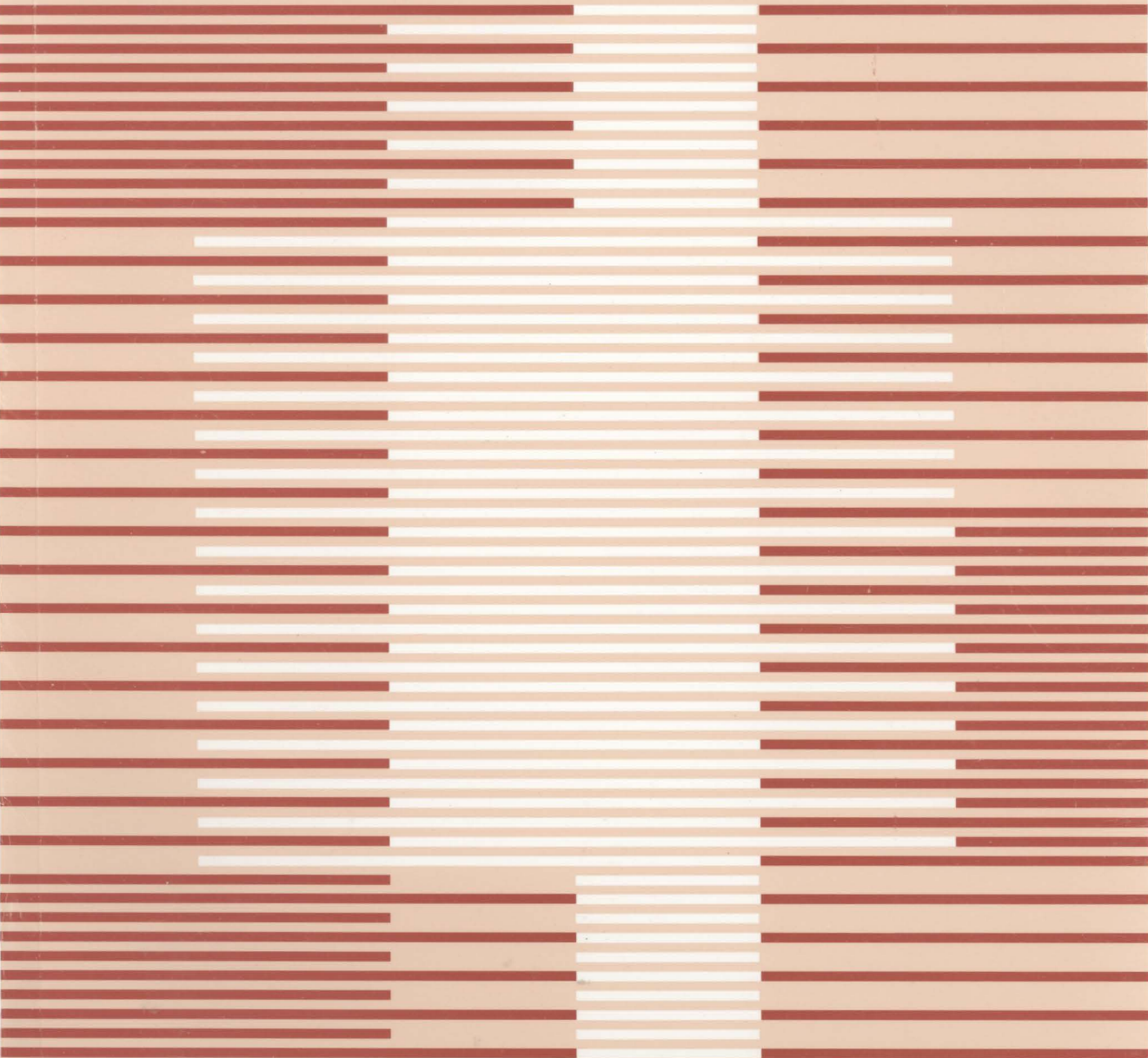


Osmo Halonen

KALASTUKSEN TALOUSTIEDE – TEORIAN  
KEHITTÄMISESTÄ  
1950-LUVULTA 1990-LUVULLE



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
**CHYDENIUS**  
INSTITUUTTI

**CHYDENIUS-INSTITUUTIN TUTKIMUKSIA**

**7/1994**

**CHYDENIUS-INSTITUTETS UNDERSÖKNINGAR**

**Osmo Halonen**

**Kalastuksen taloustiede – teorian kehittymisestä  
1950-luvulta 1990-luvulle**

**Mallien soveltaminen Itämeren lohenkalastukseen**

**JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO**

**CHYDENIUS-INSTITUUTTI**

**KOKKOLA 1994**

**ISBN 978-951-39-9374-0 (PDF)**  
**URN:ISBN:978-951-39-9374-0**

**ISBN 951-34-0315-7**  
**ISSN 0789-0710**

## Sammandrag

I undersökningen granskas utvecklandet av en ekonomisk teori för fisket utgående från H. Scott Gordons (1954) modell. De modeller som presenteras kan tillämpas även för utnyttjandet av andra förnybara naturtillgångar.

Förutom teoriutvecklingen behandlar undersökningen problem rörande laxfisket i Östersjön. Föremål för särskilt intresse är problem med anknytning till bevarandet av den vilda laxen (*Salmo salar*).

I Gordons (statiska) granskning leder inte *open access* dvs. fritt konkurrerande fiske till att fiskpopulationen försvinner. Enligt Gordons modell kan bionomisk jämvikt likväl leda till både ekonomiskt och biologiskt överfiske. Det ekonomiska och biologiska överfisket inträffar inte nödvändigtvis samtidigt. – Ett fritt utnyttjande av den gemensamma fiskresursen utgör, avvikande från Gordons modell, likväl ett hot för resursens fortbestånd. I synnerhet fångsten av stimfisk (vid laxfisket även vandringfisk) kan leda till att fiskpopulationen utrotas; artens fortbestånd är beroende av hur förhållandet kostnad–pris för fångsten utvecklas.

I dynamiska modeller granskas optimeringen av fångsten över tiden. Som styrvariabel kan antingen fångsten eller fiskeinsatsen användas. Med optimal styrning försöker man nå en optimal jämviktsnivå för populationen; vid optimum är populationens nivå stabil (*steady state*). Den optimala lösningen utgör en modifierad *golden rule* jämvikt. Om tillståndsvariabeln (populationen) inte är på en s.k. singular bana, är den optimala politiken att styra fångsten och få tillståndsvariabeln (populationens storlek) till optimal nivå så snabbt som möjligt. Den optimala ansatsbanan är av typen *bang–bang*. Då linearhypotesen lämnas bort är *bang–bang*-adaptionen inte optimal.

Den optimala populationsstorlekens känslighet för en ändring i diskontoräntan beror hos olika arter på populationens tillväxtgrad: till exempel hos valen är tillväxtgraden låg, varför känsligheten för en ändring av diskontoräntan är större än till exempel för sardinen.

I undersökningen utredes även problem med anknytning till fördelningen av fångstkvoter. I samband med laxfisket granskades också tidsbegränsningarnas inverkan på effektiviteten och möjligheten att införa individuella fångstkvoter dryftades. Problemet ligger i hur kvoterna skulle fördelas regionalt, enligt fångstform samt för fångsten av vildlax och planterad lax. För att vildlaxen skall fortbestå bör mål uppställas för vilken mängd som bör undgå att bli fiskad, men i fångstsituationen är det problematiskt att skilja på fiskstammarna. Med tidsbegränsningar kan fångsten av vildlax delvis minskas; utan individuella kvoter kan tidsbegränsningarna emellertid leda till konflikter mellan olika fångstformer och områden.



## **Esipuhe**

Chydenius–Instituutti on halunnut edistää luonnonvarojen taloudellista arvoa koskevaa tutkimustoimintaa. Instituutti on tukenut Osmo Halosen Perämeren lohenkalastusta koskevaa tutkimusta tarjoamalla hänelle mahdollisuuden työskennellä jonkin aikaa Instituutin tiloissa. Tieteellisesti hanke on saanut tukea Oulun yliopistosta sekä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksesta. Osmo Halosen tutkimus on nyt hyväksytty Oulun yliopistossa lisensointitutkimuksena. Instituutilla on ilo saada julkaista Halosen luonnonvarojen taloustieteen alaan kuuluva työ. Alaa on toistaiseksi harrastettu maamme aivan liian vähän.

Seppo Raiski  
vs. tutkimusjohtaja

## Saate

Kiitän FT Rauli Sventoa ja KTT Olli Tahvosta työni ohjauksesta.

Itämeren lohenkalastusta koskevan osuuden kritiikistä ja käydyistä keskusteluista kiitän Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) tutkijoita: Sakari Kuikkaa, Per Mickwitziä, Veijo Pruukia, Pekka Salmea ja Jari Setälää. Kiitos keskusteluista ja vastauksista myös Vaasan kalastuspiirin piirimestari Pekka Heikkilälle sekä Perämeren Kalastajain Keskusliiton toiminnanjohtaja Alpo Tuikkalalle. Tekstiini mahdollisesti jäljelle jääneistä virheistä vastaan itse.

Kiitokset lisäksi Jyväskylän yliopiston Chydenius-Instituutille työtilojen tarjoamisesta ja kirjastopalveluista. Mirva Kanalalle kiitokset kuvioiden piirtämisestä.

Taloudellisesta tuesta kiitän Yrjö Jahnssoonin Säätiötä.

Kokkolassa, maaliskuussa 1994

Osmo Halonen

# SISÄLTÖ

<b>KUVIOT</b>		5
<b>TAULUKOT</b>		5
<b>1 JOHDANTO</b>		6
1.1 Tutkimuksen aihe ja tarkoitus		6
1.2 Termien sisältö		15
<b>2 YHTEISEN KALARESSIN VAPAA HYÖDYNTÄMINEN</b>		18
2.1 Johdanto		18
2.2 Open-access tasapaino		18
2.3 Kalaresussin häviämisen uhka		24
<b>3 KALASTUSALUSTEN MÄÄRÄN SOPEUTUMINEN OPEN-ACCESS TILANTEESSA – PÄÄOMADYNAAMINEN TARKASTELU</b>		32
3.1 Johdanto		32
3.2 Rationaalisten odotusten malli vs. myopisten (adaptiivisten) odotusten perusmalli open-access saalistuksessa		33
3.3 Diskreetin ajan open-access malli hintojen ja kustannusten vaihdellessa		37
<b>4 OPTIMAALINEN SAALISTUS</b>		44
4.1 Johdanto		44
4.2 Lineaarinen autonominen malli		45
4.3 Parveutuvien lajien saalistus		51
<b>5 SAALIIN KIINTIÖINTI JULKISEN VALLAN OHJAUSONGELMANA</b>		54
5.1 Johdanto		54
5.2 Kiintiön hyödyntäminen kahden eri osapuolen kesken		56
5.3. Kiinteä saalis vai kiinteä kalastuspanos		64
5.3.1 Mallin muodostaminen		65
5.3.2 Stokastinen ja deterministinen prosessi		67
5.3.3 Tulofunktion konkaavisuuden vaikutus deterministisessä prosessissa		70
5.4 Yksilölliset kiintiöt		72
5.4.1 Viitesaalis ja kiintiöillä käytävä kauppa		74
5.4.2 Nettotulojen vaihtelu yksilöllisten kiintiöiden eri asettamistapauksissa		76

<b>6</b>	<b>ITÄMEREN LOHENKALASTUS BIOTALOUDELLISENA ONGELMANA</b>	<b>80</b>
6.1	Johdanto	80
6.2	Kiintiöpäästösten tekeminen epävarmuuden vallitessa	82
6.2.1	Epävarmuus kantojen suuruudessa	85
6.2.2	Istutusten vaikutukset saalistukseen	89
6.2.3	Empiirisiä havaintoja	91
6.3	Rajoitusten tehokkuusvaikutukset	95
6.3.1	Kalastuskauden pituus ja optimaalinen aluskanta – yksinkertaistettu malli	96
6.3.2	Pääkalastuskauden rajoittaminen	99
6.3.3	Jaksoittaisen kalastuksen tapaus	103
<b>7</b>	<b>SUOMEN LOHENKALASTUKSEN LÄHIAJAN MUUTOSPAINTEITA – KOKONAISKIINTIÖSTÄ YKSILÖLLISIIN KIINTIÖIHIN</b>	<b>107</b>
7.1	Johdanto	107
7.2	Saalisrajoite eri pyyntimuodoille	111
7.3	Yksilöllisten kiintiöiden käyttöönotto	116
7.3.1	Malli	116
7.3.2	Lisenssien jakaminen ja yksilölliset saaliskiintiöt	118
<b>8</b>	<b>PÄÄTÄNTÖ</b>	<b>124</b>
	<b>LÄHTEET</b>	<b>132</b>
	<b>LIITE 1</b>	<b>146</b>

## KUVIOT

<b>Kuvio 1.</b>	Saalis–kalastuspanoskäyrä.	20
<b>Kuvio 2.</b>	Bionominen tasapaino.	21
<b>Kuvio 3.</b>	Taloudellinen optimi (staattinen).	22
<b>Kuvio 4.</b>	Taloudellinen optimi ja open–access tasapaino.	23
<b>Kuvio 5.</b>	Populaation logistinen kasvu ja saalistus kiinteällä kalastuspanoksella $E$ .	28
<b>Kuvio 6.</b>	Spiraalimainen trajektori $(x, B)$ Gordon–Schaefer–mallissa.	40
<b>Kuvio 7.</b>	Populaation optimikanta ja optimaalisen saalistuksen aikauramahdollisuudet.	49

## TAULUKOT

<b>Taulukko 1.</b>	Lohisaaliin kehitys Itämeren pääaltaalla ja Pohjanlahdella vuosina 1985 – 1991.	146
--------------------	---	-----

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen aihe ja tarkoitus

Tutkimuksen kohteena on kalastuksen taloustieteen teorian kehitys 1950-luvulta 1990-luvulle. Tavoitteena on selvittää tutkimuksen kehittymistä alkaen H. Scott Gordonin (1954) mallista. Esitettävät mallit kuvaavat kalaresurssien ohella myös muiden uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämiseen liittyvää problematiikkaa.

Teoreettisissa tutkimuksissa on käsitelty mm. kalaresurssien vapaaseen hyödyntämiseen liittyviä taloudellisia ja biologisia ongelmia, saalistuksen rajoituksista johtuvaa taloudellista tehottomuutta, saalistuksen optimointia sekä saalistusoikeuksilla käytävää kauppaa.

Teorian kehityksen lisäksi tutkimuksessa esitellään Itämeren lohenkalastukseen liittyviä ongelmia (luvut 6 ja 7). Erityisenä huomionkohteena on luonnonvaraisen lohen (*Salmo salar*) säilyttäminen ja säilyttämiseen liittyvien rajoitustoimenpiteiden tehokkuusvaikutukset eri pyyntimenetelmiin. Tarkasteluissa sovelletaan teoreettisissa tutkimuksissa aikaisemmin kuvattuja malleja, mutta mukana on osittain myös uusia tarkastelukulmia.

Gordonia (1954) aikaisemmin kalaresurssien vapaan hyödyntämisen allokointiongelmia tarkasteli mm. tanskalainen taloustieteilijä Jens Warming (1911) (ks. Hannesson 1974, 9 ja Clark 1990, 66). Modernin kalastukseen taloustieteen alku katsotaan löytyvän kuitenkin Gordonin mikrotaloustieteen perustuvassa staattisesta analyysistä.

A.aD. Scott (1955, 116 – 117) piti Gordonin panosta tärkeimpänä sittena Alfred Marshallin aikojen. Scottin mukaan maa- ja metsätalous olivat kyllä olleet tarkastelun kohteena, mutta Scott korosti Gordonin palauttaneen tietyn osan "poliittisesta taloustieteestä" takaisin taloustieteeseen (Scott 1955, 117). Gordonin (1954, 138) mukaan Marshallin "*Principles*" -teoksesta (1890) löytyy pieni muodollinen virhe, joka johtaa väärään tulkintaan sovellettaessa vähenevien tuottojen lakia kalastukseen (ks. myös Gordon 1952).

Scott (1955) yritti muotoilla uudelleen Gordonin (1954) mallin dynaamisessa muodossa. Scottin pyrkimyksenä oli käsitellä kalaresurssin hoitamisen ongelmaa pääomateoreettiselta kannalta. Scott osoitti, että *sole owner* omistajan välinpitämättömyys tulevaisuuden tuloista johtaa samaan *bionomiseen* tasapainoon kuin *open-access* hyödyntäminen (termien sisällöstä kappaleessa 1.2). Scott käsitteli nykyarvon maksimointia, mutta analyttinen ratkaisu jäi puutteelliseksi; matemaattinen välineistö oli puutteellista monimutkaisten mallien ratkaisemiseen.

Gordonin malliin perustuvaa yhteisen kalaresurssin vapaan hyödyntämisen mallia ja siihen liittyvää *open-access* tasapainoa tarkastellaan luvussa 2. Resurssin vapaaseen hyödyntämiseen liittyy taloudellisen ja biologisen liikkahyödyntämisen mahdollisuus. Kalaresurssin häviämisen uhkaa tarkastellaan kappaleessa 2.3.

Kappaleessa 2.2 esitettävä *open-access* tasapaino kuvaa kilpailukalastuksen tasapainoa; tasapainossa kalastusyritysten voitot ovat nolla. Oletuksena on, että voitto houkuttelee markkinoille uusia kalastusyrityksiä, jolloin kokonaiskalastuspanos kasvaa. Vastaavasti yrityksiä poistuu tappiollisesta kalastuksesta, jolloin kokonaiskalastuspanos pienenee, kunnes saavutetaan jälleen tasapaino.

Luvussa 3 tarkastellaan lähemmin Gordonin malliin perustuvaa pääomadynamiikkaa (aluskannan sopeutumista). Perinteisesti (Smith 1968, 1969) kalastukseen mukaantulo ja kalastuksesta poistuminen on katsottu johtuvan lyhyen ajan (välittömistä) tuotoista.

Kalatalouden syklistä käyttäytymistä ovat tarkastelleet mm. Berck (1979) sekä Bjørndal & Conrad (1987a). Syklit vapaassa saalistuksessa on selitetty johtuvan juuri kalastajien tulo-poistumis -käyttäytymisestä. Ko. malleissa kalastajien tuotto-odotukset oletetaan myöpisiksi eli mahdollisten mukaantulijoiden odotettujen tuottojen tulee olla yhtä suuret nykyisten tuottojen kanssa.

Kappaleessa 3.2 verrataan pääomadynaamista päätöksentekoa, kun kalastuslusten (kalastajien) tuotto-odotukset ovat joko myöpisia tai rationaalisia. Rationaalisten odotusten mallissa näkemys tulevaisuudesta on täydellinen: toteutuneiden tuottojen nykyarvo on yhtä suuri odotettujen tuottojen nykyarvon kanssa. Esitettävä malli perustuu Berckin & Perloffin (1984) artikkeliin.

Kalaresurssia voidaan tarkastella myös pääomateoreettisesti (mm. Clark & Munro 1975, 92 ja Wilen 1985, 62 - 71). Wilen (1985) käsitteli tapausta yksinkertaisena yrityksen mallina; yritykset suunnittelevat optimaalisen investointitason pyrkiessään maksimoimaan voittojen nykyarvon. Wilenin (1985, 64) mukaan yritysten tuotos riippuu pääomakannasta, ja tuotos myydään puolestaan kiinteällä hinnalla. Kustannukset Wilenin mallissa riippuvat pääoman lisäämisestä aiheutuvista investoinneista. Tärkeänä tekijänä yrityksen päätöksenteolle on, liittykö investointeihin sopeuttamiskustannuksia (Wilen 1985, 64 - 71).

Saalistuksen dynaamista optimointiongelmia käsittelevät ensimmäisenä Crutchfield & Zellner (1962). Crutchfield & Zellner yrittivät kehittää



matemaattinen analyysia Scottin (1955) työn pohjalta, mutta analyysi jäi osittain puutteelliseksi. Crutchfield & Zellner eivät mm. havainneet, että diskonttaus voi johtaa biologiseen liikakalastukseen. Crutchfieldin & Zellnerin mallit olivat omana aikanaan lisäksi vaikeita sovellettavaksi, joten tutkijat pidättäytyivät yleensä yksinkertaisemmissa staattisissa malleissa.

Moderni optimaalinen ohjausteoria katsotaan perustuvan Bushawin (1958) teeseihin. Optimaalisen ohjausteorian kehittyminen [mm. Pontryagin ym. (1962), Dorfman (1969), Intriligator (1971)] mahdollisti uusien sovellusten tekemisen 1970-luvun alkupuolella. Samalla otettiin myös pääoma-teoreettinen tarkastelu laajemmin käyttöön kalastuksen taloustieteessä.

Colin W. Clarkin teos "*Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources*" (1976, toinen painos 1990) toi merkittävän lisän sovelletun matematiikan välineistön käyttämisestä kalastuksen taloustieteessä. Clark havaitsi mm. diskonttokoron merkityksen sekä tarkasteli saalistuskustannuksia resurssikannan koosta riippuvaisena (ks. myös Clark 1973). Kustannusten merkitys nousee esille kalaresurssin häviämisen uhatessa (ks. kappale 2.3).

Neljännessä luvussa käsitellään saalistuksen dynaamista optimointiongelmia ohjausteoreettisesti: tarkastelun kohteena on optimaalinen lähestyminen kohti resurssin tasapainotilaa, vrt. optimaalinen investointipolitiikka (ks. Clark & Munro 1975, 93).

Saalistuksen ohjaaminen kuuluu kalastusviranomaisten tehtäviin. Ohjausmuuttujana voi olla joko saalistustaso tai kalastuspanos; tilamuuttujana on kalapopulaation koko. Tarkoituksena on maksimoida saaliin nettonykyarvo.

Kappaleessa 4.2 tarkastellaan lineaarista autonomista mallia. Kappaleessa 4.3 kohteena on optimaalisen populaation koon herkkyys diskonttokoron muutokselle parveutuvien lajien tapauksessa.

Viidennessä luvussa perehdytään tarkemmin saaliskiintiöinnin ongelmiin. Aluksi (kappaleessa 5.2) tarkastellaan kiintiön jakamista kahden eri valtion kesken. Ulkomaisen kalastuksen salliminen oletetaan kasvattavan vesialueen omistajavaltion kokonaisnettohyötyä. Tarkastelussa investointien sopeutuminen riippuu asetetusta saalisrajoitteesta sekä vesialueen omistajavaltion perimästä saalistuskorvauksesta.

Kiintiöiden jakaminen eri maiden kesken on osoittautunut kuitenkin ongelmalliseksi, koska valtiot pyrkivät usein turvaamaan oman kalastuselinkeinsä. Kalastusvyöhykkeiden asettaminen on johtanut jopa selkkauksiin maiden välillä. Kahden valtion kalastukseen sovellettuja yhteistyö- ja ei-yhteistyömalleja on tutkittu peliteoreettisilla malleilla. Turskasotaa (1972–1973 ja 1975–1976) Islannin ja Iso-Britannian välillä voidaan pitää peliteoreettisen mallin konkreettisena ilmentymänä.

Kalastukseen sovelletuista varhaisemmista peliteoreettista analyyseista voidaan mainita Clarkin (1979) ja Munron (1979) artikkelit sekä Levharin & Mirmanin (1980) artikkeli "*The Great Fish War*", jossa käytettiin dynaamista Cournot–Nash –ratkaisua. Munron artikkeli perustuu Clarkin & Munron (1975) lineaariseen malliin sekä Nashin (1953) malliin kahden henkilön yhteistyöstä.

Uusimmissa peliteoreettisissa malleissa on tarkasteltu differentiaalipelejä. Differentiaalipelien mallit ovat dynaamisia ja niissä sovelletaan joko muististrategioita [voidaan käyttää kannustimia ja uhkauksia] tai muistittomia strategioita [käytetään mm. avoimen silmukan (*open loop*) strategioita, suljetun silmukan (*closed loop*) strategioita tai takaisin kytettyjä (*feedback*)

strategioita]. Jos pelin edetessä pelaajat (valtiot) saavat informaatiota tilanteesta, voidaan ohjauksia päivittää strategioiden eli päätössääntöjen mukaisesti (*closed loop* ja *feedback* strategiat). *Open loop* strategiassa valtiot eivät odota uutta informaatiota, vaan jatkavat valitsemaansa politiikkaa (ks. Mäler 1990, 93). Kalastukseen sovelletuista differentiaalipelimalleista voidaan mainita mm. Kaitalan & Pohjolan (1988) artikkeli kahden valtion differentiaalipelistä (ks. kappale 5.2).

Saaliin kiintiöintimenetelmän valinnassa (ks. kappale 5.3) julkinen valta joutuu myös ongelmatilanteeseen. Jos stokastisessa mallissa toimenpidelinjat määrätään ohjelman alussa ja ne pysyvät muuttumattomina, mitä tahansa tapahtuukin, kyseessä on *open loop* ohjaus (vrt. differentiaalipelikuvaus). Jos menetelmien muutos perustuu uuteen tietoon, kutsutaan sitä *closed loop* ohjaukseksi. Deterministisissä malleissa erot *open loop* ja *closed loop* ohjausten välillä ovat käytännöllisesti katsoen merkityksettömiä (Munro & Scott 1985, 653), joten Munron & Scottin (1985, 653) mukaan on vaikea uskoa, että kukaan järkävä manageri toteuttaisi *open loop* ohjausmenetelmää. Stokastisesta ja deterministisestä prosessista kappaleissa 5.3.2 ja 5.3.3.

Kalojen vaellus aiheuttaa puolestaan saaliinjakautumis- ja tulonjakautumisongelmia. Tulojen turvaaminen saattaa johtaa peliteoreettiseen käyttäytymiseen eri alueiden kalastajien välillä (mm. Munro 1979). Ongelmia voi syntyä eri valtioiden tai tietyn valtion eri rannikkoalueiden välillä [valtioiden sisäisistä ongelmista mm. Charles (1992)].

Kappaleessa 5.4 käsitellään Hannessonin (1989) artikkelin pohjalta vesialueen omistajavaltion yksilöllisten kiintiöiden määräämistä ja kiintiöillä käytävää kauppaa. Yksilöllisten kiintiöiden käyttöönottamista tarkastellaan myös Itämeren lohienkalastuksen yhteydessä kappaleessa 7.3.

Taloustieteilijät ovat suositelleet siirrettävien kiintiöiden käyttöä yksittäisten lajien saalituksen ohjauksen yhteydessä (ks. Moloney & Pearse 1979). Ensimmäiset tutkimukset kalastuksen säätelemisestä yksilöllisten kiintiöiden avulla ilmestyivät 1970-luvulla (ensimmäisenä Christy 1973). Yksilöllisten kiintiöiden menetelmä otettiin käyttöön 1980-luvulla mm. Islannissa (1984) ja Uudessa-Seelannissa (1986).

Pahimmat uhkat Itämeren luonnonvaraisten lohikantojen uusiutumiselle ja säilymiselle ovat liikakalastus, kalataudit ja ympäristön muutokset (jokien valjastaminen, ympäristömyrkyt jne.). Istutettuja kantoja ei uhkaa liikakalastaminen, mutta istutettujen kantojen hyödyntäminen vaarantaa luonnonkantojen olemassaolon, koska valtaosa Itämeren lohista on peräisin istutuksista; saalistettaessa kantoja ei pystytä erottamaan toisistaan.

Uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämismalleissa ei ole yleensä huomioitu saastumisen vaikutuksia; tai vaikutukset oletetaan sisältyvän esimerkiksi Schaeferin populaatiodynamiikkamallissa (ks. kappale 2.3) ympäristön kantokykytermiin *K*. Ympäristön kantokyvyn heikkeneminen vähentää puolestaan populaation kasvuastetta. Luonnonlohikannan kasvun aleneminen voi siis johtua ympäristön pilaantumisesta. Luonnonlohen suojelussa tulisi siksi kiinnittää huomiota myös lohen kutuhoitoon; mm. lohijoen valuma-alueen ympäristövaikutukset saattavat olla kohtalokkaat luonnonlohen uusiutumiselle: 1990-luvun alkuvuosina luonnonlohien lisääntymisessä on esiintynyt häiriöitä.

Siebert (1982) ja Tahvonen (1989) ovat tarkastelleet saastumisen liittämistä uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämiseen. Tahvosen (1989, 63, 103, 167) mukaan saastuminen vaikuttaa populaation uusiutumiskyvyn lisäksi myös biomassan laatuun sekä lisää kalastuskustannuksia (ks. myös Dasgupta 1982, 7 – 8 ja Johansson 1990, 36). Biomassan laadun heikentyminen

laskee saaliin arvoa ja vähentää kysyntää. Kalastuskustannusten lisääntymisen johtuu mm. pyydysten kulumisesta ja puhdistuskuluista.

Saastumista koskevassa kirjallisuudessa (ks. Tahvonen 1989, 78) tarkastellaan myös resurssin *in-situ* -arvoa. Resurssilla on arvoa raaka-ainelähteenä (resurssin käyttäjäarvo) ja luonnonresurssina *sinänsä* (ei-kuluttava käyttäjäarvo). Esimerkiksi linnuilla, merinisäkkäillä tai kaloilla on arvoa, vaikka niitä ei saalistettaisi lainkaan; arvo syntyy mm. virkistysarvosta (valassafarit, lintuhavainnot jne.) tai osana ekosysteemiin kuulumisesta. Resurssi voi tarjota myös epäsuoria käyttäjäarvoja – esimerkiksi kirjojen, elokuvien tai television välityksellä (mm. Johansson 1987, 183 ja Johansson 1990, 36). Luontoa voidaan hyödyntää siis tilana ja ei-aineellisten palvelujen lähteenä.

Resurssin käyttäjäarvot eivät kata täydellisesti resurssin taloudellista arvoa. Lisäksi on huomioitava ei-käyttäjäarvo, jota kutsutaan myös *olemassa-oloarvoksi*. Johanssonin (1990, 36) mukaan resurssin kokonaisarvo (*TV*) voidaan määritellä käyttöarvojen, epäsuorien käyttöarvojen ja olemassa-oloarvojen summana (ks. olemassaoloarvosta tarkemmin Johansson 1987, 185 – 186 ja Johansson 1990, 38).

Perinteisesti on väitetty, että voittoa maksimoiva kalastaja ei ota huomioon mereen jätetyn kalan arvoa (mm. Hannesson 1974, 14, 36). Hannesson (1974, 14, 36) tähdentää, että mereen jätetyn kalan arvo on varjohinta panoksena lajin biologisessa uusiutumisessa tai muiden lajien ravintona (saalis-saalistaja tarkastelu; lohella saalistajana hylje ja poikasvaiheessa muut kalalajit). Hannan (1990, 674) mukaan kalastajien motivaatiotutkimuksissa on kuitenkin osoittautunut, että resurssin riittävyyskysymys katsotaan sitä tärkeämmäksi mitä koulutetumpi kalastaja on; samalla kalastuselinkeinoon pitkänaikavälin toimintamahdollisuutta painotetaan enemmän kuin lyhyen aikavälin voiton maksimointia.

Luonnon käyttö raaka-aineena ja jätteiden vastaanottajana – ks. materiaali-kiertojärjestelmästä mm. Mäler (1985, 11) – heikentää luonnon geneettistä monimuotoisuutta ja *in-situ* -käyttöä. Luonnon raaka-aine- ja *in-situ* -käytön välillä joudutaan valintatilanteeseen. Esimerkiksi luonnonlohen saalistuksen ylittäessä lohikannan luonnollisen kasvun, saatetaan luonnonlohikanta kalastaa loppuun, jolloin lohen geneettinen perimä häviää. Saalistus ei voi pitkään perustua istutettuihin kantoihin, koska viljeltyjen kalojen perimä todennäköisesti heikkenee: perintötekijäin vaihtelu lajin sisällä supistuu käytettäessä samoja emokaloja poikastuotannossa.

Itämeren laaja valuma-alue, ilman kautta kulkeutuvat yhdisteet sekä mereen upotetut myrkyt kuormittavat herkästi matalaa murtovesi ekosysteemiä, jossa vesimassa vaihtuu vain kerran 20–30 vuodessa. Haitallisten aineiden kertyminen veteen ja eliöstöön voidaan todeta ilmentäjien (*bioindikaattorien*) välityksellä. Ensimmäiset todisteet Itämeren huonosta tilasta saatiin merikotkien kautta. Muina indikaattoreina voidaan pitää levämassoja, nilviäisiä, tiettyjä lintulajeja, Perämeren norppaa sekä silakkaa, turskaa ja lohikaloja.

Vuoden 1992 Rion sopimuksen mukaan pyritään huomioimaan kaikki monimuotoisuuden tasot: perintötekijöiden vaihtelu yhden lajin sisällä, lajien monimuotoisuus sekä ekosysteemien monimuotoisuus. Jos luonnonlohi menetettäisiin, luonnon monimuotoisuus heikkenisi ja samalla menetettäisiin myös luonnonlohen tuottama *in-situ* -arvo.

Tutkimuksessa ei pyritä luonnonlohen kokonaisarvon ratkaisemiseen (ks. yksistään olemassaoloarvon määrittämisen problematiikasta mm. Mäntymaa 1993, 85), vaan lähinnä tyydytään kuvaamaan niitä ongelmia, joita liittyy luonnonlohen ja istutetun lohen samanaikaiseen saalistukseen. Huomionkohteena on myös lohenkalastuksen ohjauksesta (mm. aikarajoitukset) aiheutuvien taloudellisten tehokkuusvaikutusten analysointi.

Luvussa 6 selvitetään kiintiöpäätöksiin liittyvää epävarmuutta Itämeren lohenkalastuksessa. Epävarmuutta aiheuttavat mm. epätieto kantojen suuruudesta sekä istutusten vaikutukset kiintiöpäätöksiin ja sitä kautta luonnonlohisaaliiseen. Kappaleessa 6.3 tarkastellaan puolestaan aikarajoitusten tehokkuusvaikutuksia lohenkalastuksessa.

Luvussa 7 tutkitaan eri menetelmiä Suomen lohenkalastuksen kehittämiseksi. Tutkimuskohteina ovat mm. eri pyyntimuodoille asetettavat saalisrajoitteet sekä lisenssijärjestelmän ja yksilöllisten kiintiöiden käyttöönottamisen ongelmat ja hyödyt.

## 1.2 Termien sisältö

Ciriacy–Wantrup (1952) jakoi luonnonvarat olomuotonsa perusteella *virta-* ja *varantosuureisiin*. Uusiutuvat luonnonvarat kuuluvat virtasuureisiin; uusiutumattomat luonnonvarat puolestaan varantosuureisiin.

Käsiteltäessä kalaresursseja, *varannolla* voidaan kuvata tietyn kalalajin kalojen lukumäärää tai *biomassaa* (populaation kokonaispainoa). Varanto kuvaa populaation kokoa *tietyllä hetkellä*.

Kalaresurssin kokoa voidaan kuvata myös termillä *resurssikanta* (kalakanta). Esimerkiksi Itämeren lohiresurssi koostuu luonnonvaraisista (luonnonkutuisista) lohikannoista ja istutetuista (viljellyistä) kannoista. Resurssi–*virta* muuttaa kalakantaa *tietyllä aikavälillä*; muutos voi johtua biologisista tekijöistä (syntyvyys, kuolevuus, kasvu jne.) tai taloudellisista tekijöistä (mm. saalistus).

Kalastuksen talousteoria pohjautuu suureksi osaksi *Schaeferin* (1954, 1957) populaatiodynamiikkamalliin, jossa vuosiluokkatarkastelua ei huomioida. *Beverton–Holt* (1957) –mallissa vuosiluokat ovat mukana, mutta mallin soveltaminen talousteoriaan on osoittautunut usein ongelmalliseksi (mm. Munro & Scott 1985, 625). Muista populaatiomalleista voidaan mainita *Rickerin* (1958) vuosiluokkamalli. Rickerin mallia on sovellettu mm. lohenkalastuksessa (ks. Crutchfield & Pontecorvo 1969, 23, 25) ja sillinkalastuksessa (ks. Bjørndal 1988, 10, 14 ja Bjørndal 1990, 179).

