

SNF-RAPPORT NR. 34/03

Spelet om kolmule

av

Nils-Arne Ekerhovd

SNF-prosjekt nr. 5255:
“Strategisk program i ressursforvaltning”

Prosjektet er finansiert av Noregs Forskingsråd

*Senter for fiskeriøkonomi
Rapport nr. 91*

**SAMFUNNS- OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS
BERGEN, SEPTEMBER 2003**

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale med KOPINOR, Stenersgate 1, 0050 Oslo. Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale og i strid med åndsverkloven er straffbart og kan medføre erstatningsansvar.

ISBN: 82-491-0292-4

ISSN 0803-4036

Føreord

Denne utgreiinga utgjer mitt skriftlege arbeid på høgare avdelings studium ved Norges Handelshøyskole innanfor spesialfaget samfunnsøkonomi. Rettleiar under utgreiingsarbeidet har vore professor Rögnvaldur Hannesson, som eg vil nytte høvet til å takke for god hjelp og rettleiing. Utgreiinga er skriven i tilknytning til Samfunns- og næringslivsforskning AS, Senter for fiskeriøkonomi under prosjekt nr. 5255 "Strategic Program in Resource Management", finansiert av Norges Forskningsråd.

Bergen, august 2003

Nils-Arne Ekerhovd

Samandrag

Kolmulebestanden i det nordaustlege Atlanterhavet vert fiska på utan at det ligg føre ei internasjonal avtale om felles forvaltning av denne bestanden. Kolmulefisket har i dei siste åra auka kraftig, både i kvantum, men òg i talet på nasjonar som driv fiske etter kolmule. I denne utgreiinga freistar ein å skildre kolmulefisket før og etter at auken i fisket tok til med å modellere kolmulefisket som eit sekvensielt fisket. Det auka fisket etter kolmule er heilt klart motivert av eit ynskje om sikre seg størst mogeleg historiske rettar i fisket før ei internasjonal avtale om felles forvaltning og fordeling av kvoter vert inngått. Resultata viser konsekvensane, økonomisk så vel som biologisk, av ei slik posisjoneringsåtfærd samanlikna med korleis kolmulefisket vart drive tidlegare. Posisjoneringsåtfærd reduserar den potensielle gevinsten i fisket, og aukar faren for at bestanden skal kollapse som følgje av overutnytting. Likevel, dersom bestandsstorleiken eller tilveksten er stor nok, kan det økonomiske utbytte til nokre av aktørane nærme seg, eller verte større enn, utbytte dei ville oppnådd dersom dei ikkje hadde drive med posisjonering, men tok fangstane til dei andre for gitt og tilpassa sitt eige fiske etter det.

Innhald

1. Innleiing	1
2. Biologi, populasjonsdynamikk og utbreiing	3
3. Forvaltning og regulering av kolmulefisket i internasjonale fora.....	10
4. Prosessen på kyststatnivå.....	16
5. Modell.....	24
Sekvensielt fiske.....	33
Posisjonering	35
6. Parametrisering av modellen.....	39
Estimering av den logistiske vekstfunksjonen	39
Økonomiske parametrar.....	46
7. Resultat og samanlikning av likevektar.....	49
Fiske ned bestanden i dag eller la bestanden få bygge seg opp?	57
Land 2 sin strategi under ulike veksttilhøve og bestandsstorleikar.....	61
8. Diskusjon	65
Referansar	71
Vedlegg.....	73

1. Innleiing

Føremålet med denne utgreiinga er å vise konsekvensane, både biologisk og økonomisk, av ein kamp for å etablere ein fangst historie i kolmulefisket for å sikre seg ein størst mogeleg del av ei framtidig internasjonal kvote. Ein vel her å sjå på sekvensielt fiske, fordi dette ser ut til å passe for kolmule. Kolmule gyter om våren, hovudsakleg vest av britiske øyer, i EU-farvatn der det vert fiska store mengder kolmule. Seinare er kolmule å finne i og omkring Norskehavet; i internasjonalt farvatn og i dei økonomiske sonene til blant anna Russland, Noreg, Island og Færøyane; også medan kolmule oppheld seg i desse farvatna er ho under eit stort fiskepress.

I samband med internasjonale avtaler om forvaltning av delte og vandrande fiskebestandar vert fordelinga av totalkvota mellom partane bestemt av kva historiske rettar i fiskeriet kvar einskild part har. Kva slags prinsipp som ligg til grunn for dei historiske rettane kan variere frå fiskeri til fiskeri. Ofte er tidlegare fangst og del av totalfangst det som bestemmer kor stor del av avtalt totalkvote dei einskildde aktørane får, men ei fordeling kan også basere seg på kor stor del av bestanden som har tilhald i områder under dei respektive nasjonane sin jurisdiksjon. Før ei slik avtale vert inngått opplever ein ofte ein auka fiskeaktivitet frå dei aktuelle aktørane for å sikre seg best mogeleg utgangspunkt i forhandlingane som leiar fram til avtala.

Kolmule er ein viktig fiskebestand i det nordaustlege Atlanterhavet. Frå å ha lagt på ein årleg fangst på om kring 600 000 tonn per år tok fangstane til å skyte i vêret på slutten av 1990-talet og kom raskt opp i over 1 million tonn. I 2001 vart det fiska mest 1,8 millionar tonn kolmule. Dette vedvarande høge fangstuttaket gjer at risiko for at bestanden skal bryte saman vert sett på som stor og at ein bør freiste å redusere fangstane for å sikre bestanden og oppnå eit meir forsvarleg og lønsamt fiske.

Problemet er at nasjonane som fiskar kolmule og som har økonomiske soner der kolmule vandrar ikkje har klart å vorte samde om eit felles forvaltingsregime for kolmule både for dei nasjonale sonene og for internasjonale farvatn der det til sine tider er mogeleg å fiske store mengder kolmule. Forhandlingar og samtaler mellom nasjonane for å kome fram til ei avtale om forvaltning av kolmule har gått føre seg over lengre tid utan noko endeleg løysing.

Samstundes med det auka kolmulefisket og den tilsynelatande sterke veksten i bestanden har havforskarane vore tilbakehaldne med å oppdatere deira prognoser med omsyn til framtidig bestandsstorleik og fangst. Sidan 1997 har kolmulefangstane vore langt større enn det havforskarane sine tilrådde kvoter. Sjølv om havforskarane har måtte innrømme i ettertid at kolmulebestanden kanskje var større enn deira prognoser på det aktuelle tidspunkt skulle tilseie, har det ikkje ført til at berekna storleik på kolmulebestanden og tilrådde kvoter har auka. Havforskarane har peika på at det er stor uvisse knyta til tilhøva for kolmulebestanden i framtida og at hovudkomponentane i bestanden består av berre nokre få årsklasser som vert utsett for eit hardt fiskepress slik at bestanden står i fare for å kollapse dersom ein får svikt i rekrutteringa av yngre årsklasser til kolmulebestanden samstundes som dei eldre årsklassene vert redusert gjennom fiske. Etter føre-var prinsippet skal ikkje uvisse rundt prognosane nyttast som argument for å auke fangstane. Det at forskarane, gjennom fleire år, ikkje har fått rett i sine prognoser er med på å undergrave truverdnet deira blant offentlege styresmakter og fiskarar, og har gjort det vanskelegare å få til ei internasjonal forvaltingsavtale for kolmule i det nordaustlege Atlanterhavet.

Strukturen vidare i utgreiinga er som følgjer: Neste kapitel handlar om biologi, populasjonsdynamikk og utbreiing til kolmula. Kapittel 3 tek føre seg arbeidet i den nordaustatlantiske fiskerikommisjonen (NEAFC) med å kome fram til ei felles avtale om forvaltning av kolmule. Deretter, i kapittel 4 ser ein nærare på denne prosessen på kyststatnivå, som har gått føre seg parallelt med arbeidet i NEAFC. Neste steg, kapittel 5, er å freiste å modellere aktørane si åtferd i kolmulefisket. I kapittel 6 vert parametra i modellen talfesta. Kapittel 7 presenterar resultata frå modellane og viser kor robuste dei er mot endringar i parametra. Vidare, ser ein på kva tilhøve som kan vere årsaka til den posisjoneringa ein har opplevd i kolmulefisket dei siste åra. Utgreiinga vert avslutta, i kapittel 8, med ein diskusjon av resultata og føresetnadene som ligg til grunn.

2. Biologi, populasjonsdynamikk og utbreiing

Dette kapitlet tek føre seg biologi, populasjonsdynamikk og utbreiing hos kolmule. Her vert òg gitt ein kort innføring i historia til kolmulefisket og forskinga på bestanden. Kapitlet byggjer på eit utkast til eit bokkapitel av Terje Monstad (Monstad 2003 (in prep.)).

Kolmule, *Micromesistius poutassou* (Risso), ein mindre torskefisk, er karakterisert som ei oseanisk, semi-pelagisk art. Ho høyrer heime i det nordaustlege Atlanterhavet, og er ein av dei talrikaste fiskeartene i Norskehavet.

Kolmula lever hovudsakleg i boreale¹ havområder, i atlanterhavsvatn, både nær botnen så vel som pelagisk. Ein kan òg finna ho i djuphavsområder. Det vanlegaste er at kolmula held seg på djupner frå 200 til 500 meter, men også både djupare og grunnare i vassøyla. Ein har funne kolmule på nesten 900 meters djupne og av og til, spesielt om sommaren, heilt oppe i overflata.

I løpet av sitt første leveår har kolmula ei relativ høg vekstrate og når ei lengde på 12 – 15 cm, nokre individ er til og med 20 cm og lengre. Kolmule blir kjønnsmoden i alderen 2 – 4 år og lengda ligg på 20 – 25 cm. Total lengde kan vere 50 cm, men sjeldan større enn 35 cm. Dei fleste vaksne individa finn ein i lengdegruppa 25 – 30 cm og vekta ligg på 200 – 300 gram.

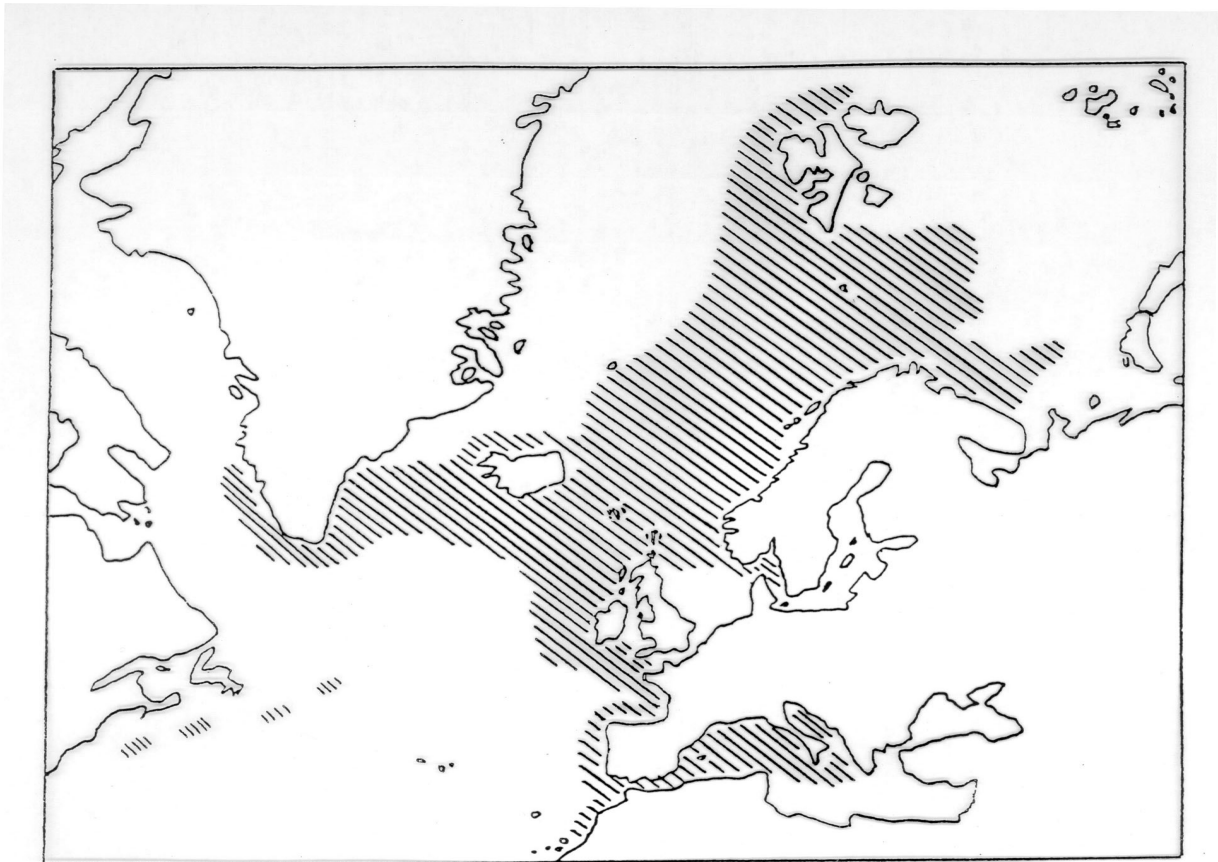
På grunn av den vide utbreiinga i nordaust Atlanteren får ulike delar av kolmulebestanden forskjellige oppvekstvilkår som gir opphav til ulike populasjonar. Difor er bestanden samansett av fleire overlappende populasjonar, dokumentert av genetisk analyser, morfologi, gyteområder og vekstmønster. Dei ulike populasjonane, den sørlege i Biscayabukta og den nordlege, utbreidd frå Porcupinebanken og nordover, har ikkje klare skiller mellom seg og kan på visse tider av året vere delvis blanda med kvarandre. Den nordlege, som heilt klart er den største av dei to, beitar i Norskehavet i sommarhalvåret og gyter vest av dei britiske øyer. Kolmule frå sør, det vil seie frå den Iberiske halvøya og Biscayabukta, gyter også i same område.

¹ Boreal kjem av det greske ordet ”boreas”, som tyder nordavind. På landjorda er borealeområder tundra- og barskogsområder på den nordlege halvkula. Boreale havområder er typisk sør for arktisk- og subarktiskehavområder, det vil, i denne samanhengen, seie Nord-Atlanteren og tilstøytande havområder.

Kolmule opptrer i atlantehavsvatn og ein finn ho i varmare delar av nordaust Atlanteren. Utbreiingsområdet strekk seg frå Marokko til Svalbard, hovudsakeleg langs kanten på kontinentalsokkelen og inn i Barentshavet. Ein finn òg kolmule i Middelhavet og i dei nordvestlege delar av Atlanterhavet.

I Norskehavet finn ein kolmule frå polarfrontområdet, Island – Jan Mayen – Svalbard, og austover mot norskekysten heilt inn i fleire fjordar. Vidare er det kolmule i Norskerenna i Nordsjøen, i farvatna rundt Shetland og i skråninga rundt Færøyane og sør og sørvest av Island. I nord kan ein treffe på kolmule vest av Spitsbergen nesten opp til 82° N og i Barentshavet austover til 45° aust.

Utbreiinga og mengde av kolmule ser ut til å vere sterkt avhengig av dei rådande temperaturtilhøva. For utbreiing i Barents- og Norskehavet er dette spesielt tydeleg. I vest er kolmule observert i Danskestrede, omkring Kap Farvel på Grønland og utanfor Nova Scotia på Georges og Grand Banks.



Figur 1. Utbreiing av kolmule. Monstad 2003 (Adj. from Zilanov, 1984).

I desember/januar oppheld mesteparten av kolmula seg i Norskehavet, det vil seie dei vaksne individa av den "oseanske" del av den nordlege komponenten av bestanden, som samlar seg i kanten nord og aust av Færøyane kor dei startar på gytevandringa sørover til bankane og områda langs kontinentalskråninga vest av dei britiske øyer. Det viktigaste gyteområdet strekk seg frå sørvest av Irland, over Porcupinebanken og vidare nordover langs kanten opp til området nord for Hebridane. Gyting finn òg stad i områda rundt Rockall, i Biscayabukta og utanfor vestkysten av Spania og Portugal. Det går føre seg gyting av kolmule i mindre målestokk utanfor norskekysten og i fjordar, i færøysk farvatn og på sørkysten av Island.

Gytinga tek til i sør og varer frå januar/februar til mai/juni når gytesesongen er over i området Shetland – Færøyane. Gyteaktiviteten når to toppar i løpet av sesongen, ein i mars på Porcupinebanken, vest av Irland, og den andre i april rundt St. Kilda, vest av Hebridane.

Etter gytinga vandrar kolmula mot beiteområda, anten sør eller nord, og følgjer ein direkte havstraum. Medan ein del av dei utgytte vandrar sørover, vandrar fleirtalet mot nord og nordaust.

Som vaksne er kolmula meir eller mindre på konstant vandring året i gjennom. Vanlegvis finn ein tette konsentrasjonar nær kontinentalskråninga, men i enkelte år òg på djupare vatn lengre vest.

I sommar- og haustsesongen finn ein kolmule over store delar Norskehavet. På beitevandringa passerar ho gjennom dei norsk, islandsk og færøysk økonomiske sonene til Noreg, Island og Færøyane, Jan Mayen-sona og Svalbard-sona så vel som i internasjonalt farvatn sentralt i Norskehavet. Mot slutten av året og tidleg på nyåret samlar kjønsmogen kolmule seg i sørlege deler av Norskehavet for å "klargjere" seg for gytevandringa mot sør.

Gjennom meir enn tretti år, sidan 1970, har det vorte observert store variasjonar i utbreiinga til kolmulebestanden sommar og haust. Desse variasjonane kan delvis forklarast med endringar i bestandsstorleik og hydrografiske tilhøve, i tillegg til tilgangen på mat.

Midt på 1980-talet var det ein heller kraftig nedgong i mengde kolmule og utbreiingsområdet for kolmule i Norskehavet minka. Sjølv om det fann stad ein generell reduksjon i

kolmulebestanden, stemte ikkje vurderingane av bestandsstorleiken på gytefelta overeins med den meir drastiske reduksjonen på beiteområda.

Om desse endringane skuldast fluktuasjonar i temperaturtilhøva, fann desse truleg stad i den austislandske havstraumen, heller enn i atlanterhavstraumen. Det nordlege Norskehavet var ikkje varmare i byrjinga av 1980-talet enn i åra etter, og i dei sørlege områda var temperaturen i atlanterhavsvatn høgare i perioden med redusert kolmulebestand enn tilfelle var berre nokre få år tidlegare. I den austislandske havstraumen fann ein samstundes auka innslag av arktisk vatn med temperaturar lågare enn $3^{\circ} C$, som kan ha vore viktig for utbreiing og storleik til kolmulebestanden. På 200 meter djupne opplevde ein at polarfronten flytta seg (om lag 300 km) austover frå 1980 til 1984 og på den måten fungerte som ei barriere for bestanden si vandring nordover langs vestsida av Færøyane. I staden følgde kolmula renna mellom Færøyane og Shetland og vandra langs austsida av Færøyane inn i Norskehavet.

Sjølv om endringar i den austatlantiske straumen skapte endringar i vandringsmønsteret i sørlege delar av Norskehavet, er det lite truleg at dette førte til redusert vandring til beiteområda lengre nord. Det kan like gjerne vere tilgjenge på mat som var årsak til ein slik reduksjon. Som i 1980, då biomassen til hoppekreps var låg, fann ein kolmule konsentrert i soner kor planktonutviklinga var høgast. I 1979 og 1980, derimot, var produksjonen høg og ein fann kolmule spreidd over eit stort område.

Forklaringa på dette har ikkje ei enkel årsak, og mest truleg oppstod endringane som ein kombinasjon av fleire faktorar. Tek ein omsyn til at dietten til kolmule er svært variert, kolmule et blant anna mange forskjellige sortar plankton saman med mindre fiskar og blekksprut, er det lite truleg at tilgang på mat i Norskehavet vart redusert til så lågt nivå i denne perioden at det åleine skulle resultere i den drastiske endringa i kolmuleutbreiinga som ein var vitne til i midten av 1980-talet.

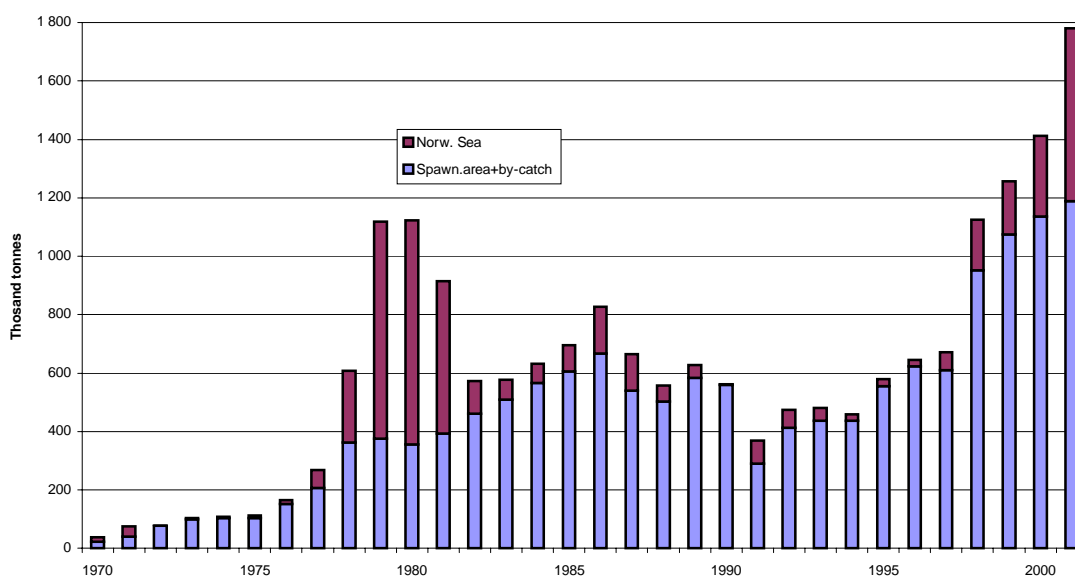
I tillegg til områda i Nordsjøen finn ein vanlegvis umogen kolmule sør og aust i Norskehavet. I enkelte år med rike årsklasser kan, likevel, utbreiinga strekke seg meir mot nord- og vestover mot midten av Norskehavet og til og med lengre nord.

Oppvekstområdet i Nordsjøen, det vil seie i Norskerenna, er vel kjent frå fiske med småmaska trål. Fiske etter kolmule, spesielt etter småkolmule (0 – 2 år gamle), går føre seg her heile året

i gjennom. Industritrålfisket som fann stad her på 1970- og 1980-talet baserte seg i stor grad på umogen kolmule. Umogen kolmule kan ein òg finne utbreidd over store områder vestover frå Irland, i Biscaya og lengre sør så vel som i Barentshavet.

Før 1970-talet var det ikkje noko fiskeri retta direkte mot kolmule i nordaust Atlanteren. Det vart ikkje ført separat fangststatistikk for kolmule og fangstane vart tekne i eit blanda industrifiske. Sidan 1970 har ICES² registrert fangstane av kolmule som ei separat art, men i dei første år var denne noko ufullstendig.

Ettersom fleire land fann kolmulefisket kommersielt interessant utvikla det seg heller fort på 1970-talet, med deltaking frå 10 til 15 land. Frå eit heller moderat fiske i første halvdel av 1970-talet vart det ein utruleg auke i den kommersielle utnyttinga av den nordlege bestandskomponenten, fangstane auka med om lag 1 millionar tonn over ein fireårsperiode.

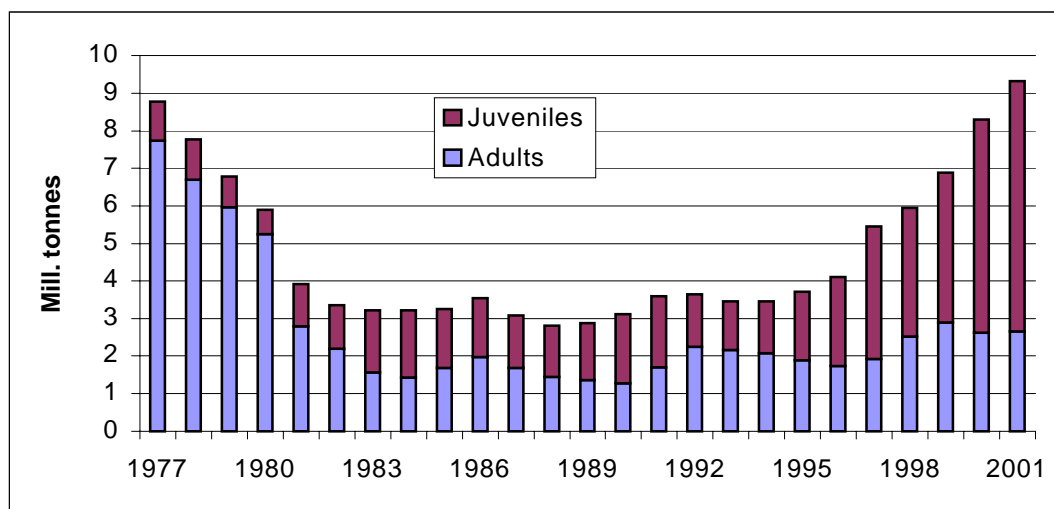


Figur 2. Registrerte totalfangstar av kolmule, frå Norskehavet, fisket på gytefelta vest av dei britiske øyer og det blanda industrifisket i Nordsjøen, 1970-2001. Monstad 2003.

Noreg byrja eit prøvefiske med flytetrål på gyteområda i 1972. Ringnotsnurparar vart rigga for tråling og ein prøvde først med partråling. På tross av lovande resultat frå desse forsøka var

² ICES forkorting for "International Council for the Exploration of the Sea", det internasjonale havforskningsrådet.

hovudproblemet å berge store og tunge fangstar. Fordi det vart tråla på stor djupne, for det meste 400 – 500 m, utvida symjeblæra seg når fisken kom til overflata. Dette førte til at heile fangsten utvida seg noko som ofte førte til øydelagde trålar og fiskeposar. Fisket fortsette med tråling frå einskildfartøy, og problema med reiskapsskadane vart løyst. I åra etter utvikla teknikken for pelagisk-tråling seg fort, ein fekk større fartøy med større maskinkraft og større reiskap med akustisk utstyr som førte til større fangstar. Samstundes auke fiskarane sine ferdighetar og kunnskapar om fiske på gytefelta under ein stadig utvida vinter- og vårsesong.



Figur 3. Berekna storleik på kolmulebestanden i det nordaustlege Atlanterhavet, 1977-2001. Monstad 2003.

I perioden 1971 – 75 registrerte ein eit fangstnivå på 110 tusen tonn kolmule. Som nemnd auka dette raskt, og i 1979 og 1980 vart det fiska over 1,1 millionar tonn kolmule. Men nokre få år seinare var fangstane berre om lag halvparten av dette, som igjen auka til ein ny topp på 900 tusen tonn i 1986. Frå eit nytt minimumsnivå på mindre enn 400 tusen tonn 1991 har fangstane jamt og trutt auka til rekordfangst på mest 1,8 millionar tonn i 2001, då fangstane vart teken innanfor eit område som strekkjer seg frå den iberiske halvøya, i sør, nordover til svalbardområdet i vestsona av Barentshavet.

