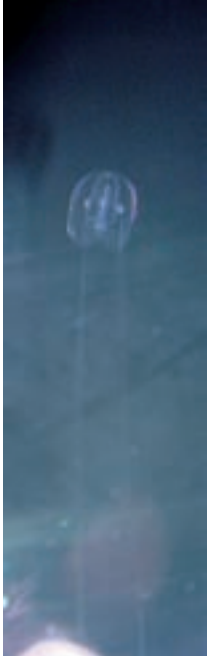
(A) Tværsnit af ribbegople set fra siden og (B) set fra oven. CR = ribbekam bestående af svømmecilier, OL = mundlap (oral lobe), Au = "øre" (auricle), M = mund, T = små tentakler (tentillae).

DEN ALTFORTÆRENDE RIBBEGOPLE

Billedet til venstre viser en ca. fem millimeter lang *Mnemiopsis leidyi* (tentakel-stadium) med to lange tentakler hængende ned fra kroppen. Tentaklerne, der har lange sidegrene, er op til seks til syv gange længere end kroppen.

Foto: Hans Ulrik Riisgaard, Biologisk Institut, Syddansk Universitet.

Billedet til højre viser en *Mnemiopsis*, der har ædt fiskeæg (hvide pille).
Foto: Stefan Reiser.



De første og mindste stadier af *Mnemiopsis leidyi* har to lange tentakler med sidegrene som vist på billedet til venstre. Men når ribbegoplerne bliver større end seks til syv millimeter, degenererer de lange tentakler og et nyt stadium dannes (figur 5), idet mundlapperne bliver større. Denne metamorfose indebærer et skift i, hvordan goplen kan fange sit bytte.

I det første stadie fanges byttedyrene, når de af sig selv svømmer ind i de lange, klæbende tentakler, der hænger stille eller langsomt trækkes efter ribbegoplen som et stort vod.

I det senere stadium indfanges fiskeæg, muslingelarver og andre langsomme byttedyr i en vandstrøm skabt af vandpumpende fimrehår (cilier), hvorved byttet kommer i kontakt med nogle små tentakler, der omgiver mundregionen. Hurtigere byttedyr fanges ved sammenstød med de store mundlapper. Ved hjælp af kam-cilierne (ribberne) svømmer ribbegoplen fremad med mundlapperne slået ud til siden, og når der opnås kontakt med en vandloppe eller et andet byttedyr, bøjer mundlapperne sig indad, så byttet fastholdes. De to måder at fange bytte på gør, at *Mnemiopsis*-ribbegoplen er meget bredspektret i sit fødevalg - den er altfortærende.

Litteratur

- 1) Haslob H, Clemmesen C, Schaber M, Hinrichsen H-H, Schmidt J, Voss R, Kraus G and Köster FW (2007). Invading *Mnemiopsis leidyi* as a potential threat to Baltic fish, Marine Ecology Progress Series 349: 303-306
- 2) Huwer B, Storr-Paulsen M, Riisgaard H-U and Haslob H (2008). Abundance, horizontal and vertical distribution of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the central Baltic Sea, November 2007, Aquatic Invasions 3: 113-124
- 3) Köster, FW, Möllmann, C., Hinrichsen, H-H., Wieland, K., Tomkiewicz, J., Kraus, G., Voss, R., Makarchouk, A., MacKenzie, B. R., St. John, M. A., Schnack, D., Rohlf, N., Linkowski, T., and Beyer, JE. (2005), Baltic cod recruitment - the impact of climate variability on key processes, ICES Journal of Marine Science 62: 1408-1425
- 4) Riisgaard, H-U, Böttiger, L., Madsen, C.V. (2007) Forekomst og udbredelse af den invasive ribbegølle *Mnemiopsis leidyi* i Limfjorden i august og september 2007: - en vurdering af mulige effekter Rapport fra Marinbiologisk Forskningscenter, Syddansk Universitet, 20. september 2007

Torsk og klima i Nordsøen

ANNA RINDORF
DTU Aqua
Sektion for populations-
og økosystemdynamik

TORSK OG KLIMA Torsken i Nordsøen er en vigtig art for både fiskeriet og for økosystemet. Den landes som konsumfisk af især Danmark, Skotland og England og har historisk set været en af de værdimæssigt vigtigste arter i det danske fiskeri. Samtidig er torsken en vigtig rovfisk i Nordsøen og spiser mange tobis, sild og unge fladfisk og torskefisk. I løbet af de sidste tyve år er bestanden i Nordsøen gået gevaldigt tilbage på grund af et for stort fiskeri og en faldende ynglesucces. Ynglesuccessen hænger blandt andet sammen med vandtemperaturen i gydeperioden, og stigende temperaturer gør derfor fremtiden usikker for både torskebestanden og torskefiskeriet i Nordsøen.

Torskens udbredelse

Torsken er udbredt over hele det nordlige Atlanterhav, så langt nordpå som Barentshavet og så langt syd på som det Keltiske hav. Den lever hovedsagelig ved temperaturer fra 2 til 10 °C, selv om voksne torsk kan overleve temperaturer på under 0 °C og på op til 20 °C. Torsk kan blive meget store. Ved Island er der fanget torsk på over to meter, og i 1800-tallet var det ikke et særsyn at finde torsk på over halvanden meter i Nordsøen. Middellængden på selv gamle torsk er dog langt mindre, for torsk i Nordsøen ligger den omkring 110 centimeter (se hvordan man måler fisk fig. 1).

Torsk findes på alle dybder fra kysten og ud til 600 meters dybde, hvilket dækker stort set hele Nordsøen. De fleste torsk i Nordsøen tilhører en enkelt bestand, der dog højst sandsynligt er delt op i mindre lokale bestande. Der findes selvstændige bestande af torsk langs den

skotske kyst, den norske kyst og i den engelske kanal. Disse gyder ikke sammen med Nordsø-torsken. I flere områder findes der torskebestande, som vandrer efter f.eks. sild og lodde, men Nordsø-bestanden ser ud til kun i mindre grad at vandre rundt. De tilbringer dog sommer og efterår længere nordpå i Nordsøen end om vinteren og foråret og flytter således noget omkring.

Torskens biologi

Torsken gyder i løbet af vinteren og foråret, og æggene flyder straks op til overfladen, hvor de klækker efter ca. to til fire uger afhængigt af temperaturen. Torskelarverne lever især af vandlopper i de frie vandmasser. Når torske-yngelen bliver tre til seks centimeter, begynder de at opholde sig længere tid ved bunden. Her skjuler de sig gerne på lavere vand blandt store sten og vandplanter, for det er ikke ufarligt at være lille, og det gælder om at gemme sig godt.



I denne periode lever de af små krebsdyr, orme og andre mindre bunddyr.

Efterhånden som de vokser, begynder de at spise flere og flere fisk. Til at begynde er det småfisk som kutling og tobis og senere sildefisk, små torsk og andre torskfisk. En voksen torsk indtager ca. fire gange sin egen vægt om året. Kommercielt vigtige arter går fra at udgøre ca. 45 procent af føden hos en 25 centimeter lang torsk til 80 procent af føden hos torsk større end 40 centimeter (fig. 2). Desuden spiser torskene krebsdyr og andre bunddyr. Efterhånden som torskene vokser, flytter den ud på dybere vand. Etårige torsk findes fortrinsvis ved dybder på under 80 meter, mens ældre torsk er mest almindelige på dybere vand. Nogle Nordsøtorsk når gydemodenhed allerede ved toårs alderen, men de fleste gyder først, når de er fire år eller ældre.

Torskefiskeriet

I Nordsøen fiskes torsk traditionelt med trawl og snurrevod, hvor bunden er jævn, og med garn nær rev og andre ujævnheder. De samlede internationale fangster er faldet fra omkring 600.000 ton i 1980 til 24.000 ton i 2005. Det er sket i takt med, at bestandsstørrelsen er faldet fra en total biomasse i Nordsøen på 1.160.000 ton til 128.000 ton i 2005 (fig. 3).

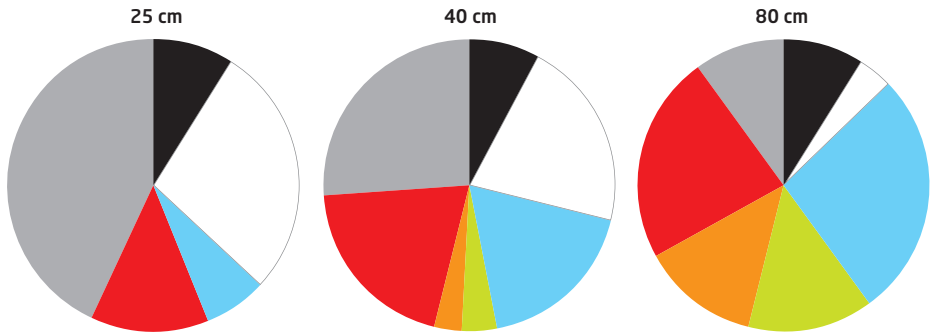
På trods af faldet i bestanden har fiskeridødeligheden (den andel af en fiskebestand, der dør ved fiskeri) været støt stigende frem til år 2000. Man har altså fanget en stadig stigende andel af bestanden, efterhånden som der blev færre fisk. I 2001 blev fiskeriet pålagt en række alvorlige restriktioner med det formål at begrænse fangsterne fra den nu meget lille bestand, og herefter er der sket et fald i fiskeridødeligheden på ca. en fjerdedel i forhold til årene 1998 til 2000.