Hardinin (1968) artikkeli "*The Tragedy of the Commons*" herätti laajaa kiinnostusta kysymykseen yhteisistä resursseista. Termien *open–access* ja *common–property* käytössä on ollut kuitenkin erimielisyyttä. Ciriacy–Wantrup (1971) käyttää termiä *open–access*, kun kalaresurssin hyödyntäminen on täysin vapaata; ja termiä *common–property*, kun resurssia pidetään yhteisenä, jota voidaan joko säädellä tai hyödyntää vapaasti.

Crutchfield & Pontecorvo (1969, 11) käyttävät mieluummin termiä *open–access* resurssi, koska *common–property* viittaa omistamiseen; heidän mielestään esimerkiksi avomeren kalaresursseja ei kukaan voi omistaa, joten resurssilla ei ole silloin "*property*" –ominaisuutta.

Sen lisäksi, että *open–access* saalistuksessa resurssin hyödyntäminen on vapaata, resurssia hyödyntää rajoittamaton määrä kilpailevia kalastajia. Kalastukseen mukaantulolle tai poistumiselle ei ole esteitä.

Scottin (1955) *sole owner* –termi tarkoittaa, että jollakin on tietyllä alueella täydelliset oikeudet tietyn kalapopulaation hyödyntämiseen. Scott ei rinnastanut *sole ownership* –tapausta monopoliin (Scott 1955, 117; ks. myös Smith 1968, 426), koska monopolisti voisi vaikuttaa saaliinsa hintaan (Scott



1955, 124). Scottin (1955, 120) tarkastelussa hinta on annettu maailman markkinatilanteen mukaan.

Scottin mukaan *sole owner* omistajan välinpitämättömyys tulevaisuuden tuloista johtaa samaan *bionomiseen* tasapainoon kuin *open-access* hyödyntäminen. Käsitteellään *bionominen* tasapaino Scott halusi korostaa, että uusiutuvan luonnonvaran oikea hyväksikäytön taso voidaan määrittää vain biologisen ja taloudellisen prosessin yhtäaikaisen ratkaisun kautta (Ollikainen 1984, 23).

*Bionomisen* tasapainon käsite esiintyi myös Gordonilla (1954). Gordonin (1954, 125) mukaan termit *bionominen* ja *bio-ekonominen* otti käyttöön venäläinen meribiologiateoreetikko T. I. Baranoff (1918, 1925).

## 2 YHTEISEN KALARESURSSIN VAPAA HYÖDYNTÄMINEN

### 2.1 Johdanto

H. Scott Gordonin (1954) kutsutaan yhteisen kalaresurssin vapaan hyödyntämisen talousteorian kehittäjäksi (mm. Clark 1976, 4). Gordonin artikkeli "*The Economic Theory of Common Property Resource: The Fishery*", perustui staattiseen mikrotaloustieteelliseen analyysiin.

Gordon ei suinkaan ollut ensimmäinen, joka käsitteli vapaata resurssin hyödyntämistä ja siihen liittyviä ongelmia (ks. kappale 1.1). Gordon loi kuitenkin teoriaperustan, jota sovelletaan vielä nykyisessäkin tieteellisessä tutkimustyössä ja päätöksenteossa.

Kappaleissa 2.2 ja 2.3 esitellään Gordonin mallia ja siihen liittyvää *open-access* tasapainoa [Gordon (1954, 135) käytti termiä *bionominen* tasapaino]. Kappaleessa 2.2. käsitellään lisäksi vapaan hyödyntämisen vaikutuksia taloudelliseen tehokkuuteen. Vapaa hyödyntäminen on uhkana myös kalalajien säilymiselle. Tätä ongelmaa käsitellään kappaleessa 2.3.

### 2.2 Open-access tasapaino

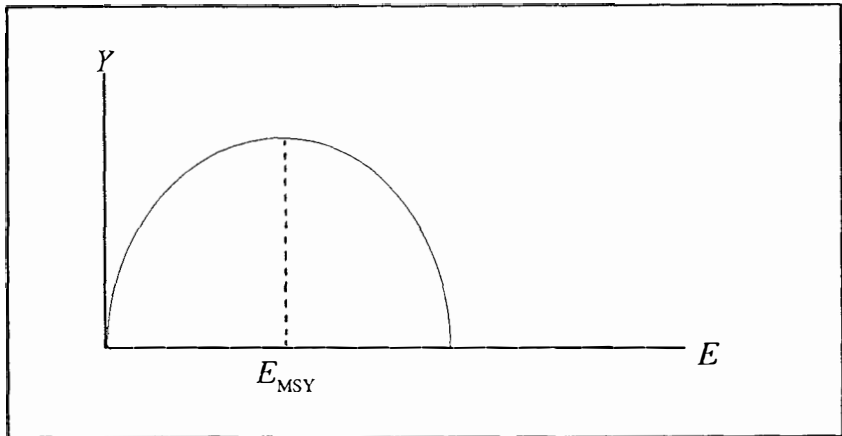
Gordonin (1954) mallin oletuksina on täysin joustava kalan kysyntä, saaliin kiinteä hinta ( $p$ ) kalastettua biomassayksikköä kohti sekä kokonaiskustan-

nusten riippuvuus käytetystä kalastuspanoksesta ( $E$ , *effort*) (Gordon 1954, 136). Yksikkökustannus oletetaan vakioksi (ks. Gordon 1954, 142).

Kalastuspanos kuvaa tiettyä yhdistelmää erilaisista panostekijöistä (mm. pääomasta ja energiasta). Usein kalastuspanosta määritettäessä (indeksi panostekijöistä) huomioidaan vain kalastukseen käytetty aika (kalastuspäivät).

Saaliin määrä ( $Y$ , *yield*) on riippuvainen kalastuspanoksesta ( $E$ ) eli  $Y = Y(E)$  (ks. Clark 1976, 25 ja Clark 1990, 25). Saaliin riippuvuutta kalastuspanoksesta kuvataan ns. *yield-effort* -käyrän avulla. [Kestävä saalis  $Y = h$  riippuu kalastuspanoksen  $E$  lisäksi myös populaation koosta  $x$  (ks. Clark 1990, 10 – 16) eli  $h = qEx$ ;  $dx/dt = rx(1 - x/K) - qEx = 0$ . Yhtälölle löytyy tasapaino arvolla  $x_1 = K(1 - qE/r)$ . Silloin  $Y = qEx_1 = qKE(1 - qE/r)$ ,  $E < r/q$ .  $q$  on saalistettavuuskerroin (kiinteä),  $K$  on luonnon tasapainobiomassa (kiinteä) ja  $r$  on populaation sisäinen kasvunopeus (kiinteä) (kestävästä saaliista myös liikakalastuksen yhteydessä kappaleessa 2.3.)].

Kuviossa 1 on kuvattu parabolinen *yield-effort* -käyrä eli saalis-kalastuspanoskäyrä. Kalastuspanoksella  $E_{\text{MSY}}$  saavutetaan maksimimaalinen kestävä saalis (MSY, *maximum sustainable yield*). Kalastuspanoksen kasvaessa kestävä saalis vähenee pitkällä aikavälillä (ks. Clark 1990, 16).



**Kuvio 1.** Saalis-kalastuspanoskäyrä.

Kokonaistulot ( $TR$ ) muodostuvat saaliin määrästä tietyllä kiinteällä hinnalla ( $p$ ):

$$TR = pY(E). \quad (2.1)$$

$TR$  - käyrä (eli kestävän tulon käyrä, *sustainable revenue*) on hinnalla  $p = 1$  täsmälleen saman muotoinen kestävän saaliskäyrän (*sustainable yield*) kanssa, koska kokonaistulot muodostuvat kertomalla kestävä saalis kiinteällä kalan hinnalla.

Gordonin malli perustuu *yield-effort* -käyrään (ks. Clark 1976, 16, 24; Munro & Scott 1985, 627). Gordonin mukaan (1954, 136 - 137, 141) saalis riippuu kalastuspanoksen lisäksi myös populaation koosta (tätä riippuvuutta käsitellään lähemmin kappaleessa 2.3).

Yksinkertaisimmassa tapauksessa kokonaiskustannukset ( $TC$ ) riippuvat ainoastaan kalastuspanoksesta:

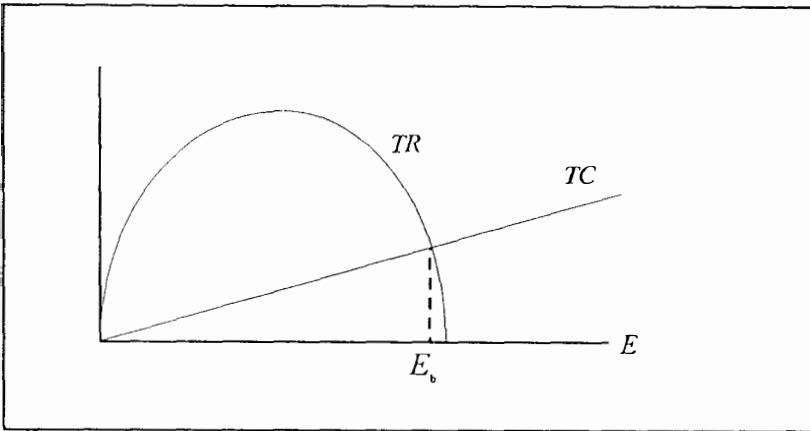
$$TC = cE, \quad (2.2)$$

jossa  $c$  on kiinteä (yksikkökustannus) (ks. Gordon 1954, 136, 142).

Kestävä taloudellinen voitto jokaisella annetulla kalastuspanoksen ( $E$ ) tasolla on:

$$TR - TC = pY(E) - cE \quad (2.3)$$

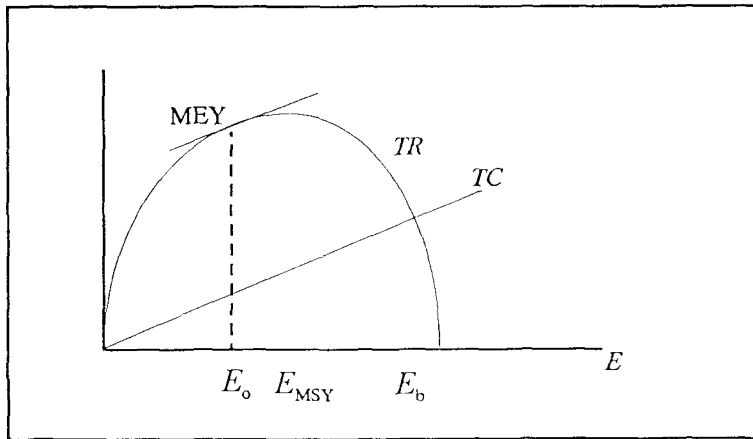
Gordonin mallin mukaan vapaassa saalituksessa (*open-access fishery*) saavutetaan *bionominen* tasapaino, kun kokonaistulot ( $TR$ ) ovat yhtä suuret kokonaiskustannusten ( $TC$ ) kanssa. Tasapainossa ei siis synny voittoa. Tasapaino saavutetaan kalastuspanoksella  $E_0$  (kuvio 2).



**Kuvio 2.** Bionominen tasapaino  
(ks. Clark 1976, 25).

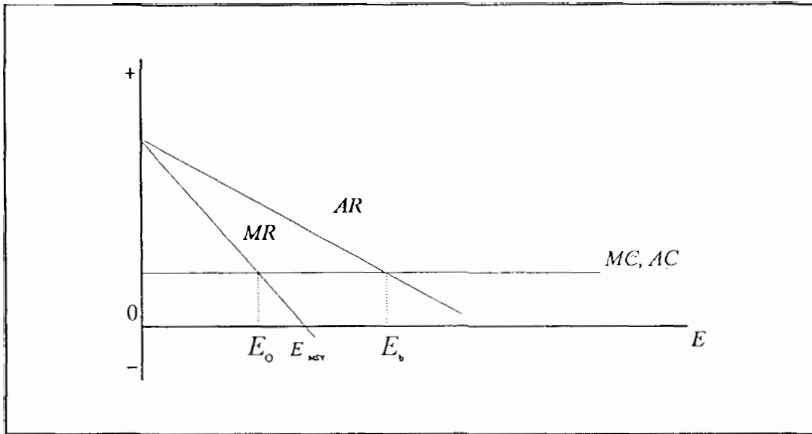
Jos kalastuspanos  $E$  ylittää tason  $E_b$ , kokonaiskustannukset ovat kokonaistuloja suuremmat. Osa kalastajista vetäytyy tappiollisesta kalastustoiminnasta, ja kokonaiskalastuspanos pienenee, kunnes saavutetaan jälleen tasapaino. [Pääomadynamiikkaa so. aluskannan sopeutumista tarkastellaan lähemmin luvussa 3].

Kalastuspanos  $E_0$  maksimoisi kestävän taloudellisen voiton (kuvio 3), mutta kilpailukalastus ilman rajoitteita johtaa kalastuspanoksen bionomiseen tasapainoon ( $E_b$ ) (*open-access* tasapaino), jossa voitot häviävät.



**Kuvio 3.** Taloudellinen optimi (staattinen).

Oletetaan, että saaliin yksikköhinta  $p = 1$ . Staattinen taloudellinen optimi ( $MEY$ , *maximum economic yield*) saavutettaisiin kalastuspanoksella  $E_0$  (ks. Anderson 1977, 30 – 35). Kokonaistulojen ja –kustannusten erotus on maksimissaan, kun rajatulokäyrä ( $MR$ ) leikkaa rajakustannuskäyrän ( $MC$ ) (ks. kuvio 4; vrt. Gordon 1954, 130).



**Kuvio 4.** Taloudellinen optimi ja open-access tasapaino.

Rajakustannuskäyrä osoittaa kalastuspanoksen muutoksesta aiheutuvan kustannusten muutoksen. Oletuksen mukaan rajakustannuskäyrä on kiinteä ja siksi sama kuin keskimääräiset kustannukset ( $AC$ ) kalastuspanosyksikköä kohden.

Rajatulokäyrä on laskeva, koska rajatuotos (rajasaalis) kalastuspanosyksikköä kohti vähenee kalastuspanosta lisättäessä ( $MP = dY/dE$ ; vrt. *yield-effort* -käyrä), ja saaliin yksikköhinta oletetaan kiinteäksi. Rajatulo ( $MR$ ) on positiivinen ( $MR > 0$ ), kun  $E < E_{MSY}$ . Kalastuspanoksella  $E_{MSY}$  rajatulo on nolla, ja rajatulo on negatiivinen ( $MR < 0$ ), kun  $E_{MSY} < E$ .

Keskimääräisten tulojen käyrä ( $AR$ ) on myös laskeva, koska keskimääräinen saalis kalastuspanosyksikköä kohti vähenee kalastuspanosta lisättäessä (keskimääräinen saalis  $AP = Y/E$ ).

Taloudellinen optimi (MEY) ei ole stabiili, sillä voitto houkuttelisi markkinoille uusia kalastusyrittäjiä. Kalastuspanoksen  $E_0$ :n vasemmalla puolella  $AR > AC$ . Jos markkinoille tulolle ei olisi laillista estettä, kalastuspanos nousisi tasolle  $E_0$  (mm. Husin 1984, 27) eli *open-access* tasapainoon. Tasapainossa  $TR = TC$ , ja keskimääräiset tulot ( $AR$ ) ovat yhtä suuret keskimääräisten kustannusten ( $AC$ ) kanssa.

$E_0$ :n (ks. kuvio 4) oikealla puolella  $MC > MR$ , jolloin esiintyy taloudellista tehottomuutta. Lisäksi  $MR < 0$ , kun  $E_{MSY} < E$ . *Open-access* tasapaino on näin ollen taloudellisesti tehoton.

Maksimaalinen kestävä saalis (MSY, *maximum sustainable yield*) saavutetaan kalastuspanoksella  $E_{MSY}$ ; voitto on kuitenkin pienempi kuin kalastuspanoksella  $E_0$  (ks. kuvio 3). Lisäksi  $MC > MR$  ( $MR = 0$ ), joten ko. kalastuspanoksella esiintyy taloudellista tehottomuutta.

### 2.3 Kalaresurssin häviämisen uhka

Gordonin perusmallin oletuksena on, että saaliin hinta on kiinteä ja yksikkökustannus vakio. Gordon kuitenkin itse toteaa (1954, 137), että mm. kysynnän hintajousto-oletus ei pidä yleisesti. Jos kalan kysyntä ei ole täysin joustava, taloudelliset nettohyödyt näkyvät kuluttajan ylijäämässä (ks. Haveman 1973 ja Edwards 1991).

Kalan hinta- ja kustannustason muutokset saattavat aiheuttaa resurssin liikahyödyntämisen. Clark kuitenkin väittää (1973, 951), että jos saalistuskustannukset nousevat populaation koon pientyessä, voiton maksimointiperiaate johtaa automaattisesti biologiseen lajin säilyttämiseen. Clark (1973)



olettaa artikkelissaan yksikkökustannusten riippuvan populaation koosta. [Kappaleessa 2.2 todettiin, että Gordonin mallissa yksikkökustannukset ovat kiinteät ja kokonaiskustannukset riippuvat kalastuspanoksesta].

Clark (1976, 28 – 29) kuvaa lisäksi tilannetta, jossa kustannukset ovat hyvin suuret saaliin hintaan verrattuna. Clarkin mukaan resurssia ei silloin kuluteta lainkaan. Osoittaakseen väitteensä, Clark määrittelee aluksi bionomisen tasapainon yhtälöryhmänä (logistisen *yield-effort* -mallin termein):

$$\left. \begin{aligned} dx/dt &= F(x) - Ex = rx(1 - x/K) - Ex = 0 \\ TR - TC &= pEx - cE = 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

Ylemmässä yhtälössä:

- $x(t)$  = populaation biomassa ajankohtana  $t$ ,
- $F(x)$  =  $rx(1 - x/K)$  = populaation kasvunopeus,
- $r$  = kasvukerroin eli sisäinen kasvunopeus (kiinteä),  
 $r = (s - k) + (i - e)$  ( $s$  = syntyvyys,  $k$  = kuolevuus,  
 $i$  = immigraatio ja  $e$  = emigraatio),
- $K$  = ympäristön kantokyky eli se populaation suurin koko,  
 mikä kyseisessä ympäristössä pystyy tulemaan toimeen ja  
 mihin populaatio ajan mittaan automaattisesti hakeutuu,
- $E(t)$  = kalastuspanos ajankohtana  $t$ .

Yhtälöparin (2.4) ylempää yhtälöä kutsutaan tavallisesti Schaefer –malliksi biologi M. B. Schaeferin (1954, 1957) mukaan<sup>1</sup>. Alempi yhtälö kuvaa tasapainotilaa, jossa tulot ovat yhtä suuret kokonaiskustannusten kanssa (Gordonin mallin mukainen tulos). Saaliin määrä on riippuvainen kalastuspanoksen lisäksi populaation koosta (vrt. yhtälö 2.1), ja kokonaistulot muodostuvat saaliin määrästä sekä kiinteästä yksikköhinnasta.

---

<sup>1</sup> Gordonin staattista *open-access* tasapainomallia kutsutaan joskus Gordon–Schaefer –malliksi (mm. Clark 1976, 25), koska Schaefer on hyödyntänyt laajasti populaation logistista kasvumallia. Gordonin mallissa (tai Gordon–Schaefer –mallissa) on siis mukana populaatiodynamiikka. Kilpailutasapainon analyysi pelkistyy kuitenkin staattiseksi silloin, kun resurssi on yhteisomaisuutta ja kaikki halukkaat voivat hyödyntää resurssia (ks. Ollikainen 1984, 29).

Populaation kasvunopeutta kuvataan uusiutuvien luonnonvarojen logistisilla kasvukäyrillä. Tavallisesti oletetaan, että populaation kasvu  $F(x) > 0$ , sillä  $0 < x < K$ ,  $F(0) = F(K) = 0$  ja  $F''(x) < 0$  kaikilla  $x > 0$ .

Poikkeavista kasvukäyristä mm. Crutchfield & Zellner (1962, 113), Hannesson (1974, 15), Clark (1976, 16 – 20), Dasgupta & Heal (1979, 117) ja Dasgupta (1982, 122 – 123). Ko-malleissa populaation kasvuaste voi olla negatiivinen, kun populaation koko (biomassa) on pieni tai liian suuri (ylittää ympäristön kantokyvyn). Hannesson (1974, 24 – 25) ja Clark (1976, 17) kuvaavat lisäksi tilannetta, jossa suhteellinen kasvuaste  $F(x)/x$  on kasvava funktio tietyillä  $x$ :n arvoilla (ns. *depensaatio*). Kun populaation kasvuaste on negatiivinen,  $F(x) < 0$  tietyillä  $x$ :n arvoilla lähellä  $x = 0$ , kyseessä on *kriittinen depensaatio*.

Wilenin (1985, 71, 91 – 93) mukaan yleisimmin käytetty biologisten populaatioiden kasvumalleista on ehkä Pearl–Verhulstin [Pearl (1930), Verhulst (1938)] logistinen malli, jossa populaatio oletetaan kasvavan logistisesti tai S-käyrän muotoisesti (esimerkiksi lintupopulaatioiden kasvu tapahtuu S-käyrän muotoisesti).

Yhtälöryhmästä (2.4) saadaan ratkaistuksi kalastuspanoksen tasapainotaso ( $E_b$ ):

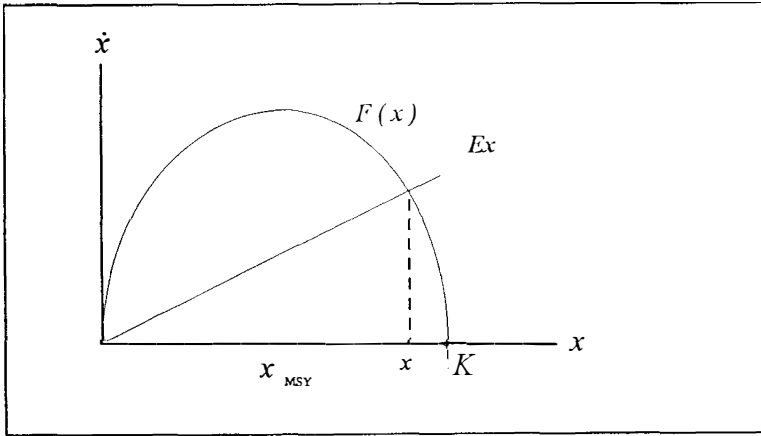
$$E_b = r(1 - c/pK), \quad (2.5)$$

ja vastaava kalakannantaso ( $x_b$ ):

$$x_b = c/p. \quad (2.6)$$

Jos biologiset parametrit  $r$  (sisäinen kasvunopeus) ja  $K$  (ympäristön kanto-kyky) pidetään annettuina, tasapaino riippuu vain kustannus-hintasuhteesta  $c/p$ . Jos kustannukset ovat hyvin suuret saaliin hintaan verrattuna ( $c/K > p$ ), resurssia ei kuluteta lainkaan (Clark 1976, 28).

Populaation kasvun aikauriin voi vaikuttaa saalistus ( $h$ ). Yhtälössä 2.4 saalistusta kuvataan  $Ex$ :llä ( $h = qEx$ ,  $q$  = saalistettavuuskerroin; ks. Gordon 1954, 141 – 142). Saalis riippuu siis sekä kalastuspanoksesta että populaation koosta (oletetaan, että  $q = 1$ ; kestävä saalis  $Y = h = Ex$ , ks. Clark 1976, 15, 30). Kuviossa 5 esitetään populaation logistinen kasvukäyrä sekä saalistus kiinteällä kalastuspanoksella  $E$ . Oletuksena on, että populaation kasvu  $F(x) > 0$ , sillä  $0 < x < K$ ,  $F(0) = F(K) = 0$  ja  $F''(x) < 0$  kaikilla  $x > 0$ .



**Kuvio 5.** Populaation logistinen kasvu ja saalistus kiinteällä kalastuspanoksella  $E$ .

Resurssia hyödynnetään ns. kestäväen käytön periaatteen mukaan, kun saaliin määrä  $h(t)$  ( $= qEx$ ,  $q = 1$ )<sup>2</sup> vastaa luontaista kasvua  $F(x)$ . Kalakanta on silloin vakio eli

$$\dot{x} = F(x) - h(t) = 0. \quad (2.7)$$

<sup>2</sup> Kyseessä on erityismuoto Cobb–Douglas –tuotantofunktiosta  $h(t) = qE^\alpha x^\beta$ , jossa  $q$  on kiinteä ( $q = 1$ ) sekä  $\alpha$  ja  $\beta$  ovat kiinteitä ( $\alpha = \beta = 1$ ).

Munron & Scottin (1985, 623) mukaan kalastajilla ei ole yllykettä resurssin säilyttämiseen, mikäli kalaresurssilla on taloudellista arvoa, saalistus on vapaata ja resurssi on yhteistä omaisuutta. Munro & Scott (1985, 631) väittävät lisäksi, että parveutuvien lajien (kuten silli ja silakka) täydellinen vapaa saalistus ei johda bionomiseen tasapainoon, vaan resurssin häviömiinseen (ks. myös Bjørndal & Conrad 1987a, 75 ja 1987b, 65).

Munro & Scott (1985, 630 – 631) tarkastelevat saaliin vaihtelua biomassan koosta riippuvaisena (Schaefer –malli). Mallissa oletetaan, että saalis riippuu kalastuspanoksesta ja populaation koosta ( $h = qEx$ ). Saalis kalastuspanosyksikköä kohti (CPUE, *catch per unit of effort*) on silloin:

$$h/E = qx. \quad (2.8)$$

CPUE vaihtelee siis suoraan biomassan koon mukaan; jos resurssi pienenee, CPUE pienenee myös. Jos kustannukset riippuvat kalastuspanoksesta siten, että  $C(E) = aE$  ja  $h = qEx$ , saadaan saalistuskustannuksiksi

$$C(h, x) = ah/qx \quad \text{ja} \quad c(x) = a/qx, \quad (2.9)$$

missä  $a$  on yksikkökustannus kalastuspanoksesta ja  $c(x)$  saalistuksen yksikkökustannus.

Resurssin vähentyessä ja CPUE:n supistuessa saalistuksen yksikkökustannukset kasvavat. Kalastus jatkuu, kunnes saavutetaan piste, jossa resurssin edelleen vähentyminen johtaisi negatiivisiin voittoihin.

Munron & Scottin (1985) mukaan Schaeferin malli ei kuitenkaan sovellu parveutuville lajeille. Parveutuville lajeille CPUE; siten myös yksikkökus-

tannukset, säilyvät vakaina resurssin vähentyessä, jolloin saalistus johtaa kalaresurssin häviämiseen. Parveutuvien lajien saalistusta tarkastellaan optimaalisen saalistuksen yhteydessä kappaleessa 4.3.

Ollikainen (1984, 31 – 32) tarkastelee puolestaan tilannetta, jossa teknologiset muutokset helpottavat ja halventavat resurssin hyödyntämistä. Esitys perustuu Smithin (1968) ja Munron (1981) artikkeleiden yhdistelyyn.

Ollikaisen mukaan teknologisten muutosten avulla kalastusyrietykset saavat entisillä panoksilla suuremmat saaliit, ja samalla voitot houkuttelevat uusia yrityksiä markkinoille. Saalistus kasvaa (kuvion 5 suora *Ex* siirtyy ylöspäin), ja hyödyntäminen annetulla resurssikannalla ei enää leikkaa populaation kasvukäyrää (ks. Ollikainen 1984, 31).

Biologisen ja taloudellisen prosessin välillä (vrt. yhtälöpari 2.4) ei synnykään tasapainoa. Ollikaisen (1984) tarkastelun mukaan yritysten kannattaa hyödyntää kalaresurssia yli luontaisen kasvun, jolloin seurauksena on sukupuuttoon kuoleminen.

Gordonin mallissa kalaresurssin vapaa hyödyntäminen ei johda kalapopulaation häviämiseen – oletuksella, että kalastuskustannukset ovat positiiviset. Bionomisessa tasapainossa tapahtuu kuitenkin resurssin taloudellista liikakäyttöä; kalastus tuottaa nollavoiton ( $TR - TC = 0$ ). Bionomisen tasapainon tuottava kalastuspanos  $E_0$  aiheuttaa myös biologisen liikakalastuksen ( $E_0 > E_{MSY}$ ).

Taloudellinen liikakalastus ei välttämättä merkitse biologista liikakalastusta (riippuu  $c/p$  suhteesta). Jos teknologiset innovaatiot alentavat kustannuksia, kuten Ollikaisen (1984) analyysissä, tai vastaavasti jos kalan hinta on

korkea suhteessa yksikkökustannuksiin, *open-access* kalastus johtaa sekä taloudelliseen että biologiseen liikkakalastukseen.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kilpailukalastuksessa (*open-access* kalastus) taloudellinen voitto häviää. Lisäksi keskeisenä ongelmana on piittaamattomuus tulevaisuuden saaliista. kalaresurssin optimikäyttö yli ajan edellyttää siksi dynaamista analyysia (ks. luku 4).

### 3 KALASTUSALUSTEN MÄÄRÄN SOPEUTUMINEN OPEN-ACCESS TILANTEESSA - PÄÄOMADYNAAMINEN TARKASTELU

#### 3.1 Johdanto

Smithin (1968, 1969) mukaan kalastuksen aloittaminen tai poistuminen kalastusmarkkinoilta riippuu lyhyen ajan tuotoista (ks. myös Berck 1979). Pääomaa tulee kalastukseen, kun  $\pi > 0$  ja poistuu kalastuksesta, kun  $\pi < 0$ . Smith (1968, 414 – 415 ja 1969, 185) olettaa, että pääomavirta on verrannollinen puhtaaseen voittoon, mutta pääoman poistumiskerroin ei ole välttämättä yhtä suuri tulemisnopeuden kertoimen kanssa. Smithin (1969, 185) mukaan alukset tietyssä kalastusmuodossa saattavat vastata voittoihini nopeammin kuin tappioihin. Smithin tarkastelut perustuvat Gordonin (1954) ja Scottin (1955) artikkeleihin.

Smithin (1968, 1969) julkaisut aiheuttivat pisteliästä kritiikkiä Fullenbaumin & Carlsonin & Bellin (1971, 1972) taholta. Kritiikki kohdistui epätarkoituksenmukaisiin oletuksiin, jatkuen johtopäätösten yleiseen validiteettiin. Kritiikistä huolimatta Smithin artikkelit ovat osoittautuneet merkittäviksi pioneeritöiksi.

Kappaleessa 3.2 esitettävä pääomadynaaminen malli *open-access* tilanteessa perustuu Berckin & Perloffin (1984) artikkeliin. Berck & Perloff ovat kehittäneet dynaamisen version Gordonin (1954) *open-access* mallista, huomioiden kalakannan  $x$  kehityksen sekä aluskannan  $B$  (vrt. Berck & Perloff 1984, 490) muutoksen yli ajan.



Berck & Perloff (1984) tarkastelevat standardin (myopisten odotusten) mallin (vrt. Smith 1968) lisäksi rationaalisten odotusten mallia. Standardimallissa odotukset perustuvat nykyarvoihin; so. mahdollisen mukaantulon päätöksenteossa käytetään nykyisiä voittoja tulevien voittojen estimaatteina. Rationaalisten odotusten mallissa tulevaisuuden ennaltanäkeminen on täydellistä.

Kappaleessa 3.3 käsitellään pääomadynamiikkaa hintojen ja kustannusten vaihdellessa. Malli on Bjørndalin & Conradin (1987a, 1987b) artikkeleiden mukainen.

### 3.2 Rationaalisten odotusten malli vs. myopisten (adaptiivisten) odotusten perusmalli open-access saalistuksessa

Populaatiodynamiikka oletetaan Schaefer -mallin (1954, 1957) mukaiseksi: populaation kasvufunktion oletukset ovat kappaleen 2.3 mukaiset eli kasvufunktio on positiivinen välillä  $(0, K)$  ja  $F(0) = F(K) = 0$  sekä  $F''(x) < 0$ .

Kokonaissaalis tietyllä ajanhetkellä on  $Bx^3$ ; populaation kasvuaste on (ks. Smith 1968, 411) silloin

---

<sup>3</sup> vrt.  $h = qEx$ ,  $0 \leq E \leq E_{\max} = B$ . Simulaatioissa Berck & Perloff ovat käyttäneet kuitenkin saalistettavuuskerrointa, joka on eri suuri kuin yksi.

$dB/dt = I - \gamma B$ ,  $B(0) = B^0$ ; jossa  $I$  ( $I \geq 0$ ) on bruttoinvestoinnit ajanhetkenä  $t$  ja  $\gamma$  on pääoman kiinteä kuluminen; ks. Clark & Clarke & Munro (1979, 27) ja Munro & Scott (1985, 649). Clark & Clarke & Munro (1979) tarkastelivat *sole owner* tapausta. Munron & Scottin (1985) tarkastelu perustuu Clark & Clarke & Munro (1979) artikkeliin.

$$\dot{x} = F(x) - Bx. \quad (3.1)$$

Alusmäärän vaihtelu oletetaan olevan verrannollinen odotettujen kvasi-tuottojen<sup>4</sup> (*quasi rents*,  $y$ ) nykyarvoon:

$$\dot{B} = ny, \quad (3.2)$$

jossa  $n$  on sopeutumisparametri ja oletetaan kiinteäksi.

Rajakustannus uudelle tulokkaalle on  $\dot{B}/n$ . Markkinoille tuloa tapahtuu, kunnes rajakustannus on yhtä suuri odotettujen kvasituottojen nykyarvon kanssa [ $\dot{B}/n = y$ , joka antaa tasapainon (3.2)].

Odotettujen kvasituottojen nykyarvo

$$y = \int_t^{\infty} e^{-r(z-t)} \pi^e(z) dz \quad (3.3)$$

riippuu koron  $r$  reaalitasosta ja odotetuista kvasituotoista  $\pi^e(z)$  jokaisella ajanhetkellä  $z$ . Kalan hinta  $p$  oletetaan kiinteäksi, samoin yksikkökustannukset  $c$ ;  $\pi(z) = px - c$  jokaisella ajanhetkellä  $z$ .

---

<sup>4</sup> Alfred Marshall on soveltanut termin kuvaamaan pääomatuottoja. Kvasituotot syntyvät lyhyen ajan kiinteästä panostekijöiden tarjonnasta. Kvasituotot voidaan kuvata kokonaistulojen ja muuttuvien kokonaiskustannusten erotuksena. Kvasituotot voidaan jakaa edelleen kahteen osaan: kvasituotot ovat kiinteiden kokonaiskustannusten ja lisääntyneen voiton summa. Pitkällä tähtäyksellä kvasituotot ovat nolla.

Myopisten (adaptiivisten) odotusten perusmallissa odotukset perustuvat nykyarvoihin eli perusmallissa oletetaan mahdollisten mukaantulijoiden perustavan päätöksensä tuottojen nykyarvoon [*present value of profits* (*quasi rents*)]. Odotetut tuotot  $\pi^e(z)$  ovat yhtä suuret nykyisten tuottojen  $\pi(t)$  kanssa kaikilla  $z > t$ .

Yhtälöstä (3.3) saadaan silloin

$$y(t) = \frac{\pi(t)}{r} = \frac{px - c}{r}, \quad (3.4)$$

ja yhtälö (3.2) voidaan kirjoittaa muodossa:

$$\dot{B}(t) = \frac{n}{r} (px - c). \quad (3.5)$$

Perusmallin tasapaino saavutetaan, kun  $\dot{x} = 0$  ja  $\dot{B} = 0$  [ $x^* = c/p$  ja  $B^* = F(x)/x$  tai  $B^* = g(1 - c/pK)$ ; ks. yhtälöt (2.5) ja (2.6)].