I åra 1979 – 1981 kom størstedelen av fangstane frå Norskehavet. Sovjetunionen (Russland) var då den leiande nasjonen og tok opptil 700 tusen tonn åleine. Fiske gjekk føre seg heile året, men hovudsakleg om sommaren og hausten, for det meste i internasjonalt farvatn og i Jan Mayen området.

Sidan 1982 har dei største fangstane vorte tekne vinter og vår i skråninga og på bankane vest av dei britiske øyer kor den mogne delen av bestanden samlar seg for å gyte. I dette fisket er Noreg den leiande nasjonen med dei klart største fangstane med meir eller mindre halvparten av landa kvantum. I Norskehavet minka fisket i åra fram til 1998. Sterke årsklasser frå og med 1995 førte til ei generell utviding av utbreiingsområdet vestover frå dei britiske øyer så vel som i Norskehavet. Samstundes med dette har det vore ei merkbar auke i fangstar frå både gyteområda og beiteområda.

Den sterke beskattinga av bestanden har ført til ein reduksjon i talet på eldre fisk samstundes som alderen for kjønnsmogning har vorte lågare. Resultatet er at yngre aldersgrupper, det vil seie 1–3 åringar, er dominerande i bestanden, noko som gjer han meir sårbar enn under den tidlegare perioden med tilsvarende utnyttingsgrad då gjennomsnittsalderen var tre til fire år høgare.

3. Forvaltning og regulering av kolmulefisket i internasjonale fora

Her tek ein føre seg prosessen med å få til ei internasjonal semje om forvaltning av kolmulebestanden gjennom den regionale fiskeriforvaltingsorganisasjonen den Nordaustatlantiske fiskerikommisjonen (NEAFC), og tilrådingane frå det internasjonale havforskningsrådet (ICES) og følgje utviklinga og diskusjonane om dette som har vorte ført på møta i denne organisasjonen sidan 1998. Følgjande kapittel baserar seg på referata frå årsmøta og ekstraordinære møter, vedlegga til desse, halde i NEAFC i frå 1998 til 2003 (Anon. 1998, 1999b, 2000b, 2001b, 2002b og 2002c).

Det internasjonale havforskningsrådet, ICES (International Council for the Exploration of the Sea), er ein uavhengig, vitenskapleg organisasjon som gir regionale fiskeriforvaltingsorganisasjonar, EU og nasjonane rundt Nord-Atlanteren råd om forvaltning av det marine miljøet og dei marine ressursane. ICES har tre rådgivande komitear; ein for fiskeriforvaltning, ACFM (Advisory Committee on Fisheries Management), ein for havmiljø, ACME (Advisory Committee on Marine Environment) og ein for økosystem (Advisory Committee on Ecosystems). ACFM hentar inn vitenskapleg bakgrunnsmateriale frå medlemslanda og gir årlege råd om fangstar for dei viktigaste fiskeslaga i Nordaust-Atlanteren. Med utgangspunkt i desse råda forhandlar dei involverte partane seg fram til årlege kvoter og andre reguleringar for dei ulike fiskebestandane.

Den Nordaustatlantiske fiskerikommisjonen, NEAFC (North East Atlantic Fisheries Commission), er ein regional fiskeriforvaltingsorganisasjon som skal tene som eit forum for rådgiving og utveksling av informasjon om fiskebestandar og forvaltning, og kan kome med tilrådingar om fiskeria i internasjonale farvatn i områda som er omtalt i konvensjonen som NEAFC er tufta på. Sidan dei fleste fiskeria går føre seg innanfor kyststatane sin jurisdiksjon mangla NEAFC noko reelt forvaltingsansvar ut over dei delane av fiskebestandane som oppheld seg i internasjonale farvatn omfatta av konvensjonen.

Utviklinga av det juridiske rammeverket for fiskeriforvaltning etter FN sin konvensjon om havretten (UN Convention on the Law of the Sea) spesielt Rio-erklæringa og FN si avtale om vern og forvaltning av vandrande fiskebestandar (Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks) førte til at NEAFC fekk vind segla. Kommisjonen bestemte seg for å sjå NEAFC si framtid i lys av denne utviklinga i det

rettslege rammeverket for fiske i farvatn utanfor nasjonal jurisdiksjon. I seinare år har ein opplevd auka fiskeriaktivitet i internasjonale farvatn og NEAFC har fått ansvaret for forvaltinga av fleire fiskebestandar i konvensjonsområdet. I 1998 vart dei dåverande medlemmene samde om å styrke NEAFC med å opprette eit uavhengig sekretariat i London.

NEAFC har vore samde om ein rådgivande total tillatne fangst, TAC (Total Allowable Catch), for kolmule frå 1992, i tråd med tilrådingane frå ACFM. TAC var på 650 000 tonn årleg fram til og med 2001. Fram til 1997 blei denne kvota respektert, før fangstane tok til å skyte i vêret. Tabell 1 viser ACFM sine tilrådingar til kolmuleforvalting 1994 – 2003, samt forventa fangst basert på tilrådingane, TAC avtalt i NEAFC og faktiske fangstar.

På årsmøtet 1998 i NEAFC var ein klar over at den totale fangsten av kolmule kom til å bli på over 1 million tonn, alle partane hadde auka sine uttak og fangstane tekne i internasjonale farvatn hadde òg auka. Sjølv om det vart fiska langt meir enn det ICES anbefalte var partane, tilsynelatande, ikkje redde for at bestanden skulle kollapse i den næraste framtid. Prosessen med å kome fram til semje om fullstendig regulering av bestanden hadde allereie i 1998 gått føre seg ei tid.

Det vart gjort vedtak om at arbeidsgruppa for kolmule skulle fortsetje arbeidet sitt, og at ein skulle kalle inn til eit seminar for å samle data om utbreiinga av kolmula for å bestemme kor mykje av bestanden kunne seiast å ha tilhald i dei einskilde sonene og farvatna. Sjølv om alle gav uttrykk for at det var viktig for dei å nå ei løysing, hadde partane tilsynelatande inga hast med å kome fram til ei slik. Partane oppfatta situasjonen slik at det ikkje var noko overhengande fare for at bestanden skulle kollapse i næraste framtid.

På årsmøtet året etter, i 1999, peika ACFM på i deira tilråding at kolmulebestanden vart utnytta utanfor biologisk sikre grenser³, vesentleg over den tilrådde TAC som vart vedteken for siste år.

Arbeidsgruppa, til NEAFC, på kolmule hadde kome fram til at ein kunne sjå føre seg eit todelt forvaltningssystem for kolmule: Kyststatane vert i første delen samde om ein samla TAC som dei deler seg i mellom og, dessutan, set dei av ei kvote for fiske i internasjonale farvatn som

³ ”Sikre biologiske grenser”: sjå neste fotnote.

NEAFC i den andre delen fordelar på dei interesserte partar. Dette systemet har mykje til felles med forvaltingsregimet for norsk vårgytande sild.

Arbeidet i arbeidsgruppa vart no utsett i påvente av at kyststatane skulle bli samde. Som kyststatar i kolmulesamanheng rekna ein Noreg, EU, Danmark (på Færøyane og Grønland sine vegner) og Island. Russland la fram resultat frå undersøkingar av utbreiing og fordeling av umogen kolmule i Barentshavet som dokumentasjon på at også Russland var ein kyststat i denne samanhengen. Møtet enda med at det vart vedteken ein mellombels ufordelt TAC på 650 000 tonn for 2000.

Uttaket av kolmule fortsette å auke. ACFM gav tilråding til ein TAC på 650 000 tonn (eigentleg ikkje over 628 000 tonn) for 2001. Då kyststatane ikkje hadde vorte samde om noko løysing kunne heller ikkje NEAFC gjere noko anna enn å oppmode kyststatane om å få framgang i arbeidet. Partane understrekka kor viktig det var, og at dei ville arbeide hardt for, å finne ei løysing i næraste framtid. Det var semje om å føre vidare dei mellombelse tiltaka frå 2000 i 2001 og diskutere fordelinga i kyststatssamanheng.

ACFM ville ikkje gi til råding til fiske for 2002, då kolmulebestanden i deira auge var utanfor biologisk sikre grenser og dei følgde ein politikk: ingen gjenoppbyggingsplan frå kyststatane – inga tilråding til fiske frå ACFM.

Noreg kritiserte ACFM av fleire årsaker. Noreg meinte at ACFM såg for mørkt på stoda til bestanden, blant anna hadde dei ikkje lagt til grunn dei siste data for rekrutteringa til bestanden. ACFM innsåg at nyare informasjon gav høgare overslag og hadde denne vore tilgjengeleg då tilrådingane vart utforma ville dei truleg vore meir optimistiske enn dei vart. ICES fekk kritikk for å drive politikk og ikkje vitenskap. Det var Noreg si meining at dei blanda forskning og forvaltning og undra seg over korleis ein skulle vurdere ein oppbyggingsplan utan vitenskapelig tilrådingar. Noreg fekk tilsynelatande støtte av dei andre landa i kritikken retta mot ICES og ACFM.

EU sin delegasjonsleiar kom med ei fråsegn der han uttrykte stor uro over at ein ikkje kom fram til løysing og at kolmulebestanden snart ville kollapse utan at det vart gjort noko. Vidare drog han fram EU som eit føregangsland i arbeidet med å få til den mellombelse fastsetjinga av ein ufordelt TAC sidan 1992.

EU føreslo at ein skulle nytte råd som NEAFC sine forskarar, som han innrømte, stort sett, var dei same som arbeide for ICES, gav tidlegare på ei samla kvote på 250-300 000 tonn. Noreg peika på at sjølv om tilrådinga frå ACFM vart kritisert var det denne ein hadde å halde seg til. Ein konsekvens av dette var at ein burde sette i verk eit moratorium for kolmule til ein kom fram til ei løysing, men at dette var ikkje akseptabelt for nokon av partane. Noreg føreslo at fastsetjing av ein TAC skulle utsetjast til eit ekstraordinært møte i NEAFC. Noreg bad partane å slutte seg til dette.

Russland, Island og Danmark (på vegne av Færøyane og Grønland) støtta Noreg sitt forslag. EU sa seg samd i den skildringa av situasjonen som den norske fråsegna gav uttrykk for, men EU meinte å ikkje å fastsetje ein TAC var uansvarleg og i strid med prinsippet om berekraftige fiskerier. Store mengder kolmule ville kunne bli fiska før partane møtest att. Polen stilte seg bak EU. Kommisjonen vart samd å kalla inn til eit ekstraordinært møte i april 2002.

På det ekstraordinære møte i NEAFC, 10-12 april 2002, der eit hovudmål var å fastsetje reguleringstiltak for forvaltingsområdet på bakgrunn av ei semje mellom kyststatane og Russland, måtte partane rapportere at dei ikkje hadde vorte samde om ein TAC og eventuell fordeling av denne. Dette trass i at det hadde gått føre seg ein intens prosess sidan siste årsmøte i NEAFC med multilaterale og bilaterale møter.

Derimot hadde kyststatane, og Russland, nådd semje om ein langsiktig forvaltingsplan for kolmulebestanden i desember 2001. I fråvere av semje om ein TAC for 2002 varsla kyststatane og Russland NEAFC om deira unilaterale tiltak for å avgrense kolmulefangstane i 2002. Samla utgjorde kvotene for 2002 1 492 938 tonn, der Noreg hadde 32% av kvotene, EU 14%, Færøyane 13%, og Island og Russland hadde 19% kvar, medan Grønland satt med om lag 2% av kvotene.

ICES la fram følgjande tilråding på årsmøte til NEAFC, november 2002: $F \leq F_{pa}$ ⁴ tilsvarande ein TAC mindre enn 600 000 tonn. ACFM hadde revidert estimata for rekrutteringsårsklassene og dette hadde ført til eit meir positivt estimat på gytebestanden enn året før. Revisjonen var basert på data frå nyare undersøkingar og frå fisket. ACFM gjorde likevel merksam på at det fortsett er stor tvil og uvisse knyta til bestandsdynamikken og vurderingsmetodane. ACFM ser på modellen brukt til denne vurderinga som den mest pålitelege. Bestanden kunne ha vore noko underestimert dei siste åra, medan det siste estimatet kunne vere eit for høgt anslag.

Tabell 1. Oversikt over forvaltningstiltal frå ICES om kolmule, forventa fangst basert på tiltal, felles TAC avtalt mellom NEAFC partane og faktisk fangst. Alle storleikar i tusen tonn. ICES foreslår at B_{pa} vert sett til 2,25 millionar tonn og at F_{pa} vert sett til 0,32 (Anon. 2002d og Anon. 2003).

År	ICES tilråding	Forventa fangst	TAC	Fangst
1994	Føre-var TAC (nordleg komponent); ingen tilråding for den sørlege komponenten.	485	650	459
1995	Føre-var TAC for heile bestanden	518	650	579
1996	Føre-var TAC for heile bestanden	500	650	646
1997	Føre-var TAC for heile bestanden	540	650	672
1998	Føre-var TAC for heile bestanden	650	650	1 125
1999	Fangstar > 650' truleg ikkje berekraftig på lang sikt	650	650	1 256
2000	F bør ikkje vere større enn den foreslåtte F_{pa}	800	650	1 412
2001	F bør ikkje vere større enn den foreslåtte F_{pa}	628	650	1 780
2002	Gjenoppbyggingsplan	0		1 560
2003	F bør ikkje vere større enn den foreslåtte F_{pa}	598		

⁴ ICES si tilnærming for at bestandar og fiskerier skal vere innanfor sikre biologiske grenser, må det vere ein høg sannsynlighet for at gytebestandsbiomassen (**SSB**) er over ei grense B_{lim} , kor rekruttering til bestanden er i fare eller dynamikken til bestanden er ukjent, og at fiskedødelighet er lågare enn ein verdi F_{lim} som vil føre gytebestanden til denne biomassegrensa. På grunn av at feil opptrer i den årlege estimeringa av F og SSB, må operasjonelle referansepunkt ta høgde for slike feilkjelder. ICES har difor definert meir konservative referansepunkt B_{pa} og F_{pa} (fotskrift _{pa} står for "føre-var" tilnærming (precautionary approach)) som ein operasjonell terskel. Dersom ein bestand er berekna å vere over B_{pa} er det ei høg sannsynlighet at han vil vere over B_{lim} og på same måte dersom F er berekna å vere mindre enn F_{pa} er det ein liten sannsynlighet at F er høgare enn F_{lim} . Referanseverdiane B_{lim} og F_{lim} vert brukt for berekningsformål til å kome fram til B_{pa} og F_{pa} , dei operasjonelle verdiane som skulle ha ei høg sannsynlighet for vere berekraftig, basert på historia til fiskeriet. Bestandar over B_{pa} og mindre enn F_{pa} vert sett på som å ligge innanfor sikre biologiske grenser. Bestandar under både B_{pa} og F_{pa} vert sett på som å vere utanfor sikre biologiske grenser, og bestandar som er over F_{pa} , men også over B_{pa} vert vurdert som hausta utanfor sikre biologiske grenser: i begge høver må tiltak setjast i verk for å få dei innanfor sikre biologiske grenser (Anon. 2002e: ICES CM 2002/ACFM:10, Ref. ACE, D).

Kyststatane og Russland hadde ikkje greidd å nå fram til ei avtale om fordeling og TAC, men dei ha greidd å avgrense fangstane i 2002 noko i høve til 2001, sjølv om dei låg langt over tilrådingane frå ICES.

Prosessen innan NEAFC med å få til ei felles internasjonal forvaltning av kolmule i det nordaustlege Atlanterhavet viser kor vanskeleg det er å kome fram til ei semje når kyststatane ikkje kan einast om ein nøkkel for fordeling av ein TAC mellom kvarandre. Her er det ikkje fritt fiske i internasjonale farvatn som hindrar ein løysing, men ynskje til kyststatane om å få størst mogeleg del fangstane. Dei svært konservative prognosane for bestandsutvikling og låge tilrådingar til kvoter frå havforskarane har òg gjort det vanskelegare å kome fram til ei semje då ei slik semje vil måtte basere seg på tilrådingane frå forskarane når ein skal bestemme TAC. Når det viser seg at bestanden tåler fangstar mange gonger over det havforskarane har tilrådd ville ei internasjonal avtale om TAC for kolmule ha ført til at fiskarane måtte ha avgrensa fisket sitt sterkt i høve til kva det hadde vore mogeleg å ta. Trusselen om eit slikt potensielt tap gjer at landa føretrekk å vente med å inngå ei avtale til bestanden og fangstane viser synlege teikn på nedgong. Meir realistiske tilrådingar med omsyn på kor mykje fiske bestanden tåler ville ha gjort det mykje lettare å kome fram til ei internasjonal forvaltingsavtale som gjeld både dei nasjonale sonene og internasjonale farvatn.

4. Prosessen på kyststatnivå

Sidan NEAFC tok initiativ til nye møter mellom kyststatane for å prøve å få til ei løysing på kolmulefordelinga har det vorte halde mange møter utan at ein så langt har kome fram til noko endeleg løysing. Her gir ein ei skildringa av utspela til dei ulike nasjonane i prosessen og kva som kan liggje bak dei. Informasjonen er hovudsakeleg henta frå artiklar skrivne for den norske fiskeripressa (bladet Fiskaren og nettstaden www.Intrafish.no) og noko frå internasjonal fiskeripresse (Fishing News International).

Tabell 2: Forslag til fordeling av kolmulefangstane framlagt på kyststatsmøter og i NEAFC (kjelde: Paul Oma, Fiskeridirektoratet)

Ein oversikt over dei ulike forslaga om fordeling av kolmulebestanden som er lagd fram på kyststatsmøter og NEAFC-arbeisgruppemøter.

Land	Noreg		EU			Færøyane			Island*****		Russland*****
	februar 00	juli 01	februar 00**	februar 00***	februar 01	mars 00	juni 00	juli 01	februar 00	februar 00	juli 01
Noreg*	37,75 %	32,7 %	8,23 %	12,58 %	12,0 %	17,0 %	17,0 %	15,0 %	24,94 %	24,0 %	?
EU	30,31 %	36,8 %	65,62 %	62,51 %	58,0 %	41,0 %	38,0 %	40,0 %	22,41 %	25,0 %	?
Færøyane	17,69 %	17,4 %	16,88 %	16,08 %	21,0 %	31,0 %	37,0 %	31,0 %	18,43 %	22,0 %	?
Island	5,75 %	4,7 %	0,45 %	0,43 %	****	5,0 %	3,0 %	5,5 %	24,31 %	18,0 %	?
Grønland	0,63 %	0,5 %	0,00 %	0,00 %	****	0,0 %	0,0 %	0,5 %	0,38 %	0,0 %	?
Int./Russland	7,88 %	8,0 %	8,82 %	8,40 %	9,0 %	6,0 %	8,0 %	8,0 %	9,53 %	11,0 %	20,00 %
Totalt	100 %	100,1 %	100 %	100 %	100,0 %	100 %	101 %	100 %	100 %	100 %	20 %

* Inkluderar andelarr til Jan Mayen-sona og Svalbardsona.

** Basert på "offisielle fangstdata".

*** Basert på "modifisert norske fangstdata".

**** Island, Grønland, Russland og NEAFC skal dele 9 %.

***** Island la fram tal som viste distribusjon av kolmule både i antal (første kolumnen) og i biomasse.

***** Russland kravde 20 % i plenum - uklart om dette gjaldt andel i internasjonalt farvatn eller om det var russisk andel.

Norsk forslag om fordeling av avsetjing til internasjonalt farvann:

Land	april 2000 Andelar
Noreg	40,13 %
EU	5,54 %
Færøyane	4,10 %
Island	2,46 %
Grønland	0,00 %
Russland	46,63 %
Polen	0,17 %
Andre	0,97 %
Totalt	100,00 %

Norsk krav medregnet internasjonal andel: **35,91 %**

Noreg hevdar at kolmulekvotene må fordelast etter sonetilhøringsprinsippet. Sonetilhøringsprinsippet går ut på at nasjonane får tildelt kvoter etter kor stor del av kolmulebestanden har tilhald i dei respektive sonene etter kriteriet "biomasse per tidseining". Noreg krev om lag 37 prosent av TAC for kolmule i samband med ei eventuell internasjonal forvaltingsavtale. Kravet om 37 prosent av kvotene er svært nær Noreg sin del av kolmulefangstane i perioden 1977 – 2000, då Noreg stod for 35 prosent av fangstane. Saman med Russland var Noreg dei største deltakarane i fisket. Russland tok 31 prosent av kolmule 1977 – 2000 (1998 – 2000 berre 14 prosent), fiska for det meste i færøysk sone og i internasjonale farvatn i Norskehavet. Tabell 2 viser forslag til fordeling av kolmulefangstane

som er lagt fram av partane i ulike samanhengar og tabell 3 viser kolmulefangstane 1987 - 2002 fordelt på Noreg, Russland, Island, Færøyane og EU.

Tabell 3. Kolmulefangst fordelt på Noreg, Russland, Island, Færøyane og EU, 1987 - 2002 (Anon. 2002d og 2003).

År	Noreg	Russland	Island	Færøyane	EU
1987	215 981	278 183	0	86 966	50 832
1988	233 314	177 521	0	79 831	36 333
1989	301 342	162 932	4 977	75 083	49 418
1990	310 938	125 609	0	48 686	43 560
1991	137 610	151 226	0	10 563	38 122
1992	181 622	177 000	0	13 436	56 430
1993	211 489	139 000	0	16 506	65 981
1994	229 643	116 781	0	24 342	49 677
1995	339 837	107 220	369	26 009	70 052
1996	394 950	86 855	302	24 342	103 123
1997	347 311	118 656	10 464	28 546	131 660
1998	560 568	130 042	64 863	71 218	262 740
1999	528 797	178 179	160 530	105 006	257 414
2000	533 280	245 198	260 183	147 991	200 947
2001	573 311	315 478	365 101	259 761	241 555
2002	571 479	290 068	285 539	205 421	202 488

Sonetilhøringsprinsippet, slik Noreg tolkar det, har ikkje full støtte blant partane i kolmulefisket. EU, blant andre, meiner at fangst i dei respektive sonene skal leggjast til grunn for kvotefordeling, utan omsyn til kva nasjonar som har stått for fangstane. EU krev såleis 58 prosent av ein TAC for kolmule, medan dei hevdar at Noreg berre har krav på 12 prosent ved ei eventuell kvotefordeling.

Færøyane stod for åtte prosent av kolmulefangstane frå 1977 til 2000. Færøyane dobla sitt kvantum frå 1997 til 2000, men delen deira av samla kolmulefangst auka berre med ein prosent. Saman med Russland sitt fiske i færøysk sone underbyggjer dette eit krav frå Færøyane på 37 prosent av ein eventuell TAC for kolmule. EU godkjenner eit kvotekrav frå Færøyane på 21 prosent.

Island har ingen lang tradisjon for kolmulefiske. Eit lite fiskeri gjekk føre seg frå 1977 til 1983. (Island fiska berre 3 prosent av kolmulefangstane i perioden 1977 – 2000.) Etter det var kolmula nærast gløymd, men i 1997 fiska Island 10 000 tonn kolmule og sidan då har utviklinga vore eksplosiv. Frå 1997 til 2000 har islandske farty stått for 13 prosent kolmulefangstane. Island gjer krav på 22 prosent av kolmula. EU hevdar at Island og Russland må, saman med andre ”utanforståande” nasjonar, vere nøgde med 9 prosent på deling. Summerar ein krava frå dei ulike nasjonane kjem ein til nærare 200 prosent.

EU ser tydelegvis på seg som hovudpart i kolmulesamanheng, som til dømes Noreg har fått i samband med norsk vårgytande sild. EU forlangar difor brorparten av ei framtidig samla internasjonal kolmule kvote og tek mål av seg å kunne setje dei andre nasjonane sine kvoter også.

Færøyane hevdar at kolmula er særskild viktig for økonomien til øygruppa. Kolmule er den største fiskebestanden i færøysk sone, og Færøyane som elles har heller lite av eigne fiskeressursar har bytta kolmule mot kvoter på andre fiskeslag i andre nasjonar sine soner. Då særleg mot Russland som har fått 120 000 tonn kolmule i bytte mot torsk i Barentshavet, men òg mot kvoter i dei andre nabolandssonane sine soner, blant anna har Noreg og EU fått lov å fiske 70 000 tonn kolmule i færøysk sone. I tillegg har færøyske reiarar bygd opp ein moderne og effektiv pelagisk fiskeflåte som har kolmule som ein viktig del av sitt driftsgrunnlag, og som òg lett er i stand til å fiske 250 000 tonn kolmule om året. Vidare, er kolmule eit viktig råstoff for den einaste fiskemjølprodusenten på øyane, som òg er ein viktig fôrleverandør til dei lokale fiskeoppdrettsanlegga.

Det at kolmula er viktig for fleire ulike grupper av fiskebåtreiarar og andre næringsinteresser på Færøyane har gjort at det har oppstått intern strid på Færøyane om kolmule: Kvitfiskreiarane vil ha kolmule som byttmiddel, ringnot-/kolmuletrålræiarane vil ha kolmule til sine farty og bytte kvoter i makrell og sild, medan mjøl- og fôrprodusenten og fiskeoppdrettarane vil ha kolmule til sine behov. Færøyane er redd for at ei felles forvaltingsavtale og kvotefordeling for kolmule vil gi dei mindre enn om dei kan setje kvoter i eiga sone einseitig. EU-sona var tidlegare den einskild sona det vart fiska mest kolmule i, men kolmulefisket i færøysk sone har auka så mykje dei siste åra, til om lag 400 000 tonn i 2001, og er no den einskild sona som det vert teke mest kolmule.

Det uløyste problemet med kolmule skapte vanskar då Noreg og EU skulle inngå kvoteavtale for nordsjøfisket for 2002. Kolmule utgjør 40 prosent av byttet frå EU-sida til Noreg.

Kolmule som viktig byttemiddel har ført til at Færøyane har opplevd press i samband med forhandlingar med andre nasjonar om fiskeriavtaler. Islandske fiskebåtreiarar trua Færøyane med brott i fiskerisamarbeidet dersom Færøyane stilte seg bak eit felles forslag frå EU og Noreg som ville gje Island 6 prosent av kolmule i ei eventuell kvotefordeling. I forhandlingane om fiskeriavtale med EU for 2002 skapte kolmule igjen vanskar for Færøyane. EU krev at Færøyane skulle kome med eit konkret tal for kor mykje kolmule EU skulle få fiske i færøysk sone. Dette avviste Færøyane, fordi dei var redde for at det kunne verte brukt mot dei seinare. Frå færøysk side ønskte ein å få ei semje mellom alle dei kolmulefiskande nasjonane før ein tek inn kolmule i dei årlege fiskeriforhandlingane med EU.

