

Marita Laukkanen

Itämeren lohenkalastuksen bioekonominen analyysi



RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 130

1997

Itämeren lohenkalastuksen bioekonominen analyysi

Marita Laukkanen

Helsinki 1997

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Kalastaja kokemassa lohirysää (Kuva: Petri Suuronen)

Kirjoittajat ovat vastuussa kirjoituksensa sisällöstä, eikä se välttämättä edusta Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen virallista kantaa.

ISBN 951-776-124-4

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 1997

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
1.1. Itämeren lohenkalastuksen ongelmia.....	1
1.2. Tutkimuksen tavoitteet, rajaus ja rakenne.....	2
1.3. Kirjallisuuskatsaus.....	3
2. ITÄMEREN POHJOISOSAN LOHENKALASTUKSEN TEOREETTINEN MALLI.....	5
2.1. Peräkkäisten kalastusten malli tutkimuksen perustana.....	5
2.2. Itämeren lohenkalastuksen erityispiirteet ja teoreettinen malli.....	6
2.3. Lohenkalastuksen mallin biologinen rakenne	7
2.4. Lohenkalastuksen mallin taloudellinen rakenne	9
2.5. Vapaan kalastusoikeuden mukainen kalastus: kilpailutasapaino	10
2.5.1. Mahdolliset kalastusyhdistelmät vapaan kilpailun vallitessa.....	11
2.6. Lohenkalastuksen kokonaistuoton maksimoiva kalastus	13
2.6.1. Suunnittelijan maksimointiongelma.....	13
2.6.2. Mahdolliset kalastusyhdistelmät kalastuksen kokonaistuottoa maksimoitaessa.....	14
2.7. Mallin arviointia ja jatkotutkimuksen aiheita.....	17
3. LOHENKALASTUKSEN EMPIIRINEN ANALYYSI.....	19
3.1. Laskelmissa käytetyt taloudelliset ja biologiset parametrit.....	19
3.2. Laskelmien tulokset.....	24
3.2.1. Lohenkalastuksen kokonaistuoton maksimoiva kalastus	24
3.2.2. Vapaan kalastusoikeuden mukainen kalastus: kilpailutasapaino	25
3.2.3. Tasapainojen vertailua empiiristen laskelmien pohjalta	26
3.3. Mallin tulosten herkkyyys suhteessa mallin parametreihin.....	27
3.3.1. Avomerikalastuksen kustannukset panosyksikköä kohden.....	28
3.3.2. Rannikkokalastuksen kustannukset panosyksikköä kohden.....	28
3.3.3. Avomerikalastuksen saaliin hinta.....	29
3.3.4. Rannikkokalastuksen saaliin hinta	30
3.3.5. Kutuvaellukselle lähtevien lohien osuus avomerellä kalastettavasta kannasta.....	30
3.3.6. Lisääntymiskerroin K	31
3.3.7. Eloonjääminen joessa	32
3.4. Lohenkalastuksen arviointia laskelmien pohjalta.....	32
3.5. Tutkimuksen arviointia ja jatkotutkimustarpeita.....	33
LÄHTEET	34

1. Johdanto

Merialueiden kalakannat ovat arvokas luonnonvara, jolla on monissa maissa suuri taloudellinen merkitys, ja merikalastukseen liittyvät ongelmat ovatkin viime aikoina saaneet runsaasti huomiota. Kalastuselinkeino kärsii heikosta kannattavuudesta. Merialueiden kalakantoja kalastavat usein monet itsenäiset valtiot, jolloin seurauksena voi olla kansainvälisiä kiistoja resurssin käytöstä. Monet kalalajit ovat uhanalaisia, ja ympäristöarvojen korostumisen myötä on vaadittu kalastuksen rajoittamista kalakantojen säilyttämiseksi. Erityisesti kiistoja aiheuttavat vaelluskalat, jotka vaeltavat useiden valtioiden kalastusvyöhykkeillä.

Kalakannat ovat luonnollisen lisääntymisen kautta uusiutuva luonnonvara, mutta luonnollista lisääntymistä voimakkaampi kalastus pienentää kalakantoja. On myös mahdollista kalastaa kalakannan luonnollisen kasvun verran ja näin hyödyntää pelkästään kalakannan tuottavaa potentiaalia säilyttäen kalakanta muuttumattomana. Tällöin on ratkaistava, mikä on haluttu kalakannan säilyttävä saalis. Kalakannan ja kasvun yhteys on otettava huomioon kalaresurssin käytöstä päätettäessä; onkin kyseistä, milloin kalakanta on halutun kasvun ja saaliin tuottavalla tasolla. Biologiselta pohjalta on esitetty kalakantojen hyödyntämisen perustaksi suurimman kestävän eli kalakannan säilyttävän saaliin kriteeriä. Kun tavoitteena on resurssien tehokas käyttö, kalakantojen hyödyntämisen tarkasteluun on tarpeen sisällyttää taloudellinen näkökulma.

Kalakannat ovat usein yhteisomaisuutta ja vapaasti kalastettavissa. Kilpailulliset markkinat ja vapaa kalastusoikeus eivät kuitenkaan yleensä johda tehokkaaseen ratkaisuun, vaan kalastukseen investoidaan liikaa ja kalakannat kalastetaan liian pieniksi (Gordon 1954). Yksittäisten päätöksentekijöiden taloudellinen toiminta johtaa merikalastuksen tapauksessa usein ongelmiin, joten julkisen vallan on perusteltua puuttua kalastuksen järjestämiseen. Kalastusta onkin viime vuosikymmenien aikana pyritty säätelemään, mutta säätelyn tavoitteet ovat usein olleet vain biologisin perustein määriteltäviä.