Rationaalisten odotusten mallissa (täydellisen ennaltanäkemisen mallissa)  $\pi^e(z) = \pi(z)$ . Odotettujen tuottojen (*profits*,  $y$ ) nykyarvo on yhtä suuri toteutuneiden tuottojen nykyarvon kanssa eli

$$y(t) = \int_t^{\infty} e^{-r(z-t)} [px(z) - c] dz, \quad (3.6)$$

joka voidaan derivoinnin jälkeen kirjoittaa muodossa

$$\dot{y} = ry - (px - c). \quad (3.7)$$

On huomattava, että yhtälössä (3.6) voidaan ilmoittaa arvo  $y(0)$ ; derivoinnissa menetetään osa informaatiosta.

Rationaalisten odotusten mallissa aluksia tulee markkinoille yhtälön (3.2) mukaisesti eli  $\dot{B} = ny$  ja populaation kasvuaste on yhtälön (3.1) mukainen eli  $\dot{x} = F(x) - Bx$ .

Myopisten odotusten perusmallissa kalastusaluksia tulee mukaan kalastukseen vain jos kalakanta on suurempi (tai yhtäsuuri) kuin *steady state* resurssikanta ( $x \geq x^*$ ). Rationaalisten odotusten (täydellinen näkemys tulevaisuudesta) mallin mukaan aluksia saattaa tulla markkinoille, vaikka kalakanta on *steady state* arvoa alhaisempi ( $x \leq x^*$ ); oletuksena on, että aluskanta on suhteellisen vähäinen ( $B < B^*$ ).

Merkittävä ero malleilla on siinä, että rationaalisten odotusten mallissa tulo markkinoille voi tapahtua alhaisemmalla resurssitasolla ja poistuminen korkeammalla resurssitasolla kuin perusmallissa.

Berckin & Perloffin (1984, 500 – 505) simulaatiot osoittavat, että myopisten ja rationaalisten odotusten mallien tasapainot ovat samat, mutta lähestyminen tasapainoon tapahtuu eri tavoin. Mikäli sopeutuminen on hidasta (pienillä  $\sigma$ :n arvoilla), molemmissa malleissa tasapainopiste on stabiili solmu (suora lähestyminen tasapainoon). Kohtuullisilla sopeutumisasteilla rationaalisten odotusten malli osoittaa suoraa lähestymistä tasapainoon, mutta perusmalli osoittaa spiraalimaista lähestymistä [vaihtelevasti yli- ja aliampumista; ts. piste  $(x_b, B_b)$  stabiilin spiraalin keskus (ks. Berck & Perloff 1984, 492, 501, 505)]. Kun sopeutuminen on nopeaa, molemmat mallit osoittavat spiraalimaista lähestymistä kohti tasapainoa. [Kuviossa 6 (kappale 3.3) on havainnollistettu spiraalimainen trajektori.]

### 3.3 Diskreetin ajan open-access malli hintojen ja kustannusten vaihdellessa

Useimmat taloudelliset mallit ovat jatkuvan ajan malleja. Jatkuvan ajan malleissa pääoma oletetaan vastaavan välittömästi saalistuksen tai voittojen muutoksiin (esimerkiksi Gordon-Schaefer -mallissa). Todellisuudessa pääoman sopeutuminen ei tapahdu välittömästi. Kalastajat saattavat olla haluttomia siirtymään toiseen kalastusmuotoon lyhyellä aikavälillä siirtokustannusten vuoksi. Myös luonnonresurssin kasvun oletetaan tapahtuvan aikaviiveellä (Bjørndal & Conrad 1987b, 63).

Bjørndal & Conrad (1987a, 1987b) ovat käsitelleet diskreetin ajan ei-lineaarista *open-access* mallia. Mallissa on tarkasteltu kiinteiden yksikköhintojen ja -kustannusten lisäksi hintojen ja kustannusten vaihtelun vaikutusta. Diskreetin ajan malli kuvaa alusten päätöksiä tulemisesta kalastukseen tai poistumisesta kalastuksesta (so. pääomadynamiikkaa). Malli heijastaa sopeutumista nettotulojen muutoksiin; sopeutuminen tapahtuu mallin mukaan aikaviiveellä.

Bjørndalin & Conradin (1987a) kehittämä diskreetin ajan ei-lineaarinen deterministinen malli (*open-access* tilanteessa) perustuu Smithin (1968) artikkeliin. Smith (1968) on osoittanut, että huolimatta *open-access* tilanteen positiivisesta resurssitasapainosta, resurssi voidaan sopeuttamisuraa pitkin johtaa häviämiseen. Häviäminen voi aiheutua, vaikka hinnat ja teknologia olisivat kiinteät [vrt. Ollikaisen (1984) tarkastelu kappaleessa 2.3].

Tuotantofunktio on muotoa:

$$h_t = h(B_t, x_t). \quad (3.8)$$

Yhtälössä (3.8)  $h_t$  kuvaa saalista vuonna  $t$ ,  $B_t$  on kalastukseen osallistuvien alusten määrä vuoden  $t$  aikana ( $B_t$  kuvaa samalla kalastuspanosta) ja  $x_t$  on kalakanta vuoden  $t$  alussa (vrt. Bjørndal & Conrad 1987a, 75). [Toisessa artikkelissaan Bjørndal & Conrad (1987b) ovat lisänneet tuotantofunktioon tekijän  $E_t$ . Kalastuspanos  $E_t$  kuvaa ko. artikkelissa kalastuspäiviä;  $B_t$  kuvaa puolestaan kalastukseen osallistuvia aluksia (ks. Bjørndal & Conrad 1987b, 67)].

*Open-access* perusmallin mukaisesti nettotulot (voitto) (*net revenue, profit*) vuonna  $t$  ovat:

$$\pi_t = ph(B_t, x_t) - cB_t, \quad (3.9)$$

jossa  $p$  on saaliin yksikköhinta ja  $c$  yksikkökustannus per alus. Yksikköhinnat ja  $-$ kustannukset oletetaan kiinteiksi.

Kiinteiden yksikköhintojen ja  $-$ kustannusten tapauksessa alukset oletetaan tulevan kalastukseen ja poistuvan tuottamattomasta kalastuksesta yhtälön (3.10) mukaisesti (diskreetin ajan sopeutuminen):

$$B_{t+1} - B_t = n\pi_t. \quad (3.10)$$

$n$  on sopeutumisparametri ( $n > 0$ ), joka ilmoittaa, kuinka nopeasti alusten tuleminen (poistuminen) reagoi vallitseviin positiivisiin (negatiivisiin) nettotuloihin [vrt. jatkuvan ajan mallissa (mm. Smith 1968) sopeutuminen

on muotoa  $\dot{B} = n\pi$ . Kun  $n > 0$  ja sopeutumiskäyrä oletetaan lineaariseksi, saadaan tapaus

$$(a) \quad B_{t+1} > B_t \quad \text{jos } \pi_t > 0,$$

$$(b) \quad B_{t+1} < B_t \quad \text{jos } \pi_t < 0 \text{ ja}$$

$$(c) \quad B_{t+1} = B_t \quad \text{jos } \pi_t = 0.$$

Resurssikanta oletetaan sopeutuvan yhtälön (3.11) mukaisesti:

$$x_{t+1} - x_t = F(x_t) - h(B_t, x_t). \quad (3.11)$$

Populaation kasvufunktio oletetaan jälleen kappaleen 2.3 mukaiseksi.

Yhtälöistä (3.10) ja (3.11) saadaan

$$\left. \begin{aligned} B_{t+1} &= B_t + n[ph(B_t, x_t) - cB_t] \text{ ja} \\ x_{t+1} &= x_t + F(x_t) - h(B_t, x_t). \end{aligned} \right\} \quad (3.12)$$

Trajektorit  $(x_t, B_t)$  voidaan kuvata graafisesti  $(x, B)$  tilassa. On olemassa kiinteä piste  $(x, B)$ , kun  $B_{t+1} = B_t = B$  ja  $x_{t+1} = x_t = x$ . Pisteeseen täytyy täyttää ehdot  $B = ph(B, x)/c$  ja  $h(B, x) = F(x)$ .

Jatkuvan ajan Gordon-Schaefer -mallin mukaan  $F(x_t) = rx(1 - x/K)$  ja  $h(B_t, x_t) = qB_t x_t$  (mm. Clark & Clarke & Munro 1979, 26), jolloin saadaan

$$\left. \begin{aligned} \dot{B} &= n(pqBx - cB) \text{ ja} \\ \dot{x} &= rx(1 - x/K) - qBx, \end{aligned} \right\} \quad (3.13)$$

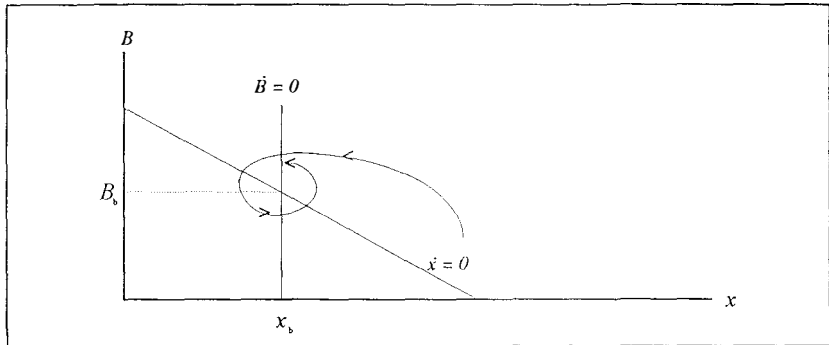
jossa  $q$  on saalistettavuuskerroin,  $K$  on ympäristön kantokyky ja  $r$  populaation sisäinen kasvuaste. Gordon-Schaefer -mallin tasapaino (bionominen

tasapaino) on pisteessä  $x_0 = c/(pq)$  ja  $B_0 = r(1 - x_0/K)/q$  [stabiilin spiraalin keskipiste, ks. kuvio 6; samalla voidaan havaita, että urat  $\dot{x} = 0$  ja  $\dot{B} = 0$  eli isokliinit (*isoclines*) jakavat tilan (tason) (*phase space, phase plane*) neljään sektoriin (*isosectors*)].

Vastaavasti diskreetin ajan tapaus voidaan kirjoittaa muodossa:

$$\left. \begin{aligned} B_{t+1} &= [1 + n(pqx_t - c)]B_t \text{ ja} \\ x_{t+1} &= [1 + r(1 - x_t/K) - qB_t]x_t, \end{aligned} \right\} \quad (3.14)$$

mutta on mahdollisesti kompleksisemmin käyttäytyvä kuin yhtälö (3.13) (ks. Bjørndal & Conrad 1987a, 77 – 78).



**Kuvio 6.** Spiraalimainen trajektori  $(x_t, B_t)$  Gordon–Schaefer –mallissa (ks. Bjørndal & Conrad 1987a, 78; vrt. diskreetin ajan mallin simulaation kuvioon Bjørndal & Conrad 1987a, 83).

Kun yksikköhinnat ja –kustannukset vaihtelevat, yhtälöstä (3.9) saadaan

$$\pi_t = p_t h(B_t, x_t) - c_t B_t, \quad (3.15)$$



missä  $c_t = e_t \bar{c}_t + f_t$ ;

- $e_t$  on keskimääräiset kalastukseen käytetyt päivät,
- $\bar{c}_t$  on muuttuvat kustannukset per päivä vuonna  $t$  (pääasiassa polttoainekuluja) ja
- $f_t$  on kiinteät ja vaihtoehtoiskustannukset kalastuskauden aikana; kiinteät kulut sisältävät korko-, vakuutus- ja ylläpitokustannukset sekä poistot.

Yhtälössä (3.15) on huomioitava, että hinnat voivat vaihdella yli ajan, mutta annettuna vuotena hinnat oletetaan kiinteiksi.

Muuttuvien hintojen ja kustannusten tapauksessa (epäsymmetrinen sopeutusfunktio) alusdynamikka oletetaan riippuvan normalisoidun nettotulon etumerkistä (positiivinen tai negatiivinen) per alus (Bjørndal & Conrad 1987a, 80 ja Bjørndal & Conrad 1987b, 68) eli

$$B_{t+1} - B_t = n[(\pi_t/p_t)/B_t]. \quad (3.16)$$

Yleensä oletetaan (ks. Smith 1969, 185 ja Clark & Clarke & Munro 1979), että alusten tuleminen kalastukseen vastauksena positiivisille nettotuloille on joustavampaa kuin poistuminen negatiivisten nettotulojen vuoksi ( $n^+ \geq n^-$ ). Epäsymmetrisen sopeutusfunktion empiiriset estimointitulokset (Bjørndal & Conrad 1987b, 71) eivät kuitenkaan tue oletusta. Empiirisessä tarkastelussa Bjørndalin & Conradin (1987a, 1987b) käyttämä data perustuu Pohjanmeren sillinkalastukseen vuosina 1963–1977.

Muuttuvien yksikköhintojen ja –kustannusten tapauksessa Cobb–Douglas –tuotantofunktio ( $h_t = aB_t^\alpha x_t^\beta$ ) antaa eri tuotantofunktioista uskottavimmata bionomisen tasapainon ja *open-access* dynamiikan arvot (ks. Bjørndal & Conrad 1987a, 80 – 81).

Muuttuvien yksikköhintojen ja –kustannusten tapauksessa diskreetin ajan *open-access* systeemi voidaan kirjoittaa muodossa:

$$\left. \begin{aligned} B_{t+1} &= B_t + n(aB_t^{\alpha-1}x_t^\beta - c/p_t) \text{ ja} \\ x_{t+1} &= x_t + rx_t(1 - x_t/K) - aB_t^\alpha x_t^\beta. \end{aligned} \right\} \quad (3.17)$$

Jos  $c_t = c$  ja  $p_t = p$ , bionomiseksi tasapainoksi saadaan:

$$\left. \begin{aligned} x_b &= [c/(paB_b^{\alpha-1})]^{1/\beta} \text{ ja} \\ B_b &= [rx_b(1 - x_b/K)/(ax_b^\beta)]^{1/\alpha}. \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

Bjørndal & Conrad (1987a, 84) väittävät, että diskreetin ajan *open-access* sopeutumisella on suuri todennäköisyys johtaa parveutuvien lajien häviämiseen (ks. simulaation tulokset Bjørndal & Conrad 1987a, 82 – 83). Voitot eivät supistu riittävän nopeasti, jotta alusten poistuminen tapahtuisi ajoissa ja lähestyttäisiin kohti bionomista tasapainoa (diskreetin ajan mallissa aikaurat  $x_t$ lle ja  $B_t$ lle eivät synny kuvion 6 jatkuvan ajan trajektorin mukaisesti, vaan aikaviiveen vuoksi tapahtuu hyppäyksiä; ks. Bjørndal & Conrad 1987a, 83).

Empiiristen analyysien (Bjørndal & Conrad 1987b, 63, 73) mukaan vaihtoehdotiset mallit eivät tuo huomattavia parannuksia tuloksiin aluskannan sopeutumisesta (pääomadynamiikasta); tämä ilmaisee, että aluskannan sopeutuminen (kalastuspanoksen taso) riippuu ensisijaisesti nykyisistä

voitoista (*current period profits*). [Vrt. kappaleen 3.2 rationaalisten odotusten mallin ja myopisten odotusten mallin tarkastelu].

Vapaa tuleminen ja poistuminen kalastuksesta ei kuitenkaan päde vahvasti kulttuurisiin ja etnisiin perinteisiin perustuvassa kalastuksessa (mm. Hanna 1990, 671). Hannan (1990, 676) mukaan kalastajien odotukset elinikäisestä kalastajan työstä eivät myöskään ole yhdenmukaisia taloudellisten oletusten kanssa myopistisesta lyhyen ajan päätöksenteosta. Kalastajien odotukset perustuvat lähinnä resurssikannan pitkän ajan tilaan, jolloin kalastajien oletetaan ottavan resurssin säilyminen huomioon.

Valatinin (1990) mukaan tärkeimmät tekijät mukaantulolle ovat ei-rahallisia. Valatin on tutkinut brittiläisten kalastajien motivaatioita aloittaa kalastaminen: tärkeimmäksi nousivat meri työympäristönä sekä muiden perheenjäsenten kalastus (ks. myös Hanna 1990, 672 – 673). Itse kalastuksessa kalastajat pyrkivät maksimoimaan voittonsa. Voiton maksimointitavoite osoittautui merkittävämmäksi kuin riittävän tuoton saavuttaminen. Kalastuksen mahdollisen lopettamisen tärkeimmäksi syiksi kalastajat ilmoittivat alhaiset ansiotulot sekä alhaiset kiintiöt.

Uhanalaisen resurssin elpymiseksi Bjørndal & Conrad (1987a, 84) kannattavat kansainvälisesti jaettavien saaliskiintiöiden asettamista. Heidän mukaan maakohtaiset kiintiöt tulisi olla sisäisesti siirrettävissä, siten että kiintiöoikeuksien myynti tai vuokraus mahdollistaisi suurimman sallitun saaliin (TAC, *total allowable catch*) kalastamisen vähäisimmän kustannuksin. Saaliskiintiöintiä tarkastellaan lähemmin luvussa 5.

## 4 OPTIMAALINEN SAALISTUS

### 4.1 Johdanto

Ensimmäiset dynaamiset mallit kehittivät mm. Plourde (1970, 1971) ja Quirk & Smith (1970). Ensimmäisenä saalistuksen dynaamista optimointiongelmaa käsittelevät Crutchfield & Zellner (1962). Crutchfieldin & Zellnerin matemaattinen analyysi perustui Scottin (1955) työhön (ks. Crutchfield & Zellner 1962, 115 – 117), mutta analyysi jäi osittain puutteelliseksi. Scott (1955) oli puolestaan yrittänyt muotoilla Gordonin (1954) mallin dynaamisessa muodossa. Scottin nykyarvon maksimoinnin analyttinen ratkaisu jäi puutteelliseksi, koska matemaattinen välineistö oli vielä kehittämätöntä. Optimaalisen ohjausteorian kehittyminen [mm. Pontryagin ym. (1962), Dorfman (1969), Intriligator (1971)] mahdollisti uusien sovelutusten tekemisen.

Clark (1973, 1976) toi merkittävän lisän sovelletun matematiikan välineistön käyttämisestä kalastuksen talousteoriassa. Clark havaitsi mm. diskonttokoron merkityksen sekä tarkasteli saalistuskustannuksia resurssikannan koosta riippuvaisena.

Dynaamisissa malleissa biomassan (populaation) kokoa  $x(t)$  on pidetty tilamuuttujana ja saalistustasoa  $h(t)$  ohjausmuuttujana. Tarkoituksena on maksimoida saalistuksen nettohyötyjen tai -tulojen (*net economic benefits* or *returns*) nykyarvo, joka on kokonaistulojen ja saalistuskustannusten erotus. Kustannukset on oletettu riippuvan negatiivisesti resurssikannan koosta. Toisena mahdollisuutena olisi pitää ohjausmuuttujana kalastuspanosta  $E(t)$  (ks. kappale 4.3.).

Seuraavana esitettävä lineaarinen autonominen malli perustuu Clark & Munro (1975, 1980) ja Munro & Scott (1985) artikkeleihin. Mallissa oletetaan, että saaliin hinta, saalistuksen yksikkökustannus ja sosiaalinen diskonttokorko ovat riippumattomia ajasta. Tuotantofunktio on Schaefer-mallin mukainen ( $h = qEx$ ).

## 4.2 Lineaarinen autonominen malli

Nettohyötyjen tai -tulojen virta (*flow of net economic benefits or returns, or resource rent*) tietyllä ajanhetkellä  $t$  voidaan esittää muodossa:

$$\pi(x, h) = [p - c(x)]h, \quad (4.1)$$

jossa  $p$  on saaliin hinta (vakio),  $h$  saalistustaso ja  $c(x)$  saalistuksen yksikkökustannus. Kustannukset oletetaan siis riippuvan populaation koosta.

Tavoitefunktio on muotoa

$$PV = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} \pi(x(t), h(t)) dt, \quad (4.2)$$

jossa  $\delta$  sosiaalinen diskonttokorko.

Ohjausmuuttujana on saalistus  $h(t)$  ja ongelmana on määrittellä optimaalinen ohjaus  $h(t) = h^*(t)$ ,  $t \geq 0$ , ehdolla, että  $\dot{x} = F(x) - h(t)$ .

Rajoitteina ovat

$$x(t) \geq 0 \text{ ja } 0 \leq h(t) \leq h_{\max}. \quad (4.3)$$

Seuraavaksi asetetaan Hamiltonin funktio:

$$\mathcal{H} = e^{-\delta t}(p - c(x))h(t) + \lambda(t)F'(x), \quad (4.4)$$

missä  $\lambda(t)$  on ns. liittotilamuuttuja (*costate variable*). Liittotilamuuttuja voidaan tulkita resurssin varjohinnaksi (Clark & Munro 1980, 606).

Erityisenä tarkastelukohteena on optimaalinen populaation tasapainotaso  $x = x^*$ . Ratkaisu määräytyy maksimiperiaatteen mukaisesti. Optimin välttämättömät ehdot ovat:

$$d\lambda/dt = -\partial \mathcal{H} / \partial x \quad (4.5)$$

ja toisena vaatimuksena on, että ohjausmuuttuja maksimoi  $\mathcal{H}$  :n jokaisella ajanhetkellä.

$$\partial \mathcal{H} / \partial h = 0,$$

vain jos

$$e^{-\delta t}[p - c(x)] = \lambda(t). \quad (4.6)$$

Lauseke (4.6) tarkoittaa, että olemme pisteessä, missä saalistuksen rajahyöty (*marginal benefit*) on yhtä suuri resurssiin investoitaessa syntyvän rajahyödyn kanssa (Munro & Scott 1985, 639). Olemme nk. *singulaariuralla*.

Jos (4.6) ei pidä, optimaalisena politiikkana on johtaa tilamuuttuja  $x(t)$  ko-  
uralle mahdollisimman nopeasti (tarkastellaan lähemmin kappaleessa 4.3).

Tarkastellaan tilannetta, jossa lauseke (4.6) pitää. Samalla määrätään  
optimaalinen populaation taso  $x^*$ .

Singulaariuralla:

$$\frac{d\lambda}{dt} = -\delta e^{-\delta t} [p - c(x)],$$

eli lausekkeen (4.5) mukaan

$$-\delta e^{-\delta t} [p - c(x)] = -e^{-\delta t} [p - c(x)] F'(x) + e^{-\delta t} c'(x) h(t), \quad (4.7)$$

sillä lauseke (4.5) voidaan ilmaista muodossa

$$d\lambda/dt = e^{-\delta t} c'(x) h(t) - \lambda(t) F'(x).$$

Lauseke (4.7) voidaan muuttaa muotoon:

$$F'(x^*) - \frac{c'(x^*) F(x^*)}{p - c(x^*)} = \delta. \quad (4.8)$$

Tasapaino (4.8) voidaan kirjoittaa myös muodossa (pääomateoriasta modifi-  
oitu *golden rule*):

$$F'(x^*) + \frac{\partial\pi/\partial x^*}{\partial\pi/\partial h} \Big|_{h=F(x^*)} = \delta. \quad (4.8a)$$

Ratkaisu  $x^*$  on vakaa (*steady state*) ja

$$h^*(t) = F(x^*). \quad (4.9)$$

Tasapainojen (4.8) ja (4.8a) vasenpuoli tulkitaan resurssin (pääoman) sisäiseksi tuottoasteeksi (eli resurssin oma tuottoaste) (ks. Ollikainen 1984, 34 – 35, 38 – 39, 104 – 105). [Clark & Munro (1975, 96 ja 1980, 607) sekä Munro & Scott (1985, 640) käyttävät nimitystä *own rate of interest*. Conrad & Adu-Asamoah (1986, 57) käyttävät puolestaan nimitystä *own rate of return*]. Optimissa resurssin sisäisen tuottoasteen tulee siis vastata diskonttokorkoa; ts. yhteiskunnan tulisi investoida resurssiin, kunnes resurssin sisäinen tuottoaste ja sosiaalinen diskonttokorko ovat tasapainossa (Munro & Scott 1985, 640).

Tasapainot (4.8) ja (4.8a) osoittavat, että resurssin sisäinen tuottoaste on jakautunut kahteen komponenttiin: termi  $F'(x^*)$  kuvaa resurssin fyysistä rajatuotetta (*marginal physical product of the resource*) ja  $(\partial\pi/\partial x^*)/(\partial\pi/\partial h)$  kuvaa rajavarantovaikutusta (MSE, *marginal stock effect*). MSE osoittaa populaation tiheyden vaikutuksen saalistuskustannuksiin (Bjørndal 1988, 13). Mallissa biomassan koon kasvu johtaa saalistuskustannusten vähene- miseen (vrt. lauseke 2.9):

$$C_x(x, h) < 0.$$

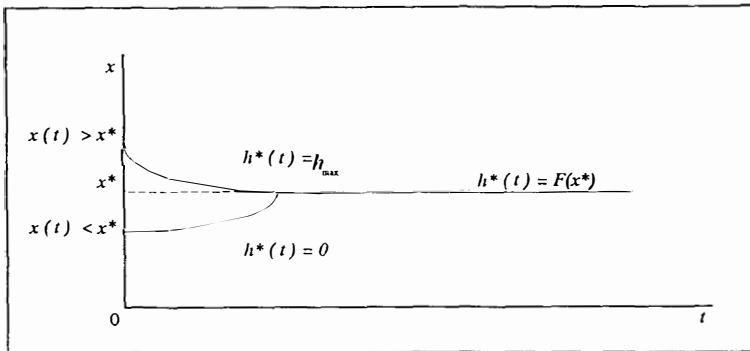


Jos rajavarantovaikutus on vähäinen, silloin (4.8) ja (4.8a) voidaan supistaa muotoon

$$F'(x^*) = \delta. \quad (4.10)$$

Seuraavaksi tarkastellaan tilannetta, jossa lauseke (4.6) ei pidä; oletetaan, että  $x(0) \neq x^*$ . Käsittelemme optimaalista lähestymistä kohti optimaalista populaation kokoa  $x^*$ . Optimaalisena politiikkana on ohjata saalistusta ja johtaa tilamuuttuja  $x(t)$  optimitasolle mahdollisimman nopeasti. Sopeut- tamiskustannukset oletetaan noliksi.

Jos lauseke (4.6) ei pidä, asetetaan  $h = 0$ , jos  $\partial \mathcal{H}/\partial h < 0$  tai  $h = h_{\max}$ , jos  $\partial \mathcal{H}/\partial h > 0$ . Optimaalinen lähestymisura on ns. *bang-bang* lähestymisura (kuvio 7).



**Kuvio 7.** Populaation optimikanta ja optimaalisen saalistuksen aikauramahdollisuudet (Morey 1980, 838).

Optimaalinen populaation koko  $x^*$  riippuu diskonttokorosta  $\delta$ . Oletukset vaativat (Morey 1980, 839), että  $x^* \Big|_{\delta=0}$  on  $x^* \Big|_{\delta=\infty}$ :n oikealla puolella ja  $\geq x_{MSY}$ . Clarkin (1976, 43) mukaan (ks. myös Munro & Scott 1985, 642), jos *sole owner* tapauksessa  $\delta = \infty$ , niin  $x^* = x_b$  (so.  $p = c(x_b)$ ) eli optimi olisi sama kuin *open-access* tasapaino). Parveutuville lajeille (ks. Clark 1982a) kuitenkin, kun  $\delta = \infty$ , niin  $x^* = 0$ . Kappaleessa 4.3 osoitetaan, että parveutuville lajeille hävittäminen on "optimaalista" jopa äärellisellä diskonttokorolla eli kiinnostus resurssin säilyttämiseen on sitä epätodennäköisempää mitä suurempi on diskonttokorko.

Jos sosiaalisen diskonttokoron arvo on nollan ja äärettömän välillä, optimaalinen populaation koko  $x^*$  on  $x^* \Big|_{\delta=0} > x^* > x^* \Big|_{\delta=\infty}$ .

Vain poikkeusoloissa  $x^*$  on yhtä suuri kuin  $x_{MSY}$ . Vaatimuksena olisi, että  $\delta = 0$  ja saalistuskustannukset  $c(x) = 0$ . Maksimointiongelma redusoitua tällöin  $pF(x^*)$ :n (eli  $ph^*(t)$ :n) maksimointiin; jos hinta  $p$  on annettu, maksioidaan  $F(x^*)$  eli kasvatetaan resurssikanta pisteeseen  $x_{MSY}$  (ks. Moreya 1980, 840 ja Ollikainen 1984, 36 – 37). Clarkin (1976, 42) mukaan tapaus  $\delta = 0$  täytyy kuitenkin käsitellä rajatapauksena, koska yhtälön (4.2)a integraali poikkeaa  $\delta = 0$ :sta. Vaihtoehtona on, että voimme sivuuttaa äärettömän aikahorisontin ongelman.

Yhteenvedon voidaan todeta, että yksinkertaisessa lineaarisessa autonomisessa mallissa optimaalinen vakaa tasapaino määräytyy yleistetyin *golden rule* -säännön mukaisesti. Mikäli tilamuuttuja (populaation koko) ei ole *singulaariuralla*, optimaalinen politiikka seuraa *bang-bang feedback* -kontrollilakia eli ohjataan saalistusta (tai kalastuspanosta), jotta populaation koko saavuttaa vakaa tasapainon mahdollisimman nopeasti.

Jos lineaarisuusoletus jää pois, *bang-bang* sopeuttaminen ei ole enää optimaalista (Clark & Munro 1975, 98). Ei-lineaarisuus aiheuttaa asympotoottisen lähestymisen kohti optimaalista populaation kokoa.

Crutchfield & Zellner (1962) saavuttivat optimaalisen tasapainon  $x^*$  (optimaalinen populaation koko), mutta heiltä jäi huomioimatta optimaalisen saalistuspolitiikan nopeimman mahdollisen lähestymisen keino. He eivät myöskään havainneet, että diskonttaus voi johtaa biologiseen liikakalastukseen; Crutchfield & Zellner väittivät (1962, 19), että biologinen liikakalastus on mahdotonta.

Seuraavaksi tarkastellaan optimaalisen populaation koon  $x^*$  herkkyyttä diskonttokoron muutokselle parveutuvien lajien saalistuksen tapauksessa.

### 4.3 Parveutuvien lajien saalistus

Bjørndal (1987, 1988 ja 1990) on käsitellyt parveutuvien lajien kalastusta (Pohjanmeren sillin kalastus). Populaation kasvu on oletettu tapahtuvan diskreetillä aikavälillä eli luonnollinen kasvu tapahtuu tietyin aikavälein (esim. vuodenajoittainen kasvu). Optimaalista saalistusta diskreetin ajan malleilla on aikaisemmin käsitellyt mm. Clark (1971, 1973, 1976).

Bjørndalin (1988, 23 ja 1990, 187 – 188) mukaan optimaalisen populaation koon  $x^*$  herkkyys diskonttokoron muutokselle riippuu populaation kasvuasteesta. Valaalla kasvuaste on alhainen (Clark 1976, 49 – 50, Wilen 1985, 84, Conrad 1989, 983), joten herkkyys on suurempi kuin esimerkiksi sardiinilla.

Parveutuville lajeille (ks. myös Clark 1982a):

kun  $\delta \rightarrow \infty \rightarrow x^* = 0, \rightarrow h^* = 0$ .

Jos  $0 < \delta < \infty$ , niin  $0 < x^* < x_{MSY}$  ja  $0 < h^* < MSY$ .

[ $x^*$  on määrätynyt lausekkeen (4.10) mukaisesti (Bjørndal 1990, 186)].

Kalaresurssin omistajan (*sole owner*) tavoitteena on maksimoida nettotulojen (*net revenues*) nykyarvo.

Normalisoituna nettotulot voidaan esittää (Bjørndal 1990, 185):

$$\pi_t = h(E_t; x_t, B_t) - c_t E_t \quad (4.11)$$

missä  $\pi_t$  on nettotulot ajanhetkellä  $t$ ,  $h$  on saaliin määrä, jonka oletetaan riippuvan kalastuspanoksesta  $E_t$  (vektori muuttuvista panoksista ajanhetkellä  $t$ ), populaation koosta  $x_t$  (vuoden  $t$  alussa) ja kiinteiden panosten vektorista  $B_t$  tietyllä ajanhetkellä  $t$ ;  $c_t$  on kalastuspanoksen yksikkökustannus.  $B$  kuvaa annettua aluskapasiteettia tietyillä aluskohtaisilla ominaisuuksilla (lähemmin Bjørndal 1987, 4 – 5).

Saalistusfunktio (tuotantofunktio) on siis muotoa  $h_t = h(E_t; x_t, B_t)$  (vrt. Schaefer -mallissa  $h = qEx$ ). Kustannukset (perustapauksessa) sisältävät vakuutus-, huolto- ja muuttuvat kustannukset. Resurssin valvojan tehtävänä on optimoida kalastuspanosmuuttujan käyttö yli ajan, huomioiden populaatiodynamiikka<sup>5</sup> (ks. lähemmin Bjørndal 1988, 10 – 12 ja Bjørndal 1990,

<sup>5</sup> Populaatiodynamiikka on muotoa:  $x_{t+1} = (x_t - h_t)e^{Kx_t} + G(x_t, \dots)$ . Yhtälö kuvaa kalaresurssin muutoksia yli ajan; populaatiodynamiikassa ei ole mukana pääomadynamiikkaa (ks. Bjørndal 1990, 185).  $G(x_t, \dots)$  kuvaa uusien ikäluokkien mukaantuloa.

176 – 178, 185) ja annettu kalastuslaivaston koko. Mallissa  $E_t$  on ohjausmuuttuja ja tilamuuttujana  $x_t$ .

Bjørndal (1990, 184 – 187) estimoi optimaalisen populaation koon ja sitä vastaavan saalituksen  $h^*$  perustapauksen lisäksi  $c(x) = 0$  -tapauksessa. Empiiristen tulosten mukaan sillin optimikannan koko (ks. Bjørndal 1988, 25) avoi olla herkkä diskonttokoron muutoksille. Bjørndal toteaa kuitenkin (1990, 187), ettei  $x^*$  ole kovin herkkä diskonttokoron muutoksille.

Tulokset osoittavat (Bjørndal 1990, 187), että optimaalisen populaation koko diskonttokoron muutoksille ei ole kovin herkkä ( $c(x) = 0$  -tapauksessa herkempi kuin perustapauksessa), koska kustannuksilla osoittautuu olevan stabiloiva vaikutus. Saalistustaso ei puolestaan ole herkkä optimaalisen populaation koon muutoksille, eikä myöskään herkkä diskonttokoron muutoksille.

$c(x) = 0$  -tapauksessa,

kun  $\delta = 0 \rightarrow x^* = x_{MSY}$  ja  $h^* = h(x_{MSY}) = MSY$  (ks. Bjørndal 1990, 186 – 187).

Simulaatiot osoittavat, että sillipopulaation hävittäminen on "optimaalista", kun diskonttokorko on noin 52 prosenttia (Bjørndal 1988, 22 ja Bjørndal 1990, 187); ts. parveutuvilla lajeilla häviäminen voi tapahtua äärellisillä diskonttokoron arvoilla. Oletuksena on, että parveutuvien lajien saalistuskustannukset eivät ole riippuvaisia populaation tiheydestä (Bjørndal 1988, 22 – 23). Eli  $x^* = 0$  ja  $h^* = 0$ , kun  $\delta = 0.52$ .

## 5 SAALIIN KIINTIÖINTI JULKISEN VALLAN OHJAUSONGELMANA

### 5.1 Johdanto

Kalastusvyöhykkeiden asettaminen on lisännyt kalavarojen kontrollointia ja saalismäärän ylärajojen asettamista (TAC, *total allowable catch*). Kalastusvyöhykkeiden asettaminen ei ole kuitenkaan ollut täysin ongelmattonta. Islannin päätös siirtää kalastusrajansa 50 meripeninkulman etäisyydelle rannikosta, johti turskasotaan (1972–1973) Iso-Britannian kanssa.