Island og Færøyane har vorte sterkt kritisert av andre nasjonar for å auke sine kolmulefangstar med det for auge å etablere historiske rettar før dei inngår internasjonale avtaler. ”Kolmulebestanden er sterkt knyta til våre farvatn og vi har ikkje fiska meir enn vår rettmessige del av kolmule i høve til bestanden sin biologiske tilknytning til islandsk økonomisk sone” sa den islandske fiskeriminister Arni Mathiesen til bladet ”Fishing News International” (august 2002, vol. 41, nr. 8). Mathiesen sa vidare: ”EU krev den største delen av kolmulefisket, men brukar ein stor del av han til å bytte til seg andre fiskerettar. Det er ein komplisert sak og heile forhandlingsprosessen vert gjort vanskelegare av den felles fiskeripolitikken i EU. Island er ikkje interessert i å bruke kolmule som byttemiddel og, etter utbreiinga til bestanden, bør vi ha 22 prosent av fisket.”

Færøyane har vorte skulda for å spekulere i eit kolmulehavari. Med ei nedfisking av kolmulebestanden vil han etterkvart berre opphalde seg i EU-sona og i færøysk sone, og då vil det vere vanskeleg for dei andre nasjonane å ta kolmule i internasjonalt farvatn. Færøyske styresmakter avviser sjølvsagt at dette er tilfelle, og seier at dei svært gjerne vil ha ei avtale på plass så snart som råd er.

Færøyane har fleire gonger ført bilaterale samtaler med Storbritannia om kolmule, med det utgangspunkt at dei felles interesser i kolmulesaka som ikkje kjem fram i EU sin felles fiskeripolitikk.

På eit forhandlingsmøte i Reykjavik februar 2002 la Island fram eit forslag som gjekk på ut at alle skulle redusere fisket i 2002 med 43 prosent i høve til fisket i 2001. Dette forslaget gjekk ikkje igjennom ettersom Noreg ikkje var villeg til å redusere sitt fiske med meir enn 35 prosent av dei 570 000 tonna kolmule som norske fiskarar landa i 2001. EU hadde òg bestemt seg for å redusere kolmulefangstane sine med mellom 30 og 35 prosent i 2002. Medan Island legg skulda på Noreg for at forhandlingane braut saman så hevdar dei norske representantane at det var Island som fekk sine krav godkjent av dei andre nasjonane, men var sjølv ikkje villeg til å innfri andre sine reduserte krav. Island meinte at Noreg og EU fekk for stor del av fangstane.

Under eit ekstraordinært møte i NEAFC, april same år, gjorde partane kommisjonen merksam på deira respektive unilaterale og bilaterale kvoter på kolmule for 2002. Fangstnivået kom til å verte om lag 20 prosent lågare i høve til nivået i 2001. Færøyane sette kvota til 360 000 tonn for kolmule i 2002. Av dette skulle Færøyane fiske 190 000 tonn sjølv og resten skulle ein gi til Noreg og EU i bytte mot kvoter i Barentshavet. Island si kvote for 2002 var på 282 000 tonn. Denne kvote var ein reduksjon på 23 prosent i høve til i fjor. Det islandske fiskeridepartementet tok atterhald om revurdering av kvota seinare, avhengig av kvotene til dei andre nasjonane og utviklinga i fisket.

Island og Færøyane vart òg samde om fornye avtala seg i mellom om gjensidige fiskerettar i kvarandre sine soner. Islandske farty fekk høve til å fiske kolmule i færøysk sone. Til gjengjeld kunne den færøyske flåten få fiske kolmule i Island si sone. Avtala omfattar òg kvotebytte av ein del andre fiskeslag.

Dei norske kolmulekvotene for 2002 var på 485 000 tonn, mot ein fangst på 564 000 tonn kolmule i 2001. Etter at alle kolmulefiskande nasjonane hadde lagt fram sine kvoter såg det ut til at det samla ville bli teke om lag 1,5 millionar tonn kolmule, til samanlikning var samla fangst i 2001 på nærare 1,8 millionar tonn. Den norske delegasjonsleiaren ekspedisjonssjef Johan Williams uttalte: "Alle har sett behovet for å regulere fiskeinnsatsen og det faktum at vi har fått på plass nasjonale kontrolltiltak er eit godt utgangspunkt for ei semje om ein internasjonal TAC i framtida" (Fishing News International , mai 2002).

Ved inngangen til 2002 vart kvota for norske farty sitt fiske i norsk økonomisk sone, i fiskerisona rundt Jan Mayen og i internasjonalt farvatn fastsett til 200 000 tonn. Som eit

resultat av at kyststatane ikkje oppnådde semje om ei regulering av det samla kolmulefisket i 2002 vart den norske kvota, ved forskriftsendring, utvidda slik at norske farty med kolmuletrålløyve og ringnotkonsesjon kunne fiske 250 000 tonn kolmule i norsk økonomisk sone og i internasjonalt farvatn sør for 65. breiddgrad. I følgje Fiskeriminister Svein Ludvigsen vil ikkje Noreg gjennomføre ein einsidig reduksjon i sitt kolmulefiske. Noreg og EU har redusert sine kolmulekvoter for 2002, men sidan dei andre kyststatane ikkje innfører tilsvarende avgrensingar i sitt fiske må Noreg endre si regulering (Intrafish, 19. februar 2002).

Med bakgrunn i indikasjonar om store mengder kolmule opna Noreg for eit prøvefiske etter kolmule nord for 65. breiddegrad i 2002. Til saman vart det fiska om lag 36 100 tonn i dette prøvefisket. Nord for 70. breiddegrad vart det berre teke vel 200 tonn kolmule.

Dette prøvefisket, og det at Noreg utvida si kvote med 50 000 tonn etter at det vart klart at det ikkje vart internasjonalt semje om ei totalkvote for kolmule, provoserte Island og Færøyane. Dei hevda at Noreg prøvde å utvide fisket med å auke fangstområdet og at Noreg er den einaste nasjonen som pressar på i kolmulefisket.

Fiskebåtrederne Forbund pressar på for at Noreg ikkje skal vere ettergivande i kolmulesaka. Forbundet er misnøgd med avtalene Noreg har inngått om deling av norsk vårgytande sild og makrell, og dei ønskjer ikkje at Noreg skal verte "Svarteper" i kolmulesamanheng. Samstundes var prisane på kolmuleråstoff svært gode i 2002, 20-30 prosent over det ein fekk i 2001. Uvisse omkring stoda til kolmulebestanden har gjort det lettare å argumentere for å føre ei tøff linje i kolmuleforhandlingane. Tilrådingane frå havforskarane har svinga frå full stopp i kolmulefisket til rapportar om rekordstor kolmulebestand som kort tid etter vert til kvoteforslag som er berre 40 prosent av det faktiske fisket. Fiskebåtrederne Forbund meiner havforskarane har eit pedagogisk problem når dei etter å ha publisert rekordmålingar går ut med åtvaringar.

Havforskarane, på si side, forklarar at bestanden tilsynelatande har klart det sterke fiskepresset så langt skuldast at ein har hatt fleire år med rekruttering frå sterke årsklasser av kolmule og samstundes har ein større del av kolmulebestanden opphalde seg i Barentshavet der den ikkje vert fiska på. Kor god rekrutteringa vert er det knyta så stor uvisse til at det er umogeleg å seie noko om på førehand, og når fisket er sterkt avhengig av rekrutterande årsklasser kan ei rekrutteringssvikt, med det fisket som har vore, fort føre til kollaps i bestanden. Så lenge

uvissa er så stor skal ein ikkje etter føre-var prinsippet sørgje for at ein brukar uvissa som eit påskot for å fiske mest mogeleg.

Det norske fiskeridepartementet opna ikkje for kolmulefiske nord 65. breiddegrad for 2003. ”Det var synd vi ikkje fann kolmule opp mot 70-graden, men vi kan ikkje fortsetje dette fisket utan å blamere oss” sa ekspedisjonssjef Johan Williams (Intrafish, 4.september 2002).

For 2003 gav ICES ei tilråding for kolmulefiske på 600 000 tonn. Då det fortsett ikkje var semje om fordelinga mellom partane var det opp til kvar einskild å setje kvoter unilateralt. Frå 2001 til 2002 klarte partane å redusere fangstane noko, men utover vinteren 2003 melde først Island at dei kom til å auke si kvote med 13 prosent frå 282 000 tonn til 318 000 tonn. Den offisielle årsaka var at fiskarane sin observasjonar tyda på at kolmulebestanden var i så god forfatning at den ville tåle auka fiske. Det vart likevel ikkje lagt skjul på at det var viktig for Island å auke sitt kolmulefiske for å møte ei venta opptrapping i fisket frå EU si side.

EU si utviding vart på heile 250 000 tonn, som skulle fiskast i internasjonalt farvatn. Med utvidinga kom EU si kvote opp i 615 000 tonn som er meir enn tilrådd TAC frå ICES. Den kraftige auken i EU si kvote førte til dei andre nasjonane auka sine kvoter også. Til dømes, 30. april 2003 meldte den norske fiskeriministeren Svein Ludvigsen til fiskerikommissæren i EU, Franz Fischler, at Noreg suspenderar reguleringane av fisket etter kolmule i norsk økonomisk sone og i internasjonale farvatn.

Posisjoneringskampen om kolmule fører til rekordfiske våren og sommaren 2003, 27. juni kunne Fiskaren melde at så langt var 665 000 tonn kolmule meldt inn til Noregs Sildesalgslag. Aldri før er det meldt inn så mykje kolmule på eitt år, og fisket fortsetjer. Ein kunne rapportere om eit godt kolmulefiske for norske farty i internasjonalt farvatn nord for 64 breiddgrad i juni 2003.

Forskingstokt våren 2003 viste at det var mykje kolmule i havet, dominert av 2000-årklassen, men årsklassene frå seinare år tyda på verte svakare. Kolmule frå 1999 og 2000 årsklassene utgjorde 75 prosent av gytebestanden, og forskarane frykta at gytebestanden vil verte redusert til neste år. Frå forskarhald vart det understreka at det forsett er all grunn til å åtvare mot eit så sterkt fiskepress på kolmule, og at det neppe ligg an til auke tilrådingar for neste år.

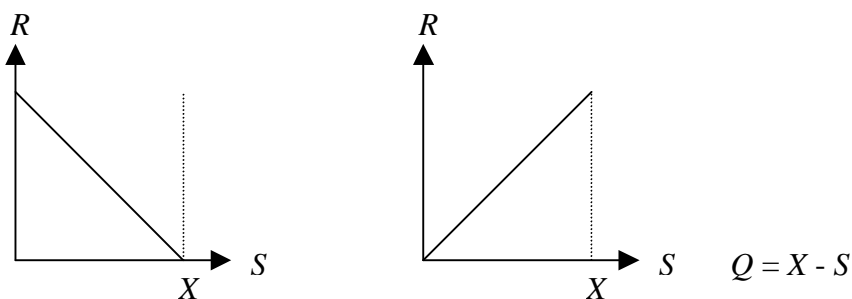
Havområda under norsk jurisdiksjon er store; forutan den 200 nautiske mil breie økonomiske sona rundt det norske fastlandet hevdar Noreg også suverenitet over havområda rundt øya Jan Mayen og øygruppa Svalbard. Noreg, saman med Russland, har vore leiande i kolmulefisket dei siste 30 åra, men dei viktigaste fiskefelta er på gytefelta vest av dei britiske øyer, rundt Færøyane og i internasjonalt farvatn i Norskehavet, og ikkje i områder under norsk eller russisk jurisdiksjon. Ein stor del av kolmulebestanden vandrar som kjent mot nord og nordaust, etter end gyting, inn i Norskehavet og kolmule er påvist langt aust i Barentshavet. I store delar av året har såleis kolmule tilhald i det som vert rekna som norske og russiske havområder. Dei viktigaste fiskefelta for kolmule har, derimot, vore i dei økonomiske sonene til EU og Færøyane. Tabell 3 viser at EU og Færøyane sitt kolmulefiske har vore relativt lite samanlikna med norske og russiske fangstar som for ein stor del er tekne i farvatna til EU og Færøyane. Island, som tidlegare nesten ikkje fiska kolmule i det heile, har òg kolmule i si økonomisk sone store delar av året. Denne skilnaden mellom dei største fiskefelta og utbreiingsområdet til kolmule gjer det svært vanskeleg å kome til ei semje om det er sonetilhøringsprinsippet eller historisk fangst i dei einskilde sonene som skal leggjast til grunn for ei eventuell kvotefordeling mellom partane.

5. Modell

Ein vil her presentere ein modell som freistar å forklare aktørane si åtferd i kolmulefisket dei siste åra, basert på økonomisk teori. Først ein meir generell modell for profittmaksimering av ein fornybar ressurs (Hannesson 1997) og føresetnader for vekstfunksjonen (Clark 1990). Her nyttar ein overskottsproduksjonsmodell for veksten til kolmulebestanden. Modellen ein då får er ei forenkling av utviklinga i kolmulebestanden og kolmulefisket. Ein meir realistisk måte å skildre vekst og utvikling i ein fiskebestand er å bruke ein årsklassemodell, ein såkalla Beverton-Holt modell etter fiskeribiologane som utvikla han på 1950-talet (Pitcher & Hart 1982). Årsaka til at ein har valt ein overskottsproduksjonsmodell er at ein slik er lett å estimere og bruke for å kunne handtere og løyse problemet. Først vert stoda før kolmulefisket tok til auke freista modellert som eit spel med to aktørar som fiskar sekvensielt på same bestand (Benchekroun & Van Long 2002). Deretter modellerar ein eit spel der dei to aktørane i første del kjempar om størst mogleg del i totalfangsten. I neste del vert samla profitt i fiske fordelt mellom spelarane etter kor stor deira del av fangsten var i første del. Målet med denne framgangsmåten er å vise nokre viktige trekk i spelet om kolmula, men tilnærminga er fortsett ei stor forenkling

Ein går ut frå at veksten i bestanden vert bestemt av kor mykje som er att etter fangst, det vil seie at bestandsstorleik i byrjinga av periode t er ein funksjon $X(S_{t-1})$, kor S_{t-1} er bestanden ein let etter seg i periode $t-1$. Når ein ser bort frå den naturlege mortaliteten til bestanden medan ein fiskar, vil fangstmengda, Q_t , i periode t vere $X(S_{t-1}) - S_t$. Til ein gitt pris (p) vert inntekta (R) i periode t :

$$R_t = p[X(S_{t-1}) - S_t] \quad (\text{sjå figur 4}). \quad (1)$$



Figur 4. Inntekt som funksjon av S .

Vidare, kostnadsfunksjonen vert utleia frå produktfunksjonen $Y = qEX^b$, kor b er eit parameter relatert utbreiinga til bestanden eller stimåtferd. Med konstant kostnad per eining innsats, E : $C = cE$. Momentan kostnad per fiska eining vert då $c_y = \frac{cE}{qEX^b} = \frac{c}{X^b}$, viss ein set tilgjengelegparameteren $q = 1$. Samla kostnad (C) i periode t vil då vere

$$C_t = \int_{S_t}^{X(S_{t-1})} \frac{c}{z^b} dz = \frac{c}{1-b} \left[X(S_{t-1})^{1-b} - S_t^{1-b} \right] \quad (2)$$

kor c er eit kostnadsparameter. Sidan fangstmengda er $Q = X - S$, med X gitt i byrjinga av kvar periode er $S \leq X$, $S = X - Q$, $S_Q = -1$ og $C(Q) = C(S(Q))$; funksjonen har eigenskapane $C_Q = C_S S_Q = -C_S(S(Q))$ og $C_{QQ} = -C_{SS} S_Q = C_{SS}$ (fotskrift står for dei deriverte), sjå figur 5.

Noverdien (V) av profitten ($R - C$), over ein uendeleg tidshorisont, er

$$V = p[X_0 - S_t] - \frac{c}{1-b} [X_0^{1-b} - S_t^{1-b}] + \frac{1}{r} \left\{ p[X(S_{t-1}) - S_t] - \frac{c}{1-b} [X(S_{t-1})^{1-b} - S_t^{1-b}] \right\}, \quad (3)$$

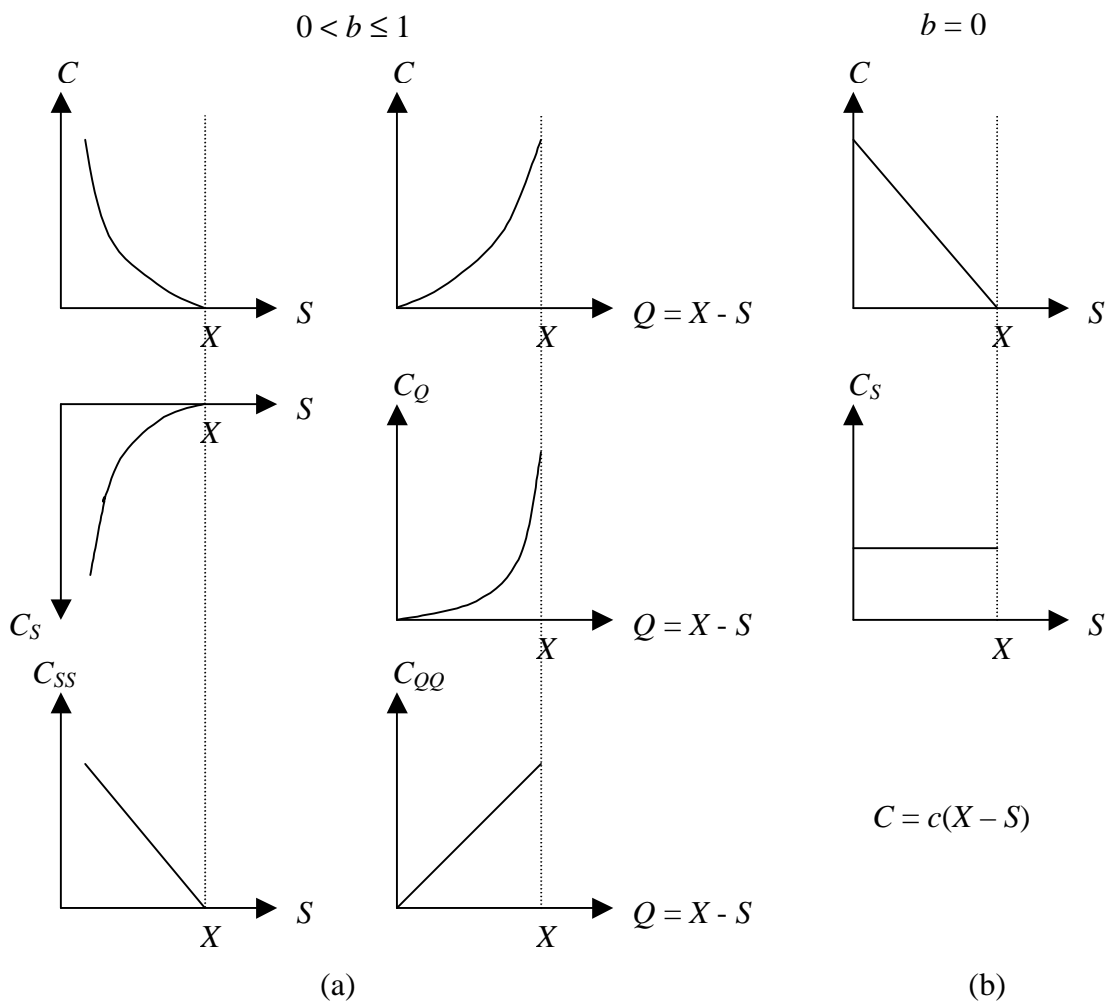
kor X_0 er bestandsstorleiken initialt.

Maksimerar ein V med omsyn på S_t får ein førsteordensvilkår

$$-p + \frac{c}{(S^*)^b} + \frac{1}{r} \left\{ p[X'(S^*) - 1] - c \left[\frac{X'(S^*)}{X(S^*)^b} - \frac{1}{(S^*)^b} \right] \right\} = 0, \quad (4)$$

kor r er diskonteringsrenta, medan X' står for den første deriverte av X og S^* er optimalnivået til S . Utrykk for noverdi og førsteordensvilkår når ein føreset $b \equiv 1$ i kostnadsfunksjon vert viste i Vedlegg B. Figur 5 viser grafisk framstilling av eigenskapane til kostnadsfunksjonen likning (2) under føresetnad (a) $0 < b \leq 1$ og (b) $b = 0$.

Storleiken på parameteren b avheng av åtferda til fisken og kva type reiskap som vert nytta til å fange han med. Dersom fisken til ei kvar tid fordelar seg uniformt over eit gitt område tyder det at $b = 1$. For fiskslag med stimåtferd ligg b i intervallet $0 \leq b < 1$ (Clark 1990). Når storleiken på bestanden vert endra vert òg storleiken på området som fisken oppheld seg i endra. Dess sterkare stimåtferda er, dess nærare er b null og dersom $b = 0$ vil fiskane oppretthalde ein viss tettleik heile tida. Kostnadene med å fange fisken vil i dette høve vere uavhengig av bestandsstorleiken.



Figur 5. Egenskapane til kostnadsfunksjonen likning (2) under føresetnad: (a) $0 < b \leq 1$; (b) $b = 0$.

Til dei numeriske berekningane brukar ein den diskrete logistiske vekstfunksjonen

$$X(S) = S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right], \quad (5)$$

kor a og K er parameter, den underliggjande vekstrata og berekapasitet, høvesvis. Dette gir

$$X'(S) = 1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right]. \quad (6)$$

Den logistiske vekstfunksjonen, likning (5), har parametra a , som er den underliggjande vekstrata, det vil seie veksten til bestanden når bestandsstorleiken, S , går mot null, og K , som står for miljøet sin berekapasitet for bestanden, tilveksten går mot null når S går mot K .

Gå ut frå at i ein bestemt populasjon er både fødselsrata g og dødelighetsrata m proporsjonal med populasjonsstorleiken S . Skriv ein $\phi = g - m$ for netto proporsjonal vekstrate til populasjonen, får ein differensiallikninga

$$\frac{dS}{dt} = \phi S \quad (7)$$

som ein modell i kontinuerleg tid for populasjonsveksten. Løysinga til denne enkle likninga $S(t) = S(0)e^{\phi t}$ veks eksponensielt mot uendeleg dersom $\phi > 0$ og minkar eksponensielt mot null dersom $\phi < 0$.

Under ideelle tilhøve, kor tilgjengeleg plass og andre ressursar ikkje hemmar veksten, har ein observert at mange biologiske populasjonar vekt med ei tilnærma eksponensiell rate i byrjinga. Det er likevel klart at ein slik prosess ikkje kan vare i det uendelege. Etter som populasjonsnivået S aukar vil miljømessige avgrensingar føre til at den proporsjonale vekstrata minkar. For å skildre denne effekten kan likning (7) modifiserast til forma

$$\frac{dS}{dt} = \phi(S) * S \quad (8)$$

kor $\phi(S)$ er ein eller annan funksjon av S . Den proporsjonale vekstrata

$$\phi(S) = \frac{F(S)}{S}$$

er no avhengig av populasjonsnivået S . Viss $\phi(S)$ er ein minkande funksjon av S , seier ein at denne modellen skildrar ein prosess med såkalla "feedback", eller kompensasjon, som kontrollerer populasjonsveksten ettersom nivået aukar.

Det enklaste og kan hende det mest brukte døme er når $\phi(S) = a(1 - S/K)$ slik at likning (8) blir

$$\frac{dS}{dt} = aS \left(1 - \frac{S}{K} \right) = F(S). \quad (9)$$

Dette er den kjente logistiske likninga, der konstanten a , antatt å vere positiv, vert kalla den underliggjande vekstrata, sidan den proporsjonale vekstrata for liten S nærmar seg a . Den positive konstanten K vert vanlegvis kalla miljøet sin berekapasitet, eller mettingsnivå.

Sjølv om likning (9) lett kan løysast eksplisitt for $S = S(t)$ er hovudtrekka til løysinga synleg frå sjølve likninga. For det første ser ein at likninga har to likevektsløysingar, nemleg $S \equiv 0$ og $S \equiv K$. Vidare har ein at $0 < S < K$ tyder at $dS/dt > 0$, medan $S > K$ impliserar at $dS/dt < 0$. Det følgjer at K er ei stabil likevekt, eller meir presis, K er globalt asymptotisk stabil for positiv S på ein slik måte at $\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = K$, gitt at $S(0) > 0$ (Clark 1990).

Gå ut frå at populasjonen skildra av den logistiske likninga (9) vert fangsta på med rate $h(t)$. Då vert likning (9)

$$\frac{dS}{dt} = F(S) - h(t), \quad (10)$$

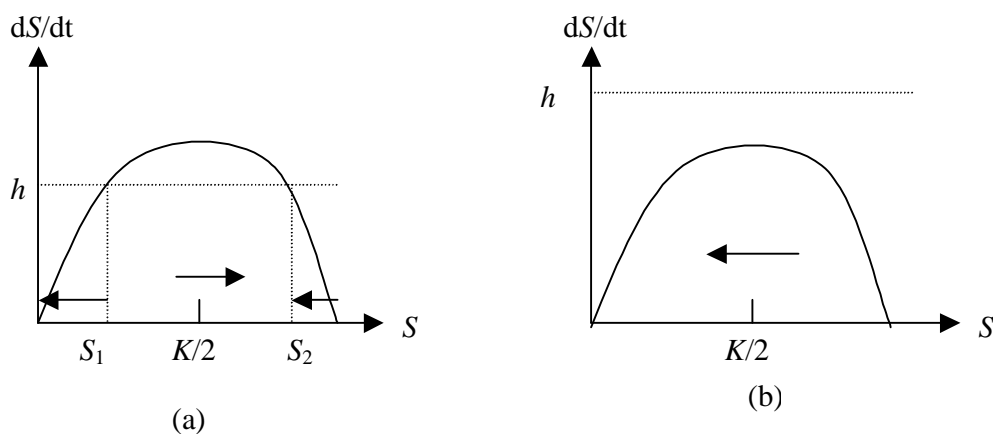
kor $F(S) = aS(1 - S/K)$. Kva kan seiast om dynamikken til populasjonen?

Eit viktig spesialtilhøve har ein når $h(t) = h \equiv$ konstant:

$$\frac{dS}{dt} = F(S) - h. \quad (11)$$

I tilfellet $h <$ maks $F(S) = aK/4$, har likning (11) to likevekter, S_1 og S_2 (figur 2a). Ver merksam på at $dS/dt > 0$ når S ligg mellom S_1 og S_2 , medan $dS/dt < 0$ elles. Det følgjer at S_2 er ei stabil likevekt og at S_1 er ei ustabil likevekt. Dersom populasjonen, til dømes, i utgangspunktet er $S = K$, vil $S(t)$ under konstant hausting konvergere asymptotisk mot likevekta S_2 , men dersom startpopulasjonen er mindre enn S_1 vil $S(t)$ gå mot null. I det siste tilfellet vil ikkje tilnærminga mot null vere asymptotisk; i staden vert $S(t)$ redusert til null i løpet av eit endeleg tidsrom.

Dersom $h >$ maks $F(S)$, som i figur 2b, vil populasjonen gå mot null for eitkvart startnivå $S(0)$. Til slutt, for spesialtilhøvet $h =$ maks $F(S)$, er det ei einskild likevekt i $S_1 = K/2$, som er ”semistabil” i den forstand at $S(t) \rightarrow S_1$ viss $S(0) > S_1$, men $S(t) \rightarrow 0$ viss $S(0) < S_1$.