FIGUR 1

Torsken her fanget i Nordsøen i 2007 bliver målt af forskere fra DTU Aqua på havundersøgelseskibet DANA. Foto Line Reeh, DTU Aqua.

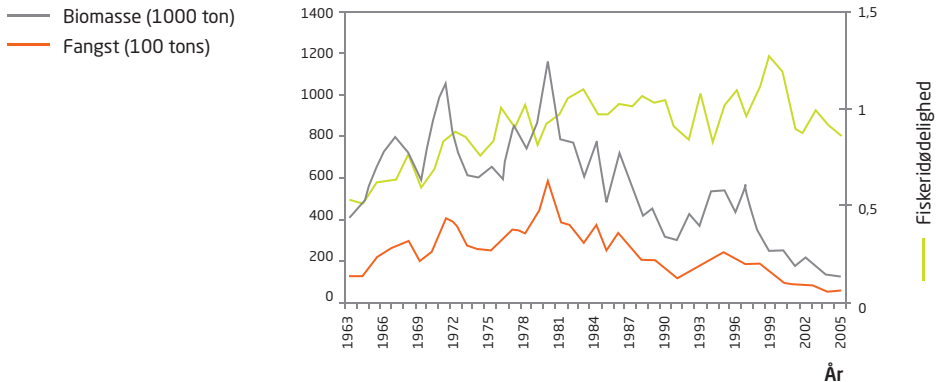
FIGUR 2

Fødesammensætning hos små og store torsk. Hvid: tobis og sperling, lyseblå: torsk, kuller og hvilling, lysegrøn: sild, orange: ising, rød: andre fisk, grå: krebsdyr, sort: andre dyr, f.eks. orm og muslinger.
Kilde: Kikkert 1993.



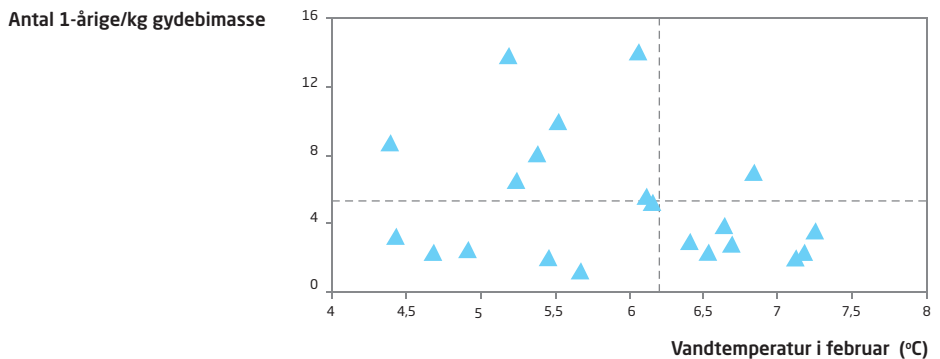
FIGUR 3

Udvikling i biomasse, fangst og fiskeridødelighed i Nordsøen. Siden 1990 er der sket et støt fald i biomassen, mens fiskeridødeligheden har været jævnt stigende frem til år 2000.
Kilde: ICES 2006.



FIGUR 4

Havtemperaturens effekt på antal etårige fisk pr. kg gydemoden fisk. Læg mærke til, at der i øverste højre hjørne af figuren (svarende til høj ynglesucces ved høje temperaturer) kun er et enkelt punkt. Derimod har der været adskillige år med høj ynglesucces i kolde år.
Kilde: ICES 2006, Rindorf og Lewy 2006.



Hvordan påvirkes antallet af nye ungorsk af klimaet?

Torskæg og larver befinder sig i de frie vandmasser, fra de gydes mellem februar og maj, til de søger ned til bunden tre til fire måneder senere. I denne periode er de meget sårbare, både over for rovfisk og over for mangel på føde. En fiskelarve bruger meget energi, især ved høje temperaturer, og den er kun i stand til at oplagre ganske lidt til vanskelige tider. Derfor rammes den særlig hårdt, hvis der er perioder med for lidt føde eller for høje temperaturer i forhold til fødemængden. Torskelarven er også følsom over for vind. Det er de, både fordi de skal kunne stille sig i position for at kunne angribe de livlige vandlopper, hvilket er vanskeligt, hvis vandet er meget turbulent, og fordi vinden kan føre larverne væk fra de favorable opvækstområder.

I de sidste 20 år er temperaturen steget i Nordsøen. I kolde forår er der både god og dårlig ynglesucces (til venstre for den lodrette linje i fig. 4), mens de varme forår er kendetegnet ved udelukkende dårlig ynglesucces (til højre for den lodrette linje i fig. 4). Hvis man ser på torskens gennemsnitlige ynglesucces i årene fra 1983 til 2003, så resulterer en vandtemperatur i februar på under 6,2 °C til 6,4 etårige torsk pr. kg gydemoden fisk, mens temperaturer over 6,2 °C kun fører til 3,4 etårige torsk pr. kg gydemoden fisk. Undersøgelser tyder på, at forekomsten af torskens foretrukne vandlopperart bliver lavere med stigende temperaturer, og at torskens derved får sværere ved at finde føde i varme år.

Hvor befinder de etårige fisk sig?

Temperaturen er steget siden begyndelsen af 1980'erne, og samtidigt er det blevet mere blæsende mod nordøst. Da larverne er ude af stand til at bevæge sig ved egen hjælp over større afstande og mest driver passivt af sted, vil vinden givetvis påvirke, hvor larverne havner.

I larveperioden er temperaturen højere i den sydlige del end i den nordlige del af Nordsøen, og torskelarver sydpå har fået det ekstra svært i de senere år. De transporteres med vind og strøm nordpå, og de har en ringere overlevelse ved de højere temperaturer.

For at få et indtryk af om torskens er flyttet længere nordpå kan man beregne den breddegrad som en etårig torsk gennemsnitligt befinder sig på. Hvis der f. eks. fanges ni torsk ved 55° N og tre torsk ved 56° N, er den gennemsnitlige torsk breddegrad 55,25° N. Næste år fanges der måske tre torsk ved 55° N og ni torsk ved 56° N, og den gennemsnitlige torsk breddegrad er nu 55,75° N. Vi bruger det gennemsnitlige antal torsk fanget pr. times trawltræk af havundersøgelsesskibe på over 300 forskellige steder i Nordsøen som et mål for, hvor mange torsk der er ved forskellige breddegrader.

Havundersøgelsesskibe fanger ikke så mange fisk som de kommercielle fartøjer, men den gennemsnitlige breddegrad har den fordel, at den forbliver uændret, uanset at man fanger flere eller færre fisk alle steder i Nordsøen. Ud fra den gennemsnitlige breddegrad kan man se, at både etårige og gydemodne torsk nu optræder længere nordpå, end de gjorde i begyndelsen af 1980'erne (fig. 5).

Undersøgelser har vist, at et varmt og blæsende forår fører til en nordligere placering af etårige torsk. Det betyder en nordligere placering af de samme nu gydemodne torsk tre år senere. Den nordligere placering af gydemodne torsk fører igen til, at næste hold etårige torsk rykker mod nord. Og på denne måde rykker hele bestanden langsomt nordpå. Der er ikke noget, der tyder på, at de voksne torsk flytter sig for at undgå høje temperaturer, så temperaturstigningen påvirker derfor kun fordelingen af torsk i Nordsøen gennem den effekt, temperaturen har på torsk i deres første leveår.

Hvordan påvirkes voksne torsk af temperaturen?

Selv om der ikke er fundet tegn på, at voksne torsk bevæger sig væk fra for lave eller for høje temperaturer, betyder det ikke, at temperaturen er ligegyldig. Torsk er vekselvarme, hvilket vil sige, at deres kropstemperatur følger omgivelsernes temperatur. Fiskens vækst afhænger af dens temperatur og stiger med temperaturen, til den når et mætningspunkt. Herefter falder den brat. Mætningspunktet afhænger af fiskens størrelse. Voksne torsk vokser således optimalt ved temperaturer på mellem 5 og 10 °C mens ungtorsk kan vokse optimalt ved temperaturer på helt op til 16 °C (fig. 6).

I Nordsøen ligger den gennemsnitlige temperatur ved bunden på cirka 6 °C om vinteren og 9 °C om sommeren. Det dækker dog især om sommeren over store forskelle mellem nord og syd, idet sommertemperaturerne i Tyskebugt kan komme op på 18 °C og derover. Nogle forskere mener, at en global stigning i vandtemperatur vil øge væksten hos f.eks. torsk. Temperaturen i Nordsøen ligger dog allerede inden for det område, hvor torskens vækst er størst, selv om temperaturen lokalt kan overstige det optimale.