Vuonna 1975 Islanti laajensi kalastusvyöhykettään 200 meripeninkulmaan, mikä johti uuteen turskasotaan. Vuonna 1976 Iso-Britannia tunnusti epäsuorasti Islannin oikeuden 200 mpk:n kalastusrajaan; Islanti antoi puolestaan 24 brittitroolarille oikeuden käydä päivittäin tämän rajan sisäpuolella. Monissa muissa maissa otettiin 1970-luvun loppupuolella myös käyttöön 200 meripeninkulman kalastusvyöhykkeet, ja vuonna 1982 YK hyväksyi lain 200 meripeninkulman vyöhykkeestä.

Kanadan itärannikolla 200 meripeninkulman vyöhykkeen käyttöönotto ja toisaalta turskan kalastuksen salliminen ulkomaisille aluksille on tuottanut väittelyä. Eurooppalaiset alukset ovat kalastaneet turskaa näillä vesillä jo pitkään, mutta kalastusvyöhykkeen asettaminen pakotti käymään neuvotteluja. Painetta lisäsi myös kalastuspanoksen lisääntyminen 200 meripeninkulman ulkopuolella. Koska eurooppalaiset olivat muodostaneet yhden tärkeän osan Kanadan perusmarkkinoista, on kaupankäynti kalastusoikeuksilla (samoin mahdolliset ulkomaiset investoinnit kanadalaisiin aluksiin)

koettu päätöksenteon kannalta erityisen ongelmalliseksi (Charles 1986, 332).

Kappaleessa 5.2. tarkastellaan tietyllä kalastusvyöhykkeellä asetetun kiintiön (TAC) jakamista eri valtioiden kesken. Kyseessä ei ole kuitenkaan usean eri maan yhteisen "altaan" hyödyntäminen (kuten luvussa 7 Itämeren lohentakalastuksessa).

Charlesin (1986) tarkastelussa kiintiö jaetaan kotimaan eli vesialueen omistajavaltion ja ulkomaisten alusten kesken. Ulkomaisen kalastuksen salliminen oletetaan kasvattavan vesialueen omistajavaltion kokonaisnettohyötyä. Ulkomaisesta kalastuksesta peritään saalistuskorvausta (*royalty*); saalistuskorvauksen suuruus määrää ulkomaisen kalastuksen laajuuden. Korvaustaso riippuu puolestaan kotimaan annetusta nettohinnasta.

Kappaleessa 5.2 tarkastellaan lisäksi Kaitalan & Pohjolan (1988) kahden valtion differentiaalipelimallia. Kaitalan & Pohjolan mallissa kaksi valtiota jakavat yhteisesti omistamansa oikeudet hyödyntää kalaresurssia. Yhteistyö johtaa Pareto-tehokkuuteen. Vaarana on kuitenkin, ettei yhteistyö jatku, jolloin ajaututaan ei-yhteistyöhön perustuvaan pelitilanteeseen.

Charlesin (1986) sekä Kaitalan & Pohjolan (1988) malleissa perustana on siis kahden eri osapuolen välinen ratkaisu tietyn resurssin hyödyntämisestä. Charlesin mallissa yksi valtio omistaa hyödyntämisoikeudet tietyllä alueella, mutta voi vuokrata kalastusoikeuksia toiselle valtiolle (myös useammille eri valtioille). Kaitalan & Pohjolan mallissa puolestaan kaksi valtiota yhdessä omistavat resurssin hyödyntämisoikeudet. Pyrkimyksenä on, että valtiot jakavat hyödyntämisoikeudet keskenään taloudellisesti tehokkaasti. Toinen valtioista voi myös ostaa hyödyntämisoikeudet toiselta valtiolta, jotta välttyään tehottomuudelta.

Kappaleissa 5.3 ja 5.4 tarkastellaan kalastusalueen omistajavaltion kalastuksen ohjausmenetelmiä. Kappaleessa 5.3 verrataan kahden eri kalastusstrategian vaikutusta tuottavuuteen. Ensimmäisessä tapauksessa on asetettu kiinteä kalastuspanos, jolloin saalistaso vaihtelee kalakannan koon mukaisesti. Toisessa tapauksessa on asetettu kiinteä saaliskiintiö. Eri kalastusstrategioiden vertailu on Hannessonin & Steinshamin (1991) artikkelin mukainen.

Lopuksi tarkastellaan kiintiön vaihtelua ja yksilöllisiä saaliskiintiöitä (kappale 5.4). Kokonaiskiintiö on jaettu yksilöllisiin kiintiöihin, jotka muodostavat viitesaaliin. Vaihtelevaa kiintiötä (TAC) verrataan viitesaaliiseen, ja yksilöllisillä kiintiöillä käydään kauppaa kalastusviranomaisten kanssa. Tavoitteena on nettotulojen stabilisointi. Viitesaalitarkastelu perustuu Hannessonin (1989) työhön.

## 5.2 Kiintiön hyödyntäminen kahden\* eri osapuolen kesken

Charlesin (1986) mallissa kiinteä vuotuinen TAC otetaan annettuna. Lisäksi oletetaan, että joko resurssi on biologisessa tasapainossa tai on määritelty kestävä saalistustaso. Ongelmana on saavuttaa optimaalinen hyödyntäminen TAC:n puitteissa.

Vuonna  $t$  kiintiötä TAC kuvataan  $h_t^T$ :llä (eli kiinteä kiintiö  $h_t^T \equiv h^T$ ).s  
Kiintiötä voivat hyödyntää vuonna  $t$  joko kotimaan eli vesialueen omistaja-

---

\* Charlesin (1986) tarkastelussa lähtökohtana on, että toinen osapuoli on vesialueen omistajavaltio ja toinen osapuoli ulkomainen kalastus kokonaisuutena. Ulkomainen kalastus voi koostua yhden tai useamman valtion kalastusaluksista.



valtion alukset, ulkomaiset alukset tai molemmat. Valtio, jonka alueella kalastus tapahtuu, saa ulkomaan kalastuksesta vuokraa  $r$  (vero saaliista, *royalty*). Optimointiongelmana on määrätä jako kotimaan ja ulkomaisen kalastuksen välillä.

Aluskantojen pääoma esitetään niiden saalistuskapasiteettina; ts. vuosittaisena maksimisaaliina, joka on alusten saavutettavissa. Vesialueen omistajavaltion alusten saalistuskapasiteettia vuonna  $t$  kuvataan  $B_t^d$ :llä ja ulkomaisen alusten  $B_t^f$ :llä. Charlesin mallin oletuksena on, että kalastusalueen omistajavaltio määrää korvauksen  $r$  suuruuden, ja ulkomaiset kalastajat vastaavat valitsemalla vuotuisen saaliin  $h_t^f$  ja saalistuskapasiteetin  $B_t^f$ , ehdolla että  $h_t^f \leq B_t^f$  ja että ulkomaisen kalastuksen osuus  $f$  on osuus TAC:stä eli  $fh_t^T$ . Vesialueen omistajavaltion osuus kiintiöstä on vastaavasti  $(1 - f)h_t^T$  ja todellinen vuotuinen saalis  $h_t^d$  (ehdolla, että  $h_t^d \leq B_t^d$ ).

Kun ulkomaisen saalistuksen todellinen taso  $h_t^f$  tiedetään, vesialueen omistajavaltion kalastusviranomaiset pyrkivät maksimoimaan kokonaisnettohyödyt (*total net benefits*), valvomalla kotimaan vuotuista saalista, investointitasoja, ulkomaista saaliskiintiötä ja korvaustasoa.

Jos oletetaan, että  $B_t^f > fh_t^T$ , niin että  $(1 - f)h_t^T > h_t^T - B_t^f$ , saadaan kotimaan saalistuksen rajoitteeksi  $h_t^d \leq (1 - f)h_t^T$ . Muutoin  $h_t^T - B_t^f \geq (1 - f)h_t^T$  ja kotimaan rajoite on  $h_t^d \leq h_t^T - B_t^f$ .

Yhdistettynä kotimaan saalisrajoite voidaan kirjoittaa

$$h_t^d \leq \max\{(1 - f)h_t^T, h_t^T - B_t^f\}. \quad (5.1)$$

Ulkomaan saalisrajoite on vastaavasti

$$h_t^f \leq \max\{fh_t^T, h_t^T - B_t^d\}. \quad (5.2)$$

Bruttoinvestoinnit  $I_t^d$  ja  $I_t^f$  oletetaan peruuttamattomiksi (*irreversible*), jolloin  $I_t^d \geq 0$  ja  $I_t^f \geq 0$ . Vuoden  $t$  saalistuskapasiteetti täytyy suunnitella ja maksaa vuonna  $t - 1$ ; investoinnin käyttöönoton viiveeksi on siis oletettu yksi vuosi.

Nettoinvestoinnit tapahtuvat vuosien  $t$  ja  $t + 1$  välillä:  $I_t^d - \gamma_d B_t^d$  ja  $I_t^f - \gamma_f B_t^f$ , siten että

$$\left. \begin{aligned} B_{t+1}^d &= (1 - \gamma_d)B_t^d + I_t^d \text{ ja} \\ B_{t+1}^f &= (1 - \gamma_f)B_t^f + I_t^f. \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

$\gamma_d$  ja  $\gamma_f$  kuvaavat aluskantojen vuotuista kulumista (ikäntyminen, rikkoutuminen); kuluminen oletetaan kiinteäksi (vrt. kappale 3.2, viite 2).

Yksikköhinnat ( $p_d$  ja  $p_f$ ), saalistuksen yksikkökustannukset ( $c_d$  ja  $c_f$ ) sekä saalistuskapasiteetin yksikkökustannukset ( $\sigma_d$  ja  $\sigma_f$ ) oletetaan kiinteiksi, jolloin tulo- ja kustannusfunktiot ovat lineaarisia. Kalan kysyntä on täysin joustavaa.

Nettotulot (*net annual rents*)  $\pi_t^d$  ja  $\pi_t^f$  muodostuvat seuraavasti ( $r$  on korvaustaso ulkomaisesta saalistuksesta):

$$\left. \begin{aligned} \pi_t^d &= (p_d - c_d)h_t^d - \sigma_d I_t^d + rh_t^f \text{ ja} \\ \pi_t^f &= (p_f - c_f)h_t^f - \sigma_f I_t^f - rh_t^f. \end{aligned} \right\} \quad (5.4)$$

Oletetaan lisäksi, että  $p_t - c_t > 0$  ja vuotuinen TAC on kiinteä ( $h_t^T = h^T$ ); saalistustaso voidaan kirjoittaa:

$$\left. \begin{aligned} h_t^d &= \min\{B_t^d, \max\{(1-f)h^T, h^T - B_t^f\}\} \text{ ja} \\ h_t^f &= \min\{B_t^f, \max\{fh^T, h^T - B_t^d\}\}. \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

Ulkomaisille investoinneille voidaan kirjoittaa:

$$\begin{aligned} &\text{ulkomaiset investoinnit} \Leftrightarrow \\ &r \leq r_c^f \equiv p_t - c_t - (\delta + \gamma_d)\sigma_b \end{aligned} \quad (5.6)$$

jossa  $\delta = (1 - \alpha)/\alpha$  on diskonttokorko. Kokonaistulojen per yksikkösaalis täytyy siis kattaa saalistuskustannukset, pääoman kuluminen, pääomakustannusten korkokulut ja saalistuskorvaus, jotta voidaan investoida;  $r_c^f$  kuvaa ulkomaisen kalastuksen nettotuloja per yksikkösaalis eli ulkomaiset alukset voivat tehdä investointeja, jos nettotulot ovat suuremmat kuin saalistuksesta maksettava korvaus yksikkösaalista kohden.

Kotimaisille investoinneille voidaan vastaavasti kirjoittaa:

$$\begin{aligned} &\text{kotimaan investoinnit} \Leftrightarrow \\ &0 \leq r_c^d \equiv p_d - c_d - (\delta + \gamma_d)\sigma_d. \end{aligned} \quad (5.7)$$

Tilanne on pitävä investoinneille sallittuun saalistustasoon saakka;

$\max\{(1-f)h^T, h^T - h_t^f\}$ , jossa  $f$  ja  $h^T$  ovat kiinteitä.

Kun  $r_c^d \geq 0$  ja  $r_c^f \geq r$ , molemmat aluskannat haluavat investoida niina nopeasti kuin mahdollista, saavuttaakseen heille kuuluvan saalisosuuden. Vaadittava saalistuskapasiteetti pyritään sen jälkeen ylläpitämään määräämättömän ajan,

$$\left. \begin{aligned} I_t^d &= \max\{0, (1-f)h^T - (1-\gamma_d)B_t^d\} \text{ ja} \\ I_t^f &= \max\{0, fh^T - (1-\gamma_f)B_t^f\}. \end{aligned} \right\} \quad (5.8)$$

Jos  $r_c^d \geq 0$  ja  $r_c^f < r$ ,  $I_t^f = 0$  ja kotimaan alukset pyrkivät lisäämään investointejaan ulkomaisen aluskannan kulumisesta aiheutuvan ylijäämän verran.

Jos  $r_c^d < 0$  ja  $r_c^f \geq r$ ,  $I_t^d = 0$  ja ulkomaiset alukset pyrkivät lisäämään investointejaan kotimaan aluskannan saalistuskapasiteetin vähenemisen verran.

Jos  $r_c^d < 0$  ja  $r_c^f < 0$ , kumpikaan aluskannoista ei tee investointeja; pitkällä tähtäyksellä kalastus lakkaa.

Vesialueen omistajalla on kaksi mahdollisuutta valita korvaustaso  $r$  (vero saaliista), jotta kalastuksen hyödyt maksimoituvat. Ensimmäisessä tapauksessa voidaan asettaa  $r = r_c^f$ , jotta säilytetään pitkäaikainen vakaa ulkomainen kalastus. Toinen mahdollisuus olisi valita  $r = \bar{p}_t = p_t - c_t$ , jolloin saataisiin maksimikorvaus vähenevästä ulkomaisesta kalastuksesta;  $\bar{p}_t$  kuvaa ulkomaan kalastuksen nettohintaa. [Jos ulkomaisilla kalastusvaltioilla olisi neuvotteluvoimaa, sovittelu saattaisi johtaa tuloksiin, että korvaus olisi joko  $0 < r < r_c^f$  tai  $r_c^f < r < p_t - c_t$  (ks. Charles 1986, 342). Oletuksena on kuitenkin, että vesialueen omistajavaltio asettaa korvaustason].

Kotimaan nettohinta  $\bar{p}_d$  otetaan annettuna, samoin alkuperäiset aluskannat. Optimi kehitysura vesialueen omistajavaltiolle voidaan määritellä, vertaamalla eri  $PV(\bar{p}_d, r_c^f)$  ja  $PV(\bar{p}_d, \bar{p}_t)$  arvoja ja valitsemalla korvaustaso ja saaliin allokaatio-osuudet, jotka maksimoivat kalastushyötyjen nykyarvon.

Optimaalinen korvaustaso riippuu kotimaan nettohinnasta seuraavasti:

$$\left. \begin{aligned} r^* &= r_c^f, \text{ jos } \bar{p}_d < \bar{p}_d^{(1)}; \\ r^* &= \bar{p}_f, \text{ jos } \bar{p}_d^{(1)} < \bar{p}_d < \bar{p}_d^{(2)}; \\ r^* &\text{ irrelevantti, jos } \bar{p}_d > \bar{p}_d^{(2)} \text{ (kun } f = 0). \end{aligned} \right\} \quad (5.9)$$

Jos vesialueen omistajavaltion alkuperäinen aluskapasiteetti oletetaan pieneksi ( $B_0^d = 0.5h^T$ ),  $B_0^f$ :n variaatiot tuottavat eri  $\bar{p}_d^{(1)}$  ja  $\bar{p}_d^{(2)}$  arvoja (ks. Charles 1986, 351). Mitä suurempi on alkuperäinen ulkomainen aluskapasiteetti sitä vähemmän on yllykettä pitää korvaustasoa riittävän alhaisena, jotta säilytetään ulkomainen kalastus. Ulkomaisen aluskapasiteetin ollessa suuri ( $B_0^f = 2h^T$ ),  $r^* = \bar{p}_f$  kaikilla kotimaan nettohinnoilla  $\bar{p}_d^{(2)}$ :een asti; sen yläpuolella ulkomainen kalastus loppuu kokonaan.

Charles (1986, 352 – 354) painottaa, että kotimaisen ja ulkomaisen kalastuksen pitkän ajan pysyvä yhdenaikaisuus (*coexistence*) on optimaalista, vain jos  $r_c^d > 0$  [ $0 < r_c^d = \bar{p}_d - (i + \gamma_d)\sigma_d$ ],  $r^* = r_c^f$  ja piste  $(\bar{p}_d, r^*)$  on 'yhdenaikaisuusvyöhykkeen' (*coexistence band*) sisäpuolella [ks. graafinen analyysi Charles (1986, 352 – 353)]. Alue kuvaa siis kotimaan nettohintojen ja ulkomaisten korvausten tiettyjen yhdistelmien joukkoa. Yhdenaikaisuusvyöhykkeen koko riippuu yksinomaan kiinteistä parametreista, kun taas yhdenaikaisuuden aste määräytyy alkuperäisistä aluskapasiteettitasoista. Yhdenaikaisuusvyöhykkeen ulkopuolella joko kotimainen tai ulkomainen kalastus lakkaa. Esimerkiksi, jos  $r > \bar{p}_d$ , saaliskiintiö allokoidaan kokonaan

ulkomaiselle<sup>6</sup> kalastukselle ( $f = 1$ ); jos  $r < r_c^d$ , kiintiötä hyödyntää vain kotimaan alukset.

Kaitala & Pohjola (1988) ovat artikkelissaan tarkastelleet dynaamista Gordon-Schaefer -mallia ei-nollasummaisena differentiaalipelinä. Peli käydään kahden riippumattoman valtion välillä. Valtiot jakaneet resurssin keskenään ja pyrkivät maksimoimaan diskontatut nettotulot yli äärettömän aikahorisontin (ks. Kaitala & Pohjola 1988, 93). Valtioilla on siis yhteiset oikeudet hyödyntää resurssia (Charlesin mallissa vesialueen omistajavaltio omisti oikeudet resurssiin alueellaan). Resurssidynamiikka on muotoa:

$$\frac{dx}{dt} = F(x) - E_1(t)x - E_2(t)x, \quad x(0) = x_0, \quad (5.10)$$

jossa  $E_i(t)$  osapuolen  $i$  ( $i = 1, 2$ ) kalastuspanos ajanhetkellä  $t$ . Populaation kasvufunktio  $F(x)$  oletetaan jälleen kappaleen 2.3 mukaiseksi eli funktio on konkaavi siten, että  $F(0) = F(K) = 0$ ,  $K > 0$ ,  $F(x) > 0$ ,  $x \in (0, K)$ . Populaation koko  $K$  on resurssin kantokyky.

Tuotantofunktio oletetaan Schaefer -mallin mukaiseksi eli

$$h_i(t) = E_i(t)x(t). \quad (5.11)$$

---

<sup>6</sup> Mm. Costa Ricassa tonnikalakalastus on annettu kokonaan ulkomaisille kalastusaluksille (Charles 1986, 357) ja Costa Rica on perinyt korvausta 'per kalastusmatka' -periaatteella. Perussa puolestaan mm. makrillin saalistus (Charles 1986, 332) annettiin ulkomaisille aluksille, mutta kotimaan kalastajien sardellisaaliin supistuessa hallitus suositteli paikallisia kalastajia siirtymään makrillin kalastukseen. Kalastusalusten muutokset vaativat kuitenkin pääomaa, joten kalateollisuus pyysi tähän tarkoitukseen investointipääomaa hallitukselta.

Valtiot myyvät saaliinsa kiinteällä hinnalla  $p$ . Saalistus aiheuttaa myös kustannuksia; kustannukset  $c_i$  oletetaan riippuvan osapuolen  $i$  kalastuspanoksesta. Osapuoli  $i$  maksimoi nettotulojen nykyarvon:

$$J_i(x_0, E_1, E_2) = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} (px(t) - c_i)E_i(t) dt. \quad (5.12)$$

Kaitalan & Pohjola käsittelevät differentiaalipelimallissaan muististrategiaan perustuvaa kahden valtion sopimukseen liittyvää yhteistyötä sekä sopimuksen rikkoutuessa ei-yhteistyöhön liittyvää pelitilannetta. Yhteistyöhön perustuvassa mallissa pyritään Pareto -tehokkuuteen. Tarkastelun mukaan toinen valtio voi myös ostaa kalastusoikeudet, jotta välttyään tehottomuudelta resurssin hyödyntämisessä [Kaitala & Pohjola käyttävät korvauksesta termejä *transfer payments* tai *side payments*]. Ei-yhteistyövaihtoehtoa Kaitala & Pohjola (1988, 91) kutsuvat uhkapoliitikaksi (*threat policy*).

Ei-yhteistyössä kilpailutasapainon ratkaisu on bionominen tasapainotilanne so. voitot ovat nolla; tasapainossa  $x_i^{\infty} = c_i/p$ . *Sole owner* optimi osapuolelle  $i$  määräytyy *steady state* resurssikannan  $x_i^*$  mukaan eli yhtälön (4.8) mukaisesti (ks. kappale 4.2) tasapaino on:

$$F'(x_i^*) - \frac{c'_i(x_i^*)F(x_i^*)}{p - c_i(x_i^*)} = \delta,$$

jossa  $c_i(x_i^*) = c_i/x_i^*$ . Optimaalinen saalistus sisältää nopeimman lähestymisen keinon: kun  $x(t) > x_i^*$ , optimaalinen keino on saalistaa maksimikapasiteetilla  $E_i^{\max}$  ja vastaavasti, kun  $x(t) < x_i^*$ , on optimaalista odottaa (lopettaa saalistus)  $E_i = 0$ , kunnes resurssikanta saavuttaa tason  $x_i^*$ , joka sen jälkeen ylläpidetään äärettömiin.

Kaitalan & Pohjolan mallissa resurssin hyödyntämiselle ei ole varsinaisesti asetettu kiintiötä, kuten Charlesin (1986) tarkastelussa. Mikäli kiintiö asetettaisiin, yhteistyötä ja sitovia sopimuksia tarvittaisiin, ettei kiintiötä ylitetä (vrt. Kaitala & Pohjola 1988, 92). Ei-yhteistyö (tai jos sopimukset eivät ole sitovia) johtaisi mahdollisesti kiintiön ylittymiseen ja resurssikannan supistumiseen.

Oletuksella, että kiintiö olisi asetettu, Kaitalan & Pohjolan yhteistyömallin mukaan toinen valtio voi ostaa toiselta osapuolelta joko kokonaan tai osittain resurssin hyödyntämisoikeuden, jotta välttyään tehottomuudelta; sitovien sopimusten puuttuminen johtaisi mahdollisten hyötyjen menettämiseen. Sopimukseen perustuva yhteistyöratkaisu – kiintiön jakaminen valtioiden kesken tai mahdollisten korvausten maksaminen vain toisen valtion hyödyntäessä resurssia – tuottaa puolestaan tasapainoratkaisun.

### 5.3 Kiinteä saalis vai kiinteä kalastuspanos

Hannesson & Steinshamn (1991) ovat verranneet saaliskiintiön asettamista, perustuen joko kiinteään vuotuisen saaliiseen ( $\bar{h}$ ) tai kiinteään kalastuspanokseen ( $\bar{E}$ ). Tarkastelun kohteena on ollut näiden kahden kalastusstrategioiden kannattavuuserot (keskimääräisen voiton erot).

Hannessonin & Steinshamnin (1991, 72) mukaan optimaalinen kalastusstrategia (taloudellisesti tehokkain) ei todennäköisesti ole kummankaan käsiteltävän menetelmän mukainen. Optimaalinen kalastus sisältäisi jaksoittaista kalastusta (*pulse fishing*, ks. Hannesson 1974, 1975), jolloin välillä ei kalastettaisi lainkaan. Tietyissä oloissa jaksoittainen kalastus on havaittu johtavan suurempaan keskimääräiseen saaliiseen kuin MSY tuottaisi.



Jaksoittaisen kalastuksen suurempi keskimääräinen saalis verrattuna kestävään saaliin strategiaan voi johtua kalastusvälineistön kykenemättömyydestä valikoida optimaalisesti eri ikäluokkia (ks. Clark 1976, 293). 200 meripeninkulman kalastusvyöhykkeet ovat kuitenkin rajoittaneet raskaasti moottoroitujen kalastuslaivastojen käyttöä ja tehneet jaksoittaisesta kalastuksesta vähemmän sopivan strategian.

### 5.3.1 Mallin muodostaminen

Tuotantofunktio oletetaan olevan muotoa

$$h = h(E, x), \quad (5.13)$$

jossa  $h$  kuvaa saalistustasoa,  $x$  populaation kokoa ja  $E$  kalastuspanosta. Hannessonin & Steinshammnin (1991, 72) tarkastelussa oletetaan, että  $x$  vaihtelee stokastisesti yli ajan ja  $x$ :n todennäköisyysjakauma on kiinteä yli ajan; ts. todennäköisyys annetulle  $x$ :n toteutumiselle annetulla ajanhetkellä on riippumaton aikaisemmista  $h$ :n tai  $x$ :n arvoista.

Jos annetaan oletus teknisestä tehokkuudesta, voidaan määrittää minimikalastuspanos, joka tarvitaan ylläpitämään annettu saalistaso annetusta populaation koosta. Annetun saalistason ylläpitämiseksi vaadittava minimikalastuspanos voidaan kuvata funktiona  $\Psi(h, x)$  (*effort requirement function*) eli

$$\Psi(h, x) = \min E; \quad h = h(E, x). \quad (5.14)$$

Saalis  $h(\cdot)$  oletetaan kasvavan monotonisesti kaikilla annetuilla  $x$ :n arvoilla, kun kalastuspanos  $E$  kasvaa.

Vertailukohteena on kannattavuuserot kahden eri kiintiöstrategian välillä. Ensimmäisessä tapauksessa on asetettu kiinteä kalastuspanos  $\bar{E}$ , jolloin saalistaso vaihtelee kalakannan koon mukaisesti. Toisessa tapauksessa on puolestaan asetettu kiinteä saalistaso  $\bar{h}$ ; saalistaso vastaa kiinteän kalastuspanosstrategian odotettua saalista, kun taas vuotuinen kalastuspanos vaihtelee yhtälön (5.14) mukaisesti, siten että annettu saalistaso saavutetaan. Yhtälömuodossa strategiat voidaan määritellä seuraavasti:

Kiinteän kalastuspanoksen tapauksessa:

$$h = h(x; \bar{E}), \quad \bar{E} \text{ kiinteä}; \quad (5.15)$$

kiinteän saaliin tapauksessa:

$$h = \bar{h}, \quad \bar{h} = Oh(x; \bar{E}), \quad E = \Psi(x; \bar{h}), \quad (5.16)$$

jossa  $O$  kuvaa odotusarvoa.

Voittofunktio (*profit function*) on muotoa:

$$\pi(h, x, E) = R(h) - C(E), \quad (5.17)$$

eli tulot riippuvat saalismäärästä ja kustannukset riippuvat kalastuspanoksesta.

Voittofunktiossa (5.17) esiintyy tekijä  $x$ , koska tuotantofunktion mukaan saalismäärä annetulla kalastuspanoksen arvolla riippuu kalakannasta  $x$ , ja yhtälön (5.14) mukaan tietyn kalastuspanoksen määrä, joka tarvitaan totuttamaan annettu saalismäärä, riippuu myös kalakannasta  $x$ .

Jos saalis riippuisi ainoastaan kalastuspanoksesta, eikä lainkaan populaation koosta, tippuisi  $x$  tuotantofunktiosta (5.13). Tässä tapauksessa strategioilla ei olisi eroa, vaan kiinteä kalastuspanos johtaisi kiinteään saalistasoon ja päinvastoin.

### 5.3.2 Stokastinen ja deterministinen prosessi

Tavallisesti aloitetaan deterministisestä mallista (Munro & Scott 1985, 652 – 653), sen jälkeen deterministinen malli muutetaan stokastiseksi, ja tehtäväksi tulee odotettujen voittojen nykyarvon maksimoiminen.

Jättämällä hintaepävarmuus huomioimatta – kuten nyt oletetaan – olisi voittofunktio  $\pi$  deterministinen. Koska  $x$  on oletettu stokastiseksi, voittofunktio on stokastinen (Hannesson & Steinshamm 1991, 73).

Ehdolla, että  $\pi$  on stokastinen, strategioiden odotetut voitot ovat seuraavat:

Kiinteän kalastuspanoksen strategia:

$$O\pi(\bar{h}, x; \bar{E}) = OR[h(x; \bar{E})] - C(\bar{E}). \quad (5.18)$$

Kiinteän saaliin strategia:

$$O\pi(E, x; \bar{h}) = R(\bar{h}) - OC[\Psi(x; \bar{h})]. \quad (5.19)$$

Jos kustannuksia ei huomioitaisi, konkaavi tulofunktio edellyttäisi, että  $\pi(E, x; \bar{h}) > O\pi(\bar{h}, x; \bar{E})$  eli kiinteän saaliin strategian voitto olisi suurempi kuin kiinteän kalastuspanosstrategian odotettu voitto.

Seuraavaksi tarkastellaan tilannetta, jossa kustannukset otetaan huomioon. Oletetaan lisäksi, että  $\Psi(x; \bar{h})$  on lineaarinen  $x$ :n suhteen ja että  $O\Psi(x; \bar{h}) = \bar{E}$ . Konvekssi kustannusfunktio edellyttää silloin, että  $OC[\Psi(x; \bar{h})] > C(\bar{E})$  eli kiinteän saaliin strategian odotetut kustannukset ovat suuremmat kuin kiinteän kalastuspanosstrategian kiinteät kustannukset.

Todennäköisimmin  $\Psi(x; \bar{h})$  ei kuitenkaan ole lineaarinen, vaan konvekssi  $x$ :n suhteen, jolloin  $O\Psi(x; \bar{h}) > \Psi(Ox; \bar{h})$ . Jos  $\bar{E} = \Psi(Ox; \bar{h})$ , keskimääräinen kalastuspanos, joka tarvitaan ylläpitämään tiettyä saalistasoa  $\bar{h}$ , on suurempi kuin kiinteä kalastuspanos, joka johtaa keskimääräiseen saalistasoon (on yhtä suuri kuin  $\bar{h}$ ). Tämä lisää kiinteän kalastuspanosstrategian kustannusetua edelleen.

Hannesson & Steinshamn (1991, 77) tarkastelevat kalastusstrategioita myös kvasi-empiirisessä puitteissa. Uusien vuosiluokkien syntyminen populaatiossa oletetaan tapahtuvan nyt deterministisen prosessin mukaan eli seuraa säännöllistä sykliä. Lisäksi oletetaan, että populaation koko kunkin annetun periodin alussa riippuu edellisen periodin lopun populaation koosta (stokastisessa prosessissa  $x$  oli riippumaton). Simulaatiossa sovelletaan diskreetin ajan Beverton-Holt (1957) -mallia.

Hinta oletetaan kiinteäksi ( $p = 1$ ). Kustannustapauksia on kaksi: korkeat kustannukset  $c_1$  ja alhaiset kustannukset  $c_2$ . Tulo- ja kustannusfunktiot oletetaan lineaarisiksi.

Verrattaessa eri strategioiden (kiinteän saaliin ja kiinteän kalastuspanoksen) keskimääräisen voiton eroja, osoittautuvat erot hyvin vähäisiksi (Hannesson & Steinshamn 1991, 79 – 81). Yksinkertaistamisen vuoksi keskimääräisen voiton vertailut on tehty yhden syklin suhteen (ks. Hannesson & Steinshamn 1991, 79).

Valikoiva kalastus (*selectivity*) tuottaisi suurimman eron: kiinteän kalastuspanosstrategian tapauksessa keskimääräinen vuotuinen voitto olisi hieman suurempi kuin kiinteän saalisstrategian tapauksessa (ero vain 2 %). Samoin kalastuspanoskustannusten nousu aiheuttaisi vähäisen edun kiinteän kalastuspanosstrategian eduksi; kiinteän kalastuspanosstrategian keskimääräiset kustannukset ovat alhaisemmat kuin kiinteän saaliin strategiassa. Vaikutus on suurempi, kun kustannukset per kalastuspanosyksikkö kasvavat.

Hannesson & Steinshamn (1991, 82 – 83) pitävät mahdollisena, että kiinteän saaliin strategialla kalakanta voi ajoittain vähentyä uhkaavasti. Tapauksessa, jossa kalastuskustannukset olisivat nolla, resurssi saatettaisiin tuhota kokonaan, ennenkuin se saisi mahdollisuuden lisääntyä (uusiutua).

Jos populaation uusiutumissykli pitenee, kalakannan vaihtelu kasvaa, jolloin kiinteän kalastuspanoksen strategiasta tulee houkuttelevampi: kiinteän kalastuspanosstrategian kannattavuus säilyy samana kuin aikaisemmin, mutta kiinteän saaliin strategiassa kannattavuus hieman heikkenee. Kalakannan vaihtelun lisääntyminen heijastuu suurempana yksikkökustannusten ja saaliin kovarianssina.

Populaation uusiutumissyklin lyheneminen (keskimääräinen uusiutuminen sama kuin aikaisemmin) nostaa kiinteän saaliin strategian kannattavuuden samalle tasolle kuin kiinteän kalastuspanosstrategian kannattavuus. Kiinteän kalastuspanosstrategian kannattavuus säilyy samana. Uusiutumissyklin lyheneminen tasoittaa yksikkökustannusten vaihteluja (mikä heijastuu pienempinä kovarianssitermeinä) (ks. Hannesson & Steinshamn 1991, 83 – 84).

### 5.3.3 Tulofunktion konkaavisuuden vaikutus deterministisessä prosessissa

Kappaleessa 5.3.2 todettiin, että jos kustannuksia ei huomioitaisi, konkaavi tulofunktio tekisi stokastisessa prosessissa kiinteän saaliin strategiasta houkuttelevamman: voitto suurempi kuin kiinteän kalastuspanoksen tapauksessa. Jos kustannukset huomioidaan, konvekssi kustannusfunktio lisää kiinteän saaliin strategian odotettuja kustannuksia, jolloin kiinteän kalastuspanoksen strategia olisi kannattavampi. Deterministinen prosessi todettiin tekevän myös kiinteän kalastuspanoksen strategiasta hieman houkuttelevamman.

Tarkasteltaessa konkaavisuuden vaikutusta strategioiden kannattavuuteen deterministisessä prosessissa, oletetaan kysyntäfunktion jousto  $\epsilon \in$  kiinteäksi. Samoin hinta oletetaan kiinteäksi ( $p = 1$ ). Kysyntäfunktion muotoa:  $R = h^{1 - 1/\epsilon}$ .

Maksimaalinen suhteellinen ero odotettujen tulojen (kiintiön vaihdellessa) ja kiinteiden tulojen (kiinteällä kiintiöllä  $\bar{h} = Oh$ ) välillä toteutuu, kun tulofunktion suhteellinen kaarevuus arvolla  $\bar{h}$  on suurin mahdollinen. [Hannessonin & Steinshammnin (1991, 85) mukaan tämä tapahtuu jouston arvolla  $\epsilon$ , joka maksimoi  $R''(\bar{h})/R(\bar{h}) = -\epsilon^{-1}(1 - \epsilon^{-1})\bar{h}^{-2}$ , mikä edellyttää, että  $\epsilon = 2$ ].

Alhaisten kalastuskustannusten tapauksessa (kustannukset kiinteät) voitto on sama molemmilla strategioilla. Korkeiden kustannusten tapauksessa (kustannukset kiinteät) kiinteän saaliin strategian voitto on hieman pienempi kuin kiinteän kalastuspanosstrategian voitto.