1.1. Itämeren lohenkalastuksen ongelmia

Suomessa ja Itämeren alueella erityisesti kysymys Itämeren lohen suojelusta ja lohenkalastuksen säätelystä on saanut viime aikoina runsaasti huomiota. Itämeren lohen luonnossa lisääntyvät kannat ovat heikentyneet huomattavasti viime vuosikymmenien aikana, ja villin Itämeren lohen pelätään häviävän kokonaan. Kaupallinen lohenkalastus merialueilla perustuu nykyisin istutuksiin – vain noin 5 - 10 % lohista on peräisin luonnonkannoista. Pohjanlahteen laskevista joista alkuperäinen luonnonkanta on nykyisin jäljellä enää seitsemässä, Suomessa Tornionjoessa ja Simojoessa. Luonnonkantojen häviäminen johtuu jokien voimalaitosrakentamisesta, muista jokiympäristön muutoksista ja voimakkaasta kalastuksesta (RKTL 1993). Myös jäljellä olevat luonnonkannat ovat heikentyneet, ja pohjoisen jokien kannat ovat nykyisin Itämeren luonnonkannoista heikoimmat. Itämeren koko lohikannan luonnonlohista noin 35 % on peräisin Pohjanlahteen laskevista joista (Kuikka 1994).

Lohenkalastus on kuitenkin kasvanut. Suomessa lohta kalastavien ammattikalastajien määrä nousi vuodesta 1987 vuoteen 1992 noin 50 %, ja Suomen lohisaalis kasvoi sel-

västi 1990-luvun alussa (RKTL 1993). Lohenkalastusta pyritään säätelemään kiintiöillä sekä kalastuskautta ja pyyntitapoja rajoittamalla. Itämeren lohisaaliit on kiintiöity kalastusvyöhykkeittäin, ja EU:lla on oma kiintiönsä, joka puolestaan on jaettu jäsenmaiden kesken. Suomen kiintiö vuodelle 1995 on 114 000 lohta. Lohenkalastusta voidaan edelleen rajoittaa kansallisella tasolla päätettäessä maakohtaisen kokonaiskiintiön käytöstä. Säätelyn tavoitteena on ollut lähinnä luonnonkantojen turvaaminen. Istutetut ja luonnonlohet vaeltavat meressä syömään ja kasvamaan samoille alueille, joten niitä kalastetaan samanaikaisesti. Jos luonnonkannat halutaan säilyttää, joudutaan siis rajoittamaan myös istutettujen lohien kalastusta. Erityisen ongelmallista säätelyn kannalta ovat lohien vaellukset: koska lohta kalastetaan useilla kalastusalueilla, säätely on johtanut kiistoihin eri käyttäjäryhmien välillä. Kalastajat ovat yleensä vastustaneet lohenkalastusta rajoittavia toimenpiteitä vedoten elinkeinon muutenkin heikkoon kannattavuuteen – säätelyn aiheuttamia kustannuksia ei heidän mielestään ole otettu riittävästi huomioon.

Lohi vaeltaa syntymäjoestaan tai istutuspaikalta merelle kasvamaan ja palaa takaisin kotijokeensa vietettyään 1 - 3 vuotta merellä. Vaellusten vuoksi lohta kalastetaan laajalla alueella. Kaupallinen kalastus voidaan jakaa avomeri- ja rannikkokalastukseen. Jokikalastus on pääosin virkistyskalastusta ja on ollut pitkään saalisosuudeltaan vähäinen. Avomerikalastus pyytää merellä kasvamassa olevia lohia ympäri vuoden, ja rannikkokalastus hyödyntää kesällä kutuvaelluksella olevaa lohikannan osaa käyttäen hyväkseen lohien vaellusreittejä. Rannikkokalastus vähentää suoraan villien kutulohien määrää, kun taas avomerikalastus vaikuttaa rannikolle siirtyvän kalakannan koon. Myös kalastusten kustannukset ja saaliiden keskihinnat eroavat toisistaan. Lohenkalastuksen säätely onkin johtanut kiistoihin lohisaaliin jaosta avomeri-, rannikko- ja jokikalastuksen välillä. Kun tarkastellaan lohikannan käyttöä kokonaisuutena, on tarpeen ottaa huomioon lohien peräkkäiset kalastukset ja erot kalastusten rakenteissa. Kalastusten erojen vuoksi halutun kalakannan koon ja kestävä saaliin määrittäminen pitää sisällään myös saaliin jaon eri kalastusten välillä. Kysymys saaliin jaosta on tärkeä myös kansallisella tasolla päätettäessä maakohtaisen kiintiön alueellisesta jaosta.

1.2. Tutkimuksen tavoitteet, rajaus ja rakenne

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää malli, jonka avulla voidaan analysoida Itämeren lohenkalastusta ja tarkastella saaliin jakoa avomeri- ja rannikkokalastuksen välillä. Tarkastelu on rajattu Pohjanlahteen laskevien jokien luonnonkannoista ja Pohjanlahteen istutetuista lohista muodostuvaan kantaan. Tavoitteena on selvittää, kuinka istutetuista ja luonnonlohistä koostuvaa lohikantaa hyödynnettäisiin yhteiskunnallisesti optimaalisella tavalla: pyritään selvittämään avomeri- ja rannikkokalastuksen optimaalinen saalismäärä ja kalakannan koko. Myös vapaan kalastusoikeuden tuottamaa kilpailutasapainoa pyritään kuvaamaan mallin avulla. Avomeri- ja rannikkokalastuksen taloudelliset ja biologiset erot otetaan huomioon, joten pyritään löytämään optimaalinen avomeri- ja rannikkokalastuksen yhdistelmä. Jokikalastus otetaan huomioon mallin ulkopuolelta määräytyvänä tekijänä, sillä jokikalastus on pääosin virkistyskalastusta, jonka tuottaman hyödyn tarkastelu jää tämän työn ulkopuolelle. Kaupallisen kalastuksen ja virkistyskalastuksen tuottamien hyötyjen vertailu on varsin ongelmallista, ja Itämeren pohjoisen lohikannan virkistyskalastusarvon tutkiminen muodostaa oman tutkimusongelmansa. Myös lohien luonnonkantojen olemassaolon arvottaminen sinänsä jää tämän tarkastelun ulkopuolelle. Työn laskelmaosassa arvioidaan mallin avulla lohenkalastuksen tuottoja nykyistä lohenkalastusta kuvaavan taloudellisen ja biologisen aineiston valossa. Lohenkalastuksen tuottoa vapaan kilpailun vallitessa, nykyisen säätelyn aikana ja optimaalisessa kalastuksessa verrataan toisiinsa. Kalas-