Så selv om væksten hos torsk i koldere vand som f.eks. i Barentshavet potentielt vil kunne øges ved en stigning i havtemperaturen, er der intet der tyder på, at en øget temperatur vil give en øget vækst hos voksne torsk i Nordsøen. Tværtimod kan en temperaturstigning gøre store dele af Nordsøen for varme til, at torsken kan vokse optimalt, og man vil i stedet få en nedgang i væksten.

Fremtiden for torsken i Nordsøen

Hvordan ser fremtiden så ud for torskebestanden i Nordsøen? Nu er det jo sin sag at spørge om den slags, men baseret på hvad vi har set de forgangne år, vover vi nogle forsigtige gæt

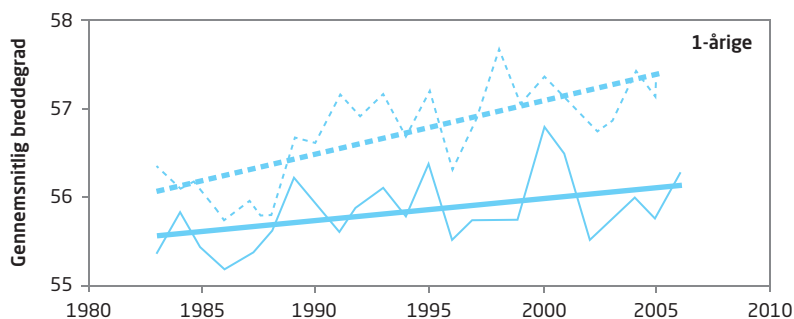
angående rekruttering af nye torsk, rumlig fordeling i Nordsøen og vækst. Som vi har set, er der en tendens til dårlig ynglesucces og dermed lavere rekruttering af nye torsk i år, hvor temperaturen er højere end 6,2 °C. Hvor temperaturen fra 1982 til 1988 kun var over denne grænse i et enkelt år (1988), var temperaturen over grænsen i halvdelen af årene 1989 til 2002. Alene ud fra de temperaturændringer vi allerede har oplevet, kan vi altså se, at antallet af potentielt gode årgange er faldet fra seks ud af syv til en ud af to. Hvis temperaturen stiger yderligere, forværres billedet, og der bliver endnu færre gode årgange. De torsk, der er tilbage i Nordsøen, vil i stigende grad befinde sig i den nordlige Nordsø og Skagerrak, en ændring i fordeling vi allerede nu tydeligt kan se.

Selv hvis vejret mod forventning igen bliver koldere, vil det tage flere generationer af torsk, før den igen vil optræde i stort antal i den sydlige Nordsø. De unge torsks fordeling i havet afhænger af, hvor de bliver gydt, og de voksne gydemodne fisk befinder sig nu overvejende langt nordpå. Det betyder, at det vil tage tid, før der igen gydes i større omfang i den sydlige Nordsø.

Der findes kun nogle få torskebestande syd for Nordsøen, og deres ynglesucces og dermed følgende rekruttering af nye torsk er som Nordsøtorskens også dårligere i varme år. Vi kan altså ikke forvente, at bestanden af Nordsøtorsk forbliver høj gennem indvandring fra sydlige områder. Desværre ser det heller ikke ud til, at torsken kan kompensere for en lavere produktion af ungfisk med en hurtigere vækst. For med undtagelse af de yngste torsk vil der sandsynligvis ske en nedgang i væksten, hvis temperaturen stiger yderligere.

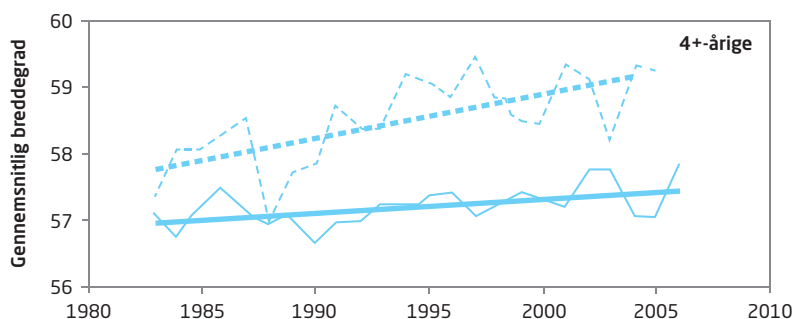
Konsekvenser for torskefiskeri i Nordsøen

Der er forskellige meninger om, hvor meget Nordsøtorsken kan tåle at blive fisket ved



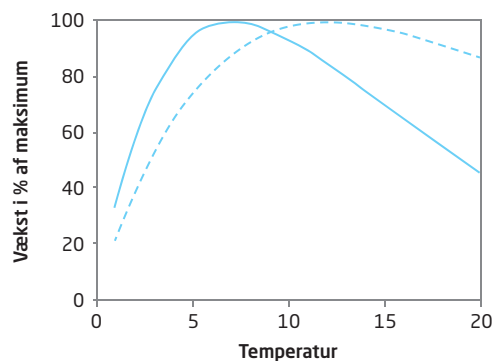
FIGUR 5

Gennemsnitlig breddegrad for etårige og gydemodne (4+-årige) torsk. Sommer (fuldt optrukket linje) og vinter (stiplet linje). Både etårige og gydemodne torsk er flyttet nordpå (rette linjer). Kilde: Rindorf og Lewy 2006.



FIGUR 6

Temperaturens effekt på vækst af et- (stiplet linje) og treårige (fuldt optrukket linje) torsk. Etåriges vækst stiger op til en temperatur på 12 °C og falder kun lidt ved temperaturer herover. I modsætning hertil falder treårige torsk vækst markant ved temperaturer over 8 °C. Kilde: Jobling 1988, Björnsson og Steinarsson 2002.



temperaturer på niveau med de sidste 15 år eller højere. Der er dog enighed om, at torskebestandens udvikling over de næste par år kun påvirkes meget lidt af klimaændringer. Det skyldes, at man måler bestandens størrelse ud fra mængden af voksne fisk, og at de fisk, der vil være voksne om et par år, allerede nu er unge og ude over larvestadiet. Og det er netop larvestadiet, hvor den største effekt af temperaturen ses. Derimod er mængden af fisk, der dør uden for kvoten, en vigtig faktor. Hvis denne mængde er stor, vil det tage betydeligt længere tid at genopbygge bestanden.

På sigt vil klimaet dog have en effekt på bestandens størrelse. Hvor der i 1980'erne i gennemsnit blev produceret 6,6 unge torsk for hvert kilo gydemoden fisk, er der siden 1990 kun kommet 4,7 unge torsk for hvert kilo gydemoden fisk. Der altså næsten to torsk, eller ca. 30 procent, færre at fange pr. kilo gydemoden torsk, end der var før. Dertil kommer, at torskebestanden bliver mere følsom over for fiskeri, når den koncentrerer nogle få steder, fordi det derved er hurtigere at fange en større andel af de tilbageværende torsk.

Der er dog bred enighed om, at den andel af torskebestanden, fiskeriet kan høste (fiskeridødeligheden), ikke påvirkes væsentligt af den mindre rekruttering af nye torsk som følger af

klimaet. Uanset hvilket klimascenario man vælger, er fiskeridødeligheder på højde med dem, der var i 1990'erne, ikke bæredygtige og vil på sigt udrydde torsken i Nordsøen.

Et typisk bud er, at det vil være nødvendigt at reducere fiskeridødeligheden til ca. det halve af niveauet i 1990'erne uanset klimaudviklingen. Det kan f.eks. gøres ved at sætte den internationale fiskeriindsats ned til det halve. Selv om man stadig kan høste torsk svarende til en vis procentdel af bestanden, så falder den totale mængde, man kan høste. Det skyldes, at bestandens størrelse falder, og at en tiendedel af en bestand på 500.000 ton er betydeligt mindre end en tiendedel af 5.000.000 ton.

Alt i alt er der ikke tvivl om, at en stigning i temperaturen vil føre til en lavere torskefangst. Hvis ikke fangsten nedsættes gennem reguleringer af fiskeriet, vil bestanden nemlig i løbet af få år være så lav, at fangsterne vil blive meget små. Det er tvivlsomt, om bestanden til den tid kan genetableres, selv hvis man lukker fiskeriet helt. Hvis man derimod vælger at regulere torskefiskeriet kraftigt nu, er der udsigt til, at man kan opretholde et fiskeri selv under et varmere klima. Det vil ikke komme på højde med fiskeriet i 70'erne og 80'ernes, men det vil dog kunne være større end et fiskeri på en bestand, der er så godt som udryddet.

Kilder til figurer

Jobling, M. 1988. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. Aquaculture, vol. 70, s. 1-19

Kikkert, A.H. 1993. Analysis of the cod samples collected in the North Sea during the 1991 international stomach sampling project. ICES CM 1993/G:13

Forslag til videre læsning:

Björnsson, B., og Steinarsson, A. 2002. The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, vol. 59, s. 494-502

Daan, N. (1978). Changes in cod stocks and cod fisheries in the North Sea. Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer, vol. 172, s. 39-75

Daan, N., Bromley, P.J., Hislop, J.R.G., og Nielsen, N.A. 1990. Ecology of North Sea fish. Netherlands journal of Sea Research, vol. 26, s. 343-386

ICES. 2006. Report on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak. ICES CM 2005/ACFM:35.