Jos oletetaan, että kysynnän jousto ja hinta eivät olisi kiinteitä; alhainen kysynnän jousto mahdollistaisi voiton kasvamisen vähentämällä saalista, jotta saataisiin korkeampi hinta. Samalla optimaalinen kalastuspanos vähenisi. Vaadittaisiin siis jyrkempi tulofunktion konkaavisuus, että kiinteän saaliin strategiasta tulisi kannattavampi kuin kiinteän kalastuspanoksen strategiasta. Jyrkkä konkaavisuus voisi aiheutua, kun kalan hinta laskisi jyrkästi saalismäärän ylitettyä tietyn tason. Deterministisen prosessin oletuksena on kuitenkin, että hinta on vakio, jolloin kiinteän kalastuspanoksen strategia on hieman houkuttelevampi.

Yhteenvetona todetaan, että kannattavuuden erot kiinteän saaliin strategian ja kiinteän kalastuspanosstrategian välillä riippuvat tulo- ja kustannusfunktioiden muodosta.

Realistisilla tulo- ja kustannusfunktioilla on päinvastaiset vaikutukset, kumpi kalastusstrategioista on kannattavampi: konkaavi tulofunktio stokastisessa prosessissa johti suurempiin voittoihin kiinteän saaliin strategian tapauksessa; kiinteä saalis yhtäsuuri kuin kiinteän kalastuspanosstrategian odotettu saalis. Konvekssi kustannusfunktio teki puolestaan kiinteän kalastuspanoksen strategiasta kannattavamman. Myös deterministinen prosessi teki kiinteän kalastuspanoksen strategiasta hieman houkuttelevamman.

Jos saalis riippuisi vain kalastuspanoksesta (ei populaation koosta), olisi kiinteä saalis toivottavampi kuin kiinteä kalastuspanos, edellyttäen että joko kustannus- tai tulofunktio (tai molemmat) ovat ei-lineaarisia. Kun saalis riippuu populaation koosta, ja saalis kalastuspanosyksikköä kohden kasvaa lineaarisesti, lisääntyy kiinteän kalastuspanoksen suhteellinen kannattavuus.

Erot strategioiden välillä ovat kuitenkin minimaaliset, johtuen lineaarisista tulo- ja kustannusfunktio-oletuksista. Jotta kiinteän saaliin strategia olisi kannattavampi, pitäisi oletukset tulo- ja kustannusfunktioista olla äärim-

mäisyyksiä ja johtaisivat vain pieniin kannattavuuseroihin; eli kumpikaan strategioista ei ilmene selvästi toista paremmaksi.

Hannesson & Steinshamn (1991, 89) suosittelevat saalisikiintiöiden sopeuttamista (vaihtelua yli ajan), siten ettei vaaranneta populaation tulevien ikäluokkien syntymistä. Esimerkiksi maksimaalista ylläpidettävää kiintiötä ei voida säilyttää, jos alkuperäinen kalakanta on liian pieni. Myös investointien on sopeuduttava populaation muutoksiin.

#### 5.4 Yksilölliset kiintiöt

Hannesson (1989) on tarkastellut vesialueen omistajavaltion sisäistä saalisikiintiöintiä: kiintiön jakamista ja kiintiöllä käytävää kauppaa. Kiintiön jakamisesta huolehtivat resurssia valvovat viranomaiset.

Hannessonin (1989, 459) tutkimuskohteena on TAC:n jakaminen kalaresurssia hyödyntävien kalastajien kesken. Yksinkertaistamisen vuoksi kalastajien kesken jaettuja kiintiöitä pidetään yksilöllisinä kiintiöinä (*individual quotas*), vaikka kiintiöt eivät olisi yksityisten kalastajien, vaan yritysten hallussa. Hannessonin (1989, 459) mukaan taloudellisen tehokkuuden ehtona on asetettujen kiintiöiden mahdollinen siirtäminen: vuokraus tai myynti.

Kiintiöiden sopeuttaminen kalakannan koon mukaan on välttämätöntä; oletuksena on, että TAC vaihtelee yli ajan. Yksilöllisten kiintiöiden asettaminen täytyy tapahtua siten, että vuotuinen saalis pysyy TAC:n asettamissa rajoissa.



Ensimmäisenä kalastajien yksilöllisiä kiintiöitä käsitteli Christy (1973). Christyn mukaan viranomaiset määräävät TAC:n ja jakavat sen yksilöllisten kalastajien kesken. Jos kalastajat (tai alukset) ovat identtisiä, kiintiöt ovat yhtäsuuria.

Hannessonin (1989, 460) mukaan yksilöllisten kiintiöiden asettamiseen on kaksi keinoa. Yksinkertainen keino on määrätä jokainen kiintiö tietyksi osuudeksi (%) TAC:stä (kalastajat eivät välttämättä identtisiä). Toinen mahdollisuus olisi määrätä yksilölliset kiintiöt kiinteiksi yli ajan.

Ongelmana kiinteiden yksilöllisten kiintiöiden asettamisessa on TAC:n vaihtelu. Eräs keino (Hannesson 1989, 460) olisi, että kalastusviranomaiset ostaisivat kiintiöitä huonoina vuosina (TAC alhainen) ja myisivät ylimääräisiä kiintiöitä hyvinä vuosina. Ehtona on, ettei kalakannan koko ole kovin vaihteleva, jolloin TAC:n vaihtelu ei ole suuri.

Kiinteiden yksilöllisten kiintiöiden keino näyttää ongelmallisemmalta kuin kiintiöiden määrääminen tietyksi osuudeksi TAC:stä. Kiinteillä yksilöllisillä kiintiöillä käytävä kauppa kalastusviranomaisten kanssa oletetaan turvaavan kalastajien nettotulojen vaihtelun kuitenkin paremmin.

Yksilöllisten kiintiöiden summa, ja viranomaisten suorittama kiintiöiden osto tai myynti, täytyy perustua viitesaaliiseen. Viitesaaliin ja TAC:n erotus määräisi kiintiöiden kaupan laajuuden. Erityisenä tarkastelukohteena on, miten nettotulojen stabilisointi tapahtuu.

### 5.4.1 Viitesaalis ja kiintiöllä käytävä kauppa

Oletetaan, että viitesaalis  $h^*$  muodostuu kiinteiden yksilöllisten kiintiöiden summasta. Saaliskiintiötä (TAC) vastaava saalis on puolestaan  $h$ . Kalastusviranomaiset ostaisivat yksilöllisiä kiintiöitä, kun TAC on alhaisempi kuin viitesaalis ja vastaavasti kalastajat ostaisivat kiintiöitä, kun TAC on suurempi kuin viitesaalis. Kalastusviranomaisten kannalta erotuksen  $h - h^*$  positiivinen luku osoittaa nettomyyntiä ja negatiivinen luku netto-ostoja.

Nettohinta kiintiölle (*the net price of the quota*) tai kiintiön vuokrahinta (*quota rent*) on:

$$\left. \begin{aligned} r(h) &= p(h) - c(h); \\ p'(h) &\leq 0, c'(h) \leq 0, \end{aligned} \right\} \quad (5.20)$$

missä  $p$  kuvaa kalan hintaa ja  $c$  on kustannus per yksikkösaalis.

Hannessonin (1989, 461) mukaan viitesaalis  $h^*$  tulisi asettaa yhtäsuureksi odotetun TAC:n ( $Oh$ ) kanssa, vain jos kiintiövuokran  $r(h)$  ja TAC:n välillä ei ole korrelaatiota. Tämä edellyttää, että kalan markkinahinta on riippumaton saalismäärästä, ja saaliin yksikkökustannus on riippumaton resurssin hyödyntämisen tasosta. Muuten kovarianssitermin  $Cov(r, h)$  merkki määrää, pitääkö viitesaaliin olla suurempi tai pienempi kuin odotetun TAC:n.

Kalastusviranomaisten odotettu nollavoitto kiintiökaupasta on:

$$\begin{aligned} O\{r(h)[h - h^*]\} &= Or(h)h - Or(h)h^* = \\ Or(h)Oh + Cov(r, h) - h^*Or(h) &= 0, \end{aligned}$$

tai

$$h^* = Oh + Cov(r, h)/Or(h). \quad (5.21)$$

Jos kiintiövuokra  $r(h)$  vaihtelee päinvastaisesti saalismäärän  $h$  (TAC:n) kanssa, on kalastusviranomaisten ostettava kiintiöitä korkeilla hinnoilla ( $h < h^*$ ) ja myytävä alhaisilla hinnoilla ( $h > h^*$ ). Pitkän ajan tasapaino saavutetaan myymällä kiintiöitä useammin kuin ostoja tehdään eli asettamalla  $h^* < Oh$ .

TAC:n ja kiintiövuokran  $r(h)$  päinvastainen suhde on voimassa, kun saaliin yksikkökustannukset ovat vähemmän herkkiä kuin hinnat TAC:n muutoksille (esimerkiksi, kun yksikkökustannukset ovat kiinteät ja kalan kysyntäkäyrä on alaspäin kalteva). Jos hinnat olisivat TAC:n muutoksille vähemmän herkkiä kuin yksikkökustannukset, saataisiin päinvastainen tulos. Hintojen vähäinen herkkyys voisi johtua esimerkiksi, jos tietyn kalalajin saalis on vähäinen suhteessa tämän tyyppisen kalan kokonaismarkkinoihin, mutta kustannukset olisivat herkkiä kalakannan koon muutoksiin (Hannesson 1989, 462).

Päätelmänä todetaan, että viitesaalis on asetettava joko suuremmaksi tai alhaisemmaksi kuin odotettu saalis, riippuen kiintiöiden hinnan ja saalismäärän suhteesta. Kiintiöiden kauppatilanteessa kalastusviranomaiset joutuisivat muutoin jatkuvasti kohtaamaan ylijäämä/alijäämä ongelman. Jos kiintiöiden hinta on riippumaton saalismäärästä, viitesaalis voidaan asettaa yhtäsuureksi odotetun saaliin kanssa.

### 5.4.2 Nettotulojen vaihtelu yksilöllisten kiintiöiden eri asettamistapauksissa

Seuraavaksi tarkastellaan nettotulojen vaihtelua kahdessa eri yksilöllisten kiintiön tapauksessa: kiinteiden yksilöllisten kiintiöiden järjestelmässä ja tapauksessa, jossa kiintiöt määrätään tiettyinä prosenttiosuuksina TAC:stä. Vaihtelua mitataan tulojen logaritmien varianssina. Kiinnostuksen kohteena on, stabilisoiko kiinteät yksilölliset kiintiöt nettotuloja.

Hannessonin (1989, 462) mukaan varianssit voidaan esittää seuraavasti:

$$\begin{aligned} \text{Var}(\ln r + \ln h^*) &= \text{Var}(\ln r); \\ \text{Var}(\ln r + \ln h) &= \text{Var}(\ln r) + \text{Var}(\ln h) + 2\text{Cov}(\ln r, \ln h); \end{aligned}$$

josta saadaan

$$\begin{aligned} \text{Var}(\ln r + \ln h) - \text{Var}(\ln r + \ln h^*) &= \\ \text{Var}(\ln h) + 2\text{Cov}(\ln r, \ln h). & \quad (5.22) \end{aligned}$$

Kiinteät yksilölliset kiintiöt eivät vähennä, vaan lisäävät nettotulojen vaihtelua, jos kiintiövuokra (kiintiön nettohinta)  $r(h)$  vaihtelee päinvastaisesti TAC:n kanssa [ $\text{Cov}(\ln r, \ln h) < 0$ ] ja on riittävän herkkä TAC:n muutoksille [painoarvo suurempi kuin  $\text{Var}(\ln h)$ :lla].

Nettotulojen vaihtelu riippuu kuitenkin kiintiövuokran hintajoustosta.

Hannesson (1989, 462 – 463) kuvaa tapausta, jossa kiintiövuokra esitetään yhtälönä  $r(h) = Ah^b$  ( $A$  ja  $b$  ovat kiinteitä;  $b$  on hintajousto). Hintajousto  $b$  (kun huomioidaan saalis) määrää silloin, vähentävätkö kiinteät yksilölliset

kiintiöt nettotulojen vaihtelua vai lisäävätkö ne vaihtelua. [Hannessonin (1989, 462 – 463) tarkastelussa rajatapauksena on  $b:n$  arvo  $-1/2$ ].

Hannesson (1989, 463 – 465) osoittaa lisäksi numeerisessa esimerkissä, kuinka kiinteät yksilölliset kiintiöt saattavat lisätä nettotulojen vaihtelua. Esimerkissä vertaillaan kiinteiden kiintiöiden ja muuttuvien kiintiöiden (tiettyjä osuuksia TAC:stä) tapauksia.

Kiintiövuokrasta,  $r(h) = p(h) - c(h)$ , on kaksi vaihtoehtoista oletusta (ylläoleva joustopohdinta ei ole nyt voimassa). Oletuksena on lisäksi, että TAC on tasaisesti jakautunut välillä  $(0, 1)$ ;  $f(h) = 1$  ja odotettu TAC ( $Oh$ ) on  $1/2$ . Tarkastelussa verrataan viitesaalista ja nettotulojen varianssia kahden vaihtoehtoisen kiintiövuokraoletuksen perusteella.

Ensimmäisessä kiintiövuokravaihtoehdossa kalan markkinahinta  $p$  on kiinteä ( $p = 10$ ), jolloin  $c(h) = 10(1 - h)$  ja  $r(h) = 10h$ . Toisessa vaihtoehdossa  $p(h) = 10(1 - h)$ ,  $c = 0$ ,  $r(h) = 10 - 10h$ .

Viitesaalista saadaan yhtälöstä

$$\int_0^1 f(h)r(h)[h - h^*]dh = 0, \quad (5.23)$$

joka antaa ensimmäisen kiintiövuokraoletuksen mukaan  $h^* = 2/3$  ja toisen kiintiövuokraoletuksen mukaan  $h^* = 1/3$  [ks. myös Pearse & Walters 1992, 169]. Kummassakaan tapauksessa viitesaalista ei ole sama kuin odotettu TAC ( $= 1/2$ ); syyt eroavuuteen on esitetty kappaleessa 5.4.1.

Kun yksilölliset kiintiöt on määrätty tiettyinä prosentteina TAC:stä, nettotulojen varianssi on:

$$\begin{aligned} \text{Var } [r(h)h] = \\ \int_0^1 f(h)[r(h)h]^2 dh - \left[ \int_0^1 f(h)r(h)h dh \right]^2, \end{aligned} \quad (5.24)$$

ja kiinteiden kiintiöiden tapauksessa nettotulojen varianssi on

$$\begin{aligned} \text{Var } [r(h)h^*] = \\ \int_0^1 f(h)[r(h)h^*]^2 dh - \left[ \int_0^1 f(h)r(h)h^* dh \right]^2. \end{aligned} \quad (5.25)$$

Kun liitetään tarkasteluun kiintiövuokraoletukset (kaksi eri vaihtoehtoa), voidaan todeta (ks. Hannesson 1989, 465), että kiinteillä kiintiöillä on erilainen vaikutus nettotulojen vaihteluun eri kiintiövuokraoletuksilla. Jälkimmäinen vaihtoehto tukee selitystä, että kiinteät kiintiöt saattavat lisätä nettotulojen vaihtelua, kun kiintiövuokra vaihtelee päivittäin saalismäärän kanssa [ $r(h) = 10 - 10h$ ].

Kiintiöjärjestelmän valintatilanne (vaihtoehtoina joko kiinteät yksilölliset kiintiöt tai vaihtelevat yksilölliset kiintiöt) osoittautuu ongelmalliseksi. Kiinteiden kiintiöiden menetelmä ei välttämättä vähennä nettotulojen vaihtelua, vaan itse asiassa saattaa jopa lisätä vaihtelua. Erityisen tärkeää on selvittää kiintiöiden hinnan ja saalismäärän suhde ennen valintatilannetta.

Kiinteiden kiintiöiden menetelmässä kalastusviranomaiset saattavat jatkuvasti kohdata alijäämä/ylijäämä ongelman. Muuttuvien kiintiöiden menetelmässä ongelma voidaan kokonaan välttää.

Uudessa-Seelannissa yksilöllisten siirrettävien kiintiöiden menetelmä (ITQs, *individual transferable quotas*) otettiin käyttöön vuonna 1986 (ks. mm.

Pearse & Walters 1992, 174 – 176). Aluksi sovellettiin kiloissa määriteltyjä kiinteitä kiintiöitä, mutta useilla kalalajeilla TAC aleni huomattavasti viitesaaliin alapuolelle, jolloin järjestelmän mukaan kalastusviranomaisista tuli kiintiöiden netto-ostajia. Järjestelmän kriisivuosi oli 1989 (Pearse & Walters 1992, 175 – 176): kiinteistä kiintiöistä siirryttiin osuuskiintiöihin eli jokainen kalastaja sai kiinteän osuuden TAC:stä, jolloin saalis voi vaihdella. Osuuskiintiömenetelmä on käytössä myös Islannissa (ks. Helgason 1991), jossa sitä kutsutaan ITSQ–systeemiksi (*individual transferable share quotas*). ITQ–systeemin soveltamista Suomen lohenkalastukseen tarkastellaan luvussa 7.

## **6 ITÄMEREN LOHENKALASTUS BIOTALOUDELLISENA ONGELMANA**

### **6.1 Johdanto**

Luvussa 5 tarkasteltiin kalaresurssin jakamista kahden eri osapuolen kesken. Itämeren kalastuksessa kalaresurssin jakaminen tapahtuu konkreettisesti eri valtioiden välillä. Kalastuskiintiöiden jakamisesta käydään vuosittain neuvotteluja Itämeren rantavaltioiden kesken.

Vuosittaiset arviot lohikannoista tekee Kansainvälinen Merentutkimusneuvosto (ICES, *International Council for the Exploration of the Sea*) Itämeren kansainvälisen kalastuskomission (IBSFC) pyynnöstä. Itämeren kalastuskomissio on asettanut tavoitteeksi luonnonvaraisten lohikantojen olemassaolon turvaamisen; kalastuskomissio koostuu Itämeren rantavaltioiden tutkijoista sekä hallinnon ja kalastajien edustajista.

Gordonin (1954, 129) mukaan laajalle alueelle levinnyttä kalalajia on käsiteltävä yhtenä resurssina. Esimerkiksi Bjørndal (1988, 14) käsittelee Pohjanmeren kolmea eri sillikantaa yhtenä resurssina. Syynä on populaatioiden sekoittuminen syönnösalueilla, jolloin ei voida erottaa, mihin kantaan saalis kuuluu.

Kalapopulaatio voidaan kuitenkin yleensä jakaa osapopulaatioihin (Bjørndal 1988, 10). Itämeren lohikannat voidaan jakaa luonnonvaraisiin ja istutettuihin kantoihin (tai luonnonkutuisiin ja viljeltyihin kantoihin). Luonnonvaraiset lohikannat ovat jaoteltu pohjoisiin ja eteläisiin kantoihin, jotka on jaettu



edelleen erillisiin jokikantoihin. Lisäksi jokien lohikantoja voidaan vielä eritellä sivuhaarojen mukaisesti (ICES 1992, 2).

Lohenkalastuksessa on sama ongelma kuin sillin kalastuksessa eli ei voida täysin erottaa, mihin kantaan kalat kuuluvat. Pyyntitilanteessa istutettujen ja luonnonkantojen erittelemine ja ainoastaan toisen kannan hyödyntäminen on vaikeaa. Ongelma koskee erityisesti avomerikalastusta. Rannikkokalastuksessa saalistusta voitaisiin osittain eritellä, koska luonnonlohella (*Salmo salar*) ja istutetulla lohella vaellusaika poikkeaa jonkin verran (ICES 1992, 18). Wilenin (1985, 9) mukaan lohen ilmaantuminen kutemaan tapahtuu ehdottoman säännöllisin väliajoin, joten alueellisesti pyynti tai pyynnin rajoittaminen olisi helppoa kohdistaa tiettyyn ajanjaksoon.

Luonnonvaraisten kantojen uhkana on loppuun saalistaminen. ICES:n raportin (1992, 2) mukaan Pohjanlahden luonnonvaraiset lohikannat eivät pysty tällä hetkellä tuottamaan poikasia riittävästi, ja luonnonvarainen resurssikanta on alle minimaalisen biologisen hyväksytyin tason (MBAL, *minimum biologically acceptable level*).

Pohjanlahteen laskevien jokien luonnonvaraisista lohikannoista on jäljellä noin 15 alkuperäisestä 44 kannasta; Itämeressä Suomen puolella on jäljellä vain kaksi kutujokea (Simojoki ja Tornionjoki; Tornionjoki on lisäksi rajajoki). Kuikka (1992) ja Kuikka & Varis (1991, 1992) pitävät Itämeren luonnonlohikantojen kannalta kriittisimpänä alueena juuri Pohjanlahden rannikkovesiä, ja keskeisimpänä ongelmana rysäkalastuksen säätelyä.

Pohjanlahdella erityisesti Perämeren lohenkalastus on lisääntynyt: vuonna 1990 40 % suomalaisista lohenkalastajista kalasti Perämerellä, kun vuonna 1980 Perämeren osuus oli 20 % (lohenkalastajien kokonaismäärä on lisääntynyt noin 700 kalastajasta 1 000 kalastajaan) (ks. Hildén ym. 1991, 1 – 5).

Pohjanlahden vuoden 1990 poikkeuksellisen suuri lohisaalis selitetään johtuvan suurista istutusmääristä, poikasten selviytymisasteen kohoamisesta, kalojen nopeasta kasvuasteesta, Itämeren pääaltaan kalastuspanoksen supistumisesta sekä lohiryisien teknisestä kehityksestä (ks. Hildén ym. 1991, 1, 8). Pohjanlahden luonnonlohisaalis vuonna 1990 oli puolestaan vain kolmasosa vuoden 1980 tasosta (ks. ICES 1992, 37). LIITTEESSÄ 1 on kuvattu lohisaaliin kehitystä vuosina 1985 – 1991 (Itämeren pääallas ja Pohjanlahti yhteensä).

Lohen rysäkalastuksen lyhyen ajan tuottavuuden kasvu voidaan katsoa johtuvan biomassan lisäyksestä, jolloin saalis kalastuspanosyksikköä kohden (CPUE, *catch per unit of effort*) on kasvanut. Suomessa Perämeren kalastajien nettotuottojen huippu vuonna 1990 (aikavälillä 1986–1992) johtuu siis yksikkösaaliin kasvusta, koska lohen reaalihintaa on tipahtanut yli 50 % vuoden 1986 tasosta (Halonen & Setälä & Salmi 1993; käsikirjoitus Perämeren kalastuksen kehityksestä vuosina 1986–1992). Vuoden 1990 rysäsaalis oli seitsemänkertainen vuoden 1986 rysäsaaliiseen verrattuna (tarkastelussa oli mukana 11 kalastusyritystä).

## **6.2 Kiintiöpäätösten tekeminen epävarmuuden vallitessa**

1980-luvulla annettiin ehdotuksia lohen saaliskiintiöstä (TAC, *total allowable catch*), mutta ainoastaan vuonna 1988 saalis vastasi ehdotettua maksimisaalista (ks. ICES 1992, 3). Vuodesta 1991 lähtien Itämeren komissio on määrännyt lohen TAC:n. Kokonaiskiintiö on jaettu edelleen maakohtaisiksi kiintiöiksi.

Vuosina 1991 ja 1992 Suomi ylitti asetetun kiintiön huomattavasti. Myös vuonna 1993 Suomi ylitti asetetun kiintiön, ja syksyllä kalastus jouduttiin keskeyttämään Suomenlahtea lukuunottamatta. Selkämerellä pyynti oli keskeytyksissä lohien kesärauhituksen takia avomerellä kesäkuun puolivälistä syyskuun puoliväliin. Kalastuskielto kuohutti tämän vuoksi etenkin syyspyyntiin pyrkivien avomerikalastajien tunteita.

Suomessa lohienkalastuksen säätely (kokonaiskiintiöön perustuva) on johtanut siihen, että kiintiö kalastetaan täyteen mahdollisimman nopeasti (ns. *the race for fish* -tilanne; kalastus keskittynyt touko–heinäkuuhun). Syynä on kalastajan voiton maksimointitavoite. Jos kalastaja ei ottaisi saalista mahdollisimman nopeasti, hänen kokonaissaaliinsa ja -tulonsa voisivat jäädä odotettua vähäisemmäksi. Seurauksena kiintiön täyttymisestä on ollut kalastuksen lopettaminen kesken kalastuskauden.

Vuodelle 1994 Suomi ei hyväksynyt Itämeren kalastuskomission tarjoamaa lohikiintiötä, vaan pyrkii rajoittamaan lohienpyyntiä aikarajoituksin. Asetuksen (231/94) mukaan lohien avomerikalastusta rajoitetaan vuonna 1994 yhteensä neljä viikkoa kevään aikana. Samoin rannikkokalastuksessa kevätkalastusta rajoitetaan ja kalastus voidaan aloittaa portaittain kesäkuun alusta. [Perämeren kalastajat ovat vaatineet parannuksia asetukseen, perustellen asiaansa taloudellisilla menetyksillä sekä syrjimisellä].

Tarjonnan keskittyminen ja biomassan kasvusta johtunut CPUE:n kasvu on pudottanut lohien hintaa 1990-luvulla (ks. myös Hildén ym. 1991, 8). Loppuvuodesta Suomeen on tuotu ulkomaista lohta (Norjalaista viljeltyä allaslohta), ja kotimaisen lohien tarjonnan puuttuessa (eli kilpailun puuttuessa) hinta on ollut korkeampi; hintaa on nostanut myös kysynnän kasvaminen joulusesongin aikana.

Kuikan (1992, 1) mukaan rajoittavan TAC:n käyttö tulisi pitkällä tähtäyksellä lyhentämään kalastuskautta yhä enemmän. Kiintiön hyödyntämisen jakaminen koko vuodelle toisi mahdollisesti lisätuloja kalastajille, koska tarjonta jakautuisi tasaisemmin ja nostaisi mm. kesäkuukausien keskihintaa.

Kalastuskauden laajentamisessa – siis kiintiön hyödyntämisen jakamisessa koko vuodelle (oletuksella, että kiintiö määrättäisiin ja sitä noudatettaisiin) – rannikon rysäkalastuksen CPUE todennäköisesti laskisi, jolloin saalituksen yksikkökustannukset kasvaisivat (ks. kappale 2.3; oletuksena on, että kustannukset riippuvat kalastuspanoksesta). Pohjanlahdella CPUE on ollut suurimmillaan touko–heinäkuussa. Vuosina 1990, 1991 ja 1992, jolloin CPUE on ollut erityisen korkealla tasolla, saalistus on keskittynyt kesäkuuhun – myös Perämerellä.

Ongelmana kokonaiskiintiön määrittämisessä on, ettei luonnonlohen ja istutetun lohen saaliita kiintiöidä erikseen. Kokonaiskiintiön määrittäminen mahdollistaa siten kutuvaelluksella olevan luonnonlohen liikakalastamisen, sillä kutuvaellus – ja samalla rysäkalastus – tapahtuu Pohjanlahdella ennen elokuuta. Säätelyn (TAC:n) vaikutukset näkyvät siksi lähinnä avomerikalastuksessa. [Asetuksen 231/94 avulla pyritään *aikarajoituksin* ehkäisemään luonnonlohen liikakalastus kutuvaelluksen aikana].

Ongelmana TAC:n määrittämisessä on lisäksi viive. Tulevan TAC:n ja saaliin ratkaisee tarkasteluhetken lohikantojen uusiutuminen ja biomassan koko (ks. Hildén 1991 ja Kuikka 1991). Hildénin (1991) mukaan tietyn kalalajin TAC:n määrittämisessä olisi huomioitava myös muiden lajien kannanvaihtelut.

## 6.2.1 Epävarmuus kantojen suuruudessa

Epävarmuutta kiintiöpäätösten tekemiseen aiheuttaa resurssikannan stokastinen vaihtelu (ks. Clark 1990, 343). Kiintiöpäätökset riippuvat oletuksista populaation koosta sekä kalastamiselta säästymisen (*escapement*) tavoitteesta.

Reed (1979) tarkasteli populaation kokoa  $X$  annettuna ja päätyi kiinteään kalastamiselta välttymistasoon  $S^*$ . Reedin (1979) mallin mukaan optimaalinen kalastamiselta säästymisen tavoite  $S^*$  on riippumaton nykyisestä resurssikannan  $X$  uusiutumistasosta. Annetulla uusiutumistasolla optimaalinen saalistus  $H^*$  on

$$H^* = \max(X - S^*, 0). \quad (6.1)$$

Resurssikannan  $X$  uusiutumistaso täytyy tuntea ennen saalistuspäätöstä (kiintiöpäätöstä). Ongelmana on, ettei kalojen resurssikantaa voida tarkasti laskea, johtuen havainnoinnin vaikeudesta.

Jos saaliskiintiöt perustuvat resurssin koon aliarviointiin, saalis on pienempi kuin resurssikannan turvaava saalistus voisi olla. Jos taas kiintiöt on asetettu optimistisiksi, resurssia uhkaa häviäminen, kun todellinen resurssikanta on oletettua alhaisempi.

Clark & Kirkwood (1986) ovat tarkastelleet optimaalisten kiintiöpäätösten tekemistä epävarmuuden ja resurssikannan vaihtelevuuden vallitessa. Lähestyminen ongelmaan on bayesilainen ja perustuu Reedin (1979) malliin.

Clark & Kirkwood (1986) olettavat resurssin koon epävarmaksi sillä ajanhetkellä, kun vuotuinen kiintiö  $H$  täytyy päättää. Malli on muotoa:

$$X_{k+1} = Z_k G(S_k) \quad (6.2)$$

ja

$$S_k = X_k - H_k, \quad (6.3)$$

jossa  $X_k$  kuvaa biomassaa ajanjakson  $k$  alussa,  $H_k$  on saalistus ja  $S_k$  kuvaa kalastamiselta säästymistä. Biomassan koko ajanhetkellä  $k + 1$  on jäljelle jäänyt resurssi kerrottuna satunnaistekijällä  $Z_k$  [keskimääräinen resurssin uusiutuminen  $G(X)$  oletetaan tunnettavan]. Satunnaismuuttujat oletetaan riippumattomiksi ja identtisesti jakautuneiksi; tiheysfunktiona  $f(z)$  ja keskiarvo  $\bar{Z}_k = 1$ .

Jos resurssin kokoa ei tunneta tarkasti jokaisen ajanjakson alussa, aiheuttaa se epävarmuutta resurssin koosta ajanhetkellä  $k + 1$ . Epävarmuus aiheutuu kahdesta syystä: ensiksi satunnaiskertoimen  $Z_k$  kautta ja toiseksi edellisen ajanjakson alkuperäisen biomassan  $X_k$  tasosta riippuvaisena. Yksinkertaistamisen vuoksi oletetaan  $S_k$  tunnettavan tarkasti ajanjakson lopussa (muuten törmätään matemaattisiin ongelmiin).

Annetuilla  $S_k$  ja  $X_{k+1}$  arvoilla saadaan satunnaismuuttujan tiheydeksi  $\pi_{k+1}(z) = g_k^{-1} f(g_k^{-1} z)$ , jossa  $g_k = G(S_k)$ . Tiheys  $\pi_{k+1}$  esittää ensisijaista mahdollisuutta epävarman muuttujan  $X_{k+1}$  jakautumisesta, annetulla  $S_k$  tasolla.

Kohdefunktiona on tulevaisuuden saalistuksen odotetun diskontatun arvon maksimointi (oletuksina kiinteät hinnat sekä resurssin koon tasoa kalastuskustannuksiin ei huomioida):

$$\max_1 E \left\{ \sum_{k=1}^{\infty} \alpha^{k-1} H_k \right\}, \quad (6.4)$$

ottaen huomioon tilatasapainot (6.2) ja (6.3);  $\alpha$  kuvaa diskonttotekijää,  $0 < \alpha \leq 1$ .  $H_k$  on määräytynyt sopeuttaen.

Kiintiön sopeuttamisessa käytetään hyväksi dynaamista ohjelmointimallia (Clark & Kirkwood 1986, 237). Aluksi määritellään yhtälön (6.4) mukaisesti maksimiodotusarvoksi  $J_n(S_0)$  (annettu  $S_0$  on edellisen vuoden jäljelle jäänyt resurssi); aikaulottuvuus  $n$  oletetaan nyt äärelliseksi.

Kalastuskauden  $k$  alussa kalastusviranomaiset määrittävät kiintiön  $Q_k$ . Saalistus  $H_k$  on silloin

$$H_k = \langle Q_k, X_k \rangle = \min(Q_k, X_k). \quad (6.5)$$

Maksimiodotusarvoksi saadaan

$$J_1(S_0) = \max_{Q \geq 0} E_{\pi} \{H_1\} = E_{\pi} \{X_1\} = G(S_0), \quad (6.6)$$

ja arvolla  $n \geq 0$

$$J_{n+1}(S_0) = \max_{Q \geq 0} E_{\pi} \{ \langle Q, X_1 \rangle + \alpha J_n(X_1 - \langle Q, X_1 \rangle) \mid S_0 \}. \quad (6.7)a$$

Voidaan havaita, että  $H_1 = \langle Q, X_1 \rangle$  ja  $S_1 = X_1 - H_1$ .

Reedin (1979) ja Clarkin & Kirkwoodin (1986) mallit poikkeavat resurssikannan koon oletuksissa. Clarkin & Kirkwoodin mallissa biomassaa  $X_1$  ei tunneta, kun kiintiö  $Q_1$  määrätään. Reedin mallissa  $Q_1^* \leq X_1$ , mutta

Clarkin & Kirkwoodin mallissa kiintiö saattaa ylittää resurssikannan koon:  $X_1 < Q_1^*$ .

Yhtälön (6.4) oletuksissa ei otettu huomioon kustannuksia, jolloin resurssi voidaan saalistaa loppuun, kun kiintiö  $Q_1$  ylittää todellisen resurssikannan  $X_1$ . Clarkin & Kirkwoodin (1986, 237) mukaan olisi realistisempaa olettaa, että kalastus loppuu tietyllä tasolla  $\bar{S}$  [eli saataisiin  $H_1 = \max(0, (Q_1, X_1 - \bar{S}))$ ].

Jos populaatiokartoitus on mahdollista ja uusiutuminen voidaan määritellä tarkasti, maksimaalinen odotettu hyöty  $V_{\max}(S)$ , annetulla kalastukselta välttymistasolla  $S$  on

$$V_{\max}(S) = E_z\{\check{J}[z(G(S))]\} - J(S), \quad (6.8)$$

jossa  $\check{J}(X)$  ja  $J(S)$  ovat odotettuja nykyarvofunktioita; Reedin mallin mukaisesti  $X$  annettuna ja Clarkin & Kirkwoodin mallin mukaisesti  $S$  annettuna.  $V_{\max}(S)$  on kasvava funktio  $S$ :n suhteen.

Crutchfield & Pontecorvo (1969, 23) arvostelevat puolestaan irrationaalista lohien suojelemista. Crutchfieldin & Pontecorvon mukaan on ilmeisen todennäköistä, että saalis vuonna  $t + i$  vähenee, jos kaikki mahdolliset kutuvaellukseen osallistuvat ikäluokat hävitetään jo poikasvaiheessa vuonna  $t$  ( $i = 2, \dots, 6$ ). Crutchfield & Pontecorvo korostavat, että lisääntyvä selviytyminen (kalastamiselta välttyminen) itse asiassa vähentää kutemaan palavien lohien määrää; lohien yksikkökoko saattaa myös pienetä. Syiksi he mainitsevat mm. kutualustojen ylitheyden ja kilpailun ruoasta, jolloin myös luonnollinen kuolleisuus lisääntyy.