tuksen säätelyyn ja erilaisten säätelykeinojen valintaan liittyvät kysymykset jäävät tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Lohenkalastusta tarkastellaan bioekonomisen mallin avulla: kalakannan hyödyntämisen analyysissa on tärkeää huomioida taloudellisten tekijöiden ohella kalakannan biologia, joten taloudellisen mallin taustalla on biologinen malli. Charlesin ja Reedin (1985) peräkkäisten kalastusalueiden malli muodostaa perustan Itämeren lohenkalastuksen analyysille. Luvussa 2 esitellään peräkkäisten kalastusten malli ja muokataan mallia Itämeren lohenkalastuksen analysointiin soveltuvaksi lisäämällä malliin lohen istutukset ja jokikalastus, jotka ovat tarkastelussa mukana mallin ulkopuolelta määräytyvinä tekijöinä. Luvussa 3 esitetään Itämeren lohenkalastuksen malliin perustuviin empiiristen laskelmien tulokset. Mallin avulla kuvataan vapaan kilpailun mukaista kalastuksen tuottoa, nykyisen säätelyn mukaista tilannetta ja kalastuksen kokonaistuoton maksimoivan kalastusyhdistelmän tuottoa. Tämä työ on tiivistetty versio tutkielmasta *Itämeren lohenkalastuksen bioekonominen analyysi* (Laukkanen 1995), jossa analyysi esitetään yksityiskohtaisesti.

1.3. Kirjallisuuskatsaus

Ensimmäinen laajaa huomiota osakseen saanut kalastuksen taloustieteellinen analyysi on Gordonin (1954) kilpailutasapainon kuvaus. Usein viitataan Gordon–Schäfer-malliin, sillä mallin taustalla on Schäferin (1954) kalakantoihin soveltama logistinen kasvumalli. Schäfer esittikin myöhemmin Gordonin mallin eksplisiittisesti logistisen kasvumallin puitteissa (Schäfer 1957). Gordonin artikkeli tarkastelee kalakannan hyödyntämiseen liittyviä ongelmia kalakannan ollessa vapaasti kalastettavaa yhteisomaisuutta. Gordonin malli osoittaa, että kalakannan on mahdollista tuottaa tuotannontekijäkorvaukset ylittävää lisävoittoa (rent) myös pitkällä aikavälillä, mutta että vapaa kalastusoikeus johtaa bionomiseen tasapainoon, jossa lisävoitto häviää; optimiratkaisuksi Gordon esitti lisävoiton maksimointia. Gordonin malli on staattinen lukuun ottamatta kalastuksesta johtuvia muutoksia kalakannan kasvussa, ja sekä kalan hinnan että kalastuspanoksen yksikkökustannuksen oletetaan olevan vakioita.

Scott (1955) toi esille dynaamisen tarkastelun tarpeellisuuden. Käsité yksi omistaja on peräisin Scottilta: yksi omistaja voi kontrolloida koko kalaresurssia, jolloin optimaalista on kalakannan tuoton nykyarvon maksimointi. Clark esitti ensimmäisenä Gordon–Schäfer-malliin perustuvan kalakannan hyödyntämisen dynaamisen analyysin ja osoitti, että tietyssä tilanteessa yhden omistajan rationaalinen toiminta voi johtaa kalakannan häviämiseen (Clark 1973). Dynaamisen tai pääomateoreettisen tarkastelun merkityksen toi kuitenkin laajaan tietoisuuteen vasta Clarkin ja Munron (1975) kalakannan hyödyntämisen pääomateoreettinen analyysi, joka osoittaa dynaamisen optimin voivan poiketa merkittävästi staattisesta optimista. Dynaaminen analyysi painotti myös sopeutumisvaiheen merkitystä. Perusmallissa tuloksena on nopeimman mahdollisen optimiin sopeutumisen optimaalisuus. Clarkin ja Munron (1975) artikkelin taustalla olevaa biologiaa ja matematiikkaa käsitellään laajasti Clarkin vuotta myöhemmin ilmestyneessä kirjassa *Mathematical Bioeconomics* (Clark 1976), joka pääomateoreettisen tarkastelun merkityksen lisäksi painotti erityisesti biologisten mallien merkitystä kalakannan hyödyntämisen talousteoreettisessa analyysissa.

Edellä mainituissa malleissa kalakantaa kalastaa yksi kalastajien ryhmä. Monesti kalakantaa kuitenkin hyödyntävät useat kalastukset, mikä pätee myös Itämeren lohenkalastukseen. Charlesin ja Reedin (1985) mallissa yksi kalakanta on peräkkäisten kalastusten kohteena. Peräkkäisten kalastusten hintojen ja kustannusten suhteet määräävät, kalastetaanko kilpailutasapainossa ja kalakannan tuoton maksimoivassa tasapainossa molemmilla alueilla vai vain toisella, sekä millainen saaliin optimaalinen allo-

kaatio kalastusalueiden välillä on. Kalastus peräkkäisillä alueilla on saanut osakseen vähän huomiota. Enemmän on tutkittu samantapaista kysymystä kalastuspanoksen ja saaliin jakamisesta tilanteessa, jossa yhtä kalakantaa kalastavat useat kalastuslaivastot samanaikaisesti. Clarkin ja Kirkwoodin (1979) tapaustutkimuksessa samaa kalakantaa kalastaa kaksi kapasiteetiltaan eroavaa kalastuslaivastoa; yksinkertaisen mallin tulosten mukaan on optimaalista käyttää vain yhtä laivastoa, jonka tyyppi riippuu mallin parametreista. McKelvey (1983) tutki kalastuspanoksen jakoa erikoistuneiden ja erikoistumattomien alusten välillä. McKelveyn mukaan pitkällä aikavälillä on optimaalista käyttää erikoistuneiden alusten ohella erikoistumattomia aluksia vain, jos joko kalakannan koko tai kalan hinta vaihtelee satunnaisesti. Lipton ja Strand (1989) jatkoivat erikoistuneiden ja erikoistumattomien alusten kalastuksen tarkastelua laajentaen tarkastelun koskemaan kahden kalalajin kalastusta, jolloin tuloksena oli kummankin alustyyppin rinnakkaisen käytön optimaalisuus myös deterministisessä mallissa. Näistä malleista kuitenkin vain Charlesin ja Reedin (1985) malli ottaa eksplisiittisesti huomioon yhden kalakannan kalastuksen peräkkäisillä, biologisesti ja taloudellisesti toisistaan eroavilla kalastusalueilla, ja soveltuu siksi parhaiten perustaksi Itämeren pohjoisosan lohenkalastuksen tarkastelulle.