Rindorf, A., and Lewy, P. 2006. Warm, windy winters drive cod north and homing of spawners keeps them there. Journal of Applied Ecology, vol. 43, s. 445-453.

Gedder i brakvand - bestandsophjælpning ved udsætning

LENE JACOBSEN,
CHRISTIAN SKOV,
SØREN BERG OG
ANDERS KOED
DTU Aqua
Sektion for
ferskvandsfiskeri

PETER FOGED LARSEN
DTU Aqua
Sektion for
populationsgenetik

BRAKVANDSGEDDER Gedden er egentlig en ferskvandsfisk, men den kan også leve i brakvand med et saltindhold på op til 12 til 15 promille. Derfor træffer man gedden i flere kystnære farvande. Tidligere var der et godt fiskeri på brakvandsgedder i Østersøområderne, men siden 1960'erne er fangsten gået meget tilbage. For igen at få flere gedder i disse brakvandsområder, blev der i en årrække sat geddeyngel ud. Gevinsten ved disse udsætninger har desværre været begrænset. En ophjælpning af geddebestanden vil kræve mere viden om brakvandsgeddernes biologi og levevis og dermed også mere viden om hvilke faktorer, der begrænser bestandens størrelse.

Fiskere kan fortælle om store fangster af brakvandsgedder tilbage i 1960'erne fra områder som Guldborgsund, Stege Nor, Bøgestrømmen, Storstrømmen samt Præstø Fjord og Køge Bugt. Ofte kunne en fisker være heldig at fange flere hundrede kilo på en dag. En erhvervsfisker fra Guldborgsund kan for eksempel berette, at hans største dagsfangst var på 350 kg og største fangst i et enkelt bundgarn var 89 gedder. Og en opkøber fortæller, at han opkøbte 25 ton gedder fra fiskerne i Guldborgsund fra maj til pinse 1966 (kilde: Storstrøms Amt).

Saltslåning

Fiskerne kan også berette om nogle år med såkaldt saltslåning, hvor saltholdigt vand fra Nordsøen blev presset ind i de indre farvande. Gedderne blev udsat for meget højere saltholdigheder, end de kunne tåle og døde i stort antal. Dette fænomen har med års mellemrum givet en tilbagegang i geddebestanden. Men før i tiden, f.eks. efter en saltslåning i 1950 - 51,

kom bestanden på fode igen i løbet af få år. Det fortælles, at der hurtigt dukkede store gedder op igen, og man mente, at de indvandrede fra de sydsvenske kyster.

Men efter en saltslåning i 1969 - 70 og igen en i 1975 - 76 ser det ifølge fangststatistikkerne ud til, at bestanden ikke er vendt tilbage til tidligere tiders omfang. Og fiskeriet af brakvandsgedder har med enkelte udsving givet langt lavere fangster (se figur 1). Det er uvist, hvorfor brakvandsgedderne efter saltslåningerne i 1970'erne ikke har været i stand til at reetablere sig i de forhen så talrige bestande. Saltslåningerne i sig selv er som sagt ikke et nyt fænomen, så man må søge forklaringen i andre forhold.

Vi har desværre ikke ret meget konkret viden om brakvandsgeddernes levevis, men et gæt kan være, at geddernes gydemuligheder er blevet forringet. Tilbagegangen kan også være



en generel forringelse af geddernes levesteder. Forringelsen kan skyldes forurening, en tilbagegang i udbredelsen af ålegræs eller ændrede føde- eller prædationsforhold, eventuelt kombineret med perioder med overfiskeri på grund af mere effektive redskaber. Endelig ved vi fra svenske undersøgelser, at bestanden af brakvandsgedder i resten af det baltiske område også er mindre i dag end tidligere.

Forsøg med udsætning

I et forsøg på at ophjælpe bestandene af brakvandsgedder, blev der i årene fra 1993 til 2006 årligt udsat geddeyngel i tre til fire af brakvandsgeddernes tidligere kerneområder. Hvert år blev der i disse områder i maj måned udsat 30 til 40.000 geddeyngel med en længde på mellem 2 og 4 cm. Geddeynglen kom fra de klækkerier, der allerede leverede geddeyngel til udsætning i ferskvand, og ynglen var derfor af ferskvandsafstamning, og de var desuden opdrættet i ferskvand.

Efter en årrække med udsætninger så det dog ikke ud til, at fangsten af brakvandsgedder var steget mærkbart. Derfor begyndte man at undersøge udsætningernes effekt. Undersøgelsen omfattede dels forsøg med geddeynglens overlevelse efter udsætning og dels genetiske undersøgelser for at klarlægge, om de nuværende gedder i brakvandsområderne stammede fra udsatte gedder.

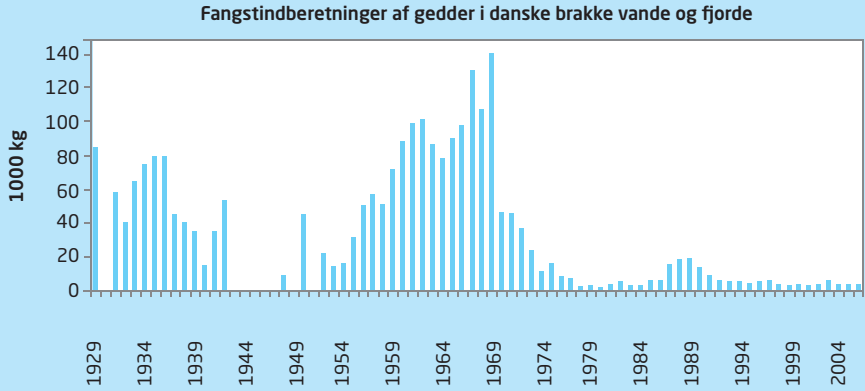
Ferskvandsyngel overlever brakvand

Gedden er en ferskvandsfisk, som ikke kan leve i fuldstyrke havvand, som er ca. 35 promille. Den er ikke i stand til at regulere saltbalancen og fysiologisk fastholde den indre saltbalance på ca. 9 promille ved så høje saltholdigheder. Gedden kan klare sig i saltvand med op til 12 til 15 promille, men dør, hvis der strømmer saltere vand (18 til 20 promille) ind i længere tid. Hvorvidt brakvandsgedder til forskel fra ferskvandsgedder er specielt tilpasset brakvand vidtes ikke, men det er sandsynligt.

Geddeynglen opbevares i plastikposer med ekstra ilt indtil udsætning. Bredningen 2003.

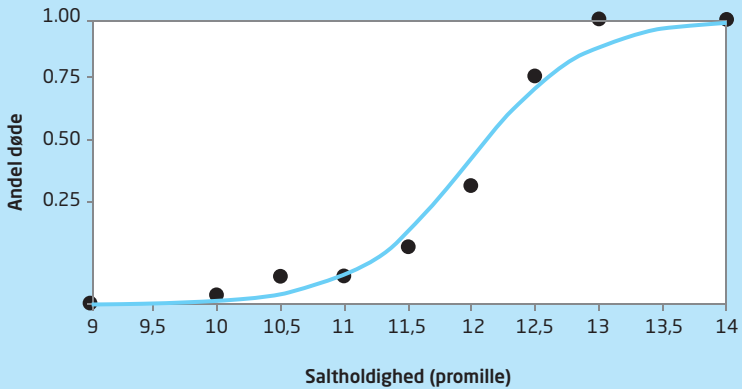
FIGUR 1

Fangstindberetninger af gedder fra danske brakvandsområder. Indberetningerne mangler i enkelte år mellem 1943 - 1951 og fra 1978 - 85 findes der ingen indberetninger fra Ringkøbing Fjord. Kilde: Landingsstatistikker fra Fiskeridirektoratet.



FIGUR 2

Ferskvandsgeddeyngel tåler at blive sat ud i brakvand op til 11 - 12 promille, men ved højere saltholdigheder dør de.



En undersøgelse på Gotland har vist, at visse gedder er tilpasset gydning i brakvand, og at deres æg kunne klække i op til 7 promille salt. Modsat kunne æggene fra andre gedder, der også levede ved kysten, men gik op i ferskvand for at gyde, ikke klække i vand med over 6 promille.

Et af de første skridt i vores undersøgelse var derfor at undersøge, om ferskvandsgeddeyngel overhovedet kunne tåle at blive sat ud i saltvand på de 8 til 10 promille, som findes i udsætningsområderne. Det blev testet i laboratorieforsøg, og forsøgene viste, at ferskvandsgeddeyngel umiddelbart overlevede at blive sat direkte ud i saltvand på op til 11 til 12 promille, mens de døde ved højere saltholdigheder (se figur 2).