Crutchfieldin & Pontecorvon (1969, 24) tarkastelu perustuu Paulikin & Greenoughin (1966) artikkeliin. Kalastukselta välttymistä kuvataan  $S$ :llä, palaajia  $N$ :llä ja saalistettujen osuutta  $U$ :lla. Vuonna  $t$  kalastukselta välttyminen on silloin  $S_t = (1 - U)N$ . Vuonna  $t + i$  palaajien määrä on  $N_{t+i} = cS_t g(S_t)$ , jossa  $c$  on vakio, joka liittyy lohiresurssin uudelleentuottavuuskykyyn.  $g(S)$  on vähenevä funktio  $S$ :stä eli esittää vähenevää vaikutusta populaation taajuudessa tuottaa resurssia muuttumattomassa ympäristössä.

### 6.2.2 Istutusten vaikutukset saalistukseen

Oletetaan, että istutettujen lohikantojen resurssi vuonna  $t$  on  $x_t^r$  ja luonnonkantojen  $x_t^w$  ( $x_t^r + x_t^w = X_t$ ). Lisäksi oletetaan, että istutettujen kantojen istutusten lisääminen vuonna  $t$  ( $X_t < X_{t+1}$ ) kasvattaa kokonaiskiintiötä vuonna  $t + 1$  (todennäköisesti kuitenkin vasta  $t + i$ ;  $i = 2, \dots, 6$ ) eli

$$H_{t+1} > H_t; \quad (6.9)$$

ehdolla, että

$$x_{t+1}^r > x_t^r, \quad (6.10)$$

ja ehdolla, että luonnonkantojen resurssi on säilynyt samana (luonnonlohen saalistus oletetaan vastaavan populaation luontaista kasvua; vrt. luku 2, yhtälö 2.7) eli  $X_{t+1} - X_t$  on istutettujen kantojen nettolisäys.

Oletuksella, että

$$x_{t+1}^r > x_{t+1}^w, \quad (6.11)$$

ja lisääntynyt saalistus ei kohdistu pelkästään istutettujen kantoihin, lisääntyä myös luonnonkantojen saalistus:

$$h_t^w < h_{t+1}^w. \quad (6.12)$$

Seurauksena on luonnonkantojen supistuminen vuonna  $t + 2$  ( $x_{t+1}^w > x_{t+2}^w$ ), koska luonnonlohen saalistus ylittää populaation luontaisen kasvun:

$$G(x_{t+1}^w) - h_{t+1}^w < 0. \quad (6.13)$$

Koska pohjoisten luonnonvaraisten lohikantojen MBAL (*minimum biologically acceptable level*) alitetaan, on kiintiöt syytä määrätä sellaiselle tasolle, että uusiutuminen turvataan. ICES:n raportin (1992, 16 – 17) mukaan naaraiden lukumäärä kalastuskauden jälkeen turvataan, jos annettua kokonaiskiintiötä ei ylitetä [ks. myös Kuikka & Varis (1991). He ovat tarkastelleet naaraiden osuutta tietyn ikäluokan saaliista Pohjanlahdella].

Keskimääräinen saalis (1980 – 1991) vaarantaisi luonnonlohen olemassaolon. ICES suositteluckin TAC:n määräämisen mieluummin kappaleina (yksilöinä) kuin kiloina, koska kiloissa määritely TAC saattaisi johtaa keskipainoa pienempien lohien saalistukseen.

Kalastusteknisistä keinoista esimerkiksi verkkojen silmäkoon suurentaminen on havaittu (Karlsson & Eriksson 1991) lisäävän vaellusikäisten lohien määrää. Wilenin (1985, 118 – 119) mukaan kalastamiselta välttymistä on kuitenkin helpompi toteuttaa asettamalla kalastamiselta välttymistavoitteita kuin säätelämällä silmäkokoja [kappaleessa 6.2.3 tarkastellaan lohien kalastamiselta välttymistä, perustuen kappaleessa 6.2.1 esitettyyn Clarkin & Kirkwoodin (1986) malliin]. Wilen (1985, 119) kylläkin korostaa, että lauhkeassa ilmastossa, jossa kalastusta voidaan harjoittaa jatkuvasti, silmäkoon rajoittaminen on tärkeää.

Kuikan & Variksen (1991, 3) mukaan kiintiön määrääminen pitäisi perustua heikoimpien kantojen tilaan. On kuitenkin vaikea perustella alhaisia kiintiöitä, jos istutetut kannat ovat suuret (Kuikka & Varis 1991, 7 ja Kuikka 1992, 2).

Mikäli luonnonlohiresurssi supistuu annetuista kiintiöistä huolimatta, uhkana on luonnonlohen loppuunkalastaminen. Luonnonlohikannan supistuminen voi johtaa lohenkalastuksen kieltämiseen tietyksi ajaksi, kuten Pohjanmeren sillin kohdalla kävi. [Keväällä 1993 ympäristöjärjestö Greenpeace on vaatinut luonnonkutuisen lohen kalastuksen lopettamista. Suomen Luonnon-suojeluliitto vaati puolestaan keväällä 1994 lohen kalastuksen kieltämistä Pohjanlahdella 1.1. – 15.7. väliseksi ajaksi.]

### 6.2.3 Empiirisiä havaintoja

Tarkastelun kohteena on Itämeren luonnonlohen säilymiseksi vaadittava emokalojen määrä (so. kutuiässä olevien määrä,  $S_1^B$ ). Luonnonlohen säilyttämiseksi on kutuiässä olevien vaadittavaksi määräksi oletettu 14 000 lohiyksilöä koko Itämeren alucella. Luku kuvaa kalastukselta välttymisen vähimmäismäärää; eli kutemaan pääsevää lohimäärää, jolla uusiutuminen turvattaisiin. Naaraiden osuus ko. määrästä on arvioitu 6 000 yksilöksi (ks. Kuikka & Varis 1991, 3 – 4).

Pohjoisten kantojen emokalojen vaadittava määrä on oletettu 3 500 yksilöksi. ICES:n (1992, 16) uusimpien arvioiden mukaan pohjoisten luonnonkantojen turvaamiseksi vaadittaisiin yksistään naaraita vähintään 4 000 – 5 000.

Luonnonlohen resurssikanta on arvioitu (ICES 1992, 60) noin 222 000 yksilöksi vuoden 1993 alussa (pohjoisen resurssin osuus 35 % luonnonkannasta). Istutetun lohen resurssikanta on arvioitu noin 1.6 miljoonaksi yksilöksi. Kuikka & Variksen (1991) mukaan luonnonlohen resurssikannan arvioinnissa esiintyy epävarmuutta. Kuikka & Varis (1991, 6) perustelevat epävarmuutta myös alentuneella kasvuasteella.

Vuoden 1993 odotettu saalis on 706 000 lohikyksilöä (TAC vuodelle 1993 oli 640 000 yksilöä). Odotettu saalis on siis yli kolminkertainen arvioituun luonnonlohikantaan verrattuna. Resurssikantoja supistaa saalistuksen lisäksi luonnollinen kuolevuus.

Seuraavassa tarkastelussa sovelletaan Clarkin & Kirkwoodin (1986) mallin yhtälöä:

$$S_1 = X_1 - H_1, \quad (6.14)$$

vuoden 1993 lohiarvioihin (ks. ICES 1992, 60).

Oletetaan, että luonnonlohen resurssikanta vuonna 1993 koko Itämerellä on  $x_{93}^B$  (laskettu vuoden 1992 loppuarvon perusteella sekä huomioidaan luonnollinen kuolevuus). Odotettu saalis on  $H_{93}^B$ . Odotettu saalis riippuu annetusta kokonaiskiintiöstä, ja oletetuista luonnonlohen ja istutettujen lohien resurssikannoista. Saaliin odotusarvo ei kuitenkaan täytä yhtälön (6.5) ehtoa [ $H_k = \min(Q_k, X_k)$ ], koska odotettu saalis ylittää asetetun kiintiön.

$$x_{93}^B = 222\,000 - 10\,500 = 211\,500,$$

$$H_{93}^B = 85\,000,$$

$$x_{93}^B = 86\,000.$$

Arvo  $x_{93}^B - H_{93}^B$  kuvaa kaikkia kalastukselta säästyneitä luonnonlohiyksilöitä. Ko. arvosta on vähennettävä vielä ei-kutuikäisten määrä  $\chi_{93}^B$ , jotta saadaan selville jäljelle jääneiden kutuikäisten määrä  $S_{93}^B$ .

Jäljelle jääneiden kutuikäisten luonnonlohien määrä koko Itämerellä on silloin:

$$S_{93}^B = (x_{93}^B - H_{93}^B) - \chi_{93}^B = 40\,500.$$

Naaraiden osuudeksi saadaan noin 15 000 yksilöä [naaraiden osuudeksi arvioitu 37 % kutuiässä olevista ikäluokista; naaraiden osuus kuitenkin vaihtelee ikäluokittain (ks. ICES 1992, 60 ja Kuikka & Varis 1991, 5)].

Pohjoisten kantojen koon oletetuksi alkuarvoksi vuonna 1993 saadaan vuoden 1992 loppuarvojen perusteella 77 600 yksilöä. Luonnollinen kuolevuus oletetaan 3 600 yksilöksi eli resurssin koko vuonna 1993 oletetaan olevan:

$$x_{93}^N = 74\,000.$$

Odotettu saalis on

$$H_{93}^N = 29\,700.$$

Luonnonlohen pohjoisten kantojen koko vuoden 1993 lopussa ( $x_{93}^N - H_{93}^N$ ) on 44 300 yksilöä. Ei-kutevien määräksi on oletettu 30 100 eli kalastukselta säästyvien kutuiässä olevien määräksi jää:

$$S_{93}^N = 14\,200,$$

joista naaraiden osuudeksi saadaan 5 300 yksilöä eli ICES:n tavoite saavutettaisiin.

Mikäli kannat voitaisiin erotella pyyntitilanteessa, saalisrajoite voitaisiin jakaa seuraavasti (odotettu saalis vuodelle 1993 on 706 000 yksilöä):

1. Pohjoiset kannat:  $H_{93}^N = 29\ 700$
- 2.a Eteläiset kannat:  $H_{93}^S = 55\ 300$
- 3.a Istutetut kannat:  $H_{93}^R = 621\ 000$ .

IBSFC:n ehdotus vuoden 1993 TAC:ksi on 640 000 ( $= Q_{93}^B = H_{93}^B$ ), jostaa avomerikalastuksen osuudeksi suositellaan 486 000 yksilöä eli 75 %.

Jos Itämeren luonnonkantojen osuus (tällä hetkellä noin 12 %) säilyy pyydystetystä kokonaissaalista, eikä kokonaissaalis kasva (istutuksia ei lisätä ja saalis pysyy TAC:n puitteissa), saatujen arvojen perusteella ei ole uhkaa lisääntymisiässä olevien luonnonlohien vähenemiselle.

Epävarmuustekijöinä on kantojen koon määrittäminen; epävarmuutta lisäävät smolttivaiheen jälkeinen selviytymisaste sekä uusiutumisasteen<sup>7</sup> ja ympäristön tilan mahdolliset muutokset. Lisäksi luonnonlohen osuus Itämeren kokonaislohisaaliista vaihtelee vuosittain; mm. vuosina 1985–1991 luonnonlohen osuus on vaihdellut 8–17 % välillä (ks. LIITE 1). Erityisenä ongelmana on naaraiden sukukypsyyden saavuttaminen koiraita huomattavasti myöhemmin, jolloin naaraiden kalastukselta välttyminen ja sukukypsäksi ehtiminen on ensisijaisen tärkeää.

---

<sup>7</sup> 1990-luvun alkuvuosina luonnonlohilla on esiintynyt lisääntymishäiriöitä (ns. M-74 -oireyhtymä). Yhtenä mahdollisuutena lisääntymishäiriöille ovat ympäristömyrkyt. Lisääntymishäiriöiden jatkuminen on uhkana luonnonlohen säilymiselle.

Seuraavaksi tarkastellaan kalastuskauden aikarajoitusten vaikutuksia tehokkuuteen ja yksikkökustannuksiin. Samalla huomioidaan myös rajoitusten hyödyt.

### 6.3 Rajoitusten tehokkuusvaikutukset

Bjørndalin (1987, 1 ja 1989, 49) mukaan kiintiöt ja suljetut kalastuskaudet ovat osoittautuneet tehottomiksi Pohjanmeren sillinkalastuksessa. Sillin pelastamiseksi otettiin käyttöön suljetut kalastuskaudet (vuonna 1971), sen jälkeen (vuonna 1975) määrättiin TAC ja yksilölliset kalastusmatkakiintiöt (*individual trip quotas*). Suljetut kalastuskaudet vähensivät tehokkaasti aluskohtaista kalastuspanosta, mutta asetettua kokonaiskiintiötä ei saavutettu (Bjørndal 1987, 11): sillikanta oli supistunut liian pieneksi, johtuen aikaisemmasta *open-access* saalistuksesta (ks. Bjørndal & Conrad 1987b, 64 – 65).

Itämeren lohenkalastuksessa mm. Pohjanlahdella kalastusta on säädelty kausiluonteisesti (suljettuja kalastuskausia) sekä rajoittamalla jokisuukalastusta (suljettuja kalastusalueita). Kalastuskausi- ja kalastusalue rajoituksilla pyritään turvaamaan luonnonlohen kutuvaellus ja nousu kutujokiin. Suomi luopui rannikkokalastuksen aikarajoituksista vuonna 1992 (aikarajoitukset olivat käytössä vuosina 1986–1991), mutta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) on esittänyt aikarajoituksiin palaamista. Myös ICES on suosittelut aikarajoitusten soveltamista rannikkokalastukseen (Kuikka 1992, 2). [Asetuksen (231/94) mukaan Suomessa siis palataan rannikkokalastuksen aikarajoituksiin vuonna 1994].

Pohjanmeren sillin kohdalla oli toteutua väite (mm. Munro & Scott 1985, 631), että parveutuvien lajien täydellinen vapaa saalistus ei johda bionomi-

seen tasapainoon, vaan resurssin häviämiseen (ks. kappale 2.3). Sillinkalastus kiellettiin kokonaan vuonna 1977 ja sallittiin uudestaan vuonna 1981 eteläisellä Pohjanmerellä ja vuonna 1983 pohjoisella Pohjanmerellä (vrt. *bang-bang* -saalistus kappaleessa 4.2). Sillikiintiöt määritellään yhdessä Norjan ja EU:n kanssa (Bjørndal 1988, 9 ja Bjørndal 1990, 175 – 176).

Sillinkalastuksessa säätelyn tehottomuus johtui säätelyn liian myöhäisestä aloittamisajankohdasta. Itämeren silakankalastuksessa säätelyn tehottomuus (TAC:tä ei saavuteta – TAC korkeampi kuin kokonaissaalis) johtuu puolestaan siitä, että silakanpyynti rehuksi on supistunut kysynnän vähentyessä. Seurauksena on ollut silakankalastuksen romahtaminen, jolloin silakkakanat ajautuvat ylitieheiksi. Ylitiheyttä aiheuttaa myös turskan väheneminen.

*Bang-bang* -periaatteen mukaan silakan saalistus tulisi maksimoida, kunnes optimaalinen populaation koko jälleen saavutetaan eli silakkapopulaation optimitaso saavutettaisiin päinvastoin kuin sillin kohdalla. Tulevaisuudessa silakankalastuksen optimoinnissa on ongelmana mahdolliset EU-säännökset, joiden mukaan kalastusta saa harjoittaa vain ihmisravinnon pyytämiseksi.

Itämeren lohenkalastuksen säätelyn hyödyt riippuvat luonnonvaraisen lohen uusiutumiskyvystä: pystyvätkö luonnonkannat säilymään ja mahdollisesti lisääntymään kalastuksesta huolimatta.

### **6.3.1 Kalastuskauden pituus ja optimaalinen aluskanta – yksinkertaistettu malli**

Munron & Scottin (1985) kalastuskausitarkastelu perustuu Clarkin (1976, 1982b) artikkeleihin. Tarkastelussa käytetään diskreetin ajan malleja, koska jatkuvan ajan mallit ovat tässä tapauksessa riittämättömiä (Munro & Scott



1985, 632); ts. ongelmaa käsitellään kalastuskausikohtaisesti (*season-by-season basis*).

Oletetaan, että kalastusviranomaiset asettavat saaliskiintiön  $H$ . Biomassan kasvu kalastuskauden  $T$  aikana oletetaan nolllaksi (ks. Munro & Scott 1985, 632); saalistus siis vähentää biomassaa. Biomassan kasvu oletetaan tapahtuvan kalastuskauden ulkopuolella ja kasvu säilyttää resurssin alkuperäisellä tasolla.

Oletetaan lisäksi, että kalastuskauden maksimipituus on  $T_{\max}$ . Kalastuskauden todellinen pituus riippuu ajasta, jonka aluskanta  $B$  tarvitsee saavuttaakseen kiintiön  $H$  (TAC). Alukset oletetaan samanlaisiksi (käytännössä alukset hyvinkin poikkeavia).

Biomassaa kuvataan, ajanhetkellä  $\tau$ ,  $x(\tau)$ :llä;  $0 \leq \tau \leq T$ . Oletetaan, että  $x(0) = X$ . Saalistusfunktio on muotoa  $h(\tau) = qEx$ . Kalastuskauden aikana alukset ovat täydessä käytössä, joten  $E$  voidaan korvata  $B$ :llä (ks. kappale 3.2). Kun  $h(\tau) = -dx/d\tau$ , saadaan

$$dx/d\tau = -qBx, \quad 0 \leq \tau \leq T. \quad (6.15)$$

Saaliskiintiö  $H$  oletetaan saavutettavan kalastuskauden aikana. Silloin

$$H = X(1 - e^{-qBT}). \quad (6.16)$$

Annetulla aluskannalla  $B$

$$T = N/B, \quad (6.17)$$

jossa  $N = (1/q)\log[X/(X - H)]$ .

Jos aluskanta  $B$  vaihtelee, kalastuskauden  $T$  pituus vaihtelee päinvastaisesti. Käänteisesti ilmaistuna; kun kalastuskaudella on maksimipituus, voidaan osoittaa aluskannan minimikoko  $B_{\min}$ , joka tarvitaan saavuttamaan kiintiö  $H$  kalastuskauden aikana eli

$$B_{\min} = N/T_{\max}. \quad (6.18)$$

Jos  $B = B_{\min}$ , ja kalastusviranomaiset haluavat estää kiintiön  $H$  ylittymisen, voidaan kalastuskautta lyhentää. Kalastuskauden lyhentäminen aiheuttaa tehottomuutta, koska alukset ovat toimettomina kasvaneen joutoajan vuoksi. Mikäli uusien alusten mukaantuloa ei ole estetty, aluskanta laajenee, kunnes

$$pH - c(T)B = 0. \quad (6.19)$$

$c(T)$  kuvaa yhden aluksen kalastuskauden kustannuksia. Kustannukset voidaan esittää funktiona:

$$c(T) = c_0 + c_1T, \quad (6.20)$$

jossa  $c_0$  kuvaa kiinteitä kustannuksia ja  $c_1$  toimintakustannuksia per aikayksikkö (ks. Clark 1976, 241, Munro & Scott 1985, 633).

Yhtälö (6.19) voidaan ilmaista muodossa:

$$pH - [c_1N + c_0B_{\min} + c_0(B - B_{\min})] = 0, \quad (6.21)$$

jossa  $c_0(B - B_{\min})$  ilmaisee liiallisesta aluskannasta johtuvia ylimääräisiä kiinteitä kuluja kalastuskauden aikana (*redundancy deadweight loss*).

### 6.3.2 Pääkalastuskauden rajoittaminen

Edellisessä kappaleessa osoitettiin, että liian suuri aluskanta ja kalastuskauden lyhentäminen johtavat tehottomuuteen. Bjørndalin (1987, 1989) mukaan kalastuskauden rajoittaminen pääkalastuskauden aikana (aikarajoitukset) johtaa myös tehottomuuteen.

Seuraavassa tarkastelussa osoitetaan saalistuksen yksikkökustannusten nousevan, mikäli rajoittaminen kohdistuu pääkalastuskauteen (vrt. asetus 231/94 lohenpyynnin rajoittamisesta). Tarkastelun kohteena on Pohjanlahden rannikon rysäkalastus.

Rysäkalastus on keskittynyt lohen vaellusaikaan, joten yksikkösaalis on ollut suuri. Tietyllä kohdalla rannikkoa populaation koko on suurimmillaan ajanhetkellä  $\tau$  eli

$$x_{\tau-1} < x_{\tau} > x_{\tau+1}, \quad (6.22)$$

joten tietyllä kalastuspanoksella  $E$  yksikkösaalis supistuu (oletetaan, että  $h = qEx$ ), kun saalistus tapahtuu pääkalastuskauden  $\tau$  ulkopuolella.

CPUE ( $h/E = qx$ ) siis supistuu, kun pääkalastuskautta rajoitetaan. Kalastuspanoksen lisääminen kokonaissaalistason ylläpitämiseksi nostaa puolestaan kustannuksia [oletetaan, että  $C(E) = aE$ ].

Jos aikarajoituksia sovelletaan ja kalastuskautta pidennetään tietyn saalis määrän saavuttamiseksi, kalastuskauden pidentämisestä johtuva keskihinnan odotettu nousu (ks. kappale 6.2) tulisi kattaa kalastuspanoksen lisäämisestä

aiheutuva yksikkökustannusten kasvu. Keskihinnan nousu perustuu oletukseen, että hinnat vaihtelisivat tarjonnan mukaan, koska lohenkysyntä on melko kiinteä (ks. Hildén ym. 1991, 8).

Mikäli keskihinnan nousu perustuisi alentuneeseen tarjontaan eli kalastuspanosta ei lisättäisi tietyn saalismäärän saavuttamiseksi, keskihinnan nousu tulisi kattaa CPUE:n supistumisesta aiheutuva tulojen aleneminen.

Kuikan (1992, 4) mukaan Suomessa alhaisella CPUE:lla ja korkealla kalastuspanoksella on voimakas riippuvuussuhde; kun taas aikarajoituksista luopumisesta johtuvan CPUE:n kasvun ei ole todettu lisäävän kalastuspanosta. Syiksi Kuikka (1992, 5) mainitsee rajoitetun mukaantulon kalastukseen: kalastusvedet ovat joko yksityisiä (*sole owner*, kalastusoikeudet kuuluvat vesialueen omistajalle) tai kalastusvedet ovat valtion vesiä, joilla puolestaan valtio on säännöstellyt kalastajamäärää. Merkittävä tekijä on myös hintatason laskeminen; vaikka CPUE on kasvanut aikarajoitusten poistuessa, on tulot per kalastuspanos säilyneet vakaana. Saaliin kasvu ei siis ole houkutelut uusia kalastajia, koska hinnat ovat laskeneet tarjonnan kasvaessa.

Kalastuksen sallimista kutuvaelluksen aikana voidaan verrata parveutuvien lajien saalistukseen. Mikäli luonnonlohen resurssin kasvu ei vastaa saalistustasoa ja yksikkökustannukset säilyisivät vakaina (kuten parveutuvien lajien saalistuksessa), johtaisi saalistus luonnonlohiresurssin häviämiseen (vrt. Munro & Scott 1985, 631).

Jos rysäkalastus sallittaisiin vuosittain pääkalastuskauden aikana (kutuvaelluksen aikana), eikä saaliille määrättäisi kiintiötä, joutuisi luonnonlohi maksimaalisen saalistuksen kohteeksi koko Pohjanlahden rannikko-osuudella. Kuikan & Variksen (1992, 3) mukaan kutuvaelluksella oleva lohi voidaan kalastaa lähes kokonaan; saalistettavuuskerroin on erityisen suuri

kutujokien suilla. Vaikka osa lohista pääsisi perille Perämeren pohjukassa oleviin kutujokiin, seurauksena olisi populaation kasvun aleneminen; ehdolla, että CPUE:n kasvu lisää kalastuspanosta, jos kiintiötä ei määrätäisi.

Rannikkokalastuksen aikarajoitukset pääkalastuskauden aikana ovat sikäli perusteltuja, että saalituksen ajoittamisella (luonnonlohen vaellus tapahtuu ensin) voitaisiin vähentää luonnonlohen saalistusta. Kuikka (1992, 6) pitää Perämeren aikarajoituksia ensisijaisen tärkeinä.

Yksilöllisesti tai pyyntimuodoittaisesti määritellyt kiintiöt (tarkastellaan lähemmin kappaleissa 7.2 ja 7.3) mahdollistaisivat kalastuskauden siirtämisen; ongelmana on kuitenkin yksikkökustannusten mahdollinen kasvaminen, koska alhainen CPUE on osoittautunut aiheuttavan kalastuspanoksen lisääntymistä. Tarjonnan huipun tasoittaminen kalastuskauden siirtämisen avulla tulisi nostaa keskihintaa yksikkökustannusten kasvun verran ( $c/p$  suhde säilyy muuttumattomana), jotta tulotaso säilytetään.

Rajoitteena rysäkalastuksen kalastuskauden siirtämisessä on lohen vaellus: kalastusaika on suhteellisen lyhyt, joten kalastuskauden siirto ei ole käytännössä rysäkalastuksessa mahdollista. Suomessa Perämeren kalastajien huoli pääkalastuskauteen kohdistuvan aikarajoitusasetuksen (231/94) vaikutuksista taloudelliseen kehitykseen on siksi aiheellinen. Rysäkalastuksessa yksilölliset kiintiöt lisääisivät tehokkuutta, jos aikarajoituksia ei sovelleta ja/tai kalastajamäärää rajoitetaan.

Avomerikalastuksessa kalastuskauden siirto on helpompi toteuttaa kuin rysäkalastuksessa. Etuna kalastuskauden siirtämisessä olisi (kun esimerkiksi yksilöllistä kiintiöjärjestelmää sovellettaisiin), että kokonaiskalastusaika pitenisi (ei jouduttaisi kieltämään kalastusta kesken syyskalastuskautta, kuten vuonna 1993 Suomen saaliskiintiön täytyessä). Tarjonta ei olisi

myöskään niin keskittynyttä kuin nykyisin, joten kalastuskauden laajenemisella olisi myös hintavaikutusta.

Avomerikalastuksessa voitaisiin aikarajoitusten sijaan (tai lisäksi) harkita liikkuvuuden rajoittamista alueellisesti alusten kotisataman mukaan (ks. kappale 7.3.2). Pääkalastuskauteen kohdistuva aikarajoitusten käyttö avomerikalastuksessa johtaisi tehottomuuteen, samoin kuin rysäkalastuksessa – etenkin, jos alueellista liikkuvuutta myös rajoitettaisiin. Koska avomerikalastajien lukumäärä on kasvanut, yksilöllisten kiintiöiden tulisi rajoittaa kalastusalusten määrää, jotta alusten tehokkuusvaatimus säilyisi; aikarajoitusten poisto lisäisi muuten kalastuspanosta [vrt. yhtälöt (6.19) ja (6.21)]

Koska aikarajoituksista luopuminen ei ole todettu (Kuikka 1992, 4) lisäävän kalastuspanosta rannikkokalastuksessa, rajoitettu mukaantulo avomerikalastuksessa (esimerkiksi yksilölliset kiintiöt) mahdollistaisi lohikannan uusiutumisen, jos luonnonlohelle taataan pääsy kutemaan.

Yksilöllisesti määritellyt kiintiöt tulisi asettaa niin, että kalastamiselta välttyy tietty osa kutuvaelluksella olevista lohista, jotta resurssikannan uusiutuminen turvataan. Edellytyksenä on, että tietty osa luonnonlohista välttyy kalastamiselta merialueella, pääsy kutujoelle on turvattu kalaväylällä – jossa kalastus olisi kielletty, jokialueenkalastus on rajoitettua ja joen tila mahdollistaa kudun onnistumisen. Säätely ei siis turvaa lohikantojen uusiutumista, jos lohen elintila muuten pilaantuu (esimerkiksi Simojoen vedenlaatu on huonontunut valuma-alueen päästöjen vuoksi; puhelinkeskustelu P. Heikkilän kanssa 4.11.1993).

### 6.3.3 Jaksoittaisen kalastuksen tapaus

Kalastuskauden rajoittamisen havaittiin johtavan yksikkökustannusten kasvamiseen. Jaksoittaisen kalastamisen tapauksessa yksikkökustannusten odotetaan puolestaan laskevan.

Tarkastelemme *pulse fishing* – eli jaksoittaista kalastusta ja jaksoittaisen kalastuksen vaikutusta Pohjanlahden rannikon rysäkalastukseen. Jaksoittaisen kalastuksen malli on Clarkin (1976, 293 – 295) yksinkertaisen diskreetin ajan ikäluokkamallin mukainen.

Rysäkalastuksessa oletetaan pyyntivälineiden pysyvän paikallaan, mutta populaatio siirtyy rannikkoa pitkin yhtälön (6.22) mukaisesti. Avomerikalastuksessa yksittäiset alukset ja pyyntivälineet ovat siirrettävissä ja saalistus voidaan kohdistaa lohen vaelluksen mukaisesti. Avomerikalastuksessa *pulse fishing* –saalistus vastaisi moottoroidun *pulse fishing* –saalistuksen tapausta eli alukset voivat siirtyä alueelta toiselle saaliin perässä. Jos avomerikalastuksessa rajoitettaisiin alueellisesti alusten liikkuvuutta, voidaan rysäkalastustilannetta soveltaa myös avomerikalastukseen (ks. *immobile* ja *mobile* – käsitteet; Hannesson 1974, 114 – 115)].

Aluksi oletetaan, että pyyntivälineet eivät pysty erittelemään eri ikäluokkia, jolloin kalastettaessa saaliiksi saadaan kaikkia ikäluokkia. Jos halutaan välttää tiettyjen ikäluokkien kalastusta, on kalastus lopetettava kokonaan (ks. kappaleen lopussa kritisointi tässä annetuista oletuksista). Populaation uusiutuminen (uusien ikäluokkien syntyminen) oletetaan vakaaksi.

Oletetaan, että

$$x_1^w < x_2^w < \dots < x_N^w > x_{N+1}^w > \dots, \quad (6.23)$$

jossa  $x_k^w$  kuvaa luonnonlohen ei-saalistettavien ikäluokkien biomassaa (ikäluokan ikä  $k = 1, 2, 3, \dots$ ), niin että  $N$  on maksimibiomassan ikä ( $N$  suurempi kuin yhden sukupolven väli).

Jos luonnonlohipopulaatiota saalistetaan maksimaalisesti kerran joka  $m$ :s vuosi, silloin keskimääräinen vuotuinen saalis olisi

$$h_m^w = \frac{1}{m} (x_1^w + x_2^w + \dots + x_m^w). \quad (6.24)$$

Jos  $m < N$ , niin

$$x_1^w + x_2^w + \dots + x_m^w < mx_{m+1}^w, \quad (6.25)$$

siten että

$$(m+1)(x_1^w + x_2^w + \dots + x_m^w) < m(x_1^w + x_2^w + \dots + x_{m+1}^w); \quad (6.26)$$

jolloin

$$h_m^w < h_{m+1}^w. \quad (6.27)$$

Tarkastelu osoittaa, että jos luonnonlohen keskimääräinen saalis halutaan maksimoida, maksimaalinen saalistus (*pulse fishing*) voi tapahtua kerran joka  $N$ :s vuosi, kun ikäluokista koostunut biomassaa saavuttaa maksimikonsa tietyllä iällä  $N$ .



Annetuilla oletuksilla *pulse fishing* -saalituksen etuja olisi suurempi keskimääräinen saalis. Lisäksi kalastuksen rajakustannukset alenisivat (Clark 1976, 174), joten kalastus olisi tehokkaampaa kuin kestävän saaliin kalastus.

Ongelmana voidaan mainita tulojen epätasaisuus eri vuosien välillä. Osittain tuloja voitaisiin kompensoida siirtymällä välivuosina kalastamaan vaihtoehtoisia kalalajeja; ongelmana olisi siirtokustannukset investointien kasvaessa, koska kalastusvälineistöä pitäisi vastaavasti uusia.

Jos *pulse fishing* -saalistus tuottaa avomerikalastuksessa (oletetaan, ettei aluerajoituksia sovelleta eli alukset voivat siirtyä alueelta toiselle lohien vaelluksen mukaisesti) suuremman saaliin kuin kestävän saaliin tapauksessa, veisi avomerikalastus saalista rannikkokalastajilta ja johtaisi mahdollisesti konflikteihin (ks. myös Hannesson 1974, 115).

*Pulse fishing* -saalistus ei myöskään takaisi - kutuvaellukseen osallistuvien lohien siirtyessä rannikko-osuuksilta eteenpäin kohti kutujokia (Perämerelle) - että Perämeren rannikkokalastajien keskimääräinen saalis olisi suurempi kuin kestävän saaliin tapauksessa. Perämeren rannikkokalastajien yksikkökustannukset eivät myöskään todennäköisesti silloin laskisi. Kuikka (1992, 4) osoittaa tarkastelussaan, että Perämeren rysäkalastajien CPUE on alhaisempi kuin Selkämeren rysäkalastajien, johtuen juuri vaelluksesta. *Pulse fishing* -saalistus saattaisi siis kärjistä ristiriitoja eri pyyntimuotojen välillä sekä eri alueiden välillä [ks. saaliin taloudellisesti oikeudenmukaisesta jakamisesta lisäksi Hildén & Kuikka (1990)].

Ehtona yksinkertaisessa *pulse fishing* -mallissa on, etteivät pyyntivälineet pysty erittelemään saalista. Ehto ei kuitenkaan pidä käytännössä (kalastusteknistä keinoista mm. Karlsson & Eriksson 1991). Lisäksi lohi siirtyy mereen vasta smolttivaiheen jälkeen, joten tietyt ikäluokat puuttuvat meri-

kalastuksesta. Crutchfieldin & Pontecorvon (1969, 23, 25) mukaan annetulla kalastuskaudella hyödynnetään tavallisesti vain yhtä tai kahta lohi-ikäluokkaa. Kutuvaellukseen eivät myöskään osallistu kaikki ikäluokat, vaan vuoden  $t$  kutuvaelluksen ikäluokat ovat syntyneet vuonna  $t - i$  ( $i = 2, \dots, 6$ ). Myös Wilenin (1985, 93) mukaan saalistus voidaan kohdistaa tiettyihin ikäluokkiin. Wilen kuitenkin tähdentää, että jokisuilla ikäluokat voivat sekoittua.

Clark (1976, 295 ja 1990, 300 – 301) on käsitellyt tapausta, että pyyntivälineet pystyisivät valikoimaan tiettyjä ikäluokkia. Valikoivan saalistuksen mallissa (samoin kuin perusmallissa) oletetaan biomassan saavuttavan maksimikokonsa tietyllä iällä  $N$ . Kuikka (1991) osoittaa lohien kasvun riippuvan kuitenkin vedenlämpötilasta sekä lohien luonnollisista saalis- ja saalistajaresurssien koosta. Lohien biomassan maksimikoko ei siis ole yksistään riippuvainen iästä.

Päätelmänä säännöllisin vuosivälein tapahtuvasta jaksoittaisesta kalastuksesta voidaan todeta, että menetelmän käyttö ja odotetut hyödyt ovat rajoitettua lohienkalastuksessa.

Seuraavassa luvussa tarkastellaan eri kiintiöintimenetelmien mahdollista soveltuvuutta Suomen lohienkalastuksessa. Kappaleessa 7.2 selvitetään pyyntimuodoittaista saalisrajoitetta ja kappaleessa 7.3 pohditaan, mitä ongelmia ja etuja liittyy alueittain jaettavien yksilöllisten kiintiöiden käyttööntamiseen.

## 7 SUOMEN LOHENKALASTUKSEN LÄHIAJAN MUUTOSPAINTEITA – KOKONAISKIINTIÖSTÄ YKSILÖLLISIIN KIINTIÖIHIN

### 7.1 Johdanto

Suomen kalastuksen hoidossa lohenkalastus on osoittautunut yhdeksi ongelmallisimmista tapauksista (Hildén ym. 1991, 10). Hildénin ym. (1991, 10) mukaan esimerkiksi kalastuspanosta ei ole voitu täysin kontrolloida, koska avomerikalastus on ollut vapaata (*open-access*), vesialueen omistajalla on ollut oikeus kalastaa omilla vesillään (*sole owner -tilanne*) sekä resursseihin on ollut yleinen oikeus (*common-property*). Kokonaissaaliin säätely on osoittautunut näiden seikkojen vuoksi hankalaksi.