Figur 5. Logistisk modell med konstant fangstrate h : (a) $h <$ maks $F(S)$; (b) $h >$ maks $F(S)$.

Til tross for at modellen gitt av likning (11) er ei grov forenkling av faktiske tilhøve og at modellen difor har mange manglar, gir den likevel fleire viktige resultat om hausting av fornybare ressursar. For det første, så finnes det eit maksimalt berekraftig utbytte, kjent som

”*Maximum Sustainable Yield*” (MSY) $h_{\text{MSY}} = \text{maks } F(S)$, med den eigenskapen at ei kvar høgare haustingrate vil føre til reduksjon av populasjonen (omsider til null).

For det andre, populasjonsnivået $S = S_{\text{MSY}}$ kor produktiviteten til ressursen vert maksimert er ikkje det naturlege likevektsnivået K ; i denne modellen er det berre halvparten av dette nivået. Det finnes inga berekraftig utbytte med populasjonsnivå $S = K$.

For det tredje, dersom S har vorte redusert til eit nivå mindre enn MSY-populasjonen $K/2$ på grunn av overutnytting vil ei tilbakeføring til MSY-nivå krevje ei haustingrate mindre enn MSY (faktisk ei mindre enn $F(S)$). Den raskaste vegen tilbake til MSY-nivået er eit totalforbod mot hausting, $h = 0$.

I tillegg til data om fangst inneheld fiskeristatistikkar vanlegvis informasjon om det som ofte går under namnet fiskeinnsats, målt i ei eining som synest mest passende for fiskeriet det er snakk om. Eit ofte brukt mål på fiskeinnsats er samla fartydagar per tidseining, i andre tilfeller er meir detaljert informasjon om, til dømes, talet på garn, timar tråla og liknande tilgjengeleg.

Fangst dividert med innsats vert nesten alltid brukt, i det minste, som ein grov indikasjon på det noverande bestandsnivået til fiskepopulasjonen. Ein vil her bruke omgrepet *hypotese om fangst per eining innsats* for å skildre føresetnaden om at fangst per eining innsats er proporsjonal med bestandsnivå, eller at

$$h = qES, \quad (12)$$

kor E står for innsats og q er ein konstant, kalla proporsjonalitetskoeffisienten.

Set ein likning (12) inn i den grunnleggjande haustingsmodellen, likning (10) får ein

$$\frac{dS}{dt} = F(S) - qES = aS \left(1 - \frac{S}{K} \right) - qES. \quad (13)$$

Først ser ein på løysingar til likning (13) under føresetnad om at E er konstant.

For å få likevekta i likning (13) set ein $dS/dt = 0$. For einkvar $E < a/q$, finn ein at likninga har ei unik positiv likevekt gitt av

$$S_1 = K \left(1 - \frac{qE}{a} \right). \quad (14)$$

Vidare, denne likevekta er alltid asymptotisk stabil.

Likevektsfangsten, eller berekraftig utbytte $Y = h$, tilhøyrande E er gitt som

$$Y = qES_1 = qKE \left(1 - \frac{qE}{a} \right), \quad (15)$$

under føresetnad av $E < a/q$. Grafen til denne likninga, ein parabel, er utbytte-innsats kurva for modellen gitt av likning (14). Denne modellen vert vanlegvis kalla for *Schaefer modellen* etter biologen M. B. Schaefer, som gjorde omfattande studium av han og brukte han på ulike populasjonar av fisk (Clark 1990).

Uttrykket $f = qE$ vert kalla fiskedødelighet; det har same eining som a , nemleg tid^{-1} . Etter likning (15), for $f > a$ er berekraftig utbytte null, sidan ressursen S er ført (asymptotisk) til likevekta $S = 0$.

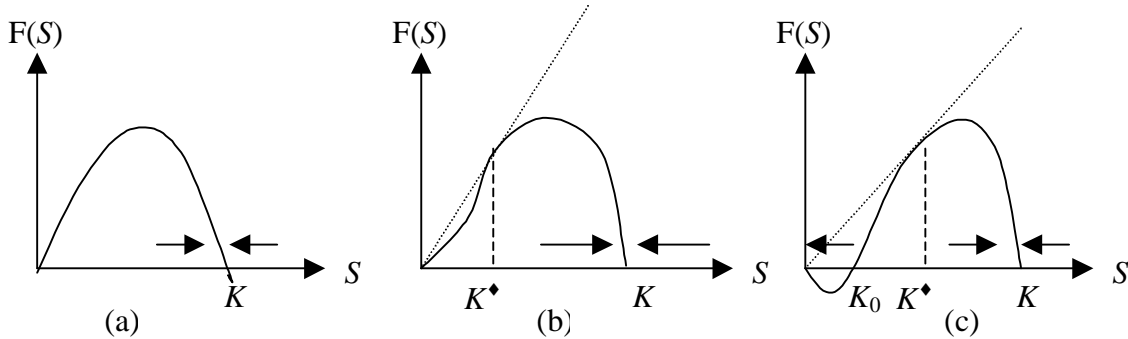
Når det gjeld utbytte-fangst kurva er det viktig å understreke at ho berre gir likevektsutbytte tilhøyrande ulike nivå av innsats E . Det faktum at Y minkar med E for $E > a/2q$ bør ikkje mistolkast slik at ein auke i innsats utover dette nivået vil føre til ein momentan reduksjon i utbytte. Likning (12) tyder på at den kortsiktige fangstrata vil alltid auke med E ; det er berre på lengre sikt, når populasjonsdynamikken har ført til redusert fiskebestand, at utbyttet til slutt minkar. På same måte, ein reduksjon i E vil alltid på kort sikt gi lågare fangstar, men kan føre at dei aukar på lengre sikt.

Det er verdt å leggje merke til den jamne samanhengen mellom innsats og berekraftig utbytte i Schaefer modellen. Med aukande nivå av innsats aukar berekraftig utbytte jamt og trutt mot maksimalnivå ($E = a/2q$, $S_1 = K/2$) for så å minke like jamt mot null ($E = a/q$, $S_1 = 0$). Ein jamn samanheng mellom innsats og berekraftig utbytte er svært ønskjeleg i verkelege fiskerier, sidan det tyder på at gradvise metodar med hell kan nyttast i forvaltinga. Medan mange fiskebestandar ser ut til å ha ein jamn samanheng mellom utbytte og innsats, har andre brått kollapsa under for hardt fiskepress.

Mange alternative formar for logistiske vekstmodellar har vorte føreslegne. Her vil ein sjå på modellar på forma

$$\frac{dS}{dt} = F(S) \quad (16)$$

kor vekstkurva har ei av formene vist i figur 6. Kvant tilfelle har ei stabil likevekt i $S = K$. Likning (16) definerar ein generell logistisk vekstmodell, eller overskottsproduksjonsmodell.



Figur 6. Vekstkurver: (a) rein kompensasjon; (b) depensatorisk; (c) kritisk depensatorisk.

Einkvar vekstfunksjon, som i figur 6a, med ei proporsjonal vekstrate slik at $\phi(S) = F(S)/S$ er ein avtakande funksjon av S vert kalla ein rein kompensasjonsmodell. På den andre sida, viss $\phi(S)$ er ein veksande funksjon av S for somme verdiar av S , står ein overfor ein depensatorisk prosess. Figur 6b viser ei vekstkurve som er depensatorisk for $0 < S < K^*$ og kompensatorisk for $S > K^*$. Ei depensatorisk kurve med eigenskapen $F(S) < 0$ for visse verdiar av S i nærleiken av $S = 0$, som i figur 6c, vert kalla ei kritisk depensatorisk kurve. I eit slikt høve finnes det ei ustabil likevekt K_0 slik at

$$\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = 0 \text{ når } S(0) < K_0.$$

Verdien $S = K_0$ blir kalla minimum berekraftig populasjonsnivå.

Gå no ut frå at populasjonen vert hausta med konstant innsats E slik at likning (16) vert

$$\frac{dS}{dt} = F(S) - qES. \quad (17)$$

I tilfelle med rein kompensasjon fører kvart nivå av innsats til ein unik og stabil likevektspopulasjon S_E og eit tilsvarende utbytte $Y_E = F(S_E)$. Utbytte-innsats kurva stig til eit maksimum MSY og minkar deretter jamt etter som innsatsen aukar ytterlegare. Berekraftig utbytte er null for $E \geq E^*$, kor

$$qE^* = F'(0) = \text{maks } \phi(S) = a^*. \quad (18)$$

Som i den logistiske modellen vert ressursen S driven (asymptotisk) mot null viss fiskedødeligheta vert oppretthalde på eit nivå høgare enn den underliggjande vekstrata a^* . Difor liknar reine kompensasjonsmodellar på dei fleste viktige områder på spesialtilfellet av logistisk vekst diskutert i det føregåande.

Dersom vekstkurva $F(S)$ viser seg å vere depensatorisk endrar situasjonen seg radikalt, for om så er tilfelle har likning (17) fleire likevektsløysingar. For kvart nivå av innsats $E < E^* = \text{maks } a(S)/q$, finnes det ein stabil likevektspopulasjon ${}_1S_E$ og eit tilhøyrande stabilt berekraftig utbytte ${}_1Y_E$. Men for $E > E^\diamond = F'(0)/q$, finnes det òg ein ustabil likevektspopulasjon ${}_2S_E$. Dersom utgangspopulasjonsnivået $S(0) > {}_2S_E$, vert den endelege likevekta $S = {}_1S_E$; viss $S(0) < {}_2S_E$, vert den endelege likevekta $S = 0$ (under føresetnad av at E vert halden konstant heile tida).

Som i tilfellet med rein kompensasjon, finnes det eit kritisk innsatsnivå E^* slik at $Y_E = 0$ når $E > E^*$. Som før er $qE^* = \text{maks } \phi(S)$. Kurva for utbytte-innsats i dette tilfellet er slåande ulik frå kompensasjonsmodellen, sidan den førstnemnde no er ikkje-kontinuerleg i $E = E^*$, der det berekraftige utbyttet brått gjer eit hopp ned til null idet E aukar utover dette kritiske nivået.

Verknadene av depensatorisk vekst på forvaltingstiltak kan skildras på følgjande måte: Først, den ”jamne og gradvise” tilnærminga i Schaefer modellen er ikkje lenger gyldig, sidan ein liten auke i innsatsen utover E^* fører til at populasjonen kollapsar. For det andre, depensasjonsmodellen viser seg å ha visse hysterøseeffektar. Gå ut frå at innsatsen har nådd eit nivå $E > E^*$, og at då går $S(t)$ mot null. No, medan S enno er positiv, gå ut frå at innsatsen vert redusert til eit nivå lågare enn E^* . Verknaden vert ikkje nødvendigvis at systemet vil vende tilbake til modellen for berekraftig utbytte ${}_1Y_E$. Viss ikkje innsatsen vert redusert til nivå kor ${}_2S_E < S$, vil populasjonen fortsetje å minke. For å få tilbake det berekraftige utbyttet ${}_1Y_E$, kan det vere naudsynt å redusere innsatsnivået til under E^\diamond .

Modellen for depensatorisk vekst spår faktisk utrydding av fiskepopulasjonar dersom innsatsen vert halden over eit kritisk nivå. Av to grunnar kan ein ikkje vente så ekstreme utfall i vekelege fiskerier: (1) innsatsen vil verte redusert når fangstane vert redusert til små mengder, og (2) nokre fiskar vil alltid, av ein eller annan grunn, unngå å bli fanga. Sjølv om få eller ingen viktige fiskeri har vorte fiska ned slik at dei vart biologisk utrydda, har ulike andre

dyrepopulasjonar vorte utrydda som følgje for sterk kommersiell utnytting. Ein modell for kritisk depensatorisk vekst tillet at noko slikt er mogeleg.

Tilfeller med kritisk depensasjon har dei same særtrekka som depensasjonsmodellen, skildra ovanfor, så vel som eit anna fenomen: irreversibilitet. For eitkvart nivå av innsats $E \geq 0$ gir opphav til to likevekter, ${}_1S_E$ og ${}_2S_E$, også at $S = 0$ er ei lokal stabil likevekt for einkvar E . Viss innsatsen aukar til eit superkritisk nivå, kan populasjonen verte redusert til eit nivå lågare enn det minste berekraftige populasjonsnivå K_0 . Så snart dette er nådd er den endeleg utryddinga av populasjonen sikker, uavhengig av kva som hender med framtidig innsatsnivå. Når S kjem under K_0 , set ein irreversibel utdøyingsprosess i gang (Clark 1990).

Sekvensielt fiske

Vandrande fiskebestandar som ferdast i sonene til fleire land er gjenstand for sekvensielt fiske (Benchekroun & Van Long 2002). Her vert kolmulefisket modellert som eit sekvensielt fiskeri. For å gjere det enkelt modellerar ein dette fisket som det berre er to nasjonar, sjølv om det er i røynda minst fem (EU, Noreg, Russland, Færøyane og Island).

Forklaringa på kvifor ei slik tilnærming kan brukast til å skildre kolmulefisket er at gytinga, hovudsakeleg, går føre seg i EU si sone. Etter gyting vandrar bestanden nordover og inn i dei andre landa sine soner og internasjonalt farvatn. Før kolmula vert tilgjengeleg for fiske i EU-sona, når ho vender tilbake for å gyte neste vinter og vår, blir ho beskatta av dei andre landa. Kven som i røynda er kvantumsleiar av EU, Noreg, Russland, Færøyane eller Island kan nok diskutertast. Lenge var Russland og Noreg dominerande i kolmulefisket og dei andre nasjonane fiska til samanlikning svært lite, eller som i Island sitt tilfelle så og seie ingenting. Det kan difor hevdast at Russland og Noreg var kvantumsleiande i kolmulefisket fram til om lag 1997, der andre, tildømes EU observerte Noreg og Russland sine fangstar før EU bestemte seg for sitt kvantum. På den andre sida kan EU si åtferd under møta i NEAFC tyde på at dei ser på seg sjølv som den som kan ikkje berre bestemme kor mykje dei sjølv kan fiske av kolmule, men òg bestemme kva dei andre nasjonane skal få fiske. EU gjer krav på 58 prosent av ein TAC for kolmule.

Land 1 fiskar bestanden ned frå X til Z før land 2 fiskar frå Z til S . Land 2 er "second mover" og kan observere land 1 sin fangst før si eiga fangstmengde vert fastsett. Vidare, på eitkvart tidspunkt t vil fangsten til land 1 ("first mover") ha ein negativ innverknad på profitten av land

2 sitt fiske. Land 2 har då observert land 1 sin fangst og land 2 tilpassar då sin fangst slik at bestandsstorleiken når dei sluttar å fiske er så stor at den maksimerar land 2 sin noverdi av fiske, gitt land 1 sin fangst. Land 1, på si side, veit korleis land 2 vil tilpasse seg, tilpassar sin fangst slik at noverdien deira vert maksimert ut frå veksten til bestanden som land 2 let etter seg og kva bestandsstorleik dei etterlet seg for land 2 å starte fiske på som gir den optimale veksten, gitt land 2 si tilpassing. Løysinga i ei slik tilpassing er det økonomar vanlegvis kallar for ei "Stackelberglikevekt". Ei Stackelberglikevekt er ei Nash-likevekt, kor strategirommet til "second mover" er eit sett av alle oppnåeleg reaksjonsfunksjonar (Benckroun & Van Long 2002).

Land 1 er tenkt å kunne representere Noreg, Færøyane, Island og Russland, det vil seie at kolmulefisket går føre seg samstundes i dei respektive landa sine soner og i internasjonale farvatn, kolmula er spreidd over eit stort havområde. Land 2 representerar då EU. I EU si sone ligg dei viktigaste gytefelta for kolmule. Konsentrasjonen av kolmule forventas å vere større på og nær gytefelta, og å fiske ho her gir lågare marginalkostnad enn i land 1 si sone. Kostnadsparameteren i likning (2) kan då skrivast slik: c^i , der $i = 1, 2$ og $c^1 > c^2$.

$$V^1 = p(X_0 - Z) - \frac{c^1}{1-b} (X_0^{1-b} - Z^{1-b}) + \frac{1}{r} \left\{ p \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] - Z \right) - \frac{c^1}{1-b} \left(\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right)^{1-b} - Z^{1-b} \right) \right\},$$

Noverdi av fiske for land 1 i det sekvensielle fiske:

kor X_0 er bestandsstorleik når spelet tek til og Z er bestandsstorleiken som land 1 etterlet til land 2.

Førsteordensvilkår for Stackelberglikevekt (gitt fiske for land 2):

$$-p + \frac{c^1}{Z^b} + \frac{1}{r} \left\{ p \left(\left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) \frac{dS}{dZ} \right) - \frac{c^1 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right)^b} \frac{dS}{dZ} + \frac{c^1}{Z^b} \right\} = 0$$

der $\frac{dS}{dZ} = 1$, det vil seie at land 2 fangar ei gitt mengde fisk.

Førsteordensvilkåret for land 1, over, kan løysast analytisk, slik at Z kan uttrykkast som ein funksjon av parametra og S . Løysingane, derimot, vert berekna numerisk og ein let difor vere å vise dei analytiske uttrykka.

I likevekt er land 1 sin fangst, \bar{Y}^1 , lik $X(S) - Z$. Land 2 tek land 1 sitt fiske, \bar{Y}^1 , for gitt, slik at X_0 vert erstatta med Z (likning (5)) i noverdien til land 2:

$$V^2 = p(Z - S) - \frac{c^2}{1-b} (Z^{1-b} - S^{1-b}) + \frac{1}{r} \left\{ p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] - \bar{Y}^1 \right) - \frac{c^2}{1-b} \left(\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] - \bar{Y}^1 \right)^{1-b} - S^{1-b} \right) \right\}$$

Førsteordensvilkår for Stackelberglikevekt (gitt land 1 sitt fiske):

$$-p + \frac{c^2}{S^b} + \frac{1}{r} \left\{ p \left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{Z^b} + \frac{c^2}{S^b} \right\} = 0.$$

Førsteordensvilkåra for land 1 og 2 vert løyst numerisk for å bestemme Stackelberglikevekt. Det er verdt å merke seg at denne likevekta ikkje er kollektiv optimal; det vil seie, summen av nettoprofitt til dei to spelarane er ikkje maksimert. I tillegg til den første kjelda til ineffektivitet som er fråveret av eigedomsrettar til ressursen, er det ei anna kjelde til ineffektivitet som er eit resultat av det faktum at land 1 ser bort frå dei direkte negative verknadene på land 2 sin nettoprofitt. Målfunksjonar og førsteordensuttrykk under føresetnaden om $b \equiv 1$ vert vist i Vedlegg B.

Posisjonering

Stackelberglikevekt og det sekvensielle fisket kan tenkjast å skildre stoda i kolmule fisket før fangstane tok til å skyte i vêret, altså før 1998. Korleis skal ein modellere situasjonen i kolmulefisket frå 1998 og framover og eventuelt etter ei felles forvaltingsløysing?

Det skulle vere liten tvil om at det ein ser hender med kolmule er at landa prøver å posisjonere seg, på den måte at dei prøver å oppnå størst mogleg prosentvis del av fangstane som seinare skal ligge til grunn for ei fordeling av ein framtidig TAC for kolmule når landa har kome til ei semje om felles forvaltning av kolmulebestanden og fordeling av TAC.

I røynda har det vore ein diskusjon mellom partane i kolmulefisket om kva prinsipp for fordeling av TAC som skal leggjast til grunn: Sonetilhøringsprinsippet, kor mykje av tida held bestanden til i dei respektive sonene; historisk fiske prinsippet, kor stor del av fangstane har dei respektive landa fiska tidlegare, eller kor stor del av fangstane har vorte fiske i dei respektive sonene, uavhengig av nasjonaliteten til fartya. Dette vert mykje enklare i ein modell med, til dømes, sekvensielt fiske: Så lenge det ikkje eksisterar ei forvaltingsavtale fiskar kvart land berre i eigne soner.

Delar ein spelet inn i ein posisjoneringsfase etterfølgd av ein samarbeidsfase der ein tillet kvar spelar å fiske kor det måtte passe, kan det tenkjast at det ein no opplever i kolmulefisket er posisjoneringa der den prosentvis delen av totalfangstane for kvar einskild vert ført vidare i samarbeidsfasa som prosentvis del av profitten. Forklaringa på dette er at felles forvaltning inneberer at kvart land har høve til å fiske kvarandre sine soner. Ein vil sjølvsagt fiske der ein til ei kvar tid har lågast marginalkostnad. Marginalkostnaden vert då den same for begge landa og lik marginalkostnaden til land 2 i posisjoneringsfasen. For å modellere denne posisjoneringa let ein posisjoneringa vere første periode der ein etablerar ein fangsthistorie, i neste og alle påfølgjande periodar fiskar ein overskottsveksten av bestanden som vert etterlaten i første periode og kvart land sin del av fangsten er lik den delen av fangsten som landet tok i førsteperiode. Begge land vert einige om å dele netto fangstverdi etter at dei har etablert kvoteregimet, og då fiskar dei kor det måtte vere billegast.

Fordelinga av profitten vert bestemt av kor stor del av totalfangsten ein greier å ta i første periode, α , for høvesvis land og land 2. Total fangst i første periode, $Y = Y^1 + Y^2$, er skilnaden på initialbestanden, X_0 og bestanden som land 2 let etter seg, S . Land 1 sin fangst er skilnaden mellom X_0 og bestanden land 1 let etter seg i første periode, Z_0 . Land 2 sin fangst i første periode vert då differansen mellom Z_0 og S . Land 1 og land 2 sine delar i fangsten og profitten, høvesvis, α^1 og α^2 er

$$\alpha^1 = \frac{X_0 - Z_0}{X_0 - Z_0 + Z_0 - S} = \frac{X_0 - Z_0}{X_0 - S}, \quad \alpha^2 = \frac{Z_0 - S}{X_0 - S}. \quad (19)$$

Føresetnaden er at det eine landet tek det andre landet sin fangst for gitt. Då er $S = S(Z_0)$ og

$$\frac{dS}{dZ_0} = 1.$$

$$\frac{\partial \alpha^1}{\partial Z_0} = \frac{(X_0 - S)(-1) - (X_0 - Z_0)(+1)}{[X_0 - S]^2} = \frac{S - Z_0}{[X_0 - S]^2}, \quad (20)$$

$$\frac{\partial \alpha^2}{\partial S} = \frac{(X_0 - S)(-1) - (Z_0 - S)(-1)}{[X_0 - S]^2} = \frac{Z_0 - X_0}{[X_0 - S]^2}.$$

Noverdi av fiske for land 1 i første periode:

$$V^1 = p(X_0 - Z_0) - \frac{c^1}{1-b}(X_0^{1-b} - Z_0^{1-b}) + \frac{\alpha^1}{r} \left\{ p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2}{1-b} \left(\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right)^{1-b} - S^{1-b} \right) \right\}.$$

Førsteordensvilkår:

$$\begin{aligned} & - p + \frac{c^1}{Z_0^b} + \frac{1}{r} \left\{ \alpha^1 \left[p \left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right)^b} + \frac{c^2}{S^b} \right] \right. \\ & \left. + \frac{\partial \alpha^1}{\partial Z_0} \left[p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2}{1-b} \left(\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right)^{1-b} - S^{1-b} \right) \right] \right\} = 0. \end{aligned}$$

Noverdi av fiske for land 2 i første periode:

$$V^2 = p(Z_0 - S) - \frac{c^2}{1-b}(Z_0^{1-b} - S^{1-b}) + \frac{\alpha^2}{r} \left\{ p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2}{1-b} \left(\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right)^{1-b} - S^{1-b} \right) \right\}.$$

Førsteordensvilkår:

$$\begin{aligned}
 & -p + \frac{c^2}{S^b} + \frac{1}{r} \left\{ \alpha^2 \left[p \left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right)^b} + \frac{c^2}{S^b} \right] \right. \\
 & \left. + \frac{\partial \alpha^2}{\partial S} \left[p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2}{1-b} \left(\left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right)^{1-b} - S^{1-b} \right) \right] \right\} = 0.
 \end{aligned}$$

Ver merksam på at initialbestanden, X_0 , og bestanden land 1 let etter seg i første periode, Z_0 , inngår i førsteordensvilkåra for både land 1 og land 2. Landa sine målfunksjonar og førsteordensvilkår under føresetnad av $b \equiv 1$ vert vist i Vedlegg B.

Kven av EU, Russland, Noreg, Færøyane eller Island som er land 1 eller land 2 kan, på same måte som i det sekvensielle fisket, diskuteras. I Stackelbergspelet gjekk ein ut frå at land 1 kunne representere Noreg, Russland, Færøyane og Island, og at EU vart representert av land 2. Det er naturleg at det same gjeld i posisjoneringsspelet. Spesielt har Island auka sine kolmulefangstar kraftig dei siste åra og viser heilt klart ei posisjoneringsåtfærd. Samstundes har alle dei andre nasjonane òg auka sine kolmulefangstar monaleg, også EU. For å forklare åtfærd ein observerar i dagens situasjon, med rekordfiske, liten evne blant dei involverte til å få fisket under kontroll og kome fram til ein felles TAC for kolmule, er det kanskje ikkje viktig kven dei to landa kvar for seg skal representere, men at Stackelberg- og posisjoneringsspelet er i stand til å skildre dei insentiva som ligg bak og konsekvensane av åtfærd. Meir realistisk hadde det vore om ein laga ein modell som tok omsyn kvar einskild part i kolmulespelet sine særtrekk og ikkje forenkla det til berre to aktørar.

6. Parametrisering av modellen

Her tek ein først føre seg parametra i den logistiske vekstfunksjonen, likning (5). Ein skildrar kva føresetnader som ligg til grunn, før ein tilpassar modellen til data for å kome fram til parameterverdiar ein kan bruke i den vidare analysen av kolmulefiske. Etterpå gjer ein greie for val av parameterverdiar for grensekostnader, prisar og kostnads-/bestandselastisitet.

Estimering av den logistiske vekstfunksjonen

For å bestemme a og K kan ein estimere den logistiske vekstfunksjonen med å nytte data om bestandsstorleik og fangst over eit visst tidsrom. Likninga som skal estimerast er

$$S_{t+1} - S_t + Y_t = aS_t - \frac{a}{K}S_t^2 = \beta_1 S_t + \beta_2 S_t^2, \quad (21)$$

der β_1 står for den underliggjande vekstrata til bestanden, a , og β_2 tilsvarar $-a/K$. Miljøet sin berekapasitet for bestanden, K , er då $-\beta_1/\beta_2$. Venstre side av likninga er endringa i bestandsstorleik frå ein periode til den neste, $S_{t+1} - S_t$, og fangsten i perioden, Y_t . Dette skal tilsvare veksten i bestanden. Høgresida er den logistiske vekstfunksjonen. Til bestemme parametra til ein logistisk vekstfunksjon for kolmule nytta ein fangst- og bestandsdata frå perioden 1977 til 2001 (Anon. 2002d, Monstad 2003).

