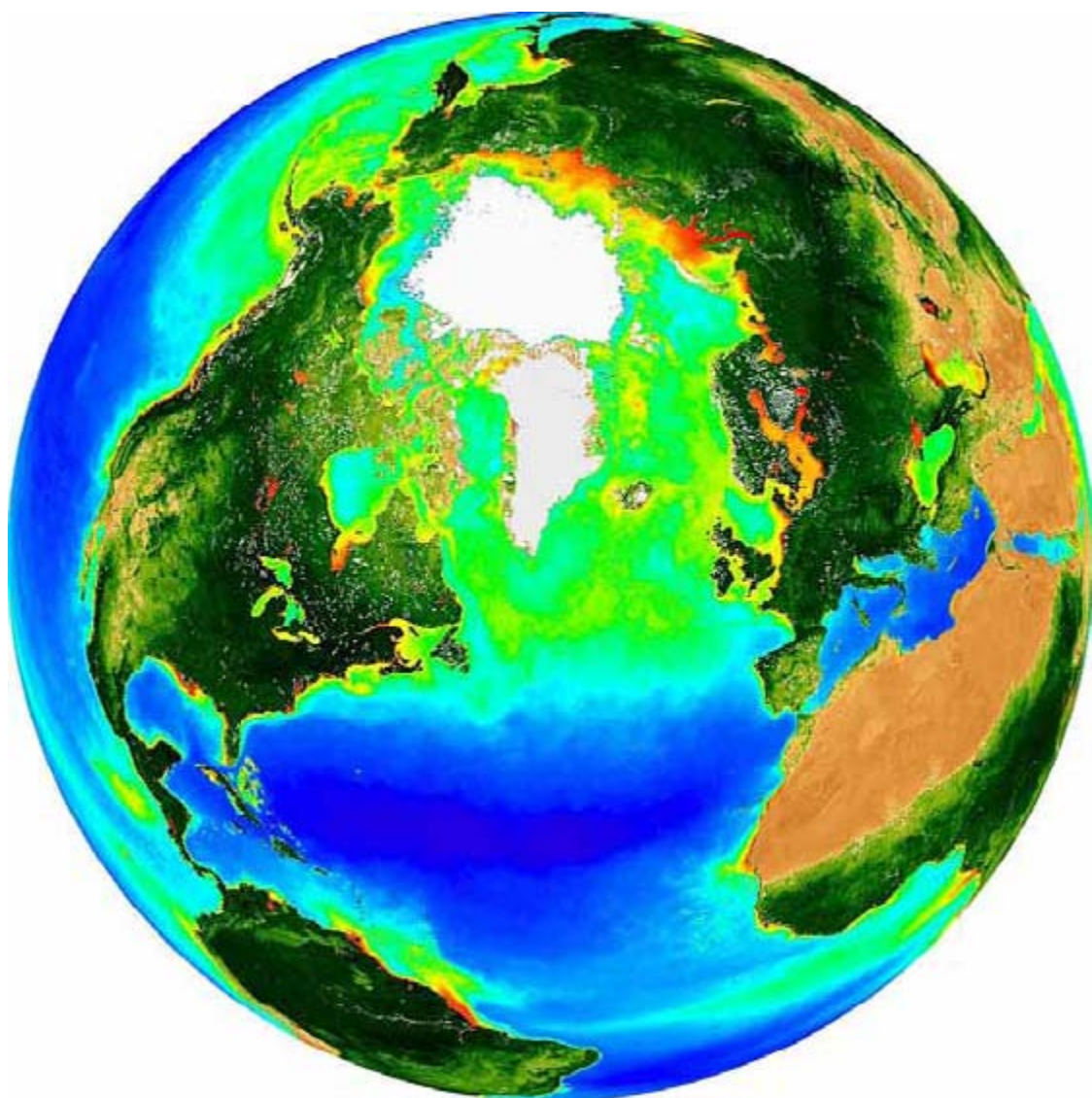


Nordatlantiske havøkosystemer under forandring - effekter af klima, havstrømme og fiskeri



Søren Anker Pedersen

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havøkologi og Akvakultur
Kavalergaarden 6
2920 Charlottenlund

ISBN: 87-90968-97-2

DFU-rapport 157-05

Forsidebillede:

Jordkloden med fokus på Nordatlanten i en sommersituation. Sammensat satellitbillede fra NASAs "Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor" (SeaWiFS) projekt, baseret på gennemsnit af daglige data med opløsning på 9 km. Rød farve indikerer områder med højest klorofyl koncentration, blå farve har mindst klorofyl-koncentration, mens gule og grønne farver har mellemliggende klorofyl-koncentrationer.

Indhold:

Forord.....	5
Liste over publikationer som jeg især refererer til i sammenfatningen	6
1. Generel indledning.....	8
1.1 Global forandring	8
1.2 Havøkosystemer under forandring.....	11
1.3 Nordatlantiske havøkosystemer under forandring	12
1.4 Formål og indhold	14
2. Fiskeriundersøgelser og fiskeriets udvikling ved Vestgrønland	16
2.1 Fiskeriundersøgelser ved Vestgrønland	16
2.2 Fiskeriets udvikling	18
2.2.1. Torskefiskeriet	18
2.2.2. Rejefiskeriet.....	20
2.3 Fiskeri på andre arter	21
3. Fra fisk til skaldyr.....	22
3.1 Overfiskeri	22
3.2 Langsom vækst	22
3.3 Artsinteraktioner.....	23
3.4 Klima	24
4. Rekruttering	27
4.1 Rekrutteringsprocessen for torsk.....	29
4.1.1 Historiske hydrografi- og planktonundersøgelser	30
4.2 Rekrutteringsprocessen for rejer.....	36
4.2.1 Rejelarvers udbredelse og udvikling.....	39
4.2.2 Rejelarvers fysisk-biologiske habitat	41
4.2.3 Rejelarvers transport med havstrømme.....	48
4.2.4 Rekruttering og årgangsstyrker	52
4.2.5 Konklusion.....	53
5. Struktur og dynamik i det vestgrønlandske havøkosystem.....	55
5.1 Det pelagiske fødenet – de lavere trofiske niveauer	55
5.2 Artsinteraktioner på højere trofisk niveau	63
6. Biologisk rådgivning og forvaltning af fiskeriressourcer	68
6.1 Biologisk rådgivning for udnyttelse af de grønlandske rejer	68
6.2 Biologisk rådgivning for tobisfiskeri i Nordsøen	74
6.3 Generelle problemer og udfordringer i forvaltning af fiskeriressourcer	78
7. Forvaltning af havøkosystemer	82
7.1 Grønland	83
7.2 Færø-plateau.....	85
7.3 Bæredygtig udnyttelse af havets levende ressourcer og sikring af miljø.....	87
8. Biologisk mangfoldighed, genetisk variation og populationsregulering	93
9. Indikatorer for bæredygtighed og udvikling i havøkosystemer.....	97
9.1 Indikatorer og økosystembaseret fiskeriforvaltning.....	97
9.2 Rejer som indikator for udvikling i havøkosystemer	100
10. Perspektiver for økosystembaseret tilgang til forvaltning af havressourcer.....	103
11. Konklusion	107
12. Referencer	109
13. Appendiks	122

Forord

Denne rapport er en dansksproget perspektivering og sammenfatning af forskning og forskningsresultater beskrevet i 23 udvalgte engelsksprogede originalafhandlinger (1-15) og rapporter (16-23).

Rapporten sammenfatter og perspektiverer resultater af forskningsprojekter jeg har udført ved Grønlands Naturinstitut/Grønlands Fiskeriundersøgelser, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Danmarks Miljøundersøgelser og Universitetet i Tromsø i perioden 1985-2004. Rapporten viderefører forskningsresultater beskrevet i min Phd-afhandling fra 1995: "Dødelighed på rejer (*Pandalus borealis*) og artsinteraktioner på de udenskærs vestgrønlandske rejefelter".

En lang række mennesker har på forskellig måde bidraget og muliggjort dette arbejde. Mange er takket i de publicerede artikler - jeg undskylder de der er blevet glemt. Fra min tid ved Grønlands Fiskeriundersøgelser, før lukning den 1. januar 1995 og oprettelsen af Grønlands Naturinstitut, vil jeg især fremhæve Svend-Åge Horsted og Erik L.B. Smidt for i kraft af deres personligheder, fortællelyst og publikationer, at have givet mig inspiration og interesse for forskning i havøkosystemerne ved Grønland. Fra denne periode vil jeg også takke min medforfatter canadieren Jake C. Rice for inspiration og et godt samarbejde, samt Villy Christensen for inspiration og hjælp i forbindelse med ECOPATH modellering.

I forbindelse med projektet "Hydrografiske og biologiske processers betydning for variationer i rekrutteringen til reje- og fiskebestandene ved Vestgrønland", som jeg var projektleder for i perioden 1999-2003, vil jeg især takke Peter Munk, Claus S. Simonsen, Mads H. Ribergård, Tone Rasmussen, Lars Storm, Nina Reuss, Louise K. Poulsen og Nikoline Hansen for godt samarbejde. Projektets styregruppe bestående af Helge A. Thomsen, Erik Buch, Kurt Tande og Katherine Richardson bidrog til projektets succes. Opbakning fra mine kolleger ved Grønlands Naturinstitut, især Klaus H. Nygård, Helle Siegstad og Stig Lage var en forudsætning for projektets gennemførelse.

Min forskning er blevet økonomisk støttet fra en række forskningsråd: *Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland* (1997), *Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd* (1996, 1999-2002), *Nordisk Ministerråd* (2003), *Grønlands Hjemmestyres Forskningsråd* (2003) og *Carlsbergfondet* (2004). Jeg takker nævnte forskningsråd for den opnåede projektstøtte, og især *Carlsbergfondet* for at muliggøre tilblivelsen af denne sammenfatning af min forskning. Peter Munk og Thomas Kiørboe vil jeg takke for konstruktiv kritik af kapitel 4 og 5. Uffe Wilken takker jeg for gennemlæsning af hele mit manuskript og for opmuntrende kommentarer. Endelig tak til min kone arkitekt/lærer Rikke Winther for anderledes vinklede kommentarer til sammenfatningen og for god veltillavet mad - med enkelte svipsere undervejs.

Jeg har forsøgt at skrive sammenfatningen på såkaldt "gymnasie-niveau", dvs. ud fra et ønske om at formidle mit forskningsfelt og min forskning til studerende og undervisere på gymnasier og højere læreanstalter, såvel som til en bred kreds af interesserede borgere i samfundet. Noget den danske regering, med nedsættelsen af *Tænketanken vedrørende forståelse for forskning* fra maj 2003, lægger vægt på at forskere gør i større omfang.

Søren Anker Pedersen, København, d. 8. oktober 2004

Liste over publikationer som jeg især refererer til i sammenfatningen

Sammenfatningen refererer især til 15 såkaldt 'peer reviewed' originalafhandlinger, 6 ikke 'peer reviewed' rapporter og 2 'peer reviewed' rapporter [1..23]. [1-4] indgik i min phd-afhandling fra 1995.

'Peer reviewed' originalafhandlinger

- [1] Pedersen, S.A. & F. Ríget. 1993. Feeding Habits of Redfish (*Sebastes mentella*) and Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in West Greenland Waters. ICES Journal of Marine Science, 50:445-459.
- [2] Pedersen, S.A. 1994. Shrimp trawl catches and stomach contents of redfish, Greenland halibut and starry ray from West Greenland during a 24-hour cycle. Polar Research 13(2):183-196.
- [3] Pedersen, S.A. 1995. Feeding habits of starry ray (*Raja radiata*) in West Greenland waters. ICES Journal of Marine Science, 52:43-53.
- [4] Pedersen, S.A. & P. Kanneworff. 1995. Fish on the West Greenland shrimp grounds, 1988-1992. ICES Journal of Marine Science, 52: 165-182.
- [5] Pedersen, S.A. 1994. Population Parameters of the Iceland Scallop (*Chlamys islandica* (Müller)) from West Greenland. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, 16: 75-87.
- [6] Pedersen, S.A. 1998. Distribution and lipid composition of *Pandalus* shrimp larvae in relation to hydrography in West Greenland waters. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 24:39-60.
- [7] Pedersen S.A., P. Lewy & P. Wright.1999. Assessments of the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea based on revised stock divisions. Fisheries Research 41(3):221-241.
- [8] Pedersen, S.A., & E.L.B. Smidt. 2000. Zooplankton distribution and abundance in West Greenland waters, 1950-1984. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 26:45-102.
- [9] Pedersen, S.A. & J. Rice. 2002. Dynamics of fish larvae, zooplankton, and hydrographical characteristics in the West Greenland Large Marine Ecosystem 1950-1984. Chapter 5 in: Sherman, K. & H. R. Skjoldal (Eds.). Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability. Elsevier, Amsterdam: 151-193.
- [10] Pedersen, S.A., C.S. Simonsen, & L. Storm. 2002. Northern shrimp (*Pandalus borealis*) recruitment in West Greenland waters. Part I. Distribution of *Pandalus* shrimp larvae in relation to hydrography and plankton. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 30:19-46.
- [11] Pedersen, S.A. & L. Storm. 2002. Northern shrimp (*Pandalus borealis*) recruitment in West Greenland waters. Part II. Lipid classes and fatty acids in *Pandalus* shrimp larvae: implications for survival expectations and trophic relationships. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 30: 47-60.
- [12] Storm, L. & S.A. Pedersen. 2003. Development and drift of northern shrimp larvae (*Pandalus borealis*) at West Greenland. Marine Biology 143, 1083-1093.
- [13] Buch, E., S.A. Pedersen & M.R. Ribergaard. 2004. Ecosystem variability in West Greenland waters. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science Vol. 34: 13-28.
- [14] Ribergaard, M.H., S.A. Pedersen, B. Ådlandsvik & N. Kliem. 2004. Modelling the ocean circulation on the West Greenland shelf with special emphasis on northern shrimp recruitment. Continental Shelf Research, Continental Shelf Research 24/13-14, 1505-1519.

- [15] Pedersen, S.A., M.H. Ribergaard, & C.S. Simonsen. 2004. Micro- and mesozooplankton in Southwest Greenland waters in relation to environmental factors. *Journal of Marine Systems* 56: 85-112.

Ikke 'peer reviewed' rapporter

- [16] Jørstad, K.E. & S.A. Pedersen 1986. Discrimination of herring populations in a northern Norwegian fjord: Genetic and biological aspects. ICES CM 1986/H:63 Pelagic Fish Committee. 30p.
- [17] Pedersen, S.A. 1998. Fishery. Page 205-210 in: Holten-Andersen, J., Christensen, N., Kristiansen, L.W., Kristensen, P. & Emborg, L. (Eds.) (1998): The State of the Environment in Denmark, 1997. National Environmental Research Institute, Denmark. NERI. Technical Report No. 243, 288 p.
- [18] Pedersen, S.A. & D. Zeller. 2001. A mass balance model for the West Greenland marine ecosystem. In: Guenette, S., Christensen, V. & Pauly, D. (eds). Fisheries impacts on North Atlantic Ecosystems: Models and Analyses. Fisheries Centre Research Reports 9(4): 111-127.
- [19] Petersen, H., H. Meltofte, S. Rysgaard, M. Rasch, S. Jonasson, T.R. Christensen, T. Friberg, H. Søgaard, & S.A. Pedersen. 2001. The Arctic. Chapter 20 in Climate Change Research - Danish Contributions (eds. Jørgensen, A.-M. & J. Fenger). Danish Meteorological Institute. DMI Ministry of Transport. Gads Forlag. 303-330.
- [20] Pedersen, S.A. & B. Bergström (Editors). 2003. Proceedings of the Workshop on "Coupling biological models to ocean circulation models of the seas of Greenland, Iceland, and Norway with special emphasis on northern shrimp (*Pandalus borealis*) recruitment", Held 7-9 October 2002 at the Danish Meteorological Institute, Copenhagen, Denmark. 52p. (Published on-line: www.norden.org/fisk/sk/index.asp).
- [21] Pedersen, S.A, M.H. Ribergaard & C.S. Simonsen. 2003. Micro- and mesozooplankton in Southwest Greenland waters - Juni 1999, May and July 2000. Greenland Institute of Natural resources, Technical Report no.53. 59p.

'Peer reviewed' rapporter

- [22] Pedersen, S.A., J. Madsen & M. Dyhr-Nielsen (ed.). 2004. Global International Water Assessment (GIWA) - Greenland - GIWA regions 1, 15, and 16. September 2004. Report for the National Environmental Research Institute. 88p. plus appendix. (Publiceret on-line: www.giwa.net).
- [23] Pedersen, S.A., J. Madsen & M. Dyhr-Nielsen (ed.). 2004. Global International Water Assessment (GIWA) – Faroe Plateau - GIWA region 13. September 2004. Report for the National Environmental Research Institute. 52p. plus appendix. (Publiceret on-line: www.giwa.net).

1. Generel indledning

1.1 Global forandring

Begrebet globalisering hører vi alle dagligt om i medierne og i samfundsdebatten. Det handler om, at det der sker hos os i vores lokalområde, er påvirket af det der sker andre steder på jordkloden. Vi kan via medierne følge med i alt hvad der sker på kloden. Økonomisk krise et sted på kloden kan få indflydelse på vores egen økonomi ved, at vi i værste fald mister jobbet, og sygdom et sted på kloden kan spredes til os osv. Vi bliver stadig tættere integreret globalt - politisk, økonomisk, miljømæssigt og teknologisk. Hver dag foretager vi os handlinger eller tager beslutninger, som har følger tusinder af kilometer borte, og vi er tilsvarende berørt af og afhængige af andre menneskers handlinger, langt fra os (Hesseldahl, 1999, 2002). Vi fungerer i stigende grad som ét sammenhængende system, som ingen kan holde sig ude fra - vi lever i en global og foranderlig verden. Samfundet og det enkelte menneske må søge nye bærende værdier (f.eks. Bjerre, 2001; Thielst, 2003).

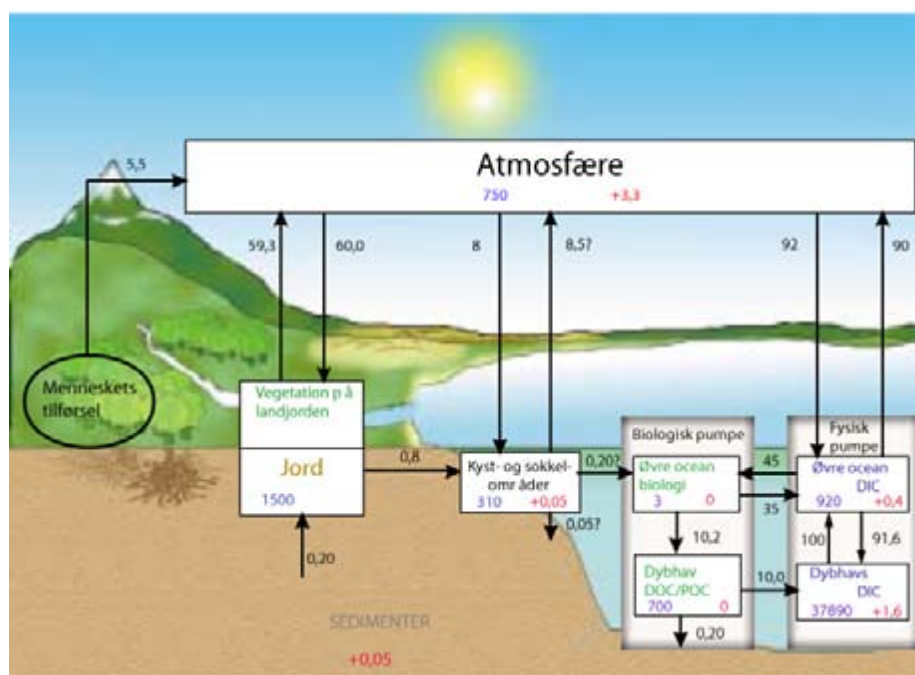
Den naturvidenskabelige opfattelse af begrebet globalisering er i høj grad blevet næret af Gaia teorien, som blev udviklet af første fremmest den engelske kemiker James Lovelock (Lovelock, 1995; Bunyard, 1996). Ifølge Gaia teorien kan jordkloden betragtes som en slags superorganisme med sit eget selvregulerende fysiologiske system, som bl.a. sørger for en nogenlunde konstant temperatur. Dvs. der er en stadig selvregulerende balance imellem det levende og ikke levende miljø, der gør det muligt for organismerne at opretholde livet. Lovelock udviklede Gaia teorien på baggrund af bl.a. den observation, at jordklodens atmosfære består af en ustabil blanding af reaktive gasser (79 % kvælstof, 20,7 % ilt, 0,04 % kuldioxid og spor af metan, ozon, klor-fluor-kulstof-forbindelser, kvælstof-ilter, m.fl.) i modsætning til atmosfæren på kemisk døde planeter som Mars og Venus, hvor atmosfæren er stabil og stort set uden ilt. Den konstante kemiske sammensætning af Jordens atmosfære, som gør at vi kan leve og "ånde", opretholdes kun fordi Jordens atmosfære til stadighed omsættes og udveksles af og mellem alle jordklodens økosystemer og organismer i komplicerede selv-regulerende "feedback" systemer. Gaia teorien berører den dualisme, der eksisterer mellem at tilegne sig forståelse af verden "reduktionistisk", dvs. ved undersøgelse af de enkelte dele ned til deres mindste bestanddele, og "holistisk" dvs. som systemer i deres funktionelle helhed.

Gaia teorien har haft stor naturvidenskabelig betydning ikke mindst i den aktuelle forskning i drivhuseffekten. Det store spørgsmål, er hvordan jordkloden, "superorganismen", reagerer på den menneskeskabte stigning i atmosfæren af først og fremmest CO₂. Jordkloden er i høj grad under forandring ikke mindst som følge af atmosfærens øgende indhold af drivhusgasser med deraf stigende temperatur og ændringer i klimaet (IPCC, 2001; Steffen et al., 2004).

Over de sidste 100 år er klodens gennemsnitstemperatur steget med omkring 0,75 °C, men stigningen er ikke jævnt fordelt over hele kloden (Hansen et al., 1999a, 2002). I Danmark er temperaturen over de sidste 100 år "kun" steget med omkring 0,5 °C (Anon., 2003a). Modelberegninger for udviklingen i jordklodens klima frem mod 2100 viser stigninger i den globale middeltemperatur på mellem 1,4–5,8 °C og store regionale klima forskelle (IPCC 2001). De største ændringer beregner klimamodellerne til at ville ske på høje breddegrader (Stendel et al., 2001; Barber, 2003). Nedbørsforholdene beregnes til at ændres mod forøget nedbør om vinteren og reduktion om sommeren uden for troperne (Christensen & Christensen, 2001). Ifølge modelberegninger vil de polare egne få en kraftig stigning i nedbøren, mens subtropiske områder får en reduktion. Det er imidlertid usikkert, hvor store ændringerne bliver, hvor hurtigt de vil forløbe, og hvordan de vil blive fordelt på Jorden.

Hvad der især mangler viden om er konsekvenserne af klimaforandringerne for de biologiske systemer, økologien og de menneskelige samfund (Steffen et al., 2004). Hvordan vil den globale opvarmning påvirke plantevæksten? Hvordan vil dyrene blive påvirket? Vil frekvensen af naturkatastrofer øges? Hvilke områder kan blive ramt af tørke og hvilke af oversvømmelser? Vil havene stige og oversvømme byer, som følge af isafsmeltning fra gletsjere og polernes isdækker (Grønlands indlandsis)?

Oceanerne dækker omkring 71 % af jordkloden, og de dybere dele af oceanerne holder det største lager af kulstof på kloden, bortset fra landjordens (undergrundens) sedimenter og bjergarter (Fig. 1). Størstedelen af jordens kulstofomsætning sker i fysisk udveksling mellem atmosfæren og havet (den fysiske pumpe), samt i havet gennem havets organismer, fødekæder, opløste organiske og uorganiske forbindelser (den biologiske pumpe, Fig. 2). De mest betydningsfulde organismer for klodens kulstofbalance og kredsløb er de mindste og talrigeste - nemlig mikroorganismerne (bakterier, Archaea, vira) (Azam & Long, 2001; Kiørboe, 2003; Azam & Worden, 2004). Havet er så at sige menneskets første forsvar mod den menneskeskabte udledning af bl.a. kuldioxid.



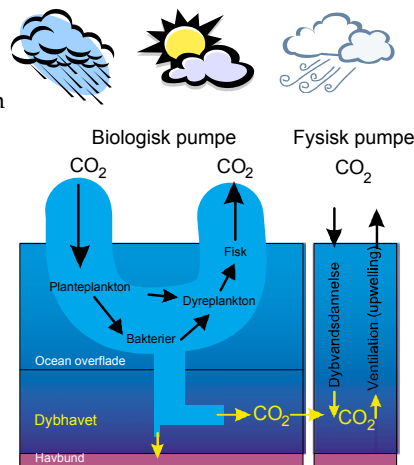
Figur 1. Det globale kulstofkredsløb (Modificeret efter Baliño *et al.*, 2001). Middel årlig transportstrøm mellem kulstofpuljer angivet i petagram (1 petagram, Pg = 1 gigaton = 1000 millioner tons) kulstof pr. år (Pg C år⁻¹). Tal med blåt i boksene angiver den globale opførelse i Pg C, mens tallene med rødt viser den årlige middelforøgelse, som følge af menneskets tilførsel. Transportstrømme ved kyster og kontinentalsokler er usikkert bestemt. Tallene er fra IPCC analyser fra 1995 suppleret med resultater fra projektet "Joint Global Ocean Flux Study" (JGOFS). POC = "partikulært organisk kulstof"; DOC = "opløst organisk kulstof"; DIC = "opløst uorganisk kulstof".

En af de største ubekendte i den globale opvarmning er, hvor meget af den menneskeskabte "overskuds" CO₂ Jorden kan optage (dvs. fjerne fra atmosfæren ved fysiske og biologiske processer). Modelberegninger har vist at systemerne på landjorden og i oceanerne i dag

tilsammen optager lidt over halvdelen af den tilførte CO_2 (Steffen et al., 2004). Disse modelberegninger viser imidlertid også at ved de stigende temperaturer, som klimamodellerne forudsiger, vil landjordens og oceanernes evne til at optage CO_2 reduceres, hvorved mere CO_2 ophobes i atmosfæren og drivhuseffekten forstærkes (Baliño et al., 2001; Steffen et al., 2004). Det er sidstnævnte modelforudsigelse med positiv feedback på atmosfærens indhold af CO_2 , der giver ekstra næring til bekymringen om fremtidens miljø- og livsbetingelser for især os mennesker.

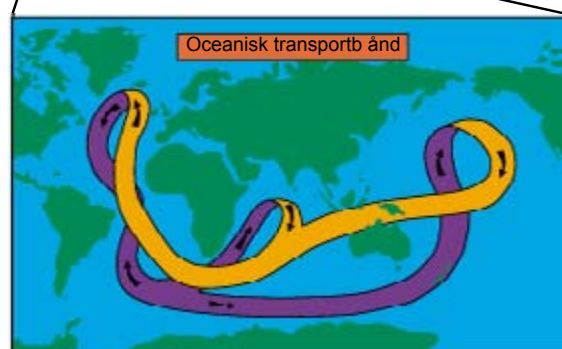
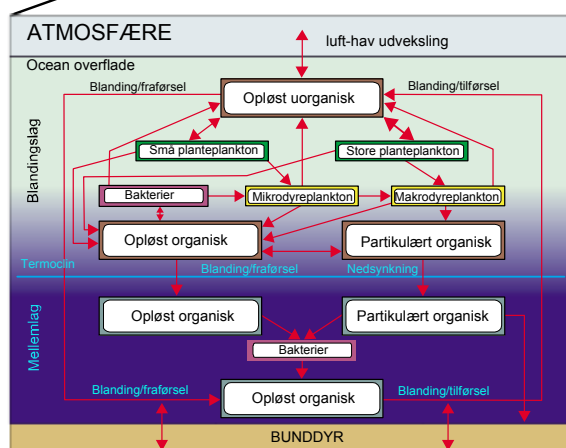
Biologisk pumpe:

Planteplankton optager næringsstoffer og CO_2 gennem fotosyntesen; hastigheden hvormed det sker kaldes primær produktion. Det organiske materiale som dannes cirkulerer gennem fødenet i oceanoverfladen (0-100m), og en del synker til bunden. Noget af det nedsynkende kulstof bliver igen til CO_2 , mens en lille del begravnes i havbundens sediment.



Fysisk pumpe:

Den fysiske pumpe drives ved gas-udveksling imellem luft og havoverflade og af de fysiske processer, som transporterer havvand med CO_2 til dybhavet. Den atmosfæriske CO_2 tilførsel til oceanet ved gas-udveksling er betinget af vindhastighed og partiel tryk-forskel i luft og hav. Den mængde CO_2 , som kan optages og opløses i havvandet, er også en funktion af temperaturen. Koldt vand optager således mere CO_2 end varmt vand.



I den virkelige verden fungerer den biologiske pumpe gennem et komplekst fødenet, som illustreret på figuren. CO_2 eksportens størrelse til bunden vil være bestemt af hvordan omsætning foregår. CO_2 transport gennem det "klassiske fødenet", dvs. fra store planteplankton og gennem makrodyreplankton giver stor kulstoftransport til dybet. Derimod vil CO_2 som optages i "små" planteplankton hovedsageligt blive omsat gennem mikrodyreplankton med det resultat, at det meste kulstof recirkulerer i havoverfladen mens eksporten til dybet er lille.

Jordens klima er styret af "Den termohaline cirkulation" (DTC) i oceanerne. DTC er kontrolleret af havvandets massefylde gennem temperatur- og saltholdighed og den kan illustreres som et transportbånd, som kobler vandmasserne i verdens oceaner. Salt og varmt overflade vand, som når høje breddegrader i Nordatlanten om vinteren, afkøles og koldt tungt saltholdigt vand synker til dybet. Denne proces kaldes "dybvandsdannelse". Derfra bevæger vandet sig sydover, hvor det mødes og følges med koldt dybvand i Antarktis. Noget flyder ud i bunden af Atlanterhavet, Indiske Ocean og Stillehavet. Dette vand vender tilbage til Nordatlanten, som en overfladestrøm, primært gennem upwelling i Stillehavet og det Indiske Ocean. Dybvandet bliver beriget med næringssalte (f.eks. N, P og Si) og CO_2 mens det flyder, dels fra nedbrydningen af organiske stof i vandet og dels fra sedimenterne. En komplet cyklus på transportbåndet er beregnet til at tage omkring 1000 år.

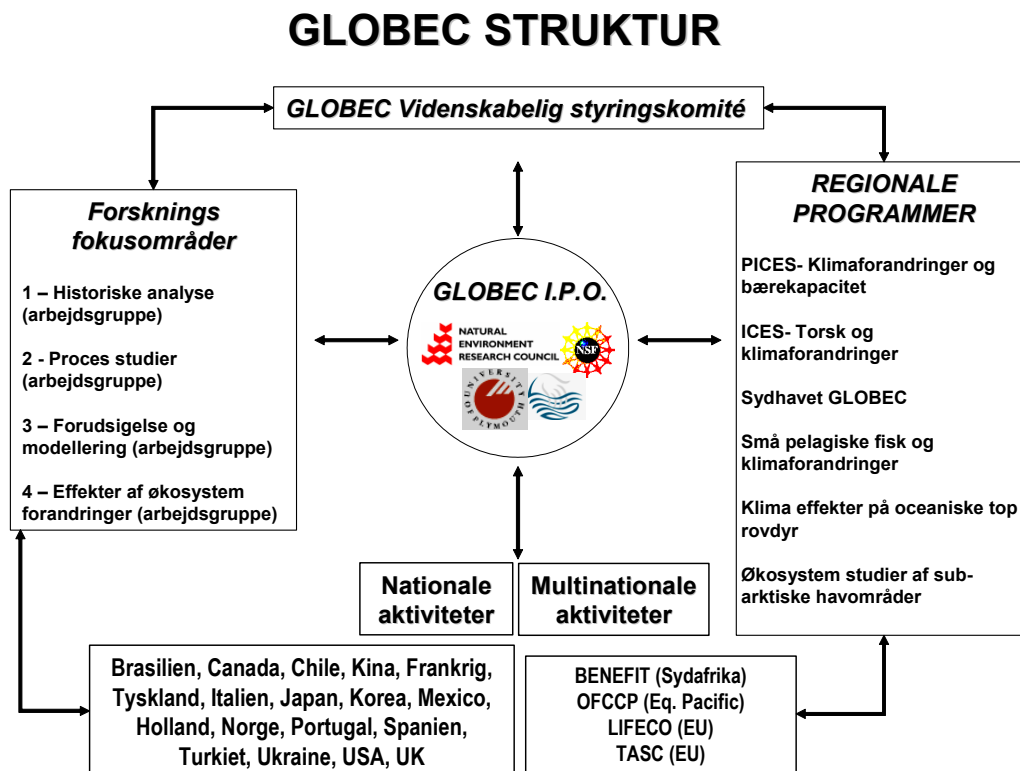
Figur 2. Fysiske og biologiske pumper. Modificeret efter Baliño et al. (2001).

Nationalt og internationalt arbejdes der på at øge viden om kulstofomsætningen i klodens økosystemer, for derved at forbedre grundlaget for modelberegningerne af drivhuseffekten og øge sikkerheden i modelforudsigelserne. Signalerne fra forskning i klodens tilstand viser imidlertid, at der ikke er tid til vente på mere sikre modelforudsigelser - det er nu kloden har brug for en kraftig øget politisk, uddannelsesmæssig, innovativ økonomisk og teknologisk indsats i retning mod en global økologisk bæredygtig udvikling i forbrug, omsætning og forvaltning af naturressourcerne (Steffen et al., 2004). Viden og formidling af viden om de forventede globale forandringer og effekterne af disse er vigtig for at befolkningerne i særligt berørte regioner af Jorden kan forberede, planlægge og tilpasse sig forandringerne. Ifølge Steffen et al. (2004) er der brug for øget internationalt, kreativt samarbejde om at løse og reducere konsekvenserne af en lang række truende og voksende globale problemer såsom vandmangel, tørke, hungersnød, miljødælægelse, overfiskeri m.m., problemer som er koblet til de accelererende globale klimaforandringer.

1.2 Havøkosystemer under forandring

For at kunne udnytte og forvalte havets naturressourcer så bæredygtigt som muligt, er det nødvendigt at kende struktur og funktion i havøkosystemerne. Dvs. man må kende havøkosystemernes artsdiversitet, arternes biologi, udbredelse, produktion og interaktioner mellem arterne i det fysisk varierende miljø. Universiteter, nationale og internationale institutioner, fonde, råd, firmaer, organisationer, kommissioner, NGOere ("Non-governmental organizations") m.v. beskæftiger sig med forskning, monitorering, tilstandsvurdering og rådgivning i havøkosystemernes struktur og funktion. For en nærmere beskrivelse af formål, struktur og sammenhænge i nogle vigtige overordnede internationale initiativer for tilvejebringelse af viden, formidling og rådgivning i forbindelse med globale forandringer henvises til hjemmesiderne for følgende internationale råd, programmer og komitéer: "International Council for Science" (ICSU), "International Geosphere Biosphere Programme" (IGBP) og "Scientific Committee on Oceanic Research" (SCOR) (se Appendiks 1 for Akronym liste og web-links).

Når det gælder viden, formidling og rådgivning om globale forandringer i havøkosystemerne skal nogle vigtige internationale samarbejdsprojekter kort nævnes. Projektet "Global Ocean Ecosystem Dynamics" (GLOBEC) er et internationalt initiativ igangsat med det overordnede mål at forøge viden og forståelse af struktur og funktion af de globale havøkosystemer for derved at beskrive og forudsige effekter af globale forandringer (Fig. 3). GLOBEC udvikler det videnskabelige grundlag for forudsigelser af hvordan globale forandringer vil påvirke artsudbredelser, diversitet og produktion i Jordens større havøkosystemer (Barange & Harris, 2003). Projektet fokuserer især på dyreplanktonets rolle i havøkosystemerne, dels som græssere på planteplanktonet, og dels som byttedyr for fisk (Anon., 1998, 1999). Dyreplanktonet spiller en afgørende rolle i omsætningen og transporten af kulstof gennem havets fødekæder. Forståelsen af dynamikken i dyreplankton-populationerne er derudover væsentlig fordi deres reproduktionscyklus, vækst og overlevelsessucces er koblet til vækst og overlevelse af fisk og andre organismer på højere trofiske niveauer (se f.eks. Kiørboe, 1988, 1998, 2001). Variationer i dyreplankton-produktion og udbredelse styres overordnet af fysiske processer såsom klima, havstrømme og temperaturer. Klimaforandringer påvirker og forandrer de fysiske og biologiske betingelser for produktion af f.eks. fiskeriressourcerne. Derved har klimaforandringer store socio-økonomiske konsekvenser for de samfund, som er afhængige af fiskeri. En af nøglerne til at forstå, vurdere og forudsige effekterne af klimaforandringer på fiskeriressourcerne i havøkosystemerne, er bedre forståelse af produktiviteten i dyreplanktonet og af koblingerne mellem klima, havstrømme, planktonproduktion og fiskeriressourcer.

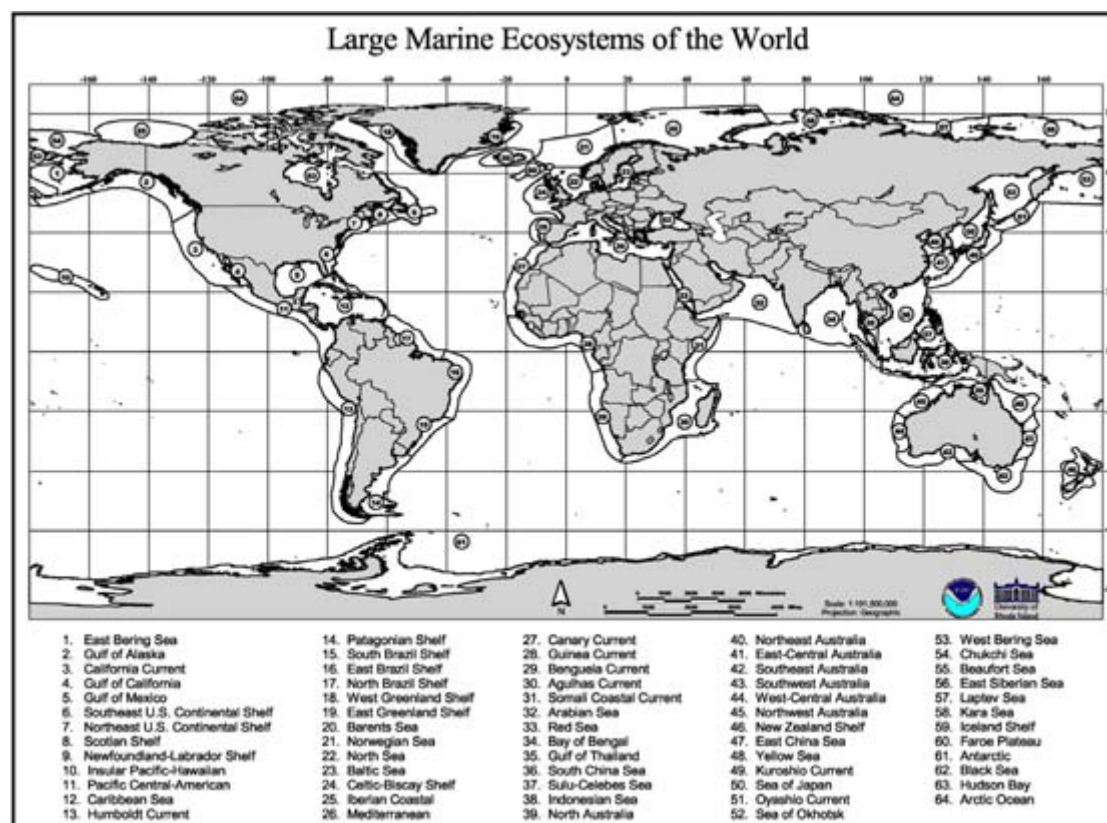


Figur 3. Strukturen i det internationale projekt "Global Ocean Ecosystem Dynamics" (GLOBEC). For nærmere beskrivelse henvises til GLOBECs hjemmeside (www.pml.ac.uk/globec/).

I erkendelse af nedbrydning og ødelæggelse af havmiljøer verden over, som følge af menneskets aktiviteter, især overfiskeri, er en række internationale projekter igangsat bl.a. med det formål at tilvejebringe økosystembaseret tilgang til fiskeriforvaltning. Dvs. en forvaltning som fokuserer på økologisk bæredygtig udnyttelse af fiskeriressourcerne gennem mindst mulig miljøpåvirkning og bevarelse af biologisk mangfoldighed. Målet er at man i fremtiden skal forvalte hele havets økosystem frem for at fokusere på de enkelte arter, som fiskeriforvaltningen gør i dag. I stedet for forvaltningssystemer med stramme rammer, som kvotesystemer, skal der forvaltes helhedsorienteret – i bl.a. langsigtede fangst- og genopretningsplaner for havøkosystemerne. Økosystembaseret fiskeriforvaltning er i høj grad aktualiseret af de forventelige globale klimaforandringer, som gør det helt nødvendigt at inddrage klimafaktorer i fiskeriforvaltningen. "Large Marine Ecosystems" (LME), "Global International Water Assessment" (GIWA) og "Sea Around Us Project" (SAUP) er tre internationale projekter som hver for sig, i indbyrdes samarbejde, og i samarbejde med en række andre organisationer, søger at samle viden og skabe grundlag for økosystembaseret fiskeriforvaltning globalt og regionalt (Fig. 4).

1.3 Nordatlantiske havøkosystemer under forandring

Den biologiske rådgivning for udnyttelsen af fiskeriressourcerne i Nordatlanten varetages af det internationale Havforskningsråd, ICES, i Nordøstatlanten og af fiskeriorganisationen, NAFO, i Nordvestatlanten. Rådgivningen udarbejdes årligt på grundlag af fiskeribiologiske undersøgelser, fangstdata og modelanalyser i internationalt samarbejde. Der rådgives hovedsageligt ud fra såkaldt "enkeltarts betragtninger", dvs. for hver art vurderes



Figur 4. Opdeling af Jorden i store havøkosystemer (fra projektet "Large Marine Ecosystems of the World" (www.edc.uri.edu/lme/default.htm), for nærmere beskrivelse af projektbaggrund henvises til Sherman & Skjoldal (2002) og Sherman et al. (2003)).

bestandsudvikling og effekter af fangst. For hver art giver ICES og NAFO råd om fiskeri, og der anbefales kvoter for det pågældende, år og evt. for de nærmeste år fremover.

Der sker løbende en forbedring i forståelse af dynamikken i fiskeriressourcerne, og dermed i styrkelse af grundlaget for den biologiske rådgivning, som følge af forskning og metodeudvikling (f.eks. Sparholt, 1996). Der har i de sidste 25 år især været forsket i artsinteraktioners betydning for dynamikken i fiskeressourcerne, og resultater fra flerartsmodeller indgår i dag i den fiskeribiologiske rådgivning for fiskeri på flere fiskebestande i ICES. Således indgår beregnet rovdyr dødelighed, fra såkaldt "multispecies virtual population analysis" (MSVPA), i bestandsvurdering af en række arter i Nordsøen og Østersøen. I rådgivningsarbejdet for fisk og rejer i Barentshavet og ved Island indgår ligeledes resultater af modellerede artsinteraktioner. For nærmere beskrivelser af metoder og aktuel fiskerirådgivning henvises til ICES web-siden (se Appendiks 1), hvor udførlig dokumentation kan hentes.

Selv om det i dag er erkendt at variationer i det fysiske miljø spiller en afgørende rolle for dynamikken i fiskebestandene, indgår miljøfaktorer stort set ikke i den fiskeribiologiske rådgivning. Der er imidlertid et åbenbart behov i fiskeriforvaltningen for at inddrage effekter på fiskebestandene af klimaforandringer. Det generelt varmere klima i Nordeuropa i de sidste 20 år har ændret arternes udbredelse (MacKenzie et al., 2002; Brander et al., 2003). Aktuelle eksempler på denne forandring er reduktionen i torskebestanden (*Gadus morhua*) i især den sydlige del af Nordsøen, og den øgede udbredelse i de danske farvande af sydlige fiskearter f.eks. tyklæbet mulde (*Chelon labrosus*).

Målsætninger om økosystembaseret fiskeriforvaltning skyldes nedbrydning, ødelæggelse og forandring i havøkosystemerne som følge af især overfiskeri, forurening og klimaændringer med konsekvenser for først og fremmest de mennesker som lever af at udnytte havets ressourcer. Dertil kommer at mennesker generelt har brug for et rent og sundt havmiljø. Effekter på havøkosystemerne som følge af menneskets aktivitet og variationer i klimaet er især undersøgt og beskrevet for nordatlantiske havøkosystemer (f.eks. Gislason, 1994; HELCOM, 1996; Svelle et al., 1997; Jennings & Kaiser, 1998; Hall, 1999; Gislason et al., 2000; Bach et al., 2001; Gustavson et al., 2001; Wilhjelmudvalget, 2001; Dolmer & Frandsen, 2002; Sherman & Skjoldal, 2002; Pauly et al., 2002; Pauly & Maclean, 2003; Christensen et al., 2003; MacKenzie & Visser, 2001; MacKenzie et al., 2002; Valdemarsen, 2003; [17, 13, 22, 23]).

Den danske strategi for bæredygtig udvikling er bl.a. beskrevet under titlen "Fælles fremtid – udvikling i balance" (Regeringen, 2002a,b, 2003a,b, 2004). Regeringens plan for reduktion af det danske CO₂ bidrag er beskrevet i Anon. (2003a).

1.4 Formål og indhold

Formålet med denne rapport er, i et fiskeribiologisk perspektiv, at bidrage til belysning af årsager til forandringer i struktur og funktion i nordatlantiske havøkosystemer. I rapporten beskriver jeg baggrunden for, at der i dag er akut behov for en langsigtet økosystembaseret fiskeriforvaltning i Nordatlanten. I rapporten ønsker jeg at dokumentere nødvendigheden af øget forskning i havøkosystemernes fysisk-biologiske processer til brug for en langsigtet økosystembaseret fiskeriforvaltning.

Rapporten sammenfatter resultater af mine egne forskningsprojekter i først og fremmest havøkosystemet ved Vestgrønland, men den inddrager også resultater af mine fiskeribiologiske undersøgelser i Nordnorge og Nordsøen, samt 2 GIWA-rapporter som vurderer status og fremtid for henholdsvis de grønlandske og færøske vandøkosystemer. Rapporten beskriver biologisk rådgivning og perspektiver for økosystembaseret tilgang til forvaltning af fiskeriressourcer, samt visioner for modellering af fysisk-biologiske processer i havøkosystemer i fremtiden.

Havøkosystemer i polarområdet er karakteriseret ved at være biologisk forholdsvis simple med relativt få arter. Det vestgrønlandske havøkosystem ligger i et grænseområde for udbredelse af boreale og arktiske plante- og dyrearter, og derfor ses fysisk-biologiske faktorerers indvirkning på arternes udbredelse og vækst forholdsvis tydeligt. Selvom rapporten tager udgangspunkt i beskrivelser af udviklingen i det vestgrønlandske havøkosystem, er det givne billede af forandringer, og deres årsager, illustrativt for udviklingen i flere nordatlantiske havøkosystemer.

Med afsæt i Søren Kierkegaards berømte ord "Livet skal forstås baglæns, men må leves forlæns" giver kapitel 2 en kort beskrivelse af den historiske udvikling for fiskeriundersøgelser og fiskeri ved Vestgrønland. Hermed skal forstås at mulighederne for at vurdere og forstå forandringer i havøkosystemer (såvel som i alt vi mennesker foretager os) ligger i de historiske oplysninger og data.

Kapitel 3 beskriver årsager til forandringer i havøkosystemerne i Nordatlanten med særlig fokus på skiftet i fiskeriressourcerne fra fisk til skaldyr i det vestgrønlandske havøkosystem. Økosystembaseret fiskeriforvaltning, med langsigtede perspektiver, nødvendiggør forståelse af hydrografiske processer og deres betydning for variationer i fiskebestandenes produktivitet og udbredelse.

I kapitel 4 beskrives resultater af forskning i rekrutteringsprocessen for torsk og rejer ved Vestgrønland, herunder historiske og nyere undersøgelser af planktonudbredelser i relation til hydrografi og hydrodynamik.

Kapitel 5 giver en status for viden om struktur og dynamik i det vestgrønlandske havøkosystem, og der peges på områder hvor der mangler viden om systemet.

Kapitel 6 beskriver biologisk rådgivning for rejer ved Vestgrønland og tobis i Nordsøen, samt generelle problemer i forvaltning af fiskeriressourcer ud fra enkeltartsbetragtninger og analytiske modeller.

Kapitel 7 beskriver status og årsagssammenhæng for vand-relaterede miljøproblemer i stor-skala økosystemer omkring Grønland og Færøerne. Der er i fiskeriforvaltningen i dag målsætninger om at arbejde for bæredygtighed i udnyttelse af fiskeriressourcer. Der er imidlertid store vanskeligheder med at føre de gode intentioner ud i praktisk fiskeriforvaltning - denne problemstilling berøres i kapitel 7.

Kapitel 8 beskriver biologisk mangfoldighed, genetisk variation og populationregulering, med særlig reference til en undersøgelse af sild i Balsfjorden i Nordnorge.

Der er ofte mistillid i fiskerierhverv og samfund til den biologiske rådgivning - fiskere og "biologer" er ofte uenige om hvorvidt der er mange eller få fisk, og forvaltningsmål om bæredygtighed er i mange tilfælde ikke nået. Der er brug for nye omkostningseffektive fremgangsmåder og metoder i fiskerirådgivning og forvaltning, som er mindre komplekse, mere kvalitative, umiddelbart forståelige og samtidigt accepteret af rådgivningsinstitutioner, fiskere og af de øvrige interessenter i havøkosystemerne. I kapitel 9 beskrives metoder til at vurdere bæredygtighed og udvikling i havøkosystemer.

Kapitel 10 beskriver perspektiver for økosystembaseret tilgang til forvaltning af marine ressourcer.

Kapitel 11 giver rapportens konklusion.

2. Fiskeriundersøgelser og fiskeriets udvikling ved Vestgrønland

2.1 Fiskeriundersøgelser ved Vestgrønland

Danske grundvidenskabelige undersøgelser af de oceanografiske og marinbiologiske forhold ved Vestgrønland blev påbegyndt i forbindelse med ekspeditionerne med fartøjerne "Fylla" (1884, 1886) og "Ingolf" (1895, 1896). På grundlag af data indsamlet fra disse ekspeditioner, gav den danske hydrograf C.F. Wandel den første detaljerede beskrivelse af strømforholdene ved Vestgrønland (Buch, 1990). Egentlige fiskeribiologiske undersøgelser startede først senere.

Svigtende sælfangst i Sydgrønland i starten af 1900-tallet og et samtidigt stigende befolkningstal blev igangsættende for fiskeriundersøgelser ved Vestgrønland. Den Kongelige Grønlandske Handel ønskede at forbedre grønlændernes erhvervsmuligheder ved fiskeri, som alternativ til den svigtende sælfangst, og engagerede i 1906 en færøsk fisker og fiskereder til at foretage fiskeriforsøg i vestgrønlandske farvande med to fiskefartøjer. Forsøgsfiskeriet var ikke særligt vellykket, og undersøgelserne var nær opgivet, men på foranledning af zoologen Adolf S. Jensen besluttede den danske stat at foretage yderligere fiskeriforsøg (Smidt, 1989).

"Tjalfe"-ekspeditionen, 1908-09, under ledelse af Adolf Jensen, og med deltagelse af hydrografen J.N. Nielsen, var den første større kombinerede hav- og fiskeriundersøgelse, som blev foretaget ved Vestgrønland. Formålet med ekspeditionen var dels at fremskaffe et skøn over forekomsten af økonomisk vigtige fisk ved Grønland, og dels at anvise hvordan disse bedst kunne befiskes af den grønlandske befolkning (Horsted, 1998a). "Tjalfe"-ekspeditionen markerer den egentlige start på fiskeribiologiske undersøgelser ved Grønland, og resultaterne blev af stor betydning for undersøgelser og fiskeri mange år efter. På grundlag af oplysninger fra "Tjalfe"-ekspeditionen startede flere fiskerier efter bl.a. helleflynder (*Hippoglossus hippoglossus*), hellefisk (*Reinhardtius hippoglossoides*) og lokale forekomster af torsk (*Gadus morhua*) (Smidt, 1989). Forsøgsfiskeri efter torsk på de udenskærs vestgrønlandske banker gav imidlertid samme magre resultater som i 1906. Således gav langliner på sydvestgrønlandske banker i 1908 ingen torsk, men i fjorde og sunde ved Fiskenæsset/Qeqertarsuaat, var der overalt torskestimer, som dog året efter var forsvundet (Smidt, 1989). At de to første årtier af forrige århundrede var en torskefattig periode, bekræftedes atter i 1914, da to færøske kuttere ved forsøgsfiskeri på bankerne i juli-august fik omkring 900 helleflyndere og mange havkatte (*Anarhichas lupus*, *A. minor* og *A. latifrons*), men ingen torsk (Smidt, 1989).

Undersøgelser af fiskeressourcer og fiskeriforsøg i årene 1908-1923, er beskrevet af Adolf Jensen (Jensen, 1925). Som konklusion skriver han bl.a.: *På spørgsmålet om de første 14 års fiskeri har været til fordel eller ulempe for grønlænderne, må svaret være til fordel. Gennem fiskeri har indtægterne til det grønlandske samfund øget, især til fordel for de fattigste grønlændere, f.eks. for de mænd som af en eller anden grund ikke er i stand til at jage sæler, og derfor er en byrde for samfundet; mange kvinder og børn deltager også ved at rense og salte fisk, og visse steder er de endog med i selve fiskeriet. Fiskeriet, og indtægterne herfra, har bidraget til at børn og unge mænd har fået en sund opvækst, hvorved de er blevet stærke og adrætte til at deltage i sælfangererhvervet, som kræver stor mental og fysisk styrke af udøverne.*

Herefter blev der ikke lavet fiskeriundersøgelser før 1924, da fiskeribiologen Å. Vedel Tåning på foranledning af fiskeribiologen Johannes Schmidt foretog de første torskeundersøgelser ved Grønland med "Islands Falk". Året efter i 1925, sendtes havundersøgelsesskibet "Dana" til Vestgrønland under ledelse af Adolf Jensen, der fandt både torskeæg og larver udbredt mod vest ud over bankerne til kanten af vestisen (Jensen, 1926). I 1928 foretog "Godthåb"-

ekspeditionen hydrografiske og biologiske undersøgelser under ledelse af orlogskaptajn E. Riis-Carstensen (Riis-Carstensen, 1931; Kramp, 1963). Disse undersøgelser bekræftede bl.a. "Dana"s resultater for udbredelsen af torskeyngel, og tillige fandt man torskeæg udfor Kap Farvel. Mængderne af torskeyngel i fangsterne fra disse tidlige fiskeriundersøgelser var dog mindre end senere undersøgelser med "Dana" påbegyndt i 1950 (Hansen og Hermann, 1953).

I perioden 1926-39 udførte fiskeribiologen P.M. Hansen lange årlige fiskeribiologiske undersøgelser med små både og hovedvægt på undersøgelser af torsk i fjord- og kystområderne langs Vestgrønland. Prøve på prøve blev taget af længde, vægt, køn og modenhed, og aldersbestemmelse blev foretaget ud fra øresten af hundrede eller tusinder af torsk hvert år (Horsted, 1998a). Mærkning af et stort antal torsk viste vandringer, bl.a. gydevandring til Island (Hansen, 1949; Hansen & Hermann, 1953). Efter Anden Verdens krig fortsatte torskeundersøgelserne med bl.a. udvidede studier af hydrografi, plankton og årgangsstyrker af torsk (Hermann et al., 1965; Hansen, 1968; Horsted, 1998b,c; [8]).

Grønlands Fiskeriundersøgelser blev oprettet 1. april 1946, og P.M. Hansen blev tjenestemandsansat med benævnelsen Fiskeribiolog for Grønland og et nyt skib "Adolf Jensen" blev stillet til rådighed (Horsted, 1998a). I en lang årrække derefter havde undersøgelserne først og fremmest fokus på de to vigtigste ressourcer nemlig torsk og dybvandsrejer (*Pandalus borealis*). Torskeundersøgelseernes start er kort beskrevet ovenfor, i det følgende gives en kort beskrivelse af rejeundersøgelseernes start.

De første undersøgelser, hvorved der blev fundet dybvandsrejer i grønlandske farvande, fandt sted under ekspeditionerne med "Fylla" (1884, 1886) og "Tjalfe" (1908-09). Helleflyndere fanget af "Tjalfe" på dybt vand vest for Store Hellefiskebanke på Vestgrønland, viste sig at have store mængder af dybvandsrejer i maven, og da man forsøgte sig med et skovlvod, fangede man "mange pletter kæmpemæssige, velsmagende rejer (*P. borealis*)" (Jensen, 1925). Også under "Godthåb"-ekspeditionen (1928) blev der fanget dybvandsrejer så langt mod nord som i Melvillebugten (Stephensen, 1935).

Egentlige rejeundersøgelser ved Grønland startede først efter oprettelsen af Grønlands Fiskeriundersøgelser i 1946. Med undersøgelsesfartøjet "Adolf Jensen" begyndte en systematisk kortlægning af rejeforekomsterne langs Grønlands vestkyst. På grund af de forholdsvis spinkle redskaber, som dengang brugtes, holdt man sig til de indenskabers fjordområder, hvor der erfaringsmæssigt findes jævn, blød lerbund. De mest betydningsfulde rejeforekomster blev opdaget i Diskobugten i 1948-50, hvor de kom til at danne grundlag for et efter datidens målestok større rejefiskeri (Smidt, 1989; Carlsson, 1998).

I perioden fra Grønlands Fiskeriundersøgelse start og frem til lukningen i 1995, hvor institutionen blev hjemtaget til Grønland, og arbejdet blev over- og videreført af Grønlands Naturinstitut i Nuuk, har hovedvægten for undersøgelserne været lagt på de to vigtigste fiskeriressourcer - torsk og rejer. Undersøgelser af andre fiskeriressourcer såsom hellefisk, rødfisk (*Sebastes marinus*, *S. mentella*), laks (*Salmo salar*), kammuslinger (*Chlamys islandica*), og i de seneste år krabber (*Chionoecetes opilio*), har imidlertid også været vigtige (Boje & Jørgensen, 1998; Engelstoft, 1998; Kannevorff, 1998; Siegstad et al., 1998; Pedersen, 1988, 1990; [5]; Grønlands Naturinstitut, 2004).

Formålet med fiskeriundersøgelserne var, og er fortsat, at indhente oplysninger til brug for biologiske rådgivning for fiskeri på ressourcerne. Basis for den biologiske rådgivning har siden 1980'erne været årlige videnskabelige forsøgsfiskerier, også kaldet surveys (Pedersen & Riget, 1999; [4]; Rätz, 1999). Da dybvandsrejerne i de sidste 15-20 år har været langt den

vigtigste grønlandske fiskeriressource, har hovedindsatsen i Grønlands Naturinstituts arbejde siden 1988 været udførelse af et årligt reje-survey. Resultater fra reje-surveyet indgår i den biologiske rådgivning for rejefiskeriet. En nærmere beskrivelse af den biologiske rådgivning for udnyttelse af de grønlandske rejer gives i kapitel 6.

2.2 Fiskeriets udvikling

2.2.1. Torskefiskeriet

Torsken er ubetinget den historisk vigtigste fiskeriressource ved Vestgrønland.