2. Itämeren pohjoisosan lohenkalastuksen teoreettinen malli

Itämeren lohi vaeltaa kotijoestaan mereen syönnökselle ja kutuaikaan taas takaisin kotijokeensa. Lohi Itämeren pohjoisosassa on usean peräkkäisen kalastuksen kohteena, sillä lohta kalastetaan ympäri vuoden syönnösalueella avomerellä ja alkukesällä kutuvaelluksen aikana Pohjanlahden rannikolla. Kutemaan nousevia luonnonkantaan kuuluvia lohia ja jokiin istutettuja lohia kalastetaan lisäksi joissa. Lohikannan kaupallinen hyödyntäminen perustuu lähinnä avomeri- ja rannikkokalastukseen, kun taas jokikalastus on pääosin virkistyskalastusta. Kaupalliset kalastukset eroavat toisistaan ajoituksen lisäksi pyyntitapojen suhteen: syönnösvaelluksella olevaa lohta pyydetään pääasiassa ajoverkoilla ja ajosiimalla, kutuvaelluksella olevaa lohta kiinteillä pyydyksillä sekä Ahvenanmerellä ja Selkämerellä ajoverkoilla. Kutuaikaan harjoitettu rannikkokalastus on tehokasta ja saalis panosyksikköä kohden suuri verrattuna avomerialkalastukseen. Avomeripyynti vaatii kookkaampia aluksia ja alukset joutuvat kulkemaan pitempiä matkoja pyyntialueelle. Kalastusten rakenteellisten erojen vuoksi kalastuksen kustannukset saalisyksikköä kohden avomerellä ja rannikolla poikkeavat toisistaan. Myös lohisaaliin hinnat avomerialkalastuksen ja rannikkokalastuksen aikaan eroavat toisistaan: suuri osa lohisaaliista saadaan kevään ja alkukesän aikana, jolloin rannikkokalastuksessa pyydetään kudulle tulevaa lohta, ja lohen hinta on saaliin kausivaihtelun seurauksena alimmillaan rannikkokalastuksen aikaan (RKTL 1993).

Yhden kalakannan kalastaminen peräkkäisillä kalastusalueilla johtaa helposti alueellisiin kiistoihin kalakannan käytöstä, kuten Itämeren lohen tapauksessakin on käynyt. Kun pyritään kalakannan optimaaliseen hyödyntämiseen, halutun kalakannan koon lisäksi on tarpeen määrittää saaliin jako eri kalastusalueiden välillä. Kunkin kalastusalueen tarkasteleminen erikseen jättää huomiotta sen, että kalastukset hyödyntävät samaa kalakantaa. Tarkastelu yhtenä kalastusalueena puolestaan ei ota huomioon eroja kalastusalueiden taloudellisissa rakenteissa eikä kalastusten vaikutuksessa kalakantaan. Saaliin optimaalisen eli kalastusten tuoton maksimoivan allokaation määrittämiseksi on tarpeen ottaa nämä biologiset ja taloudelliset tekijät mukaan tarkasteluun.

2.1. Peräkkäisten kalastusten malli tutkimuksen perustana

Charles ja Reed (1985) analysoivat kalastusta peräkkäisillä kalastusalueilla ja määrittivät kalastuksen kokonaistuoton maksimoivan, yhteiskunnallisesti optimaalisen kalastusyhdistelmän. Charlesin ja Reedin malli määrittää kokonaissaaliin ja optimaalisen kalakannan koon lisäksi saaliin optimaalisen allokaation kahden peräkkäisen, samaa kalakantaa hyödyntävän kalastusalueen välillä. Charlesin ja Reedin malli on laadittu erityisesti Brittiläisen Columbian kuningaslohelle. Kalakantaa kalastetaan kalastuskauden aikana kahdella alueella. Kalastus ensimmäisellä kalastusalueella, avomerellä, perustuu koko kalakantaan. Toisella kalastusalueella, rannikolla, hyödynnetään vain kutuvaelluksella olevaa osaa kannasta. Kutemaan siirtyvä osa kalakannasta on siis kahden peräkkäisen kalastuksen kohteena. Rannikkokalastuksesta selviytyvä kala kutee todennäköisesti ja vaikuttaa siten tulevaan kannan kokoon; avomerialkalastuksesta selviytyvä kala puolestaan määrää rannikkokalastuksen kohteena olevan kan-

nan koon. Kalakannan ikärakenne on mallissa mukana implisiittisesti siten, että vain tietyn vakion osan kalakannasta oletetaan siirtyvän kerran vuodessa kutemaan. Kalastukset eroavat toisistaan myös taloudellisten tekijöiden suhteen. Kalan laatueroista johtuen avomerellä pyydetyn ja rannikolla pyydetyn kalan hinnat eroavat toisistaan: kuningaslohen tapauksessa avomerellä pyydettyä lohta pidetään laadultaan parempana, joten sen hinta on yleensä korkeampi. Avomeripyynnin kustannukset saalisyksikköä kohden taas ovat korkeammat kuin rannikkokalastuksen, sillä alusten matka pyyntialueelle avomerelle on pitempi.