For å tilpasse den logistiske vekstfunksjonen i likning (21) til data om fangst og bestandstorleik for kolmule frå 1977 til 2001, og for å få estimerte parameterverdiar av vekstrata a og berekapasitet K vart det nytta fleire ulike spesifikasjonar og ulike estimeringsmetodar. Tabell 4 viser spesifikasjonane og med kva metode dei vart estimert. Tabell 5 viser resultatane av estimeringane.

Modell A som er likning (21), men med å tillate eit konstantledd β_0 , i tillegg til β_1 og β_2 for undersøke om kolmulebestanden kunne ha ein depensatorisk vekstfunksjon. Forteiknet på konstantleddet er forventa å vere negativ dersom veksten er depensatorisk, fordi ved ein kritisk bestandsstorleik større enn null der bestanden vil gå mot utrydding uavhengig av fiskeinnsatsen. Denne kritiske bestandsstorleiken er det som vert kalla ${}_2S_E$ og K_0 for høvesvis depensatorisk og kritisk depensatorisk vekst (Clark 1990). Estimert med minste kvadratars metode (OLS) gav eit konstantledd med rett forteikn, men det var ikkje signifikant forskjellig frå null. Vidare var heller ikkje dei estimerte verdiane for β_1 og β_2 signifikante. I tillegg

rapporterar tabell 3 resultat av Durbin-Watson testen for første ordens autokorrelasjon⁵ og justert R^2 . Durbin-Watson testen for første ordens autokorrelasjon gav ein verdi på 0,49. Denne verdien ligg under nedre kritiske verdi, noko som tyder på sterk autokorrelasjon av første orden. Dessutan var justert R^2 negativ og svært låg.

Neste modell (B) er likning (21), denne gongen utan konstantledd. Estimert med OLS vart vekstrata β_1 0.31, og signifikant på 5 prosent nivå. β_2 var $-2,81 \cdot 10^{-8}$, som saman med β_1 impliserar ein berekapasitet K om lag 11,1 millionar tonn. Til tross for rett forteikn, var ikkje β_2 signifikant. $R^2 = 0,393$ tyder på at utelate konstantleddet frå likning (21) gir betre tilpassing til data. Altså, det er ingenting som tyder på depensatorisk vekst. Durbin-Watson testverdi var lågare enn nedre kritiske verdi, noko som indikerar høg førsteordens autokorrelasjon.

Figur 7 viser berekna tilvekst i kolmulebestanden frå 1977 til 2000. Ein ser av figuren at veksten typisk ligg mellom 0 og 1 million tonn om året. I nokre av åra ser ein at dette mønsteret vert broten. Dei åra då berekna tilvekst er negativ er 1977, 1978 og 1980, og år då tilveksten er (vesentleg) større enn ein million tonn er 1996, 1997, 1998, 1999 og 2000.

⁵ Sidan Gauss-Markov teoremet krev at feilledda ikkje skal vere korrelerte med kvarandre, er ikkje lenger OLS-estimatoren forventingsrett når ein står overfor seriekorrelerte feilledd. Endå viktigare er det at standardavvika og testmetodane som er vanleg for OLS ikkje lenger er gyldige. Dersom ein ignorerar autokorrelasjonen og estimerar variansen på vanleg måte, vil estimatoren for varians typisk vere forventings skeiv når $\rho \neq 0$, kor ρ er autokorrelasjonskoeffisienten definert som kovariansen mellom feilleddet på tidspunkt t og feilleddet på tidspunkt $t+1$ dividert med variansen til feilleddet på tidspunkt t . Når $\rho > 0$, som er mest vanleg, vil OLS-estimatoren for variansen vere for låg i høve til den verkelege variansen. Ein kan òg gå ut frå at ρ skal liggje mellom -1 og 1 , altså $|\rho| < 1$. Forklaringsgraden til modellen R^2 , derimot, vert ikkje påverka av autokorrelasjon (Wooldridge 2003).

Tabell 4. Spesifikasjonar av ulike vekstmodellar freista tilpassa til fangst- og bestandsdata om kolmulebestanden 1977-2001, berekna med ulike estimeringsmetodar.

Modell	Spesifikasjon	Estimeringsmetode
A	$\beta_0 + \beta_1 S_t + \beta_2 S_t^2 + e_t$	Ordinary Least Squares
B	$\beta_1 S_t + \beta_2 S_t^2 + e_t$	Ordinary Least Squares
C	$\beta_0 + \beta_1 S_t + \beta_2 S_t^2 + \delta_0 D_{1996-2001} + e_t$	Ordinary Least Squares
D	$\beta_1 S_t + \beta_2 S_t^2 + \delta_0 D_{1996-2001} + e_t$	Ordinary Least Squares
E	Modell D, Prais-Winsten, $\rho = (\sum e_t e_{t-1} / \sum e_t^2) * [(T-k)/(T-1)]$	Generalized Least Squares
F	$\beta_1 S_t + \beta_2 S_t^2 + \delta_a S_t * D_{1996-2001} + \delta_{a/K} S_t^2 * D_{1996-2001} + e_t$	Ordinary Least Squares
G	$\beta_1 S_t + \beta_2 S_t^2 + \delta_a S_t * D_{1996-2001} + e_t$	Ordinary Least Squares
H	$a S_t \left(1 - \frac{S_t}{K} \right) + e_t$	Maximum Likelihood
I	$a S_t \left(1 - \frac{S_t}{K} \right) + \delta_a S_t * D_{1996-2001} \left(1 - \frac{S_t * D_{1996-2001}}{\delta_K} \right) + e_t$	Maximum Likelihood
J	$a S_t \left(1 - \frac{S_t}{K} \right) + \delta_a S_t * D_{1996-2001} + e_t$	Maximum Likelihood

Veksten i dei siste åra skil seg ut, då veksten i tre av fire år ligg på rundt, eller godt over, 2 millionar tonn. For å finne ut om denne variansen skil seg signifikant frå situasjonen i resten av datasettet vart det generert ein dummy-variabel som tek verdien 1 i åra 1996, 1997, 1998, 1999, og 2000 og 0 i dei andre. (Ein tilsvarende dummy-variabel var generert for 1977, 1978, 1979 og 1980, men denne gav ikkje signifikante resultat og vert difor ikkje rapportert).

Modell C (tabell 4), likning (21), med konstantledd og dummy for 1996-2000 vart freista tilpassa først. Som ein ser av tabell 5 så var både konstantledd og dummy signifikante, men β_1 og β_2 hadde ikkje forventade forteikn og β_2 var heller ikkje signifikant. Når det gjeld førsteordens autokorrelasjon så er testverdi 1,68 for Durbin-Watson testen mellom øvste og nedste kritiske verdiar og er såleis ubestemt. Forklaringsgraden, justert $R^2 = 0,749$, var etter måten høg.

Tabell 5. Resultat av å tilpasse modellane i tabell 1 til data om kolmulebestanden 1977-2001. t-verdiar i parentes.

Modell	β_0	$\beta_1=a$	$\beta_2=-a/K$	K	δ_0	δ_a	δ_K	$\delta_{a/K}$	Durbin Watson	R^2
A	$-1,12 \cdot 10^6$ (-0,57)	0,77 (0,96)	$-6,82 \cdot 10^{-8}$ (-0,95)	$1,13 \cdot 10^7$	-	-	-	-	0,49	-0,049
B	-	0,31 (2,72)	$-2,81 \cdot 10^{-8}$ (-1,57)	$1,11 \cdot 10^7$	-	-	-	-	0,45	0,393
C	$3,0 \cdot 10^6$ (2,77)	-0,96 (-2,15)	$6,9 \cdot 10^{-8}$ (1,77)	$1,39 \cdot 10^7$	$2,22 \cdot 10^6$ (8,24)	-	-	-	1,68	0,749
D	-	0,26 (4,01)	$-3,62 \cdot 10^{-8}$ (-3,54)	$0,73 \cdot 10^7$	$1,87 \cdot 10^6$ (6,84)	-	-	-	1,32	0,803
E	-	0,26 (3,30)	$-3,50 \cdot 10^{-8}$ (-2,98)	$0,74 \cdot 10^7$	$1,84 \cdot 10^6$ (5,82)	-	-	-	1,59	0,735
F	-	0,34 (5,95)	$-5,05 \cdot 10^{-8}$ (-5,93)	$2,57 \cdot 10^7$	-	0,11 (0,71)	-	$3,31 \cdot 10^{-8}$ (1,43)	2,00	0,873
G	-	0,31 (5,69)	$-4,53 \cdot 10^{-8}$ (-5,28)	$0,68 \cdot 10^7$	-	0,33 (8,89)	-	-	1,78	0,866
H	-	0,31 (2,72)	$-2,81 \cdot 10^{-8}$	$1,11 \cdot 10^7$ (3,23)	-	-	-	-	0,45	0,393
I	-	0,31 (5,69)	-	$0,68 \cdot 10^7$ (13,56)	-	0,33 (8,89)	$1,62 \cdot 10^{11}$	-	1,78	0,776
J	-	0,31 (5,69)	-	$0,68 \cdot 10^7$ (13,56)	-	0,33 (8,89)	-	-	1,78	0,866

Neste steg var å utelate konstantleddet og estimere likning (21) med dummy for høg vekst (modell D). Modell D gav følgjande parameterverdiar $a = 0,26$, $\beta_2 = -3,62 \cdot 10^{-8}$ og koeffisienten for dummyen $\delta_0 = 1,87 \cdot 10^6$, som alle var signifikante og hadde forventa forteikn. Implisert K vart no på om lag 7,3 millionar tonn. Justert R^2 var på 0,803 og testverdien for førsteordens autokorrelasjon var i det ubestemte området. Samanliknar ein modellane C og D med kvar andre er det klart at modell D kjem best ut, med signifikante parameter og høgast R^2 . For å korrigere for eventuell førsteordens autokorrelasjon vart modell D estimert med generalisert minste kvadratans metode (GLS) (Prais-Winsten, tostegs). Dette vert rapportert under modell E i tabellane. Modell E vart estimert under fleire moglege estimat for ρ . Den som vert rapportert var det som gav høgast R^2 og ρ er den så kalla Theil's estimator (Greene 2000). a vart estimert til 0,26, $\beta_2 = -3,50 \cdot 10^{-8}$, noko som impliserar ein $K = 7,4$ millionar tonn, og dummykoeffisienten $\delta_0 = 1,84$ millionar. Alle parametra hadde rett forteikn og var signifikante. $R^2 = 0,735$ var lågare enn modell D, medan Durbin-Watson testverdi på 1,59 var høgare enn D, men likevel i det ubestemte området. Skilnaden i parameterverdiar mellom D og E må seiast å vere svært liten.

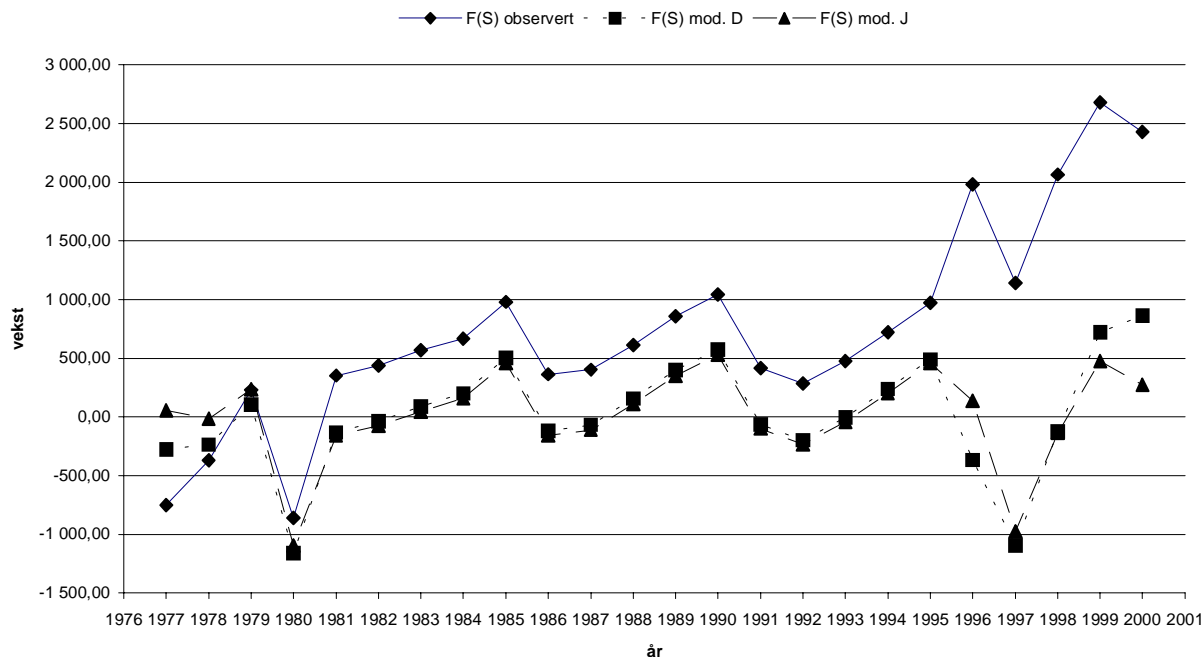
Vidare, i leitinga etter ein modell som skildrar veksten til kolmulebestanden på ein god måte, vart modell F i tabell 2 estimert med OLS. Grunnstammen er likning (21) utan konstantledd, men der dummy for åra 1996-2000 er multiplisert med S_t og S_t^2 som gir to nye variablar som tek verdiane S_t og S_t^2 , høvesvis, for $t = 1996, 1997, 1998, 1999, \text{ og } 2000$ og 0 elles. For åra 1996-2001 skulle vekstrata verte $\beta_1 + \delta_a$, og β_1 elles og samstundes er berekapasiteten $-(\beta_1 + \delta_a)/(\beta_2 - \delta_{a/K})$, mot $-\beta_1/\beta_2$ elles. Ein ser av tabell 2 at modell F gav signifikante estimat for β_1 og β_2 , medan for tidsrommet 1996 – 2001 var δ_a og $\delta_{a/K}$ ikkje signifikante. Elles, hadde alle parametra forventa forteikn, det var ingen førsteordens autokorrelasjon og justert R^2 var 87,3 prosent.

I modell G vart dummyen multiplisert med S_t^2 utelate frå regresjonen av veksten på S_t og S_t^2 . Det resulterte i signifikante estimat for β_1 , β_2 og δ_a på, høvesvis 0,31, $-4,53 \cdot 10^{-8}$ og 0,33. Dette impliserar ein K på 6,8 millionar tonn for åra 1977 til og 1995, medan for 1996-2001 vert vekstrata om lag 0,64 og berekapasiteten på drygt 14 millionar tonn. Tilpassingsgraden var på 86,6 prosent og ingen førsteordens autokorrelasjon.

Modellane H, I og J vart estimert med ikkje-lineær regresjon, så kalla "Maximum Likelihood" (ML). Skilnaden mellom modellane estimert med OLS, og GLS, er at med ML for ein eit direkte estimat for berekapasiteten K , i staden for ein implisert K som må reknast ut etterpå. Modell H tilsvarar modell B estimert med OLS. Samanliknar ein resultatata frå H med dei frå B ser ein at ein kjem fram til dei same estimata. Det ein skal leggje merke til er at sjølv om β_2 i B ikkje var signifikant så viser det seg at estimatet for K i H, likevel, er signifikant, slik at alle parametra i modell H har rette forteikn og er signifikante. Elles, gir B og H dei same resultatata.

Modell I tilsvarar modell F, δ_a/δ_K i I er tenkt å tilsvare $\delta_{a/K}$ i F. Som ein ser av tabell 5 så gir ikkje dei to modellane same svaret. a og K er signifikante, men ikkje like i begge, i modell I er dei, høvesvis, 0,31 og 6,8 millionar tonn. I modell F var ikkje dummy-koeffisientane signifikante, men i modell I er $\delta_a = 0,33$ kraftig signifikant medan $\delta_K = 1,62 \cdot 10^{11}$ vert teken som ein konstant av programmet STATA. Etter Durbin-Watson testen er det ingen autokorrelasjon.

Modell J tilsvarar modell G, og einaste skilnad mellom dei er at i modell J får ein rapportert K direkte, som i det her tilfelle viste seg å vere signifikant. Elles, gav J og G dei same resultatata.



Figur 7. Observert vekst i kolmulebestanden 1977-2001 og berekna vekst etter modellane D og J.

Ein har sett at å tilpasse data for kolmulebestanden frå 1977 til 2001 til likning (21), utan konstantledd, gav signifikante estimat med forventa forteikn for a og K (modell B), men tilpassingsgraden var heller låg og det var sterk grad av førsteordens autokorrelasjon tilstades. Innføring av ein dummy for åra med uvanleg sterk vekst (1996 – 2001) betra kraftig på dette (modell D og E), der denne dummyen var positiv og sterk signifikant, seriekorrelasjon var ubestemt og tilpassinga var 80,3 og 73,5 prosent, for høvesvis D og E. Vidare, det å la likning (21) få eit ekstra ledd, avhengig av S_t i åra 1996 – 2001 gav ei endå betre tilpassing (86,6 prosent) og det var ikkje lenger noko teikn til førsteordens autokorrelasjon. Dette resultatet var uavhengig av estimeringsmetode. Figur 7 samanliknar berekna vekst for modellane D og J, høvesvis, med observert vekst. Som ein ser så vert berekna vekst frå 1996 til 2000 mykje lågare enn den faktiske i same periode, og det er lite skilnad mellom berekna vekst i modellane D og J.

Vidare, ser ein at veksten i kolmulebestanden kan variere mykje. Ein vekstfunksjon som ikkje tek omsyn til dette (modell B) hadde etter måten låg forklaringskraft og estimert berekapasitet, K , var noko større enn dei modellane som tok omsyn til år med vekst utanom

det vanlege, medan den underliggjande vekstrata, a , var om lag av same storleik for alle modellane som hadde signifikante parameter med riktig forteikn. Innføring av ein dummyvariabel for åra 1996 til 2000, då veksten ser ut til å ha vore uvanleg god, betra forklaringsgraden til modellen til over 70 prosent. Koeffisienten for denne variabelen var signifikant og på 1,84 millionar.

Kva parameter, a eller K , som kan seiast forklare den auka veksten i kolmulebestanden er vanskeleg å seie. Dersom denne auken i vekst og høg parameterverdi for dummyvariabelen skal forklarast med ei høgare vekstrate, med ein uendra berekapasitet på 7,4 millionar, der S^{MSY} er $K/2$ og veksten er 1,84 millionar tonn over "normalveksten" på vel 480 tusen tonn skulle det tyde på ei underliggjande vekstrate på 1,26! Så høg underliggjande vekstrate er ikkje vanleg for fiskebestandar på dei breiddegrader som kolmule lever på, vanlegvis føreset ein at vekstratene ligg mellom null og 1. Dersom ein føreset at vekstrata er uendra, med $a = 0,26$, og at det er berekapasiteten som aukar og som er årsak til at bestanden sitt vekst potensiale aukar, inneberar dette ein $K = 11,9$ millionar tonn. Ein berekapasitet på omkring 12 millionar tonn er fullt mogeleg, til dømes var berekna bestandsstorleik for kolmule i 2000 på 8,3 millionar tonn og det vart landa om lag 1,4 millionar tonn, likevel, var berekna bestand auka med 1 millionar tonn i 2001 og det vart fanga mest 1,8 millionar tonn kolmule. Går ein ut frå at bestandsstorleiken er 8,3 millionar tonn og veksten til denne bestandsstorleiken, med ein berekapasitet på 11,9 millionar tonn, er om lag 1,8 millionar tonn om året så må den underliggjande vekstrata for å oppnå dette vere på 0,70. Det er difor truleg at både den underliggjande vekstrata og berekapasiteten har vore høgare i åra 1996 til 2001 i høve til "normalvekst". Som nemnd tidlegare så gav modell G eit liknande resultat; "normalvekst" innebar ei underliggjande vekstrate på 0,31 og ein berekapasitet på 6,8 millionar tonn, medan under gode vekst tilhøve var $a = 0,64$ og $K = 14$ millionar tonn. Den logistiske vekstfunksjonen er berre ei tilnærming for å kunne skildre vekst til populasjonar matematisk, og ikkje eit nøyaktig bilete av det som går føre seg i naturen.

Gunstige miljømessige tilhøve i det nordaustlege Atlanterhavet har gjort at veksten i kolmulebestanden har vore høg samstundes som dei gode tilhøva òg har gjort at overleving av egg og yngel har auka slik at rekrutteringa til bestanden har vore svært god. Dette er nokre grunnar til kvifor bestanden har tålt eit høgt fangstuttak over fleire år, men ei anna årsak er at ein tok til å fiske på komponentar av kolmulebestanden som ein før ikkje hadde fiska på. Ein tok til å fiske kolmule på nye fiskefelt samstundes som ein fiska meir av dei yngre årsklassene

enn tidlegare. Det kan tenkjast at den tilsynelatande høge veksten, eller noko av han, dei siste åra er ein konsekvens at ein ikkje har teke omsyn til heile bestanden tidlegare.

Økonomiske parametrar

Ein tek utgangspunkt i det norske fisket etter kolmule med at ein nyttar data om prisar og kostnader for norske ringnotsnurparar med kolmulesesong. I Noreg står denne flåtegruppa for 80 – 90 prosent av fangstane av kolmule. Forutan ringnotsnurperane med kolmulesesong fiskar også industritrålarane i Nordsjøen kolmule.

Lønsemdsundersøkingane til Fiskeridirektoratet (Anon. 1999a, 2000a, 2001a og 2002a) presenterar gjennomsnittstal for blant anna driftsinntekter, ulike driftskostnader, tal for døger i sjøen, tal for driftsdøger, talet på farty i utvalet, balanse, fartylengde, tonnasje og gjennomsnittsalder på fartya. Ein vil her berre sjå på dei variable kostnadene, unna teke mannskapkostnader. Løn og andre kostnader knytt til mannskapet vert ikkje teke med fordi mannskapet vert løna etter fangstverdien fartya klara å oppnå. Faste kostnader vert det også sett bort frå. Ein grunn til dette er at ringnotsnurparar med kolmulesesong fiskar andre fiskeslag i tillegg til kolmule, og lønsemdsundersøkingane delar ikkje opp kostnadene på dei ulike sesongane som fartya deltek i gjennom året. Det er difor vanskeleg å bestemme kor stor del av dei faste kostnadene som kan knytast til kolmulefisket. Ein annan grunn til å berre sjå på dei variable kostnadene er at så lenge inntektene i kolmulefisket er store nok til å dekke nokre av dei faste kostnadene utover dei variable og at kolmulesesongen ikkje fortrenger eit meir lønsamt alternativt fiskeri for fartya så vil det vere dei variable kostnadene som bestemmer om ringnotsnurparar med kolmulesesong nyttar seg av retten til å fiske kolmule eller ikkje.

For å fordele dei variable kostnadene mellom kolmulefisket og andre sesongar som fartya deltek i, nyttar ein talet på driftsdøger samla sett og gjer føresetnad om lengda på kolmulesesongen. Då driftstid per sesong ikkje vert rapportert i lønsemdsundersøkingane har ein valt å setje driftstid for kolmulefisket til 60 døger per år. Det næraste ein kjem eit tal for lengda på kolmulesesongen er å samanlikne samla driftstid for ringnotsnurparar med kolmulesesong (fartygruppe 029) med samla driftstid for ringnotsnurparar med tillatne lastekapasitet 8000 hl og over (fartygruppe 028). Fartygruppe 028 driv ikkje med kolmuletråling, men er elles den fartygruppa som har mest til felles med ringnotsnurperane med kolmulesesong, slik at ein kan tenke seg at den samla driftstida til fartya i denne gruppa

talfestar tida som går med til andre fiskeri. Fartygruppe 028 si driftstid er mellom 30 og 40 døger kortare enn tilsvarande for ringnotsnurparar med kolmulesesong. Når ein har valt å setje lengda på kolmulesesongen til 60 døger kan det forsvarast med at kolmulefartya har større lastekapasitet og større maskinkraft enn fartygruppe 028 og kan difor forventast å bruke kortare tid på å fiske same kvantum. Lengda på kolmulesesongen vil sjølvsagt variere noko frå år til år, men i mangel på betre informasjon vel ein her å nytte 60 driftsdøger per sesong.

For å bestemme kva marginalkostnad ein skal bruke i modellen og for å kunne gjere samanlikningar under fleire alternative føresetnader, vel ein å bestemme marginalkostnadene som gir same tilhøve mellom kostnader og inntekter i Stackelberglikevekt som for det norske kolmulefisket. Dette gjer ein med å berekne samla variable kostnader for ringnotsnurparar med kolmulesesong dividert med verdien av kolmulefisket i lønsemdsundersøkingane. Tabell 4 viser data som er brukt til å bestemme kostnader og kostnadene sett i høve til inntektene i kolmulefisket 1998 – 2001. Gjennomsnittsverdi for kostnader i høve til inntekter er 0,148. Dette er indirekte å prøve å få eit anslag på tilhøve mellom grensekostnad og pris, c/p :

$$\frac{\text{Samla variable kostnader}}{\text{Samla inntekt}} = \frac{cX}{pX} = \frac{c}{p}.$$

Gjennomsnittlege prisar per tonn landa kolmule vert vist i tabell 6. Gjennomsnittet av desse er 665 kroner per tonn, i modellen vart prisen sett til 700 kroner per tonn som er nær gjennomsnittsprisane oppnådd i kolmulefisket i åra 1998, 1999, 2000 og 2001, jamfør lønsemdsundersøkingane for heilårsdrivne fiskefarty 8 meters største lengde og over (Anon. 1999a, 2000a, 2001a og 2002a). Arbeidskraftskostnader er ikkje tekne med då ein berekna dei variable kostnadene, med rett skulle ein trekke frå prisane den delen som går til å løne mannskapet. Dette er ikkje gjort, slik at profitten i modellen går ikkje uavkorta til eigarane av fartya. Sidan reiarane får ein andel av fangstverdien, er det meningsfullt å maksimere samla fangstverdi. Det er likevel eit problem at mannskapet ikkje er med å betalar dei variable kostnadene, ein går ut frå at dei prisar og kostnader ein har valt her gir eit tilnærma korrekt bilete av dei faktiske tilhøva.

Parameteren b i likning (2) skildrar korleis endring i bestandsstorleik påverkar kostnadene; $b = 1$, tyder det at fisken til ei kvar tid fordelar seg uniformt over eit gitt område. Pelagisk stimfisk, derimot, oppfører seg ikkje slik, men vil halde ein viss tettleik uavhengig av bestandsstorleik. Ei slik åtferd tyder på at parameteren b må ligge mellom 1 og 0. Det er ikkje

urimeleg å gå ut frå at kolmule har ei meir utprega pelagisk åtferd som liknar den til stimfisk. Då det manglar estimat for parameteren b , vil ein berekne kostnader under to ulike føre setnader om b ; først går ein ut frå at $b = 1$ og den andre er $0 < b < 1$, som i likning (2). Då storleiken til b ikkje er talfasta vel ein å nytte $b = \frac{3}{4}$.