Torskeforekomsterne ved Vestgrønland har svinget mellem torskefattige og torskerige perioder. Fra 1800-tallet kendes med sikkerhed kun to perioder med mange torsk, nemlig en i 1820'erne og en anden i slutningen af 1840'erne. Torsken bredte sig i disse perioder mod nord, men perioderne varede kun nogle få år, så blev torsken sjælden igen. I de torskefattige perioder var der dog enkelte fjorde, der havde små lokale bestande, og ved et enkelt sted, Fiskenæsset i Sydgrønland, kom torsken til kysten næsten hvert år og fiskedes til hjemmeforbrug af befolkningen (Hansen & Hermann, 1953). I årene omkring 1920 bevirkede en klimaforandring mod et generelt varmere klima, at havtemperaturen steg med følger for udbredelsen af bl.a. havets fisk (Jensen, 1939). Boreale fiskearter blev mere almindelige ved Vestgrønland og samtidigt trak arktiske arter længere nordover. Det varmere klima resulterede i god rekruttering og vækst i torskebestande ved Vestgrønland. Torsken bredte sig nordover og blev talrig.

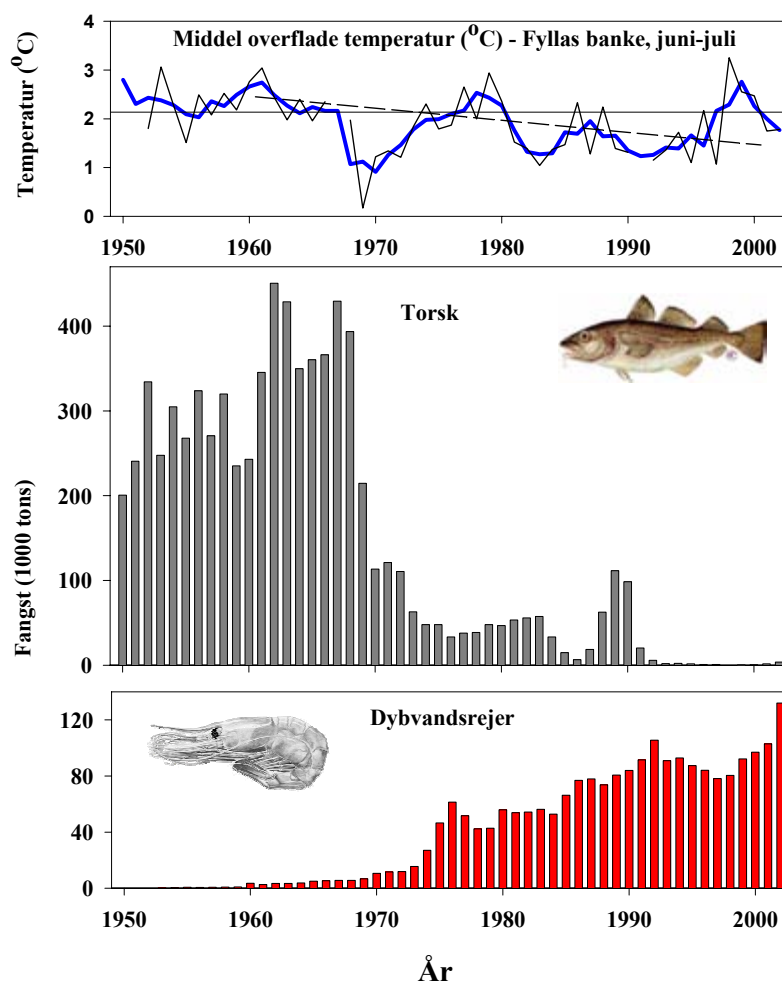


Figur 5.
Torsk 135 cm, Godthåbsfjorden
1951. Så store torsk er i dag meget
sjældne - hvis de overhovedet
findes. Foto E. L.B. Smidt.

For mange af de grønlandske fiskearter er havene ved Grønland et grænseområde. Boreale arter som torsk, rødfisk, stribet havkat (*A. lupus*), helleflynder, laks, sild (*Clupea harengus*), kuller (*Melanogrammus aeglefinus*) og rødspætte (*Pleuronectes platessa*) har nordgrænse ved Grønland. Omvendt sætter bl.a. høje havtemperaturer en sydgrænse for udbredelsen af arktiske arter som polartorsk (*Boreogadus saida*), istorsk (*Arctogadus glacialis*) og artisk rokke (*Raja hyperborea*). Selv forholdsvis små variationer i havtemperaturen kan medføre betydelige svingninger i mange fiskearters udbredelse. Temperaturen har betydning for fiskearternes udbredelse, fordi forskellige arter har forskellig temperaturtolerance. En arts udbredelse begrænses både af de temperaturer, inden for hvilke den kan overleve, og af det snævre temperaturinterval, hvori den kan forplante sig. En beskrivelse af fisk i grønlandske farvande er givet af Nielsen & Bertelsen (1992).

At klima og havtemperatur har stor indflydelse på vækst og udvikling i fiskeriressourcerne ved Grønland, illustreres bl.a. ved udviklingen i de historiske fangster af torsk, der for en stor del følger langtidssvingningerne i klimaet og havets overfladetemperaturer målt ved

Grønlands vestkyst (Smidt 1983, 1989). Historiske perioder med forholdsvis koldt klima og lave havtemperaturer, f.eks. fra 1876 indtil først i 1920'erne, falder sammen med torskefattige perioder. Omvendt viser historien at relativt varme perioder har givet en ekspanderende torskebestand og godt torskefiskeri ved Vestgrønland (Jensen, 1939; Hovgård & Buch, 1990; Buch et al., 1994; Horsted, 2000). Den seneste længerevarende periode med relativt varmt klima og høje temperaturer startede i 1920, og varede frem til slutningen af 1960'erne. Torskefangsterne i denne varmeperiode kulminerede i 1962 med over 400 tusinde tons og faldt drastisk i slutningen af 1960'erne, samtidigt med en periode med koldt klima og brat fald i havtemperaturen (Fig. 6).



Figur 6. Variationer i middel havtemperatur, fangster af torsk og rejer ved Vestgrønland i perioden 1950-2002. Øverst: Middel overfladetemperatur i de øverste 50 m af vandsøjlen over Fyllas Banke i juni-juli. Den kraftige blå kurve er udglattet middel temperatur. Den stiplede linie angiver en nedadgående tendens i temperaturen fra sidst i 1960'erne til sidst i 1990'erne. Midterst: Fangst af torsk i 1000 tons. Nederst: Fangst af dybvandsrejer i 1000 tons. (Modificeret fra [8, 13, 19], suppleret med nye data fra Grønlands Naturinstitut).

Grønlandernes egne torskefangster var små sammenlignet med fremmede nationers fangster. For størstedelen af perioden fra 1920 til 1970 var grønlandernes årlige torskefangster således på under 30 tusind tons, mens fremmede nationers fangster igennem flere år var langt over 300 tusinde tons pr. år. Før Anden Verdens krig blev torskefiskeri ved Vestgrønland drevet af især Portugal, Norge og Frankrig. Efter krigen kom flere andre

nationer til bl.a. effektive tyske hæktrawlere. I de største "torskeår" i 1960'erne var den internationale flåde af trawlere ved Vestgrønland på omkring 250 (Horsted, 1981).

Efter 1970 optræder store torskeårgange ved Vestgrønland (årgang 1973 og 1984) med større periodiske mellemrum end i perioden 1930-1965. Årgang 1984 var den sidste store årgang af torsk ved Vestgrønland. Årgangen gav godt fiskeri i perioden 1988-92, hvorefter den var opfisket (Rätz, 1999; Anon., 2003b; Storr-Paulsen et al., 2004; Fig. 6).

Torskefiskeriet var afgørende for samfundsudviklingen i Grønland (Horsted, 1981). Før Anden Verdenskrig var torskeproduktionen énsidigt lagt an på saltfisk og tørfisk og fordelt på ca. 100 pladser. Fiskeriet foregik indenskærs fra robåde og mindre motorbåde med håndline og langline. Efter Anden Verdenskrig blev mange mindre produktionssteder bevidst nedlagt og befolkningen koncentreret i større bysamfund, hvor der oprettedes filet- og rejefabrikker og fryserier. Torskefiskeriet koncentreredes især omkring Sisimiut (Holsteinsborg), Maniitsoq (Sukkertoppen), Nuuk (Godthåb), Paamiut (Frederikshåb) og Narssaq (Horsted, 1981; Hamilton et al., 2000). Da torskeforekomsterne blev mere svingende efter 1970, for til sidst at forsvinde i 1992, fik det økonomiske, sociale og sundhedsmæssige konsekvenser (Hamilton et al., 2000).

2.2.2. Rejefiskeriet

Det første grønlandske rejefiskeri startede i 1935 i Amerloqfjorden syd for Sisimiut (Holsteinsborg), hvor et mindre antal små kuttere trawlede rejer og indhandlede fangsten til en hermetikfabrik i Sisimiut (Smidt, 1989). Men udvikling i rejefiskeriet kom der først med opdagelsen af rejeforekomsterne i Diskobugten i 1948-50. Rejefiskeriet betød at flere byer og udsteder undgik nedlæggelse – i stedet blev der bygget rejefabrikker i både Qasigianniguit (Christianshåb), Ilulissat (Jakobshavn) og senere i Qeqertarsuaq (Godhavn), og befolkningstallet voksede (Smidt, 1989). I perioden 1950-1970 steg de årlige rejefangster i det indenskærs rejefiskeri ved Vestgrønland fra 175 tons til omkring 8 tusind tons. I 1970-1990 lå de indenskærs rejefangster på omkring 10 tusind tons, hvorefter fangsterne er steget til over 20 tusind tons i 2003 (Hvingel, 2003a).

Selvom det længe havde været kendt, at dybvandsrejen også forekom udenskærs, startede fiskeriet på de udenskærs rejer først da fangsterne i torskefiskeriet begyndte at gå ned (Fig. 6). I 1969 begyndte færøske fiskere at fiske rejer i det udenskærs område, dvs. i dybene mellem fiskebankerne på 200-600 meters dybde udfor Vestgrønlands kyst.

I løbet af få år voksede antallet af fremmede nationers fartøjer i udenskærs rejefiskeri. I rejefiskeriets start fandtes ingen grønlandske trawlere, der var egnet til det udenskærs fiskeri, og Grønland kom først med i udenskærs rejefiskeri i 1975. I 1980 var 27, af i alt 83 trawlere (over 80 BRT) i det udenskærs rejefiskeri, grønlandske (Carlsson, 1998). I 1990 overtog Grønland størstedelen af den på daværende tidspunkt fastsatte udenskærs rejekvote, og 51, af i alt 57 trawlere, var grønlandske.

Det udenskærs rejefiskeri var i de første år uden for grønlandsk fiskeriterritorium, og der var ingen kvotering, så fiskeriet var frit for alle. Det ændrede sig efter 1976, hvor man dels udvidede fiskeriterritoriet til 200 sømil, dels vedtog den første kvoteregulering af det udenskærs rejefiskeri. Grønland var sammen med Danmark medlem af EF indtil 1985, hvor Grønland meldte sig ud. Indtil 1985 hørte det grønlandske fiskeriterritorium derfor med til "EF-havet", og det var hovedsageligt EF-medlemslande, der fik tildelt kvoter. Dog havde Norge og Færøerne specielle aftaler med EF, så de også kunne deltage i fiskeriet (Carlsson, 1998).

I de sidste 15 år har langt den vigtigste grønlandske fiskeriressource været dybvandsrejen (Fig. 6). Det grønlandske fiskerierhverv, såvel som den grønlandske samfundsøkonomi i sin helhed, er i dag hovedsageligt baseret på et stort rejefiskeri.

2.3 Fiskeri på andre arter

Efter rejefiskeri er fiskeri på hellefisk i de nordvestgrønlandske fjorde, det vigtigste fiskeri i Grønland i dag. Fiskeri på hellefisk har stor socio-økonomisk betydning for lokalsamfundene i Nordvestgrønland.

I de sidste 20 år har interessen for at finde og udnytte nye fiskeriressourcer været stor. Således har der været udført flere forsøgsfiskerier efter bl.a. hellefisk og rødfisk i udenskærsområderne i såkaldt "joint-venture" samarbejder med bl.a. japanske og norske fiskeriforskningscentre (Boje & Jørgensen, 1998; Engelstoft, 1998; Siegstad et al., 1998). Fiskeri startede i 1983 på kammuslinger ([5]; Pedersen, 1988) og på krabber i begyndelsen af 1990'erne (Burmeister, 2000; Hvingel & Kanneworff, 2004). I 2001 toppede fangsterne af krabber på over 15 tusinde tons, men er siden faldet til omkring 10 tusinde tons i 2003.

3. Fra fisk til skaldyr

Generelt kan man sige at der siden slutningen af 1960'erne, og frem til i dag, er sket et skift i ressourcegrundlag og fiskeri ved Vestgrønland, fra fisk, især torsk, til skaldyr, især rejer (Fig. 6). I hvor høj grad skiftet fra fisk til skaldyr skyldes forandringer i havmiljøet, overfiskeri eller har andre årsager så som øget prædation på fisk af havpattedyr, er vigtigt at søge svar på i forbindelse med biologisk rådgivning for udnyttelse af fiskeressourcerne. I det følgende vil jeg beskrive årsager til skiftet fra fisk til skaldyr i det vestgrønlandske havøkosystem.

3.1 Overfiskeri

Flere af de grønlandske fiskebestande er i de sidste 30 år blevet overfisket. Fangster i årlige videnskabelige forsøgsfiskerier (surveys) viser en generel nedadgående tendens i forekomsterne af de fleste fiskearter ved Vestgrønland siden 1982 (Rätz, 1999; Siegstad et al., 2003a,b). For torsk anbefaler ICES stop for torskefiskeri, og for arterne rødfisk, tærbe (*Raja radiata*) og håising (*Hippoglossoides platessoides*) anbefaler NAFO fiskestop for at ophjælpe bestandene igen (ICES, 2003; NAFO, 2003). Krabber blev i 2004 overfisket i forhold til den biologiske vurdering af bestandens bæreevne (Hvingel & Kanneworff, 2004).

Fiskeriundersøgelserne viser at nedgangen i fangst og i bestand af torsk ved Grønland, efter 1968, skyldes en kombination af svigtende rekruttering, udvandring og overfiskeri [13]. Overfiskeri på torskebestanden ved Vestgrønland fra slutningen af 1960'erne skyldes, at fangsten i det internationale fiskeri var over det bæredygtige niveau, dvs. over bestandens reproduktion- og vækstevne under de forandrede klimabetingelser, som begyndte i slutningen af 1960'erne (Fig. 6 og 8).

Da det internationale torskefiskeri stoppede ved indførsel af 200 sømil national fiskerizone i 1977, startede det udenskærs vestgrønlandske rejefiskeri og opbygning af den grønlandske rejehavindustri med fabrikker i flere byer langs kysten. Frem mod 1992 steg indsatsen i det vestgrønlandske rejefiskeri til over 250 tusinde timer i fiskeri med rejetrawl (Hvingel, 2003a). Store områder af de vestgrønlandske udenskærs områder har derfor været befisket med rejetrawl mindst en gang årligt.

I det historiske internationale fiskeri efter torsk og i det grønlandske rejefiskeri, før og nu, fangedes store mængder fisk- og rejeyngel, samt ikke "mål-arter", dvs. andre arter end torsk og rejer. Bifangsten af fisk og yngel overlever ikke kontakt med rejetrawlet under fiskeri eller behandlingen i binger og på transportbånd ombord på trawleren, selvom den smides ud igen. Historisk findes der kun lidt information om bifangst og udsmid af fisk og yngel i de vestgrønlandske fiskerier, men fangst, udsmid og bidødelighed i fiskerierne var uden tvivl langt større ved rejefiskeriets start end i dag, og der var flere og større fisk ved rejefiskeriets start i begyndelsen af 1970'erne end i dag ([14]; Engelstoft, 1998; Rätz, 1999; Siegstad et al., 2003a,b). Siden 1. oktober 2000 er det blevet lovpligtigt for rejetrawlere at bruge sorteringsriste i rejetrawlen under fiskeri. Sorteringsristene har til formål at sortere fisk ud af rejetrawlen. Sorteringsristen kan imidlertid ikke reducere bifangst af fiskeyngel af samme størrelse som rejerne (Engelstoft et al., 2001).

3.2 Langsom vækst

De grønlandske fiskeriressourcer er sårbare for fiskeri fordi de vokser langsomt. Når fiskeriet starter fiskes på en "uberørt" population af mange store gamle individer. Pga. af langsom vækst forskydes populationens størrelses- og aldersstruktur efterhånden som fiskeriet intensiveres, og de store og gamle individer opfiskes. Dvs. når et område er befisket i en

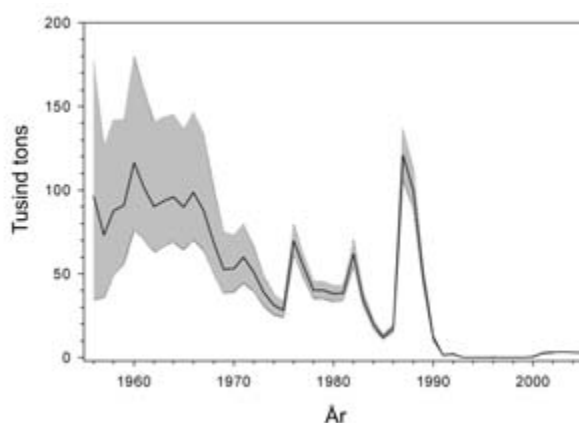
periode må fiskeriet flytte til nye områder (eller til fiskeri på andre arter) for at være økonomisk rentabelt.

Kammuslingen (*Chlamys islandica*) er et eksempel på en grønlandsk fiskeriressource med langsom vækst [5]. I starten af det grønlandske kammuslingefiskeri var individer i populationerne på fiskefelterne store og gamle med alder 21+. Kammuslingerne er i dag stort set opfisket, og kun nogle få kammuslingefiskere er tilbage. Pga. den langsomme vækst og årlige variationer i reproduktionssucces tager det adskillige år, før et opfisket område har rekrutteret nye individer af fiskerimæssig interesse; forudsat artens habitat ikke er ødelagt som følge af fiskeriredskabernes bundkontakt og bifangster af eksempelvis egnede fæstningspladser for muslingeyngel (Pedersen, 1988; [5]; Dolmer & Frandsen, 2002). Om kammuslingefiskeri på længere sigt er økonomisk bæredygtigt for et lille fiskeri er bl.a. betinget af rekruttering af muslinger til de opfiskede felter.

Langsom vækst, lang levetid, sen kønsmodning og stort reproduktionspotentiale for de store gamle individer, er måden arter som torsk og kammuslinger klarer det varierende miljø, i arktiske havområder, med lille overlevelsessucces for ynglen gennem flere år. Ifølge Longhurst (1999) kan kannibalisme hos eksempelvis torsk betragtes som en nødvendig tilpasning til opretholdelse af store individer og et stort reproduktionspotentiale i bestanden i et varierende miljø. Da store fisk fortrinsvis spiser små fisk, som spiser plankton, bidrager kannibalisme til at kanalisere energi fra lavere til højere trofisk niveau i perioder med mangel på anden føde.

3.3 Artsinteraktioner

Især torskebestandens størrelse, men også andre fiskearters bestandsstørrelse, synes i høj grad at være medbestemmende for udviklingen i rejebestandens størrelse, og dermed for hvor mange rejer der kan fanges, fordi torsk og andre fisk spiser rejer (Pedersen, 1995; [1, 2, 3, 18]; Fig. 7).



Figur 7.
Beregnet mængde rejer (tusind tons) ædt af torsk 1958-2002. Det grå område omkring den sorte kurve angiver variation omkring en beregnet middelværdi. Fra Hvingel (2003b).

I hvilken grad forandringer i økosystemers struktur og funktion er et resultat af næringsbegrænsning og kontrol ved ressourceproduktion ("bottom-up" faktorer) i forhold til kontrol ved artsinteraktioner og prædationsprocesser ("top-down" faktorer), samt hvordan organismer tilpasser sig forandringer og/eller aktivt medvirker til forandringer, er vigtig viden i forståelse af øksystemforandringer og deres årsagssammenhæng (Verity & Smetacek, 1996; Reid et al., 2000; Bundy, 2001; Worm & Myers, 2003). I et hypotetisk "bottom-up" kontrolleret system er hvert trofisk niveau, fra lavere til højere niveau, næringsbegrænset (f.eks. næringsstoffer, lys og føde), dvs. øget produktion i det laveste trofiske led giver øget produktion og biomasse i alle højere led. Prædationen er proportional med biomassen af bytte, kulstoftransporten kontrolleres af byttetætheden, og dødeligheden er stabil over tid

(Bundy, 2001). I et hypotetisk "top-down" kontrolleret system er de største rovdyr (top-rovdyrene) fødebegrænset, og de lavere trofiske niveauer kan være næring eller prædator kontrollerede. En forøgelse i produktionen på laveste niveau vil ikke øge biomassen på dette niveau pga. øget prædationsdødelighed og flere prædatorer (Bundy, 2001). Det er i dag anerkendt, at der eksisterer "top-down" effekter i havøkosystemer. Fiskeri ændrer arts-, størrelses- og alderssammensætningen, samt reproduktionspotentialet i fiskebestandene, og som en følge deraf ændres fødekæder, trofiske relationer og økosystemets struktur (Rice & Gislason, 1996; Pauly et al., 2001; Pauly & Maclean, 2003; Worm & Myers, 2003). Worm & Myers (2003) fandt at biomassen af rejer i Nordatlanten var stærkt negativt relateret til biomassen af torsk, men ikke relateret til temperaturen. Overfiskeri på torsk har sandsynligvis resulteret i øgede rejebestande i Nordatlanten ved at reducere prædationstrykket på rejerne. Overfiskeri på torsk giver således øget biomasse på lavere trofisk niveau og indikerer "top-down" effekter (Worm & Myers, 2003). I det vestgrønlandske havøkosystem har fiskeri og "top-down" effekter (fiskeri af prædatorer) medvirket til skiftet fra fisk til skaldyr, og til økosystemforandringer dvs. skift i fødekæder og trofisk niveau, fra højere til lavere trofisk niveau (Rätz, 1999; Siegstad et al., 2003a,b; [13]).

I perioder med mange torsk før 1970, fra sidst i 1970'erne og til midten af 1980'erne, samt i slutningen af 1980'erne er den beregnede mængde rejer som blev spist af torsk større, end den mængde rejer som blev fanget i det vestgrønlandske rejefiskeri (Fig. 7). Dertil kommer mængden af rejer som blev spist af andre fisk og sæler. Da torsk og fisk forsvandt, eller i alle tilfælde blev kraftigt reduceret i populationsstørrelse, resulterede det i mindre naturlig dødelighed, og sandsynligvis forbedrede vækstbetingelser for arter på lavere trofiske niveauer - rejer og krabber. Det samme er blevet konstateret ved Østcanada (Koeller, 2000; Lilly et al., 2000; Bundy, 2001; Worm & Myers, 2003). Dynamikken i rejepopulationer kontrolleres imidlertid af et kompliceret og kun lidt forstået samspil mellem både prædationsprocesser, miljøvariationer og fiskeri, og der er til fiskerirådgivning og ressourceforvaltning behov for større viden om de dominerende faktorer i dette samspil.

Ved Østcanada har simuleringer med en økosystemmodel (Ecopath-Ecosim) vist at torsk og andre fisks forsvinden (eller nedfiskning), som følge af dels overfiskeri, og dels prædation fra sæler, resulterede i øgede populationer af sæler og skaldyr, især rejer og krabber, og at dette skift i økosystemstrukturen kunne relateres til "top-down" effekter (Bundy, 2001). Simuleringer med modellen viste at torsken ville have vanskeligt ved at komme tilbage i systemet pga. stor prædationsdødelighed på ungtorsk fra sæler.

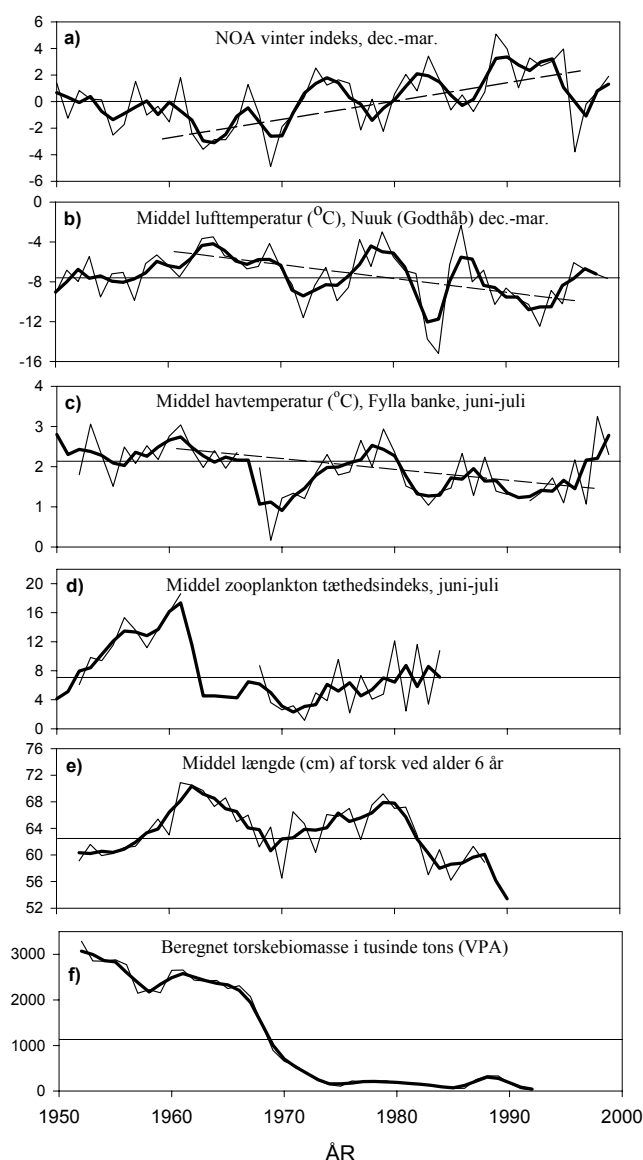
Prædationsdødelighed fra sæler kan også være en medvirkende årsag til at torsken ved Vestgrønland har svært ved at komme tilbage. Den eksisterende viden om struktur og funktion i det vestgrønlandske økosystem tyder imidlertid på, at overfiskeri, og især bifangst af torsk i rejefiskeriet, i øjeblikket er den største trussel mod torskens tilbagevenden til Vestgrønland ([4, 13, 18, 22]; ICES, 2003).

3.4 Klima

Klimaet spiller en overordnet rolle for struktur og funktion i havøkosystemerne. Klima, havstrømme, udbredelse af havis og havdyr er sammenkoblet. Klimaforandringer registreres ved forskelle i barometerstand og i temperatur over tid. Den såkaldt nordatlantiske svingning (på engelsk: "North Atlantic Oscillation" forkortet NAO) er variationen i den atmosfæriske cirkulation udtrykt ved forskelle i lufttryk mellem målestationer på Island (Stykkisholmur) og i Portugal (Lissabon) (Hurrell, 1995; Hurrell & van Loon, 1997). Høje NAO indekssværdier giver eksempelvis øget vestenvind, højere temperaturer i Nordsøen, og øget indstrømning af Atlanterhavsvand til Nordsøen og Barentshavet dvs. et generelt varmere klima i Nordeuropa.

Ved høje NAO indekssværdier bevæger lavtryk sig fra Amerika syd om Kap Farvel mod Island. Derved øges styrken af kold nordenvind ved Vestgrønland, hvilket giver lavere luft- og havtemperaturer og mere is (Fig. 8; Hurrell & van Loon, 1997; [13]; Stern & Heide-Jørgensen 2003). Lave NAO indekssværdier giver derimod mindre vestenvind og koldere, mere tørt, klima i Nordeuropa; omvendt giver det varmere klima, varmere hav og mindre is ved Vestgrønland, som følge af at lavtryk fra Amerika i højere grad bevæger sig op langs Vestgrønland samtidigt med at styrken af kold vind fra nord aftager.

Ved Vestgrønland er NAO vinter-indeks (dec.-mar.) positivt korreleret med det følgende års udbredelse af vinteris, men negativt korreleret med det følgende års isudbredelse ved Nordøstgrønland (Stern & Heide-Jørgensen, 2003). Ved Vestgrønland er der stærk negativ korrelation mellem NAO vinter-indeks og middel lufttemperatur, mens korrelationen mellem NAO vinter-indeks og middel havtemperatur er svagere (Fig. 8). Til trods for den generelle globale klimaopvarmning har temperaturen ved Vestgrønland været generelt lavere og faldende efter 1968, hvilket er et udtryk for at den globale opvarmning ikke er jævnt fordelt på kloden (f.eks. Serreze, 2000; Stern & Heide-Jørgensen, 2003). Den faldende og mere svingende temperatur med periodevis meget kolde vintre efter 1968, resulterede i forringede vækstvilkår for torsk, som sammen med overfiskeri resulterede i at torsken stort set forsvandt fra Vestgrønland efter 1992 (Fig. 8).



Figur 8. NAO vinter-indeks, middel luft- og havtemperatur, middel zooplankton tæthedsindeks, middel længde af torsk ved alder 6 år og beregnet torskebiomasse i tusinde tons. Optrukken linie er 3 års løbende middel. Vandret tynd line er langtidsmiddel over hele tidsserien. Stiplet linie i a), b) og c) er trend for dele af serien. Data fra a) [13]; b) Nuuk meteorologiske station; c) og d) [8, GN]; e) og f) Riget & Engelstoft (1998).

Lavere temperatur og øget ismængder ved Vestgrønland (i Davisstrædet og Baffin bugten) har forandret habitater og levevilkår til det bedre for nogle organismer og forringet dem for andre. Øget isudbredelse har muligvis været medvirkende årsag til de øgede rejeforekomster, fordi isudbredelse og rejeproduktion synes at være positivt korrelerede og måske koblet til fødebetingelserne for rejerne (Parsons & Colbourne, 2000; Ramseier et al., 2000). For visse arter af fugle og havpattedyr er habitater og levevilkår formentlig blevet forringet, fordi livsnødvendige åbentvandsrefugier er blevet reduceret af øget isudbredelse (Heide-Jørgensen & Laidre, 2004).

Forandringer i NAO i løbet af sidste århundrede har givet store forandringer i artsudbredelser og i strukturen af de marine økosystemer i hele Nordatlanten, dokumenteret ved bl.a. korrelationer mellem tidsserier for temperatur, NAO indeks, tæthed og udbredelse af forskellige arter af plankton og fisk i Nordatlanten (Taylor, 2002; Reid & Beaugrand, 2002; Beaugrand et al., 2002; MacKenzie et al., 2002; Brander et al., 2003). NAO er hovedsageligt et vinter fænomen og effekten er mest udtalt for dyrepopulationer hvor vinterforholdene er kritiske (Taylor, 2002). NAO forandringer har følger for fangststudbytte og forvaltning af ressourcerne bl.a. fordi der er komplekse koblinger mellem fysisk oceanografi, udbredelse og produktion i fiskeriressourcerne (f.eks. Mann, 1993; Sundby, 2000; Beaugrand et al., 2003). Som følge af et varmere havklima efter 1985 er eksempelvis planktonsamfundet i Nordsøen i 1990'erne karakteriseret ved at være et forholdsvis varmt-vands domineret planktonsamfund; med dominans af den varm-tempererede Calanus art *C. helgolandicus* over den kold-tempererede art *C. finmarchicus*. De to arters udbredelse og livscyklus er forskellige, således har *C. finmarchicus* maximal ægproduktion i det tidlige forår og den topper talmæssigt om foråret, mens *C. helgolandicus* producerer æg om foråret og igen om efteråret dvs. den har to maksima i talrighed (Planque & Fromentin, 1996). Forskellen mellem de to arters livsstrategi, livscyklus, udbredelse og vækst bevirker, at det tidsmæssige og størrelsesmæssige sammenfald mellem deres ungstadier (nauplier og copepoditer) og torskelarver ikke bliver optimalt for torskelarvernes vækst (Beaugrand et al., 2003). Foruden overfiskeri er dette "mismatch" mellem torskelarverne og deres føde, ifølge Beaugrand et al. (2003), en væsentlig medvirkende årsag til torskens kraftige tilbagegang i Nordsøen i de senere år.

Udvikling i klima og i den biologiske struktur i havøkosystemet i "Gulf of Alaska" (GOA) i det nordvestlige Stillehav viser tendenser til at være i modfase til udvikling i klima og i havøkosystemet ved Vestgrønland (og Østcanada) (Anderson & Piatt, 1999; Anderson, 2000; [13]; Worm & Meyers, 2003). Efter 1976 skete der i GOA et skift fra en periode med koldt klima, før 1976, til et varmere klima, efter 1976, dvs. modsat det vestgrønlandske skift fra et varmt til et koldt klima. Dette klimaskift resulterede i en hurtig øget produktion og udbredelse af fladfisk og torsk (*Theragra chalcogramma* og *Gadus macrocephalus*) og en samtidigt reduktion i bestande af rejer (flere arter), krabber (flere arter) og lodde (*Mallotus villosus*) (Anderson & Piatt, 1999). For perioden 1971-1997 fandt Anderson (2000) en negativ korrelation mellem havtemperatur (stigende) og fangst pr. time i rejefiskeriet (faldende) ($r = -0,72$). Opvarmningen i GOA efter 1976 resulterede i at zooplanktonproduktionen (biomassen af store copepoder, Mackas et al., 1998) i vandsøjlen toppede tidligere på året, hvilket sandsynligvis resulterede i dårlig fødegrundlag, vækst og rekruttering af rejernes larver og yngel. Ifølge Anderson (2000) er forståelsen af koblingen mellem fysisk oceanografiske processer og planktonproduktion nøglen til at forstå årsagerne til variationer i rejerekuttering og rejeproduktion, og til at udvikle brugbare forvaltningsstrategier for rejefiskeriet. Når klimaet i GOA igen skifter fra et varmt til et koldt klima, vil den på daværende tidspunkt lille rejepopulation sandsynligvis være længere om at opbygge en stor rejebestand, på grund af rejers mindre reproduktionspotentiale sammenlignet med torsks og andre fisk, som efter opvarmningen efter 1976 hurtigt blev dominerede (Anderson, 2000).

I kapitel 4 og 5 vil jeg gøre nærmere rede for historiske og nyere undersøgelser af koblinger mellem oceanografiske forhold og forandringer i den biologiske struktur og funktion i havøkosystemet ved Vestgrønland.

4. Rekruttering

Det har stor praktisk betydning og økonomisk værdi for samfund og fiskeindustri, hvis man er i stand til at forudsige størrelsen af de årgange, som vil rekrutteres til det fremtidige fiskeri. Derfor har forskning i bedre forståelse af rekrutteringsprocessen for fiskeriressourcer høj prioritet. Fordi torsken er en af de vigtigste nordatlantiske fiskeriressourcer, er den blevet mere intensivt undersøgt end nogen anden fiskeart, og den er med i GLOBECs program under titlen "Torsk og klimaforandringer" (Fig. 3; Brander (2003) og Köster et al. (2004).

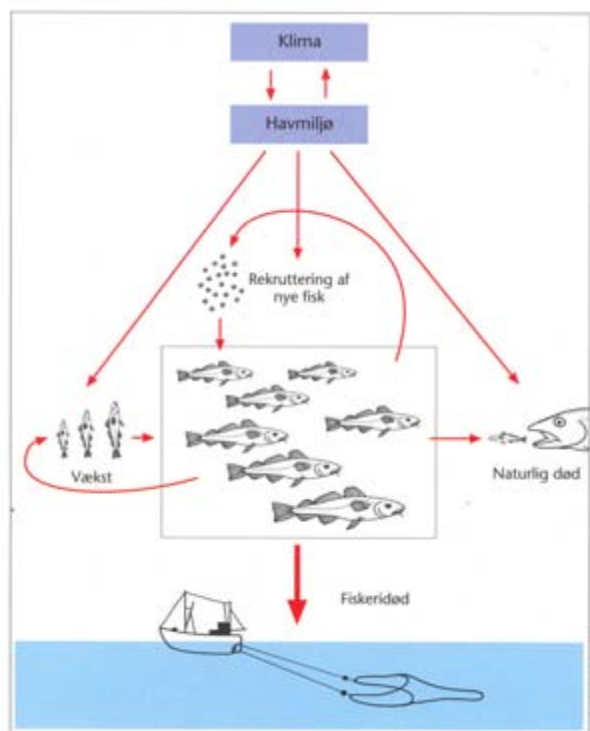
Da torsk og rejer, henholdsvis historisk og i nutid, er "nøglearter" og langt de vigtigste fiskeriressourcer i det vestgrønlandske havøkosystem, har de to arter naturligt nok været genstand for størst fiskeribiologisk interesse. I det følgende vil jeg gøre nærmere rede for rekrutteringsprocessen for disse to arter ved Grønland. Jeg vil først beskrive viden om rekrutteringsprocessen for torsk og resultater af historiske hydrografi- og planktonundersøgelser dokumenteret i [8, 9]. Dernæst vil jeg med fokus på rejerne give en beskrivelse af resultater fra forskningsprojektet "Hydrografiske og biologiske processers betydning for variationer i rekrutteringen til reje- og fiskebestandene ved Vestgrønland" dokumenteret i [10, 11, 13, 14, 20].

Da "bestand" og "rekruttering" er centrale begreber i beskrivelse af rekrutteringsprocessen for torsk og rejer gives indledningsvis en kort definition af disse. I fiskeribiologien er "bestanden" den centrale forvaltningsenhed (Fig. 9). En fiskebestand (eller en rejebestand) kan defineres som en gruppe af fisk af samme art, der udgør en forplantningsmæssig enhed, hvis "tab" ved udvandring af individer til andre bestande og "forøgelse" ved indvandring af individer fra andre bestande er ubetydelig i forhold til tilvækst og dødelighed i bestanden. Fiskebestanden kan karakteriseres på flere måder f.eks. ved størrelsen af de enkelte "årgange", hvilket vil sige alle de fisk som er udklækket samme år. "Rekruttering" kan beskrives som den proces hvorved nye individer vokser ind i en bestemt størrelses- eller aldersklasse i bestanden. I fiskeribiologien betegner rekruttering dog ofte kun tilgangen af nye individer til en størrelse eller et område hvor bestanden udsættes for fiskeri, dvs. rekruttering til den "fiskbare" del af bestanden.

Størrelsen af årgangene, også kaldet årgangsstyrken, varierer meget fra år til år, som det vil fremgå af dette kapitel. Noget af variationen skyldes forskelle fra år til år i mængden af kønsmodne fisk (gydebio-massen), men langt størstedelen af variationen skyldes miljøfaktoreres indvirkning på overlevelsen af æg og ynglen i tiden fra gydning og til rekrutteringen til fiskeriet. Rekrutteringen påvirkes både af naturlige faktorer, f.eks. havstrømme, temperatur, ernæringsgrundlag, og af menneskeskabte faktorer som fiskeri og forurening.

Bestandsregulerende faktorer opdeles almindeligvis i *tæthedsafhængige* og *tæthedsuafhængige* faktorer. Prædation, konkurrence om føde og sygdom er eksempler på tæthedsafhængige faktorer, der kan være afhængige af bestandens størrelse og derfor er tæthedsafhængige. Derimod er forurening, temperatur og strømforhold eksempler på tæthedsuafhængige faktorer, fordi de virker på bestanden uafhængigt af dennes størrelse.

Sammenhængen mellem antallet af rekrutter, dvs. årgangsstyrken, og størrelsen af gydebestanden er beskrevet ved forskellige modeller (Ricker, 1954; Beverton & Holt, 1957; Cushing, 1981; Mackenzie et al., 2003). Alle modeller har en tætheds-uafhængig koefficient, som får funktionen til at vokse og en tætheds-afhængig koefficient, som reducerer funktionens vækstrate når bestanden øges. Ricker's model udviser den største kompensatoriske effekt, og forudsiger en formindsket rekruttering ved høje bestandsstørrelser. Beverton og Holt's model forudsiger, at rekrutteringen ved store bestandsstørrelser vil nå et asymptotisk maksimum. Cushing's model forudsiger en kontinuert aftagende rekruttering med bestandsstørrelsen.

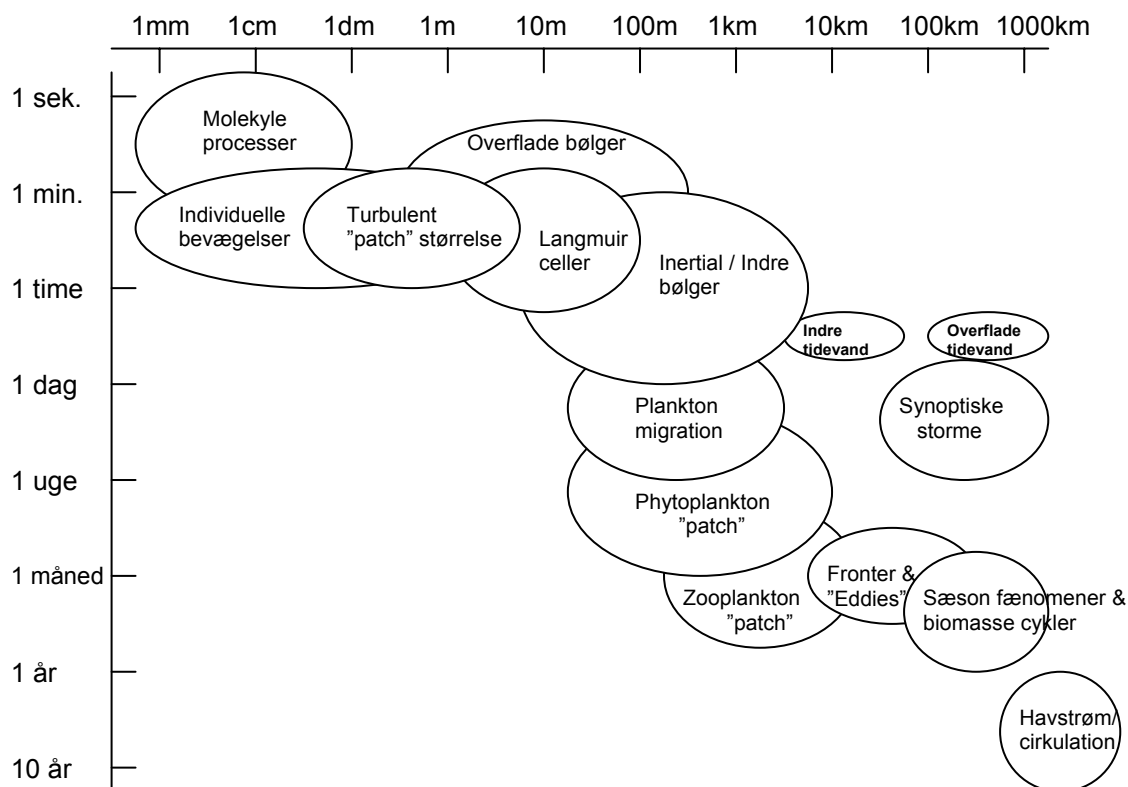


Figur 9.
En fiskebestand er en foranderlig enhed, hvor fiskenes størrelsessammensætning hele tiden ændrer sig. Det sker fordi hastigheden hvormed fiskene fødes vokser og dør følger ændringer i havmiljøet. Fiskeri påfører en bestand en ekstra dødelighed, som påvirker den naturlige balance. Fra Pedersen & Riget (1999).

For de fleste fiske- og skaldyrbestande er det imidlertid ikke lykket at give gode beskrivelser af sammenhæng mellem bestandsstørrelse og rekruttering, især fordi årlige variationer i fysisk-biologiske processer i økosystemet påvirker både gydepotentialitet (fekunditeten), larveoverlevelsen under rekrutteringsprocessen og økosystemets habitatstørrelse og/eller bæreevne for den pågældende art (f.eks. Tomkiewicz et al., 2003; Wieland, 2004; Mackenzie et al., 2003; Wahle, 2003). Især torsk har et stort reproduktionspotentiale (høj fekunditet, dvs. gyder mange æg pr. hun), hvilket gør den i stand til at producere store årgange i år med gode vækstbetingelser, overlevelse og spredning for æg og larver. Sandsynligvis er torskens høje fekunditet, artens tilpasning til overlevelse i områder med store miljøvariationer, som f.eks. ved Vestgrønland og Østcanada (Longhurst, 1999).

Rekrutteringen til fiskebestande er påvirket af mange fysiske og biologiske faktorer, som kontrollerer individernes vækst og dødelighed fra gydning og til individerne eventuelt når kønsmodenhed og deltager i bestandens reproduktion. Årgangsstyrken i fiske- og skaldyrbestande bestemmes hovedsageligt i æg- og larvefasen under rekrutteringsprocessen (se f.eks. Cushing, 1990, 1995, 1996; Laurence, 1992; Chambers & Trippel, 1997; Incze et al., 2003; Wahle, 2003). I havøkosystemet virker de fysiske og biologiske faktorer på rekrutteringsprocessen på mange forskellige rumlige og tidsmæssige skalaer (Fig. 10).

Da det ikke er formålet med denne rapport at give en samlet teoretisk oversigtsbeskrivelse af rekrutteringsprocessen, og af de mange mulige fysisk-biologiske faktorerers indvirkning på denne, vil jeg her nøjes med at henvise til sådanne beskrivelser i litteraturen f.eks. Dickey (1992), Laurence (1992) og Cushing (1990, 1995, 1996).



Figur 10. Illustration af tidsmæssige og rumlige skalaer i relevante fysisk-biologiske processer i forbindelse med rekruttering af fisk og rejer. Modificeret efter Dickey (1992).

4.1 Rekrutteringsprocessen for torsk

Biologisk er der sammenhæng mellem torskebestanden ved Grønland, og torsken som gyder udfor Islands sydkyst, mens der ikke synes at være nogen sammenhæng mellem torskebestanden ved Grønland og bestanden på canadisk område. Sammenhængen med den islandske torsk er i store træk den, at torskeyngel (æg, larver og juvenile) fra gydeområdet syd for Island føres pelagisk med havstrømmen til Øst- og Vestgrønland, og således bidrager til torskebestanden i disse områder (Fig. 11; Buch et al., 1994; Wieland & Hovgård, 2002; Storr-Paulsen et al., 2004). Modsat har bl.a. mærkninger af de grønlandske banketorsk vist, at en del torsk fra både Vest- og Østgrønland vandrer til Island, når de bliver kønsmodne i en alder af ca. 6 år (Fig. 11; Hansen, 1949; Hovgård & Christensen, 1990; Storr-Paulsen et al., 2004).

Det er i fiskeribiologien en anerkendt teori, at mange fiskebestandes fiskeyngel passivt føres fra gydeområdet til områder hvor opvæksten foregår, og at der hen imod kønsmodningen sker en aktiv tilbagevandring mod gydeområdet (Harden Jones, 1968; Windle & Rose, 2005). For den seneste store årgang af torsk ved Vestgrønland, årgang 1984, blev der konstateret en stor udvandring fra Vest- til Østgrønland, og torsk mærket i Vestgrønland blev genfanget ved

Island (Buch et al., 1994; Storr-Paulsen et al., 2004). Efter 1992 er den udenskærs torskebestand, den såkaldte "banke-torsk", stort set forsvundet fra Vestgrønland, både som følge af fiskeri, men også pga. udvandring til Østgrønland og Island (Storr-Paulsen et al., 2004). Der findes dog stadig små lokale fjordpopulationer af torsk ved Vestgrønland. Disse er sandsynligvis selv-rekrutterende, men ikke genetisk isolerede fra "banke torsk" (Storr-Paulsen et al., 2004). Fjordpopulationerne er i de senere år reduceret til historisk lille størrelse (Anon., 2003b).

Transport af torskeyngel med havstrømmen fra torskens gydepladser i det sydislandske område er den dominerende faktor for rekruttering af torsk til Øst- og Vestgrønland efter 1968 (Buch et al., 1994; Wieland & Hovgård, 2002; Stein & Borovkov, 2004).



Figur 11. Den "vestgrønlandske" og "østgrønlandske" banketorsk (*Gadus morhua*) har sin oprindelse på gydepladser ved Island (Fra Pedersen, 1999).

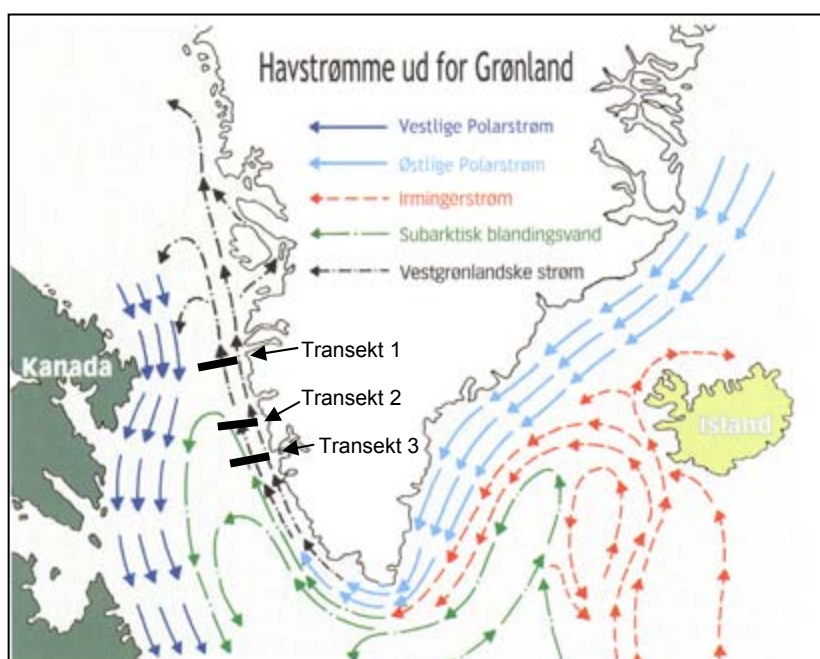
4.1.1 Historiske hydrografi- og planktonundersøgelser

Viden om variationer i havdyrenes udbredelse og produktivitet i relation til variationer i det fysisk-biologiske miljø kan opnås gennem årlige indsamlinger af plankton, dvs. havdyrenes larver, deres fødeorganismer og rovdyr, og samtidig måling af de fysiske forhold (bl.a. vandets temperatur og saltholdighed). Lange tidsserier af planktonprøver giver mulighed for at identificere variationsmønstre mellem årene i havøkosystemer. Når planktontidsserier sammenholdes med data om de klimatiske og oceanografiske forhold (f.eks. vandtemperatur og saltholdighed) er det muligt at få indsigt i processer som styrer variationen i planktonets artsudbredelse, mængde- og størrelsessammensætning (f.eks. Beaugrand et al., 2002, 2003).

At de oceanografiske forhold i et havområde, og specielt deres variationer, har stor betydning for områdets biologiske produktivitet var en erkendelse som tidligt blev gjort i fiskeriundersøgelserne ved Vestgrønland (f.eks. Nielsen, 1958; Fig. 25). For at øge forståelsen af især de årlige variationer i rekrutteringen til torskebestanden blev årlige indsamlinger af hydrografi og zooplankton ved Vestgrønland foretaget systematisk langs især 3 transekter fra slutningen af juni og til et stykke ind i juli måned i perioden 1950-1984 (Fig. 12). Indsamlingsperioden (juni-juli) er den tid på året, hvor især torskelarver findes i planktonet sammen med andre fiskeriressourcers larver, dvs. både deres føde- og rovdyr.

Ifølge Svend Åge Horsted (direktør for Grønlands Fiskeriundersøgelser 1970-1990) var interessen for planktonet et ønske om øget viden og forståelse af planktonets økologi for derved at øge mulighederne for at forudsige de fremtidige fangstudbytter fra fiskeriressourcerne. Formålet med planktonundersøgelserne var specifikt at:

- bedømme mængden af torskelarver og dermed få et første skøn for årgangsstyrken på torsk,
- bedømme (relativt) den totale masse af zooplankton og dennes kvalitet som føde for de nye torske årgange,
- identificere forskellige arter som karakterdyr for de forskellige vandmasser,
- belyse eventuelle langtidsvariationer i planktonets mængde og sammensætning, og sammenholde sådanne med de fysiske og kemiske forhold i havet.



Figur 12. Havstrømme og placering af transekter 1-3 hvor systematisk indsamling af hydrografidata og zooplanktonprøver blev udført af Grønlands Fiskeriundersøgelser i perioden 1950-84 [8,9]. Omtegnet og farvelagt efter Hachery et al. (1954) af Lauri Dammert, København.

I den lange tidsserie af hydrografidata og zooplanktonprøver indsamlet i perioden 1950-84 var året 1963 noget særligt fordi indsamlingerne i dette år var en del af et større internationalt samarbejde om kortlægning af hydrografi og zooplankton i hele Nordvestatlanten fra Island til Canada. Undersøgelsen i 1963 fik akronymet "NORWESTLANT" og var organiseret gennem *the International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries* (ICNAF; i dag NAFO). I undersøgelsen deltog forskningsfartøjer fra Canada, Danmark, Vesttyskland, Frankrig, Island, Norge, De britiske øer og Sovjetunionen. Resultater fra NORWESTLANT blev publiceret i 1968 (ICNAF, 1968), og sammenfatninger er givet af Smidt (1971) og Horsted (1998c). Blandt de vigtigste resultater fra NORWESTLANT følgende opdagelser:

- at torsken gyder eller rettere, at den havde gydning i et bredt, ubrudt bælte fra Island og langs Øst- og Vestgrønland,

- at dette bælte ved tidspunktet for larvernes udklækning blev brudt i en øst og en vestgrønlandsk larveforekomst,
- at torskelarverne ved Island havde større mængde føde i maverne end de ved Vestgrønland, altså bedre start på livet,
- at primærproduktionen først for alvor går i gang, når de øvre vandmasser stabiliseres ved forårets solopvarmning,
- at mængden af planktondyr, som æder torskelarver, er langt større over dybere vand end over de vestgrønlandske fiskebanker. Torskelarver, der driver vestover bort fra bankerne, har derfor mindre overlevelsesmulighed, så yngeltransport fra Grønland til det canadiske havområde må anses for ringe,
- at de vestgrønlandske rødfisk øjensynligt stammer fra yngleområder i Irmingerhavet. Rødfiskens yngel driver herfra op langs Vestgrønland,
- at calanoide copepoder af arten *Calanus finmarchicus* blev fundet at være vigtigste føde for larver af rødfisk og torsk.

Den lange tidsserie giver indsigt i de generelle udbredelsesmønstre for forskellige grupper og arter af zooplankton, samt i variationer over perioden i tætheder [8, 9]. Materialet er interessant fordi det er en af de længste tidsserie af zooplankton fra Nordvestatlanten. Svagheden i materialet er bl.a. at det er forholdsvis få prøver i tid og rum. Det sidste pga. at indsamlingerne hovedsageligt er foregået på nogle standardstationer for hydrografimålinger, samt at indsamlinger og den efterfølgende oparbejdning i laboratoriet har været begrænset af henholdsvis vejrforhold, tid, personale og økonomi.

Indsamlingsredskabet og indsamlingsmetoden (2 m ringnet med maskevidde på 1 mm) integrerer zooplankton under hele planktontrækket fra ud-firing til op-haling af net (ca. 0-50 m) og selekterer organismer større end ca. 1 mm. Den eksakte dybde planktonet er integreret over er usikker da den er vurderet ud fra en usikker sammenhæng mellem redskabsdybde, træk hastighed og wire-længde, dvs. længde fra overflade til plankton-net i havet under træk. Der er således ingen oplysninger om vertikal-udbredelse af plankton, og de kvantitative bestemmelser af zooplankton er bestemt med stor usikkerhed og kun for stadier større end 1 mm (maskevidden i nettet). Sammenhænge mellem zooplankton-tæthed og miljøforhold, såsom temperatur, saltholdighed, fødetæthed og rovdyr er derfor af flere grunde vanskelige at etablere og fortolke.

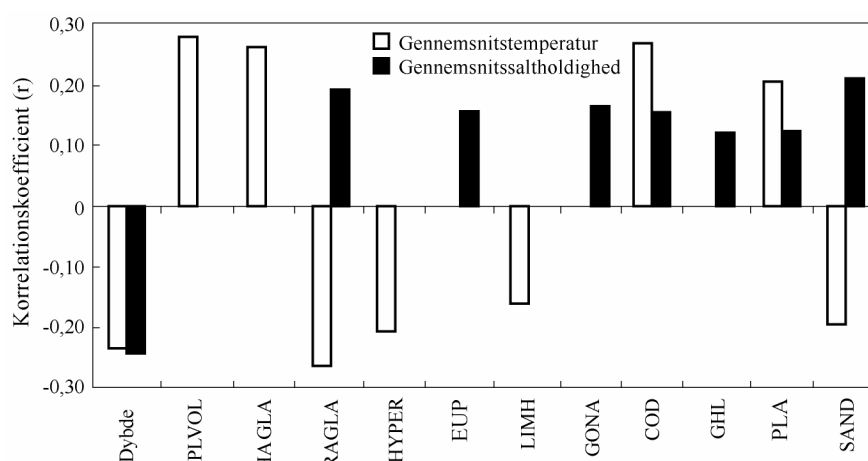
Zooplanktonudbredelse og -tæthed

Kortlægning af det indsamlede zooplankton, 1950-84, viser geografiske ligheder og forskelle i udbredelse af forskellige grupper og arter [8]. Fra de over alle årene hyppigst besøgte stationer langs de tre transekter angivet i Fig. 12 er data for temperatur, saltholdighed og plankton-tæthed analyseret med såkaldte ubalancerede flervejs-variansanalyse med det formål at undersøge effekter af år (1950-84), transekt (1-3), dybde til bunden (100 m intervaller) og måned (juni eller juli). Desuden er de samme data blevet korreleret. Da planktondata ikke opfylder betingelserne for at lave såkaldt parametriske statistiske modeller og tests, er såvel flervejs-variansanalyser og korrelationsanalyser foretaget på såkaldt "rank" data. Dvs. at analyserne er udført på relative tal for plankton-tætheder.

Total zooplankton-tæthed (volume) og tæthed af de fleste grupper og arter af zooplankton var generelt højest på transekt 2 og i den længerevarende varme periode 1950-68 ([8]; Fig. 8). Tanglopper, vingesneglen *Clione limacina* og rejelarver (*Pandalus* sp.) viste ingen effekt af transekt. Den store vandloppe art *Calanus finmarchicus* havde generelt større tæthed på

transekt 3, mens larver af krabber og tobis (*Ammodytes marinus*) generelt havde større tæthed på transekt 1. Krabbe- og tobislarver var mere almindelige kystnært på de lavere dybder over Store Hellefiskebanke på transekt 1. Tætheder af andre arter af zooplankton var generelt højere i mere oceaniske områder over større dybder.

Kun tanglopper, vingesneglen *Limacina helicina* og tobis-larver forekommer i større tæthed i den forholdsvis koldere og mere varierende periode mellem 1969 og 1984. Forekomsterne af torske- og håsinglarver er positivt korreleret med temperaturen, mens forekomsterne af tobislarver er negativt korreleret med temperaturen (Fig. 13). Blæksprut-ungel, larver af torsk, hellefisk, håsing og tobis var alle positivt korreleret til havvandets saltholdighed. Af alle korrelationer viser total-zooplanktonvolume den højeste positive korrelation med temperaturen (Fig. 13).



Figur 13. Signifikante korrelationskoefficienter (r) mellem zooplankton og henholdsvis gennemsnitstemperatur og –saltholdighed i de øverste 10-50 m havoverflade ved Vestgrønland, 1950-1984. Plankton: PLVOL= planktontæthed (volume), HAGLA= goplen *Aglantha digitale* (hvid), RAGLA= *Aglantha digitale* (rød), HYPER= Tanglopper (*Parathemisto* spp.), EUP=Lyskrebs (*Thysanoessa* spp.) og (*Meganocythipes norvegica*), LIMH= Vingesnegle (*Limacina helicina*), GONA= Blæksputter (*Gonatus fabricii* juv.), COD= Torskelarver, GHIL= Hellefiskelarver, PLA=Håsinglarver, SAND= Tobislarver.