Kanadassa on käytetty lisenssejä lohenkalastuksen säätelemiseksi 1880-luvulta lähtien. Lisenssijärjestelmän varsinainen läpilyönti tapahtui kuitenkin vasta vuonna 1968 julkistettaessa ns. Davis-sopimus (ks. Pearse 1982, 78, 101).

Suomessa lisenssijärjestelmän käyttöönottamisen lainmukainen este on perustunut vapaaseen elinkeinon harjoittamiseen. Kuikka (1992, 5) toteaa kuitenkin, että vesialueiden omistusoikeudet ovat rajoittaneet mukaantuloa (ks. kappale 6.3.2); poikkeuksena vapaasta kalastuksesta voidaan mainita kalastus yksityisten vedenomistajien vesillä, myös valtion vesillä on kalastusta osittain rajoitettu.

Useissa EU-maissa ammattikalastus on luvanvaraista, joten vuoden 1994 alusta voimaan astuneen ETA-sopimuksen ja Suomen mahdollisen EU-

jäsenyyden myötä kalastuslainsäädäntöön on tulossa muutoksia. Vuoden 1993 aikana kalastuslainsäädännön muutoskeskusteluiden keskeisenä tavoitteena on ollut, että ammattimaiseen kalastukseen tarkoitettuja pyydyksiä saisivat käyttää vain ammattikalastajat [ks. muutoksista tarkemmin kalastusasetus N:o 1356/93. Kalastuslain muutoksissa 11.6.1993/489 ja N:o 1355/93 § 1 momentissa on määritelty ulkomaalaisten kalastusoikeuksista].

Suomen lohisaalis koostuu avomeri- ja rannikkokalastuksesta. Aikaisemmin todettiin (kappale 6.2), että kokonaiskiintiön määrääminen (kun rannikkokalastuksen aikarajoituksia ei ole sovellettu) ei rajoita rysäkalastusta, koska rysäkalastus on keskittynyt alkukesään: rysillä on saatu *yhden kuukauden* aikana 30 % kokonaissaaliista (Hildén ym. 1991). Seurauksena on ollut avomerikalastuksen kalastuskauden lyheneminen, joka on aiheuttanut tehottomuutta avomerikalastuksessa (ks. kappale 6.3).

Jos aikarajoituksia ei sovelleta rannikkokalastuksessa (aikarajoitukset olivat käytössä vuosina 1986–1991, ja sovelletaan jälleen vuodesta 1994 lähtien; aikarajoitusten tehokkuusvaikutuksista kappaleissa 6.3.1 ja 6.3.2), saattaa aiheutua luonnonlohikantojen liikahyödyntämistä, mikäli kokonaiskalastuspanosta ei voida kontrolloida.

Lyhyellä aikavälillä aikarajoitusten poisto ei ole todettu lisänneen rannikkokalastuksen kokonaiskalastuspanosta merkittävästi (Kuikka 1992, 5). Aikavälillä 1980–1990 (ks. Hildén 1991, 3 – 4) rysäpyydysten osuus kaikista lohipyydysistä on kuitenkin lisääntynyt 20 prosentista noin 30 prosenttiin (erityisesti Suomenlahdella rysäpyynti on korvannut muita pyyntimuotoja). Lisäksi alueellisesti on tapahtunut siirtymistä: Perämeren kalastus on lisääntynyt (ks. kappale 6.1). Kalastuksen alueellinen keskittyminen voi johtaa kilpailuun saaliista ja on uhkana lohen kalastamiselta välttymiselle.

Kuikan (1992, 5) mukaan Perämeren rysäkalastajien määrä ei ole oleellisesti muuttunut vuosina 1980–1991, ei myöskään kalastuspäivissä mitattu rysäkalastuksen kalastuspanos. Halonen & Setälä & Salmi (1993) ovat kuitenkin todenneet, että Perämerellä 1986–1992 rannikkokalastuksen eri pyyntimuotoja harjoittaneet RKTL:n kirjanpitoyritykset ovat luopuneet silakan rysäkalastuksesta ja keskittyneet lohen rysäkalastukseen vuodesta 1989 lähtien. Kalastajamäärissä ei silloin näy muutosta, koska yritykset ovat jo aiemmin harjoittaneet lohenpyyntiä. Kalastuspäivissä mitattu kalastuspanos ei lisääntynyt, sillä kalastus on keskittynyt yhä enemmän touko-kesäkuuhun; CPUE on kasvanut, mutta ei kalastuspäivissä mitattu kalastuspanos. Kalastuspanos voidaan katsoa kuitenkin lisääntyneen uusien investointien myötä; uudet pyyntivälineet on lisäksi aikaisempia pyydyksiä teknisesti tehokkaampia.

Seuraavissa tarkasteluissa tutkitaan kahta eri kiintiönjakamismenetelmää: pyyntimuodoittaista ja yksilöllisiin kiintiöihin perustuvaa. Pyyntimuodoittaisten kiintiöiden malli on muokattu Charlesin (1986) ulkomaisen ja kotimaisen kalastuksen yhdenaikaisuus -mallista (ks. luku 5). Kohteena on Suomelle osoitetun kiintiön ( $H_i^F$ ) jakaminen rannikko- ja avomerikalastuksen välillä yhdenaikaisuus -periaatteen mukaan. Tarkastelussa selvitetään kiintiöiden vaikutusta tehokkuuteen.

Ensimmäiset tutkimukset kaupallisen kalastuksen säätelemisestä yksilöllisten kiintiöiden avulla ilmestyivät 1970-luvulla. 1980-luvulla menetelmä otettiin eri muodoissa käyttöön mm. Islannissa (1984), Uudessa-Seelannissa (1986), Australiassa ja Kanadassa. Suomessa ITQ-systeemin (ITQs, *individual transferable quotas*) käyttöönottamista on tarkasteltu 1990-luvun alusta lähtien (ks. Mickwitz 1992, 1). Islannissa kalastuslakia uudistettiin vuonna 1991; nykyisin kalastuksessa sovelletaan ns. ITSQ-systeemiä (ITSQ, *individual transferable share quotas*) (ks. Helgason 1991, 1).

Vuodesta 1984 lähtien Islannissa vaadittiin tietyn kokoisilta kalastusaluksilta lisenssi (vuodesta 1991 lähtien kaikilta kalastusaluksilta). Ne kalastusalukset, jotka olivat mukana kalastuksessa vuonna 1983 saivat lisenssin. Vuoden 1984 lain mukaan uusia aluksia voi tulla mukaan, jos aikaisemmin mukana ollut alus poistui lopullisesti kalastuksesta. Kiintiöosuudet perustuivat jokaisen aluksen keskimääräisiin saaliisiin vuosina 1981–1983. Aluksi kiintiöiden siirtäminen tapahtui poistuvalla alukselta uudelle alukselle. Kiintiöt tulivat kalastuksessa mukana olevien alusten välillä täysin siirrettäviksi vasta vuonna 1991.

Kappaleessa 7.2 tarkastellaan kiintiön jakamista eri pyyntimuotojen välillä ja oletetaan, ettei kiintiötä voida siirtää pyyntimuodolta toiselle. Kappaleessa 7.3 oletetaan, että kiintiöt määrätään yksilöllisinä *kiintiölisensseinä* ja esimerkiksi rannikkokalastuksen sisällä kiintiöillä voidaan käydä kauppaa; ei kuitenkaan eri alueiden välillä.

Kiintiölisenssien käyttöä voidaan perustella tiettyjen lajien säilymisen turvaamiseksi. Pearse korostaa (1982, 81), että lisenssiointimenetelmien on mukauduttava myös muihin rajoituksiin. Pearse pitää välttämättömänä saaliin iän ja koon rajoittamista sekä kalastuksen aika- ja aluerajoituksia. Esimerkiksi Uudessa-Seelannissa (ks. Pearse & Walters 1992, 175) kiintiön haltijan oikeudet on määritelty kalalajeittain ja alueittain.

Islannissa (Helgason 1991, 4 – 10) ITQ-systeemissä ei käytetä alue- tai pyyntivälinerajoituksia. Aluksilla oli tosin vuodesta 1985 lähtien mahdollisuus valita ITQ-systeemin sijaan ns. EQ-lisenssi (EQ, *effort quota*), jolloin kalastuspäiviä rajoitettiin. Useimmat alukset valitsivat kuitenkin ITQ-systeemin. Vuoden 1991 laissa kalastuspanoskiintiöt (EQs) poistettiin.

Pearsen & Waltersin (1992, 175) mukaan yksilölliset kiintiöt ovat muuttaneet kalastajien keskinäistä suhdetta: kalastajat (Uudessa-Seelannissa) eivät

koe toisiaan enää kilpailijoina, vaan ITQ-systeemin on todettu lisänneen kalastajien yhteistyötä. Islannissa ITSQ-systeemin on todettu lisänneen myös tehokkuutta (Helgason 1991, 10).

## 7.2 Saalisrajoite eri pyyntimuodoille

Taloudellisesti optimaalisinta olisi, että Suomelle osoitettua kiintiötä  $H_t^F$  (oletetaan, että Suomi hyväksyy kiintiön) hyödyntäisi vain toinen kalastajaryhmä (ainoastaan avomerikalastajat tai ainoastaan rannikon rysäkalastajat), jos valinta riippuisi pelkästään tuotantopanosten hintasuhteista. Andersonin (1986, 189 – 191) mukaan kahden eri pyyntimuodon saman kalakannan hyödyntäminen kuvaa suboptimaalista tilannetta: kahden pyyntiyhdistelmän tilanne ei ole optimaalinen niin kauan kuin käsitellään taloudellista tehokkuutta. Anderson (1986, 190) toteaa kuitenkin, että yhdistelmäkalastuksessa löytyy taloudellisesti optimaalinen piste, jossa molempien sektoreiden tuottama arvo maksimoituu.

Oletuksena on, että Suomelle osoitettua kiintiötä hyödyntävät vuonna  $t$  sekä avomerikalastajat  $B_t^a$  että rannikkokalastajat  $B_t^c$  ( $B_t^s$  ja  $B_t^a$  kuvaavat saalistuskapasiteettia; vrt. kappale 5.2), koska kalastajaryhmät kalastavat eri aikoina ja eri alueilla. Pelkästään toisen kalastajaryhmän kalastus johtaisi tehottomuuteen, sillä rajoitteina tietylle pyyntimuodolle ovat sille soveltumattomat pyyntialueet ja pyyntiajat.

Luvussa 5 (kappale 5.2) tarkasteltiin tilannetta, jossa korvaustason (rojaltimaksu saalistuksesta) suhde nettohintaan määräsi, kumpi kalastusmuodoista – ulkomainen tai kotimainen – hyödyntää kiintiötä. Nyt oletetaan, etteja kiintiötä voida siirtää kalastusmuodolta toiselle. Oletus perustuu siihen, että avomerikalastuksen kiintiön siirtäminen rannikkokalastukseen (Pohjanlah-

della) uhkaksi enenevässä määrin luonnonvaraisen lohen pääsyä kutujo-  
keensa (ks. ICES 1992, 18).

Oletetaan, että Itämeren kokonaiskiintiö lohelle vuonna  $t$  on  $H_t^B (= Q_t^B)$  jaa  
kiintiö jaetaan eri maiden kesken tiettyinä osuuksina, siten että

$$H_t^B = \sum_{i=1}^n H_t^i. \quad (7.1)$$

Kiintiön oletetaan vaihtelevan lohikantojen vaihtelun mukaisesti.

Suomen osuutta vuotuisesta kiintiöstä kuvataan  $H_t^F$ :llä:

$$H_t^F = \eta H_t^B. \quad (7.2)$$

Vuodelle 1993 Suomen kiintiöksi Itämeren pääaltaalla ja Pohjanlahdella  
määrättiin 730 tonnia (146 250 lohta). Suomenlahden kiintiöksi vuonna  
1993 määrättiin 440 tonnia (88 720 lohta). Vuonna 1992 kiintiöt olivat 800  
tonnia ja 350 tonnia. [Vuodelle 1994 Suomi ei hyväksynyt Itämeren komis-  
sion esittämää lohikiintiötä].

Oletetaan, että Suomen avomerikalastuksen kiintiö vuonna  $t$  on  $h_t^s$  ( $h_t^s \leq B_t^s$   
eli saalistuskapasiteetilla  $B_t^s$  saavutetaan asetettu kiintiö) ja rannikkokalas-  
tuksen kiintiö on  $h_t^c$  ( $h_t^c \leq B_t^c$ ) eli  $H_t^F \leq (B_t^s + B_t^c)$ ; kalastajat vastaavat  
kiintiöön valitsemalla investointitason (ks. yhtälö 5.3, nettoinvestointien  
muodostuminen).



Vuonna  $t$  avomerikalastuksen osuus Suomen kiintiöstä on  $fH_t^F$  ja rannikkokalastuksen osuus  $(1 - f)H_t^F$  eli

$$H_t^F = h_t^s + h_t^c. \quad (7.3)$$

Koska saalistuksen taso (annettu kiintiö) tunnetaan, pyritään maksimoimaan kokonaisnettohyödyt. Saalisrajoite Suomen rannikkokalastukselle on:

$$h_t^c \leq \max\{(1 - f)H_t^F, H_t^F - B_t^c\}, \quad (7.4)$$

ja avomerikalastuksen rajoite on

$$h_t^s \leq \max\{fH_t^F, H_t^F - B_t^s\}. \quad (7.5)$$

Oletetaan, että yksikköhinta ( $p$ , molemmissa pyyntimuodoissa sama), saalistuksen yksikkökustannukset ( $c_c$  ja  $c_s$ ) sekä kalastuskapasiteetin yksikkökustannukset ( $\sigma_c$  ja  $\sigma_s$ ) ovat kiinteitä. Tulo- ja kustannusfunktiot ovat silloin lineaarisia. Kalan kysyntä oletetaan lisäksi täysin joustavaksi. [Käytännössä lohien yksikköhinta kuitenkin vaihtelee eri aikoina (ks. luku 6). Lisäksi pyyntimuoto vaikuttaa kalan laatuun. Lohien kysyntä ei myöskään ole täysin joustava, vaan suhteellisen kiinteä (ks. Hildén ym. 1991,8); poikkeuksena suhteellisen kiinteästä kysynnästä on jouluaika (keskustelu J. Setälän kanssa 22.7.1993).]

Annetuilla oletuksilla nettotuotot ( $\pi_t^c$  ja  $\pi_t^s$ ) olisivat:

$$\pi_t^c = (p - c_c)H_t^F - \sigma_c J_t^c, \quad (7.6)$$

ja

$$\pi_t^s = (p - c_s)H_t^F - \sigma_s J_t^s, \quad (7.7)$$

jossa  $I_t^c$  ja  $I_t^s$  kuvaavat bruttoinvestointeja. Lohenkalastuksen kokonaisnetto-  
tuotto Suomessa vuonna  $t$  olisi

$$\Pi_t^F = \pi_t^c + \pi_t^s. \quad (7.8)$$

Jos vuotuinen TAC olisi kiinteä ( $H_t^F = H^F$ ), ja  $p - c > 0$ , olisi rannik-  
kokalastuksen saalistustaso:

$$h_t^c = \min\{B_t^c, \max[(1-f)H^F, H^F - B_t^F]\}, s \quad (7.9)$$

eli rannikkokalastukselle kiintiöity saalis pyritään saavuttamaan pienimmällä  
mahdollisella saalistuskapasiteetilla. Vastaavasti avomerikalastuksen saalis-  
tustaso annetuilla oletuksilla olisi:

$$h_t^s = \min\{B_t^s, \max(fH^F, H^F - B_t^s)\}. \quad (7.10)$$

Alkuperäisenä oletuksena oli vuotuisen kiintiön vaihtelevuus lohikantojen  
koon mukaan. Koska saalistuskapasiteetin sopeuttaminen tapahtuu viiveellä,  
saattaa seurauksena olla tehottomuutta. Tehottomuutta aiheuttaa mm.  
liiallisesta pääomakannasta johtuvat kiinteät kulut (ks. yhtälö (6.21).  
[Todennäköisempää on, että saalistuskapasiteetti on liian suuri kuin liian  
pieni (oletuksena  $H_t^F \leq (B_t^c + B_t^s)$ ].

Luvussa 6 todettiin, että lohien hinta ei ole kiinteä. Oletetaan, että lohentar-  
jonnan supistuminen johtuisi lohiresurssin supistumisesta. Oletetaan lisäksi,  
että tarjonnan supistuminen nostaisi yksikköhintaa ja  $p_t - c > 0$ .

Kiintiön laskeminen aiheuttaisi viiveellä tapahtuvan saalistuskapasiteetin  
sopeutumisen vuoksi ylimääräisten kiinteiden kulujen osuuden kasvamisen  
kustannuksista (ks. yhtälö 6.20); oletetaan, että CPUE säilyy suhteellisen

vakaana, jolloin kalastustoiminnasta aiheutuvat yksikkökustannukset eivät kasva (vrt. Munro & Scott 1986, 631).

Jos saalistuskapasiteetti  $B_1^c + B_1^s = B_{\min}$ , kalastuskautta joudutaan lyhentämään, ettei kiintiötä ylitetä. Kalastuskauden lyhentäminen aiheuttaisi tehottomuutta avomerikalastuksessa (koska  $B_1^s$  on minimitasossaan ja rysäkalastus keskittynyt kesäaikaan). Saalisrajoite eri pyyntimuodoille ei myöskään takaa tulotason säilymistä (ks. yhtälö 6.21).

Ylläolevan tarkastelun mukaan – lohiresurssin ollessa niukka, saalistuskapasiteetin on sopeuduttava annetun kiintiön mukaisesti tai kalastuskautta on lyhennettävä, ettei resurssia kalasteta loppuun. Ongelmana on lisäksi tehottomuus viiveellä tapahtuvan saalistuskapasiteetin sopeutumisen vuoksi. Pyyntimuodoittainen saalisrajoite voi johtaa myös tulotason alenemiseen (etenkin avomerikalastuksessa), jos saalistuskapasiteetin kasvua (mm. uusien alusten mukaantuloa) ei estetä.

Kalastusalusten määrän rajoittaminen ei kuitenkaan estä yksittäisten alusten pääomainvestointien kasvua. Rysäkalastuksen luvanvaraisuus (käytön salliminen vain ammattimaisessa kalastuksessa) ehkäisee vain osittain avomerikalastuksen tehottomuutta. Seuraavaksi tarkastellaan yksilöllisten kiintiöiden käyttöä kalastuksen säätelyssä.

### 7.3 Yksilöllisten kiintiöiden käyttöönotto

#### 7.3.1 Malli

Yksilöllisten siirrettävien kiintiöiden (ITQs) tapauksessa oletetaan kiintiöiden olevan siirrettävissä kokonaan tai osittain (mm. Clark 1990, 256).

Oletetaan, että Suomen tapauksessa jokaiselle lohenkalastajalle jaetaan tietty kiintiö  $H_i^F$  ( $\sum H_i^F = H^F$ ). Yksityinen kalastaja kohtaa optimointiongelman:

$$\begin{aligned} \max \pi_i(x, E_i) &= pq(x)E_i - c_i(E_i) \\ \text{ehdolla } h_i &= q(x)E_i \leq H_i^F. \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \max \pi_i(x, E_i) &= pq(x)E_i - c_i(E_i) \\ \text{ehdolla } h_i &= q(x)E_i \leq H_i^F. \end{aligned}} \right\} (7.11)$$

Yhtälössä (7.11)  $q$  esittää saalistettavuuskerrointa ja  $c_i(E_i)$  kuvaa kalastuspanoskustannuksia.

Uudelleen kirjoitettuna yhtälöstä (7.11) saadaan:

$$\begin{aligned} \max \theta_i(x, h_i) &= ph_i - c_i(h_i/q(x))e \\ \text{ehdolla } h_i &\leq H_i^F. \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \max \theta_i(x, h_i) &= ph_i - c_i(h_i/q(x))e \\ \text{ehdolla } h_i &\leq H_i^F. \end{aligned}} \right\} (7.12)$$

Oletetaan, että rajahyöty kiintiöyksikön lisäyksestä on:

$$\frac{\partial \theta_i(x, H_i^F)}{\partial H_i^F} .$$

Kalastaja haluaa ostaa lisää kiintiöitä niin kauan kuin  $\partial\theta_i / \partial H_i^F > m$ ;  $m$  kuvaa kiintiöyksikön hintaa. Vastaavasti, jos  $\partial\theta_i / \partial H_i^F < m$ , kalastajat haluavat myydä kiintiöitä.  $i$ :n kalastajan kysyntäfunktio kiintiöille on  $D_i = D_i(x, m) = H_i^F$ .

Clarkin (1990, 257) mukaan kalastaja tyytyy kiintiöönsä  $H_i^F$ , jos hän todella käyttää sen eli  $h_i = H_i^F$ . Muussa tapauksessa hän myy käyttämättömän osuuden yksikköhinnalla  $m$ .

Kalastajan nettotulot, sisältäen kiintiön vaihtoehtoiskustannukset, ovat  $(p - m)h_i - c_i(E_i)$ ;  $E_i = h_i / q(x) = H_i^F / q(x)$  ja  $c'_i(E_i) = (p - m)q(x)$ .

Seuraavaksi osoitetaan, kuinka yksikköhinta  $m$  on määräytynyt. Oletetaan, että  $H^F = \sum H_i^F$  kuvaa Suomelle määrättyä lohen kokonaiskiintiötä, joka on jaettu edelleen yksilöllisiksi kiintiöiksi.

Kiintiöiden kokonaiskysyntä hinnalla  $m$  on  $D(x, m) = \sum H_i^F D_i(x, m)$ . Kiintiön hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan perusteella:

$$D(x, m) = H^F. \quad (7.13)$$

Jos  $x$  on kiinteä,  $D(x, m)$  on  $m$ :n vähenevä funktio. Korkeammilla  $x$ :n arvoilla kiintiöiden arvo kasvaa:  $\partial m / \partial x > 0$ , lisäksi  $\partial m / \partial p > 0$ .

Yhtälöstä (7.13) voidaan todeta, että kokonaiskiintiötä muuttamalla voidaan muuttaa kiintiön hintaa. Clarkin (1990, 257) mukaan vaihtoehtoiskustannuksella  $m$  on täsmälleen sama vaikutus kalastajien päätöksentekoon kuin saalisverolla olisi; kalastajat ovat kuitenkin yksimielisesti verotusta vastaan (Clark 1990, 255).

### 7.3.2 Lisenssien jakaminen ja yksilölliset saaliskiintiöt

Ongelmana on, kenelle alkuperäiset oikeudet kiintiöihin kuuluvat. Kiintiö on haltijalleen pääomaa, jota hän voi joko hyödyntää itse, vuokrata hinnalla  $m$  per aikayksikkö tai myydä kokonaan pois, jolloin yksikköhinta olisi  $m/\delta$  ( $\delta$  on diskonttokorko) (ks. Clark 1990, 258). Islannissa myyntihinta on ollut noin 150 % saaliin hinnasta tai 5–7 kertaa vuotuisen kiintiön käypä hinta; kiintiön vuokrahinta on vaihdellut 20 %–30 % välillä saaliin hinnasta (ks. Helgason 1991, 12). Diskonttokoroksi saadaan silloin 14 %–20 %.

Anderson (1977, 180 ja 1986, 229) on tarkastellut lisenssien eri jakamismenetelmiä. Yksi tapa on ns. *grandfather*-systeemi, jossa lisenssit myönnetään kalastuksessa jo mukana olleille (kuten Islannissa ennen vuotta 1984 kalastaneet saivat). Menetelmän heikkoutena on, kuinka kalastuspanosta supistetaan tarvittaessa. Tilannetta parantaisi, jos lisenssit eivät olisi siirrettävissä, kunnes tietty kalastajamäärä saavutettaisiin (kalastajien siirtyessä eläkkeelle); vrt. Islannin kalastus vuoteen 1991 saakka.

Toisena mahdollisuutena lisenssien jakamismenetelmäksi olisi, että kalastusviranomaiset ostaisivat *buy-back* -menetelmällä osan kalastajista pois markkinoilta. Ne kalastajat, jotka jäisivät hyötyisivät kahdella tavalla: saaliin arvo kasvaisi kalastuspanoksen vähentyessä ja samalla heidän lisenssiensä arvo nousisi (lisenssit oletetaan siirrettäviksi). Koska kalastajat eivät olisi alunperin maksaneet lisensseistä mitään, heitä voitaisiin verottaa lisääntyneiden voittojen perusteella (Anderson 1977, 181 ja Anderson 1986, 229).

Kolmantena keinona on lisenssien huutokauppa. Aikaisemmin mukana olleilla ei olisi etuoikeuksia. Heillä olisi kuitenkin muita parempi valmius

hyödyntää lisensoijaa olemassaolevan kalastusvälineistön vuoksi; monelle uudelle kalastajalle kynnyksenä olisi tarvittavan kalastuspääoman hankkiminen. Andersonin (1977, 181 ja 1986, 230) mukaan lisenssit voisivat olla joko pysyviä tai olla voimassa tietyn ajan.

Heikkoutena huutokauppanetelmässä on, että huudettu lisenssi takaa vain oikeuden kalastamiseen, mutta ei osoita kalastajalle oikeutettua saalis määrää. Pearse (1982, 80) on raportissaan suosittanut kiintiölisenssien käyttöä tietyn saalismäärän erittelemiseksi kullekin lisenssinomistajalle. Kalastajien tai alusten määrää rajoittavat lisenssit eivät osoita, mikä on kunkin kalastajan oikeutettu saalismäärä, jolloin kokonaiskiintiö saatetaan ylittää.

Oletetaan, että huutokauppatilanne lähtee liikkeelle tietyn saalisosuuden myynnistä (osuus TAC:stä). TAC pitäisi siis jakaa osiin, jotka huutokaupassa ostetaan; samalla määräytyy yksittäisen kalastajan saalistusoikeus eli kiintiölisenssi. Kiintiölisenssin omistaja voi hyödyntää lisenssin osoittaman saalismäärän itse, vuokrata siitä osan tai kokonaan tai mahdollisesti myydä edelleen. TAC:n vaihdella voidaan soveltaa kappaleessa 5.4 esitettyä kiintiökauppajärjestelmää. Menetelmässä sovellettaisiin siis tiettyä viitesaalista eli Suomelle määrättyä viitekiintiötä  $H^F$ ; oletetaan, että kiintiölisenssit ovat pitkäaikaisia (ks. Hannesson 1989, 459).

Pearse (1982) pitää kiintiölisenssimenetelmän etuna kalastuskapasiteetin kasvun hillitsemisen. Esimerkiksi kalastusalusten tai miehistön määrän rajoittaminen ei estä alusten pääomainvestointien kasvua. Kappaleessa 7.2 osoitettiin, että saalistuskapasiteetin kasvu saattaa johtaa tehottomuuteen, kun tietylle kalastusmuodolle on asetettu saalisrajoite. Jos saalisrajoitetta ei ole, johtaa kalastuskapasiteetin lisäys mahdollisesti liikakalastukseen.

Ongelmaksi huutokauppajärjestelmässä saattaisi muodostua lisenssien välittäminen kaupallisena hyötymistarkoituksena, jolloin lisenssit ajautuisivat mahdollisesti tietylle alueelle ja tiettyyn kalastusmuotoon. Kalastuksen keskittyminen johtaisi yhdellä alueella liikakalastukseen ja aiheuttaisi taloudellista tehottomuutta muualla. Islannissa alueiden välillä tapahtuvaa kauppaa ei ole rajoitettu, jolloin kiintiöt ovat siirtyneet etelästä pohjoiseen (Helgason 1991, 11 – 12).

Kiintiölisenssin haltijalle tulisi erityisesti osoittaa, mille alueelle ja mihin pyyntimuotoon kiintiölisenssi on kohdistettu – luonnollisesti myös kalalaji sekä pyyntikiintiö on mainittava (vrt. Pearse & Walters 1992, 175). Esimerkiksi avomerikalastuksessa voitaisiin rajoittaa alusten liikkuvuutta, so. aluksille määrättäisiin kiintiön yhteydessä tietty kalastusalue, missä ne saisivat kalastaa [ts. avomerikalastus tapahtuisi alusten kotisataman mukaisesti tietyillä alueilla, ja kalastus keskittyisi alueittain vaelluksen mukaisesti, kuten rannikkokalastuksessakin].

Keinottelu lisensseillä saattaa johtaa lisäksi lisenssihintojen huimaan nousuun [lisenssien kysyntä riippuu kuitenkin nettotuloista  $(p - m)h_i - c_i(E_i)$ ]. Kaikille avoin huutokauppatilanne mahdollistaa lisenssin huutamisen myös suojelutarkoituksiin: saalis voidaan jättää hyödyntämättä, jos haluaa suojella resurssia (vrt. luontoaktivistien maakaupat Vuotoksen alueella).

Huutokauppajärjestelmä ei itsestään poista alueellisesta ja pyyntimuodot-  
taisesta kiintiöiden jakautumisesta aiheutuvia ongelmia (liikakalastus, tehottomuus). Aluksi on selvitettävä, miten kiintiöt jaetaan alueellisesti (esimerkiksi maaseutuelinkeinopiireittäin<sup>8</sup>), ja minkä verran osoitetaan avomerikalastukseen ja minkä verran rannikkokalastukseen.

---

<sup>8</sup> Kalastuslain N:o 1355/93 muutoksen mukaisesti kalatalouden piirihallintoviranomaisena toimivat entisten kalastuspiirien sijaan maaseutuelinkeinopiirit.



Suomessa ongelmia on tuottanut jako yleisiin ja yksityisiin vesialueisiin<sup>9</sup>. TAC:n (ja kiintiölisenssien jaon) piiriin tulisi kuulua kaikki Suomen aluevesillä ja kalastusvyöhykkeellä tapahtuva lohenkalastus.

Yksityisvesialueiden omistajien täytyisi muiden tavoin lunastaa oikeus hyödyntää lohiresurssia. Halutessaan he voivat vuokrata vesialueitaan muiden lisenssikalastajien käyttöön<sup>10</sup>. Yksityisten vesialueiden omistajille ei siis sallittaisi erityisoikeutta lohiresurssin hyödyntämiseen [eihän maanomistajillakaan ole oikeutta hirvenkaatoon ilman kaatolupaa]. Perusteluna voidaan pitää mm. lohen vaelluskäyttäytymistä; lohta ei voi pitää yksityisenä (*private property*) omaisuutena (ks. Crutchfield & Pontecorvo 1969, 11).

Myyntiin tulevien lohien merkitsemistä (ks. Mickwitz 1991, 7 – 8) on pidetty eräänä keinona valvoa lohenkalastusta (merkitseminen käytössä esimerkiksi Kanadassa). Kalastaja saisi yksilöllisesti määritellyn kiintiön verran merkkejä (kiintiö määritelty kappaleina), jotka hän kiinnittää myymiinsä kaloihin; samalla ilmenisi myytävänä olevan lohen alkuperämaa ja alueittain eri värisillä merkeillä voitaisiin eritellä myös pyyntialue. Sivusaaliina saatavan lohen myymisessä ja merkitsemisessä olisi kuitenkin ongelmia.

---

<sup>9</sup> Kalastuslain muutoksessa N:o 1355/93 vesialueet jaetaan niiden omistussuhteista sekä kunnallisesta jaotuksesta riippumatta kalastusalueisiin.

<sup>10</sup> Kalastuslain muutoksen N:o 1355/93 mukaan maaseutuelinkeinopiiri voi vuokrata pyyntipaik-  
kanaan ammattimaista lohenkalastusta varten tai antaa määräajaksi luvan sen käyttämiseksi.

Luonnonlohen turvaamiseksi voitaisiin myös käyttää jotain merkitsemiskeinoa, jolloin luonnonlohien tunnistaminen ja vapauttaminen<sup>11</sup> tulisi mahdolliseksi pyyntitilanteessa. Ratkaisuna voitaisiin käyttää istutettujen lohien merkintää: oletetaan, ettei kutujokiin istuteta lohta<sup>12</sup> ja kaikki velvoiteistutetut lohet merkittäisiin. Silloin kaikki merkityt lohet voitaisiin kalastaa. Lähtökohtana on, että velvoiteistutetut lohet eivät pysty nousemaan kutemaan (ns. *"terminaalilohi"*; vesirakentaminen estää nousun), jolloin ne eivät uusiudu – jos uusiutumista tapahtuisi, poikasia ei pystyttäisi merkitsemään. Tämän periaatteen mukaan kutujokiin ei tulisi istuttaa (vierasta)lohta, koska ne leimautuisivat istutusjokeensa ja palaisivat sinne kutemaan – luonnonlohta ja istutettua lohta ei pystyttäisi silloin erottamaan toisistaan. Ongelmana on saalistuksen valvonnan järjestäminen, jolloin vastuu kalakantojen säilymisestä jää kalastajalle. Kuten kappaleessa 1.2 todettiin, motivaatiotutkimukset osoittavat koulutuksen lisäävän resurssien riittävyyskysymysten huomioimisen.

Perämeren pohjukan kalastajien oikeus kalastaa luonnonlohta – siten että riittävä määrä lohia pääsee kutemaan – voidaan turvata yksilöllisin kiintiöin. Lisäksi kaikki myyntiin tuleva luonnonlohi voitaisiin merkitä istutetusta

---

<sup>11</sup>aEsimerkiksi ajoverkko- ja siimakalastuksessa kaloihin saattaa kuitenkin jäädä niin pahojaa vaurioita (mm. kidusvaurioita), ettei niitä voida vapauttaa (puhelinkeskustelu A. Tuikkalana kanssa 16.11.1993).a

<sup>12</sup> Tällä hetkellä kutujokien suulta pyydystetään kylläkin emokaloja ja niiden avulla tehdään kutujokeen – vähäisen luonnonkudun ja luonnonkudun mahdollisen epäonnistumisen vuoksi – "ensiapuhoitona" turvaavia istutuksia vapaille kasvualustoille (puhelinkeskustelu A. Tuikkalana kanssa 16.11.1993). Kyseisissä istutustapauksissa käytetään siis kutujoen omaa kantaa, mutta poikasten syntyminen tapahtuu hautomoissa. Poikaset siirretään yksivuotiaina jokeen ja niiltä on leikattu rasvaevä pois; joskus on käytetty lisäksi muuta merkitsemistapaa.

lohesta poiketen, jolloin myös kuluttaja voi ostotilanteessa ratkaista, jättääkö ostamatta uhanalaista luonnonlohta eli kulutuskysyntä ohjaisi myös kalastusta. Ongelmaksi jää, turvaisiko tämä menetelmä Perämeren pohjukan kalastajien tulokehityksen.

Yksilöllisten kiintiöiden käyttöönottoaminen ei ollut esimerkiksi Islannissa täysin yksimielistä (Helgason 1991, 18). Poliittinen päätöksenteko ITQ-systeemin soveltamisesta Suomessa tulee olemaan oletettavasti vaikeaa. Islanti jakoi kiintiöihin oikeuttavat lisenssit *grandfather* -periaatteella. Useimmat tutkijat Islannissa suosittelivat kuitenkin kiintiöiden myyntiä tai kiintiöiden verottamista sen sijaan, että kiintiöt jaetaan ilman veloitusta (vrt. kappale 7.3.1; Clark 1990, 255 – 257).

Itämeren lohenkalastuksessa yksilöllisten kiintiöiden jakamisen ongelmaa lisää, miten kiintiöt tulisi kohdistua luonnonlohen ja istutetun lohen välillä, ja millä tavoin luonnonlohen liikakalastamista tai kalastamiselta vältymistä voidaan toteuttaa.