Tabell 6. Kostnader for fartygruppe 029: Ringnotsnuparar med kolmulesesong for åra 1998, 1999, 2000 og 2001 (Anon. 1999a, 2000a, 2001a og 2002a).

År	1998	1999	2000	2001
R.2 Drivstoff	2 151 000	2 532 354	4 134 544	4 544 686
R.4 Agn, is, salt og emballasje	184 726	313 910	143 181	159 628
R10. Diverse uspesifiserte kostnader	2 212 243	1 999 715	1 841 249	2 186 043
Sum variable kostnader	4 547 969	4 845 979	6 118 974	6 890 357
Driftsdøger	296	315	302	288
Variable kostnader per driftsdøger	15 365	15 384	20 262	23 925
Lengde på kolmulesesong	60	60	60	60
Variable kostnader, kolmulesesong	921 900	923 040	1 215 720	1 435 491
Talet på farty med kolmulesesong	41	41	40	42
Samla variable kostnader	37 797 900	37 844 640	48 628 800	60 290 622
Verdi av kolmulefangstane	432 894 000	254 572 000	268 301 000	345 088 000
Kolmulefangst av fartygruppe 029	514 046	470 963	461 280	490 419
Pris per tonn	840	540	580	700
C/V eller c/p	0,087	0,149	0,181	0,175

7. Resultat og samanlikning av likevekter

Her vil ein med hjelp av modellane utleia i kapitel 5 og parameter til modellane som ein kom fram til i kapitel 6 fokusere på skilnader mellom Stackelberg- og posisjoneringsslikevekt for å sjå kva som kan forklare det ein opplever i kolmulefisket.

Først vil ein samanlikne skilnader mellom Stackelberg- og posisjoneringsslikevekt under ulike føresetnader om landa sine grensekostnader og kostnadsfunksjonar. Det neste er å finne ut kor kjenslevar resultatata er for endringar av parameterverdiar. Tilslutt vil ein fokusere nærare på verknadene av endringar i dei parametra som ein tru er særst viktige for å forklara kva som gjer at ein eller fleire av partane føretrekk posisjoneringsspelet fram for Stackelbergspelet.

Tabell 7. Stackelberg (A)- og posisjoneringsslikevekter (B). Parameter som er felles for alle tre samanlikningane: $a = 0,3$, $K = 11$ mill. tonn, $X_0 = 6$ mill. tonn, $p = 700$ kroner og $r = 5\%$.

C^i	$\int_{s_t}^{x(s_{t-1})} \frac{C^i}{z} dz$				$\int_{s_t}^{x(s_{t-1})} \frac{C^i}{z^b} dz$	
b	1				3/4	
c^i	$c^1 = 0,57 \cdot 10^9$ $c^2 = 0,57 \cdot 10^9$		$c^1 = 0,57 \cdot 10^9$ $c^2 = 0,53 \cdot 10^9$		$c^1 = 11,6 \cdot 10^6$ $c^2 = 10,9 \cdot 10^6$	
Likevekter	A	B	A	B	A	B
Noverdi land 1	5 714 633 261	3 921 166 516	5 500 843 138	3 953 058 730	5 510 313 330	3 932 885 446
Noverdi land 2	4 591 112 137	3 631 037 699	4 867 982 723	3 703 965 232	4 889 751 130	3 733 221 827
$X_{t>0}$	5 669 444	3 004 243	5 658 461	2 957 416	5 589 992	2 705 108
$Z_{t>0}$	5 228 271	2 713 136	5 234 889	2 670 675	5 169 528	2 438 625
S_t	4 855 763	2 435 385	4 845 156	2 395 302	4 779 163	2 180 609
Y^1	441 173	291 107	423 572	286 740	420 464	266 483
Y^2	372 508	277 752	389 732	275 374	390 365	258 016
Y	813 680	568 858	813 305	562 114	810 829	524 499
α^1	0,55	0,51	0,52	0,51	0,52	0,51
α^2	0,45	0,49	0,48	0,49	0,48	0,49

Tabell 7 viser noverdi, fangst og profittdeling for begge landa i Stackelberg (A)- og posisjoneringsslikevekt (B) samt bestandsstorleik i likevekt når fisket tek til, $X_{t>0}$, $Z_{t>0}$ som er bestanden når land 1 sluttar fisket i Stackelberglikevekt og S_t , bestandsstorleiken som bestemmer tilveksten. Tabellen viser resultatata for fleire føresetnader om grensekostnadene og

kostnadsfunksjonen i fisket. Først vert totalkostnadene bestemt under føresetnad om at $b \equiv 1$ og felles grensekostnader for land 1 og land 2. Grensekostnad vart valt slik at totalkostnader for land 1 i Stackelberglikevekt gav om lag same tilhøve mellom totalkostnader og totalinntekt til landet som gjennomsnittet til norske ringnotsnurparar med kolmulesesong hadde i åra 1998-2001, 0,148.

Neste samanlikning av likevektene var under føresetnad at land 2 òg hadde same tilhøve mellom kostnader og inntekter som land 1 hadde, om lag 0,148, det vil seie at land 2 får lågare grensekostnad enn land 1 som beheld same grensekostnad som i første samanlikning. Dette er ein konsekvens av det sekvensielle fisket der land 2 fiskar på ein mindre bestand. Til slutt har landa ulike grensekostnader, men kostnadsfunksjonen er no likning (2) med kostnadselastisitet med omsyn på bestandsstorleik, b , på $\frac{3}{4}$. Tilhøve mellom totalkostnader og inntekter er det same som tidlegare, men grensekostnadene er tilpassa til den nye kostnadsfunksjonen.

Dei andre parametra i modellen som gir resultata vist i tabell 5 er valt på bakgrunn av estimeringa tilvekstfunksjonen likning (21), a og K er sett tilnærma lik dei estimerte verdiane for modell B vist i 5 tabell i førre kapittel. Prisen p som vert nytta er om lag den same som gjennomsnittsprisen som norske kolmulefarty fekk i åra 1998-2001 (Anon. 1999a, 2000a, 2001a og 2002a). Diskonteringsrenta, r , vart sett til 5 prosent og er tenkt representere eit rimeleg avkastingskrav. Initialbestandsstorleik, X_0 brukt i tabell 7 er 6 millionar tonn.

Tilbake til tabell 7 ser ein av første samanlikning av Stackelberglikevekt (A) og posisjoneringslikevekt (B), der $b \equiv 1$ og felles grensekostnader for begge landa, at noverdien er høgare for begge landa i Stackelberglikevekta enn i posisjoneringsspelet. For land 1 er noverdien om lag 5,7 milliardar kroner i det første alternativet mot berre om lag 3,9 milliardar kroner i det andre. Tilsvarende for land 2 er omlag 4,6 milliardar kroner i det første mot 3,6 milliardar kroner i det andre. Sjølv om begge land får redusert sin noverdi av fisket med å gå frå ei Stackelberglikevekt, der land 1 er kvantumsleiar, og til ei posisjoneringslikevekt, der ein delar profitten mellom landa etter ein regel fastset i initialperioden, er dette tapet relativt større for land 1 (om lag 31 prosent) enn for land 2 (om lag 21 prosent).

Initialbestanden X_0 er seks millionar tonn i begge likevektene. $X_{t>0}$ som vert presentert i tabell 7 er bestanden land 1 står overfor når fisket tek til i alle periodar etter initialperioden. Som forventa er alle bestandsstorleikar større under Stackelbergspelet enn under

posisjoneringsspelet fordi konkurransen er mykje mindre i det første tilfellet enn i det andre, kampen om å sikre seg størst moglege delar av fangstane (profitt) fører til at bestanden vert kraftig redusert. Bestandsvariablane $Z_{t>0}$ er bestandsstorleiken land 1 let etter seg når dei sluttar fisket. I Stackelberglikevekta er denne lik for alle periodar, også for initialperioden, medan i posisjoneringsspelet er $X_{t>0} - Z_{t>0}$ land 1 sin fangst i alle periodar etter initialperioden. Z_0 , bestandsstorleiken i posisjoneringsspelet som land 1 let etter seg i initialperioden er større enn $Z_{t>0}$. I initialperioden fiskar så land 2 bestanden ned frå Z_0 til S_t . S_t er den same i alle periodar, i begge spela. Etter at land 2 har slutta fisket sitt, eller bestanden har nådd storleiken S_t , føreset ein her at bestanden tek til å vekse att. Veksten følgjer ein logistisk vekstfunksjon lik likning (21). Når bestanden igjen er tilgjengeleg for fiske har han vakse til storleik $X_{t>0}$. Land 1 sin fangst Y^1 tilsvarar $X_{t>0} - Z_{t>0}$ og land 2 sin fangst Y^2 er lik $Z_{t>0} - S_t$. Samla fangst Y er såleis lik $X_{t>0} - S_t$, i likevekt.

Ei samanlikning av Stackelberg (A)- og posisjoneringslikevekt (B) viser også at å gå frå Stackelberglikevekt til posisjoneringslikevekt fører til at bestandsstorleikane og fangst vert sterkt redusert. $X_{t>0}$ er på om lag 5,67 millionar tonn i Stackelberglikevekt, mot drygt 3 millionar tonn i posisjoneringslikevekt under elles dei same føresetnadene. Dette er ein reduksjon på om lag 47 prosent. På same måte vert $Z_{t>0}$ redusert frå 5,23 til 2,71 millionar tonn som utgjer 48 prosent. Land 1 sin fangst, Y^1 som var 441 tusen tonn i Stackelberglikevekt vert redusert med 34 prosent til 291 tusen tonn i posisjoneringslikevekt. Tilsvarande for land 2, som i Stackelberglikevekt fiska bestanden ned frå $Z_{t>0}$ til S_t på om lag 4,86 millionar tonn, ein fangst, Y^2 på 373 tusen tonn vert i likevekt posisjoneringslikevekt redusert med 25 prosent til 278 tusen tonn og let om lag 2,44 millionar tonn av bestanden vere att. Samla fangst, Y vert redusert med 30 prosent frå 814 tusen tonn til 569 tusen tonn.

α^1 og α^2 er del av samla profitt som tilfelli, høvesvis, land 1 og land 2. Det er verd merke seg at α^1 og α^2 i Stackelberglikevekt ikkje vert bestemt av likning (19), men er, høvesvis, land 1 og land 2 sine delar i samla likevektsprofitt og ikkje delar av samla fangst initialperioden også. I Stackelbergspelet får land 1 55 prosent av samla profitt i kolmulefisket mot land 2 sine 45 prosent av same. I posisjoneringsspelet er òg α^1 og α^2 dei respektive landa sine delar av samla fangst så vel som deira del av samla profitt, land 1 får no 51 prosent og land 2 49 prosent av samla profitt. Ein konsekvens av at i posisjoneringsspelet vert framtidig profitt jamnt fordelt.

Neste samanlikning av Stackelberg (A)- og posisjoneringsslikevekt (B) føreset at land 1 har same grensekostnad som før, medan land 2 sin grensekostnad no er sett slik at begge landa har same tilhøve mellom kostnader og inntekter i Stackelberglikevekta. Land 2 sine grensekostnader vert lågare enn land 1 sine, fordi land 2 står overfor ein mindre bestand og større fangstkostnadene enn land 1 som tek sin del først. Elles, føreset ein som før at fangstkostnadene er omvendt proporsjonal med bestandsstorleiken, altså $b \equiv 1$.

Samanliknar ein noverdiane i Stackelberglikevekt med posisjoneringsslikevekt vert land 1 sin noverdi redusert med 28 prosent frå 5,5 milliardar kroner til 3,95 milliardar kroner. Land 2 reduserar sin noverdi frå 4,87 milliardar kroner til 3,7 milliardar kroner, ei endring på 24 prosent. Når begge landa har same forhold mellom kostnader og inntekter fører det til land 1 taper noko av "first mover advantage" i Stackelberglikevekta, medan fordelinga i posisjoneringsslikevekt er mest uendra i høve til då begge hadde same grensekostnad. Noverdi til både land 1 og 2 i posisjoneringsslikevekt auka med å la landa ha same forhold mellom kostnader og inntekt.

Bestandsstorleikane $X_{>0}$, $Z_{>0}$ og S_t er lågare i Stackelberg (A)- og posisjoneringsslikevekt (B) enn i første samanlikning. Årsaka er at land 2 no har lågare grensekostnad og finn det difor lønsamt å redusere bestandsstorleiken S_t meir enn tidlegare. Dette får verknad for tilveksten, og dei andre bestandsstorleikane $X_{>0}$ og $Z_{>0}$. $X_{>0}$ i Stackelberglikevekt er 48 prosent større enn i posisjoneringsslikevekt, tilsvarande reduksjon i $Z_{>0}$ er 50 prosent og for S_t 51 prosent. Skilnad på bestandsstorleikane i Stackelberglikevekt og posisjoneringsslikevekt har òg auka i høve til første samanlikning. Ein lågare bestandsstorleik, S_t , gir lågare tilvekst når S_t er mindre enn $K/2$. Reduksjon i landa kvantum kolmule, posisjoneringsslikevekt samanlikna med Stackelberglikevekt, er 32 prosent for land 1, 29 prosent for land 2 og samla fangst vert 31 prosent mindre. α^1 og α^2 var, høvesvis, 52 og 48 prosent i likevekt Stackelberglikevekt. Dette endra seg til 51 og 49 prosent, høvesvis, i posisjoneringsslikevekt.

I siste samanlikning mellom Stackelberglikevekt (A) og posisjoneringsslikevekt (B) føreset ein at kostnadsfunksjonen tilsvarar likning (3), der landa har same forhold mellom kostnader og inntekter i Stackelberglikevekt. Då fangstkostnadene ikkje lenger aukar proporsjonalt med minkande bestandsstorleik, men at kostnadene aukar med avtakande rate når bestanden vert mindre, må ein bestemme grensekostnader på nytt. Kostnadselastisitet med omsyn på bestandsstorleik, b som vert brukt her er $\frac{3}{4}$. For at resultata frå denne samanlikninga skal

kunne samanliknast med dei føregåande vert grensekostnadene på ny bestemt slik at forholdet mellom kostnader og inntekter i Stackelberglikevekt er det same som norske kolmulefarty hadde i åra 1998-2001. Begge landa har same kostnadsinntektsforhold, det vil seie at land 1 sin grensekostnad er høgare enn land 2 sin. Resultata er no, tilnærma, mogeleg å samanlikne med dei andre resultata.

Land 1 sin noverdi i posisjoneringlikevekt (B) er 29 prosent lågare enn i Stackelberglikevekt (A) og for land 2 sin noverdi er tilsvarende skilnad 24 prosent. Når det gjeld skilnad i noverdi mellom Stackelberglikevekt og posisjoneringlikevekt så ser dei ut til å vere uavhengig av kostnadsfunksjon ein vel.

Den viktigaste skilnaden med ein kostnadselastisitet med omsyn på bestandsstorleik, b mellom null og ein er at det kan vere lønsamt å redusere bestanden meir enn om, til dømes, $b = 1$. Dette ser ein når ein samanlikner dei to søylene heilt til høgre i tabell 7 med dei to føregåande søylene, tydelegast i posisjoneringlikevekt. Reduksjonen i $X_{t>0}$ mellom likevektene Stackelberglikevekt og posisjoneringlikevekt er på 52 prosent, $Z_{t>0}$ vert 53 prosent mindre og S_t 54 prosent. Dette gir utslag i lågare tilvekst og fangst. Land 1 sin fangst, Y^1 vert 37 prosent lågare i posisjoneringlikevekt (B) enn i Stackelberglikevekt (A), samstundes vert land 2 sin fangst, Y^2 redusert med 34 prosent og samla fangstreduksjon er på 35 prosent.

Resultata i tabell 7 og samanlikningane mellom likevektene, Stackelberg og posisjonering, viser at Stackelbergspelet, der land 1 er kvantumsleiar, gav høgast profitt, og fangst, både til dei einskilde landa og samla sett, og var den likevekta som var mest konserverande for bestanden, det vil seie at bestandsstorleik var større i Stackelberglikevekt enn i posisjoneringlikevekt. Land 1 sitt tap i noverdi med å spele posisjoneringsspelet var omlag 30 prosent, for land 2 var dette tapet noko mindre, men likevel over 20 prosent. Bestandsreduksjonane var i storleiksorden 47-54 prosent og fangstane var gjennomgåande 29-37 prosent lågare i posisjoneringlikevekt enn i Stackelberglikevekt. Sjølv om begge landa sin profitt i initialfasa alltid er større i posisjoneringsspelet enn i Stackelbergspelet, fører på lengre sikt kampen om etablere "historiske" fangstrettar på bakgrunn av initialfangstane til eit stor tap i potensiell inntekt frå fisket samstundes som det kan true bestanden ved at den vert så redusert at bestanden kjem utanfor sikre biologiske grenser.

For å sjå korleis endringar i parametra i nærleiken av likevektene, under føresetnad om ein kostnadselastisitet med omsyn på bestandstorleik, $b = 3/4$, som er presentert i tabell 7, slår ut på skilnaden av å vere i dei to likevektene, har ein gjennomført ei sensitivitetsanalyse av skilnad mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt med kostnadsfunksjon som likning (2) som kan samanliknast med skilnaden i prosent mellom dei to søylene lengst til høgre i tabell 7, der ein endrar eitt og eitt parameter med $-/+$ 10 prosent medan ein held dei andre parametra konstante. Kall resultatata av sensitivitetsanalysen for A' og B' , for høvesvis Stackelberg- og posisjoneringslikevekt, og resultatata i den siste samanlikninga i tabell 7 for, høvesvis, A og B .

Resultatet vist i tabell 8 er då $\left[1 - \frac{A(A' - B')}{A'(A - B)}\right] * 100$, der resultatata kan tolkast som prosentvis

endring i skilnad mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt som følgje av ein 10 prosent endring i parameteren, alt anna likt. Har resultatata i tabell 8 negativt forteikn tyder det at skilnaden mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt vert mindre når parameteren vert endra; positivt forteikn, derimot, tyder at skilnaden mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt aukar som følgje av endringa i parameteren.

Tabell 8. Sensitivitetsanalyse av skilnad i prosent mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt, med $-/+$ 10 % endring i parametra, *ceteris paribus*, $a = 0,3$, $K = 11$ mill. tonn, $X_0 = 6$ mill. tonn, $p = 700$ kroner, $r = 5\%$, $c^1 = 11,6 * 10^6$, $c^2 = 10,9 * 10^6$ og $b = 3/4$.

	a		X_0		K		p		c^1		c^2		r		b	
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
$pv1$	-1,1	1,3	4,8	-3,1	-3,9	4,4	-0,4	0,4	15,8	-16,6	-17,3	14,5	0,7	-0,6	-3,9	3,5
$pv2$	-3,1	2,0	26,3	-24,9	-26,3	22,6	1,9	-1,6	-20,4	16,6	16,4	-16,8	3,4	-3,6	34,2	-13,4
$X_{\triangleright 0}$	1,5	-1,3	5,4	-4,9	-6,6	5,9	-1,6	1,3	0,1	-0,1	1,3	-1,4	-1,0	1,1	-26,5	9,3
$Z_{\triangleright 0}$	1,3	-1,1	5,2	-4,7	-6,4	5,7	-1,6	1,3	-0,3	0,2	1,7	-1,7	-0,9	1,0	-25,5	8,8
S_t	0,9	-0,7	5,0	-4,6	-6,2	5,5	-1,5	1,2	0,1	-0,1	1,2	-1,3	-0,8	0,9	-24,7	8,5
Y^1	1,7	-1,2	8,1	-7,1	-10,1	9,2	-3,0	2,5	9,4	-9,7	-7,8	6,1	-2,7	2,7	-49,8	18,1
Y^2	5,3	-4,5	8,8	-7,7	-10,5	9,8	-2,8	2,3	-12,1	9,8	13,1	-13,7	-3,6	3,7	-45,8	15,6
Y	3,3	-2,7	8,4	-7,4	-10,3	9,5	-2,9	2,4	0,4	-0,4	2,3	-2,3	-3,1	3,1	-48,0	17,0
α^1	-44,6	39,9	3,7	-3,9	-10,4	7,9	-7,5	6,5	295	-313	-331	269	7,0	-8,1	-126	67,8
α^2	-45,3	41,7	3,7	3,7	-10,4	7,9	-7,6	6,5	354	-287	-301	320	6,7	-7,9	-125	69,5

Ein reduksjon (auke) med 10 prosent av a fører til ein reduksjon (auke) i skilnad mellom landa sine noverdiar mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt. Skilnad i bestandsstorleik, høvesvis, $X_{\triangleright 0}$, $Z_{\triangleright 0}$ og S_t , auka (minka), skilnad i fangst, høvesvis, Y^1 , Y^2 og Y , auka (minka) og

skilnad i, høvesvis, α^1 og α^2 minka (auka). Etter som vekstrata, a , nærmar seg null vert skilnad i noverdi mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt mindre - ingen vekst, ingen profit. Likevel, med svært låg vekst viser sensitivitetsanalysen at eit posisjoneringsspel aukar sjansen for utrydding i høve til eit Stackelbergspel.

Reduserar (aukar) ein initialbestanden X_0 med 10 prosent aukar (minkar) skilnaden mellom likevektene for alle resultat. Største utslaget ser ein for land 2 sin noverdi der skilnaden aukar (minkar) med 26,3 (24,9) prosent. Aukar ein X_0 reduserar det skilnadane mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt. Dette tyder på at eit posisjoneringsspel vert mindre øydeleggjande (relativt meir attraktivt) viss ein startar med ein stor initialbestand. Noko som kanskje forklarar noko av åtferda ein har observert dei siste åra.

Ein 10 prosents reduksjon (auke) i berekapasiteten, K , fører til skilnaden mellom likevektene minkar (aukar). Størst reduksjon (auke) finn ein i land 2 sin noverdi med 26,3 (22,6) prosent. Elles, minkar (aukar) skilnadene for Y^1 , Y^2 og Y , med 10,1 (9,2), 10,5 (9,8) og 10,3 (9,5), og α^1 og α^2 , med 10,4 (7,9) prosent for begge.

10 prosent reduksjon (auke) i prisen, p , gav redusert (auka) skilnad for alt, unnateke, land 2 sin noverdi som auka (minka). Ser ein bort frå land 2 sin noverdi, ser ein lågare (høgare) pris ut til å gjere posisjoneringslikevekta relativt meir attraktiv.

Får land 1 10 prosent lågare (høgare) grensekostnad vil skilnad i land 1 sine noverdiar auke (minke) med 15,8 (16,6) prosent, land 1 vil få ein sterkare fordel som kvantumsleiar i Stackelberglikevekt. På land 2 sine noverdiar vil dette ha motsett verknad, ein minke (auke) på 20,4 (16,6) prosent. Det er her verdt å merke seg at ein 10 prosent reduksjon i c^1 , alt anna likt, tyder at land 1 har lågare grensekostnad enn land 2. Det same er tilfelle med ein 10 prosent auke i c^2 , alt anna likt. Sidan α^1 og α^2 er i prosent gir endringar av grensekostnadene, alt anna likt, store utslag i skilnad mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt. Med 10 prosent lågare (høgare) grensekostnad, for land 1, vil skilnad i α^1 og α^2 , høvesvis, auke (minke) med 295 (313) og 354 (287) prosent. Tilsvarande, om land 2 sin grensekostnad minkar (aukar) med 10 prosent så vil skilnad i land 1 sine noverdiar gå ned (opp) med 17,3 (14,5) prosent og skilnad i land 2 sine noverdiar gå opp (ned) med 16,4 (16,8) prosent. Skilnad i α^1 og α^2 minke (auke) med 331 (269) og 301 (320) prosent, høvesvis. Igjen må ein hugse at α^1 og α^2 er i

prosent, det same var skilnad mellom Stackelberg- og posisjoneringsslikevekt, så relative små endringar kan gi store utslag. Landet som får lågare (høgare) grensekostnad vil få relativ høgare (lågare) noverdi i Stackelberglikevekt enn i posisjoneringsslikevekt. Land 2 sin fangst var mest kjenslevar over for endringar i grensekostnadene, auka (minka) c^1 så minka (auka) skilnad på Y^2 med 12,1 (9,89 prosent og reduksjon (auke) i eigen grensekostnad førte til at skilnad i Y^2 auka (minka) med 13,1 (13,7) prosent.

Forskjellen mellom Stackelberg- og posisjoneringsslikevekt er at posisjoneringsslikevekt gir høg profitt i første periode, men lågare profitt deretter. Lågare (høgare) rente, r , gjer at denne forskjellen aukar (minkar). Relativ endring i skilnaden mellom land 1 sine noverdiar på 0,7 (0,6) prosent var små samanlikna med verknaden på skilnad i land 2 sine noverdiar som var 3,4 (3,6) prosent. For bestandsstorleik og fangst gjer ein reduksjon (auke) i renta at skilnad mellom Stackelberg- og posisjoneringsslikevekt minkar (aukar). Skilnad mellom α^1 og α^2 aukar (minkar) som følgje av ei slik renteendring, med høvesvis 7,0 (8,1) og 6,7 (7,9) prosent.

10 prosent reduksjon (auke) i kostnadselastisitet med omsyn på bestandsstorleik, b , gjer at skilnad i land 2 sine noverdiar aukar (minkar) med 34,2 (13,4) prosent. For alt anna fører tilsvarende endring av b ein minke (auke) i skilnad mellom likevektene, land 1 sine noverdiar er dei som endrar seg minst, med ein 3,9 (3,5) prosent reduksjon (auke). Elles, minkar (aukar) skilnaden mellom dei med 24,7 – 126 (8,5 – 69,5) prosent. Som ein ser er skilnad i bestandsstorleik og fangstkvantum mellom Stackelberg- og posisjoneringsslikevekt svært kjenslevar for lågare kostnadselastisitet, dette tyder òg på at ein lågare verdi av b gir lågare fangst og bestandsstorleik i begge likevektene. Med andreord, eit posisjoneringsspel kan vere svært uheldig for stimfiskbestandar.

I nærleiken av likevektene i tabell 7 ser skilnad mellom resultatane i Stackelberg- og posisjoneringsslikevekt ut til å vere mest kjenslevar for endringar i grensekostnadene, renta og kostnadselastisitet med omsyn på bestandsstorleik og mindre kjenslevar for endringar i den underliggjande vekstrata, initialbestanden, berekapasitet og pris.

I posisjoneringsspelet inngår initialbestanden X_0 i både uttrykka for noverdi og første ordens vilkåra gjennom α^1 og α^2 i likningane (19) og (20); i Stackelbergspelet, derimot, er X_0 berre i uttrykka for noverdiane. Dette er ein viktig skilnad mellom dei to spela; løysingane for $Z_{t>0}$, og S_t , kan i Stackelbergspelet under visse tilhøve verte større enn X_0 , noko som tyder på at ein må

la bestanden få høve til å vekse seg større før ein startar fisket. Løysingane for $Z_{t>0}$ og S_t i posisjoneringsspelet er alltid mindre enn initialbestanden. Stackelbergløysinga for $Z_{t>0}$ vert større enn seks millionar tonn, X_0 brukt i løysingane i tabell 7, når den underliggjande vekstrata, a , eller berekapasiteten, K , vert auka utover visse nivå. Held ein a og K som i tabell 7 og reduserar X_0 får ein òg at $Z_{t>0}$ vert større enn X_0 i Stackelberglikevekt. Dette hender når X_0 er lågare enn $Z_{t>0}$ i tabell 7.