Et vigtigt formål med planktonundersøgelserne var at relatere variationer zooplanktonet til variationer i rekrutteringen af først og fremmest torsk. Succesfuld fiskelarverrekruttering er betinget af først og fremmest to biologiske processer: 1) larvedødelighed som følge af larverne ædes af rovdyr, og 2) tilstrækkeligt føde af rigtig kvalitet under opvæksten (se f.eks. Cushing, 1990, 1995, 1996).

Tætheder for de fleste arter fiskelarver var positivt korreleret med hinanden og med såvel potentielle føde- som rovdyr [8]. Samlet set indikerer dette at planktonet har tendens til at være klumpet fordelt, dvs. hvor der er mange fiskelarver, er der også mange føde- og rovdyr. Det er imidlertid vanskeligt at evaluere betydningen af artsinteraktioner i planktonet ud fra oplysningerne om relative tætheder, dels pga. manglende viden om "hvem æder hvem" i planktonet, dels fordi vi ikke har viden om proceshastigheder dvs. hvor meget ædes pr. tidsenhed. Fra litteraturen vides at vandloppen *C. finmarchicus* er et vigtigt byttedyr for torskelarver (Bainbridge & McKay, 1968), men vi fandt ingen signifikant korrelation mellem tæthed af *C. finmarchicus* og torskelarver [8]. Det sidste kan skyldes at maskevidden på 1 mm

ikke fanger de mindre stadier af *C. finmarchicus* (nauplier og copepoditer), som er torskelarvernes foretrukne føde.

Sammenhænge mellem hydrografidata og fiskebestande i deres habitat, herunder fysiske faktorerers indvirkning på overlevelsen under rekrutteringsprocessen, følger sjældent matematisk lineære funktioner, og er ofte bedre (mere korrekt udtrykt) ved sandsynlighedsfunktioner (f.eks. Rice, 1993; [9]). I [9] analyseres de samme hydrografi- og zooplanktondata som i [8], men metoderne anvendt til data-analyserne er nye og zooplanktondata analyseres samlet for hele området over de vestgrønlandske banker.

[9] fokuserer på analyse af sammenhænge og mulige koblinger mellem forekomst af fiskelarver, zooplankton (føde for fiskelarver) og tre hydrografiske karakteristika (temperatur, saltholdighed og temperaturgradient, dvs. forskel mellem maks. og min. på den enkelte station). Vi tester om kumulerede fiske- og rejelarvetætheder og kumulerede observationer (prøver), sorteret efter miljøgradienter (hydrografiske karakteristika og zooplankton), er tilfældigt fordelt eller om tætheden af larver ændres signifikant langs gradienten [9].

Tætheder af torskelarver og andre fiskelarver var generelt større end forventet i områder med moderat til høje tætheder af zooplankton (volume) og vandlopper (copepoder). For de undersøgte arter af fiskelarver, bortset fra tobislarver, syntes forekomsterne generelt at være større end forventet når vandet er forholdsvis saltholdigt ($>33,4$), varmt ($>2,0^{\circ}\text{C}$) og temperatur-lagdelt ($\Delta >1,4^{\circ}\text{C}$), samt når tætheden af plankton, især copepoder, var høj.

Tobislarver havde større tæthed end forventet ved henholdsvis lave temperaturer, lille temperatur-lagdeling, lille tæthed af zooplankton og copepoder. Tætheden af rejelarver var tilfældig fordelt i forhold til zooplankton og hydrografiske karakteristika, men var større end forventet i planktontræk med relativt høje tætheder af copepoder.

Der var generelt større planktontætheder i den forholdsvis varme periode 1950-68, hvilket er indikation på at et varmere hav giver større planktonproduktion og en økosystemstruktur med flere fisk (torsk). Det sidste støttes af øget størrelse ved alder (vækst) af torsk ved Vestgrønland i varmeperioder (Fig. 8e).

Temperatur, torskelarver og årgangsstyrker af torsk

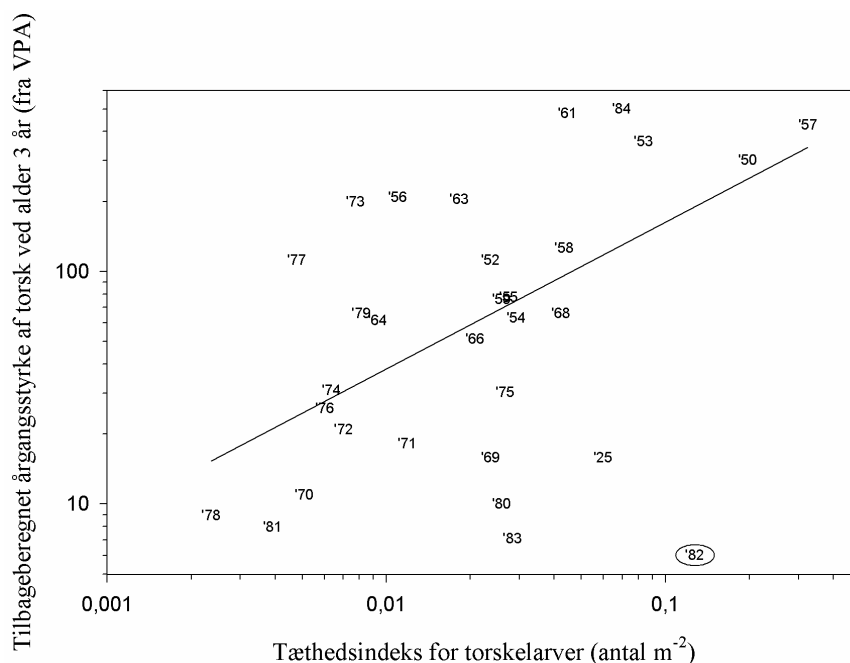
Ved Vestgrønland er årgangsstyrker for torsk (i alder 3 år) tidligere blevet positivt korreleret med overflade temperaturen og årgangenens relativ larvetæthed i juni-juli over fiskebankerne (Hermann et al., 1965; Hansen and Buch, 1986). Vi fandt positive relationer mellem overfladetemperatur og relativ torskelarvetæthed [8, 9].

Den positive relation mellem temperatur og store torskeårgange illustreres ved at de to seneste store årgange, 1973 og 1984, rekrutteredes i perioder med stigende temperaturer ved Vestgrønland (Fig. 6). Disse to årgange gav godt torskefiskeri i henholdsvis slutningen af 1970'erne og 1980'erne (Fig. 6).

Sammenhængen mellem antallet af torskelarver fanget i planktonet, og den efterfølgende årgangsstyrke af torsk er imidlertid svag (Fig. 14). En illustration på dette er at 1982 var et "godt" zooplankton-år med usædvanlig mange torskelarver (andre larver, copepoder m.v.) i planktonprøverne, og det lovede således godt for torskerekrutteringen. Årgang 1982 blev imidlertid ikke til noget, sandsynligvis fordi to rekord kolde vintre i træk 1982/83 og 1983/84 havde dødelig virkning på torskeynglen. At torskelarveantallet i planktonet ved

Vestgrønland ikke kunne bruges til at forudsige årgangsstyrken, var en medvirkende årsag til at Grønlands Fiskeriundersøgelser i 1985 besluttede at stoppe planktonindsamlingerne.

Ved Vestgrønland har lave temperaturer en negativ effekt på torskerekruttering og høje temperaturer en positiv effekt. Torsken ved Vestgrønland lever ved den nordlige temperaturgrænse for artens udbredelse, dvs. succesfuld rekruttering er positivt korreleret med temperaturen (Planque & Frédou, 1999; Brander, 2000). Foruden direkte fysiologiske effekter af temperatur på larvækst, udvikling og overlevelse, kan temperaturen have indirekte effekter på produktionen af fiskelarveføde ved at ændre på perioden for produktion af larveføde, hvorved larverne ikke møder den rigtige og/eller tilstrækkelige føde under opvæksten til at overleve. Ifølge "match-mismatch" teorien er "timing'en" af fiskelarveproduktionen og produktionen af larveføde bestemmende for rekrutteringens størrelse. Er der "mismatch" i "timing'en" mellem larverne og deres føde, vil det resultere i en lille rekruttering dvs. en lille årgang (Cushing, 1990; Brander et al., 2001; Beaugrand et al., 2003).



Figur 14. Plot af tæthedsindeks for torskelarver i planktonet (50-0 m) og VPA beregnet årgangsstyrke på torsk 3 år senere. Indtegnet linie angiver regressionslinien ($r^2=0,30$, $p<0.005$), uden data fra 1982. Data fra 1925, 1950-1984. Fra [9].

Resultaterne af analyserne af de historiske hydrografi- og zooplanktondata viser generelt svage korrelationer (overlap i mønstre) mellem hydrografiske karakteristika, tæthed af zooplankton, torskelarver og efterfølgende årgangsstyrke på torsk [8, 9]. Det skyldes dels at de historiske data har lille "opløsning" i tid og rum, og dels at det kun i begrænset omfang har været muligt at vurdere effekter af fysisk-biologiske processer, variationer arternes livscyklus og artsinteraktioner. De mange fysisk-biologiske faktorer som virker på udbredelse og overlevelse under rekrutteringsprocessen gør det vanskeligt at forudsige årgangsstyrker ud fra årlige tæthedsbestemmelser af larver ved planktonsurveys.

I [9] konkluderer vi at det efter alt at dømme er uhensigtsmæssigt at udvælge og forfølge en bestemt kritisk rekrutteringsmekanisme i f.eks. larvestadiet (Sinclair & Page, 1995; Tabel 1) som værende mere bestandsregulerende end andre faktorer, såsom kolde vintre og fiskeri (overfiskeri). For at øge forståelsen af effekter på rekrutteringen til reje- og fiskebestandene af ændringer i klima, havstrømme og fiskeri, er det nødvendigt med multi-disciplinære undersøgelser af hydrografiske og biologiske processer. Der er især behov for viden om de hydrografiske processers betydning for produktivitet, aggregering, vækst og "timing" af rovdyr-byttedyr forbindelser i zooplanktonet over de vestgrønlandske fiskebanker.

Tabel 1. Hypoteser for regulering af henholdsvis en populations geografiske udbredelsesmønster, gennemsnitlige populationsstørrelse og svingninger i årgangsstyrker (Fra Sinclair & Page, 1995). I hypoteserne 2, 3 og 4 er "kvantitativt tilstrækkelig og kvalitativt rigtig" føde for larverne under larveudviklingen vigtigste rekrutteringsmekanisme. I hypoteserne 1 og 5 er havstrømsbevægelser og larvedrift til opvækstområder vigtigste rekrutteringsmekanisme.

<u>Hypotese</u>	<u>Udbredelses-</u> <u>mønster</u>	<u>Bestands-</u> <u>størrelse</u>	<u>Svingninger i</u> <u>årgangsstyrke</u>
1. Triangulær-vandring (Harden Jones, 1968)	X		
2. "Match-mismatch" (Cusing, 1981; 1990)	X	X	X
3. Roligt ocean (Lasker, 1975)			X
4. Møde-frekvens (Rothschild & Osborn, 1988)			X
5. Medlem-vagabond (Sinclair & Iles, 1989)	X	X	X

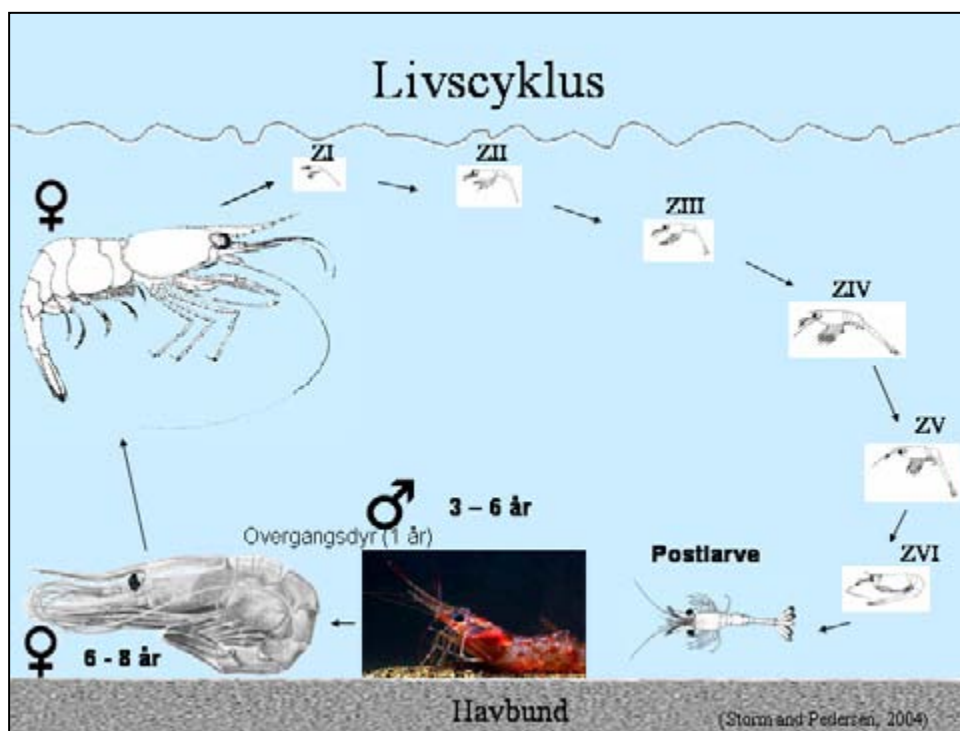
4.2 Rekrutteringsprocessen for rejer

Der findes flere arter af rejer i de grønlandske farvande, men dybvandsrejen (*P. borealis*) er langt den dominerende, som det også fremgår af det store rejefiskeri i Vestgrønland (135.000 tons i 2003). Dybvandsrejen hører til dyregruppen Storkrebs (Decapoda - tibenede krebsdyr), som bl.a. er kendetegnet ved at have planktoniske larvestadier. For yderligere morfologiske karakteristika henvises til Stephensen (1910). Viden om dybvandsrejsens biologi og livscyklus er beskrevet af Shumway et al. (1985) og Bergström (2000). Dybvandsrejen har en circumpolar udbredelse i den subarktiske og tempererede zone. Den forekommer på dybder mellem 5 og 1500 m og er knyttet til områder med høj produktion. Fiskeriet foregår med bundtrawl og almindeligvis på dybder mellem 150 og 600 m. På de vigtigste rejefelter ved Grønland er temperaturen 0-6°C.

Dybvandsrejen vandrer både horisontalt og vertikalt. De yngste rejer findes på forholdsvis lavt vand, og de vandrer under væksten mod dybere vand. Rejerne kan flytte sig horisontalt over betydelige afstande i løbet af kort tid – sandsynligvis ved hjælp af tidevandsstrømme. De kan vandre væk fra et område, hvis miljøforholdene forringes. Om dagen opholder rejerne sig hovedsageligt på eller nær bunden, men om aftenen svømmer mange af dem op fra bunden. Om natten i gydetiden er gydemodne rejer endog observeret svømmende lige under havoverfladen. Den vertikale nat-vandring gør, at de største rejefangster normalt tages om dagen i bundtrawl.

Dybvandsrejsens livscyklus er i korte træk følgende: *P. borealis* er en først hanlig (protandisk) hermafrodit, som først bliver han, senere skifter køn til hun og fungerer som hun resten af livet. Hunnerne gyder normalt en gang hvert år om sommeren. Umiddelbart før gydning skifter hunnen skal og den parrer sig med en han (evt. flere hanner). Parringen foregår ved, at

hannen placerer en klump sæd under forkroppen på hunnen ved gydeåbningen. Ved gydningen befrugtes æggene og forsætter bagud hvor de klæber sig til "halefødderne" (pleopoderne). Æggene bæres af hunnen i de følgende omkring 8-10 måneder frem til klækning. Varigheden af den ægbærende periode (larveudviklingen i ægget) frem til klækning er temperaturafhængig. Når tidspunktet for klækning nærmer sig søger hunnen op på forholdsvis lavere vand og ægklækning foregår fortrinsvis om natten. Ved Vestgrønland er det observeret at ægklækning finder sted i april-maj (Horsted & Smidt, 1956; Horsted, 1978). Ved ægklækning frigøres rejelarverne i den øverste del af vandsøjlen som veludviklede zoealarver i stadie 1 (ZI). I løbet af forår og sommer gennemgår larverne 6 planktoniske larvestadier (ZI-ZVI) over en periode på 3-4 måneder. I de ældste larvestadier bundfælder larven og bliver til umoden rejeyngel. Ved Grønland bliver rejerne kønsmodne som hanner i alder 3-6 år og skifter til hunner i alder 6-8 år (Fig. 15). Det vides ikke hvor gammel en reje kan blive, men formentlig over 10 år ved Grønland. Det er hunnerne (de store rejer) som er værdifulde for rejefiskeriet. Det tager altså 6-8 år fra rejen bliver klækket som planktonisk larve til den er interessant for det kommercielle rejefiskeri. Sammenlignet med dybvandsrejer i varmere havområder vokser de grønlandske rejer langsomt. I Nordsøen og Skagerrak sker kønsskiftet efter kun 2-3 år (i nogle tilfælde springes hanstadiet over) og den maksimale alder er omkring 5 år. Dybvandsrejen bliver således ældre, når den har langsom vækst i koldt vand, end når den har hurtig vækst i varmt vand. Fekunditeten (antal æg pr. hun) er størrelsesbetinget, og undersøgelser har vist at såvel rejerne maksimale størrelse, som deres fekunditet generelt er mindre i rejepopulationer som lever i varmere vand med forholdsvis hurtig vækst (Koeller et al., 2003; Wieland, 2004).



Figur 15. Forenklet illustration af dybvandsrejets livscyklus ved Grønland (Larve-tegninger af Tone Rasmussen, Universitetet i Tromsø).

Tidsrummet mens rejen lever planktonisk som fritsvømmende larve og til den søger mod havbunden er vigtig i rejerne livscyklus, men er ikke særlig godt kendt. Forhold som havstrømme, fødegrundlag og temperaturer spiller en meget vigtig rolle for rejelarvernes

overlevelse, og dermed for årgangsstyrken når rejerne rekrutterer til fiskeriet. Eksempelvis har canadiske og norske studier af rejelarver (*P. borealis*) i laboratorieforsøg vist at temperatur er af stor betydning for rejelarvernes udvikling, vækst og dødelighed. Vækstforsøg med rejelarver fra ægklækning (stadie Z1) til yngel (postlarve) ved konstant temperatur 3, 5 og 8 °C, viser en positiv effekt af temperatur på væksten (Ouellet & Chabot, 2004; Chabot & Ouellet, 2004). I alle forsøg havde larverne overskud af føde (*Artemia salina*). Lav temperatur (3 °C) gav lavere vækst og større kumulativ-dødelighed pga. af længere larveudviklingstid end ved 5 og 8 °C. Under samme fødebetingelser havde rejelarver, som blev udsat for en gradvis temperaturforøgelse, hurtigere vækst og lavere dødelighed sammenlignet med rejelarver holdt ved konstant temperatur (Tande et al., 1994; Rasmussen and Tande, 1995).

I naturen sker larveudvikling i stigende havtemperaturer i løbet af forår og sommer som følge af solens tiltagende opvarmning af havoverfladen. Rejelarver i laboratorieforsøg bliver generelt mindre i hvert larvestadie end rejelarver som fanges i naturen uden man har været i stand til at give gode forklaringer på det. Muligvis er forklaringen den at for rejelarver i naturen er fytoplankton en afgørende bestanddel i føden for de yngste larvestadier. Fytoplanktonføde stimulerer muligvis fordøjelseskirtlens udvikling med det resultat at væksten øges selvom temperaturen er lav (Ouellet & Chabot, 2004).

Hvordan biologisk produktion på højere trofiske niveauer er koblet til hydrografiske processer i havet ved Vestgrønland er svagt belyst, bl.a. fordi indsamlinger af hydrografi- og zooplankton-data har været sporadisk, og med for lille opløsning i tid og rum [6, 8, 9, 13]. Projektet med titlen "Hydrografiske og biologiske processers betydning for variationer i rekrutteringen til reje- og fiskebestandene ved Vestgrønland" (REKPRO) blev startet i 1999 med støtte fra Nordatlantisk Forskningsprogram under Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd. Det overordnede sigte med projektet var at skabe et bedre grundlag for at forstå og vurdere årsagerne til ændringer i den biologiske produktion i havøkosystemet ved Grønlands vestkyst [19]. Især havde projektet fokus på årsager til ændringer i produktionen af de kommercielt vigtige arter af rejer og fisk.

Projektet tog udgangspunkt i antagelsen om at opvæksten af plankton-organismer, herunder de planktoniske ung-stadier af fisk og rejer, ultimativt er afhængig af specifikke hydrografiske vilkår i frontzonen mellem havstrømmene langs de grønlandske fiskebanker. Projektets specifikke formål var at undersøge hvordan og i hvilket omfang planktonproduktion og opvækst er forbundet til hydrografiske front-dannelser. Endvidere var det projektets mål at kvantificere betydningen (i form af ændringer i kondition, vækst og overlevelse) af de vigtigste fysisk/biologisk sammenhænge, og knytte den opnåede viden om biologisk variation til en model for hydrografisk variation i området.

For at sikre opnåelse af målet indenfor projektperioden, afgrænsedes undersøgelsen til forholdene for en række nøgle-arter, mens de undersøgte processer blev holdt indenfor tre grund-hypoteser:

- 1) De voksne populationers gydning/ægklækning er i tid og rum bestemt af hydrografiske strømningsmønstre, der sikrer at senere ung-stadier opvokser i områder, der har forbindelse med frontzonen.
- 2) Kombinationen af gydeområdets placering, strømningsmønstrene samt organismernes vertikal-migration /-fordeling fører til en arts-specifik opkoncentrering af ung-stadierne i forskellige områder af frontzonen.
- 3) Området hvor ung-stadierne opkoncentreres er favorabelt ved større fødeudbud, og dermed bedre vækstmuligheder. Omvendt har ungstadierne en ulempe i disse områder

da de selv kan være udsat for flere prædatorer, og dermed en større prædationsdødelighed.

De historiske hydrografi- og zooplankton-tidsserier fra Vestgrønland, samt transektstudier i 1996, indikerer at bankerne, og bankernes skrænter, kan være vigtige opvækstområder for reje- og fiskelarver ([6, 8, 9]; Munk et al., 2003).

Et vigtigt formål for projektet var at øge vores viden om rekrutteringsprocessen for rejerne, dvs. øge viden om udbredelse og livscyklus, for derved at øge forståelsen af årsager til variationer i årgangsstyrker i rejebestanden ved Vestgrønland. Viden om især larvernes økologi under den pelagiske larveudvikling er vigtig da årgangsstyrken for en stor del bestemmes her.

I forbindelse med REKPRO udførtes i juni 1999, maj og juli 2000 fire togter med Grønlands Naturinstituts forskningsfartøjer *Adolf Jensen* og *Paamiut*. På togterne indsamledes på et større antal stationer plankton (reje- og fiskelarver, mikro- og mesozooplankton), klorofyl *a* - og hydrografidata langs transekter over de vestgrønlandske fiskebanker (Fig. 16 og 17; [10, 15]). I laboratoriet blev planktonet artsidentificeret, størrelsesbestemt og fedtindehold i rejelarver på udvalgte stationer blev undersøgt. Fyto- og protozooplanktonets artssammensætning, biomasse og fedtsyreindhold blev undersøgt på udvalgte stationer langs transekter i juni 1999 og maj 2000 (Poulsen & Reuss, 2002; Reuss & Poulsen, 2002).

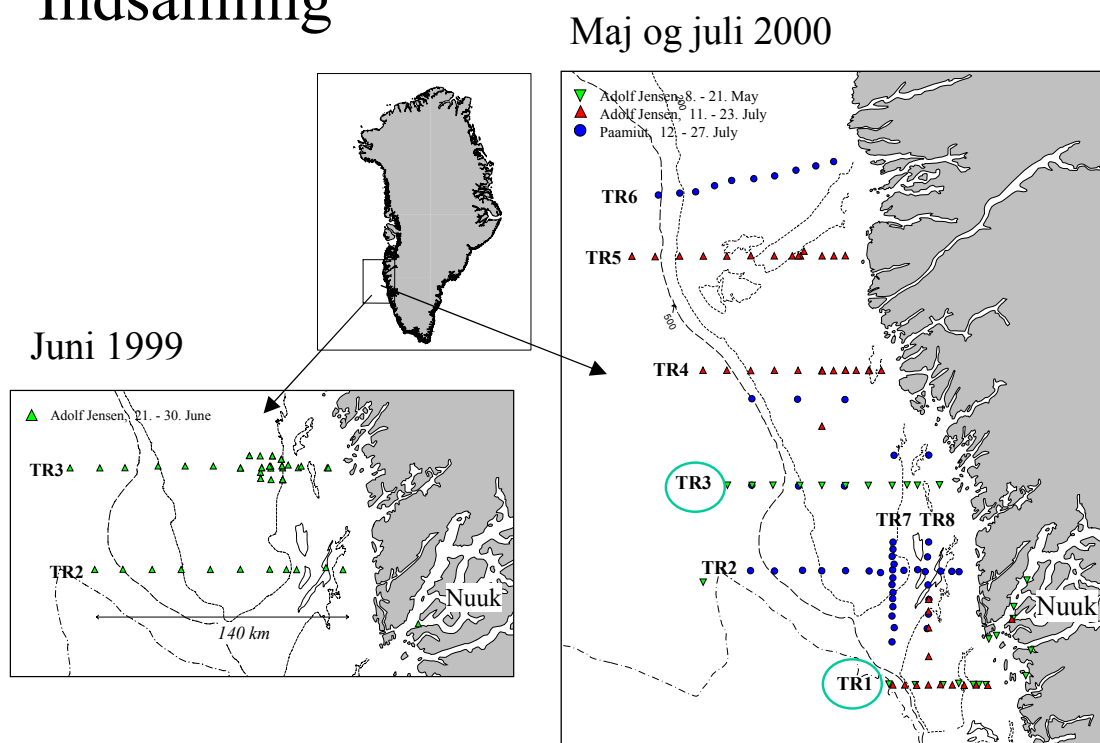
For at få viden om havstrømmes betydning for planktonets udbredelse og drift udsattes i maj 2000, 2 såkaldt satellitsporede bøjer med drivanker i 30 m i områder med fritsvømmende rejelarver. Bøjernes drift med strømmen blev fulgt af satellitter fra udsætning 12/13. maj til 31. december 2000.

4.2.1 Rejelarvers udbredelse og udvikling

På REKPRO togterne var *Pandalus* rejelarver de helt dominerende rejelarver, og vi fangede larver i alle seks zoea larvestadier [10]. Indenfor hvert zoea-stadie var der størrelsesforskel på larverne. Ud fra størrelsesforskelle og morfologiske karakterer, især farve og pigmentering på larver i stadie ZIII-ZVI, blev store *Pandalus* larver bestemt til *P. borealis* og små *Pandalus* larver bestemt til *P. montagui* [6, 10]. *P. borealis* larver var mængdemæssigt dominerende over *P. montagui*. De to arter havde samme udbredelsesmønster, men *P. montagui* var lidt længere i stadiueudvikling i især juni 1999, hvilket indikerer senere ægklækning og/eller langsommere udviklingstid for de større *P. borealis* larver. Der var stor variation i rejelarvetætheder mellem indsamlingsperioder og stationer. I maj var tætheder af rejelarver i stadie ZI og ZII størst ($\sim 250\text{m}^{-2}$) på transekt TR1 på stationer nær kysten og i Godthåbsfjorden. Langs transektterne i juni og juli var larverne i stadie ZIII-ZVI mere spredt, men med højere tætheder på nogle stationer, ofte over bankerne og nær kysten. Rejelarverne synes således at være klumpet fordelt især i de yngste stadier. Der var små forskelle i størrelses- og stadiefordeling mellem transekter såvel som mellem stationer langs transekter.

Stadie-udviklingstiden (D) som funktion af temperaturen (T) under larveudvikling blev i [12] estimeret vha. af den såkaldte Bølehrådek funktion [$D = 872 \cdot (T + 10,5)^{-1,55}$] til at være faldende fra 22,7 dage for stadie ZI til 16,7 dage for stadie ZVI larver. Dødelighedsrater i larvepopulationerne estimerede vi til at være fra $0,06\text{ dag}^{-1}$ i populationer af ZI larver til $0,04\text{ dag}^{-1}$ i ZVI og ZV populationer [12].

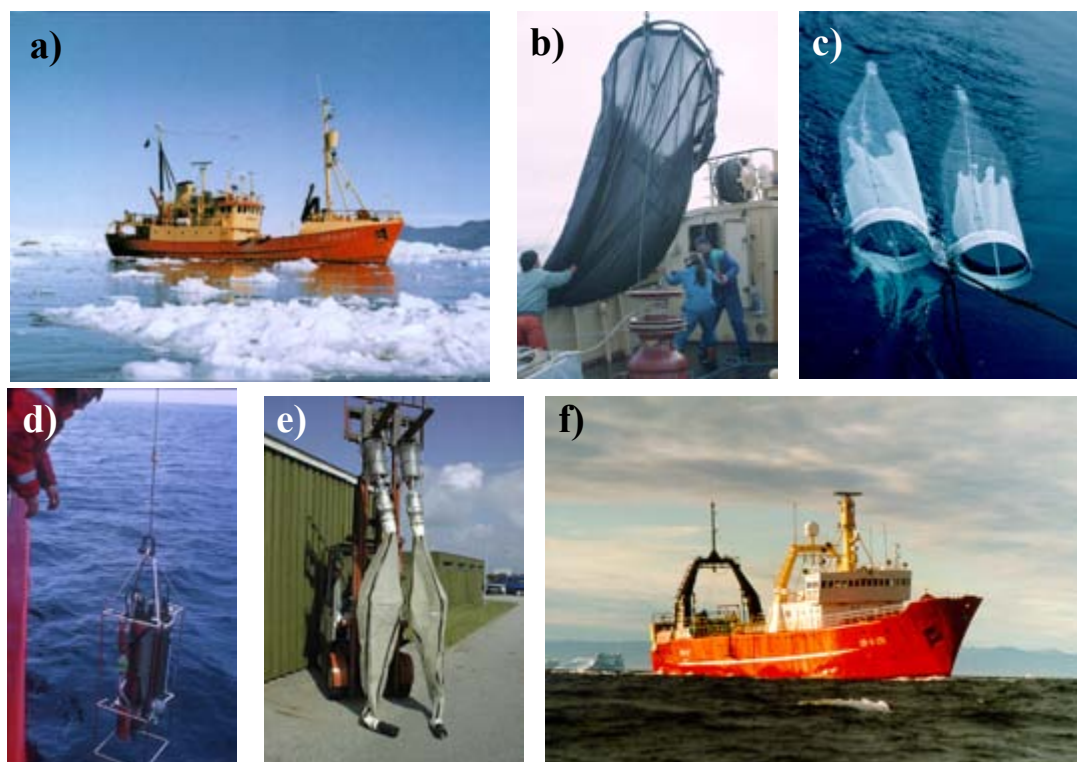
Indsamling



Figur 16. Undersøgelsesområde med placering af transekter (TR1-6) og indsamlingsstationer over de vestgrønlandske fiskebanker i 1999 og 2000. Grønne cirkler markerer de to transekter hvor indsamlinger blev udført i maj 2000.

I REKPRO blev rejelarverne fanget i dybdeintegrerede planktontræk, og der er således ingen viden om larvernes vertikale fordeling og mulige aktive vandringer i vandsøjlen. Vi får heller ikke viden om tidspunkt og stadie for larverne bundfældning (eller aktive søgen til bunden). Undersøgelser i Gulf of St. Lawrence fandt at rejelarver (*P. borealis*, stadie ZI og ZII) koncentrerede sig over en permanent pyknoklin i de øverste 30 m af vandsøjlen (Ouellet & Lefaivre, 1994). Larvernes udbredelse havde sammenfald med maxima for henholdsvis klorofyl *a* og opslåmmet organisk materiale. Larverne var om dagen koncentreret over andet makro-zooplankton (potentielle prædatorer), mens de om natten vandrede mod havoverfladen. Ouellet & Lefaivre (1994) konkluderer at larvernes vertikalvandring i den stratificerede vandmasse optimerer overlevelse og vækst.

På togtet i maj 2000 viste rejelarvefangster med planktonpumpe fra forskellige dybder, at rejelarverne var vertikalt udbredt over større dybder (0-100 m), og der var ingen tydelige termo- eller pyknokliner (upubliceret data). Ifølge Rasmussen et al. (2000) søger nyklækkede ZI rejelarver aktivt lyset, mens ZIII aktivt søger dybere vand og ZV larver blev i laboratorieforsøgene anset for at være semi-bentiske (Rasmussen et al., 2000). I forsøg med temperatur- og saltholdighedspræference fandt Rasmussen et al. (2000) at alle rejelarvestadier søgte den højest tilgængelige temperatur (4,6°C). ZI og ZII larver foretrak en saltholdighed på 28 psu, hvorimod ZIII og ZIV foretrak højere saltholdighed. Aktiviteten blev reduceret når larverne blev udsat for lav temperatur (0°C), men der var ingen dødelighed.



Figur 17. Skibe og redskaber anvendt under indsamlingerne. a) Grønlands Naturinstituts forskningsfartøj *Adolf Jensen*. b) MIK plankton-net (2m i diameter) med 16 m langt nylon net og maskevidde 1mm. c) Bongo plankton-net (0,61m diameter) med to nylon net og 0,5 mm maskevidde. d) CTD til måling af vandets temperatur, saltholdighed og tæthed, samt klorofyl *a*. e) Zooplankton-pumpe (900 l min⁻¹) med koniske 50 µm nylon net. f) Grønlands Naturinstituts forskningsfartøj *Paamiut*.

I REKPRO fangede vi både ZV og ZVI rejelarver pelagisk. Dette kan skyldes flere forhold: 1) larverne holder sig aktivt i det varme overfladevand (~4,6°C), som de ifølge Rasmussen et al. (2000) har præference for, og undgår koldt mellemvand (~0°C), som findes i dybder under 50m, 2) hydrografiske forhold som upwelling kan føre larver op i de øvre vandlag, 3) larverne søger aktivt føde i de øvre vandlag. Vertikaludbredelse, herunder planktonisk tilstedeværelse af ZV og ZVI larver, vil sandsynligvis variere mellem lokaliteter og tidspunkter grundet forskelle i hydrografiske forhold, fødetilgængelighed og rejelarvernes ernæringsmæssige status (fedtkondition). Ifølge Anderson (2000) synes ægklækning og rekrutteringssucces i *P. borealis* at være tidsmæssigt tilpasset til en forholdsvis sen og langsom fremkomst og opvækst af zooplankton (copepoder), som det er observeret under et koldt økosystemregime.

4.2.2 Rejelarvers fysisk-biologiske habitat

Hydrografi

De øverste 200 m vandsøjle under REKPRO togterne i maj, juni og juli var domineret af polarvand som er karakteriseret ved temperaturer under 0°C (øgende til 3-5°C i overfladen gennem sommeren) og saltholdighed under 34,4 *psu* (Buch, 2000). På den vestligste del af transekterne i juni 1999 var en hydrografisk frontzone mellem polarvand og varmere blandingsvand over banken tydelig, mens det var vanskeligt at identificere hydrografiske fronter langs transekterne i maj og juli 2000 [10]. Den forholdsvis "grove" tidsmæssige og rumlige opløsning, som opnås ved feltundersøgelserne med skib forhindrer (vanskeliggør) at man kan opfange mange hydrodynamiske bevægelser af betydning for biologiske processer i havet, herunder identifikation af hydrografiske fronter. Vi fandt ikke sammenhæng mellem

de observerede hydrografiske karakteristika og tætheder af rejelarver langs transekterne, hvilket er i overensstemmelse med tidligere undersøgelser af rejelarveudbredelse i Gulf of St. Lawrence (Ouellet et al., 1990) og ved Vestgrønland [8, 9].

Fyto- og zooplankton

I maj og juni fandtes de højeste koncentrationer af klorofyl i det forholdsvis kolde polarvand [10]. Under forårsopblomstringen i maj domineres fytoplankton biomassen af kiselalger fra slægterne *Thalassiosira* og *Chaetoceros* (Poulsen & Reuss, 2002). Artssammensætningen, begyndende udsynkning og den observerede næringsbegrænsning indikerede, at der var tale om slutningen af en forårsopblomstring. I juni hvor forårsopblomstringen var ovre var der meget lave fytoplanktonbiomasser over bankerne, og en top i fytoplanktonbiomassen domineret af *Chaetoceros* spp. på den vestligste station i frontzonen mellem koldt og varmere polarvand (Fig. 19). Juni var typisk for et fytoplanktonsamfund i afblomstring (post-bloom), som er præget af lav biomasse, få arter og domineret af små autotrofe flagellater. Protozooplanktonet fulgte fytoplanktonets fordeling med høj biomasse af store ($>20\mu\text{m}$) heterotrofe dinoflagellater i maj og lille biomasse i juni, hvoraf en vigtig del blev udgjort af heterotrofe nanoflagellater.

Mesozooplanktonsamfundet over de vestgrønlandske banker i maj, juni og juli var domineret af copepoder [10]. De tre store copepodarter *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* og *C. hyperboreus* var biomassemæssigt (mg C m^{-2}) dominerende, mens de mindre arter *Oithona* spp. og *Microsetella* spp. var dominerende i antal.

Biomasserne af store og små copepoder fundet fra REKPRO var på sammen niveau som fundet ved tidligere undersøgelser i de samme områder i juli (Pedersen et al., 1999; Munk et al., 2003). Undtagelser fra dette var usædvanligt høje koncentrationer af copepoder og andet zooplankton på stationer over dybt vand langs transekt 2 i juli 2000.

Føde- og fødetæthed for rejelarver

Vi fandt ingen relationer mellem tætheder af rejelarver (antal m^{-2}) og klorofyl- eller zooplanktonkoncentration [10]. Ifølge Stickney & Perkins (1981) udgøres føden for *P. borealis* larver hovedsageligt af kiselalger som tages ved tilfældigt møde, men også zooplankton ædes når det optræder i tilstrækkelige koncentrationer. Zooplankton kan blive mere vigtig end kiselalger for senere larvestadier. Stickney & Perkins (1981) fandt at larverne effektivt fangede partikler i størrelse fra $100\mu\text{m}$ til 1 mm, og kannibalisme var ikke ualmindeligt.

Rasmussen et al. (2000) undersøgte fødepræference for rejelarver i laboratorieeksperimenter og de fandt at ZI og ZII larver åd flere alger end andre fødeemner som blev tilbudt. ZIII rejelarver mistede interessen for at æde planktoniske alger. Rejelarver i stadier fra ZIII til ZVI jagtede og åd små larver af lodde og torsk når de blev tilsat akvariet (Rasmussen et al., 2000).

Under laboratorieforsøg med fødekonzentrationer og rejelarveoverlevelse fandt Stickney & Perkins (1981) følgende koncentrationer nødvendige for høj overlevelse: 400–1000 kiselalger l^{-1} (ved 4°C), 1000 copepod nauplier l^{-1} eller 500 copepoditer l^{-1} (ved 6°C). De fandt også at de koncentrationer af fyto- og zooplankton, der var nødvendige for at få overlevelse af larverne i laboratorieforsøg, var højere end man normalt fandt i naturen.

På REKPRO-togtet i maj 2000 var koncentrationen af dominerende kiselalger mellem 450–1220 celler l^{-1} langs transekt TR 1 og TR3 (Poulsen & Reuss, 2002). Vi beregnede de gennemsnitlige dybde-integrerede koncentrationer af mulig føde for rejelarverne til mellem

1–100 zooplankton partikler l⁻¹ i juni 1999 og juli 2000. Fødekonzentrationerne for larverne er sandsynligvis højere fordi zooplanktonet ikke er jævnt fordelt i vandsøjlen.

Tilstrækkelig koncentration af fødepartikler til at opfylde rejelarvernes fødebehov for vækst og overlevelse afhænger af mange faktorer f.eks. rejelarvestørrelse, temperatur, ernæringsværdi af fødepartikler (art, størrelse, energiindhold m.m.), rovdyr/byttedyr adfærd og aktivitet, turbulens, og hvor ofte rejelarverne møder byttet (Rasmussen et al., 2000; Chabot & Ouellet, 2004; MacKenzie, 2000; Incze et al., 2001; Werner et al., 2001).

Det forhold at larver af fisk og skaldyr i naturen generelt synes at kunne overleve ved mindre fødetætheder end de der skal til for at få larver til at overleve i akvarieforsøg, er forklaret ved at fødeorganismene i naturen fordeler sig i mikro-klumper ("mikro-patchiness"). Hypotesen om "mikro-patchiness" i naturen er først og fremmest blevet undersøgt af Lasker (1975, 1981) og Owen (1989). Deres arbejder viser at der er en mikro-klumpning af fiskelarveføde på en 10 cm skala. Det har desuden vist sig at under rolige vejrforhold vil fødepartikler klumpe sig sammen såvel vertikalt som horisontalt (specialt i frontområder) og man kan forvente at de planktoniske larver aktivt finder frem til de høje fødekonzentrationer. I perioder med storm og urolig sø skulle den klumpede fødefordeling, ifølge Lasker (1975, 1981), blive slået i stykker og give dårlige fødebetingelser for fiskelarverne. Sammenhænge mellem udbredelse af fiske- og skaldyrlarver, mikrofordeling af føde, organismernes adfærd og hydrodynamikken i miljøet er først og fremmest blevet undersøgt i laboratorieforsøg og teoretisk ved modelberegninger vha. computere (se f.eks. MacKenzie, 2000; MacKenzie & Kjørboe, 2000; Fiksen & MacKenzie, 2002). Selvom man har en god teoretisk forståelse af mange af disse sammenhænge, er der stadig uklarheder om hvordan hydrodynamik, føde kvalitet, mikrofordeling af føde og organismernes fødeadfærd fungerer i havet, og om disse sammenhænge kan modelleres meningsfyldt. At der er forholdsvis få observationer af hydrodynamisk mikro-skala-turbulens og effekter på organismernes fødeforhold og overlevelse i naturen skyldes dels at det er vanskeligt og kostbart at måle disse sammenhænge i naturen, og dels at anvendelige højopløselige måleinstrumenter ikke har været udviklet og tilgængelige (se f.eks. Franks & Jaffe, 2001; Waters et al., 2003).

Fedtindhold i rejelarver

Undersøgelser af det kvalitative fedtindhold i marine organismer, dvs. både sammensætningen af fedttyper (fedtklasser) og fedtsyrer har vist at den i nogen grad er artsspecifik og i nogen grad afspejler fødens sammensætning af fedttyper og fedtsyrer (f. eks. Hopkins et al., 1993; St. John and Lund, 1996; Møller et al., 1998; Reuss & Poulsen, 2002; Dalsgaard et al., 2003). Udtrykket "du er hvad du spiser" er gældende for marine organismer såvel som for organismer på landjorden (f.eks. mennesker) selvom det ikke er en simpel opgave (hvis overhovedet muligt), at finde ud af hvad "du" har spist med kendskab til din fedtsammensætning. Sammensætningen af fedt i organismernes føde er afgørende for sund vækst og udvikling. Polyumættede fedtsyrer (omega-3 fedtsyrer f.eks. 20:5(n-3) og 22:6(n-3)) kan enten slet ikke syntetiseres eller kun i utilstrækkelig mængde, selvom de er livsvigtige for normal vækst og udvikling i de fleste dyrearter (f.eks. Bell & Sargent, 1996; Arts et al., 2001). Eksempelvis har et højt indhold af polyumættede omega-3 fedtsyrer i føden en gavnlig forebyggende effekt på sygdomme relateret til hjernen hos mennesker (Jacobsen, 2004).

Fedtsyresammensætning er som nævnt vigtig for vækst og udvikling af organismene, f.eks. for fiskelarver (f.eks. Bell & Sargent, 1996; Støttrup, 2000). Arter og grupper af primærproducenter og konsumenter producerer bestemte fedtsyrer hyppigere end andre, hvorved fedtsyresammensætningen bliver arts-/gruppespecifik under de givne miljøbetingelser. Samtidigt har det vist sig at primærproducenternes fedtsyresammensætning

kan spores til primærkonsumenter, og videre op gennem fødekæderne (Støttrup, 2000). Til at spore effekter på fiskelarvers vækst og kondition som følge af opvækst under forskellige fødebetingelser og fysiske miljøer benyttes såkaldte biomarkører (St. John and Lund, 1996; Møller et al., 1998; Dalsgaard et al., 2003). En anvendt biomarkør for kiselalger er eksempelvis et relativt højt 16:1(n-7)/16:0 forhold (Dalsgaard et al., 2003). St. John and Lund (1996) fandt at vækst og kondition i torskelarver og -yngel var positivt koblet til frontområder med opblandet vand og et kiselalgedomineret fødenet indikeret ved et relativt højt 16:1(n-7)/16:0 forhold i torskelarver og -yngel. Ifølge Dalsgaard et al. (2003) er anvendelsen af biomarkører (eksempelvis 16:1(n-7)/16:0) et "værktøj" som måske kan bruges til at spore effekter af globale forandringer i regionale havøkosystemers struktur og funktion som følge af forandringer i fysisk-biologiske processer.

Ouellet et al. (1992) har i laboratorieforsøg fundet, at fedtindholdet (triacylglyceroler) i *P. borealis* larver er indikator for rejelarvernes føde, vækstbetingelser og ernæringstilstand. Ifølge Ouellet et al. (1992, 1995) kan fedtkonditionsindeks, dvs. rejelarens triacylglycerolindhold i forhold til larvens vådvægt bruges til at vurdere overlevelseschancer for kohorter af larver i naturen. For stadie ZI og ZII rejelarver fandt Ouellet et al. (1992) at et fedtkonditionsindeks under 0,2 gav lille sandsynlighed for larveoverlevelse ved næste skalskifte.

I [11] undersøgte vi fedtindhold (fedtkondition og fedtsyresammensætning) i forskellige udviklingsstadier af *P. borealis* og *P. montagui*. Formålet med undersøgelsen var at undersøge: 1) om der var forskel mellem de to rejearter i overlevelsespotentiale og føde, 2) om biomarkører for henholdsvis kiselalge og flagellater kunne relateres til henholdsvis god og dårlig fedtkondition i rejelarver, og 3) om såvel biomarkører og fedtkondition var relateret til larveudbredelse i bestemte vandmasser/fødenet.

Fosforlipid var den dominerende fedtklasse i alle stadier af rejelarver efterfulgt af kolesterol, frie fedtsyrer, hydrokarboner, di- og triacylglycerol [11]. Voks-estre, som er dominerende fedt i copepoder, fandtes i meget små mængder i rejelarverne. Vi undersøgte 2 indeks for rejelarvernes fedtkondition: 1) triacylglycerolindhold i forhold til larvens vådvægt (Ouellet et al., 1992), og 2) summen af frie fedtsyrer, hydrokarboner, alkoholer, di- og triacylglycerol i forhold til larvens vådvægt [11]. De to indeks var korreleret i larver fra maj og juli 2000, men ikke i larver fra juni 1999.

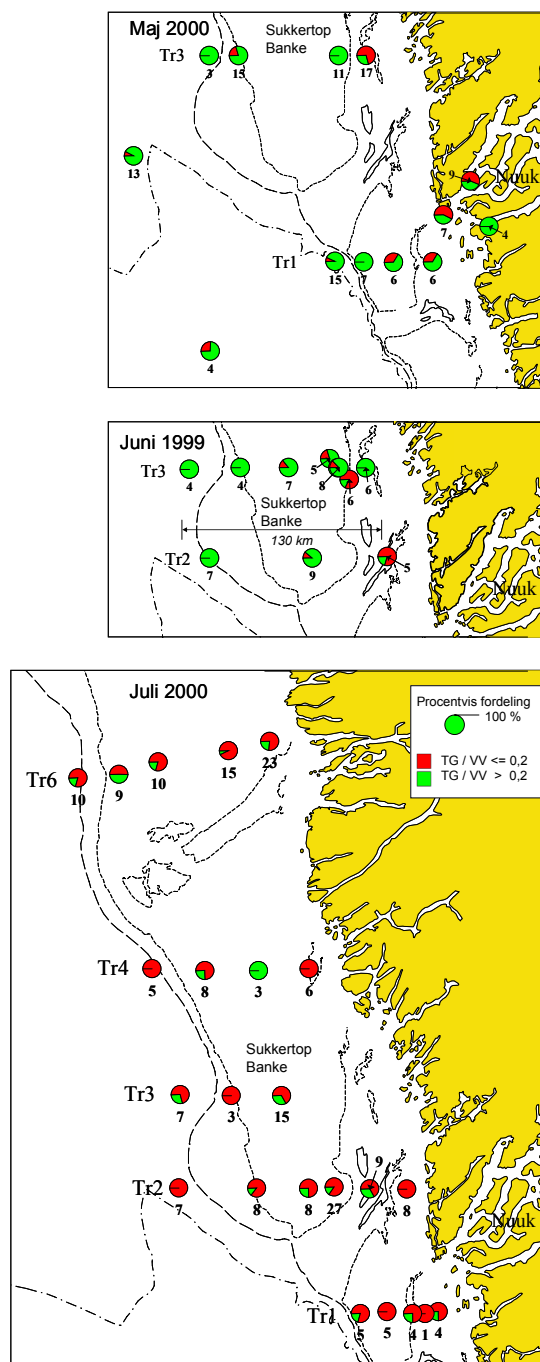
De små *P. montagui* havde generelt højere fedtkonditionsindeks end de større *P. borealis* larver, hvilket indikerer et større overlevelsespotentiale for *P. montagui* larverne. De store og ældre larvestadier (ZIV, ZV og ZVI) af *P. borealis* fanget i juli 2000 var generelt i "dårlig" fedtkondition, dvs. havde lavt konditionsindeks. Rejelarver i stadie ZI fra maj 2000 og ZIV fra juni 1999 var generelt i "god" fedtkondition, og de havde dermed større overlevelsespotentiale sammenlignet med stadie ZIV, ZV og ZVI rejelarver fra juli 2000, som generelt var i "dårlig" fedtkondition. (Fig. 18).

Fedtsyresammensætning i plankton (<300µm) og rejelarver er blevet undersøgt på udvalgte stationer i juni 1999 og maj 2000 (Reuss & Poulsen, 2002; [11]). 30 fedtsyrer er blevet identificeret i plankton (<300µm) og i rejelarver. Fedtsyrerne 16:0, 20:5(n-3) og 22:6(n-3) var helt dominerende. De findes i alger og flagellater (inklusiv slægten *Phaeocystis*). Nogle få fedtsyrer syntetiseres primært på højere trofiske niveauer. Det gælder blandt andet 20:1(n-9) og 22:1(n-11), som begge findes i store mængder i voks-estrene hos de calanoide copepoder, mens de forekommer i ubetydelige mængder i de fleste algeklasser (Falk-Petersen et al., 2000). Selektivt fødevalg påvirker fedtsyresammensætningen, således skifter rejelarver, ifølge Rasmussen et al. (2000), fødestrategi i stadie ZIII og ZIV og bliver mere carnivore. Indholdet

af især 20:1(n-9) var højere i stadie ZIV, ZV og ZVI rejelarver sammenlignet med ZI larver. Dette indikerer et skift i fødevalg fra yngre til ældre rejelarver.

Figur 18.

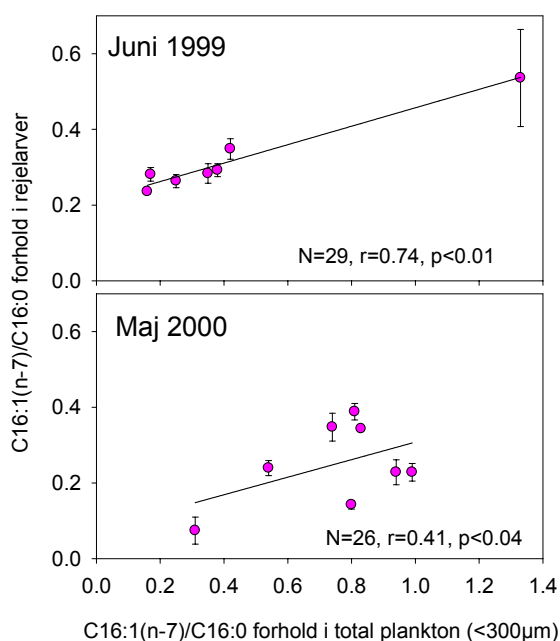
Rejelarver analyseret for fedtkondition i maj 2000, juni 1999 og juli 2000. En canadisk laboratorie-undersøgelse af stadie ZI og ZII rejelarvers triacylglycerol/vådvægt forhold (TG/VV) har vist, at når dette forhold er under 0,2, er der lille sandsynlighed for at larven vil overleve det næste skalskifte. Den procentvise fordeling af rejelarver i "god" ($TG/VV > 0,2$) og "dårlig" ($TG/VV \leq 0,2$) fedtkondition er vist på kortene. Tallene under bollerne angiver antal rejelarver analyseret for fedtindhold (fedtklasser). Fra [11].



For stadie ZI rejelarver fanget i maj 2000 var der forskel i fedtsyreprofiler mellem rejelarver fanget på kystnære stationer og rejelarver fanget på udenskærs stationer over fiskebankerne. ZI larverne fra en kyst og en fjord station havde højere tæthed, lavere fedtkonditionsindeks, forholdsvis lavere indhold af 16:0, 16:1n-7, 20:5n-3, 22:6n-3 og forholdsvis højere indhold af 18:0 sammenlignet med udenskærs stationer. På disse to stationer viste

fedtsyresammensætningen i plankton $<300\mu\text{m}$ samme tendens som i rejelarverne, hvilket indikerer at planktonsamfund og rejelarveføde domineres af flagellater, og at ringe fødekvalitet kan være årsag til lav fedtkondition for larverne.

I juni 1999 og maj 2000 var der positiv korrelation mellem C16:1(n-7)/C16:0 forhold i plankton (biomarkør for kiselalger) og i rejelarver (Fig. 19). Der var imidlertid kun svage tegn på at høje C16:1(n-7)/C16:0 forhold i rejelarver var positivt relateret til høj fedtkondition i juni 1999 (Fig. 20). I juli 2000, hvor larverne generelt var i "dårlig" fedtkondition, var der ingen tegn på en sådan sammenhæng.

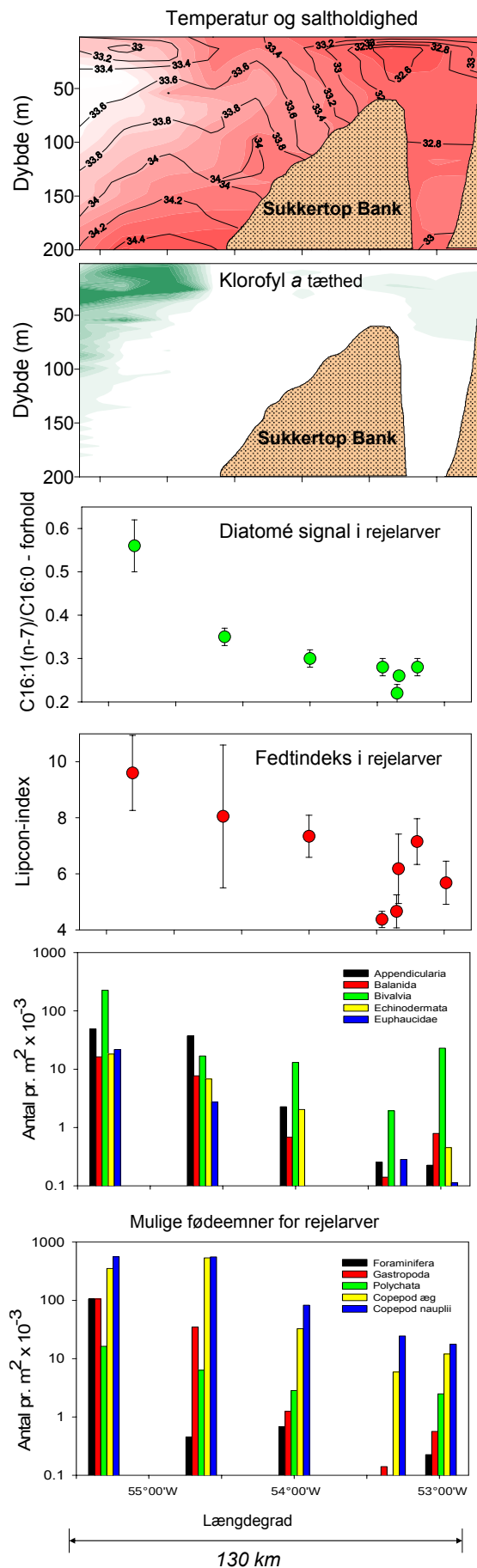


Figur 19.
16:1(n-7)/16:0 forhold i plankton ($<300\mu\text{m}$) og i rejelarver fra samme stationer i juni 1999 og maj 2000. Kiselalger indgår derfor i rejelarvernes fødegrundlag. Data fra Reuss & Poulsen (2002) og [11].

Fedtsyresammensætningen af større rejelarver (ZII-ZVI) indeholdt biomarkører for både fytoplankton og copepoder, og det viser at rejelarverne er omnivore. Vi vurderer at den svage sammenhæng mellem biomarkører for føde-emner og fedtkondition i rejelarver skyldes dels det lille antal rejelarver analyseret for fedt, og dels det meget varierende fysisk-biologisk miljø med stor variation i fødetilgængelighed.

I [11] konkluderer vi at den generelt højere fedtkondition (større overlevelsespotentiale) på rejelarver fra 1999 sandsynligvis skyldes bedre fødebetingelser for larverne i 1999 sammenlignet med i 2000. Det sidste er støttet af at rejeårgang 1999 blev usædvanligt stor og langt større end rejeårgang 2000.

Transekt 3 (Tr3) - juni 1999



Figur 20.

På transekt 3 i juni 1999 fandtes de største algebiomasser, domineret af kiselalger, vest for Sukkertop banke i en front zone domineret af koldt vand fra den østgrønlandske polarstrøm. Rejelarverne havde på de vestligste stationer et højere $16:1n-7/16:0$ forhold og et højere fedtkonditionsindeks. Tætheden af planktondyr (mulige fødeemner for rejelarverne) var ligeledes højere vest for banken. Der synes at være en positiv sammenhæng mellem den hydrografiske front, produktion af kiselalger, tæthed af zooplankton og øget overlevelsesmuligheder for rejelarver. Den hydrografiske front er tilsyneladende ikke knyttet til banken. Figuren viser imidlertid et øjebliksbillede; havstrømmene ved Vestgrønland kan ændre billedet, og transporterer plankton og larver over betydelige afstande i løbet af larvefasen. Data fra [10] og [11].

4.2.3 Rejelarvers transport med havstrømme

Efter at rejelarverne klækkes fra æggene om foråret søger de mod lyset og driver passivt med havstrømmen den første tid. Havstrømmene har derfor afgørende betydning for, hvordan larverne spredes og hvor de driver hen (f.eks. Ivanov, 1967; Horsted et al., 1978; Sinclair, 1988; Sinclair & Iles, 1989). Ifølge Sinclair (1988) er arternes livscyklus og bestandsudbredelse evolutionært tilpasset havstrømmenes cirkulationer og bevægelser ved mødet med de varierende bundtopografier langs kontinenterne. De voksne populationers gydning/ægklækning er i tid og rum bestemt af hydrografiske strømningsmønstre, der sikrer, at larver og ung-stadier føres til områder, hvor de fysiske forhold giver gunstige opvækstbetingelser.