Charlesin ja Reedin malli määrittää kalakannan kokonaisuudessaan tuottaman yhteiskunnallisen hyödyn maksimoivan kalastusyhdistelmän, rajoitteena kalakannan luonnollinen kasvu. Kun yksi kalakanta on peräkkäisten kalastusten kohteena avomerellä ja rannikolla, kalastuksen kokonaistuotto voidaan maksimoida kontrolloimalla kalastuksilta säästyvää eli selviytyvää kalan määrää. Tämä tarkoittaa samalla sitä, että tuoton maksimoimiseksi on tarpeen säädellä sekä lopullista kutevaa kalakantaa että saaliin jakoa eri kalastusalueiden välillä. Avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen hintojen ja kustannusten keskinäisen suhteen havaitaan biologisten parametrien ohella määräävän optimaalisen kalastuksen kvalitatiivisen luonteen eli sen, onko optimaalista kalastaa sekä avomerellä että rannikolla, vain avomerellä tai vain rannikolla. Malli määrittää kalastusten optimaalisten säästöjen kautta saaliin optimaalisen allokation kalastusalueiden välillä sekä optimaalisen kalakannan koon. Niin yksittäiset kalastusyritykset kuin kalastuksen säätelijäkin pyrkivät kontrolloimaan kalastuspainosta ja saalista, mutta kalastuksesta selviytyvä populaatio, kalastuksen säästö, on matemaattisen mallin kontrollimuuttuja, mikä mahdollistaa peräkkäisten kalastusten vuorovaikutuksen eksplisiittisen tarkastelun. Charles ja Reed kuvaavat myös kilpailutasapainoa peräkkäisten kalastusten tapauksessa: nähdään millaiseksi taloudelliset tekijät määrittävät kalastuksen kilpailutasapainon ja millainen se on verrattuna optimaaliseen tasapainoon.

Charlesin ja Reedin peräkkäisten kalastusalueiden mallin taloudellinen rakenne on pääpiirteissään sopiva kuvaamaan myös Itämeren lohenkalastuksen taloudellista rakennetta, sillä peräkkäisten kalastusten saaliiden hinnat ja kustannukset poikkeavat toisistaan ja malli mahdollistaa siten kalastusten taloudellisten erojen huomioimisen. Kalastuksen rakenne ja kalakannan kasvudynamiikka muistuttaa Itämeren lohenkalastuksen peruspiirteitä: kerran vuodessa kutevaa kalakantaa kalastetaan avomerellä ja kutuaikaan rannikolla, ja vain rannikkokalastuksesta selviytyvät kalat kutevat ja vaikuttavat kannan tulevaan kokoon. Itämeren lohenkalastuksen tapaus on kuitenkin monimutkaisempi. Lohikanta kokonaisuudessaan koostuu istutetusta kannasta ja luonnonkannasta. Kutemaan nousevaa luonnonlohta kalastetaan avomeren ja rannikon lisäksi vielä joissa, joten lohi pääsee kutemaan vasta selviydyttyään kolmesta peräkkäisestä kalastuksesta. Charlesin ja Reedin malli ei siksi sellaisenaan muodosta analyttisiä puitteita Itämeren lohenkalastuksen analysointiin, mutta soveltuu perustaksi Itämeren lohenkalastuksen mallittamiseen.

2.2. Itämeren lohenkalastuksen erityispiirteet ja teoreettinen malli

Charlesin ja Reedin mallia muokataan seuraavassa Itämeren lohenkalastuksen analysointiin sopivaksi ottamalla huomioon Itämeren lohenkalastuksen erityispiirteet. Itämeren lohikannasta suurin osa on istutettua lohta, joten malliin lisätään istutukset, jotka oletetaan vakioksi. Tarkastellaan siis lohikantaa, joka muodostuu istutetuista lohista ja luonnonvaraisista lohista. Kutemaan nousevat lohet joutuvat selviytymään kolmesta peräkkäisestä kalastuksesta, joten malliin lisätään kolmas kalastusalue, joet. Lohen kaupallinen hyödyntäminen perustuu kuitenkin pääasiassa avomeri- ja rannik-

kokalastukseen, joten jokikalastus otetaan tarkastelussa huomioon vain eksogeenisena eli mallin ulkopuolelta määräytyvänä tekijänä. Jokikalastus on pääosin virkistyskalastusta, jonka arvon arvioiminen on ongelmallista. Virkistyskalastuksen hyöty ei perustu pelkästään mahdolliseen saaliiseen; hyödyke ei ole saalis sinänsä vaan virkistyskalastus vapaa-ajanviettomahdollisuutena. Virkistyskalastuksen arvoa ei ole mielekästä mitata saaliin myyntiarvolla kuten kaupallisen kalastuksen tapauksessa. Saaliin arvoa voidaan ennemmin ajatella mitattavan virkistyskalastuksen kustannuksilla, joista merkittävimpiä ovat kalastusluvat, matka- ja majoituskustannukset sekä veneenvuokrat. Koska jokikalastus on tässä tarkastelussa vain eksogeeninen tekijä, jokikalastuksen potentiaalinen taloudellinen hyöty ei tule esille analyysissa.

Myöskään jako kaupalliseen ja virkistyskalastukseen ei ole suoraviivainen. Ammattikalastajat, kuten monien muiden ammattien harjoittajat, saavat työstään myös ei-rahallista tyydytystä. Anderson (1980) ja Smith (1981) argumentoivat ei-rahallisten tekijöiden merkityksen olevan erityisen vahva kalastuksessa, mikä tekee kaupallisen kalastuksen ja virkistyskalastuksen erottelun ongelmalliseksi. Yleensä kalastus kuitenkin jaetaan näihin kahteen ryhmään, ja seuraavassa tarkastellaan kaupallisten kalastusten tuottamaa rahallista hyötyä.