Fiske ned bestanden i dag eller la bestanden få bygge seg opp?

Kva landa gjer når $Z_{t>0}$ i Stackelberglikevekt er større enn X_0 , om ein ventar og let bestanden auke utan å fiske i, til dømes, første periode, avheng av kva som gir størst økonomisk utbytte gitt handlingane til det andre landet. Ein kan gå ut frå at dersom ikkje begge landa utset fangststart set dette i gong ein hard konkurranse som fører til at bestanden vert fiska ned til break even storleik som er $(c^i/p)^{1/b}$, $i = 1, 2$. Gevinsten (noverdien) som landa får av å vente må vere større enn det nokon av landa kan få av å fiske bestanden ned til break even dersom dette skal vere ein dominerande strategi for både land 1 og land 2. Begge landa har to mogelege strategiar i første periode: Strategi "Fisk" tyder at ein fiskar bestanden til break even i første periode og strategi "Vent" at fangststart vert utset ein periode. Tabell 9 viser dei ulike kombinasjonane av strategiane "Fisk" og "Vent" som er mogeleg for begge landa. Land 1 sin strategi og noverdi vert etter sædvane nemnd først (Gibbons 1992). Løysingane for $pv1_$ og $pv2_$, høvesvis, land 1 og land 2 sine noverdiar, vert viste i Vedlegg C.

Tabell 9. Spelet om å utsetje fiske i førsteperiode (vent) eller å fiske bestanden ned til break even i første periode (fisk). 2 spelarar: land 1 og land 2; 2 strategiar: "Fisk" vs. "Vent". $pv1_$ og $pv2_$ er, høvesvis, land 1 og land 2 sine noverdiar.

		Land 2	
		Fisk	Vent
Land 1	Fisk	(pv13), (pv23)	(pv14), (pv24)
	Vent	(pv12), (pv22)	(pv11), (pv21)

Strategikombinasjon (Vent, Vent): Begge land utset fiske ein periode for at bestanden skal bygge seg opp, i neste periode tek fangsten til. Land 1 er kvantumsleiar og land 2 observerar den første sin fangst og tilpassar sin eigen etter dette. Maksimerar $pv11$ og $pv21$ og løyser første ordens vilkåra for S_t og $Z_{t>0}$.

Strategikombinasjon (Vent, Fisk): Land 1 fiskar ikkje i første periode, land 2 nyttar sjansen til å fiske bestanden ned frå X_0 til $(c^2/p)^{1/b}$. Neste periode tek land 1 til å fiske på ein bestandsstorleik $X((c^2/p)^{1/b})$ og fiskar han ned til $(c^1/p)^{1/b}$ og let land 2 ta resten av tilveksten. Dette gir noverdi pv12 og pv22, høvesvis.

Strategikombinasjon (Fisk, Fisk): Begge land fiskar bestanden ned til break even i første periode, neste og alle seinare periodar fiskar dei tilveksten av break even bestanden, $(c^2/p)^{1/b}$, som gir noverdi pv13 og pv23, høvesvis.

Strategikombinasjon (Fisk, Vent): Land 1 fiskar i første periode ned til sin break even storleik. Land 2 startar sin fangst i andre periode. Då har bestanden fått vakse til storleik $X((c^1/p)^{1/b})$ og land 1 har fiska ned til $(c^1/p)^{1/b}$ igjen før land 2 får høve å ta bestanden ned til $(c^2/p)^{1/b}$. Dette gir landa noverdi pv14 og pv24.

Får eitt av landa negativ noverdi for nokon av strategikombinasjonane, vil det seie at dette landet ikkje vil ta del i fisket gitt denne kombinasjonen av strategiar, og får difor i null i noverdi og det landet med positiv noverdi får fiske åleine. No må ein nemne at nokre av strategikombinasjonane i tabell 9 er reine hypotetiske tilfeller; tildømes kombinasjonen "Fisk" - "Vent", sidan det er eit sekvensielt fiske det er snakk om, vil land 2 alltid kunne observere land 1 sitt val før land 2 bestemmer seg for strategi. Vel land 1 strategi "Fisk" vil land 2 truleg svare med same strategi også.

Tabell 10. Noverdi (i milliardar kroner) matrise for spelet i tabell 1 for parameterverdiar: $a = 0,64$, $K = 11 \cdot 10^6$, $p = 700$, $c1 = 11,6 \cdot 10^6$, og $c2 = 10,9 \cdot 10^6$, $X = 6 \cdot 10^6$, $r = 0,05$ og $b = 3/4$. Break even: $(c^1/p)^{1/b}$ og $(c^2/p)^{1/b}$, høvesvis.

		Land 2	
		Fisk	Vent
Land 1	Fisk	(3,21), (0,02)	(3,22), (0,01)
	Vent	(0,42), (2,87)	(12,22), (9,58)

Tabell 10 viser noverdi for land 1 og land 2 av strategikombinasjonane i tabell 9 den underliggjande vekstrata, a er 0,64, alle andre parameterverdiar er dei same som vart brukt i tabell 7. Er den underliggjande vekstrata større eller lik 0,64 så vert $Z_{t>0}$ over seks millionar

tonn. Beste strategi for land 1 dersom land 2 alltid spelar "Vent" er å spele "Vent" sjølv, fordi 12,22 er større enn 3,22. Land 1 sin beste respons dersom land 2 spelar "Fisk" er "Fisk" fordi 3,94 er større enn 0,42. Land 2 sin beste respons dersom land 1 spelar "Vent" er også å spele "Vent", fordi 8,90 er større enn 2,87. Det beste land 2 kan gjere dersom land 1 spelar "Fisk" er å sjølv spele "Fisk", då 0,02 er større enn 0,01. Ein ser av tabell 8 at begge landa oppnår størst noverdi dersom begge landa vel strategi "Vent", ingen av landa gjer det betre med noko annan strategi. Dersom land 1, som har høve til å fiske først, vel strategi "Vent" i første periode kan land 1 vere ganske sikker på at land 2 også vil velje strategi "Vent". Derimot, dersom land 1 startar med "Fisk" vil land 2 òg velje strategi "Fisk". Tross dette gir "Vent" – "Vent" klar størst noverdi for begge landa. Altså, vert optimal storleik i Stackelbergspelet for $Z_{>0}$, og S_t , større enn initialbestanden X_0 er begge landa best tent med å la bestanden få vekse seg større og starte fisket ein periode seinare.

Berekapasitet, K på 12 826 006 tonn og over, alt anna likt, fører til at $Z_{>0}$ vert større enn seks millionar tonn, og ein er nøydd til å la bestanden vekse minst ein periode for å kunne utnytte han optimalt. Tabell 11 viser noverdi av at begge landa utset fangststart med ein periode, samanlikna med dei ulike alternative strategiane som landa kan velje i tillegg, det vil seie fiske bestanden ned til break even storleik i første periode.

Tabell 11. Noverdi (i milliardar kroner) matrise for spelet i tabell 1 for parameterverdiar: $a = 0,3$, $K = 12\ 826\ 005,5$, $p = 700$, $c_1 = 11,6 \cdot 10^6$, og $c_2 = 10,9 \cdot 10^6$, $X = 6 \cdot 10^6$, $r = 0,05$ og $b = 3/4$. Break even: $(c^1/p)^{1/b}$ og $(c^2/p)^{1/b}$, høvesvis.

		Land 2	
		Fisk	Vent
Land 1	Fisk	(2,86), (0,02)	(2,87), (0,01)
	Vent	(0,07), (2,87)	(6,22), (5,52)

Dersom land 1 bestemmer seg for strategi "Vent" er det beste land 2 kan gjere å velje "Vent" også. Ein noverdi på 5,52 er meir enn 2,87. Vel land 1 "Fisk" som sin strategi i første periode, er "Fisk" den strategien som gir land 2 størst utbytte, 0,02 er større enn 0,01. Land 1 sitt beste val dersom det er kjent at land 2 alltid vil velje "Vent" som sin strategi er "Vent", 6,22 er større enn 2,87. Derimot, er land 2 oppsett på "Fisk", vil land 1 ha størst utbytte av strategi "Fisk" også. Tabell 11 viser at det vil løne seg for begge landa å utsetje fisket med ein periode, når alternativet er å drive bestanden til break even.

Tabell 12. Noverdi (i milliardar kroner) matrise for $X_0 < 5\,169\,528$ tonn: $a = 0,3$, $K = 11$ mill. tonn, $p = 700$, $c_1 = 11,6 \cdot 10^6$, og $c_2 = 10,9 \cdot 10^6$, $r = 0,05$ og $b = 3/4$. Break even: $(c_1/p)^{1/b}$ og $(c_2/p)^{1/b}$, høvesvis.

		Land 2	
		Fisk	Vent
Land 1	Fisk	(2,36), (0,02)	(2,37), (0,01)
	Vent	(0,07), (2,37)	(5,24), (4,66)

Tabell 12 viser det same for initialbestand X_0 lågare enn $Z_{>0}$ i tabell 7, på 5 169 528 tonn. Der ein må la bestanden få vekse i minst ein periode for å forvalte han optimalt i Stackelberglikevekt. Etter same framgangsmåte som i tabellane 10 og 11 ser ein at dette alltid løner seg framfor å drive bestanden ned til break even storleik med å starte fiske i første periode.

Dersom den underliggjande vekstrata ligg mellom 0,64 og 0,9 som er den øvste mogeleg storleik på a , er det utsetje fangsten ein periode å føretrekke for begge landa. Innanfor dette intervallet av a er det òg mogeleg for $X_{>0}$ å verte større enn optimal $Z_{>0}$ med å utsetje fangstart med ein periode.

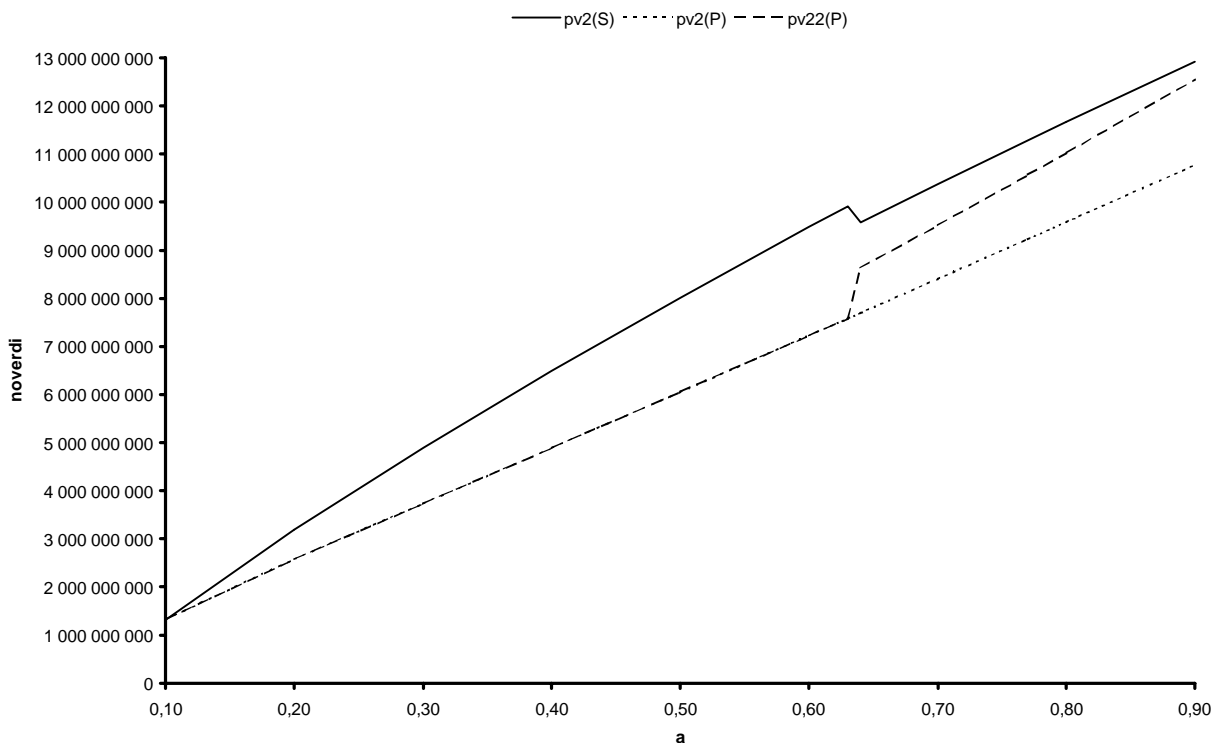
Annleis vert det for svært høge storleikar på berekapasitet, K og låge storleikar på initialbestanden, X_0 , alt anna likt, kan det hende ein må utsetje fisket med fleire periodar dersom $X_{>0}$ skal kunne vekse så mykje at han vert større enn optimal $Z_{>0}$. Til dømes, skal ein utnytte bestanden optimalt i Stackelberglikevekt og berekapasiteten, K er større enn 15 225 512 tonn må ein utsetje fiskestart med to periodar. Det same er tilfelle, alt anna likt, viss initialbestanden, X_0 er mellom 3 647 413 tonn og 4 378 811 tonn.

Det er vist at når ein må utsetje fisket med ein periode for å kunne forvalte bestanden optimalt i Stackelberglikevekt og alternativet er å fiske bestanden ned til break even storleik i første periode, så vil det løne seg for begge landa å la vere å fiske i første periode og la bestanden få vekse. Eit anna spørsmål er om Stackelberglikevekt alltid er betre økonomisk enn posisjoneringslikevekt når ein er nøydde til å utsetje fisket dersom ei Stackelberglikevekt skal vere mogeleg. Posisjoneringslikevekt er alltid oppnåeleg sjølv i første periode og er noverdi i Stackelberglikevekt større enn noverdi i posisjoneringslikevekt når posisjoneringa kan ta til i

første periode, medan for å få til ei Stackelbergløysinga må ein vente ein periode før ein kan byrje å fiske, og korleis er tilhøve mellom noverdi i Stackelberg og posisjonering når bestanden har fått lov til å vekse?

Land 2 sin strategi under ulike veksttilhøve og bestandsstorleikar.

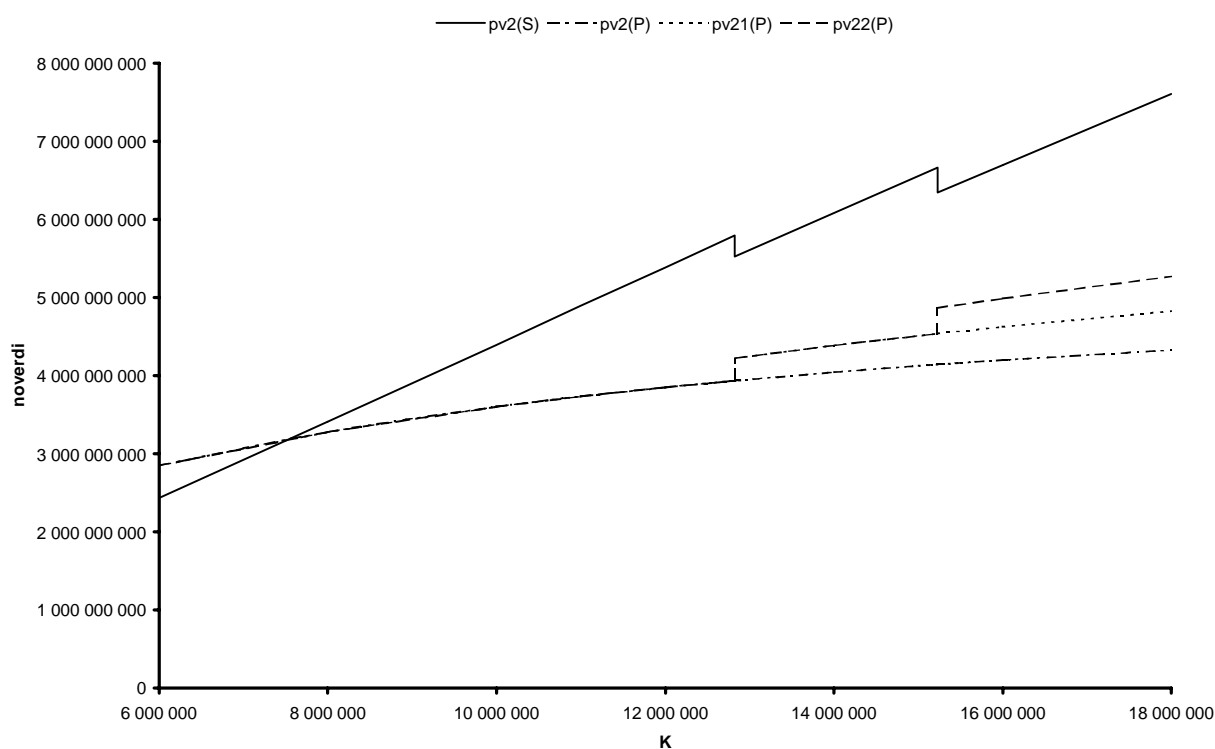
Det viser seg at for land 1, kvantumsleiar i Stackelberglikevekt, vil alltid noverdi i Stackelberglikevekt vere større enn det land 1 vil kunne oppnå i posisjoneringslikevekt, uavhengig av storleiken på parametra a , K og X_0 . Difor vil ein her etter konsentrere seg om land 2.



Figur 8. Noverdi til land 2 under ulike storleikar av den underliggjande vekstrata a frå 0,1 til 0,9. Heil linje er noverdiar i Stackelberglikevekt, med stipla linjer er noverdi i posisjoneringslikevekt., for fangst frå og med første periode og fangst frå og med andre periode, høvesvis, småstipla og stipla.

Figur 8 viser utvikling i noverdi for land 2 når ein endrar den underliggjande vekstrata, a frå 0,1 til 0,9. Frå $a = 0,64$ og over, ser ein noverdi av Stackelberglikevekta etter at bestanden har fått vekse uforstyrta i eit år før ein tek til å fiske på han. Ein ser òg noverdi i posisjoneringslikevekta, både dersom posisjoneringa tek til i første periode og noverdi i viss posisjoneringa tek til i andre periode etter at bestanden har fått lov å vekse frå initialbestanden.

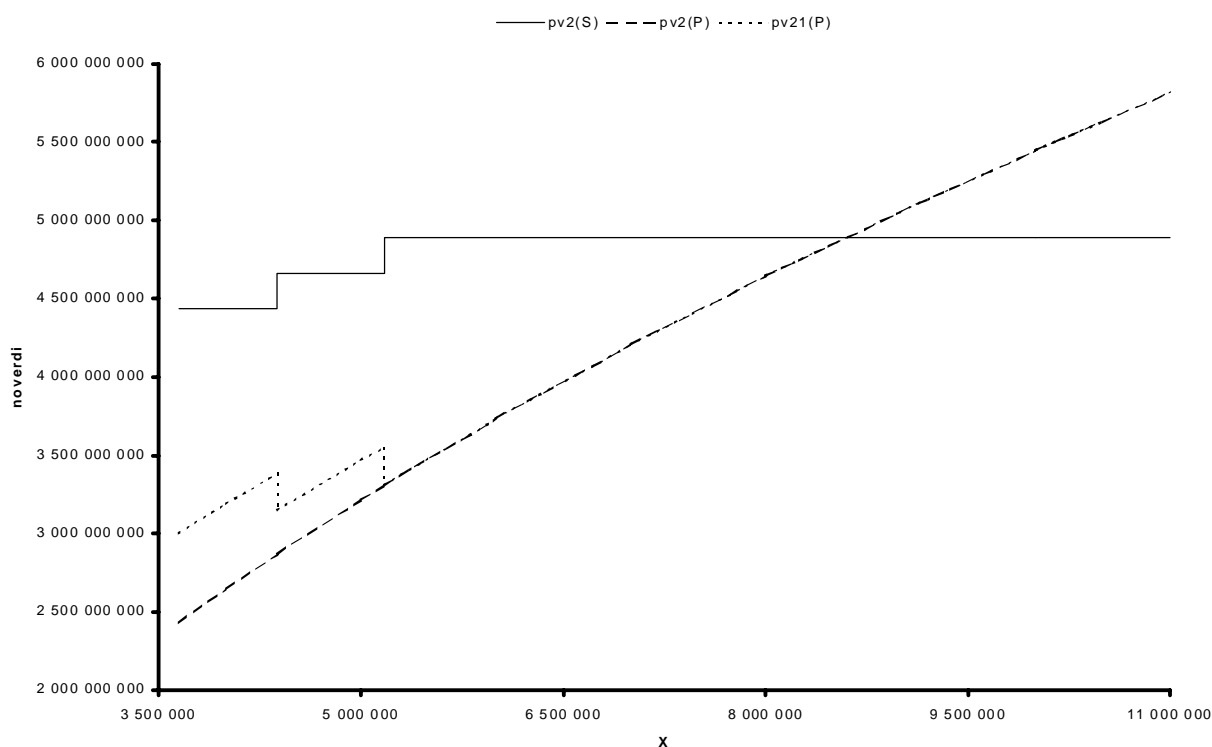
Noverdi i posisjoneringslikevekta deler seg frå $a = 0,64$; dersom ein let bestanden få vere i fred og vekse i første periode og så startar posisjoneringa gir det større noverdi enn om ein startar posisjoneringskampen i første periode. Etter at initialbestanden har fått lov til å vekse i ein periode er skilnad på noverdi mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt mindre. Skilnad i noverdi minkar med aukande vekstrater, til dømes er skilnaden med $a = 0,9$ liten. Sensitivitetsanalysen i tabell 8 viste at skilnaden i noverdi mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt minka når a vart redusert, tek ein omsyn til at høgare vekstrater krev større initialbestand for Stackelberglikevekt ser ein av figur 8 at skilnaden i noverdi mellom likevektene minkar også med høgare vekstrater. Dette kan tyde på at høgare underliggjande vekstrater gjer det økonomiske tapet for land 2 med å bryte Stackelberglikevekta mindre.



Figur 9. Land 2 sin noverdi under ulike storleikar av berekapasitet, K , alt anna likt. Heil linje viser noverdi i Stackelberglikevekt, dei stipla linjene er noverdi posisjoneringslikevekt. Skifta i noverdikurvene skuldast at med aukande K er initialbestanden X_0 for liten til at ei Stackelberglikevekt er oppnåeleg utan å utsetje fangsstart med minst ein periode.

Ei liknande samanlikning av noverdi frå Stackelberg- og posisjoneringslikevekt med ulike storleikar på berekapasiteten, K ser ein i figur 9. Er K mindre enn om lag 12,83 millionar tonn, alt anna likt, er Stackelberglikevekt oppnåeleg utan å la bestanden få vekse. Av figur 8 ser ein at dersom K er lågare enn om lag 7,5 millionar tonn så vil det løne seg for land 2 å vere i

posisjoningslikevekt. Sensitivitetsanalysen viste dette også, lågare berekapasitet gjer at skilnad mellom noverdi i Stackelberg- og posisjoningslikevekt vert mindre. Vidare ser ein at er berekapasitet ein stad mellom om lag 12,83 millionar tonn og om lag 15,23 millionar tonn treng bestanden ein periode utan fangst for at han skal verte stor nok til at Stackelberglikevekt skal vere mogeleg. Derimot, er K større enn om lag 15,23 millionar tonn treng bestanden freding i meir enn ein periode for verte stor nok til ei Stackelberglikevekt. Dess lengre bestanden får vekse, dess mindre ser avstanden ut til å verte mellom noverdi i Stackelberg- og posisjoningslikevekt.



Figur 10. Land 2 sin noverdi med ulike storleikar på initialbestanden, X_0 . Heil linje Stackelberglikevekt, stipla linjer er posisjoningslikevekt og små stipla er posisjoningslikevekt når fangststart vert utsett med minst ein periode.

Å utsetje fangststart med ein eller fleire periodar er realiteten det same som å auke initialbestanden, X_0 . Av figurane 8 og 9 ser ein at å la initialbestanden auke før ein tek til å fiske på bestanden gjer at land 2 sin skilnad mellom noverdi av ei Stackelberglikevekt og noverdi av ei posisjoningslikevekt vert mindre. Figur 10 viser noverdiane til land 2 for ulike storleikar av X_0 . Initialbestandar mindre enn om lag 3,65 millionar tonn gjer at X_0 må få vekse i fleire enn to periodar før ei Stackelberglikevekt er mogeleg, for X_0 mellom 3,65 og om lag 4,38 millionar tonn trengs det to periodar utan fiske før bestanden er stor nok og mellom 4,38

og om lag 5,17 millionar tonn må ein la bestanden vekse i ein periode før ei Stackelberglikevekt er oppnåeleg. For initialbestandar større enn om lag 5,17 millionar tonn kan ein nå ei Stackelberglikevekt med å starte fisket alt i første periode. Stackelberglikevekt gir land 2 større noverdi enn posisjoneringslikevekt for X_0 mindre enn om lag 8,6 millionar tonn, då noverdi i begge likevektene er like. Er initialbestanden, X_0 over 8,6 millionar tonn gir posisjoneringslikevekt land 2 større noverdi enn Stackelberglikevekt.

I følgje ACFM (Anon. 2002d, Anon. 2003) har kolmulebestanden aldri vore så stor som i dei siste åra, med ei biomasse på om lag 8 – 9 millionar tonn. Resultatet over kan tyde på ein stor biomasse kan gjere det lønsamt for nokon å starte eit posisjoneringsspel framfor å halde seg til eit Stackelbergspel. Eit problem er sjølvst at land som er tenkt å verte representert av land 1 i modellen er dei som sterkast har drive med posisjonering dei siste åra, særskilt gjeld dette Island. Tabell 3 i kapittel 4 viser at alle land har auka sine kolmulefangstar sidan 1996. EU, og for så vidt Færøyane, er dei partane som kan tenkast å verte representert av land 2 i modell har også auka sine kolmulefangstar dei siste åra, det er òg i deira økonomiske soner det vert fiska mest kolmule. Det kan tyde på at dei har auka sin andel i kolmulefisket, indirekte med å la andre land få lov til å ta større kvantum i deira økonomiske soner. Ein skal hugse på at EU hevdar fangst i økonomisk sone som prinsippet for fordeling av ein eventuell TAC for kolmule, uavhengig av kva nasjon som faktisk fisker.

I dette kapitlet har ein vist at posisjoneringsspelet, der det er om å gjere for partane å sikre størst mogeleg del av fangsten i starten av spelet som skal leggje grunnlag for kvar einskild sine "historiske" rettar og bestemme delen deira i profitten frå fiskeriet etter at posisjoneringa er over gjer at bestandsstorleik og fangst vert kraftig redusert i høve til Stackelbergspelet der ein av partane var kvantumsleiar og den andre parten stillteiane tilpassa seg dette. Dette resultatet var robust med omsyn på dei ulike føresetnader ein gjorde om grensekostnader og kostnadsfunksjonar i tabell 7. Under dei føresetnadene ein gjorde i tabell 7 innebar posisjonering også eit økonomisk tap i høve til Stackelberglikevekt. Sensitivitetsanalyse viste at lågare berekapasitet og større initialbestand gjorde det økonomiske tapet mindre, spesielt for land 2 som ikkje er kvantumsleiar i Stackelberglikevekt. Vidare, såg ein korleis skilnad i noverdi mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt vart endra dersom vekstrata, berekapasitet eller initialbestand var av slike storleikar at ei Stackelberglikevekt berre var oppnåeleg dersom ein let vere å fiske ein eller fleire periodar slik at bestanden fekk vekse. Dette førte til at skilnad i noverdi mellom likevektene minka.