Havstrømmene kan danne barrierer for horisontal planktontransport og tilbageholde planktonet i kortere eller længere tid i bestemte områder. Hvor forskellige vandmasser mødes og blandes, opstår der fronter eller kliner f.eks. koldt/varmt (termoklin), salt/fersk (haloklin) og let/tungt (pyknoklin). De topografiske bundforhold har stor betydning for havstrømmenes bevægelser både horisontalt og vertikalt. Tidevandsbevægelser og havstrømme, som møder fiskebanker, danner omrøring dvs. cirkulære vandbevægelser og up-/downwelling. Up- og downwelling, såvel som kliner, deres dybde og stabilitet, har stor betydning for primærproduktionsprocessen og dermed for fødebetingelserne for zooplanktonet.

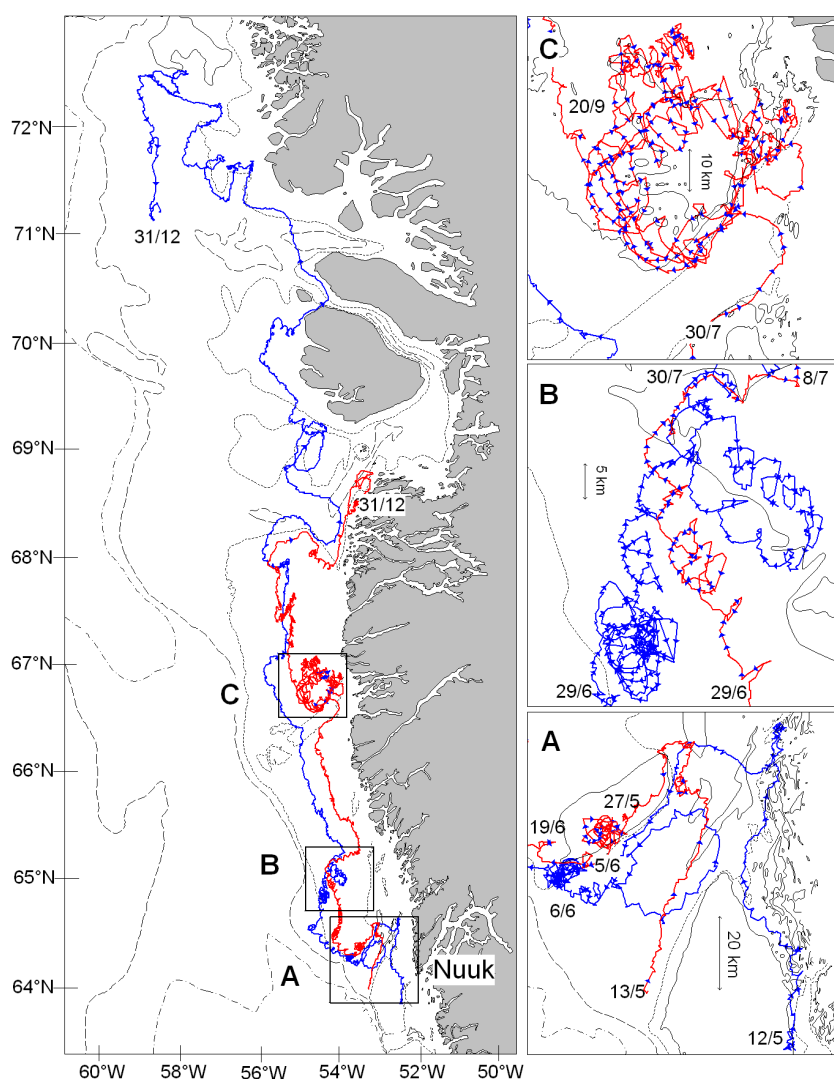
Ved Vestgrønland domineres havstrømmene af den nordgående, *Vestgrønlandske strøm*, som fører vand og plankton fra syd mod nord, og som spiller en vigtig rolle under rekrutteringsprocessen for fisk og skaldyr.

Driftruter for to drivbøjer udsat maj 2000 viste en tydelig nordgående drift med varierende ophold undervej som følge af varierende cirkulære vandmassebevægelser (Fig. 21). Over bankerne kunne tidevandsbevægelser give drifthastigheder på omkring 2 km time⁻¹, mens den gennemsnitlige nordgående drift for begge bøjer blev beregnet til gennemsnitligt 3,1 km dag⁻¹ for hele perioden fra udsætning til 31. juli. Hvis vi forudsætter at en kohorte af rejelarver driver på samme måde som drivbøjerne, svarer det til, at den bliver transporteret 200-400 km nordover i løbet af det ca. 4 måneder lange pelagiske larveliv fra ægklækning til larverne søger bunden [10].

I [12] estimerede vi tætheder og positioner for ægbærende rejer omkring ægklækkeperioden på grundlag af "tilbage-beregning" fra estimerede larvetætheder, ægklækkesucces, stadievarighed, dødelighed, drift og antagelser om antal æg båret pr. hun (fekunditet). Vi fandt overensstemmelse mellem vores "tilbage-beregnete" tætheder af ægbærende rejer og tætheder af rejehunner fundet i Naturinstituttets årlige rejesurvey. Der er imidlertid mange usikkerheder ved en sådan "tilbage-beregning" til gydebestand (f.eks. Pedersen, 1985).

For rejelarver, såvel som for andre planktoniske organismer, er driften med havstrømmene afgørende for udbredelse, overlevelse og livscyklus (Iles & Sinclair, 1982; Sinclair, 1988; Munk & Christensen, 1990; [13, 14]). Fiskepopulationers gydetidspunkt og gydelokalitet, samt den efterfølgende overlevelsessucces for fiskelarverne fra en gydning, har sammenhæng med tilstedeværelsen af områder som udviser "larval retention". Disse områder defineres som lokale områder med produktion af larveføde, hvor larverne mere eller mindre aktivt opretholder diskrete fordelinger ved vertikal migration i modsatrettede residualstrømme eller ved at reagere på ændringer i det fysiske miljø (Iles & Sinclair, 1982; Sinclair, 1988).

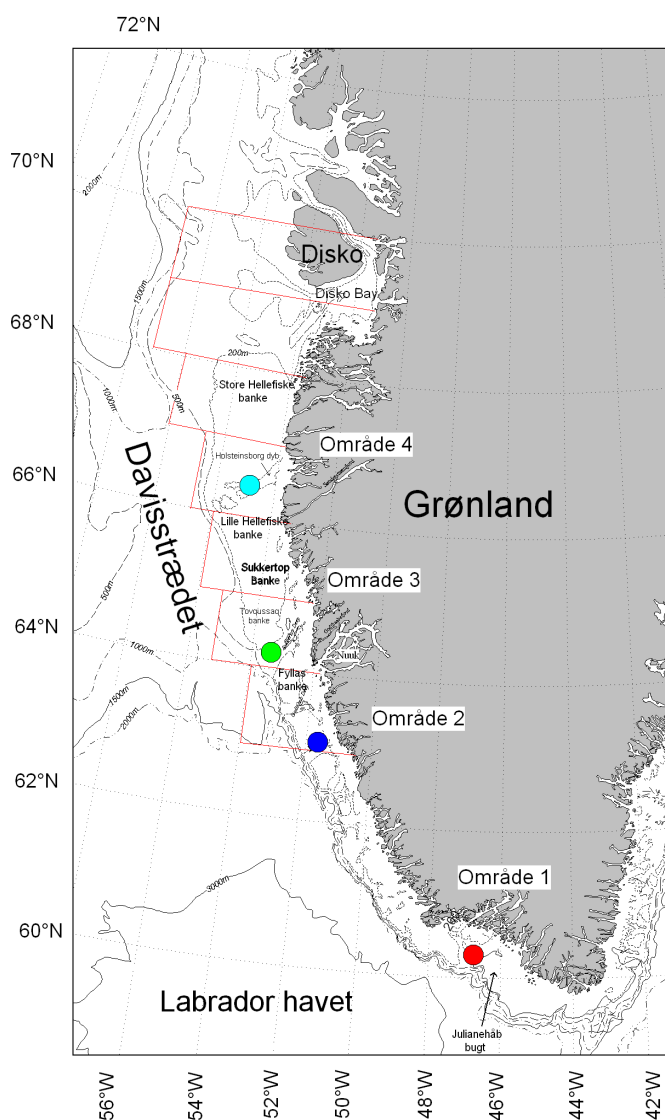
I [14] har vi ved hjælp af en hydrodynamisk model undersøgt havstrømme og vandmassebevægelser under klimabetingelserne i 1999 og 2000 – de år hvor vi har hydrografidata og viden om planktonudbredelse fra REKPRO. I den hydrodynamiske model, som dækker det nordvestatlantiske havområde mellem Østcanada og Vestgrønland, er havet opdelt i mindre områder på mellem 1,5 og 30 kvadratkilometer. De mindste områder er over de vestgrønlandske fiskebanker, hvor vi ønsker at simulere havstrømmenes bevægelse i størst mulig opløsning, og hvor vi har data fra REKPRO. Inden for disse delområder beregnes hvordan havstrømmene løber under påvirkning af tidevandbevægelser, temperaturer, vindretninger og vindstyrker. Efter beregning af strøm-vektorerne i hvert delområde sammenstykkes disse til det endelige billede af strømmenes bevægelser. Modellen for havstrømsbevægelserne i 2000 viste god overensstemmelse med driften af de to bøger udsat i maj 2000 [14].



Figur 21. Drifttrute for to satellit sporede drivbøjer (blå og rød) med drivanker i 30 m udsat 12/13 maj 2000 ved Fylla banke (Tr 1). A: Bøjerne følger bundtopografien. B: Drift i cirkler med uret og med diameter ca. 5 km som følge af tidevandsbevægelser. C: Drift i cirkel omkring Store Hellefiskebanke. Fra [10].

For at få et skøn over rejelarvers mulige driftruter anvendte vi i [14] en model for partikeldrift. Vi "udsatte" 3000 partikler i hver fire områder langs Vestgrønland (Fig. 22). I de udvalgte fire områder er der kommercielt rejefiskeri, ægbærende rejer og produktion af rejelarver. Partiklerne blev "udsat" efter en normalfordelingsfunktion med toppunkt i tidspunktet for den formodede maksimale ægklækning i området. Partiklerne transport i havstrømmen blev derefter beregnet i havstrømsmodellen. Erstatte man partiklerne med rejelarver, fås positioner for hvor larverne sandsynligvis søger bunden ved afslutningen af det planktoniske larveliv.

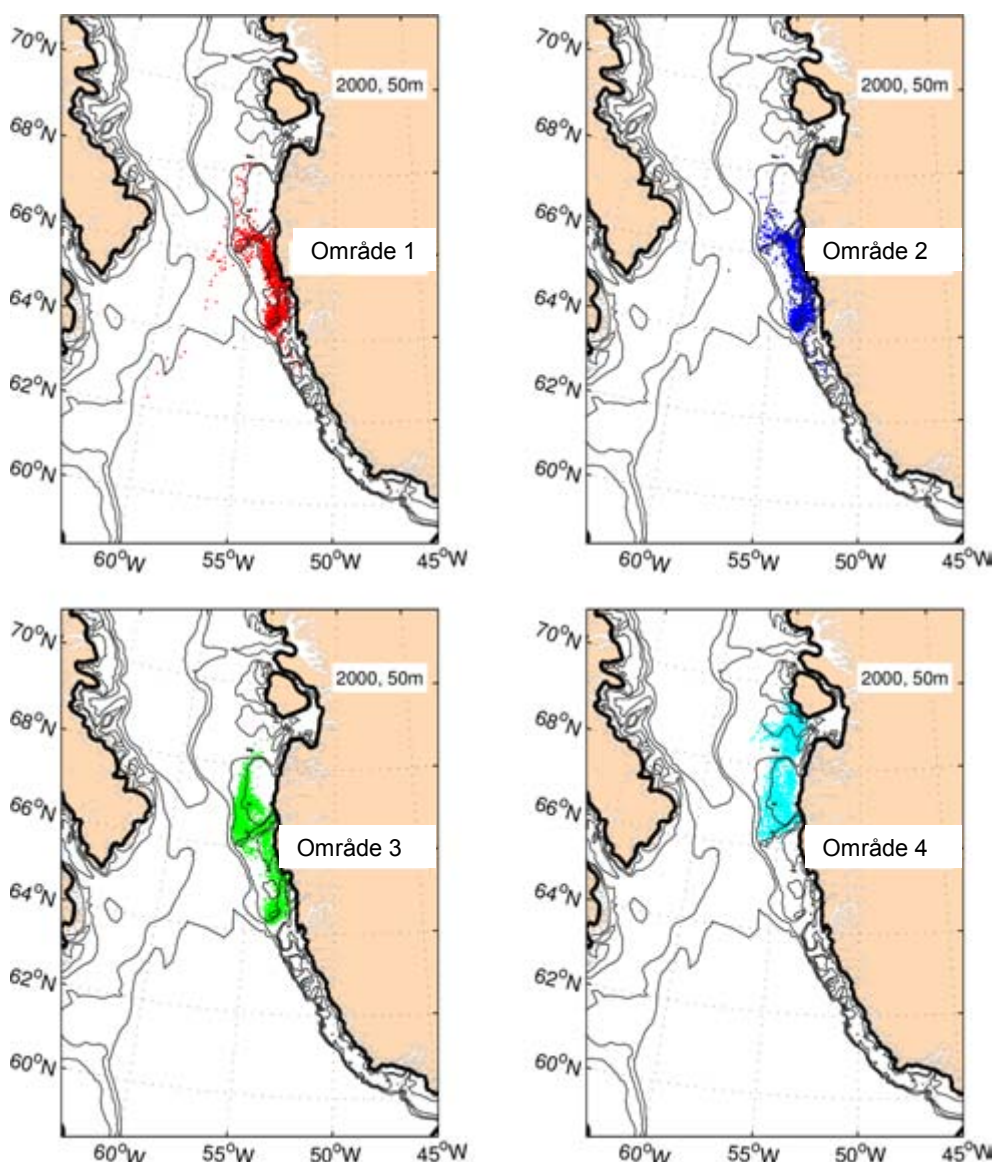
Klækketidspunktet for maksimal ægklækning blev tidsforskudt således, at det var en måned senere i det nordligste klækkeområde end i det sydligste, som havde klæknings start 1. april. Klækkeperioderne blev fastsat på grundlag af historiske oplysninger om ægklækning, og lavere temperaturer for æggene i den ægbærende periode fra syd mod nord. Partiklernes (dvs. rejelarvernes) transport i strømsmodellen blev beregnet i 100 dage, hvorefter vi antog, at de havde søgt bunden. 100 dage svarer ca. til den udviklingstid det tager rejelarverne at gennemgå de 6 larvestadier (ZI-ZVI) [12]. Partiklerne blev holdt i en dybde af 50 m fra "udsætning" til bundfældning, dels fordi vi ikke har viden om rejelarvernes vertikalbevægelser i forskellige udviklingsstadier, og dels fordi modelberegninger for partikeltransport i forskellige dybder viste små forskelle i transporten.



Figur 22.
Bundtopografi for det vestgrønlandske havområde med indikation af de fire klækkeområder, som er startpositioner for partikel-drift modellen i 1999 og 2000. De "røde kasser" markerer områder brugt til beregning af procentvis fordeling af partikler efter 100 dages transport i modellen. Fra [14].

Partikel-transport-simuleringerne i [14] viste at næsten alle partikler (99,5 %) forblev på den vestgrønlandske sokkel og kun 0,5 % drev ud i Davisstrædet og til den canadiske kontinentalsokkel (Fig. 23). Partiklerne startet fra område 1 og 2 vil ifølge transportmodellen bundfælde (aktivt søge bunden?) på den vestgrønlandske sokkel mellem 64°N og 67°N, mens partiklerne fra område 3 og 4 vil bundfælde lidt nordligere.

Det fremgår af Fig. 23 at partiklerne fra det sydligste område 1 bliver transporteret længst, efterfulgt af partiklerne fra område 2, mens partiklerne fra område 3 og 4 bliver transporteret forholdsvis kort. De vestgrønlandske fiskebanker virker tilsyneladende som "retention areas" dvs. tilbageholdelsesområder for rejelarver og plankton. Kørsel af modellen med klimadata (vind) for henholdsvis 1999 og 2000 gav lille forskel mellem disse 2 år i partikeltransporten, dvs. i beregnet position for bundfældning efter 100 dage.



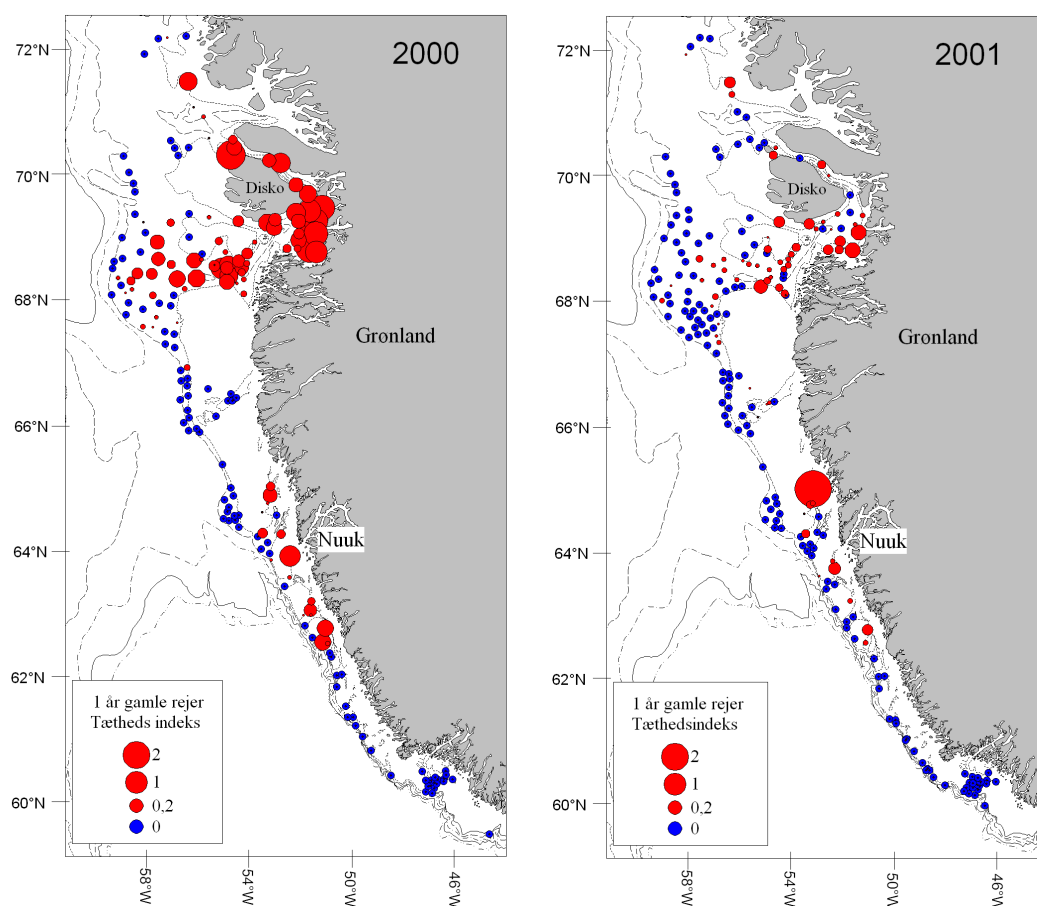
Figur 23. Positioner for formodet bundfældning af partikler (rejelarver), dvs. 100 dage efter start i de fire klækkeområder angivet i Fig. 22. Modellens dybdekonturer for 100m, 200m, 500m og 1000m er vist. Fra [14].

4.2.4 Rekruttering og årgangsstyrker

Simuleringerne af larvetransport og positioner for bundfældning af larverne efter 100 dage i 1999 og 2000 viser overlap med høje tæthedsindeks for udbredelse af 1 år gammel reje yngel året efter (sammenlign Fig. 23 og 24).

Der er imidlertid også store områder med lille overlap mellem beregnede larvebundfældningspositioner og positioner med 1 årig reje yngel bl.a. sokkelområdet mellem 65°N og 68°N. Der er flere mulige forklaringer på dette:

- 1) Det årlige rejesurvey har få eller ingen fiskestationer på bankerne på dybder <200 m og reje yngel kan derfor godt være til stede.
- 2) I løbet af det første år kan reje ynglen vandre sig til områder med gode vækst og overlevelsesbetingelser.
- 3) Der kan være kraftig prædationsdødelighed på reje ynglen i det første år.
- 4) Overlevelsen af reje yngel i forskellige områder kan være betinget af forskelle i hydrodynamiske forhold, fødeproduktion og fødetilgængelighed.
- 5) I partikel-transport-modellen bundfælder "rejelarvene" efter 100 dage. Rejelarver vil sandsynligvis tilpasse bundfældningssted og tid efter forholdene, og de kan sandsynligvis bruge tidevandsstrømme til at lade sig transportere til egnede opvækst-lokaliteter.



Figur 24. Udbredelse og tæthedsindeks for 1 år gammel reje yngel i 2000 og 2001. Data fra Grønlands Naturinstituts årlige rejesurvey i juli-august. Fra [10].

Der var betydelig forskel i årgangsstyrken mellem rejeårgang 1999 og 2000. Rejeårgang 1999 er den hidtil største årgang rejer observeret i det årlige grønlandske rejesurvey (Kannevorff & Wieland 2003a; Wieland 2003). Simulering af rejelarvetransport i 1999 og 2000 gav næsten identiske resultater [14]. Om denne ensartethed i strømtransport i de 2 år er korrekt vides ikke. Forhold ved den hydrodynamiske model kan være årsag til denne ensartethed i strømtransport mellem år. F.eks. tager den hydrodynamiske model ikke hensyn til variationer i løbet af året i styrken af indkommen vand af atlantisk og polar oprindelse med henholdsvis *Irmingerstrømmen* og den *Østgrønlandske Strøm*.

Rejelarver indsamlet i 1999 havde generelt højere fedtkondition end rejelarver i 2000, hvilket støtter en hypotese om at forskel i rekrutterings succes mellem år ikke skal findes i selve larvetransporten, men i forskel mellem år i fødeproduktion og fødetilgængelighed for rejelarverne [11]. For rejer i Gulf of St. Lawrence i Østcanada synes der at være en positiv sammenhæng mellem forårsopblomstringens styrke (intensitet og størrelse) og den efterfølgende årgangsstyrke på rejerne (antal overlevende ved alder 1 år; P. Ouellet, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, Canada, personlig kommunikation).

I 1999 var der mere og kraftigere nordlig vind i april og maj end i 2000. I cirkulationsmodellen i [14] var up-/downwelling bestemt af vindretning og -styrke. Således gav den mere vind fra nord i 1999 sandsynligvis Ekman transport mod vest og upwelling af næringsrigt vand fra dybereliggende vandmasser af atlantisk oprindelse. Fødeproduktion og fødetilgængelighed kan derfor have været bedre for rejelarverne i 1999 sammenlignet med 2000.

For rejer i Barentshavet synes der at være en god korrelation mellem total årlig ægproduktion og efterfølgende årgangsstyrke, hvilket betyder at dødeligheden på larverne det første år er konstant mellem år (Pedersen et al., 2003). Pedersen et al. (2003) fandt, at der var forskel mellem år i larvernes transport og positioner for bundfældning, og at lokaliteter med larvebundfældning også svarede til, hvor man i rejesurvey fangede de 1 årige rejer året efter. Ifølge Pedersen et al. (2003) skal hele Barentshavet derfor betragtes som én rejebestand.

Ved Vestgrønland er der stor variation i rejeårgangsstyrker, og der er ikke fundet sammenhæng mellem gydebestandsstørrelse og efterfølgende årgangsstyrke. Upublicerede genetiske undersøgelser af rejer fra Vestgrønland tyder på, at rejerne her er genetisk homogene og tilhører én og samme bestand (Henrik Lund, forhenværende forsker ved Grønlands Fiskeriundersøgelser, personlig kommunikation).

4.2.5 Konklusion

De seneste års planktonundersøgelser ved Sydvestgrønland har givet ny viden om dybvandsrejen. Således har vi fået viden om udbredelse, udvikling og økologi af rejens seks pelagiske larvestadier. Denne viden er vigtig i beskrivelse af rejens livscyklus, og i forståelse af årsager til variationer i rekruttering og årgangsstyrker.

I [10] konkluderer vi, at forskelle i klima mellem år og effekten på planktontransporter, det fysiske miljø og rejerekkrutteringen bør undersøges med koblete fysisk-biologiske modeller. Fremtidige studier af rejerekkruttering bør derfor undersøges ved kobling af modeller for:

- klimaforandringer
- hydrodynamik og larvetransport
- energibehov under larveudvikling
- fødekonzentration og fødeproduktion i det pelagiske fødenet

- effekter på larvevækst og larveoverlevelse af turbulens og fødetilgængelighed
- "match/mismatch" hypotesen (Cushing, 1990)
- artsinteraktioner
- rejens livscyklus
- "top down" effekter f.eks. effekter af rejefiskeri og forøgelse af rejepredatorer

Resultater i [11] og canadiske undersøgelser tyder på at rejernes rekrutteringssucces skal søges i kobling (i rum, tid og styrke) mellem fytoplanktonproduktion (kiselalger) og ægklækning/frigørelse af rejelarver (Ouellet & Chabot, 2004; Chabot & Ouellet, 2004). Dvs. årgangsstyrken for rejerne først og fremmest synes at blive bestemt i de yngste zoea-larvestadier ved tilstedeværelse af tilstrækkelig føde i rigtigt kvalitet for larverne. I dominerende rejægklækeområder er det derfor relevant, at koble hydrodynamisk modellering sammen med modeller for: 1) Klækkeperioder for rejelarver. 2) Fytoplanktonproduktion og forårsopblomstring. 3) Dynamik i det pelagiske fødenet. 4) Vækst og dødelighed af larver under larveudvikling fra ægklækning til bundfældning.

I [14] har vi udviklet en hydrodynamisk model over det vestgrønlandske sokkelområde, og vi har gjort de første "spæde" forsøg med fysisk-biologisk modelkobling til undersøgelse af rekrutteringsprocessen for rejer. Den hydrodynamiske model synes at give en god beskrivelse af cirkulationen, der er imidlertid brug for en verificering af modellens beskrivelser af såvel cirkulationer som up- og downwelling. Modeller er vigtige arbejdsredskaber, som bidrager i forståelsen af hydrodynamiske-processer langs Vestgrønland, og deres effekter på organismernes udbredelse og rekruttering i havøkosystemet.

De foreløbige modelanalyser med en hydrodynamisk model for Vestgrønland viser, at klimabetingede forskelle i vindstyrker og vindretninger er af stor betydning for styrken af havstrømme og frontdannelser over og omkring fiskebankerne. Vandmassebevægelser, som følge af vind og tidevand, har stor indflydelse på variationer i planktonudbredelse, produktion og artssammensætning, og dermed i fødegrundlag, vækst og overlevelse af reje- og fiskeyngel. Koblede modeller kan udvikles til et værktøj, som gør det muligt at teste hypoteser og lave forudsigelser i en større dynamisk referenceramme som eksempelvis det vestgrønlandske havøkosystem. Det er imidlertid nødvendigt med langsigtede og detaljerede målinger af klima, hydrografi, ressourceudbredelse og planktonproduktion for at udvikle regionale stor-skala modeller og verificere modelforudsigelser. Derudover er det nødvendigt med detaljerede undersøgelser på mindre skalaer af det dynamiske sammenspil mellem klima, hydrodynamisk turbulens, planktonproduktion og organismernes interaktioner i fødekæder.

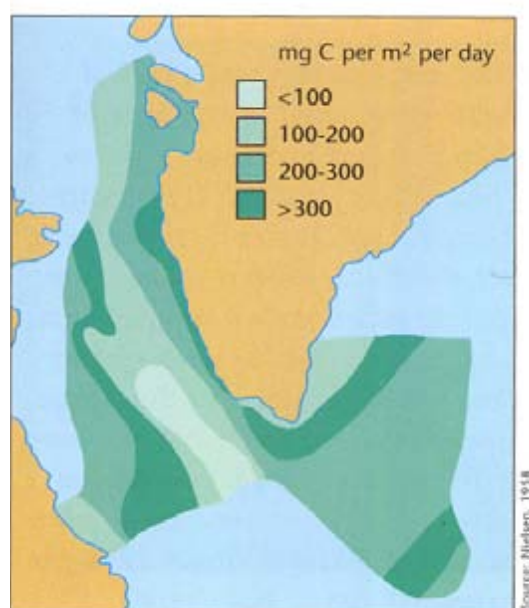
I kapitel 9 giver jeg en beskrivelse af min vision for fremtidig forskning i rekrutteringsprocessen for rejer under klimaforandring.

5. Struktur og dynamik i det vestgrønlandske havøkosystem

I kapitel 3 beskrev jeg betydningen af produktionsprocesser og artsinteraktioner for strukturen i havøkosystemer. I kapitel 4 gav jeg en sammenfatning af resultater af de senere års forskning i rekrutteringsprocessen for torsk og rejer. I dette kapitel vil jeg give en sammenfattende beskrivelse af viden om struktur og dynamik i det vestgrønlandske havøkosystem. Jeg vil pege på områder, hvor yderligere forskning er nødvendig for at øge forståelse af dynamik og udvikling i havøkosystemet.

5.1 Det pelagiske fødenet – de lavere trofiske niveauer

Historiske planktonstudier i Sydvestgrønland giver en mangelfuld beskrivelse af strukturen i havøkosystemet på især de lavere trofiske niveauer [15]. Siden Nielsens (1958) målinger af primærproduktion eksisterer der meget få målinger af primærproduktionen over de sydvestgrønlandske fiskebanker (Fig. 25). Det er imidlertid den generelle opfattelse, at forårsopblomstringen af fytoplankton starter i Sydvestgrønland i april, og senere fra syd til nord som følge af at "Vestisen", der dækker Baffinbugten og Davisstrædet om vinteren, bryder op og svinder ind (Pavshits, 1968, 1972; Jensen et al., 1999; Head et al., 2000). Isens udstrækning, tidspunktet for isopbrydning og dermed på forårsopblomstringen er klimabetinget. Da klimaet varierer fra år til år vil også start og udbredelse af forårsopblomstringen variere. Sattellitmålinger viser variationer i udbredelsen af klorofyl, og de største klorofylkoncentrationer måles over de vestgrønlandske fiskebanker i maj (Fig. 26).



Figur 25.
Bruttoprimærproduktionen i juli-august er størst langs iskanterne ved Østgrønland og Labrador og ved kysten, hvor bundvand bringes til overfladen ved opblanding. Kilde: Nielsen (1958) gengivet af Andersen & Born (1999).

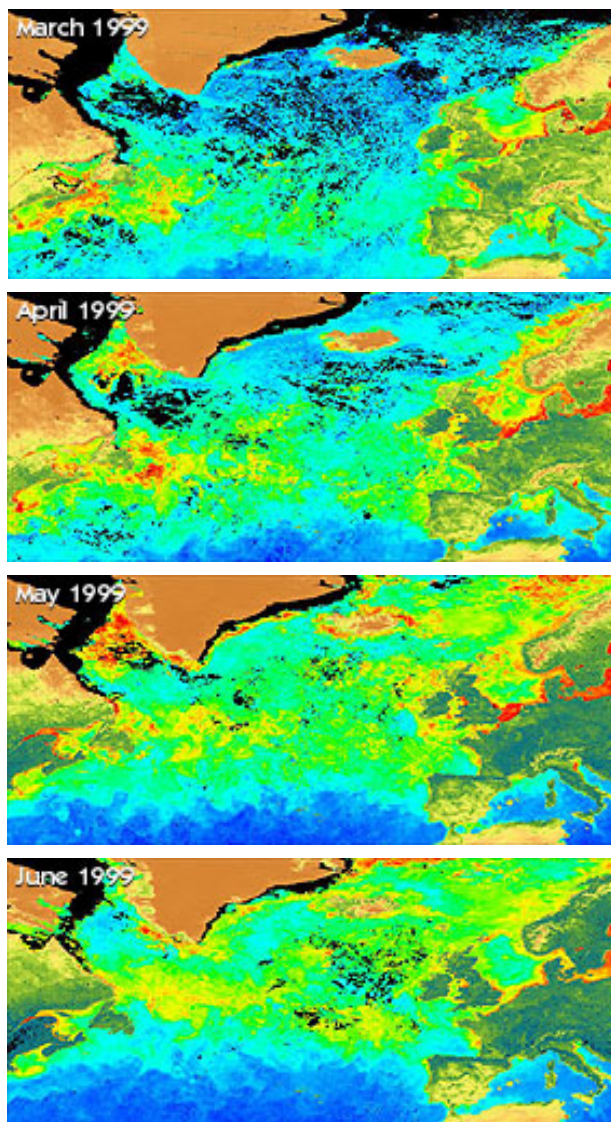
REKPRO projektet, omtalt i kapitel 4, har givet ny viden om strukturen i de lavere led af det pelagiske økosystem over de sydvestgrønlandske fiskebanker [15].

Solopvarmningen om foråret af havoverfladen resulterer normalt i dannelse af en termoklin over de planktoniske algers kritiske dybde, hvilket betyder, at primærproduktion og forårsopblomstring begynder (f.eks. Andersen, 1999). I maj 2000 var forårsopblomstringen godt i gang, og der var tilsyneladende udsynkning af store kiselalger fra den fotiske zone, selvom der var svag klin-dannelse i vandsøjlen (Poulsen & Reuss, 2002). At forårsopblomstringen kan være i gang uden tydelig klin-dannelse, kan skyldes upwelling og

strømcirkulationer omkring de vestgrønlandske fiskebanker genereret af havstrøm, tidevandsbevægelse og vind.

I maj domineredes zooplanktonet antalsmæssigt af æg, nauplier og de første copepoditstadier af de store copepoder *C. finmarchicus*, *C. glacialis* og *C. hyperboreus*. Der blev imidlertid kun fanget hunner af arten *C. finmarchicus*, som formentlig har græsset aktivt på fytoplanktonet og produceret æg. I juni og juli øgedes tætheden af ældre copepoditstadier, og i juli dominerede CIV og CV af især *C. finmarchicus*. For at kunne relatere og henhøre de observerede stadiesammensætninger til copepodernes livscyklus er det imidlertid nødvendigt med mere viden om copepodernes produktivitet og stadiudvikling, samt om effekter på denne af transporter med havstrømme mellem indsamlingsperioder.

På stationer indsamlet tæt på kysten og i Godthåbsfjorden i maj fandt vi forholdsvis høje koncentrationer af *Calanus* nauplier, lave tætheder af *Calanus* copepoditer, få hunner af *C. finmarchicus* og ingen hunner af *C. glacialis* eller *C. hyperboreus*. En forklaring kan være, at ungstadier af *Calanus* føres med strømmen til kysten og ind i fjordene fra udenskærsområderne. Denne forklaring støttes af tætte forekomster af rejelarver i fjorden, som sandsynligvis er ført ind i fjorden med havstrømme [10]. Planktonsamfundet i fjorden og betydningen for dette af drift ind og ud af fjorden bør undersøges nærmere i fremtiden.



Figur 26.
Udbredelsen af forårsopblomstringen (klorofyl koncentration) i Nordatlanten fra marts til juni. Sammensatte satellitbilleder fra NASAs "Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor" (SeaWiFS) projekt, baseret på måneds gennemsnit af daglige data med opløsning på 9 km. Rød farve indikerer områder med højest klorofylkoncentration, blå farve har mindst klorofylkoncentration, mens gule og grønne farver har mellemliggende klorofylkoncentrationer. Der er tydelig klumpet fordeling af klorofylkoncentrationer på såkaldt "meso-skala" niveau (10-1000km). (Fra: http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/OCDST/nab.html).

Den gennemsnitlige biomasse ($C\ m^{-2}$) i planktonsamfundet over de vestgrønlandske fiskebanker var i maj domineret af fytoplankton, især de store kiselalger, *Thalassiosira* spp. og *Chaetoceros* spp., mens heterotrofe organismer, især de store copepoder, *C. finmarchicus*, *C. glacialis* og *C. hyperboreus*, dominerede i juni (og juli). I maj var fytoplankton biomasse og produktion rigelig til at føde det heterotrofe planktonsamfund, men ikke i juni (eller juli). I juni og juli kan copepod-græsningen have været suppleret eller domineret af heterotrofe organismer f.eks. ciliater og heterotrofe dinoflagellater, som beskrevet fra Diskobugten af Hansen et al. (1999b).

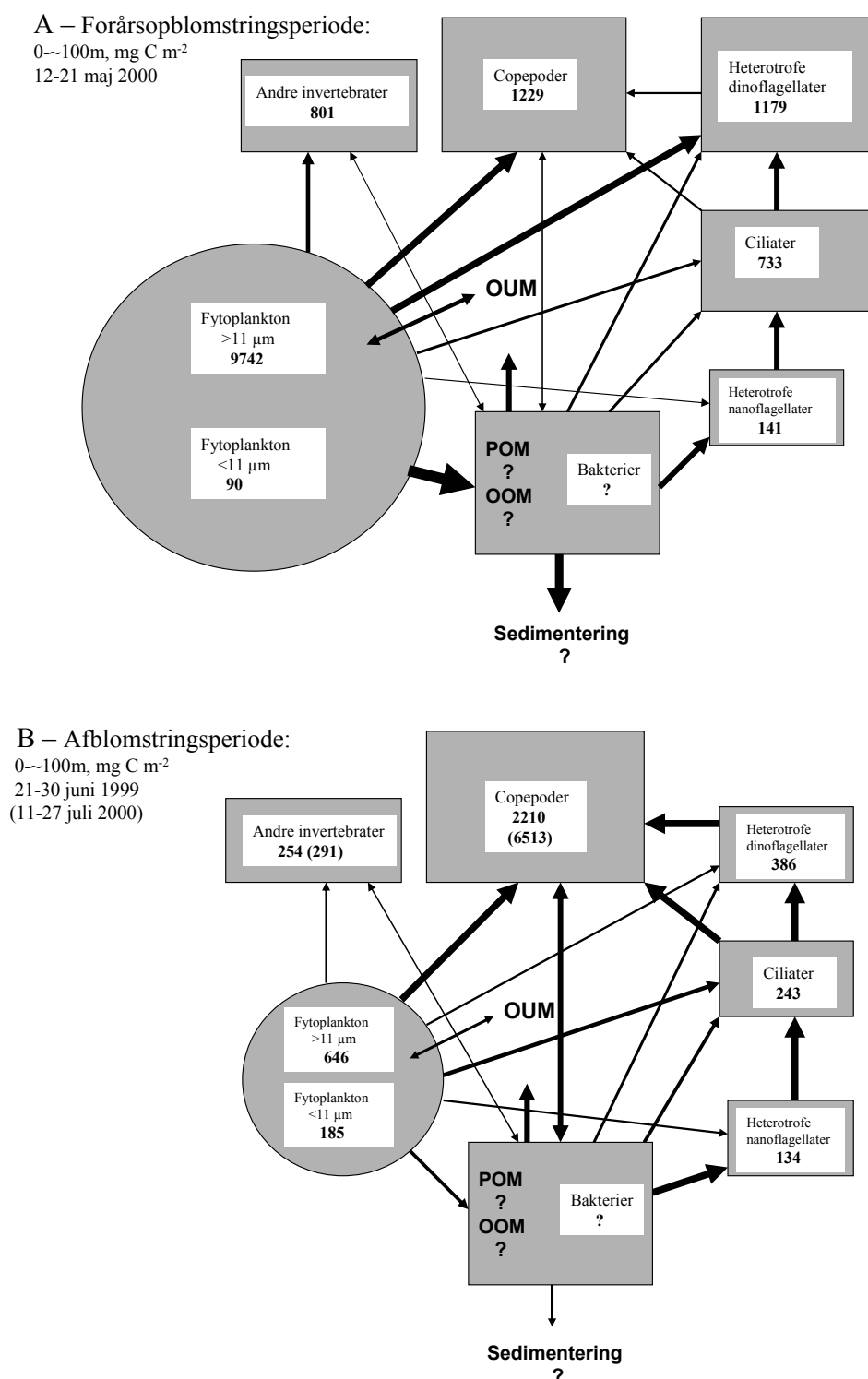
Det traditionelle billede af årstidsvaritionen i produktionen i Nordatlanten er en kraftig forårsopblomstring af især kiselalger, som græsses af især copepoder, der som føde danner grundlag for dyr på højere trofiske niveauer. De senere års undersøgelser viser imidlertid, at dette billede er meget forenklet, idet kulstofomsætningen i det mikrobielle fødenet spiller en væsentlig role for kulstoftransporter i arktiske såvel som i nordatlantiske havøkosystemer generelt (Fig. 27; Nielsen & Hansen, 1999; Kiørboe, 2001; Hansen et al., 2003; Nielsen, 2005).

I et studie af mikrozooplanktons græsning af fytoplankton i Barentshavet konkluderer Verity et al. (2002), at bortset fra perioden under forårsopblomstringen, hvor mesozooplankton (*Calanus* spp.) græsser fytoplankton (især kiselalger), er mikrozooplankton måske generelt en vigtig føderessource for mesozooplankton i Nordatlanten. Ifølge Verity et al. (2002) synes mesozooplankton afhængige af, at kunne udnytte en høj vækst i protozooplankton som fødekilde, hvorfor mesozooplankton sandsynligvis er langt mere altædende (omnivore) fremfor udelukkende fytoplanktonædere, som tidligere antaget. Den samme konklusion er nået i undersøgelser af det pelagiske fødenet i Vestgrønland af Hansen et al. (1999b).

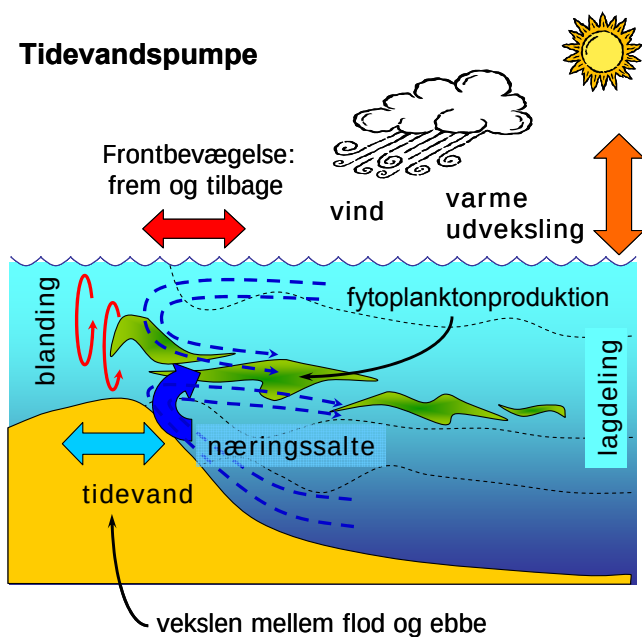
Et kulstofbudget for området over de sydvestgrønlandske fiskebanker kan ikke opstilles fordi vi mangler viden om rater for produktion i organismegrupper, græsnings- eller æderater, dvs. flow mellem organismegrupper som funktion af temperatur [15]. Vi har ingen viden om produktion og biomasse af bakterier, partikulært organisk materiale (POM), opløst organisk materiale (OOM), sedimentering m.m. Et kulstofbudget bør beregnes gennem et helt år, som det er gjort af Hansen et al. (2003). Boks-modellen anvendt af Hansen et al. (2003) vil imidlertid ikke give et realistisk billede af kulstofbudgettet over den sydvestgrønlandske sokkel, fordi det vil være nødvendigt at inddrage effekter på produktion og planktontransporter af sæsonvariationer i hydrodynamikken.

"Subsurface" opblomstringer

Under REKPRO togter i juli 2000 var der høje koncentrationer af klorofyl *a* på dybder >25m, som sandsynligvis skyldes såkaldte "subsurface" opblomstringer. I Nordsøen har Richardson et al. (1998, 2000) vist, at der er betydelig tidsmæssig og rumlig variation i udbredelse af "sub-surface" primær- og sekundærproduktion henover sommeren, og at disse variationer er knyttet til fiskebanker og pyknokliner og drevet af en såkaldt tidevandspumpe (Fig. 28). Ifølge Richardson et al. (2000) er det sandsynligt, at variationer i "sub-surface" primærproduktionen henover sommeren efter forårsopblomstringen i højere grad end selve forårsopblomstringen bestemmer energi- og kulstoftransporter via det pelagiske fødenet til højere trofiske niveauer. Tilsyneladende er sådanne "sub-surface" opblomstringer også vigtige ved de vestgrønlandske fiskebanker, og det vil være vigtigt for forståelsen af dynamikken i det pelagiske økosystem, at få undersøgt deres produktionsmæssige betydning [15]. Tilstedeværelse af "sub-surface" produktion vil øge forståelsen af udbredelsen af copepoder, fiske- og skaldyrlarver, og bidrage til forklaring på hvorfor planktonorganismerne ikke findes (kan forventes at findes) i "smalle" horisontalt udbredte hydrografiske frontzoner og upwelling-områder.



Figur 27. Simplificeret skematisk fremstilling af strukturen i planktonsamfundet (biomasse i mg C m⁻²) i en forårsopblomstringsperiode i maj 2000 (A) og afblomstringsperiode i juni 1999 (B). Pile angiver relative kulstof- og næringsstofflow mellem organismegrupper, og tykkelsen af pilene er udokumenterede "gæt" på de vigtigste transportveje. OUM= opløst uorganisk materiale (NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SiO₄³⁻, NH₄⁺....mange flere stoffer bl.a. forurenende kontaminanter), POM=partikulært organisk materiale og OOM=opløst organisk materiale. Fra [15, 21].



Figur 28. Illustration af front- og tidevandsbevægelser, der udgør en "tidevandspumpe" som tilfører næringssalte fra dybereliggende vandlag til en pyknoklin, hvorover ny primærproduktion foregår. Over banken er vandet blandet, mens det er lagdelt udenfor banken. Figuren er tegnet af A. Visser, Danmarks Fiskeriundersøgelser, og baseret på resultater fra Richardson, Visser & Bo Pedersen (2000).

Plankton-transport

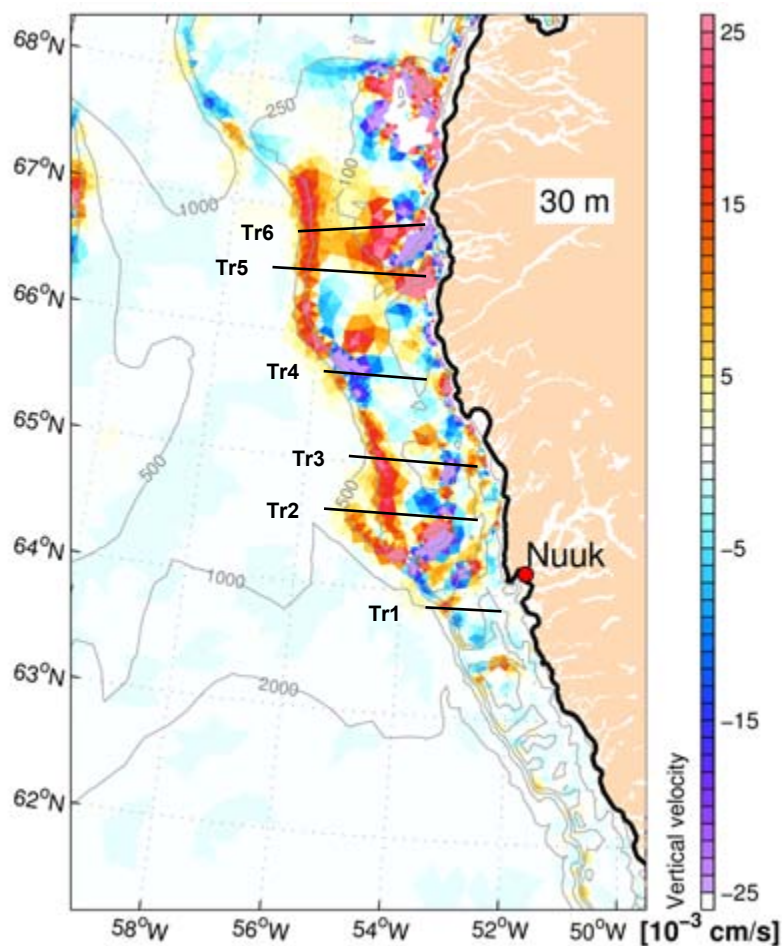
I sin bevægelse fra syd mod nord har den vestgrønlandske strøm afgørende betydning for planktonudbredelse og produktion ved at danne turbulente strømhvirvler og hydrografiske front-zoner, som aggregerer plankton og øger produktionsprocesser og stoftransporter fra lavere til højere trofiske niveauer gennem tilførsel af næringsstoffer. Den hydrodynamiske model i [14] viser, at tidevandsbevægelser og vind er vigtige i dannelsen af såvel up- og downwelling som drift og tilbageholdelse af planktonorganismer. Drift-simuleringer startet i maj 2000 viste generelt en nordlig og østlig drift mod kysten [15]. I denne periode blæste vinden fortrinsvis fra nord, hvorved der var en vestlig overfladedrift, som blev kompenseret af upwelling langs vestkanten af fiskebankerne. Plankton vest for bankerne havde stor sandsynlighed for at følge den vestgrønlandske strøm nordover, mens plankton øst for bankerne og over bankerne med stor sandsynlighed kunne blive indfanget i vind og tidevandsgenererede cirkulationer og hydrografiske front-bevægelser.

I kapitel 4 blev det vist, at larvedrift med havstrømmen er vigtig for rekrutteringen til fiske- og skaldyrpopulationer ved Vestgrønland. Det gælder imidlertid generelt for havdyr ved Vestgrønland, at de kan have meget forskellig geografisk oprindelse bestemt af varigheden af deres livscyklus og planktoniske levevis. For arter med flere måneder eller års planktonisk liv, som copepoderne *C. finmarchicus*, *C. glacialis* og *C. hyperboreus*, bliver den mulige transportdistance med havstrømmen meget stor (se f.eks. Pedersen et al., 2000; Sundby, 2000). For eksempelvis *C. finmarchicus* populationerne over den vestgrønlandske sokkel er det sandsynligt, at de rekrutteres og føres med strømmen fra udbredelsesområder syd og øst for Grønland (f. eks. Planque et al., 1997; Sundby, 2000). Det er sandsynligt, at variationer i denne transport er medvirkende til variationer i fiskeriressourcerne. Afkom af *C. finmarchicus* er således, som tidligere omtalt, vigtig føde for bl.a. torskeyngel, hvorfor torskeynglens overlevelse fremmes af stor *C. finmarchicus* produktion. Omvendt fremmes overlevelsen af de tidligste stadier af rejelarver (ZI og ZII) måske i år med lav græsningskonkurrence med *C. finmarchicus* om fytoplankton under larveudviklingen. Det er imidlertid også muligt, at stor *C. finmarchicus* produktion giver mere føde til rejelarverne og øger deres overlevelse, da laboratorieforsøg har vist at *C. finmarchicus* er føde for rejelarverne (Harvey & Morrier, 2003).

For copepoden *C. finmarchicus* i Nordatlanten kan en tæt kobling til fytoplanktonproduktion af store kiselalger være afgørende for succesfuld overlevelse under rekrutteringen fra nauplier til copepoditer (Irigoien et al., 2003). Store kiselalger er energirig og let tilgængelig føde for nauplierne, mens de har vanskeligere ved at fange og udnytte føde i form af ciliater og små fytoplanktonarter. For de voksne ægproducerende *C. finmarchicus* er ægproduktionsraten bestemt af hunnernes græsningsrate på især store kiselalger, dvs. en funktion af temperatur, fødeproduktion og fødetilgængelighed (Niehoff et al., 2002). Rekruttering og produktion af *C. finmarchicus* er således koblet til opblomstringer og tætheder af kiselalger både gennem ægproduktionsrate og overlevelsessucces fra nauplier til copepoditer.

Up- og downwelling-områder

Simuleringer med den hydrodynamiske model viste, at områderne vest for fiskebankerne med dybder på mellem 150 og 500m er vigtige upwelling-områder (Fig. 29). Hydrografiske



Figur 29. Lokaliteter med up- og downwelling-områder over det vestgrønlandske sokkel- plateau beregnet fra den hydrodynamiske model beskrevet i [14]. Up- og downwelling er beregnet som halvårligt middel fra april til oktober 2000. Midlede vertikale transporthastigheder er angivet i farveskala, hvor upwelling er angivet med gule og røde farver og downwelling er angivet med blå og violette farver. Placeringen af REKPRO transekter er angivet ved Tr1-Tr6. Fra [15].

frontzoner spiller en afgørende rolle ved at øge planktonproduktion og planktonaggregering i havøkosystemer, hvorved fødeudbud, vækst og overlevelse af fiskelarver øges (f.eks. Munk et al, 1995; 2000; 2003). I forbindelse med REKPRO fandt Munk (2002) forøget planktonaggregering og interaktion mellem juvenile fisk i en hydrografisk frontzone på transekt Tr5. Munk (2002) fandt, at fiskelarver, især tobis larver, udgjorde en væsentlig andel af havkat-yngels føde. Fiskelarver har således fordel ved at være i frontzonen, fordi der er øget fødeudbud for larverne, men der er også større risiko for at blive ædt. Den hydrodynamiske model viste upwelling i områder vest for fiskebankerne og i det samme område, hvorfra Munk (2002) rapporterer sine undersøgelser. Disse upwelling-områder viste generelt højere klorofyl *a* koncentration og høj tæthed af copepodæg og -nauplier, hvilket er indikationer på forøget planktonproduktion.

Effekter af klima på struktur og dynamik i det vestgrønlandske havøkosystem

Tidspunktet og intensitet af forårsopblomstringens start er af stor betydning for struktur og kulstofomsætning i det pelagiske fødenet. Ifølge Hansen et al. (2003) vil et varmere klima betyde en tidligere opbrydning af vinterisen, som dækker Diskobugten, og dermed tidligere forårsopblomstring. En tidlig forårsopblomstring, som følge af et tidligt isfrit hav, kan betyde, at de dominerende algegræssere i Diskobugt, de store copepoder *C. finmarhicus*, *C. glacialis* og *C. hyperboreus* stiger for sent op fra deres vinterdvale i dybet, til at de og deres afkom optimalt kan udnytte forårsopblomstringens alger som føde. Dette "mismatch" mellem tidsperioden for fytoplanktonproduktion og tidsperioden for copepod græsning og produktion kan opstå, hvis copepodernes adfærd i deres livscyklus, herunder opstigningen fra vinterdvalen om foråret, er tilpasset til den faste årsrytme i sollys (daglængde) (Fiksen, 2000). Ved "mismatch" vil de store copepoder dels producere færre afkom og dels oplagre og opbygge en mindre biomasse med det resultat, at der kan blive mindre føde for fisk, fugle og havpattedyr på højere trofisk niveau. En reduceret græsning fra de store copepoder kan ifølge modelberegninger af Hansen et al. (2003) betyde reduktion af nedsynkningen til dybet af organisk kulstof (>50 %), selvom primærproduktionen totalt set øges (>50 %). Det sidste skyldes, at "små" copepodarter og de mikrobielle fødekæder, dvs. protozooplankton (flagellater og ciliater) og bakterier, vil overtage græsning og nedbrydning af forårsopblomstringens alger og øge kulstofomsætningen i pelagialet.

Om en opvarmning og et tidligt isfrit hav vil have de i Hansen et al. (2003) beregnede konsekvenser for artssammensætning og kulstofomsætning, vil bl.a. være betinget af den hastighed, hvormed klimaændringerne sker, og om/hvordan organismene i de marine samfund tilpasser sig de ændrede miljøvilkår gennem ændret adfærd og livscyklus. Nogle arter vil givet få forbedrede livsvilkår, Andre arter vil få forringede livsvilkår og evt. helt forsvinde fra Diskobugt. Man kan forudsige, at opvarmning vil betyde, at nordlige arter udskiftes med mere sydlige arter. Imidlertid kan man ikke forvente en simpel "flytning" af arternes udbredelse, bl.a. fordi lysforholdene ikke ændres tilsvarende. En stor usikkerhed i modellen beskrevet i Hansen et al. (2003) er den direkte effekt af øget temperatur på de fysiske, kemiske og biologiske processer i havøkosystemet. I beskrivelsen af økologiske sammenhænge er det afgørende, at de enkelte processers temperaturafhængighed er kendt (f.eks. Soto, 2002; Møhlenberg et al., 2003). Møhlenberg et al. (2003) har fundet, at en temperaturøgning gav forholdvis større forøgelse i planktonets bakterieproduktion sammenlignet med forøgelsen i fytoplanktonproduktionen. Andre undersøgelser har vist, at zooplanktonets aktivitet og produktion generelt øges mere end planktonalgeproduktionen ved en temperaturstigning, hvorfor en temperaturstigning forventes at give øget pelagisk zooplanktonbiomasse, men også øget nedbrydning af organisk stof og reduceret nedsynkning til bunden (Møhlenberg et al., 2003).

I modelberegninger af Hansen et al. (2003) er en tidsmæssig forholdsvis tæt kobling mellem forårsopblomstringen og copepodgræsning styrende for copepodproduktion og opbygning af copepodbiomasse. Undersøgelser i et arktisk havøkosystem i det sydøstlige Beringshav tyder imidlertid på, at et varmere klima og tidlig isopbrydning vil resultere i en senere forårsopblomstring og større copepodbiomasse (Fig. 30). I sidstnævnte undersøgelser synes der at være en forholdsvis svag tidsmæssig styring af copepodproduktionen, hvorimod vandtemperaturen var helt afgørende for samme.

Is, forårsopblomstring og copepoder

Tidlig isopbrud → **sen forårsopblomstring, varmt vand - stor copepodbiomasse**



Sent isopbrud → **tidlig forårsopblomstring, koldt vand - lille copepodbiomasse**



Figur 30. Illustration af forbindelser mellem klima, tid for istilbagetrækning og fytoplanktonopblomstring. Øverst billede: Hvis isen trækker sig tilbage i midten af marts eller tidligere vil opblomstringen forsinkes indtil solindstrålingen varmer og lagdeler vandsøjlen, så primærproduktionen kan begynde. Opblomstringen optræder i forholdsvis varmt vand og er forholdsvis tæt koblet til zooplankton græsningen. Nederste billede: Hvis isens tilbagetrækning er forsinket til sidst i marts eller april, vil der opstå en iskantsopblomstring i det kolde vand, som er afkoblet fra copepod græsning. Fra Hunt et al. (2002) og Hunt (2003).

Ovenstående korte beskrivelse med referencer til nyere undersøgelser af mulige koblinger mellem primærproduktion og zooplanktonproduktion viser, at der er mange ubesvarede spørgsmål om struktur og dynamik i det pelagiske fødenet. Der er således væsentlige forskelle i forståelsen af dynamikken i det pelagiske fødenet og effekter af opvarmning i de to arktiske økosystemer beskrevet i henholdsvis Hunt et al. (2002) og Hansen et al. (2003). Det er min vurdering, at forskellene skyldes forskelle mellem systemerne i det fysiske og biologiske miljø, men også utilstrækkelig viden om især temperaturens indflydelse på dynamikken i det pelagiske økosystem ved Vestgrønland. I såvel arktiske som nordatlantiske havøkosystemer som helhed, er der brug for øget viden om effekter af klimaopvarmning på primærproduktion, de mikrobielle fødekæder, planktonarternes økologi, og især om effekter af temperaturøgning på mikrobiel kulstofomsætning, nøglearternes livscyklus, adfærd og overlevelsesbetingelser i deres udbredelsesområder.

I det vestgrønlandske havøkosystem er der især brug for monitorering af miljøparametre og planktonudbredelse gennem året og i en årrække for at kunne modelbeskrive arternes vækst, udbredelse og livscyklus under varierende miljøbetingelser [15]. Modelberegninger og

partikelsporing viser, at området over og omkring de vestgrønlandske fiskebanker er vigtige "retention areas", og at hydrodynamikken i området er vigtig for planktonproduktion (mødet mellem fiske- og rejelarver og deres føde) ved dannelse af frontområder og up- og downwelling. Den globale klimaopvarmning vil ændre på flowstyrke og blanding i den Vestgrønlandske strøm med følger for planktonproduktionen over og omkring fiskebankerne. Det er derfor relevant at udvikle koblede fysisk-biologiske modeller, som kan forudsige effekter på fiskeressourcerne af disse forandringer [15]. Modeller er vigtige i udformning af testbare hypoteser om årsager til variation og forandring. De svar modellerne giver om havstrømshastigheder, cirkulationer omkring banker, up- og downwelling ved varierende vindstyrker og vindretninger kan verificeres ved indhentning af data fra måleudstyr og måleprogrammer. Både fysisk og biologisk modellering, samt kobling mellem fysik og biologi, skal forbedres.