Vi kunne nu fastslå, at udsatte ferskvandsgedder overlever overgangen til brakvand de første dage. Næste skridt var at undersøge, om de udsatte gedder klarede sig på længere sigt og ultimativt, om de voksede sig store nok til at indgå i fiskeriet.

Udsætning af mærket geddeyngel

Derfor udsatte vi tre år i træk 40.000 styk mærket geddeyngel i to forsøgsområder, nemlig Stege Nor og Bredningen i Guldborgsund. Geddeynglen var mærket kemisk med et farvestof, alizarin, der sætter et tydeligt mærke i geddens øresten. For at følge geddeynglen i tiden efter udsætningen indsamlede vi al den geddeyngel, vi kunne få fat i på de to lokaliteter. Indsamlingerne fandt sted sommer og efterår og skete dels ved et kontrolleret fiskeri med ruser og dels via et samarbejde med lokale fiskere, der fik dusør for at indlevere geddeyngel. Al indsamlet geddeyngel blev analyseret i laboratoriet.

Det viste sig, at der i starten af sommeren var en vis andel af udsat geddeyngel i fangsterne, men hen mod slutningen af sæsonen forsvandt den udsatte geddeyngel i fangsterne, og der blev stort set kun fanget vild geddeyngel fra september måned og frem (se figur 3 a og b). Fiskeriindsatsen fra de deltagende fiskere varierede over både tid og sted, mens det kontrollerede rusefiskeri vi selv udførte, gjorde det

I områder med ferskvandstilløb er det rapporteret, at brakvandsgedderne vandrer op til egnede ferske gydeområder. Det er blandt andet set i den nordlige del af Sverige. Ved kysten på Gotland viste der sig at være to forskellige gydepopulationer af brakvandsgedder; nogle brakvandsgedder gik op i ferskvand for at gyde, mens andre blev ved kysten under gydning.

Der er ikke meget viden om brakvandsgeddernes gydeområder i Danmark, men i områder med ferskvandstilløb er det sandsynligt, at gedderne vandrer til ferskvand for at gyde. Det kan være tilfældet i Bredningen, hvor aborrer er set vandre op i Flintinge Å ved gydning.

En undersøgelse fra Stege Nor viste, at gedderne opholdt sig i Noret i gydeperioden og derfor med stor sandsynlighed gydede på områder i det brakke nor. Hidtil har det været antaget, at geddeæg ikke kan befrugtes i saltvand over 7 promille, men nylige pilotforsøg har vist, at det er muligt at befrugte æg fra brakvandsgedder i Stege Nor i op til ca. 9 promille og at udklække levedygtige larver.

Det er muligt, at reproduktionen mislykkes i år med unormalt høje saltholdigheder i gydeperioden, og at dette kan være en medvirkende grund til de store svingninger i bestanden over årene.

BRAKVANDS-
GEDDERNES
GYDEOMRÅDER

muligt at udregne fangst pr. indsats som et mål for bestandstætheden.

Dette viste det samme mønster, nemlig at andelen af udsatte gedder i fangsten forsvinder sidst på sommeren. Det peger enten på en overdødelighed eller på pludselig udvandring hos de udsatte geddeyngel samtidig med, at vildyngel indvandrer til områderne eller bliver store nok til at gå i fiskeredskaerne. Uanset årsag pegede resultaterne på, at udsætningerne kun i ringe omfang bidrog til de efterfølgende års bestande af større fangbare gedder.

Både den udsatte og den vilde geddeyngel har en god længdetilvækst i brakvand og opnåede en størrelse op mod 25 til 30 cm i september. I et enkelt tilfælde kunne det dog ses, at de udsatte gedder havde en dårligere kondition end de vilde.

Genetiske undersøgelser

I et af forsøgsområderne, Stege Nor, blev de voksne gedder undersøgt genetisk for at se, om de stammede fra udsætninger eller fra naturlig gydning. 49 voksne gedder fra bestanden (2003) af gedder i Stege Nor blev således analyseret ved hjælp af DNA teknik med mikrosatellitter. Disse gedder blev sammenlignet med prøver fra den geddebestand, der fandtes i Stege Nor

næsten 50 år tidligere. Det kunne lade sig gøre, fordi der i DTU Aquas arkiv var opbevaret skælprøver fra 48 gedder fanget i Stege Nor i 1959. Det lykkedes at oprense DNA fra disse gamle skæl og dermed sammenligne den genetiske sammensætning af gedderne fra 1959 og 2003. Analysen viste, at gedderne fra 2003 med 99,7 procent sandsynlighed alle stammede fra den oprindelige population af gedder i Stege Nor.

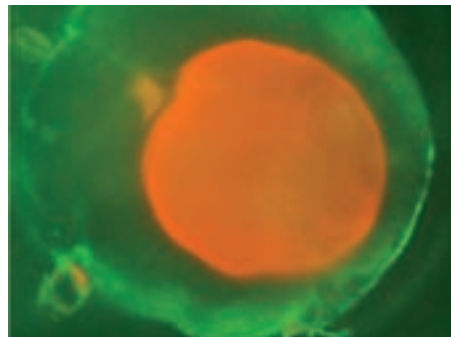
I en anden analyse blev 2003-geddernes DNA-profil sammenlignet med både de gamle prøver og med prøver af gedder fra Tisso og Sorø Sø, hvor de fleste af udsætningsgedderne stammede fra. I overensstemmelse med den første analyse viste denne sammenligning, at 45 af de 49 analyserede gedder tilhørte den oprindelige stamme, mens de sidste fire individer ikke kunne bestemmes klart. De senere år har bestanden af store gedder i Stege nor været i fremgang, og noret huser nu en god bestand. Yderligere analyser af disse gedder (2006 - 2007) viste i lighed med de første undersøgelser, at de stammede fra den oprindelige bestand og ikke fra udsætningerne.

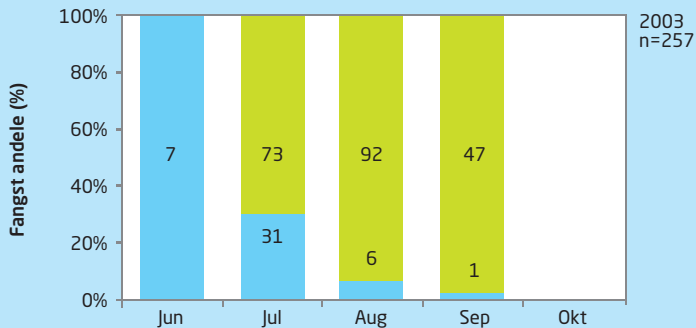
Udsætningerne uden effekt

Disse forskellige undersøgelser og analyser viser samstemmende, at ti års udsætninger ikke har haft den ønskede effekt på antallet af

MÆRKNING AF UDSATTE GEDDER

Øresten (otolith) er en kalkdannelse i fiskens øre. Ved mærkning nedsænkes fiskeynglen i et bad med det røde farvestof alizarin, der har en kemisk struktur, der minder meget om kalk. På den måde snyder man fisken til at optage det røde farvestof i ørestenene, og der dannes et rødt lag i stedet for det sædvanlige kalklag. I praksis analyseres ørestenen herefter i laboratoriet og den røde ring kan genfindes, idet den fremstår som en lysende ring set under fluorescerende lys i mikroskopet. På den måde adskilles udsatte fisk fra vilde fisk.

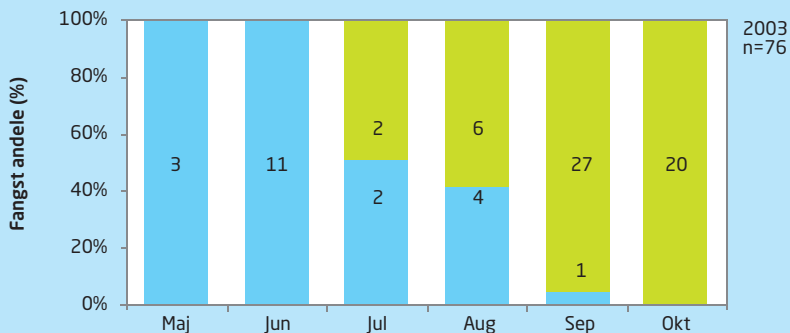




FIGUR 3A

Stege Nor 2003.

Andelen af udsat geddeyngel (blå søjle) i forhold til vild geddeyngel (grøn søjle) i fangsterne går ned i løbet af sæsonen. Det samme mønster sås for 2002 og 2004. n = det samlede antal geddeyngel i analysen.



FIGUR 3B

Bredningen 2003.

Andelen af udsat geddeyngel (blå søjle) i forhold til vild geddeyngel (grøn søjle) i fangsterne går ned i løbet af sæsonen. Det samme mønster sås for 2002. n = det samlede antal geddeyngel i analysen.

Første fangst af udsat mærket geddeyngel sidst i juni 2002. Gedden måler 18 cm.



brakvandsgedder i de to forsøgsområder. Den udsatte geddeyngel klarer den umiddelbare udsætning i brakvand og overlever den første sommer, men af ukendte årsager forsvinder de, når efteråret nærmer sig.