Kalastuksen vaikutus lohikannan kasvuun otetaan huomioon tarkastelussa, mutta muutoin lohenkalastuksen malli on staattinen. Kalastuksen tuottojen diskonttaaminen tekisi mallista mahdollisesti sisällöltään rikkaamman mutta huomattavasti monimutkaisemman. Tässä tarkastelussa huomion kohteena on ennen kaikkea saaliin allokaatio kalastusalueiden välillä. Lohikannasta taas vain pieni osa on luonnonlohta, jolloin kalakannan kokoon vaikuttavat pääasiassa istutukset kalakannan luonnollisen kasvun kautta tapahtuvan lisäyksen jäädessä pieneksi. Tilanne poikkeaa kalastuksen perustapauksesta, jossa kalakanta kasvaa vain luonnollisen kasvun kautta, saaliita vähentämällä. Staattisessa tarkastelussa pitäytyminen ei siis merkinne olennaisia menetyksiä mallin kuvaavuudessa. Kilpailutasapainon tarkastelun osalta diskonttaaminen ei muutoinkaan tulisi kysymykseen: kalastuksen ollessa vapaata kalastajat huomioivat vain kuluvan periodin tuotot, sillä yksittäisen kalastajan saaliin vähentäminen kalakannan elvyttämiseksi vain lisäisi muiden saaliita.

2.3. Lohenkalastuksen mallin biologinen rakenne

Lohi vaeltaa kesällä merestä syntymäjokeensa tai istutuspaikalle mereen laskeviin jokiin tai jokisuille. Istukkaista vain luonnonjokiin eli Tornionjokeen tai Simojokeen istutetut pystyvät lisääntymään, eivätkä istutetut lohet juuri nouse luonnonkantajokiin. Koska luonnollinen lisääntyminen on edelleen pääosin luonnonkantojen varassa, seuraavassa oletetaan vain luonnonvaraisen kannan lisääntyvän luonnossa. Tämä oletus ei vaikuta mallin rakenteeseen eikä analyysiin, mutta on mahdollista, että nykyiset entistä laajemmat istutukset jokiin lisäävät lohikannan luonnollisen kasvun merkitystä ja vaikuttavat sitä kautta saaliin allokaatioon.

Lohi kutee syksyllä, ja poikaset kuoriutuvat seuraavana kesänä ja viettävät pohjoisissa joissa 2 - 4 vuotta ennen kuin vaeltavat syönnökselle mereen. Viljellyt poikaset istutetaan pääasiassa 2 vuoden ikäisinä. Pohjanlahden lohien syönnösvaellus eteläiselle Itämerelle kestää 1 - 3 vuotta, minkä jälkeen lohet aloittavat kutuvaelluksen takaisin pohjoiseen. Sekä istutetut että luonnonvaraiset lohet vaeltavat siis kutuaikaan takaisin kotijokeensa tai istutuspaikalle, mutta pääsääntöisesti vain luonnonlohet pystyvät lisääntymään. Kutuvaellus ajoittuu lähinnä touko-kesäkuulle, ja kutuvaelluksen jälkeen lohet eivät yleensä enää palaa mereen (RKTL 1993).

Tarkastellaan siis lohikantaa, joka kokonaisuudessaan koostuu luonnonlohista ja istutetuista lohista. Kalan määrää mitataan biomassana. X' on kokonaiskalakanta kalastuskauden alussa vuonna t yläindeksin t merkitessä aikaa. Tästä kannasta osa $(1-b)$ on istutettua lohta ja osa b luonnonkantaa. Lohta kalastetaan kolmella peräkkäisellä alueella: avomerellä, rannikolla ja joissa. Mallissa tarkastellaan avomerikalastusta ja rannikkokalastusta olettaen jokikalastuksen vaikutus kantaan ennalta määrättyksi. Merkitään jatkossa avomerikalastusta alaindeksillä 0, rannikkokalastusta alaindeksillä 1 ja jokikalastusta alaindeksillä 2. Kullakin kalastusalueella pyydetään kalastuskauden aikana saalis H loppuosan kalastettavasta populaatiosta selviytyessä kalastuksesta. Kalastuksesta selviytyvien lohien määrä, säästö, on seuraavassa S . Kalastajien ja kalastuksen säätelijän oletetaan kontrolloivan kalastuspanosta ja saalista, mutta mallin päätösmuuttujina ovat kalastusalueiden säästöt, mikä mahdollistaa kalastusten vuorovaikutuksen tarkastelun. Kun kalastuskausi oletetaan niin lyhyeksi, että luonnollinen kuolevuus kalastuskauden aikana voidaan jättää huomiotta, kalakannan, saaliin ja säästön välistä yhteyttä kuvaa yhtälö $S = X - H$. Kalakannan X ohella avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen säästöt ovat siis mallin päätösmuuttujat.

Koko kalakantaa kalastetaan ensin avomerellä. Avomerikalastuksen kokonaissaalis kalastuskauden aikana on H'_0 , ja avomerikalastuksen säästö S'_0 . Kalakannan, saaliin ja säästön yhteyttä kuvaa yhtälö $S'_0 = X' - H'_0$. Saalistuksen oletetaan olevan Schäferin tuotantofunktion mukainen, jolloin saaliin panosyksikköä kohden oletetaan olevan vakiosuhteessa kalakannan kokoon. Koska Schäferin tuotantofunktio on lineaarinen kalakannan x suhteen, istutetun lohien ja luonnonlohen suhde saaliissa ja säästöissä on tällöin sama kuin kantojen suhde. Saaliista osa $(1-b)H'_0$ on istutettua lohta ja osa bH'_0 luonnonkantaa, ja edelleen säästöistä osa $(1-b)S'_0$ on istutettua lohta ja osa bS'_0 luonnonkantaa.