5.2 Artsinteraktioner på højere trofisk niveau

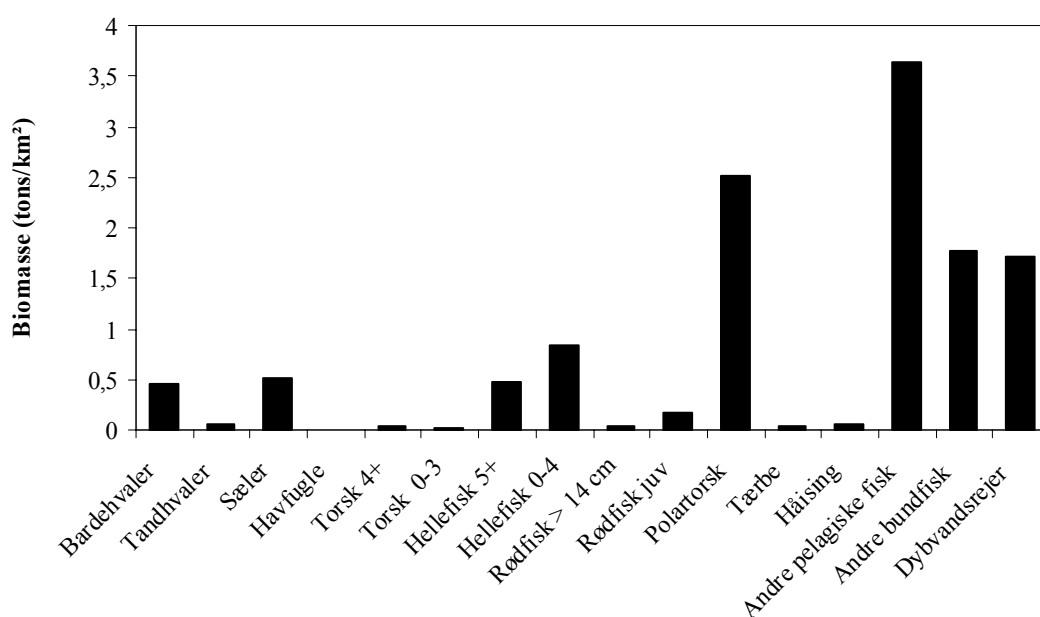
I [18] har vi opstillet en såkaldt Ecopath-model for Vestgrønland vha. af den vidt udbredte software-programpakke "Ecopath with Ecosim" (EwE, <http://www.ecopath.org>; Christensen et al., 2000; Christensen & Pauly, 2004; Christensen & Walters, 2004). Ecopath-modellering bygger på antagelsen om, at et sø-økosystem eller afgrænset havøkosystem indenfor et år eller en periode af nogle år kan beskrives som værende i årlig massebalance. Simpelt kan Ecopath-softwareprogrammet forklares, som værende et bogholderisystem, som hjælper brugeren til øget indsigt i regnskab for produktion, omsætning og flow af organisk stof i et på forhånd defineret og afgrænset økosystem udsat for fiskeri og fangst (fiskeri = fangst af fiskeressourcer og fangst = fangst af fugle og havpattedyr). Ecopath-modellering tager udgangspunkt i, at der kan opnås væsentlig indsigt i økosystemers struktur og funktion ved en helhedsbetragtning, dvs. uden at kende og beskrive alle interaktioner og processer i systemet detaljeret. Afgørende for opnåelse af massebalance er realistiske estimater for grupper (nøglearters) biomasser og produktion, samt realistiske estimater for graden af interaktioner mellem grupperne, som følge af at de æder hinanden og fanges ved fiskeri og jagt.

En væsentlig værdi ved opstilling af Ecopath-modellen for Vestgrønland er skabelsen af et samlet overblik over viden om havøkosystemet. Gruppernes biomasser, produktion og fødevalg er baseret på den tilgængelige viden, en række antagelser eller anslåede størrelser, og må derfor betragtes som usikkert bestemt for stort set alle grupperes vedkommende (fig. 31).

Ecopath-modellen kan bruges til at stille "hvad hvis spørgsmål", eksempelvis kan man spørge sig, hvordan kan biomassestruktur, stoftransportveje og -omsætning have været i f.eks. 1950'erne? - hvor biomassen af torsk er beregnet til at have været mere end 200 gange større end i 1997 (Fig. 8f). Spørgsmålet er vanskeligt at svare på ved opstilling af en Ecopath-model for 1950'erne, fordi vi mangler viden om biomasse, produktion og fødevalg for stort set alle organismegrupper, herunder torskens føde, som ifølge litteraturen var domineret af tobis og lodde om sommeren og rejer om vinteren (Horsted & Smidt, 1965). Forsøg på at få massebalance i en Ecopath-model med stor torskebiomasse viser, at produktivitet, biomassestruktur, stoftransportveje og -omsætning må have været meget anderledes i 1950'erne sammenlignet med i 1997.

Ecopath-modellen inddrager ikke betydning af havøkosystemets varierende tidsmæssige og rumlige struktur f.eks.: 1) at varierende bundtopografi i form af fiskebanker og dyb mellem bankerne influerer på hydrodynamikken ved at danne up-/downwelling, turbulente cirkulationer og fronter mellem vandmasser med forskellige fysisk-kemiske egenskaber, og 2)

at disse varierende fysiske forhold har afgørende betydning for variationer i organismernes udbredelse og produktivitet i systemet. Udover mangel på viden om struktur og dynamik i det pelagiske fødenet, primær- og sekundærproduktion, mangler der viden om bunddyrene, deres udbredelse, det bentiske fødenet og om den pelagiske-bentiske kobling. Eksempelvis er åbentvandsområder i isen over fiskebankerne (Store Hellefiskebanke og Fyllas banke) om vinteren vigtige refugier for tætte flokke af overvintrende havfugle, bl.a. kongeedderfugl (*Somateria spectabilis*), som overlever vinteren ved dykkende at søge bentisk føde på bankerne (Mosbech & Johnson, 1999; Mosbech et al., 2001; Mosbech & Boertmann, 2002; Boertmann et al., 2004). Flokke af Polarlomvien (*Uria lomvia*) søger om vinteren pelagisk føde i form af fisk og plankton ved i åbentvandsområder at dykke til dybder på op til 200m langs fiskebankernes skrænter i Sydvestgrønland. En øget viden om produktivitet af benthisk og pelagisk fugleføde på og omkring bankerne er vigtig for at kunne vurdere effekter på fuglenes overlevelsesmuligheder ved ændringer i klimaet.



Figur 31. Estimeret biomassestruktur i en massebalance model (Ecopath-model) for Vestgrønland mellem 60 °N og 71°N. Modellen er opstillet for året 1997, og den består af 21 funktionelle grupper. Gruppernes biomasse (i tons vådvægt pr. km²) er et estimeret gennemsnit for udbredelsesområdet (gruppens habitat) med dybde mellem 0 og 1.500 m og samlet areal på 240.000 km². Biomasser af fisk og rejer er estimeret fra fangster i et årligt grønlandsk og tysk trawlsurvey. For detaljer om model og datagrundlag henvises til [18].

Biomassen af dybvandsrejer er i Ecopath-modellen estimeret til at være dominerende sammen med andre pelagiske fisk, polar torsk, juvenile hellefisk (Fig. 31). Der er kun lidt og usikker viden om biomasser og udbredelser af pelagiske fiskearter (polartorsk, tobis og lodde m.fl.) fordi der er få undersøgelser af de pelagiske fiskeforekomster. Viden om reje- og fiskeforekomsterne udfor Vestgrønland fås fra årlige grønlandske og tyske videnskabelige forsøgsfiskeri med bundtrawl med tilfældigt udlagte stationer (engelsk: "Stratified-random bottom trawl survey") ([14]; Rätz, 1999; Carlsson et al, 2000; Kingsley et al., 1999). Fangstdata fra disse surveys er i [18] brugt til at beregne indeks for størrelsen af de fangbare reje- og fiskepopulationer. For at få tal for den virkelige størrelse af reje- og fiskepopulationerne i hele undersøgelsesområdet (dvs. hele vandvolumet), er disse indekstal i forskellig grad øget på grundlag af viden beskrevet i litteraturen, og antagelser om bundtrawlets sandsynlige fang-

steffektivitet for bentiske og pelagiske fiskearter. Denne metode er behæftet med usikkerhed, og ydermere er der kun ringe information om ændringer i populationsstørrelser og tætheder gennem året, som følge af populationernes vandringer ind og ud af undersøgelsesområdet.

Effekter af fiskeri på den biotiske struktur i det vestgrønlandske havøkosystem

Fiskeri kan forandre de enkelte arters indbyrdes relationer og placeringer i fødekæder, fødenet og trofiske niveauer i økosystemet, hvilket udviklingen i fiskeri og fiskeriressourcer ved Vestgrønland er et eksempel på (Pedersen, 1994, 1995; [18, 13]).

De vestgrønlandske banker og dyb er opvækstområde for mange fiskearter, hvoraf de kommercielt vigtigste er hellefisk, rødfisk og torsk. Fiskeyngel føres med havstrømmen fra gydeområder i Davisstrædet, ved Østgrønland og i Irmingerhavet til Vestgrønland, hvor fiskeynglen æder og har opvækst [4, 9]. Dvs. fiskearter som indgår i Ecopath-modellen er ikke isolerede grønlandske bestande, men dele af fiskebestande med udbredelsesområde udenfor det vestgrønlandske område.

De mange års intensive rejefiskeri har effekter på strukturen i havøkosystemet ved at påvirke størrelses sammensætning, biomasser, fødeforhold for arterne og dermed interaktioner mellem arterne. Størrelsen på de fisk som fanges ved Vestgrønland er faldet drastisk siden begyndelsen af 1980'erne, og det samme er fiskearternes biomasser (Rätz, 1999; Siegstad et al., 2003a,b). Selvom der i de senere år har været en øgning i flere, hovedsageligt boreale, arters rekruttering af yngel til Vestgrønland, er der ikke konstateret nogen væsentlige forøgelse i fiskearternes størrelser og biomasser. At fiskene forbliver små, og at der ikke sker en opbygning af biomasser og bestande af fisk ved Vestgrønland tilskrives for en stor del, at der igennem mange år er blevet fisket efter dybvandsrejer. Der er en betydelig bifangst af fisk i det vestgrønlandske rejefiskeri. Ikke af fisk store nok til konsum, men af fiskeyngel som, når de smides ud igen, ikke overlever. Desuden dør mange fisk som følge af kontakt med trawlet under fiskeriet, dvs. de klemmes i trawlets masker eller beskadiges af trawlets bobbinkugler som ruller hen over bunden under fiskeriet. I rejefiskeriet fiskes med store trawl og i 1991-1992 hvor rejefiskeriet var på sit højeste niveau, blev der fisket op mod 250.000 timer med rejetrawl, svarende til at mere end 20.000 km² bund blev overkørt med trawl (Hvingel, 2003a). Da det hovedsageligt er på bestemte rejefiskefelter, der trawles, betyder det at bunden på disse felter overkøres med rejetrawl flere gange i løbet af et år. Trawlets kontakt med bunden har effekter for de dyr som lever på og ved bunden. Dels slås mange dyr ihjel, fordi de rammes af trawlet, og dels sker der en oprodning af sediment, som kan vanskeliggøre bunddyrenes livsvilkår. Nogle dyr får måske forbedrede fødevilkår efter trawlet har passeret, fordi fødeorganismer bliver lettere tilgængelige på bunden. Sådanne observationer er kendt fra undersøgelser af effekter af bundtrawling i bl.a. Nordsøen, men fra Vestgrønland findes ingen dokumenterede effekter på miljø og bunddyrsamfundet af rejetrawling.

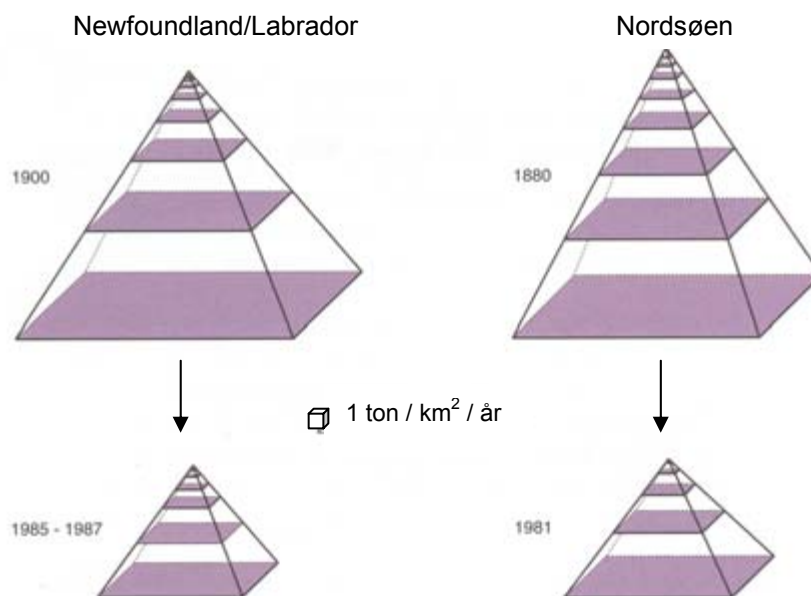
Bifangst af fisk som smides ud bliver spist af bl.a. havfugle. Hvor meget der smides ud, og hvad det betyder for havfuglene kendes ikke præcist ved Grønland, men i Nordsøen udgør udsmid af fisk og fiskeaffald et betydeligt fødetilskud for nogle arter af havfugle (f.eks. Garthe et al., 1996). Maveundersøgelser af tærber fra Vestgrønland tyder på, at rødfiskeyngel, som er døde som følge af rejefiskeri enten ved udsmid eller ved anden kontakt med trawlet, ender på bunden som føde for tærber og andre bunddyr inklusiv rejer [2, 3]. I Balsfjorden i Nordnorge har Hopkins et al. (1989; 1993) fundet, at dybvandsrejer både lever som pelagisk prædator på især copepoder og krill, men også som bentisk ådselsæder af døde fisk f.eks. lodde. Maveundersøgelser af dybvandsrejer fra Flemish Cap udfor Canadas østkyst bekræfter, at arten er altædende (Ivanova, 2000). Fiskedød som følge af rejefiskeri kan således

både forbedre rejernes fødevilkår og reducere deres prædationsdødelighed, og dermed samlet set medvirke til at øge rejernes populationsvækst.

Skift fra torsk til rejer

Den historiske udvikling i det vestgrønlandske havøkosystem fra et system domineret af fisk på højere trofisk niveau til et system domineret af rejer og fisk på lavere trofiskniveau skyldes mange samvirkende faktorer [13]. Følgende faktorer, vurderer jeg som værende de vigtigste for skiftet fra torsk til rejer ved Vestgrønland: 1) De senere års forholdsvis kolde og varierende klima ved Vestgrønland har givet dårlige vækst- og overlevelsesbetingelser for torsk. 2) Samtidig er torsken blevet overfisket, især fordi den blev taget som bifangst i rejefiskeri. 3) Reje yngel har større tolerance, vækst og overlevelse end torskeyngel, i perioder når vandet er koldt. 4) Mange af rejernes naturlige rovdyr (især torsk og andre fisk) er væk, eller de er blevet kraftigt reduceret i antal, som følge af koldt klima og fiskeri. 5) Fordi rejens naturlige rovdyr i disse år er få, og der samtidigt er stor produktion af føde for rejerne, vokser bestanden af rejer.

Fra 1900 tallet og til i dag er der generelt sket en kraftig reduktion i biomassen af kommercielle fisk i nordatlantiske havøkosystemer, og årsagen er først og fremmest det intensive fiskeri (Guénette et al., 2001; Pauly & Maclean, 2003; Christensen et al., 2003). Samtidig med at kommercielle fiskearter er reduceret kraftigt i biomasse, er der sket et skift til øget fiskeri af fisk og skaldyr, som lever på lavere trofiske niveauer f.eks. tobis, sperling (*Trisopterus esmarkii*), lodde og dybvandsrejer. Dvs. i stedet for fangst af arter, som bliver store og gamle (5-20 år), fanges mindre og yngre fisk. Fiskeri på arter som vokser hurtigt, har kortere levetid og som lever på lavere trofisk niveau har været stigende igennem de sidste 50 år. Konsekvensen af mange års intensivt fiskeri har været lavere biomasse og forandringer i fødenet, kulstofomsætning og energiflow i havøkosystemerne (Fig. 32).



Figur 32. Eksempler på forandringer i energipyramiden fra Nordvestatlanten (Newfoundland/Labrador i 1900 og 1985-1987) og i Nordøstatlanten (Nordsøen i 1880 og 1981). Hvert lag i pyramiden repræsenterer et trofisk niveau og dets volumen er proportionalt til den biologiske produktion af organismer på dette trofiske niveau i økosystemet. Over tid er både antallet af trofiske niveauer, energiflow og fødekæder reduceret dramatisk. Fra Pauly & Maclean (2003).

Øget prædation på torskeæg og -larver, som følge af flere pelagiske fisk (tobis, lodde) og invertebrater (rejer) på lavere trofisk niveau, kan være en effekt af overfiskeri (Swain & Sinclair, 2000; Köster & Möllmann, 2000; van der Veer et al., 2000; Rasmussen et al., 2000). Forandring i økosystemets struktur mod større omsætning på lavere trofisk niveau kan således være selvforstærkende, modvirke torskens tilbagekomst og måske resultere i permanente ændringer i fødenettet.

Torsken, som tidligere havde stor udbredelse og fiskerimæssig betydning ved Canadas østkyst, er i dag stort set forsvundet, ligesom det er tilfældet for torsken ved Vestgrønland. Nogle canadiske forskere har rejst tvivl om torsken vil komme tilbage, selvom der er indført totalt forbud mod fangst af torsk, og selvom klimabetingelserne for torsk forbedres. Forskernes tvivl skyldes, at økosystemets struktur og funktion fra før torsken forsvandt måske kun langsomt vil indfinde sig pga. træghed og manglende "hukommelse" i systemet med hensyn til at genetablere tidligere tiders samspil og balance mellem arterne (f.eks. McQuinn, 1997; Rice, 2002).

6. Biologisk rådgivning og forvaltning af fiskeriressourcer

Et hovedformål med fiskeribiologers arbejde er, at indsamle oplysninger om fiskeressourcerne og give biologisk rådgivning, som kan bruges i forvaltningen af ressourcerne. Det er tidligere blevet nævnt, at den biologiske rådgivning hovedsageligt sker ud fra såkaldt "enkeltarts betragtninger", dvs. bestandsudvikling og effekter af fiskeri vurderes for hver enkelt art for sig. For hver art gives almindeligvis råd om fiskeri, og der anbefales fangstkvoter for det eller de nærmeste år fremover. Det er også blevet nævnt, at der er problemer med forvaltning af fiskeressourcer ud fra enkeltartsbetragtninger. Disse problemer vil jeg beskrive nærmere i dette kapitel.

Mit videns- og erfaringsgrundlag for denne rapport er opnået gennem flere ansættelser som fiskeribiolog dels ved Grønlands Fiskeriundersøgelser (fra 1995 Grønlands Naturinstitut) og dels ved Danmarks Fiskeriundersøgelser. Mit arbejde i Grønland bestod bl.a. i at forøge viden om dybvandsrejsens populationsdynamik for derved at forbedre grundlaget for den biologiske rådgivning. Ved Danmarks Fiskeriundersøgelser bestod mit arbejde i at forbedre grundlaget for den biologiske rådgivning for fiskeri på tobis i Nordsøen.

I det følgende vil jeg først give en beskrivelse af biologisk rådgivning for udnyttelse af rejebestanden ved Vestgrønland. Dernæst vil jeg med baggrund i [7] beskrive biologisk rådgivning for tobisfiskeri i Nordsøen. Til sidst vil jeg beskrive generelle problemer og udfordringer for forvaltningen af fiskeriressourcer. I kapitel 7 vil jeg nærmere redegøre for begreberne bæredygtig udnyttelse, sikring af miljø og biologisk mangfoldighed i havet.

6.1 Biologisk rådgivning for udnyttelse af de grønlandske rejer

I de sidste 15 år har dybvandsrejer været langt den vigtigste fiskeriressource ved Grønland, og omkring 75 % af den samlede grønlandske eksportindtægt kom fra salg af rejer. Den største videnskabelige interesse har derfor været koncentreret om biologisk rådgivning for fiskeri på rejebestanden.

Hvert år afleverer Grønlands Naturinstitut en biologisk rådgivning for fiskeri på rejebestandene ved henholdsvis Vest- og Østgrønland til Grønlands Hjemmestyre. Rådgivningen omfatter både en biologisk vurdering af bestandenes tilstand (rejerens størrelse, andel hanner og hunner, gyde-potentialet, alder og vækst) og en vurdering af, hvor meget der kan fiskes fra bestandene uden at de overfiskes.

Den biologiske rådgivning udarbejdes på grundlag af oplysninger fra: 1) biologiske undersøgelser udført af Grønlands Naturinstitut dvs. data og fangster indsamlet under et årligt videnskabeligt forsøgsfiskeri i rejerens udbredelsesområder, og 2) det kommercielle fiskeri, dvs. logbøger (fangst-dagbøger), rejemåleprøver og indhandlingsoplysninger fra rejefabrikker.

Biologiske undersøgelser

Siden 1988 har Grønlands Naturinstitut hvert år i juli og august undersøgt bestanden af rejer ved Vestgrønland. Instituttets trawler *Paamiut* fisker ca. 250 forskellige steder (stationer) jævnt fordelt langs hele vestkysten – både i områder med mange og med få rejer (Fig. 17f og 24). *Paamiut* fisker også i forskellige dybder fra 150 meter til 600 meters dybde. På denne måde undersøges hele det område hvor der lever rejer, og ikke kun de områder hvor de fleste og største rejer er. Fra det videnskabelige forsøgsfiskeri beregnes årligt et mål for hvor mange rejer der er i bestanden, og om der sker ændringer i bestandens struktur dvs. i individernes størrelse og alder i forskellige områder i forhold til tidligere år.

Fangsten fra hvert trawlsløb bliver undersøgt på nøjagtig samme måde hver eneste gang. Dvs. hele fangsten sorteres i rejer for sig og fiskearter for sig. Mængden af hver enkelt art bliver vejret for at bestemme, hvor stor en del af fangsten, den udgør. Desuden undersøges nogle af fiskearterne nærmere dvs. individer længdemåles og vejes (bl.a. hellefisk og rødfisk). Resultaterne herfra bliver brugt af biologer, der arbejder med de pågældende arter.

En lille delprøve fra rejefangsten bliver undersøgt nærmere. Først bliver rejerne i delprøven sorteret i arter. Dybvandsrejen, der er den vigtigste art for fiskeriet, bliver sorteret i forskellige udviklingsstadier – f.eks. hunner med hovedrogn, hunner med benrogn, hanner, overgangsdyr og individer med snyltre. Endelig bliver skjoldlængden af hver enkelt reje målt med en skydelære.

De indsamlede oplysninger fortæller noget om, hvordan bestanden af rejer har det. F.eks. hvor mange unge rejer der er i bestanden, om der er mange hunner, om der er specielt mange rejer i bestemte aldersgrupper. Hvert års nye oplysninger sammenlignes derefter med resultaterne fra de foregående års undersøgelser.

Oplysninger fra det kommercielle fiskeri

Oplysninger om rejerne fra fiskeriet kommer fra både logbøgerne, fra selve fangsten og fra indhandling til fabrikker på land. Alle skibe skal føre logbog over deres fangster. Logbogen indeholder bl.a. oplysninger om hvor der fiskes, hvor længe og om rejefangst og bifangst, dvs. undermålsrejer og fisk. Disse oplysninger bruges bl.a. til at vurdere hvor stor en indsats (timer i fiskeri) der skal til for at fange en bestemt mængde rejer, og til at se hvor fiskeriet er koncentreret. Alle oplysninger sammenlignes med tilsvarende oplysninger fra tidligere år for at vurdere forskelle.

Året rundt indsamler fiskerikontrollører og trawlernes besætninger rejep prøver fra fangsten inden den behandles og forarbejdes. Rejeproverne fryses ned og afleveres herefter til Grønlands Naturinstitut, hvor de bliver behandlet på nøjagtig samme måde som de prøver Naturinstituttet selv undersøger om bord på *Paamiut* i forbindelse med det årlige videnskabelige forsøgsfiskeri. Andre prøver måles ombord af fiskerikontrollørerne. Fra prøverne fås bl.a. oplysninger om, hvor meget fiskeriet fanger af forskellige størrelsesgrupper (aldersgrupper). Desuden fås oplysninger om, hvor stor en del af bestanden der går tabt, fordi dele af fangsten er undermålere, der ikke indhandles (bifangst).

Rådgivning for rejefiskeri i 2004

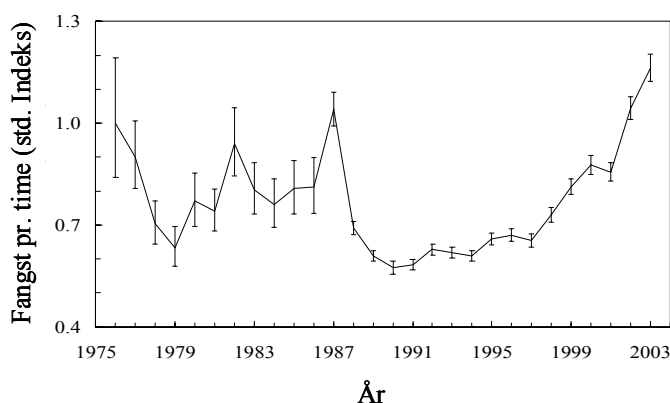
Alle de indsamlede oplysninger fra de biologiske undersøgelser og fra det kommercielle fiskeri bliver behandlet og analyseret på Grønlands Naturinstitut. Resultaterne bliver derefter forelagt og diskuteret i rejearbejdsgruppen i den internationale fiskerionisation NAFO, som i sidste ende udarbejder den biologiske rådgivning til Grønlands Hjemmestyre.

I NAFO mødes biologer fra lande i Nordatlanten med store bestande af dybvandsrejer (Grønland, Canada, Island, Norge) for at vurdere alle fremlagte oplysninger om de respektive landes rejebestande. Biologerne udarbejder i rejearbejdsgruppen en rådgivning for udnyttelse af rejebestandene i Nordatlanten. Denne rådgivning bliver herefter vurderet endnu en gang af NAFO's videnskabelige råd, inden rådgivning for fiskeri på eksempelvis dybvandsrejerne ved Vestgrønland afleveres til Grønlands Hjemmestyre. Resultater og vurderinger fra Grønlands Naturinstituts rejeundersøgelser om udviklingen i rejebestanden bliver således videnskabeligt "efterset" flere gange, inden den biologiske rådgivning afleveres til Grønlands Hjemmestyre.

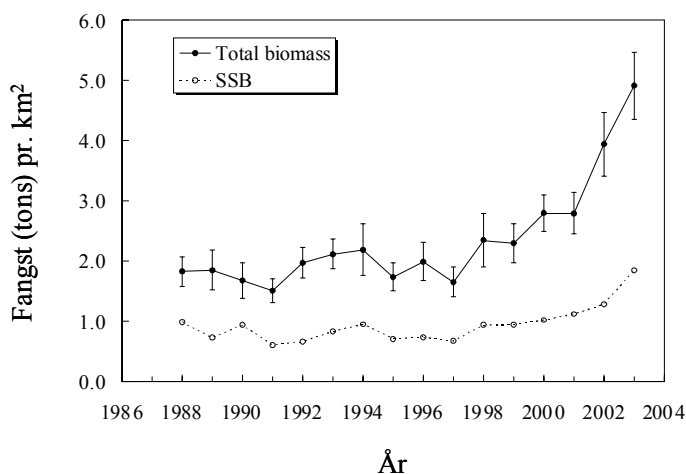
På grundlag af oplysninger fra det kommercielle fiskeri er der beregnet et standardiseret indeks for fangstrater (fangst pr. trawltime) fra perioden 1976-2003 (Fig. 33; Hvingel, 2003a). Det standardiserede indeks korrigerer eller udjævner forskelle i bl.a. trawlernes størrelse, fangsteffektivitet og fiskepladser mellem år. Standardiseringen er nødvendig for at kunne sammenligne fangstrater år for år, fordi der over tid sker en effektivisering af fartøjer, redskaber, fiskemetoder og ændringer i fiskeriets fangstområder. Det standardiserede fangstrateindeks viser en stigende tendens siden 1990, og den beregnede værdi for 2003 er den højeste i tidsserien (Fig. 33).

Fra fangster og rejepøver indsamlet under det årlige videnskabelige forsøgsfiskeri udført af Grønlands Naturinstitut siden 1988 er beregnet indeks for total biomasse og biomasse af hunrejer (Fig. 34; Carlsson et al., 2000; Kanneworf & Wieland, 2003).

Både standardiserede fangstrater beregnet for fiskeriet (Fig. 33) og fangstrater beregnet fra det årlige videnskabelige forsøgsfiskeri (Fig. 34) viser samme tendens, nemlig en kraftig stigning siden 1995, og 2003-værdien er i begge tidsserier den højest observerede. På grundlag af samme tendens i rejebiomassens udvikling fundet ved to uafhængige metoder vurderes det, at der er kommet flere rejer ved Vestgrønland, og at rejebestanden har været i vækst frem mod det hidtil højst målte indeks for rejebiomasse i 2003. Rekord for mængden af rejer i Vestgrønland blev således sat i 2003 med det resultat, at NAFOs videnskabelige råd vurderede at rejebestanden vil kunne bære en betydelig øget fangst i 2004 (Anon., 2003d). Rådet gav ikke en bestemt fangstkvote (TAC = "Total Allowable Catch"), men påpegede, at hvis fangsterne af rejer i 2004 overstiger 130.000 tons, vil der være risiko for, at udnyttelsen ikke vil være bæredygtig i det lange løb.



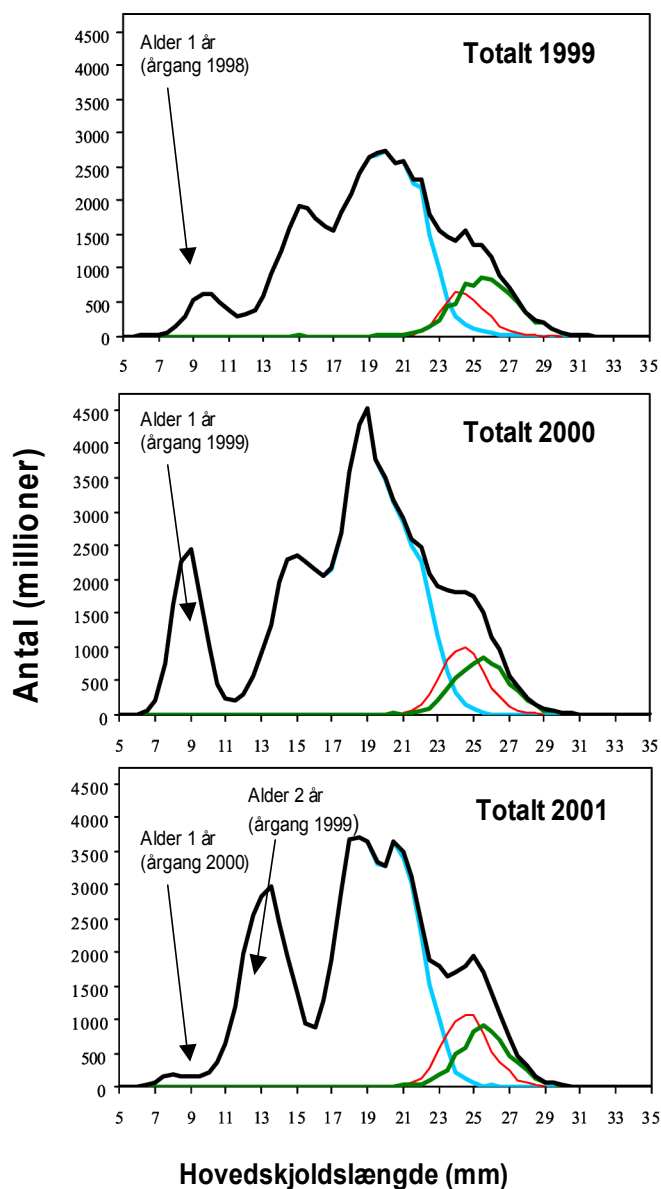
Figur 33.
Standardiseret indeks for fangstrater (fangst pr. trawltime) fra rejefiskeriet ved Vestgrønland beregnet ud fra logbogsoplysninger 1976-2003. Fra Grønlands Naturinstitut (www.natur.gl).



Figur 34.
Indeks (fangst pr. km²) for total biomasse og biomasse af hunrejer (SSB) under det årlige videnskabelige forsøgsfiskeri udført af Grønlands Naturinstitut i juli-august, 1988-2003. Fra Grønlands Naturinstitut (www.natur.gl).

Til bestandsvurdering og fiskerirådgivning for 2004 og de nærmeste år fremover har NAFO benyttet en analytisk beregningsmodel, hvori der bl.a. tages højde for det forhold, at torske spiser rejer (Hvingel, 2003b; Anon., 2003d). Modellen beregner udviklingen i rejebestanden ud fra den samlede dødelighed – dvs. både som følge af at rejerne fanges i det kommercielle fiskeri og som følge af at de bliver spist af torske. I disse år er der imidlertid stort set ingen torske ved Grønland, og dødelighed som følge af, at rejerne bliver spist af torske er derfor nær nul. I tilfælde af at der i fremtiden atter skulle komme mange torske i de grønlandske farvande, viser beregninger med modellen at rejebestanden derved bliver drastisk reduceret. Kommer torsken tilbage, vil det blive opdaget i fiskeriets fangster og i de biologiske undersøgelser, hvorved reje-rådgivningen kan inddrage udviklingen i torskebestanden i sine beregninger for udviklingen i rejebestande.

I det videnskabelige forsøgsfiskeri ved Vestgrønland anvendes en fintmasket trawl pose (20 mm strakt-maske) som tilbageholder små rejer, og som gør det muligt at følge store årgange af rejer fra alder 1 år (Fig. 35). Indeks for rekruttering (andel af 2-årige) beregnet siden 1993 viser en stigende tendens fra 1997 til 2001 og et fald derefter. 2003-værdien er under gennemsnittet for tidsserien og 2001 værdien (årgang 1999) er den højeste, som er observeret ved Vestgrønland (Fig. 36).



Figur 35.
Total størrelsesfordeling (hovedskjoldslængde) af dybvandsrejer i Vestgrønland beregnet fra trawlfangster i det årlige videnskabelige forsøgsfiskeri udført af Grønlands Naturinstitut, juli-august 1999, 2000 og 2002. Blå linie: hanner. Rød linie: førstegangsgydende hunner. Grøn linie: flergangsgydende hunner. Årgang 1999 er den hidtil største observerede rejeårgang ved Vestgrønland. Omtegnet fra Kannevorf & Wieland (2003).

I det kommercielle fiskeri er den mindste tilladte maskevidde i trawlen (44 mm strakt-maske) og trawlet tilbageholder kun større rejer i alder mindst 3-4 år. Det er først når rejerne skifter køn fra han til hun i 6-7 års-alderen, at den opnår en størrelse, som gør den rigtig interessant for fiskeriet. Der går altså mindst 6 år, fra en rejeårgang klækkes som larver, til den er så godt som fuldt rekrutteret til fiskeriet.

Fremskrivning af rejebestandsudviklingen for de næste 10 år er foretaget af NAFOs videnskabelige råd og under forudsætning af at torskebestanden forbliver på det lave 2003-niveau. Fem niveauer af årlig fangst på henholdsvis 110, 120, 130, 140 og 150 tusinde ton er undersøgt. Med en fangst på 130.000 ton pr. år er der mindre end 10 % risiko for at bestandsbiomassen kommer under et bæredygtigt niveau i løbet af de første 5 år. Fangster højere end 130.000 ton pr. år antages ikke at være bæredygtig i et længere tids perspektiv (Anon., 2003d; www.natur.dk).

Perspektiverne for rejefiskeriet i fremtiden

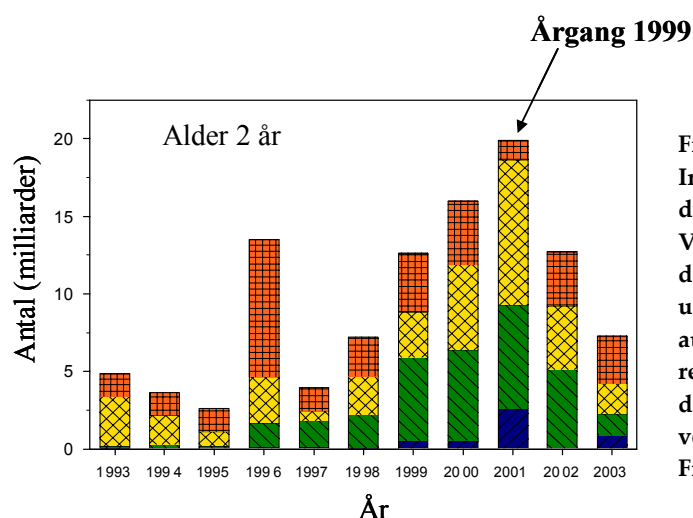
Udover viden om udviklingen i rejernes rovdyr (torskebestanden) er det en forudsætning for pålidelig fremskrivning af udviklingen i rejebestanden, at rekrutteringen til bestanden forbliver på et gennemsnitligt niveau. Der er en forholdsvis stærk positiv korrelation mellem indeks for antal rekrutter i alder 2 år og udviklingen i rejebestandens biomasse i årene fremover, dvs. biomassen af rejer med alder 4 år og ældre (Wieland, 2003). Den store årgang 1999 vil således øge sin rekruttering til rejefiskeriet i 2004, når denne årgangs rejer har en størrelse, som fanges i det kommercielle fiskeri. Derefter forventes årgang 1999 at blive en dominerende andel i de kommercielle fangster i flere år.

Som nævnt kan størrelsen af torskebestanden have stor indflydelse på størrelsen af rejebestanden. Hvis torskebestanden stiger hurtigt i forhold til det nuværende niveau, som det skete i slutningen af 1980'erne efter rekruttering af den store torskeårgang 1984 fra gydefelterne ved Island, kan torskens konsum af rejer nå en størrelse svarende til det nuværende fiskeri indenfor 3 til 4 år (Hvingel, 2003b).

I det grønlandske fiskerierhverv er det et stærkt ønske, at få viden om de fremtidige muligheder for rejefiskeri. Det er vigtigt for fiskerne at vide om der eksempelvis er 30.000 tons flere rejer at fiske fra det ene år til det næste, eller om der er tale om 10.000 tons færre rejer at fiske. Det koster mange penge at investere i rejefiskeri, og viden om fremtidsudsigterne er afgørende for beslutninger om investeringer i nye fartøjer m.v. Usikkerheden omkring rejefiskeriet ligger ikke så meget i bedømmelsen af den aktuelle bestand, men i hvilke svingninger bestanden vil være udsat for på længere sigt. Rejebestandens størrelse og hvor stor mængde rejer der kan fanges i årene fremover, er i høj grad betinget af, at der sker en vedvarende rekruttering til bestanden, dvs. at der er en vedvarende produktion, overlevelse og tilgang af reje yngel til bestanden. Som det fremgår af den foregående beskrivelse af det årlige videnskabelige forsøgsfiskeri, er der betydelige årlige variationer i rekrutteringen (årgangsstyrken). Således er årgang 1999 den hidtil største, som er observeret i Vestgrønland (se Fig. 35 og 36).

Vurdering af effekter på bestandene af henholdsvis klimavariationer og fiskeri er vigtig viden for den biologiske rådgivning. For blandt andet at få mere viden om de faktorer som bestemmer gode og mindre gode år for rejeproduktion i det vestgrønlandske havøkosystem, startede i 1999 det tidligere omtalte REKPRO projekt. Et vigtigt formål med dette projekt var, at opstille en model for rejens udbredelse og livscyklus i Vestgrønland for bl.a. at forstå klimaændringers betydning for ændringer i rejens livsforløb. De første forsøg med at koble biologiske modeller for rejernes vækst og vandring sammen med en model for

havstrømmenes bevægelser er givet i [14]. Målet med modelleringsarbejdet i årene fremover er, at opstille modeller for rejerne livscyklus, vækst og ontogenetiske udvikling under indvirkning af klima, havstrømme og fiskeri. Hvornår klimaet giver rejeynglen gode muligheder for at overleve skal eftervises ved, at der rent faktisk også fanges mange rejer de efterfølgende år. Modellerne skal også kunne fortælle, hvor man kan forvente at finde de voksne rejer, hvis klimaet ændrer på havstrømmene, og de skal kunne beskrive mulige effekter af eksempelvis forskellige fiskeriindsatser på udviklingen i rejebestanden. Et andet fremtidigt perspektiv er at koble modeller for klima og havstrømme omkring Island sammen med modellerne for Vestgrønland, for derved at følge og forudsige hvornår der med stor sandsynlighed vil dumpe eksempelvis torskeyngel ned og overleve ved Vestgrønland. Som tidligere beskevet har store årgange af torsk ved Vestgrønland sin oprindelse fra torskens gydepladser ved syd Island, og torskeynglen (æg og larver) førtes til Vestgrønland med havstrømmen.



Figur 36.
Indeks for antallet af rekrutterende dybvandsrejer ved alder 2 år i Vestgrønland beregnet fra trawlfangster i det årlige videnskabelige forsøgsfiskeri udført af Grønlands Naturinstitut, juli-august 1993-2003. Farverne viser antal rekrutter i del-områder. Årgang 1999 er den hidtil største observerede rejeårgang ved Vestgrønland.
Fra Wieland (2003).

De fiskeribiologiske undersøgelser i de grønlandske farvande har hidtil sat fokus på årlige variationer i bestandene af de enkelte arter. Der har manglet en samlet forståelse af dyrenes rolle og plads i økosystemet. Denne viden er nødvendig i analyser af, hvordan og hvorfor rov- og byttedyr relationer forandrer sig i økosystemet. Det er ligeledes vigtigt at vide hvordan variationer i klima og hydrodynamik påvirker arternes rumlige udbredelse og samspil. Der har i den biologiske rådgivning for udnyttelse af fiskebestandene hidtil kun i begrænset omfang været taget hensyn til økosystemforandringer og deres årsag. Det skyldes især manglende viden og forståelse af økosystemets struktur og funktion.

Fra et traditionelt fiskeribiologisk synspunkt er de årlige undersøgelser af udviklingen i den vestgrønlandske rejebestand og grundlaget for fiskerirådgivning ganske enestående i Nordatlanten. Det skyldes, at den baserer sig på et årligt rejesurvey udført siden 1988, og fangstlogbøger fra det kommercielle fiskeri indsamlet siden 1975 kort efter fiskeriets begyndelse. Det er i dag muligt at forudsige bestandsudvikling og fangstkvoter med forholdsvis stor sikkerhed 2-3 år frem i tiden (Kannevorff & Wieland, 2003b).

Bestandsudviklingen kan imidlertid ændres over få år, hvis der sker forandringer i klima, havstrømme og havtemperatur. I tilfælde af et varmere klima vil rejeproduktion og rejebestand muligvis øges yderligere, idet rejerne vækst sandsynligvis vil øges ved højere temperatur end de 2-5 °C størstedelen af bestanden vokser under i dag. En forudsætning for øget bestandsvækst er, at der er føde nok for rejerne. Det sidste vil muligvis ikke være noget

problem, da undersøgelser har vist, at et varmere klima giver øget produktion af både af planktoniske alger og dyr (Rysgaard et al., 1999; [8]). Om et varmere klima giver en større rejebestand vil imidlertid også afhænge af hvad der sker med de andre dyr i økosystemet, og især hvordan rejernes vigtigste rovdyr - torsken - vil reagere på et varmere klima. Hvis store årgange af torsk kommer til Vestgrønland, vil de som tidligere nævnt i løbet af få år kunne æde samme mængde rejer, som tages i fiskeriet i dag. Dertil kommer at andre boreale fiskearter som spiser rejer, f.eks. rød fisk, helleflynder og havkat sandsynligvis også vil få bedre vækstbetingelse i et varmere klima.

Ved Vestgrønland har mange års intensivt rejefiskeri sandsynligvis medvirket til "monokultur" af rejer ved bl.a. gennem bifangst af fisk, at reducere naturlig prædationsdødelighed og samtidigt øge fødetilgangen til rejerne ved udsnid af døde fisk. Det kan i nogen grad sammenlignes med, at man i f.eks. i Danmark afbrændte skovene for at få plads til marker med afgrøder, som man passer og plejer for at høste et stort udbytte af afgrøder i monokulturer.

Spørgsmålet er, om de grønlandske "reje-marker" er hensigtsmæssige fra et samfundsøkonomisk synspunkt på længere sigt. Svaret på dette spørgsmål er bl.a. betinget af klimaeffekter på fiskeriressourcerne og økonomiske beregninger. Hvis man forestiller sig, at klimaet bliver varmere og gunstigt for produktion og opvækst af torsk, så kan det være væsentligt at sammenligne priser på rejer og torsk. Hvis man lader torskene overleve, dvs. ikke bi-fanger dem som yngel i rejefiskeriet, så vil torskene sandsynligvis spise rejer, hvorved der bliver færre rejer at fiske, men til gengæld flere torsk.

Det er relevant at opstille en økologisk-fiskeri-økonomisk model, som bl.a. indeholder funktioner for faktorerne klima, rejeproduktion, torskeproduktion, fangst på rejer og torsk, og markedspriser på rejer og torsk (f. eks. [18], EwE, <http://www.ecopath.org>). Der kan være både miljømæssige og socio-økonomiske fordele for samfundet ved om muligt at søge og opretholde et økosystem domineret af fisk (torsk) frem for rejer. Det sidste fordi rejefiskeri er økonomisk dyrt i drift i form af store dyre trawlere med stort brændstofforbrug. Rejefiskeri giver forholdsvis mindre udkomme og arbejde til befolkningen på land, sammenlignet med torskefiskeri, som i højere grad kan udføres af kystbefolkningen ved miljømæssigt skånsomme fiskemetoder og fra små fartøjer med lille brændstofforbrug.

6.2 Biologisk rådgivning for tobisfiskeri i Nordsøen

Biologisk rådgivning for fiskeri på fiskebestandene i Nordsøen gives af det internationale havforskningsråd (ICES). For uddybende beskrivelse af principper og metoder i ICES rådgivningen henvises til Munch-Petersen (2003), og jeg vil kun give et kort resumé. Rådgivningen fra ICES bygger på forsigtighedsprincippet, hvilket betyder at målet for rådgivningen er at:

- Bestandene skal holdes inden for biologisk sikre grænser,
- Fiskerierne skal drives på et bæredygtigt grundlag.

Implementeringen af forsigtighedsprincippet i rådgivningen er baseret på to sæt referencepunkter, der er knyttet til *gydebiomassen* og *fiskeridødeligheden*.

Gydebiomassen er størrelsen af den kønsmodne bestand, og denne må ikke komme ned under en størrelse, hvor rekrutteringen, det vil sige den årlige tilgang af yngel, er negativt påvirket. Denne grænse benævnes B_{lim} . *Fiskeridødeligheden*, der er et mål for fiskeriets intensitet, må ikke vokse op over et niveau F_{lim} , som på mellemlangt sigt vil drive bestanden under den nedre

grænse. For at sikre, at disse grænsereferencepunkter ikke overskrides, er det dog nødvendigt at indlægge en form for forsigtighedszone. Størrelsen af forsigtighedszonen afhænger af usikkerheden på de oplysninger, man har om den pågældende bestand. Jo større usikkerhed, desto større skal forsigtighedszonen være. Grænseværdien til sikkerhedszonen benævnes B_{pa} , hvor pa står for "precautionary approach" eller forsigtighed. B_{pa} er defineret som den størrelse af gydebiomassen under hvilken, det er nødvendigt at reagere for at sikre, at den ikke reduceres yderligere ned under B_{lim} . Tilsvarende for fiskeridødeligheden – her betegner F_{pa} det niveau, som ikke må overskrides, hvis man vil undgå at bestanden falder under F_{lim} . En fiskebestand opfattes derfor som værende inden for biologisk sikre grænser, når gydebestanden er over B_{pa} , eller/og når fiskeridødeligheden er under F_{pa} .

Tobis og tobisfiskeri i Nordsøen

Det danske fiskeri i Nordsøen efter tobis til industrielfremstilling af fiskemel og olie startede i begyndelsen af 1950'erne og har siden udviklet sig til at blive et af dansk fiskeris største og økonomisk vigtigste fiskerier. Der er 5 arter af tobis i Nordsøen, men havtobisen *Ammodytes marinus* (i det følgende blot tobis) udgør langt den største andel af fangsterne (Popp-Madsen, 1994). Siden begyndelsen af 1970'erne har de årlige landinger af tobis i industrifiskeriet svinget mellem ½ og 1 mill. tons, og langt størstedelen af fangsterne tages af danske fiskere. Op mod 40 % af de samlede fiskefangster og 10-15 % af den totale fiskebiomasse i Nordsøen er tobis. Som planktonæder er tobisen en vigtig komponent i Nordsøens fødenet og i transporten af energi fra plankton til fisk, fugle og pattedyr på højere trofiske niveauer.

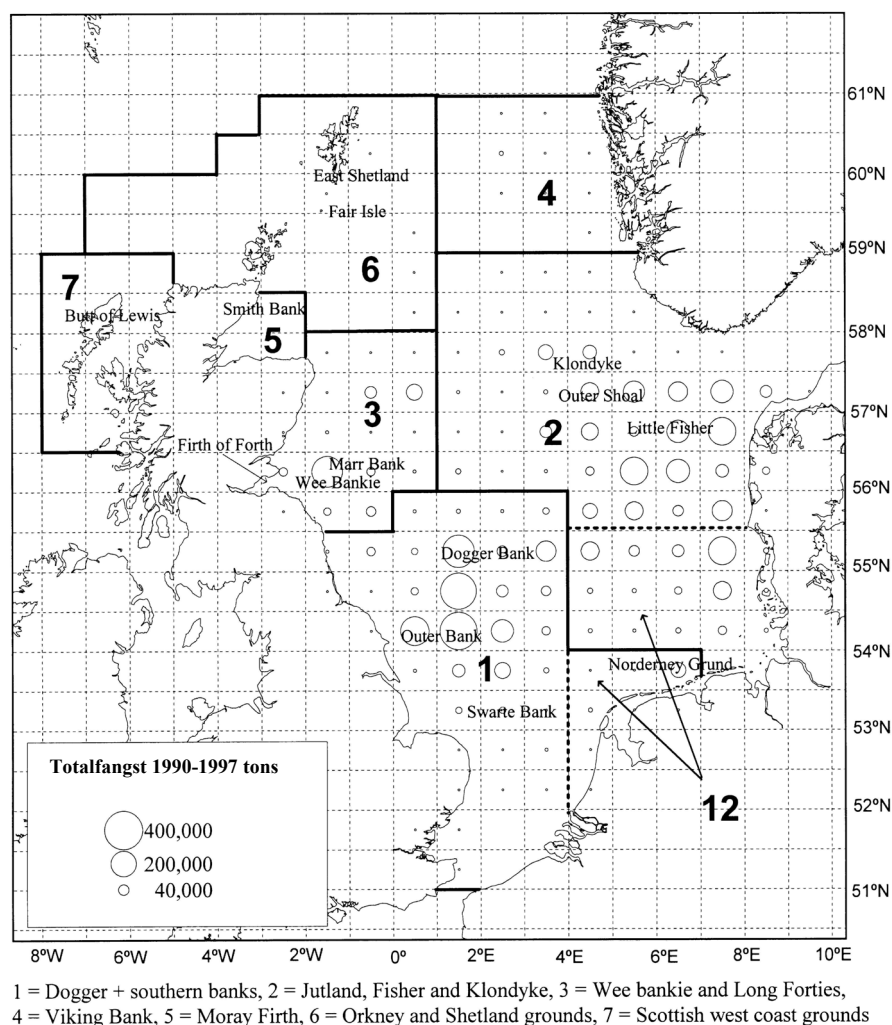
I løbet af 90'erne begyndte der et fiskeri ud for Firth of Forth ved den skotske østkyst. Fangsterne steg hurtigt, og i 1993 fangede man 109.000 tons, hvoraf 96.000 tons blev fanget i et område på ca. 55x55 km. Det var historisk høje fangster, og de blev taget fra af slutningen af maj til begyndelsen af juli. Dette var præcis den periode, fuglene er afhængige af tobis, og i 1993 så man den laveste ynglesucces nogensinde hos lomvie (*Uria aalge*), topskarv (*Phalacrocorax carbo*) og ride (*Rissa tridactyla*). Igennem 90'erne var der stigende bekymring for, om tobisfiskeriet fjernede fødegrundlaget for fisk, fugle og havpattedyr. Tobisfiskeriet blev nævnt som mulig årsag til ændringer i vækst og dødelighed for især kuller og laks, ovennævnte fugle og gråsæler (*Halichoerus grypus*). Der blev startede en bølge af angreb på tobisfiskeriet i pressen, og det kulminerede med en Greenpeaceaktion i 1996, der skulle forhindre tobisfiskeri i området. Det springende punkt var, om tobisfiskeriet ved at reducere tobisbestanden havde negative effekter på populationodynamikken for fisk, fugle og havpattedyr i området. Med baggrund i disse forhold deltog Danmarks Fiskeriundersøgelser i to EU finansierede forskningsprojekter i samarbejde med ornitologer og sælbiologer fra et skotsk universitet, fiskebiologer fra det Skotske Institut for Fiskeriundersøgelser og miljøbiologer fra et engelsk universitet ([7]; Wright et al., 1998a,b; Rindorf et al., 2000; Rindorf, 2001).

For at kunne vurdere betydningen af tobisfiskeriet var det nødvendigt at vide mere om tobisbestandens struktur og populationsdynamik, om fiskeriet og om direkte og indirekte effekter af fiskeriet på henholdsvis tobisbestand og miljø. Habitatundersøgelser, larve-survey og mulig larvedrift fra gydeområder indikerer at tobisen i Nordsøen består af flere separate delbestande, og at disse delbestande og effekter af fiskeriet på dem bør vurderes individuelt ([7]; Wright et al., 1998a,b; Proctor et al., 1998; Munk et al., 2001; Jensen et al., 2002).

De til grundliggende oplysninger for den biologiske rådgivning for tobisfiskeri i Nordsøen er logbogsoplysninger fra det kommercielle fiskeri og biologisk prøveindsamling fra tobislandingerne til bestemmelse af alder og størrelse på tobis. I [7] blev tobisbestanden i delområder af Nordsøen estimeret for perioden 1984-1997 ved brug af "virkelig"

populationsanalyse (VPA-SXSA), som tilbageberegner til bestandens "virkelige" størrelse udfra kendskab til fangstens størrelse og alderssammensætning, samt forskellige antagelser. Afgørende for sikkerheden i bestandsestimeringen ved VPA-metoden er god/sikker viden om totalfangst, fangbarhed af forskellige aldersgrupper, alderssammensætning, naturlig dødelighed og bestandens udbredelse/afgrænsning. Da der er mangelfuld viden om især fangbarhed af forskellige aldersgrupper, alderssammensætning og naturlig dødelighed, er der stor usikkerhed i bestandsestimering af tobis i Nordsøen. Grundet mangel på data fandt vi det kun meningsfyldt at lave analyser af tobisbestanden i delområde 1 og 2 (Fig. 37).

Resultaterne af analyserne i [7] viste regionale forskelle i fiskeriindsats, fangst pr. indsats og fiskeridødelighed, samt forskelle mellem delområde 1 og delområde 2 i tobisens størrelse ved alder – idet tobis i delområde 2 synes at vokse hurtigere. Der var store variationer i bl.a. størrelse ved alder både indenfor områder og mellem områder. Variationerne skyldes bl.a. forholdsvis få prøver til bestemmelse af alder og størrelse, usikkerhed i forbindelse med indsamlinger og allokeringer af prøver til områder, samt forskel i tobisens adfærd i og mellem områder. Det sidste fordi tobis om vinteren lever nedgravet i bundsedimentet og først kommer frem i marts-april for at søge bytte i vandsøjlen og derfor bliver fangbare for fiskeriet.



Figur 37. Forslået områdeinddeling til brug for biologisk vurdering af tobis og fordeling af totalfangst i det danske tobisfiskeri 1990-1997. Fra [7].

Tidspunktet for hvornår tobis bliver aktive i vandsøjlen efter vinterdvale i sedimentet afhænger sandsynligvis af temperatur, lys og fødetilgængelighed. Andre usikkerheder på bestandsestimaterne var antagelsen om en konstant naturlig dødelighed igennem året og over årene. VPA-metoden giver større usikkerhed, jo større den naturlige dødelighed er i forhold til fiskeridødeligheden, og for tobis er denne usikkerhed et problem, fordi den naturlige dødelighed er i samme størrelsesorden eller højere end fiskeridødeligheden (Lewy et al., 2004). Ved at koble en stokastisk VPA-model med en såkaldt autoregressiv bestand-rekrutteringsmodel fandt Lewy et al. (2004), at det var muligt at forudsige tobis-gydebiomassen med en variationskoefficient på 30 %. I modsætning til deres forventning fandt de desuden større usikkerhed på estimater for tobis-gydebestand beregnet på separate del-områder end ved tilsvarende beregning for hele Nordsøen. På den baggrund anbefaler Lewy et al. (2004), at tobisbestanden vurderes for hele Nordsøen og ikke for område-opdelte delbestande af tobis. Usikkerheden i bestandsvurderingerne af tobis i Nordsøen kan ifølge Lewy et al. (2004) bl.a. reduceres ved: 1) Videnskabelige surveys af tobisbestandens udbredelse for bl.a. at bestemme fangbarhed af forskellige aldersgrupper i det kommercielle fiskeri. 2) Udvikling af stokastiske flerartsmodeller. 3) Indsamling af flere prøver fra landingerne af tobis for derved at reducerer usikkerheden på alders- og størrelsesbestemmelser af tobis i fangsterne.

Rådgivning for tobisfiskeri i 2004

I ICES rådgivningen for tobis i Nordsøen er der ikke vedtaget generelle målsætninger for forvaltningen (Munch-Petersen, 2003). Tobis behandles i ICES som én bestand, og for i 2004 angiver ICES følgende biomassereferencepunkter: $B_{pa} = 600.000$ tons og $B_{lim} = 430.000$ tons. Med den nuværende fiskeridødelighed er bestandssituationen mere afhængig af den naturlige dødelighed end af fiskeridødeligheden. ICES finder det derfor ikke muligt at definere meningsfulde referencepunkter baseret på fiskeridødelighed (Munch-Petersen, 2003).

I perioden 1997 til 2002 var der generelt store landinger tobis (omkring 750.000 tons), som skyldes god rekruttering og en stor tobis bestand. Fiskeriet i 2003 var i modsætning til i 2002 usædvanlig ringe - mindre end 300.000 tons pga. af en usædvanlig lille årgang 2002 (Munch-Petersen, 2003). Ifølge Munch-Petersen (2003) vil det se sort ud for tobisfiskeriet i 2004, såfremt også årgang 2003 svigter, idet der så hverken vil være 1 eller 2-årige tobis at fiske på. Gydebestanden, som hovedsagelig udgøres af 2-årige, varierer som nævnt pga. den forholdsvis korte livscyklus meget fra år til år. Denne årgang bidrog både til fiskeriet i 2002 og som nævnt ovenfor også i 2003. Den ringe årgang 2002 betyder, at den forventede gydebiomasse i 2004 sandsynligvis vil komme langt under grænseværdien på 430.000 tons (B_{lim}).