Dermed vokser de ikke som ønsket op til fangbar størrelse (mindstemål i brakvand er 60 cm) og giver bedre mulighed for fiskeri. Det er i teorien muligt, men ikke særlig sandsynligt, at den udsatte geddeyngel bliver fortrængt fra udsætningsområdet sidst på sommeren og vandrer til andre områder, hvor der ikke bliver fisket efter dem. Men det er ikke særlig sandsynligt, at de i stort antal overlever i et andet habitat for senere at vende tilbage. Deres forsvinden må derfor tolkes som en øget dødelighed sidst på sommeren i forholdet til den vilde yngel.

De genetiske undersøgelser viste i overensstemmelse hermed, at de udsatte gedder ikke har sat sig noget spor i den nuværende population af store gedder i Stege Nor. Resultaterne bekræftes også af fangststatistikken, som ikke viser en stigning i fangsterne efter udsætningsernes start i 1993 (figur 1).

Stop for udsætninger

Vores undersøgelse peger på, at udsætninger kun i meget ringe omfang bidrager til bestanden af gedder i fiskeriet. DTU Aqua har derfor valgt at anbefale, at udsætning af ferskvandsgeddeyngel i danske brakvandsområder

stoppes, og der er således ikke sat geddeyngel ud i brakvand siden 2006. Skal udsætningerne genoptages, er der flere forhold, som taler for, at man skal anvende moderfisk fra brakvand, og at opdrættet af ynglen muligvis også skal foregå i svagt saltvand.

Gedder i brakvandsområder er sandsynligvis tilpasset det fysiske, kemiske og biologiske miljø, de lever i. De vil derfor sandsynligvis udgøre et bedre udsætningsmateriale. Desværre har vi kun ganske lidt erfaring med opdræt af geddeyngel i brakvand og med forældrefisk fra brakvandsområder. Det er derfor nødvendigt med et vist udviklingsarbejde, før opdræt og udsætning af brakvandsgedder kan udføres rutinemæssigt. Vi anbefaler også, at der gennemføres forsøg, som kan belyse brakvandsgeddeynglens overlevelse og senere opvækst.

Bæredygtig forvaltning

Helt grundlæggende vil udsætninger kun være en midlertidig erstatning for naturlig reproduktion eller rekruttering i et område. En bæredygtig forvaltningsstrategi bør i højere grad fokusere på at forbedre den naturlige reproduktion frem for blot at symptombehandle gennem udsætninger. I den forbindelse er der nok at tage fat på, da vores viden om brakvandsgeddernes levevis ikke er særlig stor. F.eks. er der kun meget lidt viden om, i hvilke områder brakvandsgedderne i Danmark rent faktisk gyder.

Vi ved ikke, i hvor stor udstrækning de gyder i brakvand eller er afhængig af at kunne vandre op i ferskvand, som det er beskrevet hos andre brakvandsgeddepopulationer i det baltiske område. Derfor ved vi ikke, på hvilke livsstadier geddebestanden begrænses, og hvordan ændringer i levesteder, miljøforhold og lignende, eksempelvis prædation fra fugle, spiller ind. Det er derfor i dag ikke muligt at afgøre hvilke tiltag, der vil kunne forbedre geddebestandenes nuværende situation.

Mere viden nødvendig

Brakvandsgedderne har ikke blot værdi for erhvervsfiskere. Også sportsfiskere har stor interesse i fiskeriet på brakvandsgedder, både lokalt, men bestemt også som en fremtidig aktivitet for regional turisme. Som nævnt har der de senere år tilsyneladende været en stor

geddebestand i Stege Nor, idet både lystfiskere og erhvervsfiskere har meldt om gode fangster både antals- og størrelsesmæssigt. Bedømt ud fra erhvervsfiskernes fangster ses den samme tendens dog ikke i alle de områder, som tidligere husede store bestande af brakvandsgedder, og det er uvist hvorfor gedderne tilsyneladende trives i nogle områder og ikke i andre.

Hvis man skal gøre sig forhåbninger om at få fiskeriet af brakvandsgedder tilbage på tidligere tiders niveau, må der gøres en aktiv indsats, hvor vi får mere viden om brakvandsgeddernes biologi og levevis og dermed også mere viden om hvilke faktorer, der begrænser bestandenes størrelse. Med den viden kan vi måske afklare mulige årsager til de sidste årtiers tilbagegang og hvilke tiltag, der skal til for, at bringe brakvandsgedden tilbage til fordoms styrke.

Litteratur

- Dahl, J. 1961. Alder og vækst hos danske og svenske brakvandsgedder. Et bidrag til diskussionen om genetableringen af den danske bestand af brakvandsgedder efter saltvandskatastrofen i 1951. *Ferskvandsfiskeribladet*, 59.årgang, nr. 2, p. 34-38.
- Jacobsen, L., Skov, C., Berg, S., Koed, A. & Larsen P.F., 2008: Udsætning af geddeyngel som bestandsophjælpning i danske brakvandsområder – effektvurdering og perspektivering. DTU Aqua rapport nr. 196-08. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks tekniske Universitet. 54 pp.
- Jacobsen, L., Skov, C., Koed, A. & Berg, S. 2007. Short-term salinity tolerance of northern pike, *Esox lucius*, related to temperature and size. *Fisheries Management and Ecology* 14, 303–308
- Larsen, P.F., Hansen, M.M., Nielsen, E.E., Jensen, L.F. & Loeschcke, V. 2005. Stocking impact and temporal stability of genetic composition in a brackish northern pike population (*Esox lucius* L.), assessed using microsatellite DNA analysis of historical and contemporary samples. *Heredity* 95(2): 136-143
- Müller, K. 1986. Seasonal anadromous migration of the pike (*Esox lucius* L.) in coastal areas of the northern Bothnian Sea. *Archiv für Hydrobiologie* 197, 315-330
- Westin, L. & Limburg, K.E. 2002. Newly discovered reproductive isolation reveals sympatric populations of *Esox lucius* in the Baltic. *Journal of Fish Biology* 61, 1647-1652.

Kan fiskeproteiner forhindre bakterier i at klistre til overflader?

NETE BERNBOM OG
LONE GRAM

DTU Aqua
Sektion for akvatisk
mikrobiologi og hygiejne

FISKESUPPE MOD BAKTERIER Bakterier er gode til at sætte sig fast på f.eks. maskiner i fødevareindustrien og på hospitalsudstyr, og de er svære at fjerne ved almindelig rengøring. Smittefarlige bakterier kan på den måde overføres til mad og mennesker. Derfor er man interesseret i at udvikle overfladetyper, som bakterier ikke kan hæfte sig på. Vi opdagede på DTU Aqua, at bakterier har sværere ved at sætte sig fast på ståloverflader dyppet i fiskesuppe end på overflader dyppet i saltvand. De seneste fire år har vi sammen med DTU-institutterne Systembiologi og RISØ samt Interdisciplinært Nano Science Center ved Aarhus Universitet undersøgt, hvorfor fiskesuppen får bakterier til at holde sig væk.

Bakterier svømmer rundt i vand og væsker, men foretrækker egentlig at sætte sig fast på overflader. Det gør de, dels fordi der ofte er næringsstoffer til dem i en overfladefilm, og dels fordi de bliver beskyttet ved at klistre sammen på overflader. Det kan f.eks. være på skibe og havnekajer, på hospitalernes slanger og udstyr og på maskiner i fødevareindustrien.

Bakterier på sådanne overflader kan være vanskelige at fjerne ved almindelig rengøring og desinfektion. Det betyder, at hospitalsudstyr med fastsiddende bakterier kan være en smitekilde for patienterne, og at produktionsudstyr i en fødevareproduktion kan være en forureningskilde i forhold til fødevarer. Vi taler altså om bakterier, der, hvis uheldet er ude, kan gøre folk syge, eller som kan fordærve fødevarer.