Oletetaan, että vakio osa σ avomerikalastuksen säästöistä lähtee vuosittain Pohjanlahdelle kutuvaellukselle. Parametri σ kuvaa implisiittisesti kalakannan ikärakennetta, jonka oletetaan pysyvän vakiona. Kalakannan ikärakenne on tärkeää ottaa huomioon, sillä kutevien lohien ja kasvavien, syönnökselle jäävien lohien merkitykset kalastukselle ovat erilaiset. Avomeren säästöistä osa $\sigma S'_0$ siirtyy siis Pohjanlahdelle. Pohjanlahden rannikolla kalastettavasta kannasta osa $(1-b)\sigma S'_0$ on nyt istukkaita ja osa $b\sigma S'_0$ luonnonlohta. Kun rannikkokalastuksen saalis on H'_1 , rannikkokalastuksen säästökseen saadaan $S'_1 = \sigma S'_0 - H'_1$, joka edelleen koostuu istukkaista $(1-b)S'_1$ ja luonnonlohista bS'_1 . Kun vain villin kannan oletetaan lisääntyvän luonnossa, jokiin selviytyvien kutulohien määräksi biomassana saadaan edellisestä bS'_1 .

Joissa kalastetaan kutemaan nousevaa kantaa bS'_1 . Jokikalastuksen kalastuspanos ja siten kutualueiden kalastuskuolevuus kalastuskauden aikana oletetaan mallin ulkopuolelta määrättyviksi. Kun oletetaan jokikalastukselta säästyvän osan e jokiin nousevasta populaatiosta, jokikalastuksen säästö $S'_2 = ebS'_1$ on vuoden t kutulohien määrä biomassana. Kun luonnollista lisääntymistä kuvataan funktiolla $F(x)$, kuteva kanta ebS'_1 johtaa lisäykseen $F(ebS'_1)$ kannassa vuonna $t+1$. Kasvufunktion $F(x)$ oletetaan olevan kasvava ja konkaavi.

Merkitään I :llä istutuksia, jotka oletetaan vakioksi. Kun oletetaan avomerelle jääneestä syönnösvaelluksella olevasta kannasta osan ℓ_0 elävän vuoteen $t+1$, lohikantaa vuonna $t+1$ kuvaa yhtälö

$$(2.1) \quad X^{t+1} = I + \ell_0(1 - \sigma)S_0^t + F(ebS_1^t),$$

jossa $S_0^t = X^t - H_0^t$ ja $S_1^t = \sigma S_0^t - H_1^t$. Kun vielä yhdistetään vakioita merkitsemällä $\beta = \ell_0(1 - \sigma)$, koko kalakannan kehitystä voidaan kuvata yhtälöllä

$$(2.2) \quad X^{t+1} = I + \beta S_0^t + F(ebS_1^t).$$

Yhtälö (2.2) määrää mallin perusdynamiiikan, jota rajoittavat luonnolliset rajoitteet $0 \leq S_0^t \leq X^t$ ja $0 \leq S_1^t \leq \sigma S_0^t$.

2.4. Lohenkalastuksen mallin taloudellinen rakenne

Avomerikalastuksen saaliin kilohintaa merkitään p_0 ja rannikkokalastuksen saaliin hintaa vastaavasti p_1 . Avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliiden hintojen oletetaan poikkeavan toisistaan. Rannikkokalastus pyytää alkukesän aikana kudulle tulevia lohia, ja suuri osa vuoden lohisaaliista saadaan rannikkokalastuksen aikaan. Avomerikalastuksen saalis jakautuu koko vuodelle. Avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliiden hintojen oletetaan poikkeavan toisistaan johtuen lohen tarjonnan voimakkaasta kausivaihtelusta. Mallissa tarkastellaan kuitenkin pieniä saalismäärien muutoksia, joiden ei oleteta olennaisesti vaikuttavan lohen hintaan, joten avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliiden hinnat oletetaan mallissa vakioiksi. Myös kalastuspanoksen yksikkökustannuksen oletetaan olevan vakio. Avomerikalastuksen panosyksikön kustannuksesta käytetään merkintää c_0 ja rannikkokalastuksen kustannuksesta vastaavasti c_1 . Oletetaan edelleen, että yksikkökustannukset ovat avomerellä suuremmat kuin rannikolla. Avomerikalastukseen osallistuvat alukset joutuvat kulkemaan pitempiä matkoja pyyntialueelle, ja avomerikalastuksen saalis panosyksikköä kohden on pienempi kuin lohen vaellusreittejä hyödyntävässä rannikkokalastuksessa. Siis $c_0 > c_1$. Lisäksi oletetaan, että molemmilla kalastusalueilla saalistusta kuvaa Schäferin tuotantofunktio eli että saalis panosyksikköä kohden on vakiosuhteessa kalakannan kokoon. Kun kalastuspanos normeerataan yhdistämällä pyydettyvyyskerroin ja kalastuspanos teholliseksi kalastuspanokseksi, Schäferin tuotantofunktio voidaan kirjoittaa muodossa

$$(2.3) \quad H(t) = E(t)x(t),$$

jossa $H(t)$ on saalis, $E(t)$ kalastuspanos ja $x(t)$ kalakanta hetkellä t . Yhden lohikilon saalistamiseen tarvittavaksi kalastuspanokseksi saadaan tuotantofunktiosta $E = 1/x$, jolloin kalastuksen rajakustannus eli yhden saaliskilon pyytämisen kustannus kalakannan koon ollessa x on avomerellä c_0/x , ja rannikolla vastaavasti c_1/x . Kalastuksen kokonaiskustannukset kullakin kalastusalueella vuonna t saadaan integroimalla rajakustannukset alkuperäisen kalakannan ja säästyvän kalakannan välillä. Avomerikalastuksen kokonaiskustannus vuonna t on

$$(2.4) \quad TC_0 = c_0 \ln(X^t / S_0^t)$$

ja rannikkokalastuksen kokonaiskustannus

$$(2.5) \quad TC_i = c_i \ln(\sigma S_0' / S_1').$$

Avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen tuottama yhteenlaskettu voitto saadaan vähentämällä kokonaissaaliin arvosta kalastuksen kokonaiskustannukset, jolloin yhteenlaskettu voitto vuonna t on

$$(2.6) \quad \pi' = p_0(X' - S_0') - c_0 \ln(X' / S_0') + p_1(\sigma S_0' - S_1') - c_1 \ln(\sigma S_0' / S_1'),$$

jossa $X' - S_0' = H_0'$ on avomerikalastuksen saalis ja $\sigma S_0' - S_1' = H_1'$ rannikkokalastuksen saalis. Istukkaiden osuus kalakannasta, saaliista ja säästöistä on $(1 - b)$ ja luonnonlohen vastaavasti b .