Grundet den manglende viden om bl.a. 2003 årgangen anbefaler ICES, at fiskeriet i 2004 holdes på et lavere niveau end i 2003 og denne begrænsning skal være gældende indtil 2003 årgangen er blevet evalueret på grundlag af oplysninger fra fiskeriet.

ICES anbefaler ikke en kvote på tobis i 2004. Det skyldes, at fastsættelse af TAC bl.a. bygger på informationer om rekruttering i det kommende år. Men for tobis i Nordsøen er det normalt først muligt at få at tilstrækkelige oplysninger om den rekrutterende årgang til fiskeriet i selve forvaltningsåret. Det betyder i praksis, at prognosebaserede TAC'er ikke er egnet til forvaltning af tobisfiskeriet (Munch-Petersen, 2003).

ICES anbefaler, at det i en forvaltningsstrategi for tobisfiskeriet sikres, at bestanden forbliver stor nok til også at danne fødegrundlag for andre prædatorer, bl.a. flere arter af havfugle.

Sammenfattende kan det konkluderes, at der er stor usikkerhed i bestandsestimeringen af tobis i Nordsøen, og at denne usikkerhed skyldes spinkelt datagrundlag og mangelfuld viden om tobisens biologi (adfærd, bestandsudbredelse/afgrænsning og rekrutteringsforhold). Den biologiske rådgivning i ICES vurderer kun i meget begrænset omfang effekter af tobisfiskeri på økosystemet, herunder regionale effekter på bestande af fisk, fugle og sæler.

Perspektiverne for tobisfiskeri i fremtiden

For tobis i Nordsøen fandt Arnott & Ruxton (2002) en negativ sammenhæng mellem gydebestanden og antallet 1 årige rekrutter det følgende år, som tyder på tætheds-kontrolleret rekruttering. Arnott & Ruxton fandt desuden, at varme år korrelerede positivt med små årgangsstyrker af tobis, dvs. at et varmere klima synes at påvirke tobisbestanden i Nordsøen negativt.

En korrekt bestemmelse af naturlig dødelighed (prædationsdødelighed) er afgørende for sikkerheden i "virkelig" populationsanalyse (VPA) og andre mere avancerede populationsanalyse metoder (f.eks. Lewy et al., 2004). Ifølge Furness (2002) er der i Nordsøen tegn på, at mange års overfiskeri på tobisens prædatorer (torsk, kuller, hvilling (*Merlangius merlangius*), sild og makrel (*Scomber scomber*) har reduceret prædationsdødeligheden på tobis og derved frigjort eller mulig-gjort et stort tobisfiskeri. Over tid er der sket forandringer i struktur og funktion af Nordsøens havøkosystem (se f.eks. Fig. 32; Mackinson, 2001; Christensen, 1995). Selvom det fra flere sider påstås, at tobisfiskeriet fjerner fødegrundlaget fra fugle og sæler, er populationer af fugle og sæler øget i antal, samtidigt med at tobisfiskeriet er øget. En negativ korrelation mellem rekruttering og gydebestandsstørrelse hos tobis tyder ifølge Furness (2002) på, at der i dag er konkurrence mellem tobis ("bottom-up" kontrol) som følge af relativ lille prædationsdødelighed. Ved genopbygning af overfiskede bestande (tobis prædatorerne) er det sandsynligt, at disse bestandes øgede fødebehov vil øge prædationsdødeligheden og reducere tobisbestanden med negative effekter for fugle og sælers fødemuligheder.

Den svigtende rekruttering til tobisbestanden i 2002 og 2003, ønsker i det internationale og danske samfund om genopbygning af overfiskede fiskebestande, samt et forventeligt varmere klima, peger i retning af at tobisbestand og tobisfiskeriet vil reduceres i de kommende år. Som for fiskeri af rejer ved Vestgrønland vil rentabiliteten i tobisfiskeri og fiskeri på andre såkaldte industriarter, som er placeret på lavt trofisk niveau, bl.a. være betinget af udviklingen i priser på brændstof og priser på fiskeolie/-mel. Udfra en samfundsøkonomisk helhedsbetragtning kan det på sigt vise sig bedre, at satse på opbygning af konsumfisk på højere trofisk niveau frem for fiskeri på industriarter til produktion af fiskeolie/-mel. I øjeblikket er dansk fiskeri i gang med at undersøge, hvordan industrifiskearter kan anvendes til direkte menneske-konsum (Sandvad, 2004). En af vanskelighederne er, at lande industriarter i tilstrækkelig god kvalitet, så de kan anvendes til konsum. Det sidste betingelse bl.a. frysning af fiskene umiddelbart efter fangst. Der skal også udvikles fødevareprodukter, hvori industriarter indgår og opbygges et marked for de nye produkter. Måske kan man med hjælp fra reklameindustrien udvikle en fiskeburgerkæde à la Macdonalds burgerkæden – hvem ved? Fisk er sundt!

6.3 Generelle problemer og udfordringer i forvaltning af fiskeriressourcer

Der er store fejlkilder og problemer forbundet med forvaltning af fiskeriressourcer baseret på enkeltartsbetragtninger og fangstkvoter. Det skyldes bl.a., at de enkelte arter indgår i økosystemernes fødenet, og at fiskeriredskaber ikke er selektive, men fanger flere fiskearter samtidigt. De ikke selektive fiskeredsdskaber giver vanskeligheder både for fiskerne og for myndighederne, som forsøger at styre fiskeri ved fangstkvoter. Ofte bifanges store mængder

undermålsfisk, uønskede ikke-konsumegnet fisk eller fisk egnet til konsum, for hvilke kvoten er opbrugt. Størstedelen af disse fisk overlever ikke, selvom de smides ud igen (discard), og de går således både tabt for fiskerne, for samfundet og for myndighedernes fangststatistik. Ifølge Der er tendenser til, at mængden af udsmid øges jo mindre kvoterne bliver, fordi fiskerne i nogle tilfælde vælger at opgradere kvaliteten af de landede fangster ved under en fisketur løbende at erstatte fisk af dårlig kvalitet (lav værdi) med andre af bedre kvalitet (høj værdi) (Munch-Petersen, 2003)

Den traditionelle fiskeriforvaltning har på flere måder slået fejl, hvilket bl.a. kan konstateres ved overfiskede bestande med forandringer i havøkosystemerne til følge både i Nordatlanten og i andre områder af verden (f.eks. Pauly et al., 2002; Pauly & Maclean, 2003).

I en sammenfatning for effekter af fiskeri i danske farvande skriver Wilhjelmudvalget (2001): *De samlede påvirkninger fra fiskeriet er store og spredes til alle niveauer i det marine økosystem. Erhvervsfiskeriets største påvirkning af naturen i havet er fangst af målarter, påvirkning af haøbunden med bundslæbende redskaber samt udsmid og bifangster. På trods af den internationale rådgivning og forvaltning er væsentlige bestande i Nordsøen, Kattegat og Østersøen overfisket. I Nordsøen er alle de større bestande af rundfisk, fladfisk og sild tæt på eller uden for biologisk sikre grænser. I en række tilfælde er den videnskabelige rådgivning således ikke blevet fulgt, og de tilladte fangstmængder for visse arter sat højere end de videnskabelige anbefalinger. Det kan, hvis udviklingen fortsætter, føre til kollaps af en række fiskebestande. Generelt er der i de internationale fiskerikommisioner, som er ansvarlige for forvaltning af fiskerierne, en erkendelse af at bestandene er overudnyttede, og at det for en stor del af bestandene er nødvendigt at reducere indsatsen i fiskerierne. En generel reduktion i indsatsen vil ikke kun gavne målarterne, men give en generel reduktion i fiskeriets påvirkning af det marine økosystem.*

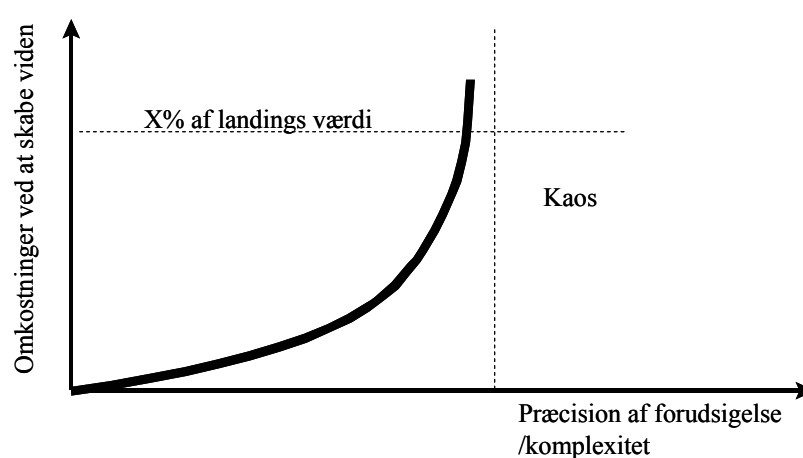
En af årsagerne til en fejlslåen fiskeriforvaltning er, at rådgivningen fra ICES (og NAFO) baserer sig på analyser af eksisterende data. ICES resumerer resultater af dataanalyser som operationel rådgivning ud fra nogle på forhånd satte forvaltningsmål og forvaltningsmetoder (f.eks. Munch-Petersen, 2003). Generelt kan man sige at de stillede opgaver til rådgivningen ofte har været for dårlige, og derfor genererer dårlige svar (personlig kommunikation med Poul Degnbol, formand for ACFM, rådgivningsorganet for fiskeri i ICES, og direktør i IFM). Ifølge P. Degnbol lyder typiske opgaver eller spørgsmål fra myndighederne til ICES som følger: "Giv en fangstprognose for næste år til brug for kvotefastsættelse" eller "Giv et råd om den fiskeriindsats, som kan være på bæredygtigt grundlag på langt sigt". Ifølge P. Degnbol kunne bedre stillede opgaver lyde således: "Giv et råd om fiskeriindsats som vil lede til bestandsgenopbygning over 30 år med en sandsynlighed på 50 %" eller "Hvor stor fangstkapacitet vil kunne fiske frit på bæredygtigt grundlag".

Med FAO's adfærdskodeks for ansvarligt fiskeri, er det erkendt at forvaltningen af fiskeressourcer i højere grad end tidligere må ske ud fra helhedsbetragtninger af både økosystemernes fysisk-biologiske muligheder og de socio-økonomiske forhold for de samfund som lever af fiskeri (f.eks. FAO, 2001, 2003). Det vil bl.a. sige en forvaltning der forholder sig til viden om udviklingen i økosystemernes struktur, artsdiversitet og funktion, som følge af ændringer i klima, fiskeri og fiskemetoder, samt de socio-økonomiske konsekvenser på kort og på lang sigt for samfundet.

I forbindelse med verdenskonferencen om bæredygtig udvikling i Johannesburg i Sydafrika i 2002 har EU (og Danmark) forpligtet sig til Johannesburgplanen (Anon., 2002; Regeringen, 2003b). Johannesburgplanen fremhæver bl.a., at der skal ske en betydelig reduktion i tabet af biodiversitet inden 2010, og der skal især gøres en indsats for beskyttelse af havets miljø og

fiskeressourcer. Således skal der inden 2015 gøres en indsats for at bevare og genopbygge fiskebestandene til et bæredygtigt niveau (se senere).

Den reduktionistiske tilgang til bestandsanalyse og forvaltningsspørgsmål er stadig dominerende i fiskeriforskningen (Degnbol, 2004). Forslag til løsning af fiskeriforvaltningsspørgsmål er typisk at øge præcisionen i bestandsanalyser og prognoser ved at tilføje yderligere detaljer på i forvejen komplekse og evt. stokastiske modeller som kræver stadigt flere data (se f. eks. Lewy et al., 2004). Af flere grunde er denne fremgangsmåde ubrugelig når det gælder forvaltning af økosystemer. Usikkerheden vokser med kompleksiteten af det system, man undersøger og forvalter, samt af kompleksiteten af det spørgsmål man søger besvaret. Der er absolutte grænser for hvilken præcision man kan opnå (Fig. 38).



Figur 38. Omkostnings versus kaos fælden. Præcisionen i forudsigelse er relateret til omkostningerne med at producere de nødvendige data, udvikling og implementering af analytiske og prognostiske modeller. Som følge af havøkosystemernes kaotiske natur er der absolutte grænser for den præcision, som kan opnås, selvom flere penge bruges til forskning. Hvis præcision i prognoser er målet for forvaltning af fiskeressourcer og ikke kun opnåelse af øget viden, må man vurdere hvad der er akseptable omkostninger (f.eks. X % af landings værdien) ved at producere prognoserne i forhold til fordelene for samfundet (Degnbol, 2003). Omtegnet fra Degnbol (2003).

Ifølge Wilson et al. (1994) skyldes den fejlslagne ressourceforvaltning bl.a. fiskeriøkosystemernes komplekse natur, og måske især populationernes ofte kaotiske adfærd, som giver meget lille præcision i de anvendte analytiske og prognostiske modeller. Wilson et al. (1994) argumenterer for decentralisering af ressourceforvaltningen, samt for større brug af kvalitative samfundsbetragtninger og metoder i fiskerirådgivningen. De marine økosystemer er definitivt meget komplekse. Derfor er det vigtigt at finde frem til metoder og modeller, som forenkler naturen, og samtidigt giver en tilnærmet logisk og tilstrækkelig beskrivelse af økosystemerne.

Degnbol (2003, 2004) argumenterer for større åbenhed i fiskeriforvaltningen, og for at forvaltningens mål i højere grad må udformes og implementeres i fælles ansvar, forståelse og samarbejde med brugerne af økosystemerne, dvs. erhvervsfiskere, akvakultur, lystfiskere, sejlere, ornitologer og andre interessenter. Ifølge Degnbol (2003, 2004) bør de nye modeller og forvaltningssystemer for økosystembaseret fiskeriforvaltning være karakteriseret ved stor

gennemskuelighed, og de skal ikke være præget af de nuværende høje (dyre) krav om præcision og forudsigelighed. Dvs. de skal være tilpasningsorienterede og indikatorbaserede snarere end proces-forståelses-baseret. De skal også være exploratorisk undersøgende, konsulerende, åbne og egnede til fælles sondering af muligheder. De skal være lærende og kunne optage og tilpasses det lærte. Det grundlæggende pres på systemerne må fjernes ved tilpasninger af flådekapacitet og fiskeriindsats til resourcegrundlag, samt til målsætningerne i Johannesburgplanen og FAO's adfærdskodeks for ansvarligt fiskeri.

Der er brug for, at naturvidenskaben udvikler udgifts-effektive indikatorer for effekter af udnyttelse og brug af økosystemerne (Degnbol, 2004). Dette udelukker ifølge Degnbol ikke detaljerede studier af fiskebestandes populationsdynamik eller forskning i økosystemers struktur og funktion. Tværtimod, fordi forskning danner basis for udvikling af indikatorer. Forskning skal danne basis for at forstå generelle principper, men forskning skal ikke være en forudsætning for forvaltning af hver eneste bestand og/eller økosystem (Degnbol, 2004). Der er imidlertid et grundlæggende og stadig behov for at kunne identificere forandringer i økosystemerne, hvad enten forandringerne skyldes fiskeri, klima eller har andre årsager – det vil jeg uddybe i kapitel 9.

7. Forvaltning af havøkosystemer

Fiskeribiologi og biologisk rådgivning er i høj grad økologiske discipliner. Jeg har i kapitel 6 beskrevet den fiskeribiologiske arbejdsmetode og grundlaget for biologisk rådgivning for udnyttelse af rejer ved Grønland og tobis i Nordsøen, samt generelle problemer i forvaltningen af fiskeriressourcerne. For at opnå større bæredygtighed i udnyttelsen af havressourcerne er der behov for større åbenhed og gennemsikuelighed i fiskeriforvaltningen, samt større anvendelse af kvalitative metoder.

I bogen "Ecology – Potentials and Limitations" konkluderer Fenchel (1987):

In a pure scientific context it is imperative to acknowledge, that the explanatory power of ecology is limited to explaining distribution patterns of organisms and how organisms affect their environment as functions of the properties of individual species. Beyond those limits, two complementary approaches, physiology and evolutionary biology, are necessary for a further understanding of organisms in nature.

Regarding applied aspects many ecologists have failed to understand, that while ecology and ecological principles are necessary, they alone are insufficient when dealing with relationship between human societies and nature. To understand this relationship, and certainly if it is to be changed, it is necessary to include cultural, social and economic sides. Many of the 'ecological views' are well justified regarding the environment in industrial as well as in non-industrial countries, and the conservation of species and ecosystems. While I am not a doomsday prophet, there are unfortunately reasons to be pessimistic in some respects. The largest threat (as regards the future of mankind as well as the future of what remains of natural environments) will in the long run prove to be human population growth. Under all circumstances, I am convinced that the potential of ecologists to influence future attitudes, and political decisions, will improve, if they to a larger extent acquire insight into social and economic aspects and accept these as realities.

Jordklodens miljø er belastet af befolkningsvækst og industrialisering. En række miljørelaterede problemer/forandringer vil blive mere påtrængende i de kommende år f.eks. mangel på rent og tilgængeligt drikkevand, nedbrydning af land- og havøkosystemer, øget jord erosion, tab af biodiversitet, forandringer i atmosfærens kemi, i fiskeriressourcerne og i klimaet. Mange økologer har et pessimistisk syn med hensyn til mulighederne for at løse disse forandringer, som f.eks. Fenchel (1987) og Steffen et al. (2004). Den kendte danske økonom Bjørn Lomborg har et optimistisk syn på fremtiden. Han indleder eksempelvis sin bog "Verdens sande tilstand" med følgende citat fra den amerikanske økonom Julian Simon (1932-1998) (Lomborg, 2003):

Dette er min korte forudsigelse for fremtiden:

De materielle levevilkår vil fortsat forbedres for de fleste mennesker, i de fleste lande, det meste af tiden, ud i al fremtid. Inden for et århundrede eller to vil alle nationer og det meste af menneskeheden være på eller over vores nuværende, vestlige levestandard. Jeg forudser dog også, at mange mennesker vil fortsætte med at tro og sige, at forholdene bliver stadig værre.

Uanset om man som forsker og samfundsborger har et pessimistisk eller optimistisk syn på mulighederne for at løse miljøproblemer i fremtiden, er det nødvendigt at have videnskabelig korrekt viden om problemerne og deres omfang. Det er vigtigt med offentlig tilgængelighed til viden om miljøproblemer og deres fremskrivning, da det i vid udstrækning er den frie debat og de politiske processer, som er bestemmende for, om der bliver gjort noget ved problemerne. Det er desuden relevant at have konkrete planer for, hvordan problemerne kan løses, reduceres til et acceptabelt niveau eller i alle tilfælde imødegås med bevistheden om

deres eksistens. Det er også nødvendigt at kunne måle forandringer (forbedringer/forværring) og korrigere indsatsen mod problemerne.

“Global International Water Assessment” (GIWA) er et projekt startet i 1999, som ledes og støttes økonomisk af FN (UNEP og GEF). I projektet er jordkloden inddelt i 66 regioner som vurderes hver for sig efter “GIWA-metoden” (Fig. 39). I 2003 sammenfattede jeg som projektleder en GIWA-rapport for henholdsvis Grønland (region 1, 15 og 16) og Færøerne (region 13) [22, 23]. GIWA-projektet var støttet økonomisk af den danske miljøstyrelse. For en detaljeret gennemgang af baggrund og metode for GIWA-projektet henviser jeg til GIWAs hjemmeside (www.giwa.net). Her vil jeg blot give en kort beskrivelse.

Med fokus på internationalt grænseoverskridende miljøproblemer søger GIWA en global vurdering af status i dag, og udvikling frem til år 2020, for 22 vand-relaterede miljøspørgsmål inden for fem overordnede emner (Tabel 2). Vurderingen omfatter såvel miljø som socio-økonomiske konsekvenser for samfundet. Dvs. er situationen for miljø og samfund status quo om 20 år, eller forventes situationen at forværres/forbedres. De enkelte miljøspørgsmål og problemet med disse vurderes efter et af GIWA fastlagt score kriterium og på en skala fra 0 til 3. For en nærmere beskrivelse af disse scorings kriterier henviser jeg til “Methodology stage 1: Scaling and Scoping Guidance”, som findes på GIWAs hjemmeside. En vigtig del af GIWA er, at give en analyse af årsagssammenhænge for de vigtigste miljøproblemer og en vurdering af politiske tiltag (mulige tiltag) til at løse eller reducere problemerne. Se “Methodology for Remaining Stages” på GIWAs hjemmeside.

Baggrunden for projektet er behovet for øget forståelse af de bagvedliggende årsagssammenhænge for miljøproblemer, såsom mangel på ferskvand, sammenbrud af fiskeriressourcer, utilstrækkelig politisk handlekraft, dårlig forvaltning af ressourcer og mangel på information. Vi lever i samfund som er sektoropdelt og ofte ineffektivt, og der er behov for mere holistisk og global tilgang og forståelse af problemernes årsagssammenhænge. Dels til brug i undervisning og uddannelse og dels til brug i den offentlige debat (GIWA). GIWAs metode er, at samle udvalgte eksperter i miljøspørgsmål for hver region til 1-2 møder, hvor miljøproblemer vurderes, og hvor eksperter mødes og diskuterer henholdsvis årsagssammenhænge og politiske tiltag til løsning af problemerne. Resultaterne sammenskrives i en rapport, redigeres og godkendes af såvel eksperter som ansvarlige myndigheder, og gennemgår til sidst et “peer review”, før det bliver offentliggjort af GIWA.

GIWA-metoden er efter min vurdering et eksempel på, hvad Wilson et al. (1994) og Degnbol (2003, 2004) mener med større anvendelse af kvalitative metoder i forvaltningen af naturressourcer og en økosystembaseret forvaltning. GIWA metoden er bl.a. karakteriseret ved gennemsikkelighed, åbenhed og ved at være lærende.

I det følgende vil jeg give et kort resumé af hovedresultaterne af henholdsvis GIWA Grønland og Færø-plateau rapporter [22, 23].

7.1 Grønland

I GIWA-Grønland rapporten vurderes ikke-bæredygtig udnyttelse af naturressourcer til at være et af de største problemer i både Vest- og Østgrønland [22]. Årsagen skyldes et samspil mellem mange faktorer, men en hovedkonklusion er, at der fanges flere fisk, fugle og havpattedyr end populationerne kan producere, hvorved populationsstørrelser af en række arter er reduceret i forhold til tidligere. Nedgangen i populationsstørrelser skyldes ikke kun



Figur 39. Jordklodens inddeling i GIWA områder. Vestgrønland er område 16, Østgrønland er område 15, Nordgrønland er område 1 og Færø plateau er område 13.

Tabel 2. Effekt (impact) af 22 miljøspørgsmål under 5 overordnede emner vurderes efter følgende 4 punkt skala: 0 = ingen effekt; 1 = lille effekt; 2 = moderat effekt; 3 = alvorlig effekt. Alle effekter vurderes at være negative (positive effekter angives med plus f.eks. +1).

Miljøspørgsmål til problemvurderingen	Overordnet emne
1. Ændringer af vandflow 2. Forurening af eksisterende kilder til vand 3. Ændringer i grundvandsspejl	I Ferskvandsmangel
4. Mikrobiologisk 5. Eutrofiering 6. Kemisk 7. Opslemmede partikler 8. Affald 9. Termisk 10. Radioaktiv stråling 11. Udledning	II Forurening
12. Tab af økosystemer 13. Forandringer i økosystemer (ecotones) herunder samfundsstruktur og/eller artssammensætning	III Habitat og samfunds ændringer
14. Overfiskeri og overudnyttelse af levende ressourcer 15. Bifangst og udsnid 16. Destruktiv fiskeri praksis 17. Reducerede levedmuligheder for bestande grundet forurening og sygdom 18. Effekter på biologisk og genetisk diversitet	IV Ikke bæredygtig udnyttelse af fiskeressourcer og andre levende ressourcer
19. Forandringer i vandcirkulationen 20. Forandringer i tidevandsniveauet/højden 21. Øget uv-b stråling grundet reduceret ozon 22. Forandringer i havets CO ₂ afgive/optage funktioner	V Globale forandringer

fiskeri og fangst, men også forandringer i habitater som følge af klimaforandringer, og dermed forandringer i arternes udbredelse og produktivitet.

Man kan forvente at populationer naturligt svinger i størrelse fordi klima og produktivitet svinger. I forvaltningen af ressourcerne er det vigtigt at reducere fiskeri og fangst i perioder med lille produktivitet i en population, da overfiskeri i værste fald udrydder populationen. Bifangst af fisk i det grønlandske rejefiskeri er en væsentlig årsag til nedgangen i populationsstørrelser af fisk.

Luftbåren international forurening med tungmetaller og svært nedbrydelige organiske stoffer (POP) er et andet betydeligt miljø- og samfundsproblem i Vest- og Østgrønland, fordi disse giftstoffer akkumuleres i havdyrene (Macdonald et al., 2003). Især er det et problem og en trussel mod den grønlandske inuit befolknings sundhed i Øst- og Nordvestgrønland, der for en stor del lever af fisk, havfugle og havpattedyr.

I det arktiske Nordgrønland er forandringer mod et varmere klima en trussel for den arktiske natur. Efterhånden som isudbredelsen reduceres, forårsaget af klimaopvarmning, reduceres overlevelsesmulighederne for arktiske arter, eksempelvis isbjørn. Andre arter som f.eks. hvalros vil formentlig få bedre levevilkår.

Årsager til overudnyttelsen af Grønlands marine ressourcer skyldes bl.a. mangel på alternative indtægtskilder for fiskere og fangere, uvidenhed om naturressourcers sårbarhed og et utilstrækkeligt forvaltningssystem. Størstedelen af det grønlandske fiskeri foregår ved Vestgrønland, hvor langt de fleste mennesker bor. For at forøge viden og indsigt i struktur og funktion i det vestgrønlandske havøkosystem til forbedring af forvaltning af de marine ressourcer har Grønlands Naturinstitut udarbejdet forskningsprogrammet "Økosystem Vestgrønland" (ECOGREEN). Projektets vision, er at etablere en videnskabelig basis for en langsigtet økosystembaseret forvaltning af Grønlands marine ressourcer (Jarre, 2002).

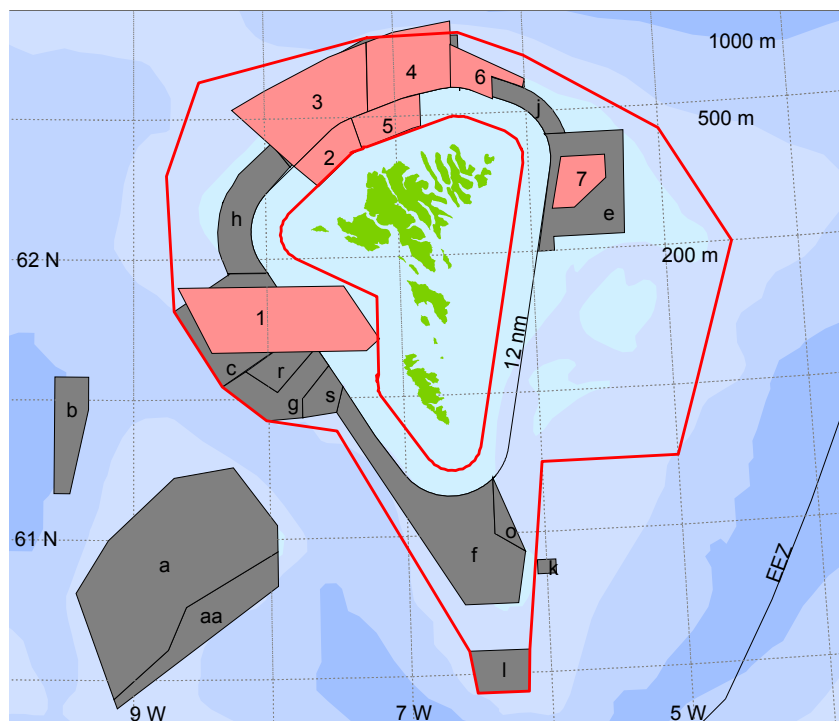
Konklusionen i [22] er at overudnyttelsen af de marine ressourcer hovedsageligt er et internt grønlandsk problem, som skal løses ved bl.a. at øget viden om naturressourcers sårbarhed og ved forbedring af forvaltningssystemer. Klimaforandringer og kemisk forurening er udefrakommende faktorer, dvs. internationale grænseoverskridende faktorer, som dels påvirker udbredelse og produktion i de levende ressourcer og dels har negative effekter på inuit befolkningens sundhed. Både klimaforandringer og kemisk forurening er forårsaget af den industrialiserede del af verden – Europa, Nordamerika og Asien, og det er derfor globale internationale problemer, som skal løses i internationalt samarbejde. For Grønland, er det vigtigt at gøre opmærksomt på disse problemer og bidrage til løsninger af problemerne. Det gør Grønland bl.a. ved at deltage aktivt i internationale organisationer såsom Arktisk Råd, AMAP, ICES, NAFO, NEAFC, JCCM, NAMMCO, IWC m.fl.

7.2 Færø-plateau

I GIWAs Færø-plateau rapport [23] vurderes kemisk forurening, overfiskeri og klimaforandringer som de største problemer. Høje koncentrationer af især kviksølv og POPer i grindehvaler har bevirket, at den færøske befolkning rådes til kun at spise begrænsede mængder hvalkød. Gravide kvinder og børn frarådes at spise kød fra hvaler. Der er desuden frygt for, at koncentrationen af dioxin i visse fisk kan blive for høj til konsum.

Overfiskeri er et problem, som skyldes utilstrækkelighed i forvaltningssystemet, kombineret med varierende produktivitet og udbredelse af fiskeressourcerne som følge af det varierende klima. Et nyt indsats-baseret forvaltningssystem i det færøske fiskeri fungerer bedre end et

tidligere anvendt kvotebaseret forvaltningssystem (Fig. 40). Modelsimuleringer med elementer fra det nye færøske fiskerireguleringssystem af lukkede områder tyder på at biomasserne af torsk, kuller og andre bundlevende fisk vil øges over en 10-årig periode (Zeller & Reinert, 2004).



Lukkede områder for trawling

Områder indenfor 12 sømil er lukket året rundt

Area	Period
a	1 jan- 31 des
aa	1 jun - 31 aug
b	20 jan- 1 mar
c	1 jan- 31 des
d	1 jan- 31 des
e	1 apr- 31 jan
f	1 jan- 31 des
g	1 jan- 31 des
h	1 jan- 31 des
i	1 jan- 31 des
j	1 jan- 31 des
k	1 jan- 31 des
l	1 jan- 31 des
m	1 feb- 1 jun
n	31 jan- 1 apr
o	1 jan- 31 des
p	1 jan- 31 des
r	1 jan- 31 des
s	1 jan- 31 des

Lukning af gydeområder

Area	Period
1	15 feb-31 mar
2	15 feb- 15 apr
3	1 feb- 1 apr
4	15 jan- 15 mai
5	15 feb- 15 apr
6	15 feb- 15 apr
7	15 jan- 1 apr

Figur 40.

Områder i den indsats-baserede fiskeriforvaltning på Færø-plateau. Regulering ved fiskedage gælder området indenfor den ydre tykke røde linie. Fiskefartøjer med indsatskvote (antal dage), som fisker udenfor denne linie kan tredoble antallet af dage i fiskeri. Langline-fartøjer >110 BRT må ikke fiske indenfor den inderste røde tykke linie. Hvis langline fartøjer skifter fra langline fiskeri til snelle-fiskeri kan de fordoble antallet af fiskedage. På Færø-banke med dybder på mindre end 200m (a,aa) reguleres uafhængigt af Færø-plateau. På Færø-banke er trawling ikke tilladt og langline-fiskeri reguleres ved individuelle dagskvoter (antal dage i fiskeri). Fra [23], figur af Jákup Reinert, Fiskirannsóknarstovan, Færøerne.

De nuværende områdereguleringer havde i modelsimuleringer ingen effekt på populationer af dybtvandsfisk som hellefisk og blåhvilling (*Micromesistius poutassou*). En lukning af mindst 20 % af området dybere end 200 m havde en positiv effekt på populationsstørrelsen af hellefisk men ingen effekt på blåhvilling. Modelsimuleringer viser desuden at en kraftig reduktion i fiskeriindsatsen gav øgede populationer af hellefisk og blåhvilling, og det understøtter antagelsen om at disse bestande er overfiskede (Zeller & Reinert, 2004). God produktivitet i de færøske torskebestande fra sidste halvdel af 1990'erne, er medvirkende til succesen for det nye reguleringssystem for fiskeriet på Færøerne. Der er således endnu ingen erfaringer med systemet fra perioder hvor hensyn til bæredygtighed i ressourcer nødvendiggør reduktion i antallet af havdage eller i antallet af fartøjer i fiskeri. På Færøerne er det visionen at udvikle et økosystembaseret fiskeriforvaltningssystem, hvor effekter af såvel klima og fiskeri, samt hensyn til miljøet kan indarbejdes i langsigtet forvaltningsplanlægning.

Konklusionen i [23] er at klimaforandringer og kemisk forurening er udefra kommende faktorer som påvirker udbredelse og produktion i de levende ressourcer og som har negative effekter på befolkningens traditionelle levevis og kultur. For Færøerne er det vigtigt at gøre opmærksomt på disse problemer og bidrage til løsninger af problemerne. Det gør Færøerne ved medlemskab og aktiv deltagelse i internationale organisationer som beskæftiger sig med ressource forvaltning (f.eks. ICES, NAFO, NEAFC, NAMMCO, Arktiskråd) og forurening (f.eks. AMAP og OSPAR).

Da fiskeriforvaltningen i de fleste andre lande stadig anvender et kvotesystem med forholdsvis ringe succes, er der international interesse om det nye færøske indsats-baseret forvaltningssystem. I Danmark undersøger man i øjeblikket om det er muligt at overføre det færøske forvaltningssystem ("Færømodellen") eller elementer fra det til fiskeriforvaltning i de danske farvande (Løkkegård et al., 2004).

7.3 Bæredygtig udnyttelse af havets levende ressourcer og sikring af miljø

Formålet med institutionerne Grønlands Naturinstitut, Færøernes Fiskeriundersøgelser og Danmarks Fiskeriundersøgelser er bl.a. at bidrage til tilvejebringelse af det videnskabelige grundlag for en bæredygtig udnyttelse af havets levende ressourcer, samt sikring af miljøet og den biologiske mangfoldighed (f.eks. Anon., 1994; Munch-Petersen, 2003; www.frs.fo).

Hvad forstås ved bæredygtig udnyttelse?

Den almindeligt accepterede definition af begrebet "bæredygtighed" er blevet udarbejdet af FNs kommission for miljø og udvikling – den såkaldte Brundtlandkommission. I rapporten "Vor Fælles Fremtid" også kaldet "Brundtland-rapporten" defineres bæredygtig udvikling, som en udvikling der "tilfredsstiller nutidens behov uden at fratage fremtidige generationer mulighed for at dække deres behov" (WCED, 1987; Agger, 1993; Rasmussen, 2002). Brundtland-rapportens målsætning for bæredygtig udvikling omfatter en række betingelser for systemerne som sætter rammerne for den bæredygtige udvikling (Rasmussen, 2002):

- et **politisk system**, som sikrer borgernes effektive medvirken i beslutningsprocessen,
- et **økonomisk system**, som er i stand til at skabe overskud og teknisk viden på en selvhjulpne måde og bæredygtig basis,
- et **socialt system**, som sikrer løsninger på de spændinger, som opstår som følge af uharmonisk udvikling,
- et **produktionssystem**, som respekterer forpligtelsen til at bevare det økologiske grundlag for udviklingen,
- et **teknologisk system**, som hele tiden søger efter nye løsninger,

- et **internationalt system**, som fremmer bæredygtige mønstre for handel og finansvæsen, og
- et **administrativt system**, som er fleksibelt og har evnen til at korrigere sig selv.

Følgende principper skal erfaringsmæssigt anvendes, for at et projekt kan blive bæredygtigt (Agger, 1993):

- De folk, der påvirkes negativt af en given udvikling, skal så vidt muligt have adgang til at deltage i beslutningsprocesserne på en meningsfuld måde.
- Uddannelse- og oplysningsprogrammer bør udgøre en integreret del af projektet.
- Alle omkostninger ved projektet skal med i budgettet også de sociale, de kulturelle og de miljømæssige.
- Beslutninger skal tages på et økologisk grundlag.
- Så vidt muligt skal der anvendes lokale materialer og lokal tilpasset teknologi.
- Miljøkonsekvens-vurderinger bør i princippet gennemføres for alle projekter, programmer og strategier.

Bæredygtig udvikling er ikke blot et spørgsmål om at tage hensyn til økologi og biodiversitet i snæver forstand. Lighed mellem forskellige befolkningsgrupper og generationer, kulturel diversitet, decentralisering og medbestemmelse er andre afgørende aspekter af konceptet for en bæredygtig udvikling.

Ifølge Agger (1993) kan man støde på mange fordrejninger og forenklinger af begrebet om bæredygtig udvikling. F.eks. at der først og fremmest skulle være tale om bæredygtighed i økonomisk forstand, altså rentabilitet i et markedsorienteret samfund. En anden variant er forvekslingen mellem bæredygtig udvikling og bæredygtig udnyttelse af en given ressource, f.eks. en fiskebestand. Opnåelse af vedvarende udbytte fra en fiskebestand er kun bæredygtig udvikling, hvis fiskeriets indvirkning på de øvrige dele af økosystemet og på samfundet er vurderet og fundet i overensstemmelse med bl.a. de ovennævnte principper. En anden fejlagtig opfattelse af bæredygtighedsbegrebet er opfattelsen af en statisk tilstand, hvor naturen "igen er kommet i balance". Findes der balancepunkter, er der i reglen ikke tale om ét, men mange punkter for et økologisk system. Og det er i det hele taget tvivlsomt, om der, i betragtning af den eksisterende grad af tilfældighed, i praksis kan forudses én bestemt tilstand – én balance – som naturen vil udvikle sig hen imod, hvis den blev overladt til sig selv (Agger, 1993). Ifølge Brundlandt-rapporten er bæredygtig udvikling ikke en bestemt harmonisk tilstand, men en forandringsproces, hvor ressourceudnyttelsen, investeringsmønstret, teknologi-udviklingens retning og institutionelle forandringer bringes i overensstemmelse med fremtidige såvel som nuværende behov.

Ifølge Rasmussen (2002) er kvaliteten i Brundlandt-rapporten bredden i den moralske opfattelse af begrebet bæredygtighed. Samtidigt skaber den problemer med hensyn til operationalisering, fordi den ikke anviser eller blot antyder en præcis målemetode. Hvad er målestokken for, om en given løsning bidrager til øget bæredygtighed? Den må fastlægges før man er i stand til at afgøre, om en given aktivitet fremmer eller hæmmer en bæredygtig udvikling. Kvantificering og operationalisering er vigtig, fordi sammenlignelighed og udviklingsvurdering forudsætter at man kan forholde sig til nogle rimeligt afgrænsede måleenheder. Udvikling af afgrænsede måleenheder for bæredygtighed er ifølge Rasmussen (2002), den eneste vej vi kan gå, mens den moralske oprustning af befolkningen med skabelsen af en bæredygtig bevidsthed undergår. De to sider skal udvikles sideløbende, og de kan ifølge Rasmussen (2002) populært sammenfattes i de fire M'er, som udvikling mod bæredygtighed må omfatte:

Måling af graden af bæredygtighed.

Målsætning for bæredygtighed.

Midler til at nå frem til bæredygtigheden.

Moral for at sikre den aktive deltagelse.

I Danmark har Wilhjelmudvalget udarbejdet rapporten: "**En rig natur i et rigt samfund**", som indeholder en række anbefalinger til at sikre Danmarks natur. Udvalget blev nedsat i sommeren 2000 og afleverede sin rapport til regeringen i august 2001. Udvalget, som har navn efter formanden, den tidligere industriminister Nils Wilhjelm, har lavet en beskrivelse af de væsentligste problemer for den danske natur og kommet med en lang række forslag til, hvordan vi fremover kan beskytte naturen og den biologiske mangfoldighed (Wilhjelmudvalget, 2001).

I rapporten "**Havets natur – mål og midler**" fra Wilhjelmudvalgets arbejdsgruppe for havet anbefales, at der fastlægges følgende **overordnede mål** for økosystemet i havet og dermed havets natur og biologiske mangfoldighed:

- Naturligt hjemmehørende arter af *planter og dyr* skal forekomme i sunde, selvreproducerende bestande, der er levedygtige på langt sigt, i deres naturlige udbredelsesområder.
- De *fysisk/kemiske* forhold skal understøtte opnåelsen af målene for den biologiske mangfoldighed i de marine *naturtyper*.
- Menneskelig *udnyttelse* af havets ressourcer skal være økologisk bæredygtig og tilrettelægges under hensyn til forsigtighedsprincippet.

Jeg vil ikke give en detaljeret gennemgang af hele rapporten "**Havets natur – mål og midler**", men jeg finder det formålstjenligt for forståelse af sammenhænge i resten af min sammenfatning at citere nogle uddrag fra rapporten, idet jeg mener, de bør være målet ikke blot for Danmark, men også for andre lande, dvs. i princippet globalt:

Forsigtighedsprincippet bør anvendes indenfor naturbeskyttelsen, forvaltningen og udnyttelsen af havets levende ressourcer med henblik på at beskytte ressourcerne og havmiljøet, idet der tages hensyn til den bedst tilgængelige videnskabelige viden (jf. f.eks. FAO's adfærdskodeks for ansvarligt fiskeri). Det indebærer, at manglen på fuldstændig videnskabelig information ikke bør anvendes som begrundelsen for at udsætte eller undlade en beskyttelsesindsats, hvis der er god grund til at formode, at beskyttelse er nødvendig.

Det er vitalt for samfundet, at bevare havets økologiske struktur og funktioner, herunder gode fysisk/kemiske forhold i et naturligt samspil med fødekædestrukturen i havet. Beskyttelsen skal således omfatte levestederne, artssammensætningen på levestederne, samspillet inden for de enkelte arter, samspillet mellem arterne og samspillet mellem de biologiske og de fysisk/kemiske forhold, bl.a. gennem at reducere de skadelige påvirkninger, som økosystemet i de danske havområder er udsat for.

Det er desuden vigtigt, at bevare genetisk mangfoldighed indenfor arter og bestande, da dette er arternes og bestandenes råstof til at tilpasse sig ændrede miljøforhold og dermed sikre den fortsatte evolution. Ved at sikre de enkelte arters muligheder for at tilpasse sig, sikrer man også, at økosystemerne og dermed den overordnede biologiske mangfoldighed, er i stand til at overleve og tilpasse sig forandringer, såvel på mere kort sigt, som i et længere evolutionært perspektiv.

Danmark har endvidere et særligt ansvar for at sikre den del af Jordens biodiversitet, som særligt findes i Danmark, herunder naturtyper og levesteder for arter af planter og dyr, som er danske ansvarsarter. Det vil sige de arter, hvor 20 % eller mere af den globale biogeografiske population forekommer i Danmark.

Ifølge Wilhjelmudvalgets arbejdsgruppe for havet afspejler de overordnede mål de målsætninger, som allerede er fastlagt med henblik på reduktion af påvirkninger af havet med bl.a. næringssalte og miljøfarlige stoffer, ligesom de bygger videre på den store indsats, som er gennemført eller er ved at blive igangsat f.eks. via implementeringen af EU-Vandrammedirektivet, Habitatdirektivet og Fuglebeskyttelsesdirektivet samt i de internationale havkonventioner. De overordnede mål bygger desuden på de målsætninger, der er sat for udviklingen af fiskeriet hen imod en bæredygtig udnyttelse af havets levende ressourcer.

Inden for rammerne af de overordnede mål formulerer arbejdsgruppen 7 delmålsætninger, der behandler emnerne:

- Vidensbaseret naturforvaltning.
- Fysisk beskyttelse af arter og levesteder.
- Udsætning af arter.
- Økologisk kvalitet.
- Udnyttelse af marine arter.
- Helhedssyn og økosystemtankegang.
- Sektoransvar.

Af disse vil jeg citere delmål og anbefalinger for emnerne "Fysisk beskyttelse af arter og levesteder" og "Udnyttelse af marine arter".

"Fysisk beskyttelse af arter og levesteder":

- Udbredelsen af biotoper/levesteder, som det er vigtigt at beskytte af hensyn til bevarelsen af den naturligt hjemmehørende biodiversitet, herunder danske ansvarsarter, deres levevilkår, genetiske variation og udbredelsesområder, sikres.
- Levesteder samt træk- og vandringsruter for arter, som i deres livscyklus er afhængig af danske havområder, sikres både med hensyn til omfang og kvalitet.
- Gunstig bevaringsstatus for arter og naturtyper opnås og fastholdes i alle de internationale naturbeskyttelsesområder.
- Opprioritering af naturgenopretningen af de biotoper, som er knyttet til stenrev, kystlaguner og lavvandede områder.

Sammenfatning af arbejdsgruppens anbefalinger til at opfylde delmålene:

- Habitatudpegningerne vurderes med henblik på justering af den geografiske udstrækning i overensstemmelse med en revurdering/udvikling af det biologiske grundlag for udpegningerne. Bevaringsstatus for naturtyper og arter søges forbedret, hvor den nuværende tilstand ikke er tilfredsstillende.
- Der gennemføres en vurdering af behovet for beskyttelse af de internationale naturbeskyttelsesområder mod effekten af fiskeri. I den forbindelse skal der skaffes bedre viden om effekterne af fiskeri på havbunden.
- Udpegnings af et antal større sammenhængende naturområder, hvor det sikres at naturen kan udvikle sig efter sin egen dynamik og som friholdes for fysiske, menneskelige påvirkninger.

Udpegningen skal ske efter en konkret vurdering af de enkelte områder, herunder en vurdering af den formodede effekt på økosystemet.

- *Behovet for naturgenopretning af en række marine naturtyper kortlægges med henblik på en opprioritering af indsatsen.*

"Fiskeri og anden udnyttelse af marine arter":

- *Udnyttelsen af alle marine arter skal være økologisk bæredygtig.*
- *Ingen fiskebestande udnyttes ud over biologisk sikre grænser.*
- *Mængden af uønsket bifangst reduceres mest muligt og mindst til et niveau, hvor ingen bestande af fisk, fugle og havpattedyr er væsentligt påvirket heraf.*

Sammenfatning af arbejdsgruppens anbefalinger til at opfylde delmålene:

- *Reformer af fiskeripolitikken, som prioriterer tilpasning af fiskerikapaciteten til ressourcegrundlaget, bæredygtige fiskerimetoder og bedre gennemførelse og kontrol med fiskerireguleringen.*
- *Strukturstøtten til fiskeriet skal udformes så den understøtter ændringer i retning af et økologisk bæredygtigt fiskeri, herunder de nødvendige reduktioner i fiskerikapaciteten.*
- *Fastlæggelse af referencemål, baseret på forsigtighedsprincippet, for flest mulige bestande som baggrund for styringen af fiskeriet. Økologiske referencemål for fiskeriet udvikles.*
- *Forbedringer af datagrundlaget for vurderingen af fiskeriet herunder udbygning af kendskabet til hvad der reelt fanges, i forhold til hvad der landes.*
- *Uønskede bifangster og udsmid af fisk begrænses mest muligt.*
- *Bifangster af havpattedyr og fugle begrænses mest muligt.*
- *Etablering af en miljømærkning for fisk, som kan indeholde kriterier for bæredygtigt fiskeri.*

Hvordan opnås succes i naturforvaltning?

Målsætninger for økologisk bæredygtig udnyttelse af fiskeriressourcer er beskrevet ovenfor. Måling af graden af bæredygtighed er imidlertid ofte et stort problem specielt i et stort land som Grønland. Det koster mange ressourcer (penge og personale), at måle og følge udviklingen i naturressourcer i Grønland såvel som andre steder. Oftest er der mangel på og/eller betydelige usikkerheder på data til vurderinger af bæredygtigheden i udnyttelsen af naturressourcerne. Helt afgørende for en succesfuld forvaltning er en indgående viden om naturressourcernes biologi, livscyklus og dynamik i økosystemet. Grundlaget for opbygningen af eksempelvis det ovenfor omtalte nye færøske fiskerireguleringssystem af lukkede områder og tidsmæssige regler for fiskeriindsats, er en indgående viden om fiskearternes biologi og livscyklus, samt viden om forskellige fiskemetoders effektivitet, selektion og effekter på fiskebestande og habitater i økosystemet. Et sådant system må løbende optimeres og modificeres som følge af ny viden, forandringer i miljø, naturressourcer, fiskeriteknologi m.v..

Af fundamental betydning for en succesfuld forvaltning er en forståelse af rumlige og tidsmæssige skalaer for biologiske og socio-økonomiske processer i økosystemer og samfund (Perry & Ommer, 2003). I eksempelvis fiskeriforvaltning i Grønland er det nødvendigt at forholde sig til klimaforandringers effekter på biologiske processer og fiskeriressourcer fra global- til regional/lokal-skala. Klimaopvarmning vil sandsynligvis generelt øge produktiviteten i de grønlandske havøkosystemer og forbedre produktionsvilkår for eksempelvis torsk, som historisk har haft stor socio-økonomisk betydning i Grønland (Hamilton et al., 2000; [22]). Succesfuld forvaltning af naturressourcer synes imidlertid at være mere bestemt af sociale og politiske forhold, end af naturvidenskabelig indsigt og forståelse, hvorfor et samarbejde og kontakt mellem naturvidenskab (f.eks. Grønlands

Naturinstitut), samfundsvidenskab (f.eks. Grønlands Hjemmestyre Administration), fiskere og fangere, samt befolkningen i sin helhed er en forudsætning for forvaltningssucces (Perry & Ommer, 2003; [22]).

For at et forvaltningssystem skal virke, må love om kvoter, fiskeriindsatser og regulerende tiltag overholdes, dvs. der skal være miljøansvar, forståelse, vilje og moral hos fiskere og fangere, men også i hos borgerne i samfundet som helhed. For nylig har WWF Verdensnaturfonden kritiseret Grønland for ikke at overholde og opfylde en række internationale aftaler og konventioner på naturområdet (Hjarsen, 2003). Det er klart, at hvis lande såvel som enkelt-individer ikke overholder de aftaler og forpligtelser, som indgås internationalt og nationalt, så vil positive effekter af tiltag i retning mod bæredygtighed udeblive. Helt afgørende er det, at kunne måle virkninger af indsatser mod en mere bæredygtig udnyttelse af, og omgang med, økosystemets biologiske ressourcer og værdier - det uddyber jeg i kapitel 9.

8. Biologisk mangfoldighed, genetisk variation og populationsregulering

Det var FN-konferencen om Miljø og udvikling i Rio i 1992, der for alvor satte fokus på behovet for at beskytte klodens biologiske mangfoldighed. Som et resultat af topmødet blev Biodiversitets-konventionen vedtaget (se www.biodiv.org). Johannesburg-topmødet konstaterede, at tabet af biodiversitet aldrig har været større og de internationale samfund enedes om at denne udvikling skal vendes inden 2010 (Regeringen, 2004). På den 7. Partskonference under Biodiversitetskonventionen, som fandt sted i februar 2004, vedtog man et arbejdsprogram, der sigter mod at etablere et sammenhængende globalt netværk af beskyttede områder på land i 2010 og i havet 2012 (Regeringen, 2004).

Biodiversitet

Biodiversitet er på dansk ofte beskrevet som biologisk mangfoldighed og refererer til mangfoldigheden på alle niveauer (for liv) i det biologiske hierarki (Larsen & Jensen, 2001; Jensen et al., 2001). Traditionelt behandles biodiversitet på 3 distinkte niveauer:

1. *Genetisk diversitet* (ofte beskrevet som genetisk variation indenfor en enkelt art: f.eks. populationer). Produktivitet og robusthed kan være knyttet til en populations genetiske sammensætning.
2. *Artsdiversitet* refererer til antallet af arter indenfor et specifikt afgrænset område. Både beskyttelse af de enkelte arter og deres mangfoldighed, samt den geografiske dimension opfattes som væsentlig for bevarelse af genpuljen og for overordnet at beskytte arterne mod udefrakommende påvirkninger f.eks. epidemier eller rovdyr.
3. *Økosystem diversitet* refererer til variationen af biotoper, habitater og til mangfoldigheden i økosystemer. Dette område er teoretisk meget komplekst, da det i modsætning til forskningen i arts- og genetisk diversitet forventes og forudsættes at være i konstant forandring.

Ifølge Jensen et al. (2001) understreger Tacconi (2000), at "på trods af mangel på viden om forskellige aspekter af biodiversitet, understreger økologer, at den væsentligste funktion af biodiversitet er opretholdelse af robusthed i økosystemer.....da disse funktioner understøtter både de funktionelle egenskaber i økosystemerne og gør dem mere robuste overfor udefrakommende ændringer. Økosystemer og deres specielle egenskaber opretholder liv på Jorden og bidrager til forbedringer af velfærd" (oversat fra engelsk).

Herudover påpeges oftest, at biodiversiteten skal beskyttes, fordi den indeholder et potentiale af helt eller delvis ukendte genpuljer, der kan få betydning for fremtiden. Oftest anføres muligheder for at medicinalindustrien kommercielt kan udnytte en stadig ukendt genpulje (f.eks. til nye kure mod kræft). Der er også en forventning om at man i fremtiden kan løse nogle af de sult og fattigdomsproblemer der ses i dag ved at øge udbyttet i det traditionelle landbrug i specielt u-landene gennem genmodificerede planter f.eks. med resistens overfor plantesygdomme/skadedyr eller større udbytte.

På jordkloden falder artsdiversiteten gradvist mod polerne. De arktiske havområder er kendetegnet ved, at fiskefaunaen består af forholdsvis få arter, hvoraf nogle til gengæld forekommer i meget stor mængde. Parallelt med reduktionen i artsdiversiteten fra troperne mod polerne er der en tendens til, at de enkelte arters udbredelsesområde og individantal øges. Arterne i de tempererede og arktiske økosystemer har udviklet større tolerance overfor variationer i miljøet sammenlignet med de mere specialiserede tropiske arter, som er sårbare over for selv små miljøændringer. Mange af verdens største fiskerier finder derfor sted i nordligt tempererede, dvs. boreale, og arktiske havområder: i Barentshavet, omkring Island

og ved Grønland. Fiskeriet foregår så vidt muligt selektivt på relativt få arter, som f.eks. torsk, sild, lodde, hellefisk og dybvandsrejer, som kan optræde i enorme mængder. Fiskeriet i tropiske havområder er generelt mindre, og fangsterne sammensat af langt flere arter.

Genetisk variation

Fiskearternes tilpasningsevne til miljøvariationer i nordlige egne skyldes genetisk variation indenfor arterne. Fiskepopulationerne udviser variationer både genetisk, i udbredelse og i livscyklus - velkendte eksempler på dette er sild, torsk og laks (Iles & Sinclair, 1982; Sinclair & Iles, 1988, 1989; Jørstad et al., 1994; McQuinn, 1997; Hauser et al., 2001; Nielsen et al., 2001; Hansen, 2003). Genetisk variation er af stor betydning for arternes produktivitet, udbredelse og robusthed i de varierende miljøbetingelser. I forvaltningen af fiskeressourcerne er det vigtigt at kende og bevare populationernes genetiske variation (Hansen, 2003). Små populationer (bestande, stammer) med specielle genetiske egenskaber er særligt sårbare, og de må have særlig beskyttelse mod f.eks. overfiskeri og forurening [16].

Jeg har tidligere omtalt "bestanden" som den centrale forvaltningsenhed (Kapitel 4). Begreberne "population" og "bestand" beskriver det samme, men i fiskeribiologien er "bestanden" en delvist isoleret og hovedsageligt selvrekruiterende del af en art i dens udbredelsesområde. Fiskebestande er oftest ikke genetisk isolerede enheder. I det følgende vil jeg med særlig reference til sild give en kort beskrivelse af biologisk mangfoldighed og genetisk variation i nordatlantiske fiskearter.

Nogle fiskearter har større differentiering i populationer (bestande, stammer) end andre, hvilket har at gøre med deres gydebiologi og tilpasningsevne til varierende miljøer (Fig. 41). Flere træk i f.eks. torskens biologi synes at favorisere stor geografisk spredning og genudveksling. De er gode svømmere og kan vandre over bestydelige afstande. Æg og larver som lever pelagisk kan føres langt fra gydepladsen. Torsk er desuden meget frugtbar, en stor hun gyder typisk 5 millioner æg. Til sammenligning gyder sild æggene på bunden og lever som stimefisk, derfor spreder silden antageligt ikke sine gener over så store afstande som torsken. Sild i Nordatlanten skulle derfor forventes at være mere genetisk differentieret end eksempelvis torsk. Det synes også at være tilfældet. Lokale bestande af sild har været kendt overalt i sildens udbredelsesområde, og disse lokale bestande har historisk været karakteriseret ved forskelle i fænotypiske og meristiske karakterer (f.eks. Cushing, 1981; Iles & Sinclair, 1982; Sinclair, 1988). I nyere tid er sild blevet undersøgt genetisk i dens udbredelsesområde vha. genetiske markører, dvs. vævsenzymmer og forskellige dna-markører (såkaldt genetisk fingeraftryk) (f.eks. Jørstad et al., 1994; Hauser et al., 2001). Resultaterne af disse undersøgelser viser, at sild i Nordatlanten er genetisk mere ensartede end tidligere antaget med grundlag i forskelle i fænotypiske og meristiske karakterer.

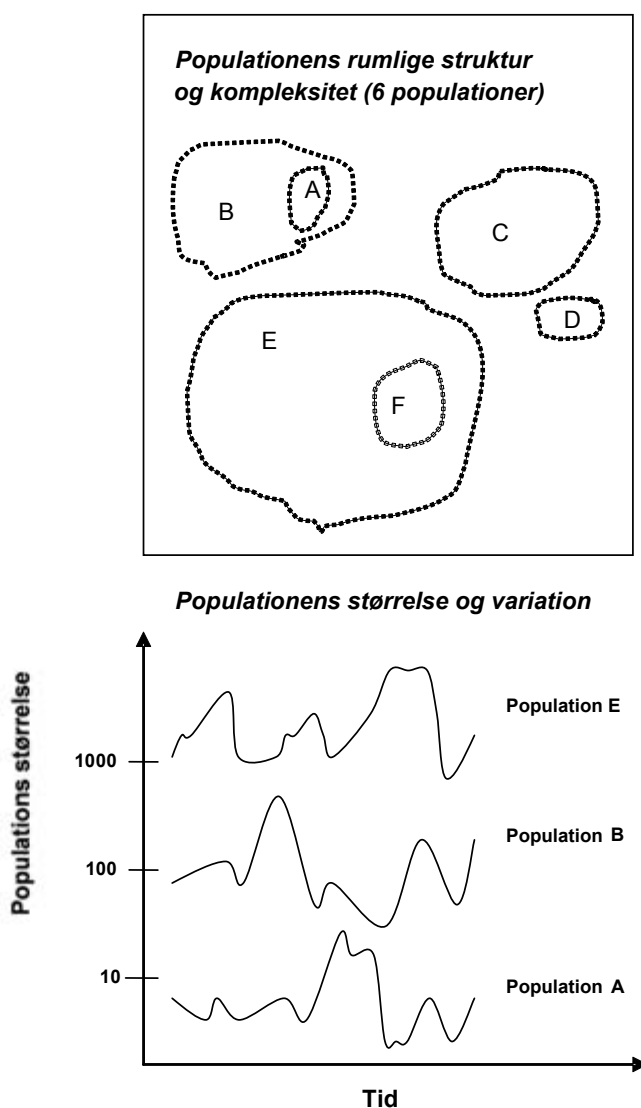
En lille lokal stamme af sild i Balsfjorden skiller sig imidlertid markant ud fra den atlantiskandiske sildestamme (norsk forårsgydende sild), som den blander sig med, ved at have færre ryghvirvler, vokse langsommere, gyde i tidevandszonen og være genetisk speciel ved en usædvanlig høj frekvens af et sjældent LDH locus og GPI-2 locus ([16]; Jørstad et al., 1994). Jeg var i 1985 initiativtager til en nærmere identifikation af Balsfjordsilden, som muligvis er en relik fra en tidligere spredning ind i Atlanterhavet af Stillehavssilden (*Clupea pallasii*) i forbindelse med den Pleistocene istid ([16]; Jørstad et al., 1994). Sildestammen i Balsfjorden synes at være en selvrekruiterende genetisk isoleret enhed. Det er lidt af et mysterium, hvordan Balsfjordsilden har undgået genudveksling med atlantiskandiske sild, som den blander sig med [16].