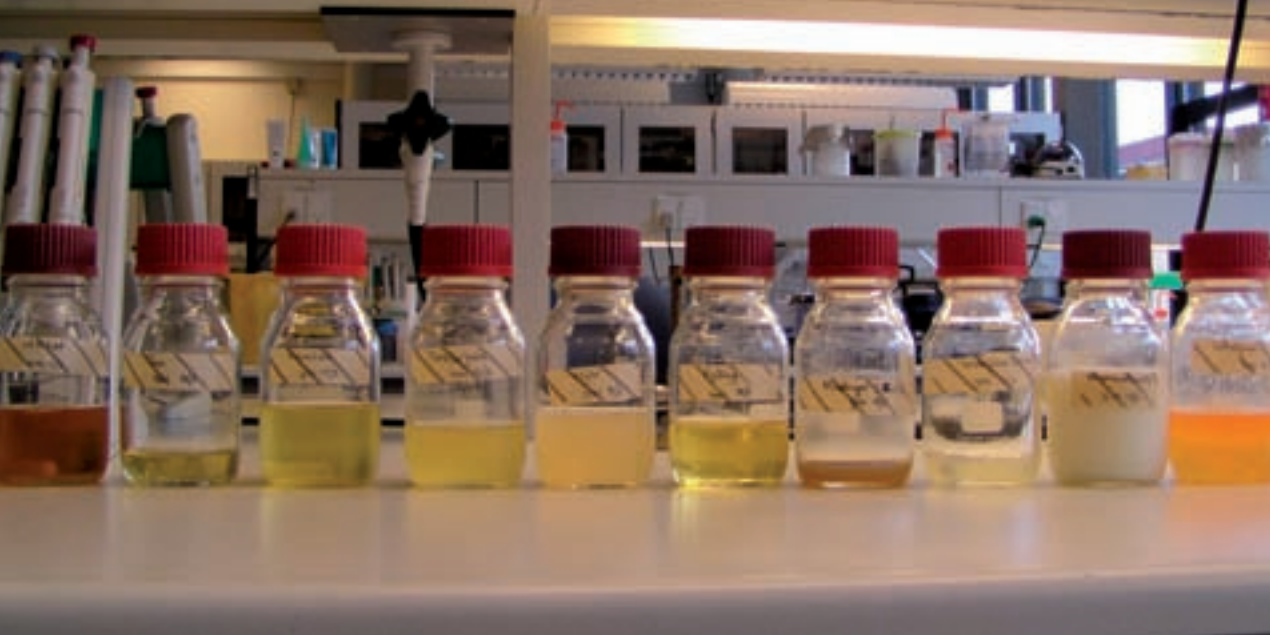
Flere af de bakterier, der kan forårsage sygdom via vores madvarer, forekommer naturligt i

de dyr og planter, vi bruger til at fremstille madvarerne af. Det betyder, at man i fødevareproduktionen må være meget omhyggelig med at anvende processer, der slår bakterierne ihjel. Samtidigt skal man forhindre, at bakterier fra råvarerne får mulighed for at spredes i produktionen til de færdige varer. Det sidste er svært.

Biofilm af bakterier

Mange bakterier foretrækker som før nævnt at klistre sig fast til overflader, fordi der ofte er et tyndt lag af næring på sådanne overflader. Hvis ikke bakterierne fjernes, vil de formere sig og danne såkaldte biofilm. I fødevareindustrien bruger man meget tid på at fjerne fasthæftede bakterier og biofilm, fordi de fasthæftede bakterier ellers kan rive sig løs under produktion og forurene de fødevarer, der bliver produceret.

Eksempler på sygdomsfremkaldende bakterier er *Salmonella* og *Listeria monocytogenes*, som



i nogle produktioner kan sætte sig fast og forurene de færdige produkter. I procesanlæg kan biofilm med bakterier tilstoppe rørledninger og filtre og endda ødelægge procesudstyret.

Bakteriernes evne til at sætte sig fast og danne biofilm på overflader gør dem i stand til at overleve og blive siddende i produktionsanlæg. Man mener, at bakterier, der sidder godt fast, bliver mere modstandsdygtige over for rengørings- og desinfektionsprocedurer. Man vil derfor gerne designe og udvikle nye typer af overflader, der kan forhindre bakterierne i at sætte sig fast, eller overflader, hvor det er let at fjerne bakterierne. Man kan indstøbe bakteriedræbende stoffer i materialer, men det kan have den bivirkning, at bakterierne bliver resistente over for stoffet.

Uventet opdagelse fører til patent

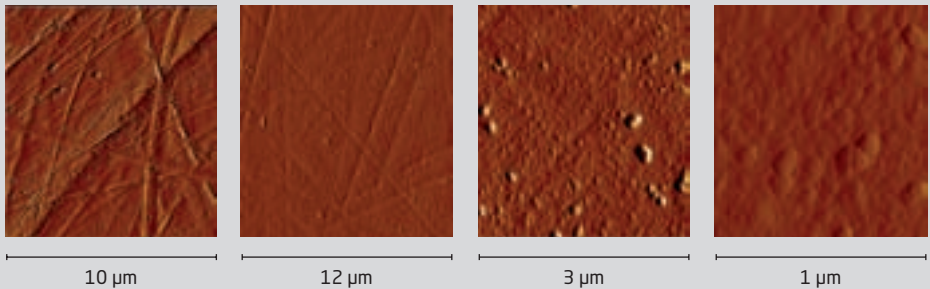
På DTU Aqua har vi længe arbejdet sammen

med fødevarerindustrien om metoder, der kan forhindre, at bakterier sætter sig fast. For at gøre vores laboratorieforsøg så realistiske som muligt bruger vi forskellige fiskeekstrakter til at dyrke og undersøge bakterier i. I 2004 gjorde vi en uventet og meget interessant opdagelse. Når vi dyppede en ståloverflade i torskesuppe og derefter i bakterier, satte der sig færre bakterier fast, end hvis vi havde dyppet ståloverfladen i saltvand eller i nogle af de laboratoriestrakter, vi bruger til at dyrke bakterier i.

Vi havde forventet præcis det modsatte. Nemlig at fiskesuppen tiltrak bakterierne. Bakterierne voksede vældig godt i selve fiskesuppen, så de færre fasthæftede bakterier skyldtes ikke en bakteriedræbende effekt. At vi kunne mindske bakterieantallet på en overflade uden at slå bakterierne ihjel har dannet grundlag for DTU Aquas første og eneste patent (Gram et al., 2005).

FIGUR 1

Atomic Force Mikroskopi billeder af rå, ubehandlet stål (billedet til venstre) og stål dyppet i fiskesuppe (de tre billeder til højre).
Foto: Rikke Louise Meyer



Samtidig dannede opdagelsen basis for et forskningsprojekt kaldet ”Anti-fouling fish”. I projektet undersøgte vi, hvad det er i fiskesuppen, der forhindrer bakterierne i at sætte sig fast. Projektet, der sluttede 31. december 2008, var et større samarbejdsprojekt mellem DTU Aqua, de andre DTU-institutter RISØ og Systembiologi og Interdisciplinært Nano Science Center (iNANO) ved Aarhus Universitet.

Vores tanke var, at hvis der eksisterede en speciel fiskekomponent, så kunne man udvinde den og måske fremstille specielle bakterieafvisende overflader. Sådanne overflader ville formentlig kunne bruges ikke bare i fødevareresektoren, men også i for eksempel den medicinske og den farmaceutiske industri. Det skulle selvfølgelig helst være en komponent, der kunne fremstilles og bruges, uden at det hele ville komme til at lugte af fisk!

Fiskesuppe under mikroskop

Vi lagde ud med at undersøge, hvordan en overflade dyppet i en tynd torskesuppe ser ud. Risø og iNANO brugte et meget kraftigt mikroskop, et såkaldt Atomic Force mikroskop (AFM), til at studere overfladen med fiskeeks-

traktet. AFM er en mikroskopteknik, hvor overfladen skannes med en probe (som kan opfattes som en gammeldags pickup til en grammofon), der populært sagt er sat til en bestemt massetiltrækning. På den måde kan man tegne et kort over overfladen ned i nanometer skala.

Fiskesuppen dannede en tynd, jævn hinde (figur 1). Kemiske analyser af det fem nanometer tykke fiskesuppelag viste, at det helt som forventet bestod af proteiner. Fisk og dermed fiskesuppe består af mange forskellige slags proteiner, og for at finde ud af, hvor det var, vi skulle finde det bakterieafvisende stof, opdelte vi proteinerne i forskellige fraktioner. Vi adskilte dem efter størrelse og elektrisk ladning. Da vi testede de opdelte ekstrakter, var det dog ikke klart, hvor effekten var gemt.

En af vores samarbejdspartnere, ph.d.-studerende Rebecca Munk Vejborg, forsøgte sig derfor med en lidt omvendt tilgang. Hun dyppede en overflade i fiskesuppe, og vaskede derefter overfladen med et sæbestof (SDS), der fjerner protein. Den vaskede overflade var ikke længere bakterieafvisende. Den afvaskede fiskesuppe blev undersøgt, og det viste sig, at der var en væsentlig proteinkomponent tilbage. Den blev

isoleret, og sammensætningen af aminosyrer viste, at den aktive komponent i fiskeekstrakt var proteinet alfa tropomyocin, som er et almindeligt muskelprotein (Vejborg et al., 2008).