## 8 PÄÄTÄNTÖ

Tutkimuksessa on tarkasteltu kalastuksen taloustieteen analyysia ja teorian kehittymistä 1950-luvulta 1990-luvulle. Tavoitteena työssä oli keskeisten tähänastisten tutkimuskohteiden esittely. Työ on osaltaan yhteenveto eri tutkimuksista, mutta samalla on pyritty syventämään tiettyjä kohdealueita.

Tutkimuksen päälukujen jaottelu tuotti jonkin verran ongelmia, koska eri luvuissa käsitellään osittain samoja asioita. Muotoutunut rakenne syntyi lukujen pääasiallisen sisällön perusteella. Peräkkäisiä lukuja voidaan tarkastella lisäksi yhdessä: luvuissa 2 ja 3 tarkastellaan *open-access* eli vapaan hyödyntämisen järjestelmää, luvuissa 3 ja 4 pääomadynamiikka, luvuissa 4 ja 5 ohjausmenetelmiä, luvuissa 5 ja 6 saaliin kiintiöintiä ja luvuissa 6 ja 7 Itämeren lohenkalastusta. Asiayhteyksiä löytyy toki muistakin kuin peräkkäisistä luvuista.

Modernin kalastuksen taloustieteen perustan loi H. Scott Gordon (1954). Gordonin malliin perustuvaa yhteisen kalaresurssin vapaata hyödyntämistä tarkasteltiin luvussa 2.

Gordonin tarkastelussa *open-access* saalistus ei johda kalapopulaation häviämiseen. Gordonin mallin mukainen *bionominen* tasapaino saattaa kylläkin johtaa sekä taloudelliseen että biologiseen liikakalastukseen: jos saaliin yksikköhinta on korkea suhteessa yksikkökustannuksiin (Gordonin mallissa yksikkökustannukset ja -hinnat oletetaan kiinteäksi), vapaa hyödyntäminen johtaa sekä taloudelliseen että biologiseen liikakalastukseen, koska yritysten kannattaa hyödyntää kalaresurssia yli luontaisen kasvun. Taloudellinen ja biologinen liikakalastus eivät kuitenkaan välttämättä tapahdu samanaikaisesti.

Yhteisen kalaresurssin vapaata hyödyntämistä pidetään – Gordonin mallista poiketen – kuitenkin uhkana resurssin säilymiselle. Vapaa saalistus saattaa johtaa kalapopulaation sukupuuttoon häviämiseen, mikäli saalistuskustannukset ovat riippumattomat resurssin koosta. Ilmiö voi esiintyä mm. parveutuvien lajien saalistuksessa.

Jos saalistuskustannukset puolestaan kasvavat populaation koon pienenessä, voiton maksimointiperiaate johtaa lajin säilyttämiseen – ehdolla, että saaliin yksikkökustannukset kasvavat saaliin hintaa korkeammaksi. Tietyn lajin säilyminen on siis riippuvainen saaliin kustannus–hinta suhteesta.

Vapaan hyödyntämisen tasapainossa (*bionominen* tasapaino) kalastajien voitto on nolla eli kilpailukalastus ilman rajoitteita johtaa tilanteeseen, jossa voitot häviävät. Voitto houkuttelisi markkinoille uusia yrityksiä, jolloin kalastuspanos lisääntyisi. Vastaavasti kalastusyrietykset vetäytyvät tappiollisesta kalastuksesta. Kalastuspanos siis sopeutuu tietylle tasolle, jossa kokonaistulot ovat yhtä suuret kokonaiskustannusten kanssa.

Kolmannessa luvussa käsiteltiin tarkemmin kalastusalusten määrän sopeutumista kilpailukalastustilanteessa. Kalastusalusten määrän sopeutumisen tarkastelukulma on pääomadynaaminen so. alusten tuleminen tai poistuminen markkinoilta riippuu nettotulojen odotuksista.

Kappaleessa 3.2 tarkasteltiin myöpisiin odotuksiin perustuvaa mallia sekä rationaalisten odotusten mallia. Myöpisten odotusten mallissa ratkaisut tehdään lyhytnäköisillä ehdoilla, kun rationaalisten odotusten mallissa ratkaisut perustuvat tulevaisuuden täydelliseen ennalta näkemiseen. Mallien tasapainot ovat samat, mutta lähestyminen tasapainoon tapahtuu eri tavoin. Lähestymistapa riippuu sopeutumisvauhdista.

Diskreetin ajan mallissa (kappale 3.3) sopeutuminen oletetaan tapahtuvan aikaviiveellä; ei siis välittömästi, kuten jatkuvan ajan perusmallissa (Gordon–Schaefer –mallissa). Hidas sopeutuminen saattaa johtaa luonnonresurssin häviämiseen.

Luvussa neljä tarkasteltiin saalistuksen optimointia. Lineaarisen autonomisen mallin (kappale 4.2) ohjausmuuttujana oli saalistus; ongelmana oli määritellä optimaalinen ohjaus, jotta saavutettaisiin optimaalinen populaation tasapainotaso. Optimissa populaation taso on vakaa (*steady state*). Optimiratkaisu toteuttaa modifioidun *golden rule* tasapainon.

Jos populaation tila ei ole nk. *singulaariuralla*, optimaalisena politiikkana on ohjata saalistusta ja johtaa tilamuuttuja eli populaation koko optimitasolle mahdollisimman nopeasti. Optimaalinen lähestymisura on *bang–bang* tyyppinen: jos populaation taso on optimitason yläpuolella, saalistus maksimoidaan ja populaatiotason ollessa optimitason alapuolella, saalistus lopetetaan kokonaan, kunnes optimitaso jälleen saavutetaan. Lineaarisuusoletuksen jäädessä pois, lähestyminen kohti optimaalista populaation koon tapahtuu asympotoottisesti. *Bang–bang* sopeuttaminen ei ole silloin optimaalista.

Kappaleessa 4.3 todettiin, että eri lajeilla optimaalisen populaation koon herkkyys diskonttokoron muutokselle riippuu populaation kasvuasteesta. Esimerkiksi valaalla kasvuaste on alhainen, joten herkkyys diskonttokoron muutokselle on suurempi kuin esimerkiksi sardiinilla. Kappaleessa 4.2 tarkasteltiin parveutuvien lajien tapauksessa sillin optimikannan koon herkkyyttä diskonttokoron muutoksille. Tulokset osoittivat, että optimaalisen sillipopulaation koko ei ole kovin herkkä diskonttokoron muutoksille: kustannuksilla osoittautui olevan stabiloiva vaikutus.

Saaliin kiintiöintiin liittyviä ongelmia tarkasteltiin luvussa 5. Kappaleessa 5.2 kohteena oli kiintiön jakaminen kahden eri osapuolen kesken; toisena

osapuolena oli vesialueen omistajavaltion kalastusalueet ja toisena ulkomaiset alukset. Lisäksi tarkasteltiin kahden valtion yhteisesti omistaman resurssin jakamista.

Ulkomaisen kalastuksen salliminen oletetaan kasvattavan vesialueen omistajavaltion kokonaisnettohyötyä. Vesialueen omistajavaltio määrää korvauksen saalistuksesta. Ulkomaiset kalastajat vastaavat korvauksen suuruuteen valitsemalla tietyn saalis- ja investointitason. Kun ulkomaisen saalistuksen taso tiedetään, pyritään maksimoimaan kokonaisnettohyödyt. Tiettyjen kalalajien saalistus voidaan allokoida kokonaan ulkomaisille aluksille ja vastaavasti tiettyjen lajien saalistus voidaan pitää yksinomaan omilla kalastajilla, riippuen korvauksen ja saaliin kotimaisen yksikköhinnan suhteesta.

Jos valtioilla on yhteiset oikeudet hyödyntää resurssia, valtiot voivat yhteistyössä pyrkiä Pareto-*tehokkuuteen*. Toinen valtio voi ostaa toiselta kalastusoikeudet, jotta vältytään tehottomuudelta. Ei-yhteistyössä tasapaino on *bionominen* tasapaino, jos kiintiöintä ei huomioida. Jos kiintiö asetetaan, ei-yhteistyö saattaa johtaa puolestaan asetetun kiintiön ylittymiseen ja resurssikannan supistumiseen.

Kappaleessa 5.3 verrattiin saaliskiintiön asettamista perustuen joko kiinteään vuotuisen saaliiseen tai kiinteään kalastuspanokseen. Kalastusstrategioiden kannattavuuserot (erot keskimääräisessä voitossa) osoittautuivat hyvin vähäisiksi; erot riippuivat tulo- ja kustannusfunktioiden muodosta. Kiinteän saaliin strategian ongelmana pidettiin kalakannan ajoittaista vähentymistä, joka saattaa johtaa myös resurssin tuhoutumiseen. Suositeltavaa onkin, että saaliskiintiöitä voidaan sopeuttaa, ettei vaaranneta populaation tulevien ikäluokkien syntymistä.

Kappaleessa 5.4 tutkittiin kiintiön (TAC, *total allowable catch*) vaihtelua ja kiintiöillä käytävää kauppaa yksittäisten kalastajien kesken so. yksilöllisten kiintiöiden tapausta. Kiintiö voidaan jakaa joko tiettyinä osuuksina TAC:stä tai määrätä yksilölliset kiintiöt kiinteiksi yli ajan. TAC:n vaihtelun vuoksi kiintiöillä voidaan käydä kauppaa myös kalastusviranomaisten kanssa, jotta kalastajien tulotaso turvataan. Kiintiöiden osto ja myynti perustuvat viitesaaliiseen: viitesaaliin ja TAC:n erotus määräisi kalastusviranomaisten kanssa käytävän kiintiöiden kaupan suuruuden.

Kappaleessa 5.4.2 osoitettiin, että kiinteät yksilölliset kiintiöt saattavat lisätä nettotulojen vaihtelua. Uudessa-Seelannissa käytettiin aluksi kiloissa määriteltyjä kiinteitä kiintiöitä, mutta useilla lajeilla TAC aleni huomattavasti viitesaaliin alapuolelle, jolloin kalastusviranomaisista tuli kiintiön netto-ostajia. Uudessa-Seelannissa (ja Islannissa) siirryttiin soveltamaan osuuskiintiöjärjestelmää eli jokainen kalastaja sai kiinteän osuuden TAC:stä. Kiintiöt ovat siirrettävissä (myytävissä tai vuokrattavissa) kalastajien välillä.

Luvuissa 6 ja 7 perehdyttiin Itämeren lohenkalastuksen ongelmiin. Kappaleessa 6.2 tarkasteltiin kiintiöpäätösten tekemistä epävarmuuden vallitessa. Epävarmuutta aiheuttavat mm. viive TAC:n määrittämisen ja lohikantojen arviointihetken välillä. Lisäksi kantojen koon arvioinnissa esiintyy epävarmuutta. Myös muiden lajien kannanvaihtelut aiheuttavat muutoksia tarkasteltavaan populaation.

Jos kiintiöpäätökset perustuvat resurssin koon yliarviointiin, resurssia uhkaa häviäminen, koska todellinen resurssikanta on oletettua alhaisempi. Vastavasti resurssin koon aliarviointi tuottaa pienemmän saaliin kuin resurssikannan turvaavaa saalistus voisi olla. Irrationaalinen suojeleminen aiheuttaa puolestaan kuolleisuuden lisääntymisen (kutualustojen ylitiheys, kilpailu



ruoasta jne.), jolloin liiallinen suojele aiheuttaa populaation kutevien yksilöiden määrän vähenemisen ja mahdollisesti yksilökoon pienenemisen.

Luonnonlohen säilymistä uhkaavat kutujokien väheneminen, liikakalastus, ympäristömyrkyt sekä istutettu lohi. Istutetun lohen määrä luonnonloheen verrattuna on huomattavasti suurempi, jolloin valtaosa lohisaaliista koostuu istutetusta lohesta. Pyyntitilanteessa kalastaja ei pysty erottelemaan, kumpaa lohta hän saalistaa. Korkeat saaliskiintiöt uhkaavat siten luonnonlohen olemassaoloa.

Luonnonlohen säilymiseksi on asetettava kalastamiselta välttymistavoitteita eli tietty osa kutemaan vaeltavista lohista (etenkin naaraslohista) on välttävää saalistamiselta ja selviydyttävä – Suomen tapauksessa – Perämeren pohjukassa oleviin kutujokiin. Miten kalastamiselta välttyminen sitten hoidetaan, on hyvin ongelmallista, koska kiintiöinnissä ei erotella lohikantoja. Yksi mahdollisuus on vapauttaa tietty osa (tai kaikki kutuvaelluksella olevista luonnonlohinaaraista). – Ongelmaksi jää, montako kertaa kala kestää pyydyksiin jäännin pitkällä vaelluksellaan, ja voitaisiinko vapauttamista kontrolloida. Lisäksi luonnonlohen ja istutetun lohen tunnistaminen ilman merkintää on mahdotonta.

Viranomaisten määräämät vuodenajoittaiset tai vuosittaiset saalisrajoitukset eivät estä kalastajien tai kalastusalusten määrän paisumista, jolloin ajaututaan kilpailuun rajoitetusta saaliista. Aika- ja saalisrajoitukset aiheuttavat rajoittamattomalle kalastajamäärälle lisäksi tehokkuushaittoja. Rajoitusten tehokkuusvaikutuksia käsiteltiin kappaleessa 6.3.

Suomi luopui lohen rannikkokalastuksen aikarajoituksista vuonna 1992, mutta ICES (Kansainvälinen Merentutkimusneuvosto) ja RKTL (Riista- ja kalatalouden Tutkimuslaitos) ovat suositelleet palaamista aikarajoituksiin. Avomerikalastuksessa aikarajoituksia on puolestaan sovellettu myös vuoden

1992 jälkeen. Vuonna 1994 rannikkokalastuksessa sovelletaan jälleen aikarajoituksia. Asetuksessa (231/94) määritellyt aikarajoitukset – sekä rannikkokalastuksessa että ajooverkkokalastuksessa – koskevat kevätkalastusta.

Maakohtaisesti asetetun kiintiön ylittyessä kalastusviranomaiset voivat lyhentää kalastuskautta. Koska rannikkokalastus on Suomessa keskittynyt kesäkuukausiin, kalastuskauden lyhentäminen on aiheuttanut tehottomuutta nimenomaan avomerikalastuksessa. Avomerikalastuksessa rajoittamaton aluskanta saattaa myös aiheuttaa tehottomuutta (*redundancy deadweight loss*).

Jos kalastuskauden rajoittaminen kohdistuu pääkalastuskauteen eli lohien vaelluskauteen, saalistuksen yksikkökustannukset nousevat siirryttäessä kalastamaan pääkalastuskauden ulkopuolella. Jotta tulojen aleneminen voitaisiin kattaa, yksikköhinnan tulisi vastaavasti kasvaa. Oletuksena on, että hinnat vaihtelisivat tarjonnan mukaan – hinta ei siis olisi kiinteä, kuten Gordonin mallin oletuksissa.

Rannikkokalastuksessa kalastuskauden siirto ei ole käytännössä mahdollista, koska vaellus- ja samalla kalastusaika on suhteellisen lyhyt. Lisäksi pyyntivälineet eivät ole siirrettävissä lohien vaelluksen mukaisesti, kuten avomerikalastuksessa voidaan tehdä.

Avomerikalastuksessa yksilöllisten kiintiöiden käyttöönottoaminen mahdollisesti lisäisi alusten tehokkuutta ts. aluksille turvataisiin ainakin tietty saalisuus (kokonaiskiintiöön perustuvassa saalistuksessa on avomerikalastus jouduttu lopettamaan kesken syyskalastuskauden). Yksilöllisten kiintiöiden tulisi kuitenkin rajoittaa alusten lukumäärää sekä kalastusalueetta, jotta tehokkuusvaatimus täytyisi. Yksilöllisten kiintiöiden käyttöönottamista Suomen lohienkalastuksessa käsiteltiin lähemmin luvussa 7.

Suomessa lisenssijärjestelmän käyttöönotto on toistaiseksi kaatunut lainsäädännöllisiin esteisiin. ETA- ja mahdollisen EU-jäsenyyden myötä kalastuslainsäädäntöä tullaan todennäköisesti muuttamaan (ETA-sopimuksen myötä jo osittain muutettu). Kalastaja- sekä kalastusalusmäärien rajoittaminen on ehdoton edellytys tiettyjen kalapopulaatioiden säilymiselle.

Pyyntimuodoittain jaetut kiintiöt (kappale 7.2) eivät pysty vähentämään tehottomuutta niukan resurssin hyödyntämisessä, jos pääomatason kasvua ei estetä. Kalastusalusten tai kalastajamäärän rajoittaminen eivät myöskään estä yksittäisten alusten/kalastusyriyten pääomainvestointien kasvua. Ainoana keinona on siirtyä yksilöllisiin saaliskiintiöihin (ks. kappale 7.3), jolloin alukset/yriykset sopeuttavat investointinsa kiintiön mukaisesti.

Yksilöllisesti jaettavien kiintiöiden käyttöönotto lohenkalastuksessa vaatii selvitettäväksi, miten kiintiöt jaetaan alueellisesti, minkä verran osoitetaan kuhunkin pyyntimuotoon ja voidaanko kiintiöitä ostaa esimerkiksi suojele- tai keinottelutarkoitukseen – eli täytyykö kiintiön ostajan osoittaa olevansa ammattikalastaja (esimerkiksi kalastanut lohta kolmena edellisenä vuotena ja kalastustulojen osuus kokonaistuloista käsittää tietyn osuuden) vai myydäänkö kiintiö eniten tarjoavalle. Lisäksi kiintiöjaon piiriin tulee kuulua myös yksityisvesialueiden kalastus, koska vaelluslohta ei voida pitää yksityisenä (*private property*) omaisuutena. Ongelmana on vielä, miten kiintiöt kohdistetaan luonnonlohen ja istutetun lohen saalistukseen.

**LÄHTEET**

ANDERSON, LEE G. (1977), *The Economics of Fisheries Management*, Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.

ANDERSON, LEE G. (1986), *The Economics of Fisheries Management*, Revised and Enlarged Edition, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.

BARANOFF, T. I. (1918), *On the Question of the Biological Basis of Fisheries*, transl. by W. E. Ricker, Fisheries Research Board of Canada, Nanaimo B.C.

BARANOFF, T. I. (1925), *On the Question of the Dynamics of the Fisheries Industry*, transl. by W. E. Ricker, Fisheries Research Board of Canada, Nanaimo B.C.

BERCK, P. (1979), *Open Access and Extinction*, *Econometrica*, Vol. 47, No. 4, 877 – 882.

BERCK, P. & PERLOFF, J. M. (1984), *An Open-access Fishery With Rational Expectations*, *Econometrica*, Vol. 52, No. 2, 489 – 506.

BEVERTON, R. J. H. & HOLT, S. J. (1957), *On the Dynamics of Exploited Fish Populations*, Fisheries Investigations Series 2 (19), London.

- BJØRNDAL, T. (1987), Production In Stage One: The Case of the North Sea Herring Fishery, Institute of Fisheries Economics, Discussion Paper Series 4, Bergen-Sandviken.
- BJØRNDAL, T. (1988), The Optimal Management of North Sea Herring, *Journal of Environmental Economics and Management* 15, 9 – 29.
- BJØRNDAL, T. (1989), Production In a Schooling Fishery: The Case of the North Sea Herring Fishery, *Land Economics*, Vol. 65, No. 1, 49 – 56.
- BJØRNDAL, T. (1990), A Bioeconomic Analysis of North Sea Herring, A.Guimarães Rodrigues (ed.), *Operations Research and Management in Fishing*, 175 – 189, Kluwer Academic Publishers.
- BJØRNDAL, T. & CONRAD, J. M. (1987a), The Dynamics of an Open Access Fishery, *Canadian Journal of Economics*, No. 1, 74 – 85.
- BJØRNDAL, T. & CONRAD, J. M. (1987b), Capital Dynamics in the North Sea Herring Fishery, *Marine Resource Economics*, vol. 4, 63 – 74.
- BUSHAW, D. (1958), Optimal Discontinuous Forcing Terms, in S.Lefschetz (ed.), *Contributions to the Theory of Nonlinear Oscillations IV*, *Annals of Mathematics Studies* 41, Princeton University Press, 29 – 52.

- CHARLES, A. T. (1986), Coastal State Fishery Development, Foreign Fleets and Optimal Investment Dynamics, *Journal of Development Economics* 24, 331 – 358, North-Holland, Amsterdam.
- CHARLES, A. T. (1992), Fishery Conflicts: A Unified Framework, *Marine Policy* September 1992, 379 – 393.
- CHRISTY, F. T. Jr. (1973), Fishermen's Quotas: A Tentative Suggestion for Domestic Management, University of Rhode Island, Law of the Sea Institute, Occasional Paper No. 19.
- CIRIACY-WANTRUP, S. V. (1952), Resource Conservation: Economics and Policies, University of California, Berkeley.
- CIRIACY-WANTRUP, S. V. (1971), The Economics of Environmental Policy, *Land Economics* 47, 36 – 45.
- CLARK, C. W. (1971), Economically Optimal Policies for the Utilization of Biologically Renewable Resources, *Mathematical Biosciences* 12, 245 – 260.
- CLARK, C. W. (1973), Profit Maximization and the Extinction of Animal Species, *Journal of Political Economy* 81, 950 – 961.
- CLARK, C. W. (1976), *Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources*, John Wiley & Sons Inc., New York.

- CLARK, C. W. (1979), Restricted Entry to Common-Property Fishery Resources: a Game-Theoretic Analysis, in P. T. Liu (ed.) *Dynamic Optimization and Mathematical Economics*, Plenum, New York.
- CLARK, C. W. (1982a), Concentration Profiles and the Production and Management of Marine Fisheries, in W. Eichhorn, R. Henn, K. Neumann and R. W. Shephard (eds.), *Economic Theory of Natural Resources*, Physica Verlag, Würzburg.
- CLARK, C. W. (1982b), Models of Fishery Regulation, in L. J. Mirman and D. F. Spulber (eds.), *Essays in the Economics of Renewable Resources*, North-Holland, Amsterdam, 273 - 287.
- CLARK, C. W. (1990), *Mathematical Bioeconomics, The Optimal Management of Renewable Resources*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- CLARK, C. W. & MUNRO, G. R. (1975), The Economics of Fishing and Modern Capital Theory: A Simplified Approach, *Journal of Environmental Economics and Management* 2, 92 - 106.
- CLARK, C. W. & CLARKE, F. H. & MUNRO, G. R. (1979), The Optimal Exploitation of Renewable Resource Stocks: Problems of Irreversible Investment, *Econometrica*, Vol. 47, No. 1, 25 - 47.
- CLARK, C. W. & MUNRO, G. R. (1980), Fisheries and the Processing Sector: Some Implications for Management Policy, *The Bell Journal of Economics*, 603 - 616.

- CLARK, C. W. & KIRKWOOD, G. P. (1986), On Uncertain Renewable Resource Stocks: Optimal Harvest Policies and the Value of Stock Surveys, *Journal of Environmental Economics and Management* 13, 235 – 244.
- CONRAD, J. M. (1989), Bioeconomics and the Bowhead Whale, *Journal of Political Economy*, vol. 97, no. 4, 974 – 987.
- CONRAD, J. M. & ADU-ASAMOAH, R. (1986), Single and Multispecies Systems: The Case of Tuna in the Eastern Tropical Atlantic, *Journal of Environmental Economics and Management* 13, 50 – 68.
- CRUTCHFIELD, J. A. & ZELLNER, A. (1962), Economic Aspects of the Pacific Halibut Fishery, *Fishery Industrial Research*, Vol.1, No. 1, U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Bureau of Commercial Fisheries, Washington, D.C.
- CRUTCHFIELD, J. A. & PONTECORVO, G. (1969), The Pacific Salmon Fisheries, A Study of Irrational Conservation, The Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
- DASGUPTA, P. (1982), *The Control Resources*, Basil Blackwell, Oxford.
- DASGUPTA, P. & HEAL, G. M. (1979), *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge University Press.
- DORFMAN, R. (1969), An Economic Interpretation of Optimal Control Theory, *American Economic Review* 59, 817 – 831.



- EDWARDS, S. F. (1991), A Critique of Three "Economics" Arguments Commonly Used to Influence Fisheries Allocations, *North American Journal of Fisheries Management*, Vol. 11, No. 2, 121 - 130.
- FULLENBAUM, R. F. & CARLSON, E. W. & BELL, F. W. (1971), Economics of Production from Natural Resources: Comment, *American Economic Review*, 61 (3), 483 - 487.
- FULLENBAUM, R. F. & CARLSON, E. W. & BELL, F. W. (1972), On Models of Commercial Fishing: A Defence of the Traditional Literature, *Journal of Political Economy*, 80 (4), 761 - 768.
- GORDON, H. S. (1952), On a Misinterpretation of the Law of Dimishing Returns in Alfred Marshall's *Principles*, *Canadian Journal of Economics and Political Science*, February 1952.
- GORDON, H. S. (1954), The Economic Theory of a Common Property: The Fishery, *Journal of Political Economy* 62, 124 - 142.
- HALONEN, O. & SETÄLÄ, J. & SALMI, P. (1993), Silakan ja lohenkalastuksen kannattavuus Perämerellä vuosina 1986-1992, julkaisematon käsikirjoitus (manuscript).
- HANNA, S. S. (1990), Attitudes Toward Risk and Resource Use Vessel Captains In a Multi-Species Fishery, in, *International Institute of Fisheries Economics and Trade (IIFET): 4th Biennal Conference: Seafood Trade, Fishing Industry Structure and Fish Stocks - The Economic Interaction*, 1988, 669 - 679.

- HANNESSON, R. (1974), Economics of Fisheries: Some Problems of Efficiency, Lund.
- HANNESSON, R. (1975), Fishery Dynamics, A North Atlantic Cod Fishery, Canadian Journal of Economics 8, 151 – 173.
- HANNESSON, R. (1989), Catch Quotas and the Variability of Allowable Catch, in Neher et al. (eds.), Rights Based Fishing, 459 – 465, Kluwer Academic Publishers.
- HANNESSON, R. & STEINSHAMN, S. I. (1991), How to Set Catch Quotas: Constant Effort or Constant Catch? Journal of Environmental Economics and Management 20, 71 – 91.
- HARDIN, G. (1968), The Tragedy of the Commons, Science 162, 1243 – 1248.
- HAVEMAN, R. H. (1973), Common Property, Congestion and Environmental Pollution, Quarterly Journal of Economics, 87, 278 – 287.
- HELGASON, T. (1991), The Icelandic Quota Management System, A Description and Evaluation, Science Institute, University of Iceland, Reykjavik.
- HILDÉN, M. (1991), Single Species or Multispecies Short Term TAC Advice – Does It Matter? ICES C.M. 1991, Paper J:19, Finnish Game and Fisheries Research Institute, Helsinki.

HILDÉN, M. & KUIKKA, S. (1990), The Analytical Hierarchy Process as a Tool for Analysing Perception of the Salmon Management in Finland, ICES C.M. 1990/M:12.

HILDÉN, M. & SÖDERKULTALAHTI, P. & BONDESTAM, O. (1991), Who Took the Fish? –Fishing for Salmon in the 1980s in Finland, ICES C.M. 1991, Paper M:9, Finnish Game and Fisheries Research Institute, Helsinki.

HUSIN, Z. (1984), Demand, Supply and Bioeconomic Analysis of a Replenishable Resource: A Study of Michigan's Great Lakes Commercial, Ann Arbor, Michigan.

ICES (1992), International Council for the Exploration of the Sea, Report of the Baltic Salmon and Trout Working Group, Copenhagen, 24 – 31 March 1992, C.M. 1992/Assess:10.

INTRILIGATOR, M. D. (1971), Mathematical Optimization and Economic Theory, Englewood Cliffs, Prentice–Hall.

JOHANSSON, P.–O. (1987), The Economic Theory and Measurement of Environmental Benefits, Cambridge University Press.

JOHANSSON, P.–O. (1990), Valuing Environmental Damage, Oxford Review of Economic Policy, vol. 6, No. 1, Oxford University Press, 34 – 50.

KAITALA, V. & POHJOLA, M. (1988), Optimal Recovery of a Shared Resource Stock: a Differential Game Model With Efficient Memory Equilibria, Natural Resource Modelling, Vol. 3, No 1, 91 – 119.

- KARLSSON, L. & ERIKSSON, C. (1991), Experimental Fishery with Drift Nets of Different Mesh Sizes in the Baltic in the Autumn 1990, ICES, Doc. C.M. 1991/M:13.
- KUIKKA, S. (1991), Effects of Some External Factors on the Predictability and Production Capacity of Baltic Salmon Stocks, ICES C.M. 1991/M:29, Paper, Finnish Game and Fisheries Research Institute, Fisheries Division, Helsinki.
- KUIKKA, S. (1992), Development and Dynamics of Finnish Salmon Trapnet Fisheries in the Gulf of Bothnia, ICES C.M. 1992/M:15, ANACAT Committee, Finnish Game and Fisheries Research Institute, Helsinki.
- KUIKKA, S. & VARIS, O. (1991), Probabilistic Assessment of TAC Based Fisheries Management of Baltic Salmon Stocks, ICES C.M. 1991/M:30, ANACAT Committee, Paper.
- KUIKKA, S. & VARIS, O. (1992), Use of Bayesian Influence Diagram in Fisheries Management – The Baltic Salmon Case, ICES C.M. 1992/D:5, Statistics Committee, Paper.
- LEVHARI, D. & MIRMAN, L. J. (1980), The Great Fish War: An Example Using a Dynamic Cournot–Nash Solution, in L.J. Mirman & D. F. Spulper (eds.) *Essays in the Economics of Renewable Resources*, Contributions to Economic Analysis 143, 243 – 258, North–Holland Publishing Company.
- MARSHALL, A. (1890), *Principles of Economics*, 8th ed. London, Macmillan, 1920.

- MICKWITZ, P. (1992), Could the Use of Individual Transferable Quotas Make a Difference for the Finnish Salmon Fishery? ICES C.M. 1992/M:20 Anadromous and Catadromous Fishes Committee, Paper.
- MOLONEY, D. G. & PEARSE, P. H. (1979), Quantitative Rights As an Instrument for Regulating Commercial Fisheries, *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36, 859 – 866.
- MOREY, E. R. (1980), Fishery Economics: An Introduction and Review, *Natural Resources Journal*, vol. 20, 827 – 851.
- MUNRO, G. R. (1979), The Optimal Management of Transboundary Renewable Resources, *Canadian Journal of Economics* 12, 355 – 376.
- MUNRO, G. R. (1981), The Economics of Fishing: An Introduction, in Butlin (ed.) *Economics & Resources Policy*, Longman Group Limited, London.
- MUNRO, G. R. & SCOTT, A. D. (1985), The Economics of Fisheries Management, in A. V. Kneese and J. L. Sweeney (eds.) *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, vol II, 623 – 676, North-Holland, Amsterdam.
- MÄLER, K.-G. (1985), Welfare Economics and the Environment, in A.V. Kneese and J. L. Sweeney (eds.) *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, vol 1, 3 – 60, North-Holland, Amsterdam.

- MÄLER, K.-G. (1990), International Environmental Problems, Oxford Review of Economic Policy, vol. 6, No. 1, Oxford University Press, 80 – 108.
- MÄNTYMAA, E. (1993), Ympäristöhyötyjen arviointi Contingent Valuation –menetelmällä, Valuing Environmental Benefits Using the Contingent Valuation Method, University of Oulu, Research Institute of Northern Finland, Research Reports 109, Oulu.
- NASH, J. F. (1953), Two Person Co-operative Games, *Econometrica* 21, 128 – 140.
- OLLIKAINEN, M. (1984), Metsien ja muiden luonnonvarojen käytön taloustieteellistä analyysia, ETLA C 34.
- PAULIK, G. J. & GREENOUGH, J. W. (1966), Management Analysis for a Salmon Resource System, Chapter IX in *Systems Analysis Ecology*, K. E. F. Watt (ed.), New York, Academic Press.
- PEARL, R. (1930), *The Biology of Population Growth*, Knopf. New York.
- PEARSE, P. H. (1982), *Turning The Tide, A New Policy For Canada's Pacific Fisheries*, The Commission On Pacific Fisheries Policy, Final Report, Vancouver.

- PEARSE, P. H. & WALTERS, C. J. (1992), Harvesting Regulation Under Quota Management Systems for Ocean Fisheries, Decision Making in the Face of Natural Variability, Weak Information, Risks and Incentives, *Marine Policy* May 1992, 167 – 182.
- PLOURDE, C. G. (1970), A Simple Model of Replenishable Resource Exploitation, *American Economic Review* 60, 518 – 522.
- PLOURDE, C. G. (1971), Exploitation of Common-Property Replenishable Resources, *Western Economic Journal* 9, 256 – 266.
- PONTRYAGIN, L. S., BOLTYANSKII, V. S., GAMKRELIDZE, R. V. & MISCHENKO, E. F. (1962), *The Mathematical Theory of Optimal Processes*, New York: Wiley – Interscience.
- REED, W. J. (1979), Optimal Escapement Levels in Stochastic and Deterministic Harvesting Models, *Journal of Environmental Economics and Management* 6, 350 – 363.
- RICKER, W. E. (1958), *Handbook of Computation for Biological Statistics of Fish Populations*, Bulletin 119, Fisheries Research Board of Canada.
- QUIRK, J. P. & SMITH, V. L. (1970), Dynamic Models of Fishing, in A. D. Scott (ed.) *Economics of Fisheries Management: A Symposium*, University of British Columbia, Institute of Animal Resource Ecology, Vancouver.

- SCHAEFER, M. B. (1954), Some Aspects of the Dynamics of Populations Important to the Management of Commercial Marine Fisheries, Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1, 25 - 56.
- SCHAEFER, M. B. (1957), Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relation to the Management of Commercial Marine Fisheries. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 14, 669 - 681.
- SCOTT, A. D. (1955), The Fishery: The Objectives of Sole Ownership, Journal of Political Economy 63, No. 2, 116 - 124.
- SIEBERT, H. (1992), Nature as a Life Support System. Renewable Resources and Environmental Disruption, Zeitschrift für Nationalökonomie (Journal of Economics), Vol. 42, No. 2, 133 - 142.
- SMITH, V. L. (1968), Economics of Production from Natural Resources, American Economic Review 58, 409 - 431.
- SMITH, V. L. (1969), On Models of Commercial Fishing, Journal of Political Economy 77, 181 - 198.
- TAHVONEN, O. (1989), On The Dynamics of Renewable Resource Harvesting and Optimal Pollution Control, The Helsinki School of Economics.
- VERHULST, P. F. (1838), Notice sur la Loi Que la Population Suit dans son Accroissement, Correspondance Mathematique et Physique 10, 113 - 121.



VALATIN, G. (1990), The Determinants of Supply: Preliminary Findings of a Survey of Skippers' Motivation, Fisheries Economic Newsletter (FEN), No. 29, 1 – 10.

WARMING, G. J. (1911), Om Grundrente af Fiskegrunde, National-økonomisk Tidskrift 1911, 499 – 505.

WILEN, J. E. (1985), Bioeconomics of Renewable Resource Use, in A. V. Kneese and J. L. Sweeney (eds.) Handbook of Natural Resource and Energy Economics, vol 1, 61 – 124, North-Holland, Amsterdam.

## LIITE 1

**Taulukko 1.** Lohisaaliin kehitys Itämeren pääaltaalla ja Pohjanlahdella vuosina 1985 – 1991. (Lähde: ICES 1992, 37).

VUOSI	KOKONAIS- SAALIS (t)	LOHISAALIS (1 000 kalaa)	
		Luonnonlohi	Istutettu lohi
1985	3 755	178 (17 %)	865 (83 %)
1986	3 188	133 (15 %)	752 (85 %)
1987	3 634	135 (15 %)	762 (85 %)
1988	2 907	102 (13 %)	689 (87 %)
1989	3 945	85 ( 8 %)	964 (92 %)
1990	5 060	97 ( 9 %)	1034 (91 %)
1991	4 129	117 (15 %)	659 (85 %)