Populationsregulering

Viden om fisks populationsstruktur og populationsregulering er vigtig i vurdering af bæredygtighed i udnyttelse af fiskeriressourcer (McQuinn, 1997).

I "meta-population hypotesen" (= "medlem-vagabond hypotesen") opstår lokale sildepopulationer ved spredning fra eksisterende populationer (kolonisering) (Sinclair, 1988; Sinclair & Iles, 1989; McQuinn, 1997).

I McQuinn's "tillært-vandringsmønster hypotese", vil varigheden af diskrete og geografisk-adskilte populationer være bestemt af flere faktorer: 1) Energetiske processer (f.eks. modningstidspunkt og -hastighed). 2) Hydrografiske cirkulationsmønstre. 3) Overførsel af vandringsmønster og "homing"-adfærd fra ældre til yngre individer gennem social adfærd (f.eks. stimedannelse). Dvs. unge individer vil "indlærer" en bestemt livscyklus og et bestemt vandringsmønster i et lokalområde/region ved at svømme efter ældre individer. Til støtte for sin hypotese nævner McQuinn bl.a. at "norsk forårsgydende sild" (den atlanto-skandiske sildestamme), som ændrede sit vandringsmønster efter, at den var blevet overfisket til en meget lille bestandsstørrelse i slutningen af 1960'erne. Det forandrede vandringsmønster skyldes måske, at der ikke var tilstrækkeligt med ældre sild der kunne "vise vejen" (McQuinn, 1997).



Figur 41. Skematisk tegning af fire komponenter i populationsregulering: rumlig struktur, kompleksitet, størrelse og variation. Med rumlig struktur menes den geografiske udbredelse af selv-rekrutterende populationer af den samme art (bestande). Med kompleksitet menes antallet af diskrete selv-rekrutterende populationer indenfor den samme art. Den absolutte størrelse af selv-rekrutterende populationer er meget forskellig og varierer i tid grundet variationer i årgangsstyrker. Seks hypotetiske selv-rekrutterende populationer A-F er vist i figuren. Indlejring af små populationer (A og F) i udbredelsesområdet for store populationer (B og E) er almindeligt hos sild og torske. Omtegnet fra Sinclair & Iles (1988, 1989).

En væsentlig konsekvens af McQuinn's "tillært-vandringsmønster hypotese" er, at populationsdynamik, rekrutteringsprocesser og genetisk balance må undersøges og vurderes i hele populationens udbredelsesområde. Ved stor spredning fra centrale "moder-populationer" til lokale meta-populationer, kan der ikke forventes at være stærke korrelationer mellem lokal gydepopulation og lokal rekruttering. I fiskerier på en sammenblanding af mange lokale populationer, som ikke kan adskilles, så bliver forvaltningsenheden populationen i hele udbredelsesområdet. Ifølge McQuinn har "meta-population hypotesen" betydning for forvaltningen af mange andre arter med samme genetiske karaktertræk som sild.

Af arter ved Grønland, som sandsynligvis er udbredt efter metapopulation hypotesen, kan nævnes torsk, tobis og rejer (f.eks. Wieland & Hovgaard, 1992; [7, 10, 14]).

Efter torskebestandene ved Østcanada blev nedfisket, spekulerede Rose (1993) på om stimedannelse og vandring af ældre kønsmodne individer til og fra henholdsvis æde- og gydeområder, havde betydning for de yngre individers "indlæringer" af disse vandringsruter. Hvis McQuinn's "tillært-vandringsmønster hypotese" er gældende, vil et kraftigt overfiskeri af ældre individer kunne resultere i at lokale meta-populationer kan forsvinde, fordi deres vandringsruter "glemmes", dvs. der er ikke tilstrækkeligt med ældre individer til at "vise vejen" for rekrutterne.

9. Indikatorer for bæredygtighed og udvikling i havøkosystemer

Jeg beskrev i kapitel 6 generelle problemer i forvaltning af fiskeriressourcer ud fra enkeltartsbetragtninger og analytiske modeller, samt at der i de nationale og internationale forvaltningsorganer er visioner om i højere grad at give rådgivning for bæredygtig udnyttelse af havøkosystemer. I ICES er modelkompleksitet, datakrav til modeller, krav om kvantitative beskrivelser og krav om præcision i forudsigelser, nær en grænse, hvor omkostninger for rådgivning ikke længere står i et rimeligt forhold til værdien af fiskeriressourcer og rådgivning (Degnbol, 2003). Der er ofte mistillid i fiskerierhverv og samfund til den biologiske rådgivning - fiskere og "biologer" er ofte uenige om, hvorvidt der er mange eller få fisk, og forvaltningsmål om bæredygtighed er i mange tilfælde ikke nået. Der er i følge Degnbol brug for nye omkostningseffektive fremgangsmåder og metoder i fiskerirådgivning og forvaltning, som er mindre komplekse, mere kvalitative, umiddelbart forståelige og samtidigt accepteret af rådgivningsinstitutioner, fiskere og af de øvrige interessenter i havøkosystemerne, dvs. samfundet.

Indikatorer er en vidt udbredt og populær term, som efterhånden benyttes inden for forskellige samfundsområder og politiske felter, hvor der er brug for komprimeret og forståelig information (Christensen & Møller, 2001). Bedst kendt er anvendelsen af indikatorer for den økonomiske aktivitet i samfundet - f.eks. bruttonationalproduktet. Som eksempler på andre temaer, hvor der i dag anvendes indikatorer, kan nævnes områder såsom social velfærd, human sundhed, miljøområdet og som det sidst udviklede område bæredygtig udvikling. Bæredygtig udvikling kan betragtes som et tema, der stort set omfatter alle områder.

9.1 Indikatorer og økosystembaseret fiskeriforvaltning

Udvælgelse af indikatorer

Målestokken for om en given løsning bidrager til øget bæredygtighed må fastlægges, før man er i stand til at afgøre, om en given aktivitet fremmer eller hæmmer en bæredygtig udvikling (Rasmussen, 2002). Kvantificering og operationalisering er vigtig, fordi sammenlignelighed og udviklingsvurdering forudsætter, at man kan forholde sig til nogle rimeligt afgrænsede måleenheder.

Målestok og vidensbasis for økologisk bæredygtig fiskeriforvaltning bør ifølge Degnbol & Jarre (2004) i højere grad være indikatorer og kvalitative beskrivelser - i stedet for kvantitative, analytiske og procesbeskrivende modeller med høje datakrav. På grund af økosystemernes komplekse natur kan indikatorer og referencepunkter til brug i fiskeriforvaltning ikke baseres på fuld forståelse og måling af alle underliggende processer, men må bestå af hvad man kan kalde meta-indikatorer. En meta-indikator summerer resultater af komplekse underliggende processer hvis sammenhænge ikke er fuldt forstået (se f.eks. Bailey et al., 2003). På den anden side kan en god forståelse af struktur og funktion i økosystemerne være afgørende for valg af indikatorer og forvaltningsstrategier for menneskets interaktioner med økosystemerne. Eksempler på det sidste er forskning i biologiske processers betydning for den hastighed hvormed drivhuseffekten udvikler sig (Fig. 2), og forskning i operationalisering af modeller som sammenkobler klima, havstrømme og rekruttering af nøglearter/indikatorarter i økosystemet (se senere). Forskning i struktur og funktion i økosystemerne er ressourcekrævende, grundvidenskabelig i karakter og forbeholdt rige lande med lang forskningstradition. Med tanke på fiskeriforvaltning i områder med forholdsvis få data om ressource- og økosystemudvikling, har Degnbol & Jarre (2004) lavet et litteraturstudie og en efterfølgende prioritering af indikatorer til brug i fiskeriforvaltning på regional/lokal skala (Tabel 3). Degnbol & Jarre konkluderer, at det for ethvert

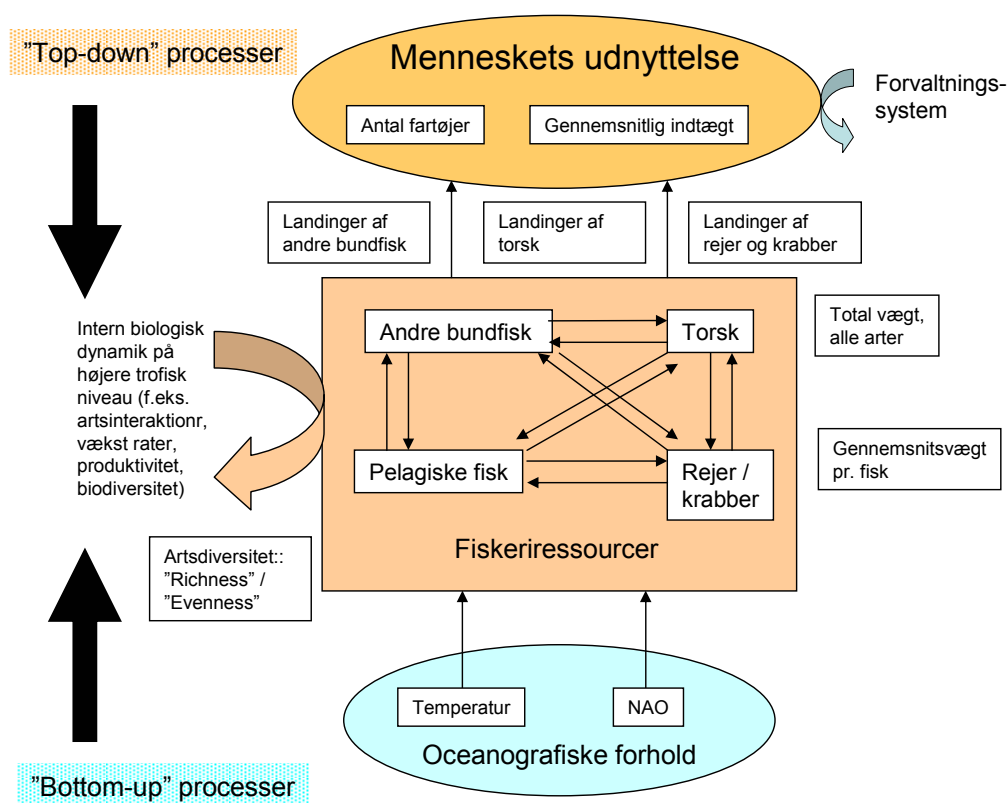
fiskeriøkosystem er nødvendigt at udvælge og evaluere indikatorer i forhold til deres anvendelighed, og i forhold til om de opfylder følgende kriterier: 1) Accepteret af interessenter. 2) De kan observeres. 3) De er brugbare i det etablerede forvaltningssystem.

Tabel 3. Top-prioriterede indikatorer til anvendelse i forvaltning af enkelt bestande, flerartsfiskerier, habitat og økosystem på henholdsvis regional og lokal skala i et område. Et område-eksempel kunne være Vestgrønland (regional skala) og omkring Nuuk (lokal skala). Indikatorerne er inddelt efter om de beskriver et fiskeritryk eller en tilstand, og de er derefter udvalgt efter en vurdering af hvor godt de opfylder 3 kriterier: 1) accept af interessenter (dvs. biologer, fiskere og samfundet som helhed), 2) observerbarhed (dvs. i forhold til omkostninger, troværdighed m.v.) og 3) brugbare til forvaltning (dvs. kan relateres til bestemte forvaltningsmål, reagere på forvaltningstiltag m.v.). Ved udvælgelsen er de 3 kriterier vægtet ens. Efter Degnbol & Jarre (2004).

Forvaltnings skala	Fiskeritryk eller Tilstand	Enkelt bestand	Flerartsfiskeri	Habitat	Økosystem
Regional skala	Fiskeritryk	- Antal fiskeri tilladelser - Totalfangst - Fiskeriindsats	- Fiskeriindsats - Totalfangst, bifangst/totalfangst forhold - Bifangst mængde	- Andel tabt habitat - Forhold fisket/ufisket eller beskyttet habitat	- Antal ikke målarter i fangst - Fiskeriindsats
	Tilstand	- Gennemsnitlig vægt i fangst - Maksimal størrelse over størrelsesfordeling - Fangst pr. fiskeriindsats	- Gennemsnitsstørrelse af alle indsamlede organismer - Artsdiversitet - Størrelsesfordeling i fangst	- Rumlig habitat sammenhæng - Udbredelse af bestemte habitater - Habitat diversitet - Andel truede arter	- Antal arter i kategorien "truet" - Vægt og antal af rovdyr afhængige af bestemt bytte - Tilstedeværelse af indikatorarter dvs. særligt interessante eller følsomme arter - Vægt og antal alternativt bytte for rovdyr
Lokal skala	Fiskeritryk	- Antal fiskeri tilladelser - Alder eller størrelse ved første fangst - Lokal konsum af fisk - Fiskeriindsats	- Fiskeriindsats	- Andel tabt habitat	- Antal ikke målarter i fangst - Fiskeriindsats
	Tilstand	- Fangst pr. fiskeriindsats - Gennemsnitlig vægt i fangst - Maksimal størrelse over størrelsesfordeling	- Artsdiversitet i fangst - Gennemsnitsstørrelse af alle indsamlede organismer	- Rumlig habitat sammenhæng	- Antal arter i kategorien "truet" - Vægt og antal af rovdyr afhængige af bestemt bytte - Tilstedeværelse af indikatorarter dvs. særligt interessante eller følsomme arter - Vægt og antal alternativt bytte for rovdyr

Tidsserier, indikatorer og økosystemudvikling

For et havområde ud for det nordøstlige USA har Link et al. (2002) analyseret en række tidsserier og empiriske indikatorer for økosystemudvikling i perioden fra 1963 til 2000 (Fig. 42). Formålet var, at vurdere økosystemstatus, øge forståelsen af relationer mellem nøgle-økosystemprocesser og evaluere referencepunkter til brug i økosystembaseret fiskeriforvaltning. Link et al. brugte standard multivariat statistiske metoder til at beskrive forandringer i systemet over tid, og de fandt, at det var muligt at vurdere et økosystems status ud fra et sæt af reference-indikatorer. Der var indikationer for at fiskesamfundet gennem 1980'erne og 1990'erne blev overfisket af fiskeflåder, som effektivt kunne omstille sig til fiskeri på nye fangbare arter. Dvs. når en art var nedfisket, skiftede fiskeriet til andre mere udbyttegivende arter. Fiskeri, målt ved landinger, profit eller totalt antal fartøjer, var de primære faktorer til forandringer i fiskesamfundet. Ifølge Link et al. vil abiotiske og interne biologiske processer sandsynligvis blive mere udslagsgivende faktorer for udviklingen i fiskesamfundet, fordi fiskeriregulerende forvaltningstiltag er blevet indført bl.a. lukning af områder på Georges Bank (www.mpa.gov) og ændringer i maskevidde for fiskeredskeer. For "data-rige" områder som det nordøstlige USA, anbefaler Link et al. at der udvikles mekanistiske eller analytiske modeller, som beskriver nøgle-økosystemprocesser, fordi sådanne modeller er vigtige for at forstå underliggende styrende processer i systemet.



Figur 42. Skematisk model af dominerende processer i et fiskeriøkosystem i Nordatlanten, f.eks. ved Vestgrønland. Mål (metrik) anvendt til karakteristisk af udvikling og status i fiskeriressourcer ved bl.a. det østlige USA og Grønland er angivet i hvide bokse. Omtegnet og modificeret efter Fig. 1 i Link et al. (2002).

Empiriske og statistiske metoder kan kun give reference-status for et fiskeriøkosystem og være retningsgivende for udviklingen i økosystemet, men det kan i forvaltningssammenhæng også være tilstrækkeligt. Hvis fiskeriforvaltere, fiskere og andre interessenter kan blive mere informerede om økosystemets generelle status og udvikling i et mere holistisk perspektiv, vil det være et godt udgangspunkt for at vælge langsigtede forvaltningstiltag mod økosystem-genopretning og større bæredygtighed (Link et al., 2002).

9.2 Rejer som indikator for udvikling i havøkosystemer

En metode til at følge og beskrive udvikling i havøkosystemer er at identificere og følge udvikling og udbredelse af nøgle-arter eller indikator-arter, dvs. arter som er indikatorer for bestemte og kendte situationer i økosystemet. Uden at gå i detaljer med hvad der karakteriserer gode indikator-arter vil jeg blot nævne ålegræs (*Zostera marina*) som et eksempel på en indikator-art som repræsenterer og karakteriserer en god økologisk tilstand i danske farvande (Ærtebjerg et al., 2003; Dahl et al., 2004; Krause-Jensen, 2004). Dvs. øges udbredelsen af ålegræs, er det sandsynligt at vandkvaliteten og områder med god økologisk tilstand øges.

Atlantisk torsk (*Gadus morhua*) kan siges at være indikator-art for de nordatlantiske havøkosystemer med vandtemperaturer mellem 2° og 10°C (torsken gyder hovedsageligt ved temperaturer mellem 4° og 6°C). Bortset fra nogle meget små lokale torskepopulationer i de vestgrønlandske fjorde er torsken stort set forsvundet fra Grønland pga. af et for koldt havklima. Rejer er der derimod masser af (Kapitel 6, Fig. 33 og 34).

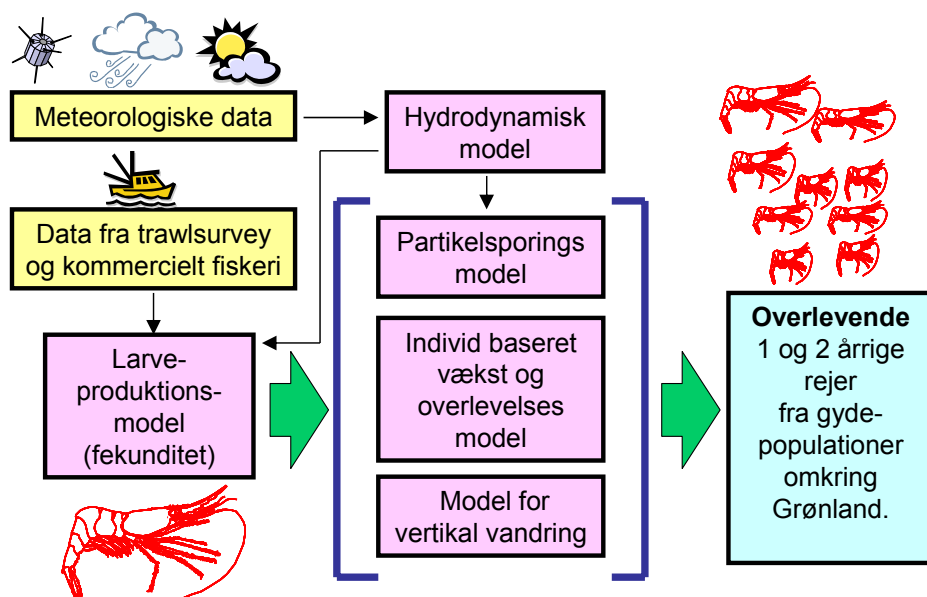
Ifølge Anderson (2000) er rejer indikatorer for et forholdsvis koldt regime i nordligt boreale havøkosystemer. Klimaændringer har en umiddelbar effekt på dynamikken i de lavere trofiske niveauer, og disse ændringer vil forholdsvis hurtigt vise sig i ændringer i rejepopulationer (Anderson, 2000). Dvs. dynamikken i rejepopulationerne er en summering af resultater af mange komplekse, underliggende processer i havøkosystemet. I Nordvestatlanten, dvs. ved Grønland og den canadiske østkyst, er dybvandsrejer i disse år en af de vigtigste indikatorer for havøkosystemernes tilstand og funktion. Dertil kommer at handelsprisen på dybvandsrejer på verdensmarkedet er en af de vigtigste indikatorer for udviklingen i den grønlandske økonomi. Der er derfor gode grunde til at forske i effekter af klimaændringer på dybvandsrejsens udbredelse og populationsdynamik ved Grønland. I det følgende vil jeg beskrive et visionært forslag til udvikling af en operationel model til brug i analyse af udbredelse, vækst og rekruttering af dybvandsrejer under klimaforandring. Dvs. udvikling og etablering af en operationel rejeproduktionsmodel som kan prognosticere størrelsen af rejepopulationer ved Grønland i 2010, 2020, 2050, 2100 osv.

Resultaterne fra klima-modellerne forudsiger, at de arktiske og sub-arktiske (nordligt boreale) regioner på jordkloden i løbet af de næste 100 år vil opleve en tidligere og mere intens opvarmning af atmosfæren end andre regioner. I isdækkede havområder vil konsekvensen af denne opvarmning være reduktioner i isdække (i område og i tid), en opvarmning af de øvre vandlag og forandringer i den biologiske produktionscyklus. Et sammenlignende studie af rejelarveudvikling, udbredelse og overlevelse under forskellige miljøbetingelser i dybvandsrejsens nuværende udbredelsesområde i Nordatlanten, dvs. på forskellige geografiske breddegrader, vil give vigtige og nødvendige fysisk-biologiske informationer til brug i udvikling af en livcyklusmodel for dybvandsrejer.

En livcyklusmodel beskriver en populations liv fra fødsel til død under indvirkning af såvel abiotiske som biotiske faktorer i dens miljø. Abiotiske faktorer dvs. klima (atmosfæretryk, vind), havstrømme, lys, temperatur, vandkemi m.m. og biotiske faktorer, dvs. fødetæthed, rovdyr-tæthed, fiskeri m.m., vil indgå i den foreslåede operationelle rejeproduktionsmodel og

påvirke rejerens vækst og udbredelse i tid og rum. Koblinger af fysisk-biologiske modeller i en operationel rejeproduktionsmodel vil gøre det muligt, at forudsige sandsynlige kort- og langtidseffekter på regionale og lokale rejepopulationer af forventede forandringer i klimaet. Sådanne forudsigelser vil være værdifulde i fiskeindustriens og samfundets planlægning og tilpasning til klimaforandringer.

Grundlaget for opstilling af en operationel rejeproduktionsmodel for Vestgrønland er beskrevet i [10-15, 20], Fu et al. (2001), Hvingel (2003b), Wieland (2004) og en skematisk skitse for modellen er vist i Fig. 43.



Figur 43. Skitse af strukturen i en koblet fysisk-biologisk operationel rejerekutteringsmodel ved Vestgrønland. Modellen (lilla farvede kasser) skal bruges til at lave prognoser for forandringer i rejepopulationers størrelse, vækst og udbredelse som følge af forandringer i klima, havmiljø, rovdyr og fiskeri. Gule kasser angiver datagrundlag for modellen. Lyseblå kasse er indeks for overlevende 1 og 2 årige rejer fanget i årlige trawlsurveys og kommercielt fiskeri (med indsat små-masket pose), som er sammenlignelige med modellens beregningsresultater for udbredelse og mængder af overlevende rejepopulationer. De grønne pile angiver fysisk-biologiske processer, som så vidt muligt må forstås og beskrives ved koblede fysisk-biologiske modeller.

Til brug for udviklingen af en operationel rejeproduktionsmodel, er det nødvendigt med detaljerede undersøgelser af:

- 1) Klimaets og hydrodynamikkens effekter i tid og rum på:
 - isudbredelse, temperatur, overflade-lagdeling, fronter, vandmassers udbredelse og opblanding;
 - koblinger mellem de oceanografiske forhold (isdække) og udbredelsen af rejelarver under og efter ægklækning om foråret;
 - koblinger mellem forårsopblomstring af phytoplankton og rejelarveudbredelse/overlevelse.
 - koblinger mellem zooplanktonproduktion og rejelarveudbredelse/overlevelse;
- 2) Vertikaludbredelse (vandring) af forskellige rejelarvestadier og effekter af:

- temperaturen på rejelarvers vækst/overlevelse i hvert zoea-stadie;
 - trofiske relationer, dvs. hvad lever rejelarverne af og hvad er fødeværdien af forskellige fødeemner;
 - strukturen af zooplanktonsamfundet og identifikation af nøgle-arter (bytte-/rovdyr) i rejelarvernes miljø.
- 3) Søgning mod bunden - hvad bestemmer hvornår rejelarver søger mod havbunden og metamorfoserer til juvenile rejer:
- bestemmelse og sammenligning af vækst (stadie-størrelse) og udvikling (stadie morfologi) i forskellige miljøer.

Arbejdet med udvikling af en operationel rejeproduktionsmodel må ske i internationalt samarbejde i bl.a. den ny-etablerede arbejdsgruppe i ICES, som beskæftiger sig med modellering af fysisk-biologiske interaktioner ([20]; Anon., 2004a,b). Udvikling af en operationel rejeproduktionsmodel er en proces, hvor modellen løbende vil forbedres som følge af ny viden, indsigt og forbedrede matematiske beskrivelser af fysisk-biologiske processer. Udvikling af modellen vil nødvendiggøre et tæt samarbejde mellem eksperter indenfor flere fagdiscipliner - meteorologer, oceanografer, miljøbiologer, fiskeribiologer, matematikere, teknikere m.fl.. Såvel den færdige funktionsdygtige model som processen i dens udvikling vil i høj grad bidrage til øget forståelse af de grønlandske havøkosystemers struktur og funktionen under klimaforandringer. Verificering af modellens beregninger af gode og dårlige rejeårgange kan bl.a. ske ved sammenligning med udbredelse og årgangsstyrker af observerede 1 og 2 årige rejer i årlige vestgrønlandske trawlsurveys og fangster af rejer i kommercielt fiskeri [10, 14]. Grundelementer i en operationel rejeproduktionsmodel vil kunne bruges i udvikling af produktions-/livscyklus modeller for andre nøgle-arter i havøkosystemet f.eks. *Calanus* spp., torsk, hellefisk og tobis.

10. Perspektiver for økosystembaseret tilgang til forvaltning af havressourcer

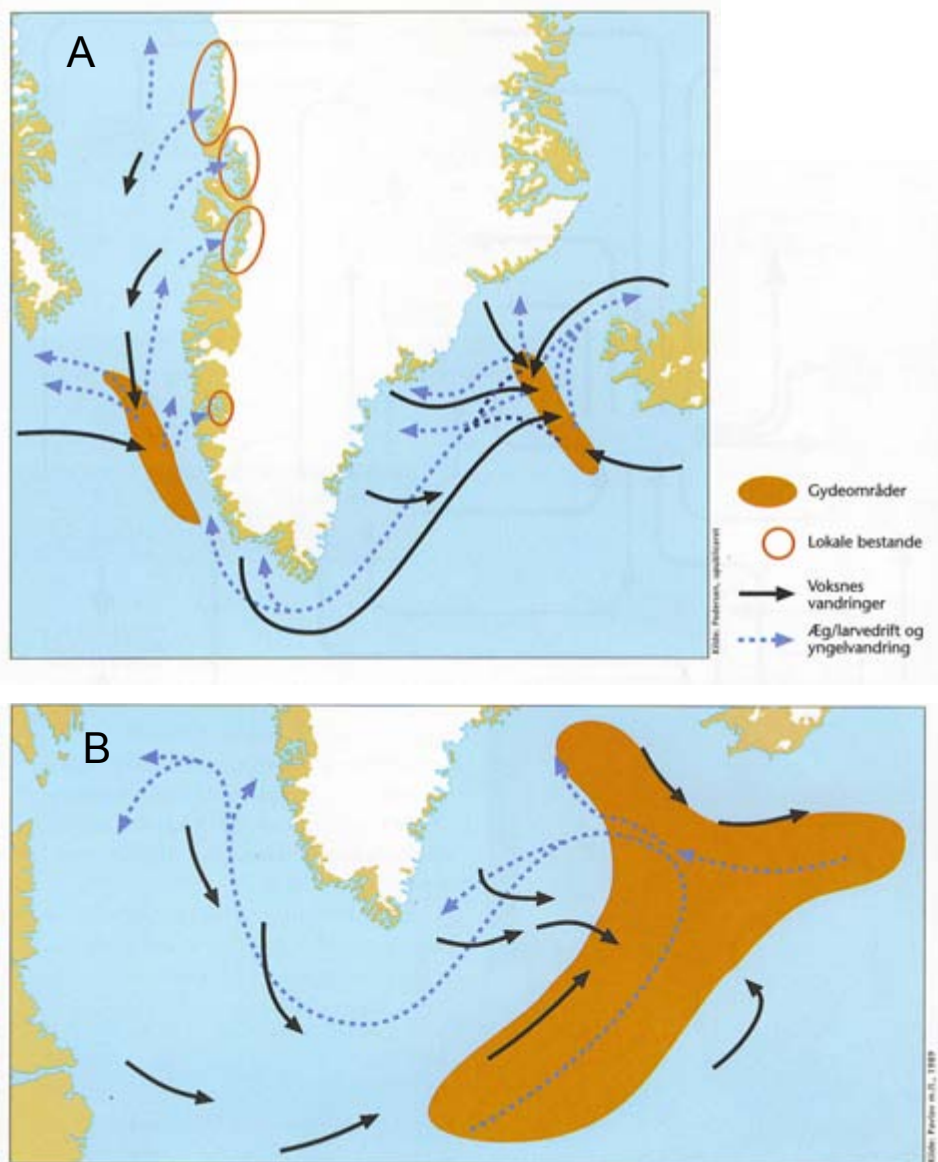
Overfiskeri er et presserende økologisk problem med negative effekter på naturressourcer og miljø. Overfiskeri har store socio-økonomiske omkostninger for især de mindre lokal-samfund, som er afhængige af et udkomme ved fiskeri på lokale ressourcer. Moderne højteknologiske fiskefartøjer fisker i dag i stort set alle havområder og dybder. Områder, som tidligere gav naturressourcer og havøkosystemer en naturlig beskyttelse og fungerede som en slags "buffer" mod udnyttelse, fordi de ikke var tilgængelige for fiskeri, er i dag stort set væk som følge af at den teknologiske udvikling har muliggjort fiskeri i disse områder. Det grønlandske rejefiskeri er et eksempel på denne udvikling. Den sidste rest af "uberørt" natur i havet er i fare for at forsvinde, og sårbare arter er truede. Udviklingen af store moderne fiskefartøjer med nye effektive fangstteknikker har sammen med store økonomiske interesser i kapacitetsforøgelse i fiskeriet (bankgarantier, subsidier m.m.), forårsaget et stort pres på ressourcerne i Nordatlantens sokkelområder - en situation der til stadighed har øget presset på nye fiskearter og nye fiskeriområder (f.eks. Gordon et al., 2003). Der er i disse år vækst i dybhavsfiskeriet i Nordatlanten og i særdeleshed i fiskeri ved de undersøiske bjerge og på dybe plateauer langs Den Midtatlantiske Højderyg mellem Island og Acorerne. Overfiskeri, ødelæggelse af bundfauna ved trawling og naturbeskyttelse i oceanet kan ikke diskuteres uden viden om havøkosystemerne, hvilket har resulteret i igangsættelse af flere internationale havøkologiske undersøgelser i Midtatlanten f.eks. MAR-ECO projektet (www.mar-eco.no). Beslutninger om beskyttelse af havøkosystemer i Nordatlanten nødvendiggør viden om de fysisk-biologiske processers betydning for arters interaktioner, biodiversitet og udbredelse (f.eks. Thiel & Kowlow, 2001).

Den europæiske strategi og handlingsplan for sikring af biodiversitet i Nordatlanten er under udarbejdelse (Kaiser et al., 2004). Den undersøger i øjeblikket 4 metoder hvorpå fiskeripåvirkning af havøkosystemerne kan reduceres: 1) Indførelse og udvikling af selektive mekanismer i fiskeredskeer som reducerer eller forhindrer bifangst af ikke mål-arter; 2) Indførelse og udvikling af fiskemetoder som har mindre fysisk påvirkning af havmiljøet; 3) Indførelse af tids- og områdebestemte lukninger af fiskeri for at beskytte arter eller habitater; 4) Indførelse af grænser for bifangster af ikke mål-arter, undermålsfisk og særligt truede arter (arter omfattet af en beskyttelsesplan).

Havforskerne er generelt enige om at indførelse af marine beskyttelsesområder (engelsk: "Marine Protected Areas", MPAs), og kraftig reduktion i fiskeriindsatsen, dvs. nedskæringer i de højteknologiske fiskeflåders kapacitet, er nødvendige og brugbare metoder til nedbringelse af problemer med overfiskeri og truet biologisk mangfoldighed (Pauly et al., 2002; Russ & Zeller, 2003; Kaiser et al., 2004; Zeller & Russ, 2004; Browman & Stregiou, 2004a,b). For beskrivelse af MPAs og deres anvendelse henvises til Hoffman et al. (2004) og Pomery et al. (2004). Der er i øjeblikket ikke klarhed over hvilke kriterier, som skal ligge til grund for placeringer af MPAs, deres størrelse og antal. Browman & Stregiou (2004b) foreslår at "medlem-vagabond hypotesen" for populationsregulering (Sinclair & Iles, 1989) er brugbar i den forbindelse. I "medlem-vagabond hypotesen" er populationsudbredelse og -kompleksitet hos marine dyr resultat af arternes evolutionære tilpasning af deres livscyklus til oceano-geografiske forhold (Fig. 41). Ifølge Browman & Stregiou (2004b) bør størrelsen af MPAs tilpasses og placeres således, at livscyklus for selvrekutterende populationer (meta-populationer) af en given art bliver beskyttet i tilstrækkeligt omfang til, at mulighederne for at gennemføre livscyklus ikke forhindres eller ødelægges.

Ved Grønland er det i den forbindelse relevant at beskytte fiskebestandenes gydeområder og vigtige opvækstområder i deres livscyklus, eksempelvis torsk, hellefisk og rød fisk (Fig. 11 og

44). Marine arter i Nordatlanten har vid udbredelse og mange arter er sandsynligvis mere "vagabonder" end "medlemmer" i populationernes livscyklus (sammenlign Fig. 3 i Sinclair & Iles (1989) med Fig. 44). "Vagabonder" deltager normalt ikke i populationens reproduktion. Et eksempel på "vagabonder" er populationerne af hellefisk i fjorde og isfjorde ved Nordvestgrønland - angivet som lokale bestande med en rød ring i Fig. 44A.



Figur 44. Hellefiskens (A) og rødfiskens (B) vandringsmønster og gydeområder ved Grønland. Lokale bestande = meta-populationer. Fra Pedersen, 1999.

De lokale bestande af hellefisk er genstand for et forholdsvis stort og for lokalsamfundet meget vigtigt fiskeri med hundeslæder og langliner på isen (vinter og forår) og fiskeri med langliner fra mindre motorbåde (sommer og efterår). Mærkningsforsøg og undersøgelse af gonader (rogn) gennem året af voksne hellefisk i kønsmoden størrelse har vist, at hellefiskene i de nordvestlige isfjorde ikke bliver gydemodne eller vandrer ud af fjordene. De forbliver i eller nær isfjordene hele livet, og de dør ved fangst i fiskeri og af naturlig årsager (bliver ædt af rovdyr, bl.a. artsfæller og havpattedyr). Disse bestande er hvad man kan kalde "vagabond-

bestande", som kun kan eksistere, fordi der tilstadighed tilføres yngel (rekrutter) fra gydeområderne i det sydlige Davisstræde (Fig. 44A).

Ved Grønland er de største fiskerirelaterede miljøproblemer overfiskeri, bifangst af fiskeyngel i rejefiskeri og ødelæggelse af marine habitater [22]. En metode som kan bidrage til løsning af disse problemer er indførelse af MPAs. For at MPAs kan blive et effektivt redskab til bevaring og forvaltning af marine økosystemer, må beslutningen om deres placering, størrelse og antal vurderes på grundlag af marinøkologisk og fiskeri-oceanografisk viden. Det vil formentligt være nødvendigt at beskytte (frede) mindst 20 til 30 % af habitaterne i arternes livscyklus, dvs. det er nødvendigt at lave et netværk af MPAs placeret i de vigtigste områder af populationernes og meta-populationernes livscykli (Zeller & Pauly, 2004). De regionale områder defineret i "Large Marine Ecosystems" (Fig. 4 og 39) er brugbare enheder for opsamling af viden og udvikling af operationelle modeller til brug i udvælgelse af geografiske lokaliteter for placering og dimensionering af MPAs. Imidlertid er arterne i deres livscykli udbredt på tværs af landegrænser (Fig. 11 og 44), og derfor er fiskeri og økosystembaseret fiskeriforvaltning et grænseoverskridende anliggende som må foregå i internationalt samarbejde [22]. Ifølge Browman & Stregiou (2004b) kan fiskeriforskningen få en mere økologisk/oceanografisk retning mod bæredygtighed ved i højere grad at: 1) identificere og kortlægge de biologiske komponenter og oceano-geografiske områder med særlig biodiversitet i LME; 2) beskrive livscykli for nøgle-komponenter med grundlag i "medlem-vagabond hypotesen"; 3) rumligt kortlægge livscykli for nøgle-arter (f.eks. Zeller & Pauly, 2001); 4) identificerer de specielle oceanografiske forhold forbundet med tilbageholdelse ("retention") og opvækst af nøgle-arter i systemet.

Økosystem-orienteret fiskeriforskning er, som det fremgår af denne sammenfatning, påbegyndt ved Grønland. Ved Grønland mangler viden om havøkosystemernes struktur og funktion. Der mangler viden om pelagisk-bentisk kobling, om den bentiske faunas udbredelse og diversitet, samt om kort- og langtidseffekter på habitater og økosystemer af fiskeri. Viden om bentiske habitaters udbredelse og artsdiversitet, samt nøgleområder for produktivitet og pelagisk-bentisk kobling, er nødvendig for en kortlægning, inddeling og visualisering af Vestgrønland i fiskerireguleringsområder (se som eksempel Fig. 40) herunder udlægning af marine beskyttelsesområder (MPAs). Plotter man f.eks. lokaliteter, som nogen gennem tiden har noteret et eller flere benthos-dyr fra, fås et meget ujævnt billede (Tom Schiøtte, Zoologisk Museum, personlig kommunikation).

Sociale, politiske og økonomiske faktorer er mindst lige så vigtige for at opnå bæredygtighed, som en videnskabelig forståelse af dynamikken i havøkosystemerne, idet det er forvaltning og ikke den videnskabelige forståelse, som er det svageste led i forvaltningskæden (Browman & Stregiou, 2004a; Zeller & Pauly, 2004). Selvom forskning i havøkosystemets dynamik gør os i stand til at give en perfekt videnskabelig forudsigelse om udviklingen, så vil det alene ikke være tilstrækkeligt til at sikre en økologisk bæredygtig udvikling. En økologisk bæredygtig udvikling indenfor eksempelvis fiskeriet betinger, at de forvaltningsansvarlige organisationer og institutioner bliver omorganiseret. Dvs. de må omstilles til i højere grad, at samarbejde på tværs af fag ud fra en mere helhedsorienteret økosystembetragtning. Det vil kræve fælles forståelse af målsætninger om bæredygtigudvikling og øget samarbejde mellem interessenter (borgere, samfundsforvaltning): fiskere, socio-politiske forskere, økonomer, jurister, politiske lobbyister, undervisere, journalister, civilingeniører, økologer, fiskeribiologer og oceanografer (Browman & Stregiou, 2004a; Cury, 2004).

I artikelen *The future of fisheries: from 'exclusive' resource policy to 'inclusive' public policy* argumenterer Zeller & Pauly (2004) for vigtigheden af, at gøre oplysningerne om

nedbrydningen af havøkosystemerne videnskabeligt korrekte, let tilgængelig og forståelige for samfundets borgere gennem f.eks. Internettet ("World-Wide-Web"). Det er vigtigt, at viden og forskningsresultater bliver tilgængelige, præsenteret og debatteret i samfundet, men det må ske videnskabeligt korrekt og ikke egoistisk ensidigt som af B. Lomborg i bogen "Verdens sande tilstand" (Lomborg, 2003; Zeller & Pauly, 2004).

I Danmark har regeringen med nedsættelsen af "**Tænk tanken vedrørende forståelse for forskning**" i maj 2003 sat fokus på vigtigheden af, at forskerne formidler forskning og resultater af forskning til samfundet. Dels for at samfundet kan se, hvad forskerne producerer for pengene, og dels i erkendelse af, at forskning skaber ny viden, nye ideer, samfundsdebat og nødvendige forandringer i samfundet. Poul Holm, der er professor i marin miljøhistorie ved Syddansk Universitet, har for nylig bidraget til den offentlige debat om bæredygtig udvikling indenfor fiskeriet. I en artikel om overfiskeri i Nordatlanten med titel "**Fiskeri på torsk nær kollaps**" i "Magisterbladet" i september 2004 bliver P. Holm spurgt om, hvilken dansk fiskeart han i øjeblikket er mest bekymret for. P. Holm svarer: *Jeg er mest bekymret for menneskene. Hvide Sande, Torsminde, Thyborøn bukker under som bysamfund, hvis den udvikling fortsætter. Om ti år vil indbyggerne i omkring 20 fiskerlejer og -byer have mistet deres eksistensgrundlag. Det bekymrer mig. Hvad skal de mennesker leve af? Og hvordan kan alle vi andre borgere i Danmark bevare vores kulturelle identitet i et land uden fiskeri? Og hvordan vil vi tiltrække turister? Skal vi indføre et kulissefiskeri, der er finansieret af turistråd og handelsstandsforeninger? Et kollaps i dansk torskefiskeri vil fjerne meget mere end nogle torsk ude i Østersøen. Og jeg mener, at vi står på kanten af et kollaps. Det er konklusionen, når man kombinerer de aktuelle målinger fra biologerne med et historisk perspektiv og med den viden, vi har fra andre forskningscentre i verden* (Ammitzbøll, 2004).

11. Konklusion

Det har været rapportens overordnede formål at bidrage til forståelse af hvordan fiskeriforskning, fiskeri, fiskeriforvaltning og samfund er integrerede dele af økosystemer under forandring. Økosystemerne hænger sammen fra globalt til lokalt niveau, og mennesket er den helt dominerende faktor i forandringsprocesser på alle niveauer.

De fleste nordatlantiske havøkosystemer er under pres som følge af især overfiskeri og forurening. Genopretning af overfiskede havøkosystemer kan kun ske ved en mere økologisk ansvarlig og bæredygtig udnyttelse og forvaltning af naturressourcerne. Presset på de marine økosystemer må reduceres og informationer om deres nedbrydning må gøres tilgængelig og forståelig for samfundets borgere. En større økologisk bevidsthed er nødvendig, og den kan opnås gennem oplysning, uddannelse og større åben debat om fiskeriforvaltningens langsigtede målsætninger. Bevaring af havøkosystemerne nødvendiggør, at der er politisk vilje, og at der gøres en kollektiv indsats i lokalsamfund såvel som i nationale og internationale samfund mod mål om bæredygtig udnyttelse. Pauly & Maclean (2003) har følgende generelle anbefalinger til, hvad der konkret bør gøres:

1. Fiskeritrykket på nordatlantiske fiskebestande og økosystemer må reduceres drastisk i de fleste områder.
2. Der må etableres et netværk af beskyttelsesområder, som dækker mindst 20 % af havområderne i Nordatlanten inden år 2020.
3. Der må indføres økologi-mærkning og andre markedsføringsmæssige foranstaltninger for at ændre fiskeindustriens adfærd mod bæredygtige fiskemetoder.
4. Overtrædelse af forvaltningstiltag i retning af bæredygtighed må straffes og offentliggøres.
5. I adgang og rettigheder til fiskeri og fiskeriressourcer skal der tages særligt og større hensyn til mennesker i lokale kystsamfund, som fortrinsvis lever af at fiske med passive redskaber. Dvs. ressourcegrundlaget for lokale fiskere, som anvender miljøskånsomme fiskemetoder, må ikke ødelægges af fiskeri med store industritrawlere.

For at udvikle og samle en videnskabelig basis for en langsigtet økosystembaseret forvaltning af Grønlands marine ressourcer har Grønlands Naturinstitut udarbejdet forskningsprogrammet "Økosystem Vestgrønland" (ECOGREEN) (Jarre, 2002). ECOGREEN vil i sin vision integrere fiskeriforskning, fiskeri, fiskeriforvaltning og samfund i erkendelse af nødvendigheden af større samfundsmæssig engagement og debat om bæredygtig ressourceudnyttelse. Det sidste er nødvendigt ikke mindst set i lyset af at de forventelige forandringer i klima, og deraf store forandringer i havøkosystemerne omkring Grønland. Når ECOGREEN kommer i gang vil programmet kunne skabe positiv international opmærksomhed på Grønland, som et land med økosystembaseret forvaltning af sine havressourcer. Et godt renommé omkring naturbevarelse og bæredygtig udnyttelse er vigtig for Grønland bl.a. i bestræbelserne på at øge turismen.

Tidligere var Grønlands vigtigste fiskeriressource torsk. I dag er torsken forsvundet og langt den vigtigste fiskeriressource er dybvandsrejen. Skiftet i ressourcegrundlaget fra torsk til rejer i havøkosystemet har bl.a. følgende årsager: 1) De senere års forholdsvis kolde og varierende klima ved Vestgrønland har givet dårlige vækst- og overlevelsesbetingelser for torsk. 2) Samtidig er torsken blevet overfisket, især fordi den blev taget som bifangst i rejefiskeri. 3) Rejeeyngel har større tolerance, vækst og overlevelse end torskeyngel, i perioder når vandet er koldt. 4) Mange af rejernes naturlige rovdyr (især torsk og andre fisk) er væk, eller de er blevet kraftigt reduceret i antal, som følge af koldt klima og fiskeri. 5) Fordi rejens naturlige

rovdyr i disse år er få, og der samtidigt er stor produktion af føde for rejerne, vokser bestanden af rejer.

Resultaterne fra klima-modellerne forudsiger, at de arktiske og sub-arktiske (nordligt boreale) regioner på jordkloden i løbet af de næste 100 år vil opleve en tidligere og mere intens opvarmning af atmosfæren end andre regioner. I isdækkede havområder vil konsekvensen af denne opvarmning være reduktioner i isdække (i område og i tid), en opvarmning af de øvre vandlag og forandringer i den biologiske produktion. Det vil næppe være muligt at ændre den globale klimaopvarmning, men det vil være muligt at forberede sig på forandringer i havøkosystemerne, herunder fiskeriressourcernes udbredelse og produktion.

Mest lovende for fremskridt i forståelse af udvikling og forandring i havøkosystemer er detaljerede studier og modellering af nøgle-arters livscyklus. Min forskning, præsenteret og perspektiveret, i denne rapport, giver indsigt i årsager til forandringer i produktion og udbredelse af fiskeriressourcer i nordatlantiske havøkosystemer ved først og fremmest Grønland. Rapporten er et grundlag for udvikling af sammenkoblede modeller for klima, havstrøm, planktonproduktion og udvalgte nøgle-arters udbredelse, livscykli og produktion ved Vestgrønland. Rapporten er et vigtigt bidrag til ECOGREEN programmet.

Da dybvandsrejen er den dominerende fiskeriressource i disse år, vil det i første omgang være oplagt at videreudvikle og teste koblede fysisk-biologiske modeller, som kan bidrage til øget viden om årsagerne til variationer i rekrutteringen til rejepopulationerne – dvs. rejeynglens udbredelse, vækst og overlevelse.

Variationer i styrken af *Den Vestgrønlandske Strøm* har stor effekt på den horisontale drift af plankton, reje- og fiskeyngel. Driften betyder, at ynglen kan gå tabt for en lokal bestand. Til gengæld bidrager drift til udbredelse af bestande andre steder. Sammenkoblede fysisk-biologiske modeller vil give øget indsigt i de processer, der styrer årsvariationer i reje- og fiskepopulationernes produktion og ydeevne. Målet er at udvikle modeller for, hvornår klimaet med stor sandsynlighed giver reje- og fiskeyngel gode muligheder for at overleve. Dette kan eftervises ved, at der fanges mange, små, et årige rejer og fisk det efterfølgende år. Derudover skal modellen kunne fortælle, hvor man kan forvente at finde de voksne rejer og fisk, som følge af et varmere klima, ændringer i havstrømme og fiskeri.

12. Referencer

- Agger, P. 1993. Principper for et godt miljø. I: Principer och riktlinjer för naturvård och hushållning med naturresurser. Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1993:616.
- Ammitzbøll, L. 2004. Fiskeri på torsk nær kollaps. Magisterbladet. Nr. 14, 3. september: 20-23.
- Andersen, O. N. 1999. Havets økosystem. Kapitel 5 side 135 i "Grønlands Økologi - en Grundbog" (E. W. Born og J. Bøcher (red.)). Forlaget Atuakkiorfik. 431s.
- Andersen, O. N. & E. Born. 1999. De lavere trofiske niveauer. Kapitel 5 side 139 i "Grønlands Økologi - en Grundbog" (E. W. Born og J. Bøcher (red.)). Forlaget Atuakkiorfik. 431s.
- Anderson, P. J. 2000. Pandalid shrimp as indicators of ecosystem regime shift. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science, Vol 27: 1-10.
- Anderson, P. J. & J. F. Piatt. 1999. Community reorganization in the Gulf of Alaska following ocean climate regime shift. Mar. Ecol. Prog. Ser., 189: 117-123.
- Anon. 1994. Grønlands Hjemmestyre. Landstingslov nr. 6 af 8. juni 1994. Formålet med Pinngortitaleriffik, Grønlands Naturinstitut. se www.natur.gl
- Anon. 1998. Euroglobec - Science Plan. Ecosystems research report 27. European Commission. 76 pp.
- Anon. 1999. Global Ocean Ecosystem Dynamics - Implementation Plan. IGBP Report No.47. 205 pp. (www.globec.org)
- Anon. 2002. Report of the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, South Africa, 26 August-4 September 2002, Chapter 1.2, Plan of implementation of the WSSD (www.Johannesburgsummit.org).
- Anon. 2003a. Denmark's third national communication on climate change. Under the United Nations Framework Convention on climate change. Danish Environmental Protection Agency, Danish ministry of the Environment. 212s.
- Anon. 2003b. North-Western Working Group. NWWG. Report for 2003. (www.ices.dk)
- Anon. 2003c. GREENLAND 2001-2002, Statistical Yearbook, 6th of March 2003.
- Anon. 2003d. Northwest Atlantic Fisheries Organization. Scientific Council Reports - 2003. (www.nafo.ca)
- Anon. 2004a. Workshop on future directions in modelling physical-biological interactions (WKFPBI). ICES Oceanography Committee, ICES CM 2004/C:02. 38s (www.ices.dk)
- Anon. 2004b. Report of the working group on modelling of physical/biological interactions (WGPBI). ICES Oceanography Committee, ICES CM 2004/C:03. 29s (www.ices.dk)
- Arnott S. A. & G. D. Ruxton. 2002. Sandeel recruitment in the North Sea: demographic, climatic and trophic effects. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 238: 199-210.
- Arts, M. T., R.G. Ackman & B.J. Holub. 2001. "Essential fatty acids" in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 58: 122-137.
- Azam, F. & R.A. Long 2001. Sea snow microcosms. Nature Vol. 414:495-498.
- Azam, F. & A.Z. Worden 2004. Microbes, molecules, and marine ecosystems. Science, vol. 303: 1622-1624.
- Bach, H., N. Christensen & P. Kristensen (red.) 2001. Natur og Miljø 2001. Påvirkninger og tilstand. Danmarks Miljøundersøgelser. 368 sider. - Faglig rapport fra DMU nr. 385.
- Bailey, K.M., L. Ciannelli & V.N. Agostini. 2003. Complexity and constraint combined in simple models of recruitment. In: The Big Fish Bang. Proceedings of the 26th Annual Larval Fish Conference. 2003. Edited by Howard I. Browman and Anne Berit Skiftesvik. Published by the Institute of Marine Research, Postboks 1870 Nordnes, N-5817, Bergen, Norway: 293-301.
- Bainbridge, V. & B.J. McKay. 1968. The feeding of cod and redfish larvae. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Spec. Publ. 7 (I):187-217.
- Baliño, B.M., M. J. R. Fasham & M. C. Bowles (Eds.) 2001. Ocean Biogeochemistry and Global Change. JGOFS. Stockholm: IGBP Science Series No.2, 32pp (www.igbp.se).
- Barange, M. & R. Harris (Eds.). 2003. Marine Ecosystems and Global Change. Stockholm: IGBP Science Series No.5, 32pp (www.igbp.se).
- Barber, R.T. 2003. Response of Ocean Ecosystems to Climate Warming. Duke University. Nicholas School of the Environment and Earth Sciences. Power Point præsentation (personlig kommunikation).
- Beaugrand, G., P.C. Reid, F. Ibanez, J.A. Lindley & M. Edwards. 2002. Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate. Science vol. 296: 1692-1694.
- Beaugrand, G., K.M. Brander, J.A. Lindley, S. Souissi & P.C. Reid. 2003. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. Nature Vol. 426: 661-664.

- Bell, M.V. & J.R. Sargent. 1996. Lipid nutrition and fish recruitment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 134: 315–316.
- Bergström, B. I. 2000. The biology of *Pandalus*. *Advances in Marine Biology* vol. 38: 55-245.
- Beverton, R.J.H. and S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. London Ser. II Vol. 19*. 533s.
- Bjerre, J. 2001. En fortælling der rummer det hele. 134-199. I "Samfundets bærende værdier" – tre vinderindlæg fra Jyllands-Postens prisopgave. JPBøger. 199s.
- Boertmann, B., P. Lyngs, F.R. Merkel & A. Mosbech. 2004. The significance of Southwest Greenland as winter quarters for seabirds. *Bird Conservation International* 14: 87-112.
- Boje, J. & O.A. Jørgensen 1998. Hellefisk. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50 år. Grønlands Naturinstitut. s88-95.
- Brander, K. 2000. Effects of environmental variability on growth and recruitment in cod (*Gadus morhua*) using a comparative approach. *Oceanol Acta* 23: 485-496.
- Brander, K. 2003. ICES/GLOBEC cod and climate change programme – results and achievements. GLOBEC International Newsletter Vol. 9, nr. 2: 20-22. (www.globec.org).
- Brander, K. M., R. R. Dickson & J. G. Shepherd. 2001. Modelling the timing of plankton production and its effect on recruitment of cod (*Gadus morhua*). – *ICES Journal of Marine Science*, 58: 962–966.
- Brander, K.M., G. Blom, M.F. Borges, K. Erzini, G. Henderson, B.R. MacKenzie, H. Mendes, A.M.P. Santos & P. Toresen. 2003. Changes in fish distribution in the east-ern North Atlantic: are we seeing a coherent response to changing temperature? *ICES Marine Science Symposia*, 219: 261–270.
- Browman, H.I. & K.I. Stergiou (eds). 2004a. Perspectives on ecosystem-based approaches to the management of marine resources. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 274:269–303.
- Browman, H.I. & K.I. Stergiou. 2004b. Marine Protected Areas as a central element of ecosystem-based management: defining their location, size and number. In: Browman, H.I. & K.I. Stergiou (eds). 2004. Perspectives on ecosystem-based approaches to the management of marine resources. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 274:271–272.
- Buch, E. 1990. A monograph on the physical environment of Greenland waters. Greenland Fisheries Research Institute Report, 405 pp.
- Buch, E. 1998. Oceanografiske undersøgelser. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50 år. Grønlands Naturinstitut. s116-121.
- Buch, E. 2000. Air-Sea-Ice Conditions off Southwest Greenland, 1981–97. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 26:123–136.
- Bundy, A. 2001. Fishing on ecosystems: the interplay of fishing and predation in Newfoundland–Labrador. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 1153–1167.
- Bunyard, P. (Ed.). 1996. Gaia in Action: Science of the Living Earth. Floris Books, Edinburgh, 1996. Including contributions by Lovelock, Lynn Margulis, Brian Goodwin, Elisabet Sartouris and Kate Rawles.
- Burmeister, A. D. 2000. Bestandsundersøgelse af krabben *Chionoecetes opilio* i Sydgrønland sept.-okt. 1998. Teknisk rapport nr. 14, Grønlands Naturinstitut. 24s.
- Carlsson, D.M. 1998. Rejeundersøgelseernes historie. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50 år. Grønlands Naturinstitut. s80-87.
- Carlsson, D., P. Kannevorff, O. Folmer, M. Kingsley & M. Pennington. 2000. Improving the West Greenland Trawl Survey for shrimp (*Pandalus borealis*). *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, Vol. 27: 151-160.
- Chabot D. & P. Ouellet. 2004. Rearing *Pandalus borealis* larvae in the laboratory: II – routine oxygen consumption, maximum oxygen consumption and metabolic scope at three temperatures. *Marine Biology* submitted Dec. 2003.
- Chambers, R.C. & E. A. Trippel (Editors). 1997. Early life history and recruitment in fish populations. Chapman & Hall. 605 s.
- Christensen, J.H. & O.B. Christensen. 2001. Regional climate scenarios - a study on precipitation. In: Climate change research - Danish contributions. Jørgensen, AMK *et al.* (editors). (10), 151-166. Copenhagen, Danmarks Meteorologisk Institut.
- Christensen, N. & F. Møller, 2001. Nationale og internationale miljøindikatorsystemer. Metodeovervejelser. Danmarks Miljøundersøgelser. 163 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 347.
- Christensen, V. 1995. A model of trophic interactions in the North Sea in 1981, the year of the Stomach. *Dana*, 11 (1): 1-28.
- Christensen, V. & D. Pauly. 2004. Editorial: Placing fisheries in their ecosystem context, an introduction. *Ecological Modelling* 172:103–107.