8. Diskusjon

Sjølv om ei Stackelberglikevekt ikkje er kollektivt optimal så er ho på langt nær så ineffektiv som ei posisjoneringslikevekt. Samla noverdi i posisjoneringslikevekt er alltid lågare enn samla noverdi i Stackelberglikevekt, men som ein har sett så kan einskildspelarar, under visse tilhøve sjå seg tent med ei posisjoneringslikevekt framfor Stackelberglikevekt.

Dei tilhøva ein har fokusert mest på er land 2 sin noverdi i Stackelberglikevekt samanlikna med noverdi i posisjoneringslikevekt under ulike storleikar av den underliggjande vekstrata, a , berekapasiteten til miljøet, K og initialbestandsstorleik, X_0 . Høg vekstrate, lågare berekapasitet og ein høg initialbestand resulterte kvar for seg i at skilnad mellom land 2 sine noverdiar i dei to alternative likevektene anten vart mindre eller noverdi i posisjoneringslikevekt vart større enn noverdi i Stackelberglikevekt. Estimeringa av parametra i den logistiske vekstfunksjonen, a og K , viste at veksten i kolmulebestanden etter 1996 har vore mykje større enn tidlegare. Parameterverdiane ein har nytta i "benchmark" samanlikningane er om lag dei same som dei beste estimerte verdiane for a og K (høvesvis, 0,3 og 11 millionar tonn) ein fekk dersom ein ikkje tok omsyn til at veksten 1996-2001 skilde seg signifikant frå veksten i dei andre åra. Forsøk med fleire modellspesifikasjonar som tok omsyn til at bestandstilveksten i åra 1996-2001 kunne vere annleis enn tidlegare gav betre forklaringsgrad og mindre førsteordens autokorrelasjon, endra lite på koeffisienten for a , medan K vart redusert ned til storleikar der land 2 anten er likegyldig, med omsyn på noverdi, i val av likevekt, eller noverdi i posisjoneringslikevekt er større enn i Stackelberglikevekt.

Initialbestand, X_0 , verka inn på tilhøve mellom land 2 sine noverdiar i Stackelberg- og posisjoneringslikevekt på den måten at dess større X_0 er, dess mindre er skilnaden og over ein viss storleik er noverdi i posisjoneringslikevekt størst. Å bestemme storleiken på initialbestanden er vanskeleg. For det første har kolmule vorte fiska på lenge før kampen ein ser i dag om størst mogeleg del i fangsten, ein kan sjølvstøtt freiste å bruke ICES sine tal for bestandsstorleik og bruke berekna bestandsstorleik på slutten av 1990-talet som X_0 , eller ein kan bruke gjennomsnittleg bestandsstorleik over fleire år. Eit anna viktig moment når ein skal velje X_0 er korleis initialbestanden verkar inn på likevektene. I Stackelberglikevekt har X_0 berre noko å seie for land 1 sin noverdi, korkje noverdi til land 2 eller førsteordensvilkåra avheng av storleik på initialbestanden. Dersom X_0 vert set for låg vil ein ikkje finne noko løysing for Stackelberglikevekt med likevektbestandar som er mindre enn X_0 . I

posisjoneringslikevekt inngår initialbestanden i begge landa sine uttrykk for noverdi og førsteordensvilkår, likevektsløyisingane er difor alltid mindre enn X_0 . Bestandsstorleikar som i likevekt er større enn initialbestanden tyder at ein må la bestanden få vekse før ein er i stand til å realisere ei slik likevekt. Problemet med at optimal bestandsstorleik i Stackelberglikevekt er større enn storleiken til initialbestanden ein nytta dukkar opp når anten den underliggjande vekstrata eller berekapasiteten vert relativ høg. Då vil det vere optimalt å la vere å fiske fram til bestanden har fått bygd seg opp. Det å la bestanden vekse tyder at skilnad i land 2 sin noverdi mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt minkar.

Andre parameter som er verd å seie noko om når ein diskuterar skilnader i noverdi mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt, men som det har vorte lagd mindre vekt på i analysen er grensekostnader. Ein har føresett at begge landa har same teknologi, då tilhøve mellom kostnader og inntekter frå fisket er basert på data om norske kolmulefarty vil det seie norsk teknologi. Dette kan seiast vere ein rimeleg føresetnad, då alle nasjonane som tek del i kolmulefisket i stor i grad nyttar same typar farty og reiskap. Farty som er vanleg i kolmulefisket er anten kombinerte ringnotsnurparar og kolmuletrålarar eller reine pelagiske trålarar som alle er farty kjenneteikna av stor lastekapasitet og stor maskinkraft. I analysene gir ein dei ulike landa forskjellig kostnadstilhøve med å la dei ha same tilhøve mellom kostnader og inntekter i Stackelberglikevekt, då land 1 har ein kostnadsfordel av å vere den som får høve til å fiske når bestanden er størst må land 1 ha noko høgare grensekostnad for at tilhøve mellom kostnader og inntekter skal vere like for begge landa. Ei mogleg forklaring på kvifor land 2 skal kunne ha lågare grensekostnader er at land 2 fiskar på gytefelta, som ligg nærare land 2 (Storbritannia og Irland) sine hamner og at ein går ut frå at fisken er meir konsentrert på gytefelta enn elles og at det difor trengs mindre innsats for å fange han. Det kan diskuterast om dette er ein rimeleg føresetnad, men gytefelta vest av dei britiske øyer har tradisjonelt vore dei viktigaste fiskefelta òg, der konsentrasjonen av kolmule har vore høg. I Norskehavet, som er eit stort havområde, har det også vorte fiska store mengder kolmule, men ikkje like regelmessig som på gytefelta. Eit anna moment som bestemmer grensekostnadene er tapt inntekt frå konkurrerande sesongar og fiskeri. Av valet mellom to eller fleire typar fiskeri, eller sesongar, som går føre seg samstundes vil ein forvente at ein vil velje det fiskeriet som gir det største dekningsbidraget, det vil seie det fiskeriet der inntekter over variable kostnader til å dekke faste kostnader er størst. Kolmulefisket på gytefelta går føre seg tidleg på våren, medan kolmulefisket i Norskehavet, hovudsakleg, er om sommaren og hausten. Tidspunkt for når fisket går føre seg på ulike stader kan ha noko å seie for grensekostnadene.

Sensitivitetsanalysen viste at skilnad i noverdi var kjenslevar for endringar i begge landa sine grensekostnader: Lågare grensekostnad for land 1 redusert land 2 sitt relative tap av å vere i posisjoneringslikevekt, medan det auka land 1 sitt tap. Lågare grensekostnad for land 2 hadde motsett verknad.

Å fokusere på noverdi av profitt kan vere villeiande. For det første føreset ein her ingen fluktusjonar i miljø, veksttilhøve og marknadsforhold, noko som er ei grov forenkling; det fysiske miljøet kan endre seg brått og føre til endra vekst og bestandsstorleik. Dette fangar ikkje statiske modellar opp. Sameleis er det med etterspørsel, prisar og kostnader som òg er kjent for å endre seg over tid. Det andre er at kva som er dominerande strategi av Stackelberglikevekt eller posisjoneringslikevekt er sterkt avhengig av storleik på visse parameter. Eit meir robust resultat av samanlikninga av Stackelberg- og posisjoneringslikevekt er at posisjoneringslikevekt fører til at bestanden ein let vere igjen etter fiske er mykje mindre enn bestandsstorleiken i Stackelberglikevekt og samstundes vert også fangsten mykje lågare i ei posisjoneringslikevekt. Dette er tilfelle for eit større spekter av parameterverdiar og kombinasjonar av desse enn at noverdi av profitt er størst i posisjoneringslikevekt. Reduksjon i etterlaten bestandsstorleik og fangst i posisjoneringslikevekt samanlikna med Stackelberglikevekt er om lag 50 prosent og 40 prosent, høvesvis. Til samanlikning er tilsvarande reduksjon i noverdi berre mellom 20 og 30 prosent.

Låge bestandsstorleikar gjer bestanden meir sårbar for endringar i miljøet og aukar sjansen for svikt i rekrutteringa til bestanden. Dette aukar risikoen for at bestanden skal stå i fare for å kollapse. Fiskeartar med stimåtferd er spesielt utsett for å verte fiska ned til svært bestandsstorleikar. Kostnadselastisitet med omsyn på bestandsstorleik som karakteriserar ulike grader av stimåtferd ligg mellom null og ein. Dess sterkare stimåtferd, dess nærare er denne null. Kostnadselastisitet med omsyn på bestandsstorleik, b , som vert nytta i analysene er $\frac{3}{4}$, som ikkje er så langt frå 1, tildømes fann Bjørndal & Conrad (1987) eit tilsvarande parameter for nordsjøisild å vere om lag 0,56. Sensitivitetsanalysen viste at skilnad mellom bestandsstorleik og fangst mellom Stackelberg- og posisjoneringslikevekt var svært kjenslevar for ein lågare b . Dette gav mindre skilnad mellom likevektene, noko som tyder på lågare bestandstorleik og fangst og større risiko for utrydding.

Utgreiinga har vist at ei Stackelberglikevekt er å føretrekke framfor ei posisjoneringslikevekt, men at noverdi i posisjoneringslikevekt under visse tilhøve kan vere mest like høg

eller høgare enn noverdi i Stackelberglikevekt. Det er når anten tilveksten i bestanden er svært høg eller bestanden er stor. Frå tilpassinga av den logistiske vekstfunksjonen til data om kolmulebestanden 1977-2001 veit ein at veksten i kolmulebestanden i åra 1996-2001 skilde seg signifikant frå tidlegare år. I desse år var veksten uvanleg høg og bestandsstorleik auka tilsynelatande samstundes med at fangstane òg auka.

I modellane har ein gjort ei rekke grove forenklingar. For å skildre biologien til kolmule har ein nytta ein modell der veksten ikkje vert påverka av at bestanden består av fisk av ulike alder og storleik. Veksten vil vere den same uavhengig av samansetjinga av bestanden, så lenge biomasse er gitt. Alders- og storleikssamansetjinga av kolmulebestanden har endra seg mykje dei seinare åra i høve til tidlegare, gjennomsnittalder har vorte 2-4 år lågare, individlengda og alder for gytemogning har minka, samstundes ser vekst per eining biomasse ut til å ha auka. Når ein likevel har valt å bruke ein rein overskottsproduksjonsmodell til å skildre biologien er det fordi han er relativ enkel å estimere og bruke, i tillegg gav overskottsproduksjonsmodellen ei relativ god forklaring på den naturlege tilveksten. Ein naturleg utviding av analysen vil vere å ta i bruk ein biologisk modell som tillet aldersstruktur og som vil gi eit meir realistisk bilete av tilhøva i kolmulebestanden.

Ein anna føresetnad er at kvart land har full informasjon om biologien til fisken og åtferda til den andre parten. Uvisse om dette vil truleg føre til lågare bestandsstorleik og fangst. Framtidige endringar i ulike tilhøve som pris, vekst og miljø m.m. og uvisse om dette vil òg kunne vere ein del av ei utvida analyse.

Å innføre fleire aktørar og la dei variere i teknologi og effektivitet vil òg endre resultata. Det kan bety at det som her vert kalla land 1 vert delt opp i fleire land og fordelinga mellom må modellerast på ein annan måte. Til dømes, kan det å auke talet på aktørar føre til at bestanden vert meir redusert enn det som er tilfelle med berre to aktørar, og gjere det vanskelegare å få til samarbeidsløysingar. Auken i kolmulefangstane fann stad samstundes med at aktørar som tidlegare hadde hatt eit heller beskjeden kolmulefiske tok til auke sitt fiske kraftig. Dette illustrerar at talet på aktørar, så vel reelle som potensielle, er viktig for forvaltning av delte fiskeressursar. Alle partar har auka sine fangstar av kolmule sidan 1996. Spesielt Island, men også andre land, til dømes Noreg og Russland, som i modellen skulle ha mest å tene på eit Stackelbergspel framfor eit posisjoneringsspel. Partane var ikkje samde om kva prinsipp som skal leggjast til grunn for ei eventuell fordeling av ein TAC for kolmule; EU hevda det er

historiske fangstar i dei respektive sonene, uavhengig av kva nasjon som faktisk fiska, som skal bestemme kor stor del av TAC dei einskilde partane har rett på, medan andre, Noreg i spissen, går inn for at sonetilhøyringsprinsippet skal gjelde. EU har, truleg, ikkje berre auka sine fangstar av kolmule landa av fiskarar frå EU, men òg indirekte med å la andre fiskarar frå land utanfor EU få auka sine kolmulefangstar i EU si økonomiske sone.

Modellane opererar berre med to fasar. Initialfasa, der ein tek til å fiske på initialbestanden og fangsten vert fordelt mellom landa alt etter kva type likevekt ein vil oppnå, og likevektsfasa, bestandsstorleik og fangst er den same for all framtid. Å nå ei likevekt kan ta mykje lengre tid enn ein periode. Tildømes, kan det vere av interesse kor mange periodar ei optimal tilpassing bør strekke seg over, kor lenge ein skal halde på med posisjonering før ein kjem til semje om fordeling av ein internasjonal TAC. Dette ser ein av prosessen mellom kyststatane og innanfor NEAFC, der alle partar seier dei er interessert i ei løysing snarast og fryktar at eit tilnærma uavgrensa fiske før eller seinare vil føre til at bestanden bryt saman, men sjølv etter år med møter og forhandlingar har ein tilsynelatande ikkje kome nærare noko løysing på fordelingsproblemet. Havforskarane har åtvara mot det høge fangstuttaket av kolmule, men dei faktiske fangstane har vore mange gongar større enn det dei har tilrådd, år etter år. ICES har òg endra vurderingane av bestanden i ettertid i høve til prognosane deira, samstundes har dei ikkje vore i stand til å justere opp tilrådingane om TAC. Dette viser uvissa ein står over for og at kunnskapen om kolmula sin biologi fortsett har store manglar. Fråvere av klare og konsistente tilrådingar frå havforskarmiljøet har heller ikkje vore til serleg hjelp for å kome fram til ei løysing på internasjonal fordeling av kolmulebestanden. Det kan sjå ut som om at så lenge ein kan oppretthalde store fangstar utan at det tilsynelatande går ut over produksjonen til bestanden er viljen til å inngå avtaler og avgrense fisket liten, og så lenge nokon av partane prøver å utvide sitt fiske så tvingar det alle dei andre involverte til å gjere det same.

Dei uheldige verknadene av slike posisjoneringstevlingar gjer at det vil vere store vinstar å hente på å få i stand semje om fordeling av delte fiskebestandar før det er komen så langt at dei står i far for å bryte saman. I samband med dette kan det vere på sin plass å sjå nærare på kva rolle regionale fiskeriforvaltingsorganisasjonar, som til dømes NEAFC, kan spele for å betre forvaltinga av fiskebestandar som har tilhald i soner under ulik jurisdiksjon. Usemje om forvalting av ein delt fiskebestand kan òg skape ustabilitet for ein annan slik bestand der det allereie eksisterar ei forvaltingsavtale. Kolmulefisket vil kunne koplast med forvaltinga av, til dømes, norsk vårgytande sild og makrell bestanden i det nordaustlege Atlanterhavet. Dette er

pelagiske fiskebestandar som delvis har overlappende leveområder med kolmule og som det eksisterer internasjonale forvaltingsavtaler for.

Referansar

Anon 1998: "North East Atlantic Fisheries Commission: Seventeenth Annual Meeting 17-20 November 1998. Report of Meeting".

Anon. 1999a, 2000a, 20001a og 2002a: "Lønnsomhetsundersøkelser for helårskrevne fiskefartøy 8 meter største lengde og over". Budsjettnemnda for fiskerinæringen. Fiskeridirektoratet, Bergen.

Anon 1999b: "North East Atlantic Fisheries Commission: Eighteenth Annual Meeting 22-25 November 1999. Summary Report of Meeting".

Anon 2000b: "North East Atlantic Fisheries Commission: Nineteenth Annual Meeting 21-24 November 2000. Summary Report of Meeting".

Anon 2001b: "Report of the 20th Annual Meeting of North East Atlantic Fisheries Commission 5-9 November 2001".

Anon 2002b: "Report of the Extraordinary Meeting of North East Atlantic Fisheries Commission 10-12 April 2002".

Anon 2002c: "Report of the 21st Annual Meeting of North East Atlantic Fisheries Commission 12-15 November 2002".

Anon. 2002d: "Report of the Northern Pelagic and Blue Whiting Working Group". ICES CM 2002/ACFM: 19.

Anon. 2002e: "Report of the Study Group on the Further Development of the Precautionary Approach to Fishery Management". ICES CM 2002/ACFM: 10, Ref. ACE, D.

Anon. 2003: "Report of the Northern Pelagic and Blue Whiting Working Group". ICES CM 2003/ACFM: 23.

Benchekroun, Hassan & Ngo Van Long 2002: "Transboundary Fishery: A Differential Game Model". *Economica* (2002) 69, s. 207-221.

Bjørndal, Trond & Jon M. Conrad 1987: "The dynamics of an open access fishery". *Canadian Journal of Economics*, 1 s. 74-85.

Clark, Colin W. 1990: "Mathematical Bioeconomics – The Optimal Management of Renewable Resources", Second Edition. John Wiley & Sons, Inc.

Gibbons, Robert 1992: "A Primer in Game Theory". Prentice Hall, London.

Greene, William H. 2000: "Econometric Analysis". Fourth Edition. Prentice Hall International Inc.

Hannesson, Rögnvaldur 1997: "Fishing as a Supergame". *Journal of Environmental Economics and Management* (1997) 32, s. 309-322.

Monstad, Terje 2003: "Blue Whiting" (in prep.).

Pitcher, Tony J. & Paul J. B. Hart 1982: "Fisheries Ecology", Chapman & Hall, London.

Wooldridge, Jeffrey M. 2003: "Introductory Econometrics: A Modern Approach", second edition. Thomson, South-Western. Mason, Ohio.

Andre kjelder:

Artiklar i bladet "Fiskaren" tilgjengeleg på nettstaden www.Intrafish.no

Andre artiklar om kolmule tilgjengeleg på nettstaden www.intrafi.no

Artiklar i bladet "Fishing News International", www.fni.co.uk

Paul Oma. Fiskeridirektoratet, Bergen.

Vedlegg**Vedlegg A.****Tabell A1. Kolmule: Bestandstorleik, fangst og tilvekst, 1977-2001, i tusen tonn.**

År	Bestand	Fangst	Vekst
1977	8 782	269	-748
1978	7 765	609	-366
1979	6 790	1 119	231
1980	5 902	1 123	-860
1981	3 919	914	353
1982	3 358	572	439
1983	3 225	577	571
1984	3 219	633	667
1985	3 253	696	981
1986	3 538	827	364
1987	3 075	664	404
1988	2 815	553	614
1989	2 876	625	859
1990	3 110	562	1 045
1991	3 593	370	419
1992	3 642	474	285
1993	3 453	481	477
1994	3 449	459	721
1995	3 711	579	974
1996	4 106	644	1 983
1997	5 445	647	1 144
1998	5 942	1 125	2 067
1999	6 884	1 256	2 679
2000	8 307	1 412	2 429
2001	9 324	1 780	2 000

Vedlegg B.

Noverdi og førsteordensvilkår når kostnadselastisitet med omsyn på bestandsstorleik, b , er mellom null og ein.

Noverdi:

$$V = p[X_0 - S_t] - c[\ln X_0 - \ln S_t] + \frac{1}{r} \{ p[X(S_{t-1}) - S_t] - c[\ln X(S_{t-1}) - \ln S_t] \}$$

Førsteordensvilkår:

$$-p + \frac{c^1}{Z} + \frac{1}{r} \left\{ p \left(\left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) \frac{dS}{dZ} \right) - \frac{c^1 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right]} * \frac{dS}{dZ} + \frac{c^1}{Z} \right\} = 0$$

Stackelberg:**Land 1.**

Noverdi:

$$V^1 = p(X_0 - Z) - c^1(\ln X_0 - \ln Z) + \frac{1}{r} \left\{ p \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] - Z \right) - c^1 \left(\ln \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \ln Z \right) \right\}$$

Førsteordensvilkår:

$$-p + \frac{c^1}{Z} + \frac{1}{r} \left\{ p \left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) \frac{dS}{dZ} \right\} - \frac{c^1 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right]} * \frac{dS}{dZ} + \frac{c^1}{Z} \right\} = 0$$

Land 2.

$$V^2 = p(Z - S) - c^2(\ln Z - \ln S) + \frac{1}{r} \left\{ p \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] - \bar{Y}^1 - S \right) - c^2 \left(\ln \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] - \bar{Y}^1 \right) - \ln S \right) \right\}$$

Førsteordensvilkår for Stackelberglikevekt (gitt land 1 sitt fiske):

$$-p + \frac{c^2}{S} + \frac{1}{r} \left\{ p \left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{Z} + \frac{c^2}{S} \right\} = 0$$

Posisjonering:

Land 1.

Noverdi:

$$V^1 = p(X_0 - Z_0) - c^1(\ln X_0 - \ln Z_0) + \frac{\alpha^1}{r} \left\{ p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - c^2 \left(\ln \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \ln S \right) \right\}$$

Førsteordensvilkår:

$$\begin{aligned} & -p + \frac{c^1}{Z_0} + \frac{1}{r} \left\{ \alpha^1 \left[p \left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right]} + \frac{c^2}{S} \right] \right. \\ & \left. + \frac{\partial \alpha^1}{\partial Z_0} \left[p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - c^2 \left(\ln \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \ln S \right) \right] \right\} = 0 \end{aligned}$$

Land 2.

Noverdi:

$$V^2 = p(Z_0 - S) - c^2(\ln Z_0 - \ln S) + \frac{\alpha^2}{r} \left\{ p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - c^2 \left(\ln \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \ln S \right) \right\}$$

Førsteordensvilkår:

$$\begin{aligned}
 & -p + \frac{c^2}{S} + \frac{1}{r} \left\{ \alpha^2 \left[p \left(a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right) - \frac{c^2 \left(1 + a \left[1 - 2 \frac{S}{K} \right] \right)}{S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right]} + \frac{c^2}{S} \right] \right. \\
 & \left. + \frac{\partial \alpha^2}{\partial S} \left[p \left(aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - c^2 \left(\ln \left(S + aS \left[1 - \frac{S}{K} \right] \right) - \ln S \right) \right] \right\} = 0
 \end{aligned}$$

Vedlegg C.**Uttrykk for noverdi og løysingar for spela i tabell 9, 10, 11 og 12.**

$$pv11 := \frac{p(X + \beta_1 X + \beta_2 X^2 - z) - \frac{c1((X + \beta_1 X + \beta_2 X^2)^{(1-b)} - z^{(1-b)})}{1-b}}{1+r}$$

$$+ \frac{p(s + \beta_1 s + \beta_2 s^2 - z) - \frac{c1((s + \beta_1 s + \beta_2 s^2)^{(1-b)} - z^{(1-b)})}{1-b}}{(1+r)r}$$

$$foc1 := -p + \frac{c1}{z^b} + \frac{p(\beta_1 + 2\beta_2 s) - \frac{c1(1 + \beta_1 + 2\beta_2 s)}{(s + \beta_1 s + \beta_2 s^2)^b} + \frac{c1}{z^b}}{r} = 0$$

$$h1 := X + \beta_1 X + \beta_2 X^2 - z$$

$$y1 := s + \beta_1 s + \beta_2 s^2 - z$$

$$pv21 := \frac{p(z - s) - \frac{c2(z^{(1-b)} - s^{(1-b)})}{1-b}}{1+r} + \frac{p(z - s) - \frac{c2(z^{(1-b)} - s^{(1-b)})}{1-b}}{(1+r)r}$$

$$foc2 := -p + \frac{c2}{s^b} + \frac{p(\beta_1 + 2\beta_2 s) - \frac{c2(1 + \beta_1 + 2\beta_2 s)}{z^b} + \frac{c2}{s^b}}{r} = 0$$

$$be1 := \left(\frac{c1}{p} \right)^{\left(\frac{1}{b} \right)}$$

$$be2 := \left(\frac{c2}{p} \right)^{\left(\frac{1}{b} \right)}$$

$pv12 :=$

$$\frac{p (be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2 - be1) - \frac{c1 ((be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2)^{(1-b)} - be1^{(1-b)})}{1-b}}{1+r}$$

+

$$\frac{p (be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2 - be1) - \frac{c1 ((be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2)^{(1-b)} - be1^{(1-b)})}{1-b}}{(1+r)r}$$

$$h11 := be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2 - be1$$

$$pv22 := p (X - be2) - \frac{c2 (X^{(1-b)} - be2^{(1-b)})}{1-b} +$$

$$\frac{p (\beta1 be2 + \beta2 be2^2 - h11) - \frac{c2 ((be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2 - h11)^{(1-b)} - be2^{(1-b)})}{1-b}}{r}$$

$$pv13 := p (X - be1) - \frac{c1 (X^{(1-b)} - be1^{(1-b)})}{1-b} +$$

$$\frac{p (be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2 - be1) - \frac{c1 ((be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2)^{(1-b)} - be1^{(1-b)})}{1-b}}{r}$$

$$pv23 := p (be1 - be2) - \frac{c2 (be1^{(1-b)} - be2^{(1-b)})}{1-b} +$$

$$\frac{p (\beta1 be2 + \beta2 be2^2 - h11) - \frac{c2 ((be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2 - h11)^{(1-b)} - be2^{(1-b)})}{1-b}}{r}$$

$$pv14 := p(X - be1) - \frac{c1(X^{(1-b)} - be1^{(1-b)})}{1-b} + \left(p(\beta1 be1 + \beta2 be1^2) - \frac{c1((be1 + \beta1 be1 + \beta2 be1^2)^{(1-b)} - be1^{(1-b)})}{1-b} + \frac{p(be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2 - be1) - \frac{c1((be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2)^{(1-b)} - be1^{(1-b)})}{1-b}}{r} \right) / (1+r)$$

$$h12 := \beta1 be1 + \beta2 be1^2$$

$$pv24 := \left(p(be1 + \beta1 be1 + \beta2 be1^2 - h12 - be2) - \frac{c2((be1 + \beta1 be1 + \beta2 be1^2 - h12)^{(1-b)} - be2^{(1-b)})}{1-b} + \frac{p(\beta1 be2 + \beta2 be2^2 - h11) - \frac{c2((be2 + \beta1 be2 + \beta2 be2^2 - h11)^{(1-b)} - be2^{(1-b)})}{1-b}}{r} \right) / (1+r)$$