Proteiner fra andre fødevarer

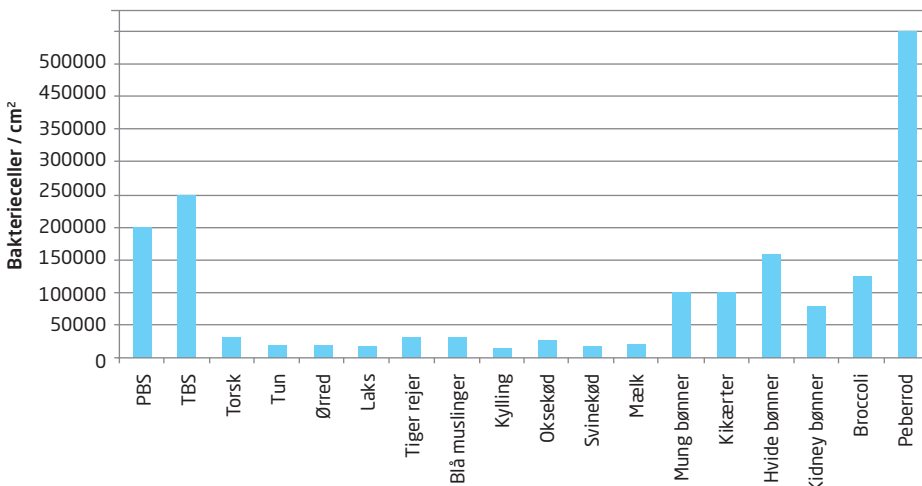
Det fik os til at undersøge, om også proteinholdige supper fra andre fødevarer kunne have en effekt på bakterienes evne til at sætte sig fast. Det viste sig, at fødevarer med muskelproteiner mindskede bakteriers fasthæftelse til overflader på helt samme måde om fiskesuppen gjorde det (Bernbom et al., 2009), mens ekstrakter fra grøntsager ikke havde samme effekt (figur 2).

Figur 2 viser antallet af fasthæftede bakterier (angivet pr. kvadratcentimeter) på en ståloverflade dypet i ekstrakter fra forskellige madvarer. Til venstre er medtaget to kontrolprover, nemlig saltvand (PBS) og laboratoriesubstrat (TSB). Vi har brugt den fiskefordærvende bakterie *Pseudomonas fluorescens* AH2 som eksempel.

Umiddelbart skulle man tro, at bakterier ville sætte sig bedre fast på en overflade smurt ind i en suppe af mad. Men der sker altså det omvendte. Vi har i projektet forsøgt at undersøge, hvorfor muskelprotein kan tænkes at have en sådan bakterieafvisende effekt.

Hvorfor virker det?

Som man kan se i figur 3, så vil en vanddråbe stå spændt på en overflade uden fisk, men smatte helt ud på en overflade dypet i fiske-suppe. Fiskeekstraktet ændrer altså overfladespændingen og gør overfladen mere hydrofil (vandelskende). Andre forskere har vist, at en sådan ændring kan hæmme bakteriers fasthæftelse (Brooks & Flint, 2008). Man kan næsten forestille sig, at de har svært ved at hænge fast. Den hæmmende effekt kan også skyldes det nanometer tynde lag af proteiner, som sidder på overfladen (figur 1) og fysisk forhindrer bakterierne i at få fat.



FIGUR 2

Fasthæftelse af *Pseudomonas fluorescens* AH2 til stål dypet i forskellige levnedsmidelestrakter.

Endelig kan den hæmmende effekt skyldes, at overflader med fiskeproteiner er negativt ladede og dermed vil frastøde bakterier, som ofte også er negativt ladede på overfladen. Vi har ikke fundet et entydigt svar på, hvorfor fiskesuppe mindsker bakteriers evne til at sætte sig fast på en overflade, og det skyldes muligvis også en kombination af flere faktorer.

Vi har undersøgt, om fiskesuppens (proteiner-nes) bakterieafvisende effekt kun ses over for bestemte bakterier, eller om det virker over for mange forskellige bakterier. Vi har undersøgt både bakterier, der giver sygdom hos mennesker (bl.a. *Staphylococcus aureus* og *Pseudomonas aeruginosa*), og bakterier, der kan give sygdom hos fisk (bl.a. *Vibrio anguillarum* og *Aeromonas salmonicida*). For alle de undersøgte bakterier fandt vi, at antallet af fasthæftede bakterier blev reduceret markant på overflader dyppet i fiskeekstrakt (figur 4). Vores studier tyder også på, at effekten bevares i mindst tre uger.

Hvor kan det bruges?

Vi var i projektet også interesseret i en eventuel bredere anvendelse af et princip, der kan mindske fasthæftelse af bakterier. På hospitaler

er man meget opmærksom på, at bakterier kan sætte sig på de plastikslanger, der bruges i katetre, til dræn eller ved intravenøse behandlinger. Man ved f.eks., at bakterien *E. coli* nemt sætter sig på katetre og kan give urinvejsinfektioner. I projektet har vi vist, at hvis den plastikslange, der bruges til katetre, skylles med fiskesuppe, så mindskes antallet af *E. coli*-bakterier, der sætter sig fast (Vejborg og Klemm, 2008).

Bakterier vil altid prøve at hæfte sig til overflader og danne biofilm, fordi de derved får bedre betingelser i form af flere næringsstoffer og bedre beskyttelse. Vores projekt har vist, at bakteriernes fasthæftning og den senere dannelse af biofilm kan udskydes, hvis overfladen behandles med fødevarerproteiner.

Disse proteiner er ufarlige, og vores forsøg har vist, at proteinerne ikke hæmmer bakteriernes vækst. Det betyder, at bakterierne formentlig ikke vil udvikle resistens mod proteinerne. Hvis man kan stabilisere sådanne proteiner på overflader og forhindre, at de nedbrydes af enzymer eller rengøring, kan man formodentlig skabe overflader, som er mere hygiejniske end overflader uden en tilsvarende behandling.

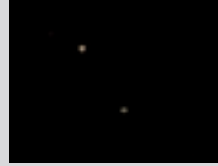
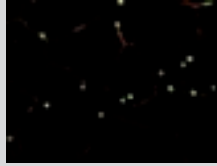
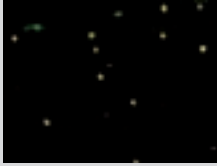
FIGUR 3

Overfladespænding på stål uden ekstrakt (venstre billede), dyppet i laboratoriestræt (højre) og i fiskeekstrakt (nederste billede).

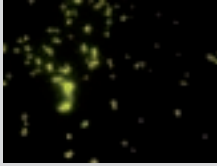
Foto: Rebecca Munk Vejborg.



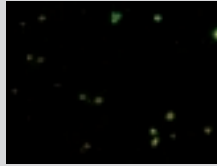
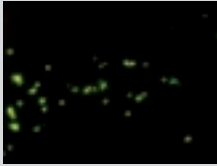
*Staphylococcus
aureus*



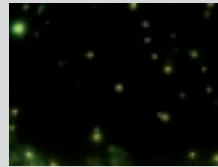
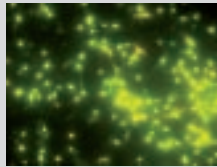
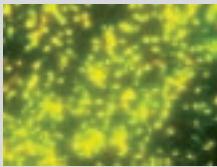
*Pseudomonas
aeruginosa*



*Vibrio
anguillarum*



*Aeromonas
salmonicida*



FIGUR 4

SYBR Gold farvning af bakterier fasthæftet til stål dyppet i laboratoriestrøbet 1:7 TSB (venstre), saltvand (midte) eller fiskeekstrakt (højre) efter 24 timer ved stuetemperatur.

Litteratur

Bernbom, N., Jørgensen, R.L., Ng, Y.Y., Meyer, R.L., Kingshott, P., Vejborg, R.M., Klemm, P., Besenbacher, F., Gram, L., 2006. Bacterial adhesion to stainless steel is reduced by aqueous fish extract coatings. *Biofilms*, vol. 3, side 25-36.

Bernbom, N., Ng, Y.Y., Jørgensen, R.L., Arpanaei, A., Meyer, R.L., Kingshott, P., Vejborg, R.M., Klemm, P., Gram, L. 2009. Adhesion of food borne bacteria to stainless steel is reduced by food conditioning films. *Journal of Applied Microbiology*, vol. 106, side 1268-79.

Brooks, J.D., Flint, S.H., 2008. Biofilms in the food industry: problems and potential solutions. *International Journal of Science and Technology*, vol. 43, side 2163-2176.

Gram, L., Bagge D., Fonnesbech Vogel B., 2005. Composition and method for controlling microbial adhesion and biofilm formation of surfaces. Serial No. 2003218628. Supplement to Official Journal of Patens. 24th November 2005

Vejborg, R., Bernbom, N., Gram, L., Klemm, P., 2008. Anti-adhesive properties of fish tropomyosins. *Journal of Applied Microbiology*, vol. 105, side 141-150

Vejborg, R.M. Klemm, P., 2008. Blocking of bacterial biofilm formation by a fish protein coating. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 74, side 3551-3558.

www.aqua.dtu.dk

- 2 THOMAS KJØRBOE
Havets usynlige liv
- 14 MARIE STØRR-PAULSEN, BASTIAN HUWER, THOMAS WARNAR, LINE BØTTIGER,
OG CAROLINE-MARIE V. MADSEN
**Den invasive *Mnemiopsis*-ribbegople
i østersøtorskens gydeområde**
- 24 ANNA RINDORF
Torsk og klima i Nordsøen
- 32 LENE JACOBSEN, CHRISTIAN SKOV, SØREN BERG, ANDERS KOED OG PETER FOGED LARSEN
Gedder i brakvand - bestandsophjælpning ved udsætning
- 40 NETE BERNBOM OG LONE GRAM
Kan fiskeproteiner forhindre bakterier i at klistre til overflader?