- Christensen, V. & C. J. Walters. 2004. Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecological Modelling* 172: 109–139.
- Christensen, V., C.J. Walters & D. Pauly. 2000. Ecopath and Ecosim: A user's guide, October 2000 Edition. Fisheries Centre, University of British Columbia Vancouver, Canada and ICLARM, Penang, Malaysia. 130p. Can be down loaded from: www.ecopath.org.
- Christensen, V., S. Guénette, J.J. Heymans, C.J. Walters, R. Watson, D. Zeller, D. Pauly. 2003. Hundred-year decline of North Atlantic predatory fishes. *Fish and Fisheries* 4:1–24.
- Cury, P.M. 2004. Tuning the ecoscope for the Ecosystem Approach to Fisheries. In: Browman, H.I. & K.I. Stergiou (eds). 2004. Perspectives on ecosystem-based approaches to the management of marine resources. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 274:272–275.
- Cushing, D.H. 1981. Fisheries biology. A study in population dynamics. Second edition. The University of Wisconsin Press. 295p.
- Cushing, D.H. 1982. Climate and fisheries. Academic Press. London, New York, San Francisco : 373p.
- Cushing, D.H. 1990. Plankton production and year-class strength in fish populations: an update of the match/mismatch hypothesis. *Adv. Mar. Biol.*, 26: 249–293.
- Cushing, D. H. 1995. Population production and regulation in the sea: A Fisheries perspective. Cambridge University Press. 354 p.
- Cushing, D. H. 1996. Towards a Science of Recruitment in Fish Populations. In Excellence in Ecology 7. Ed. by O. Kinne. Ecology Institute, D-21385 Oldendorf/Luhe, Germany. 175 p.
- Dahl, K., M.M. Larsen, J.H. Andersen, M.B. Rasmussen, J.K. Petersen, A.B. Josefson, S. Lundsteen, I. Dahll  f, T. Christiansen, D. Krause-Jensen, J.L.S. Hansen, G.   rtebjerg, P. Henriksen, S.A. Helmig J. & Reker 2004. Tools to assess the conservation status of marine Annex 1 habitats in Special Areas of Conservation. Phase 1: Identification of potential indicators and available data. National Environmental Research Institute. - NERI Technical Report 488: 94 p.
- Dalsgaard, J., M. St. John, G. Kattner, D. M  ller-Navarra & W. Hagen. 2003. Fatty acid trophic markers in the pelagic marine environment. *Adv. Mar. Biol.* 46: 225-340.
- Degnbol, P. 2003. Science and the user perspective: the scale gap and the need for co-management must address. In: Douglas Clyde Wilson, Jesper-Raakaer Nielsen & Poul Degnbol (Eds.). The Fisheries Co-management Experience: Accomplishments, Challenges and Prospects. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. p31-50.
- Degnbol, P. 2004. Fisheries science in a development context. In: Hersoug, B., S. Jentoft & P. Degnbol. Fisheries development: the institutional challenge. Eburon Delft.: 121-143.
- Degnbol, P. & A. Jarre. 2004. Review of indicators in fisheries management - a development perspective. In Ecosystem Approaches to Fisheries in the Southern Benguela. Shannon, L.J., Cochrane, K.L and S.C. Pillar (Eds). *Afr. J. mar. Sci.* 26: 303-326.
- Dickey, T.D. 1992. Physical-Optical-Biological Scales Relevant to Recruitment in Large Marine Ecosystems. *Chapter 8* in: Large Marine Ecosystems: Patterns, Processes, and Yields. Edited by K. Sherman, L. M. Alexander, and B. D. Gold, AAAS Press, Washington, DC. 1990; 2nd printing 1992. 242 p.
- Dolmer, P. & R. P. Frandsen. 2002. Evaluation of the Danish mussel fishery: suggestions for an ecosystem management approach. *Helgol. Mar. Res.* 56: 13-20.
- Engelstoft, J. J. 1998. Rødfisk. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50   r. Grønlands Naturinstitut. s96-101.
- Engelstoft, J. J, B. Isaksen, R. B. Larsen, M. Rosing, & K. Zachariassen 2001. Studies of technical methods for secure shrimp fishery in the Redfish Box, East Greenland. Project Report for the Nordic Strategy for the Environment and Fisheries. Greenland Institute of Natural Resources. Report.
- Falk-Petersen, S., W. Hagen, G. Kattner, A. Clarke & J. R. Sargent. 2000. Lipids, trophic relationships, and biodiversity in Arctic and Antarctic krill. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 57(Suppl.3): 178–191.
- FAO 2001. What is the code of conduct for responsible fisheries? FAO Rome, 2003. 13p.
- FAO 2003. The ecosystem approach to fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 4, Suppl. 2. Rome, FAO. 2003. 112p.
- Fenchel, T. 1987. Ecology – Potentials and Limitations. Excellence in Ecology 1. Publisher: Ecology Institute. Nordb  nte 23, D-2124 Oldendorf/Luhe, Germany. 186 p.
- Fiksen,   . 2000. The adaptive timing of diapause—a search for evolutionarily robust strategies in *Calanus finmarchicus*. *ICES Journal of Marine Science* 57: 1825–1833.
- Fiksen,   . & B.R. MacKenzie. 2002. Process-based models of feeding and prey selection in larval fish. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 243: 151-164.

- Franks, P.J.S. & J.S. Jaffe. 2001. Microscale distributions of phytoplankton: initial results from two-dimensional imaging fluorometer, OSST. Mar. Ecol. Prog. Ser. 220:59–72.
- Fu, C., T. J. Quinn & T. C. Shirley. 2001. The role of sex change, growth and mortality in *Pandalus* population dynamics and management. ICES J. Mar. Sci. 58:607–621.
- Furness, R. W. 2002. Management implications of interactions between fisheries and sandeel-dependent seabirds and seals in the North Sea. – ICES Journal of Marine Science, 59: 261–269.
- Garthe, S., K. Camphuysen & R.W. Furness. 1996. Amounts of discards by commercial fisheries and their significance as food for seabirds in the North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., 136: 1–11.
- Gislason, H. 1994. Ecosystem effects of fishing activities in the North Sea. Mar. Pollut. Bull. 29:520–527.
- Gislason, H., M. Sinclair, K. Sainsbury & R. O'Boyle. 2000. Symposium overview: incorporating ecosystem objectives within fisheries management. – ICES Journal of Marine Science, 57: 468–475.
- Gordon, J. D. M., O. A. Bergstad, I. Figueirido & G. Menezes. 2003. Deep-water Fisheries of the Northeast Atlantic: I. Description and Current Trends. J. Northw. Atl. Fish. Sci., Vol. 31: 137–150.
- Grønlands Naturinstitut. 2004. Stock status of snow crab (*Chionoecetes opilio*) 2003. Stock status report, November 2003. Pinngortitaleriffik, Grønlands Naturinstitut.
- Guénette, S., V. Christensen & D. Pauly (eds). 2001. Fisheries impacts on North Atlantic Ecosystems: Models and Analyses. Fisheries Centre Research Reports 9(4): 111–127.
- Gustavson, K. med bidrag fra 13 forfattere. 2001. Klimaændringer og mulige effekter på dyre- og plantelivet i danske farvande. Notat. 41s. <http://www.sns.dk/wilhelm/>
- Hachey, H.B., F. Hermann & W.B. Bailey. 1954. The waters of the ICNAF convention area. Int. Comm. Northwest Atl. Fish., Ann. Proc. 4, 67–102.
- Hall, S.J. 1999. The effects of fishing on marine ecosystems and communities. Blackwell Science, Oxford.
- Hamilton, L., P. Lyster & O. Otterstad. 2000. Social change, ecology and climate in 20th-century Greenland. Climatic Change 47: 193–211.
- Hansen, A.S., T.G. Nielsen, H. Levinsen, S.D. Madsen, T.F. Thingstad & B.W. Hansen 2003. Impact of changing ice cover on pelagic productivity and food web structure in Disko Bay, West Greenland: a dynamic model approach. Deep-Sea Research I, 50: 171–187.
- Hansen, B.W., Nielsen, T.G., Levinsen, H., 1999b. Plankton community structure and carbon cycling on the western coast of Greenland during the stratified summer situation. III. Mesozooplankton. Aquat. Microb. Ecol., 16, 233–249.
- Hansen, H. & E. Buch. 1986. Prediction of year-class strength of Atlantic cod (*Gadus morhua*) off West Greenland. NAFO Sci. Coun. Studies, 10: 7–11.
- Hansen, J., R. Ruedy, J. Glascoe & M. Sato. 1999a. GISS analysis of surface temperature change. NASA Goddard Institute for Space Studies, New York.
- Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato & K. Lo. 2002. Global warming continues. Science 295: 275.
- Hansen, M.M. 2003. Application of molecular markers in population and conservation genetics, with special emphasis on fishes. DSc thesis (Dr.scient. afhandling), defended at the University of Aarhus. www.dfu.min.dk/ffi/mmh.htm
- Hansen, P. M. 1949. Studies on the biology of the cod in Greenland waters. ICES Rapp. Proc.-Verb., 123: 1–77.
- Hansen, P. M. 1968. Report on cod eggs and larvae. ICNAF Spec. Publ., No. 7, Part I: 127–137.
- Hansen, P.M. 1998. Fiskeriundersøgelser i grønlandske farvande 1908–67. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50 år. Grønlands Naturinstitut. s37–50.
- Harden Jones, F.R. 1968. Fish migration. Edward Arnold. Ltd., London. 325 p.
- Harvey, M. & G. Morrier. 2003. Laboratory feeding experiments on zoea of northern shrimp *Pandalus borealis* fed with natural zooplankton. Marine Ecology Progress Series, 265: 165–174.
- Head, E.J.H., L.R. Harris & R.W. Campbell. 2000. Investigations on the ecology of *Calanus* spp. in the Labrador Sea. I. Relationship between the phytoplankton bloom and reproduction and development of *Calanus finmarchicus* in spring. Mar. Ecol. Prog. Ser., 193: 53–73.
- Heide-Jørgensen, M.P. and K.L. Laidre. 2004. Declining open-water refugia for top predators in Baffin Bay and adjacent waters. AMBIO Vol. 33, No. 8, 487–494.
- HELCOM. 1996. Third Periodic Assessment of the State of the Marine Environment of the Baltic Sea, 1989–93; Background document. Balt. Sea Environ. Proc. No. 64B. Helsinki Commission - Baltic Marine Environment Protection Commission. 252 p.
- Hermann, F., P.M. Hansen & S.Aa. Horsted. 1965. The effect of temperature and currents on the distribution and survival of cod larvae at West Greenland. International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries, Special Publication 6:389–395.

- Hesseldahl, P. 1999. Den ny nature. Høst & Søn. 273s. (www.global-organisme.dk)
- Hesseldahl, P. 2002. Den Globale Organisme. Aschehougs forlag. (www.global-organisme.dk)
- Hjarsen, T. 2003. Grønlands internationale forpligtelser - en WWF rapport om Grønland og de internationale konventioner og aftaler på natur- og miljøområdet. WWF Verdensnaturfonden, november 2003. 62 s. (www.wwf.dk)
- Hoffmann, E., P. Dolmer, E. Nordberg & P. Blanner. 2004. Beskyttede havområder i Norden. TemaNord 2004:543. 66.s.
- Hopkins, C.C.E., P.E. Grotnes & J.-E. Eliassen. 1989. Organization of a fjord community at 70° north: The pelagic food web in Balsfjord, Northern Norway. Rapp. P.-v. R'eun. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 188, 146-153.
- Hopkins, C.C.E., J.R. Sargent & E.M. Nilssen. 1993. Total lipid content, and lipid and fatty acid composition of the deepwater prawn *Pandalus borealis* from Balsfjord, northern Norway: growth and feeding relationships. Mar. Ecol. Prog. Ser. 96:217-228.
- Horsted, S. Aa. 1978. Life cycle of the shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer, in Greenland waters in relation to the potential yield. ICNAF Sel. Pap., 4: 51-60.
- Horsted, S.Aa. 1981. Fiskeriet. Danmarks Natur. Bind 11: Grønland. 292-306.
- Horsted, S.Aa. 1998a. Adolf, Marinus og mig. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50 år. Grønlands Naturinstitut. s10-17.
- Horsted, S.Aa. 1998b. Torskeundersøgelserne. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50 år. Grønlands Naturinstitut. s73-79.
- Horsted, S.Aa. 1998c. Planktonundersøgelserne. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50 år. Grønlands Naturinstitut. s122-128.
- Horsted, S. A. 2000. A review of the cod fisheries at Greenland, 1910-1995. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 28: 1-109.
- Horsted, S.Aa. & E. Smidt. 1956. The deep sea prawn (*Pandalus borealis*, Kr.) in Greenland waters. Medd. Dan. Fisk.-Havunders, 1(11): 1-118.
- Horsted, S.Aa. & E. Smidt. 1965. Remarks on effects of food animals on cod behaviour. ICNAF Spec. Publ. No. 6:435-437.
- Horsted, S.A., P. Johansen & E. Smidt. 1978. On the possible drift of shrimp larvae in the Davis Strait. ICNAF(NAFO) Res. Doc. No. 78/XI/93, Serial No. 5309, 13p.
- Hovgård, H. & E. Buch. 1990. Fluctuation in the cod biomass of the West Greenland Ecosystem in relation to climate. pp 36-43, in Sherman, K.E. (ed). Large Marine Ecosystems: Patterns, Processes, and Yields.
- Hovgård, H. & S. Christensen. 1990. Population structure and migration patterns of Atlantic cod at West Greenland waters based on tagging experiments from 1946 to 1964. NAFO Sci. Coun. Studies, 14: 45-50.
- Hvingel, C. 2003a. The Fishery for Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) off West Greenland, 1970-2003. NAFO SCR Doc. 03/75. 26 pp.
- Hvingel, C. 2003b. Assessment, Prediction and Risk Analysis: Stock Development and Production of Northern Shrimp off West Greenland. NAFO SCR Doc. 03/73. 14 pp.
- Hvingel, C. & P. Kannevorf. 2004. Et skøn over niveauet for et bæredygtigt krabbefiskeri ved Vestgrønland - muligt udgangspunkt for fremtidig kvoteregulering? Rapport fra Pinngortitaleriffik, Grønlands Naturinstitut. 7s.
- Hunt Jr., G.L. 2003. ICES Ecosystem Studies of Sub-arctic Seas (ESSAS) GLOBEC International Newsletter Vol. 9, nr. 2: 30-32. (www.globec.org).
- Hunt Jr., G.L., P. Stabeno, G. Walters, E. Sinclair, R. D. Brodeur, J.M. Napp & N.A. Bond. 2002. Climate change and control of the southern Bering Sea pelagic ecosystem. Deep-Sea Research II 49: 5821-5853.
- Hurrell, J.W. 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. Science Vol. 269:676-679.
- Hurrell, J. W. & H. van Loon. 1997. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic oscillation. Clim. Change, 36, 301-326.
- ICES. 2003. Advisory Committee on Fisheries Management (ACFM), Report on Northwest Atlantic Fish Stocks, 2003 (www.ices.dk).
- ICNAF, 1968. NORWESTLANT Surveys - Text (Part I), Atlas (Part II), Physical and Chemical Oceanographic Data (Part III), Biological Data (Part IV). Int. Comm. Northwest Atl. Fish Spec. Publ. 7; fire Bind.

- Iles, D. & M. Sinclair. 1982. Atlantic herring: stock discreteness and abundance. *Science* 215:627-633.
- Incze, L.S., N. Wolff & R.A. Wahle 2003. Can scientific observations of early life stages be scaled up to the level of a fished population? A case study using *Homarus americanus*. *Fisheries Research* 65: 33-46.
- Incze, L.S., D. Herbert, N. Wolff, N. Oakey & D. Dye. 2001. Changes in copepod distributions areas of a shelf break front. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 125: 21-30.
- IPCC. 2001. Climate Change 2001. Eds. J.T. Houghton *et al.*, Cambridge Univ. Press, New York. (<http://www.ipcc.ch/>).
- Irigoin, X., J. Titelman, R.P. Harris, D. Harbour & C. Castellani. 2003. Feeding of *Calanus finmarchicus* nauplii in the Irminger Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 262:193-200.
- Ivanov, B.G. 1967. Distribution patterns of the deep-sea prawn (*Pandalus borealis* Kr.) in the Bering Sea and the Gulf of Alaska. *Oceanology* 7:715-721.
- Ivanova, I.V. 2000. About *Pandalus borealis* (Kroyer, 1848) nutrition on Flemish Cap. NAFO SCR. Document No. 65, serial No. N4307. 8p.
- Jacobsen, C. 2004. Sunde fedtstoffer fra fisk – del 2. Under Overfladen. Personaleblad for Danmarks Fiskeriundersøgelser. Nr. 38 årgang 9: 22-26.
- Jarre, A. (ed.). 2002. Workshop "Ecosystem West Greenland". A stepping stone towards an integrated marine research programme. INUSSUK, Arctic Research Journal No. 2002-1:1-99.
- Jennings, S. & M. J. Kaiser. 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. *Advances in Marine Biology* 34: 201-352.
- Jensen, A.S. 1925. On the fishery of the greenlanders. Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøgelser. Serie: Fiskeri, Bind VII, Nr. 7. København. C.A. Reitzel, Boghandel. 39 p.
- Jensen, A.S. 1926. Investigations of the "DANA" in West Greenland waters, 1925. ICES Rapp. Proc.-Verb., 39: 85-102.
- Jensen, A.S. 1939. Concerning a change of climate during recent decades in the Arctic and subarctic regions, from Greenland in west to Eurasia in the east, and contemporary biological and geophysical changes. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Meddelelser XIV,8. København. (Munksgaard. 75pp. with 2 charts.)(in English).
- Jensen, F., H.P. Jørgensen & E. Roth. 2001. En diskussion af hvorledes fiskerireguleringer påvirker biodiversitet, økonomi og social tilpasning. 47s.
- Jensen, H.M., L. Pedersen, A. Burmeister & B.W. Hansen 1999. Pelagic primary production during summer along 65 to 72N off West Greenland. *Polar Biol.* 21, 269-278.
- Jensen, H., H. Mosegaard, A. Rindorf, J. Dalskov & P. Brogaard. 2002. Indsamling af detaljerede oplysninger om tobisfiskeriet i Nordsøen. DFU-rapport nr. 97-02. 44s.
- Jørstad, K. E., G. Dahle, & O. I. Paulsen. 1994. Genetic comparison between Pacific herring (*Clupea pallasii*) and a Norwegian fjord stock of Atlantic herring (*Clupea harengus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51, 233-239.
- Kaiser, M.J., M.C.V. Austen & H. Ojaveer. 2004. European biodiversity action plan for fisheries: issues for non-target species. *Fisheries Research* 69: 1-6.
- Kanneworff, P. & K. Wieland. 2003a. Stratified-random Trawl Survey for Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) in NAFO Subareas 0+1 in 2003. NAFO SCR Doc. 03/71. 26p.
- Kanneworff, P. & K. Wieland. 2003b. Calculating a TAC for Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) in West Greenland Waters (NAFO Subareas 0+1). NAFO SCR Doc. 03/86. 5p.
- Kingsley, M.C.S., P. Kanneworff & D.M. Carlsson. 1999. By-catches of Fish in the West Greenland Shrimp Survey: an Initial Analysis. NAFO SCR Document no. 111, serial No. N4191, 7p.
- Kjørboe, T. 1988. Plankton fødekæden: Bioenergetiske og økologiske studier. Danmarks Fiskeriundersøgelser. 51 s.
- Kjørboe, T. 1993. Turbulence, phytoplankton cell size, and the structure of pelagic food webs. *Adv. Mar. Biol.*, 29: 1-72.
- Kjørboe, T. 1998. Population regulation and role of mesozooplankton in shaping marine pelagic food webs. *Hydrobiologia* 363, 13-27.
- Kjørboe, T. 2001. Food webs and fish production in the North Sea. *Hist. Fil. Medd. Dan. Vid. Selsk.*, 82, 191-210.
- Kjørboe, T. 2003. Mikrober påvirker Jordens klima og mængden af fisk i havet. *Fisk & Hav*, nr. 55: 19-27.
- Koeller, P.A. 2000. Relative Importance of Abiotic and Biotic Factors to the Management of the Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) Fishery on the Scotian Shelf. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* Vol. 27: 21-33.

- Koeller, P.A., M. Covey & M. King. 2003. Is size at sex transition an indicator of growth or abundance in pandalid shrimp? *Fisheries Research* 217–230.
- Köster, F. W. & C. Möllmann. 2000. Trophodynamic control by clupeid predators on recruitment success in Baltic cod? *Journal of Marine Science* 57: 310–323.
- Köster, F. W., C. Möllmann, H.-H. Hinrichsen, J. Tomkiewicz, K. Wieland, G. Kraus, R. Voss, B.R. MacKenzie, D. Schnack, A. Makarchouk, M. Plikshs, M.A. St. John, N. Rohlf, T. Linkowski & J.E. Beyer. 2004. Baltic cod recruitment – the role of physical forcing and species interactions. International Council for the Exploration of the Sea C.M. 2004/L:29. 41p.
- Kramp, P.L. 1963. Summery of the zoological results of the "Godthaab" expedition 1928. Meddelelser om Grønland. Kommissionen for videnskabelige undersøgelser i Grønland. Bd. 81, Nr. 7. 115 pp.
- Krause-Jensen, D. 2004. DMU. Ålegræs som indikator for vandkvalitet. Foredrag i Dansk Selskab for Marinbiologi, Skov- og Naturstyrelsen, København, 3. Juni 2004.
- Larsen, L.I. & J. N. Jensen, 2001. En oversigt over udvalgte internationale og nationale planer for bevarelse og forvaltning af marinebiologisk mangfoldighed. Wilhjelmudvalget, november 2001. Publikationen kan læses på Skov- og Naturstyrelsens hjemmeside: www.sns.dk
- Lasker, R. 1975. Field criteria for survival of anchovy larvae: the relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fish. Bul.* 73:453–462.
- Lasker, R. 1981. The role of a stable ocean in larval fish survival and subsequent recruitment. In: *Marine Fish Larvae: Morphology, Ecology and Relation to Fisheries*. R. Lasker (ed.) Seattle: Washington Press: 80–87.
- Laurence, G.C. 1992. Growth, Survival, and Recruitment in Large Marine Ecosystems. *Chapter 12 in: Large Marine Ecosystems: Patterns, Processes, and Yields*. Edited by K. Sherman, L. M. Alexander, and B. D. Gold, AAAS Press, Washington, DC. 1990; 2nd printing 1992. 242 p.
- Lewy, P., A. Nielsen & H. Gislason. 2004. Stock dynamics of sandeel in the North Sea and sub-regions including uncertainties. *Fisheries Research* 68: 237–248.
- Lilly, G. R., D.G. Parsons & D.W. Kulka. 2000. Was the Increase in Shrimp Biomass on the Northeast Newfoundland Shelf a Consequence of a Release in Predation Pressure from Cod? *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, Vol. 27: 45–61.
- Link, J.S., J.K.T. Brodziak, S.F. Edwards, W.J. Overholtz, D. Mountain, J.W. Jossi, T.D. Smith & M.J. Fogarty. 2002. Marine ecosystem assessment in a fisheries management context. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59: 1429–1440.
- Lomborg, B. 2003. Verdens sande tilstand. Lindhardt og Ringhof Forlag. Paperback. 336 s.
- Longhurst, A. 1998. Cod: perhaps if we all stood back a bit? *Viewpoint. Fisheries Research* 38: 101–108.
- Longhurst, A. 1999. Does the benthic paradox tell us something about surplus production models? *Viewpoint. Fisheries Research* 41: 111–117.
- Lovelock, J. E. 1995. Gaia - Et nyt syn på jordens liv. Hovedland. 2. udgave, 2. oplag. 170s. Originally published in England by Oxford University Press under the title Gaia J.E. Lovelock, 1979. New edition with updated Preface, 1987.
- Lund, H. 1990. Forsøgsfiskeri efter rejer ved Nordvestgrønland 1985 – 1988. Rapport til Erhvervsdirektoratet. Marts 1990. Rejeafdelingen, Grønlands Fiskeriundersøgelser. 52s.
- Løkkegård, J. 1978. Optimalt fiskeri? *Fisk og Hav – Skrifter fra Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser* Nr. 37: 54–63.
- Løkkegård, J., J. Andersen, J. Bøje, H. Frost & H. Hovgård 2004. Rapport om den færøske regulering af fiskeriet – Færømodellen. Fødevareøkonomisk Institut, Rapport nr. 166. 147s.
- Macdonald, R.W., T. Harner, J. Fyfe, H. Loeng & T. Weingartner. 2003. AMAP Assessment 2002: The Influence of Global Change on Contaminant Pathways to, within, and from the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xii+65 pp.
- Mackas, D.L, R. Goldblatt & A.G. Lewis. 1998. Interdecadal variation in developmental timing of *Neocalanus plumchrus* populations at Ocean Station P in the subarctic North Pacific. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1878–1893.
- MacKenzie, B. R. 2000. Turbulence, larval fish ecology and fisheries recruitment: a review of field studies. *Oceanologica Acta*, 23: 357–375.
- MacKenzie, B. R. & T. Kiørboe. 2000. Larval fish feeding and turbulence: a case for the downside.
- MacKenzie, B. R. & A.W. Visser. 2001. Fish and Fisheries under Climate Change Scenarios: The Danish Perspective. Chapter 19 in "Climate Change Research - Danish Contributions" (eds. Jørgensen, A.-M. & J.Fenger). Danish Meteorological Institute. DMI Ministry of Transport. Gads Forlag.

- MacKenzie, B.R., A.W. Visser, J. Fenger & P. Holm. 2002. Udvalget om Miljøpåvirkninger og fiskeriressourcer. Delrapport vedr. klimaændringer. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Jægersborgvej 64-66, DK-2800 Kgs. Lyngby ISBN: 87-90968-30-1 DFU-rapport nr. 109-02. 34s.
- MacKenzie, B. R., R. A. Myers & K. G. Bowen 2003. Spawner-recruit relationships and fish stock carrying capacity in aquatic ecosystems. Marine Ecology Progress Series. Vol. 248: 209-220.
- Mackinson, S. 2001. Representing trophic interactions in the North Sea in the 1880s, using the Ecopath mass-balance approach. In: Guénette, S., V. Christensen & D. Pauly (eds.). 2001. Fisheries impacts on North Atlantic ecosystems: models and analyses. Fisheries Centre Research Reports Vol. 9 (4): 35-98.
- Madsen, S.D, T.G. Nielsen & B.W. Hansen 2001. Annual population development and production by *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* and *C. hyperboreus* in Disko Bay, western Greenland. Mar. Biol. 139:75-93.
- Mann, K.H. 1993. Physical oceanography, food chains, and fish stocks: a review. ICES J. Mar. Sci. 50: 105-119.
- McQuinn, I.H.1997. Metapopulations and the Atlantic herring. Reviews in Fish Biology and Fisheries 7: 297-329.
- Mosbech, A. & S.R. Johnson. 1999. Late winter distribution and abundance of sea-associated birds in south-western Greenland, the Davis Strait and southern Baffin Bay. Polar Research 18(1): 1-17.
- Mosbech, A. & D. Boertmann. 2002. Seabirds off West Greenland – indicators of food items and other distributing factors. In: Jarre, A. (ed.). Workshop "Ecosystem West Greenland". A stepping stone towards an integrated marine research programme. INUSSUK, Arctic Research Journal No. 2002-1: 41-42.
- Mosbech, A., F. Merkel, A. Flagstad & L. Grøndahl. 2001: Satellitsporing af kongeederfugl i Vestgrønland. Identifikation af raste- og overvintringsområder. Danmarks Miljøundersøgelser. 44 s. -Faglig rapport fra DMU nr. 381.
- Munch-Petersen, S. 2003. Fiskebestande og fiskeri i 2004. DFU-rapport 129-03. 118s.
- Munk, P. 2002. Larval sand lance (*Ammodytes* sp.) in the diet of small juvenile wolffish (*Anarhichas* spp.): predatory interactions in frontal water masses off western Greenland. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59, 1759-1767.
- Munk, P. & V. Christensen. 1990. Larval growth and drift pattern and the separation of herring spawning grounds in the North Sea. J. Fish. Biol. 37:135-148.
- Munk, P., P.O. Larsson, D. Danielsen & E. Moksness. 1995. Larval and small juvenile cod (*Gadus morhua*) concentrated in the highly productive areas of a shelf break front. Mar. Ecol. Progr. Ser. 125:21-30.
- Munk, P., T.G. Nielsen & B. Hansen. 2000. Spatial pattern in growth rate variability of Arctic cod in Disko Bay, West Greenland. ICES CM 2000/N:22. 13s.
- Munk, P., P.J. Wright & N.J. Pihl. 2001. Distribution of the early stages of cod, plaice and lesser sandeel across haline fronts in the North Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 56: 139-149.
- Munk, P, B.W. Hansen, T.G. Nielsen & H.A. Thomsen. 2003. Changes in plankton and fish larvae communities across hydrographic fronts off West Greenland. J. Plankton Res. Vol. 25(7), 815-830.
- Møhlenberg, F., K. Garde & K. Gustavson. 2003. Tag temperaturen på plankton. Vand & Jord nr. 4: 157-160.
- Møller, P., M. St. John, T. Lund & K.P. Madsen. 1998. Identifying the effect of frontal regimes on condition in larval and juvenile sand lance (*Ammodytes* sp.): Utilisation of food web specific tracer lipids. ICES CM 1998/R:8.
- NAFO 2003. Northwest Atlantic Fisheries Organisation (NAFO), Scientific Council Reports – 2003 "Redbook 2003", www.nafo.ca.
- Niehoff, B., S.D. Madsen, B.W. Hansen & T.G. Nielsen. 2002. Reproductive cycles of three dominant *Calanus* species in Disko Bay, West Greenland, Marine Biology 140: 567-576.
- Nielsen, E.E., M.M. Hansen, C. Schmidt, D. Meldrup & P. Grønkjær. 2001. Population of origin of Atlantic cod. Nature, 413, 272.
- Nielsen, E.S. 1958. A survey of recent Danish measurements of organic productivity of the seas. Rapport et Procès-Verbaux du Conseil International pour L'Exploration de la Mer 144: 92-95.
- Nielsen, J. G. & E. Bertelsen. 1992. Fisk i grønlandske farvande. Atuakkiorfik, Nuuk, Grønland. 65 s.
- Nielsen, T. G. 2005. Dr. Scient. Thesis. "Structure and function of the marine plegic food web". University of Copenhagen.

- Nielsen, T.G. & B. Hansen. 1999. Plankton community structure and carbon cycling on the western coast of Greenland during the stratified summer situation. I. Hydrography, phytoplankton and bacterioplankton. *Aquat. Microb. Ecol.*, 16: 205–216.
- Ouellet, P., Lefaiivre, D. & V. Koutitonsky 1990. Distribution of shrimp (*Pandalus borealis*) larvae and hydrographic pattern in the northern Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 2068–2078.
- Ouellet, P., C.T. Taggart & K.T. Frank 1992. Lipid condition and survival in shrimp (*Pandalus borealis*) larvae. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 368–378.
- Ouellet, P., C.T. Taggart & K.T. Frank. 1995. Early growth, lipid composition, and survival expectations of shrimp *Pandalus borealis* larvae in the northern Gulf of St. Lawrence. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 126:163–175.
- Ouellet, P. & D. Lefaiivre. 1994. Vertical distribution of northern shrimp (*Pandalus borealis*) larvae in the Gulf of St. Lawrence; Implications for trophic interactions and transport. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 123–132.
- Ouellet, P. & D. Chabot. 2004. Rearing *Pandalus borealis* (Krøyer) larvae in the laboratory: I – development and growth at three temperatures. *Marine Biology* submitted Dec. 2003.
- Owen, R.W. 1989. Microscale and finescale patchiness of small plankton in costal and pelagic environments. *J. Mar. Res.* 47: 197–240.
- Parsons, D. G. & E. B Colbourne. 2000. Forecasting Fishery Performance for Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) on the Labrador Shelf (NAFO Divisions 2HJ). *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, Vol. 27, 11 – 20.
- Pauly, D. 1994. From managing fisheries to managing ecosystems. *ICES/CIEM, Information*, no. 24, September 1994: side 7.
- Pauly, D. & J. Maclean 2003. In a perfect ocean. The state of fisheries and ecosystems in the North Atlantic Ocean. The Sea Around Us Project. Island Press. 175 pp.
- Pauly, D., M. L. Palomares, R. Froese, *et al.*. 2001. Fishing down Canadian aquatic food webs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 58 (1): 51–62.
- Pauly, D., V. Christensen, S. Guénette, T.J. Pitcher, U. R. Sumaila, C.J. Walters, R. Watson & D. Zeller. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* Vol. 418: 689–695.
- Pavshits, E. A. 1968. The influence of currents upon seasonal fluctuations in the plankton of the Davis Strait. *Sarsia* 34, 383–392.
- Pavshits, E. A., 1972. Biological seasons in the zooplankton of Davis Strait. *Akad. Nauk. SSSR, Zool. Inst., Explor. Mar. Fauna.* 12(20), 200–247. *Israel Prog. Sci. Transl.*, Jerusalem 1975.
- Pedersen, O.P., K. Tande, D. Slagstad. 2000. A model study of demography and spatial distribution of *Calanus finmarchicus* at the Norwegian coast. *Deep-Sea Res.* II 48, 567–587.
- Pedersen, O.P., M. Aschan, T. Rasmussen, K.S. Tande & D. Slagstad. 2003. Larval dispersal and mother populations of *Pandalus borealis* investigated by a Lagrangian particle-tracking model. *Fisheries Research* 65:173–190.
- Pedersen, S.A. 1985. Estimering af vækst, dødelighed og production i sildelarvepopulationer. Danmarks Fiskeriundersøgelser. *DF&H-rapport*, nr. 250. 80s plus appendix.
- Pedersen, S.A. 1988. Kammuslinger, *Chlamys islandica*, ved Vestgrønland. Rapport vedr. resultater fra kammuslingeundersøgelser (1984–1988) til Grønlands Hjemmestyre. Grønlands Fiskeriundersøgelser. December 1988. 61s.
- Pedersen, S.A. 1990. Rødfisk (*Sebastes* spp.) ved Grønland. Rapport til Grønlands Hjemmestyre fra Grønlands Fiskeriundersøgelser. Januar 1990. 103s.
- Pedersen, S.A., 1994. Multispecies interactions on the offshore West Greenland shrimp grounds. *International Council for the Exploration of the Sea C.M.* 1994/P:2, 26p.
- Pedersen, S.A. 1995. Dødelighed på rejer (*Pandalus borealis*) og artsinteraktioner på de udenskærs vestgrønlandske rejefelter. PhD afhandling Københavns Universitet. 19s + 5 videnskabelige artikler.
- Pedersen, S.A. 1999. Fisk. Kapitel 5 side 155–169 i “Grønlands Økologi - en Grundbog” (E. W. Born og J. Bøcher (red.)). Forlaget Atuakkiorfik. 431s.
- Pedersen, S.A. & F. Riget. 1999. Nutidigt fiskeri- og forskning. Kapitel 7 side 347–364 i “Grønlands Økologi - en Grundbog” (E. W. Born og J. Bøcher (red.)). Forlaget Atuakkiorfik. 431s.
- Perry, R. & R. Ommer. 2003. Scale issues in marine ecosystems and human interactions. *Fish. Oceanogr.* 12:4/5, 513–522.
- Planque, B. & J.M. Fromentin. 1996. *Calanus* and environment in the eastern North Atlantic. I. Spatial and temporal patterns of *C. finmarchicus* and *C. helgolandicus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 134:101–109.

- Planque, B. & T. Fredou. 1999. Temperature and the recruitment of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 2069-2077.
- Planque, B., G. Hays, F. Ibanez & J. C. Gamble. 1997. Large scale spatial variations in the seasonal abundance of *Calanus finmarchicus*. Deep-Sea Research I, Vol. 44, no. 2: 315-326.
- Pomery, R.S., J.E. Parks & L.M. Watson. 2004. How is your MPA doing? A guidebook of natural and social indicators for evaluating marine protected area management effectiveness. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Xvi + 216 pp. (www.iucn.org)
- Popp Madsen, K. 1994. Tobis or not Tobis. Et vigtigt spørgsmål for dansk fiskeri. Fisk og Hav 45, 27-34.
- Proctor, R., P.J. Wright & A. Everitt. 1998. Modelling the transport of larval sandeels on the north-west European shelf. Fisheries Oceanography, 7: 347-354.
- Ramseier, R.O., C. Garrity, D. G. Parsons & P. Koeller. 2000. Influence of Particle Organic Carbon Sedimentation Within the Seasonal Sea-ice Regime on the Catch Distribution of Northern Shrimp (*Pandalus borealis*). J. Northw. Atl. Fish. Sci., Vol. 27, 35 – 44.
- Rasmussen, R. O. 2002. Definition og implementering af bæredygtighedsbegrebet. I: Rasmussen, R. O. & K. G. Hansen. 2002. Aspekter af bæredygtig udvikling i Grønland. Begreber, borgerdeltagelse og økonomi. Naturforvaltning og kultur. Sisimiut Museum. Nors forskningsrapport nr. 54. 168s.
- Rasmussen, T. & K. Tande. 1995. Temperature-dependent development, growth and mortality in larvae of the deep-water prawn *Pandalus borealis* reared in the laboratory. Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol. 118:149-157.
- Rasmussen, T., M. Aschan & J. S. Christiansen. 2000. The implementation of laboratory studies to recruitment modelling – a brief review of experimental procedures. ICES CM. Doc., No. R:07. 16p.
- Rätz, H. J. 1999. Structures and changes of the demersal fish assemblage off Greenland, 1982-96. NAFO Science Council Studies, No. 32: 1-15.
- Reid, P.C. & G. Beaugrand. 2002. Interregional biological responses in the North Atlantic to hydrometeorological forcing. Chapter 2 in: Sherman, K. & H.R. Skjoldal (Eds.). Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability. Elsevier, Amsterdam: 27-48.
- Reid, P.C., E.J.V. Battle, S.D. Batten & K.M. Brander. 2000. Impacts of fisheries on plankton community structure. ICES Journal of Marine Science, 57: 495-502.
- Regeringen. 2002a. Fælles fremtid – udvikling i balance. Danmarks nationale strategi for bæredygtig udvikling. Juni 2002. Miljøstyrelsen.
- Regeringen. 2002b. Indikatorrapport. Danmarks nationale strategi for bæredygtig udvikling. Fælles fremtid – udvikling i balance. August 2002. Miljøstyrelsen.
- Regeringen. 2003a. Nøgleindikatorer. Danmarks nationale strategi for bæredygtig udvikling. Fælles fremtid – udvikling i balance. November 2003. Miljøstyrelsen.
- Regeringen, 2003b. Verdenstopmødet i Johannesburg og Danmarks strategi for bæredygtig udvikling. November 2003. Miljøstyrelsen.
- Regeringen, 2004. Handlingsplan for biologisk mangfoldighed og naturbeskyttelse i Danmark 2004-2009. 2004. Miljøministeriet. (www.dk-chm.dk/cooperation).
- Rice, J.C. 1993. Forecasting abundance from habitat measures using nonparametric density estimation methods. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 1690-1698.
- Rice, J.C. 2002. Changes to the large marine ecosystem of the Newfoundland-Labrador Shelf. Chapter 3 in: Sherman, K. & H.R. Skjoldal (Eds.). Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability. Elsevier, Amsterdam: 51-103.
- Rice, J. & H. Gislason. 1996. Pattern of change in the size spectra of numbers and diversity of the North Sea fish assemblage, as reflected in surveys and models. ICES Journal of Marine Science, 53: 1214-1225.
- Richardson, K., A.W. Visser & F.B. Pedersen. 2000. Subsurface phytoplankton blooms fuel pelagic production in the North Sea. Journal of Plankton Research Vol. 22, no. 9: 1663-1671.
- Richardson, K., T.G. Nielsen, F.B. Pedersen, J.P. Heilman, B. Løkkegaard & H. Kaas. 1998. Spatial heterogeneity in the structure of the planktonic food web in the North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser., Vol. 168:197-211.
- Ricker, W.E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Bd. Can. 11: 559-623.
- Riis-Carstensen, E. 1931. The Godthaab expedition 1928. Report on the expedition. Meddelelser om Grønland. Kommissionen for videnskabelige undersøgelser i Grønland. Bd. 78, Nr. 1. 105 pp. + 1 MAP.
- Riget, F. & J. Engelstoft. 1998. Size-at-age of Cod (*Gadus morhua*) off West Greenland, 1952-92. NAFO Sci. Coun. Stud. 31: 1-12.

- Rindorf, A. 2001. Tobis, tobisfiskeri og havfugle. Fisk og Hav 53, 2-9.
- Rindorf, A., S.Wanless & M.P. Harris, 2000. Effects of changes in sandeel availability on the reproductive output of seabirds. Marine Ecology Progress Series 202: 241-252.
- Rose, G.A. 1993. Cod spawning on a migration highway in the north-west Atlantic. Nature 366, 458-461.
- Rothschild, B.J. & T.R. Osborn. 1988. Small-scale turbulence and plankton contact rates. J. Plankton Res. 10:465-474.
- Russ, G. R. & D. C. Zeller. 2003. From Mare Liberum to Mare Reservarum. Marine Policy 27: 75-78.
- Rysgaard, S., T.G. Nielsen & B. Hansen. 1999. Seasonal variation in nutrients, pelagic primary production and grazing in a high-Arctic coastal marine ecosystem, Young Sound, Northeast Greenland. Mar.Ecol. Prog. Ser. 179:13-25
- Sandvad, H.C. 2004. Industrifisk skal på menukortet. Fiskeri Tidende, Uge 25, Torsdag d. 17. juni, Forsiden.
- Sherman, K. & H.R. Skjoldal (Eds.). 2002. Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability. Elsevier, Amsterdam, 449 pp.
- Sherman, K. & 15 medforfattere. 2003. Letter to the Editor. Fisheries Research 64: 197-204.
- Shumway, S.E., H.C. Perkins, D.F. Shick & A.P. Stickney. 1985. Synopsis of biological data on the pink shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer, 1838. NOAA Technical Report NMFS 30 (FAO Fisheries Synopsis No. 144). 57 p.
- Serreze, M.C., J.E. Walsh, F.S. Chapin III, T. Osterkamp, M. Dyurgerov, V. Romanovsky, W.C. Oechel, J. Morison, T. Zhang & R.G. Barry. 2000. Observational evidence of recent change in the northern high-latitude environment. Climate Change 46: 159-207.
- Siegstad, H., O. Jørgensen & P. Kannevorf. 1998. Andre fiskerimæssige ressourcer. Grønlands Fiskeriundersøgelser Gennem 50 år. Grønlands Naturinstitut. s109-115.
- Siegstad, H., H.-J. Rätz & C. Stransky. 2003a. Assessment of demersal redfish in NAFO Subarea 1. Northwest Atlantic Fishery Organization. Serial No. N4853, NAFO SCR Doc. 03/35. 8p.
- Siegstad, H., H.-J. Rätz & C. Stransky. 2003b. Assessment of other finfish in NAFO Subarea 1. Northwest Atlantic Fishery Organization. Serial No. N4851, NAFO SCR Doc. 03/34. 6p.
- Sinclair, M. 1988. Marine populations. An essay on population regulation and speciation. University of Washington Press, Seattle, WA, 252 p.
- Sinclair, M. & T.D. Iles. 1988. Population richness of marine fish species. Aquat. Living Resour. 1:71-83.
- Sinclair, M. & T.D. Iles. 1989. Population regulation and speciation in the oceans. J. Cons. Int. Explor. Mer., 45: 165-175.
- Sinclair, M. & F. Page. 1995. Cod fishery collapses and North Atlantic GLOBEC. U.S. GLOBEC NEWS No. 8 -- March 1995. s2-3 + s16-20.
- Smidt, E.L.B. 1971. Summery report of the ICNAF NORWESTLANT surveys, 1963. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Redbook 1971, Part III: 275-295.
- Smidt, E.L.B. 1989. "Min tid i Grønland – Grønland i min tid". Fiskeri · Biologi · Samfund 1948 – 1985. Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck. 214s.
- Smith, P.J. & A. Jamieson. 1986. Stock discreteness in herrings: a conceptual revolution. Fish. Res. 4, 223-234.
- Soto, C.G. 2002. The potential impacts of global climate change on marine protected areas. Reviews in Fish Biology and Fisheries 11: 181-195.
- Sparholt, H. 1996. Interaktioner mellem torsk, sild og brisling i centrale Østersø. Doktorafhandling Københavns Universitet. 68s.
- Steffen, W., Sanderson, A., Jäger, J., Tyson, P.D., Moore III, B., Matson, P.A., Richardson, K., Oldfield, F., Schellnhuber, H.-J., Turner II, B.L., Wasson, R.J. 2004. Global Change and the Earth System: A Planet under pressure. Springer Verlag, Heidelberg, Germany. 336 pp.
- Stein, M. & V.A. Borovkov. 2004. Greenland cod (*Gadus morhua*): modeling recruitment variation during the second half of the 20th century. Fish. Oceanogr. 13:2: 111-120
- Stendel, M., T. Schmith & J. Hesselbjerg Christensen 2001. Simulations of future climate with a coupled atmosphere-ocean general circulation model. Jørgensen, AMK *et al.* Climate Change Research - Danish Contributions. (9), 135-150. Copenhagen, Danmarks Meteorologisk Institut.
- Stephensen, K. 1910. Danmarks Fauna. Storkrebs I. Skjoldkrebs. Med 108 afbildninger. G.E.C. Gads Forlag.
- Stephensen, K. 1935. Crustacea Decapoda. Meddelelser om Grønland. Kommissionen for videnskabelige undersøgelser i Grønland. Bd. 80, Nr. 1. 94 pp.

- Stern, H.L. & M.P. Heide-Jørgensen. 2003. Trends and variability of sea ice in Baffin Bay and Davis Strait, 1953-2001. *Polar Research* 22(1), 11-18.
- Stickney, A.P. & H.C. Perkins. 1981. Observations on the food of the larvae of the northern shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 40(1): 36-49.
- St. John, M. & T. Lund. 1996. Lipid biomarkers: linking the utilization of frontal plankton biomass to enhanced condition of juvenile North Sea cod. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 131:75-85.
- Storm, L. 2001. Rejelarver (*Pandalus borealis* Krøyer, 1838) ved Vestgrønland. Stadiudvikling og drift, lipidsammensætning og fedtsyrer. Specialerapport, Zoologisk Museum, Københavns Universitet, september 2001. 96s.
- Storr-Paulsen, M., K. Wieland, H. Hovgaard & H-J. Rätz. 2004. Stock structure of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in West Greenland waters: implications of transport and migration. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 972-982.
- Støttrup, J.G. 2000. The elusive copepods. Their production and suitability in marine aquaculture. *Aquaculture Research*, 31: 703-711.
- Svelle, M., H. Aarefjord, H.T. Heir, and S. Øverland. 1997. Assessment Report on Fisheries related Species and Habitats Issues. Fifth International Conference on the Protection of the North Sea. Intermediate Ministerial Meeting 1997. 127 pp.
- Swain, D.P. & A.F. Sinclair. 2000. Pelagic fishes and the cod recruitment dilemma in the Northwest Atlantic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 1321-1325.
- Sundby, S. 2000. Recruitment of Atlantic cod stocks in relation to temperature and advection of copepod populations. *Sarsia* 85, 277-298.
- Tacconi, L. 2000. Biodiversity and Ecological Economics, Participation, Values and Resource Management. Earthscan Publications Ltd, London.
- Tande, K.S., T. Rasmussen & G. Pedersen. 1994. Thermal Increase Enhancement: a possible link between recruitment and climate in high latitude environments.-ICES Marine Science Symposia, 198: 502-509.
- Taylor, A.H. 2002. North Atlantic climatic signals and the plankton of the European continental shelf. Chapter 1 in: Sherman, K. & H.R. Skjoldal (Eds.). Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability. Elsevier, Amsterdam: 3-26.
- Thiel, H. & A. Kowlow (eds.), 2001. Managing risks to biodiversity and the environment on the high sea, including tools such as marine protected areas - Scientific requirements and legal aspects. - Proceedings of the expert workshop held at the International Academy for Nature Conservation, Isle of Vilm, Germany, 27 February - 4 March 2001. 216 pp. (Her særligt A.J. Graham: Deep-water coral conservation. Pp 67-74)
- Thielst, P. 2003. Livets mening. Eller blot lidt sammenhæng og perspektiv. DET lille FORLAG. 143s.
- Tomkiewicz, J., M.J. Morgan, J. Burnett & F. Saborido-Rey. 2003. Available information for estimating reproductive potential of Northwest Atlantic groundfish stocks. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, Vol. 33: 1-21.
- Valdemarsen, J.W. (Ed.). 2003. Report from a workshop on discarding in Nordic fisheries. TemaNord 2003: 537. 197p.
- van der Veer, H.W., A.J. Geffen & J.I.J. Witte. 2000. Exceptionally strong year classes in plaice *Pleuronectes platessa*: are they generated during the pelagic stage only, or also in the juvenile stage? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 199: 255-262.
- Verity, P. G. & V. Smetacek 1996. Organism life cycles, predation, and the structure of marine pelagic ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 130: 277-293.
- Verity, P.G., P. Wassmann, M.E. Frischer, M.H. Howard-Jones & A. E. Allen. 2002. Grazing of phytoplankton by microzooplankton in the Barents Sea during early summer. *Journal of Marine Systems* 38: 109-123.
- Wahle, R.A. 2003. Revealing stock-recruitment relationships in lobsters and crabs: is experimental ecology the key? *Fisheries Research* 65: 3-32.
- Waters, R. L., J. G. Mitchell & J. Seymou. 2003. Geostatistical characterisation of centimetre-scale spatial structure of *in vivo* fluorescence. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 251: 49-58.
- WCED. 1987. World Commission on Environment and Development 1987 - Our common future. Oxford, UK; Oxford University Press: 398 pp.
- Werner, F. E., B. R. Mackenzie, R. I. Perry, R. G. Lough, C. E. Naimie, B. O. Blanton & J. A. Quinlan. 2001. Larval trophodynamics, turbulence, and drift on Georges Bank: A sensitivity analysis of cod and haddock. *Sci. Mar.*, 65: 99-115.

- Wieland, K. 2003. Abundance of Young (Age 1, 2 and 3) Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) off West Greenland (NAFO Subareas 0+1) in 1993-2003, and Changes in Mean Size-at-age Related to Temperature and Stock Size. NAFO Scientific Council Documents 03/76. 22p.
- Wieland, K. 2004. Length at sex transition in northern shrimp (*Pandalus borealis*) off West Greenland in relation to changes in temperature and stock size. Fisheries Research 69: 49-56.
- Wieland, K. & H. Hovgaard. 2002. Distribution and drift of Atlantic cod (*Gadus morhua*) eggs and larvae in Greenland offshore waters. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 30: 61-76.
- Wilhelmudvalget, 2001. Hovedrapport: "En rig natur i et rigt samfund" og Wilhelmudvalgets endelige rapporter. <http://www.sns.dk/wilhelm/>
- Wilson, J.A., J.M. Acheson, M. Metcalfe & P. Kleban. 1994. Chaos, complexity and community management of fisheries. Marine Policy, 18 (4): 291-305.
- Windle, M.J.S. & G.A. Rose. 2005. Migration route familiarity and homing of transplanted Atlantic cod (*Gadus morhua*). Fisheries Research 75: 193-199.
- Worm, B. & R. A. Myers. 2003. Meta-analysis of cod-shrimp interactions reveals top-down control in oceanic food webs. Ecology, 84(1): 162-173.
- Wright, P.J., E. Verspoor, C. Anderson, L. Donald, F. Kennedy, A. Mitchel, P. Munk, S.A. Pedersen, H. Jensen, H. Gislason, P. Lewy 1998a. Population structure in the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) and its implications for fishery-predator interactions. Final Draft Report to DG XIV 94/C 144/04 Study Proposal No. 94/071. European Commission, 61 pp.+ Appendices.
- Wright, P.J., S.A. Pedersen, L. Donald, C. Anderson, P. Lewy, R. Proctor. 1998b. The influence of physical factors on the distribution of lesser sandeel, *Ammodytes marinus*, and its relevance to fishing pressure in the North Sea. ICES, CM 1998/ AA: 3: 9 pp. + Tables and Figures.
- Zeller, D. & D. Pauly. 2001. Visualisation of standardized lifehistory patterns. Fish and Fisheries 2:344-355.
- Zeller, D. & D. Pauly. 2004. The future of fisheries: from 'exclusive' resource policy to 'inclusive' public policy. In: Browman, H.I. & K.I. Stergiou (eds). 2004. Perspectives on ecosystem-based approaches to the management of marine resources. Mar. Ecol. Prog. Ser. 274:295-298.
- Zeller, D. & Reinert, J. 2004. Modelling spatial closures and fishing effort restrictions in the Faroe Islands marine ecosystem. Ecological Modelling, 172: 403-420.
- Zeller, D. & G. R. Russ. 2004. Are fisheries 'sustainable'? A counterpoint to Steele and Hoagland. Letter to the Editor. Fisheries Research 67: 241-245.
- Ærtebjerg, G., J.H. Andersen & O. Schou Hansen (eds.) (2003): Nutrients and Eutrophication in Danish Marine Waters. A Challenge for Science and Management. National Environmental Research Institute. 125 pp.

13. Appendiks

Akronymliste:

- ACFM - "Advisory Committee for Fisheries Management" (www.ices.dk)
- AMAP - "Arctic Monitoring and Assessment Programme" (www.amap.no)
- GEF - "Global Environment Facility" (www.gefweb.org)
- GIWA - "Global International Water Assessment" (www.giwa.net)
- GLOBEC - "Global Ocean Ecosystem Dynamics"
(<http://www.pml.ac.uk/globec/>)
- HELCOM - "Baltic Marine Environment Protection Commission"
(<http://www.helcom.fi/>)
- ICES - "International Council for the Exploration of the Sea" (www.ices.dk)
- ICSU - "International Council for Science" (www.icsu.org)
- IGBP - "International Geosphere Biosphere-Programme"
(www.igbp.kva.se/cgi-bin/php/frameset.php)
- IFM - Institute for Fisheries Management and Coastal Community Development
(www.ifm.dk)
- IPCC - "The Intergovernmental Panel on Climate Change" (www.ipcc.ch)
- IWC - "The International Whaling Commission" (www.iwcoffice.org)
- JCCM - "Canada/Greenland Joint Commission on Conservation and Management of Narwhal and Beluga" (www.natur.gl)
- JGOFS - "Joint Global Ocean Flux Study" (www.uib.no/jgoofs/jgoofs.html)
- LME - "Large Marine Ecosystems" (<http://www.edc.uri.edu/lme/>)
- OSPAR - "The OSPAR Commission for the protection of the marine environment of the North-East Atlantic" (www.ospar.org)
- NAFO - "Northwest Atlantic Fisheries Organization" (www.nafo.ca)
- NAMMCO - "The North Atlantic Marine Mammal Commission" (www.nammco.no)
- NEAFC - "North East Atlantic Fisheries Commission" (www.neafc.org)
- SAUP - "Sea Around Us Project" (<http://www.seaaroundus.org/>)
- SCOR - "Scientific Committee on Oceanic Research" (<http://www.jhu.edu/~scor/>)
- UNEP - "United Nations Environment Programme" (www.unep.org)

DFU-rapporter – index

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DFU's hjemmeside www.dfu.min.dk, hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

- | | |
|------------|---|
| Nr. 120-03 | Danmarks Fiskeriundersøgelser. Ramme- og aktivitetsplan 2003-2006 |
| Nr. 121-03 | Genudlagte blåmuslinger (<i>Mytilus edulis</i> L.) på vækstbanker i Limfjorden 2002. Per Sand Kristensen og Nina Holm |
| Nr. 122-03 | Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2002. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl |
| Nr. 123-03 | Blåmuslinger (<i>Mytilus edulis</i> L.) i Århus Bugt 2002. Forekomster og fiskeri. (fiskerizonerne 24, 25, 26, 30, 31 og 34). Per Sand Kristensen |
| Nr. 124-03 | Forebyggelse af YDS (yngeldødelighedssyndrom) og begrænsning af medicinforbrug i æg- og yngelopdræt i danske dambrug. Per Aarup Jensen, Niels Henrik Henriksen, Kaare Michelsen, Dansk Dambrugerforening og Lone Madsen, Inger Dalsgaard, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Fiskepatologisk Laboratorium |
| Nr. 125-03 | Laksens gydevandring i Varde Å-systemet. Radiotelemetri-undersøgelse. Niels Jepsen, Michael Deacon og Mads Ejby Ernst |
| Nr. 126-03 | DFU's standardtrawl: Konstruktion og sammenlignende fiskeri. Ole Ritzau Eigaard, Josianne Støttrup, Erik Hoffmann, Holger Hovgård og Søren Poulsen |
| Nr. 127-03 | Status and Plans. DIFRES November 2003. Tine Kjær Hassager (Ed.) |
| Nr. 128-03 | Udsætninger af pighvar ved Nordsjællands kyst fra 1991-1997. Claus R. Sparrevohn og Josianne Støttrup |
| Nr. 129-03 | Fiskebestande og fiskeri i 2004. Sten Munch-Petersen |
| Nr. 130-04 | Bestanden af blåmuslinger i Limfjorden 1993 til 2003. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann. |
| Nr. 131-04 | Udsætningsforsøg med ørred (<i>Salmo trutta</i>) i Gudenåen og Randers Fjord, gennemført i 1982-83, 1987-89 og 1994-96. Stig Pedersen og Gorm Rasmussen |
| Nr. 132-04 | En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. Lars M. Svendsen og Per Bovbjerg Pedersen |
| Nr. 133-04 | Udnyttelse af strandkrabber. Knud Fischer, Ole S. Rasmussen, Ulrik Cold og Erling P. Larsen |
| Nr. 134-04 | Skjern Å's lampretter. Nicolaj Ørskov Olsen og Anders Koed |

- Nr. 135-04 Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Lars-Flemming Pedersen, Ole Sortkjær, Morten Sichlau Bruun, Inger Dalsgaard & Per Bovbjerg Pedersen
- Nr. 135a-04 Supplerende teknisk rapport (Anneks 1 – 8) til DFU-rapport nr. 135-04. Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Lars-Flemming Pedersen, Ole Sortkjær, Morten Sichlau Bruun, Inger Dalsgaard og Per Bovbjerg Pedersen
- Nr. 136-04 Østersfiskeri i Limfjorden – sammenligning af redskaber. Per Dolmer og Erik Hoffmann
- Nr. 137-04 Hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet, 2004. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 138-04 Blåmuslinger (*Mytilus edulis* L.) og molboøsters (*Arctica islandica* L.) i det nordlige Lillebælt i 2004 (fiskerizone 37 og 39). Forekomster og fiskeri. Per Sand Kristensen
- Nr. 139-05 Smoltdødeligheder i Årslev Engsø, en nydannet Vandmiljøplan II-sø, og Brabrand Sø i foråret 2004. Kasper Rasmussen og Anders Koed
- Nr. 140-05 Omplantede blåmuslinger fra Horns Rev på bankerne i Jørgens Lo og Ribe Strøm 2002-2004. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 141-05 Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2004. Per Sand Kristensen, Niels Jørgen Pihl og Rasmus Borgstrøm
- Nr. 142-05 Fiskebestande og fiskeri i 2005. Sten Munch-Petersen
- Nr. 143-05 Opdræt af torskeyngel til udsætning i Østersøen (forprojekt). Josianne G. Støttrup, Julia L. Overton, Christian Möllmann, Helge Paulsen, Per Bovbjerg Pedersen og Peter Lauesen
- Nr. 144-05 Skrubbeundersøgelser i Limfjorden 1993-2004. Hanne Nicolajsen
- Nr. 145-05 Overlevelsen af laksesmolt i Karlsgårde Sø i foråret 2004. Anders Koed, Michael Deacon, Kim Aarestrup og Gorm Rasmussen
- Nr. 146-05 Introduktion af økologi og kvalitetsmærkning på danske pionerdambrug. Lars-Flemming Pedersen, Villy J. Larsen og Niels Henrik Henriksen
- Nr. 147-05 Fisk, Fiskeri og Epifauna. Limfjorden 1984 – 2004. Erik Hoffmann
- Nr. 148-05 Rødspætter og Isinger i Århus Bugt. Christian A. Jensen, Else Nielsen og Anne Margrethe Wegeberg
- Nr. 149-05 Udvikling af opdræt af aborre (*Perca fluviatilis*), en mulig alternativ art i ferskvandsopdræt. Helge Paulsen, Julia L. Overton og Lars Brünner

- Nr. 150-05 First feeding of Perch (*Perca fluviatilis*) larvae. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 151-05 Ongrowing of Perch (*Perca fluviatilis*) juveniles. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 152-05 Vurdering af ernæringstilstand for aborre. Helge Paulsen, Julia L. Overton, Dorte Frandsen, Mia G.G. Larsen og Kathrine B. Hansen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 153-05 Myndighedssamarbejdet om fiskeriet i Ringkøbing og Nisum fjorde. Redaktion: Henrik Baktoft og Anders Koed
- Nr. 154-05 Undersøgelse af umodne havørreders (grønlændere) optræk i ferskvand om vinteren. Anders Koed og Dennis Søndergård Thomsen
- Nr. 155-05 Registreringer af fangster i indre danske farvande 2002, 2003 og 2004. Slutrapport. Søren Anker Pedersen, Josianne Støttrup, Claus R. Sparrevohn og Hanne Nicolajsen
- Nr. 156-05 Kystfodring og godt fiskeri. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvarsdén, Christian Laustrop og Sune Riis Sørensen
- Nr. 157-05 Nordatlantiske havøkosystemer under forandring – effekter af klima, havstrømme og fiskeri. Søren Anker Pedersen