2.5. Vapaan kalastusoikeuden mukainen kalastus: kilpailutasapaino

Seuraavassa tutkitaan, millaisen kalastuksen ja saaliin jaon kalastusalueiden välillä täysin vapaa kalastusoikeus tuottaa. Kun kalakanta on yhteisomaisuutta ja kalastus vapaata, tilanne on Gordonin (1954) mallin mukainen. Kunkin kalastuskauden aikana kalastuspanosta lisätään niin kauan kuin kalastus tuottaa lisävoittoa. Kun lohikanta on kalastettu tasolle, jolla lisäsaaliin tuotto on nolla, kalastus lopetetaan seuraavaan vuoteen saakka.

Kun kalakannan koko on x , avomerikalastuksen saalisyksikön tuotto on

$$(2.7) \quad p_0 - c_0 / x.$$

Lisäsaaliin tuotto siis pienenee kalastettavana olevan lohikannan pienentyessä, sillä pienemmän lohimäärän myötä lisäsaaliin pyytämisen kustannukset kasvavat. Avomerellä kalastetaan, jos saalisyksikön tuotto on positiivinen, eli jos $p_0 - c_0 / x > 0$. Kalastusta harjoitetaan siis vain, jos lohikanta kokonaisuudessaan on riittävän suuri kalastuskauden alussa, eli jos $X > c_0 / p_0$. Kun kalastus on vapaata, kalastusta avomerellä jatketaan kunkin kalastuskauden aikana, kunnes kalakanta on pyydetty tasolle, jolla viimeisen kalastetun saalisyksikön tuotto on nolla, eli tasolle c_0 / p_0 . Jos taas kalastusta edeltävä kalakanta avomerellä on niin pieni, että kalastuskustannukset ylittävät saaliin arvon, avomerellä ei kalasteta ja koko kalakanta säästyy kalastukselta.

Vastaavasti rannikolla kalastetaan vain silloin, kun saalisyksikön tuotto $p_1 - c_1 / \sigma S_0$ on positiivinen. Alunperin kalastuksen kohteena olevan luonnonlohesta ja istukkaista koostuvan populaation σS_0 on oltava suurempi kuin kustannus-hinta-suhde c_1 / p_1 , jotta rannikkokalastus on kannattavaa. Kalastusta jatketaan, kunnes kokonaiskanta on kalastettu tasolle c_1 / p_1 , jolloin rannikkokalastuksen lisäsaaliin tuotto on nolla. Jos

taas rannikolle siirtyvä kanta on pienempi kuin kustannus-hinta-suhde c_1 / p_1 , rannikkokalastus ei ole kannattavaa, ja koko kudulle vaeltava kanta σS_0 säästyy.

Kutujokiin selviytyvää osaa bS_1' luonnonkannasta pienentää vielä jokikalastus, jonka säästö on $S_2 = ebS_1'$. Tämä jokikalastuksesta selviytyvä kanta on lopullinen kuteva kanta, joka määrää lohen luonnonvaraisen lisääntymisen. Kalakanta on tasapainossa, kun $X = I + \beta S_0 + F(ebS_1)$. Kalakantaa hyödynnetään tällöin kestävästi, eli kalastuskautta edeltävä kalakannan koko on vuosittain sama.

Bioekonomista tasapainoa vastaavat avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen kokonaissäästöt $\hat{S}_0$ ja $\hat{S}_1$ sekä kokonaiskalakanta $\hat{X}$ kalastuskauden alussa määräytyvät nyt yhtälöistä

$$(2.8) \quad \hat{S}_0 = \begin{cases} \hat{X}, & \text{jos } \hat{X} \leq c_0 / p_0 \\ c_0 / p_0, & \text{jos } \hat{X} > c_0 / p_0 \end{cases}$$

$$(2.9) \quad \hat{S}_1 = \begin{cases} \sigma \hat{S}_0, & \text{jos } \sigma \hat{S}_0 \leq c_1 / p_1 \\ c_1 / p_1, & \text{jos } \sigma \hat{S}_0 > c_1 / p_1 \end{cases}$$

$$(2.10) \quad \hat{X} = I + \beta \hat{S}_0 + F(eb\hat{S}_1).$$

Bioekonomista tasapainoa kuvataan graafisesti kuvassa 1. Kunkin kalastusalueen kalastuskustannusten ja kalan hinnan suhde määrää ratkaisun luonteen eli kalastuksen ja saaliin jaon avomeri- ja rannikkokalastuksen välillä, kun kalastus on vapaata. Saadaan neljä mahdollista saaliin allokaatiota riippuen kustannus-hinta-suhteista.

2.5.1. Mahdolliset kalastusyhdistelmät vapaan kilpailun vallitessa

1. Avomerellä ja rannikolla kalastetaan kilpailutasapainossa

Kun kustannus-hinta-suhde kummallakin kalastusalueella on pienempi kuin kalastettava kanta, kalastuksen ollessa vapaata lohta kalastetaan tasapainossa sekä avomerellä että rannikolla. Avomerikalastuksen säästö on tällöin $\hat{S}_0 = c_0 / p_0$ ja saalis

$$(2.11) \quad \hat{H}_0 = \hat{X} - \hat{S}_0 = \beta c_0 / p_0 + I + F(ebc_1 / p_1) - c_0 / p_0.$$

Rannikkokalastuksen säästö puolestaan on $\hat{S}_1 = c_1 / p_1$ ja saalis

$$(2.12) \quad \hat{H}_1 = \sigma \hat{S}_0 - \hat{S}_1 = \sigma c_0 / p_0 - c_1 / p_1.$$

2. Vain avomerellä kalastetaan kilpailutasapainossa

Jos rannikkokalastuksen kustannukset suhteessa hintaan ovat niin korkeat, ettei kalastus ole kannattavaa, vain avomerellä kalastetaan. Rannikkokalastuksen säästö on

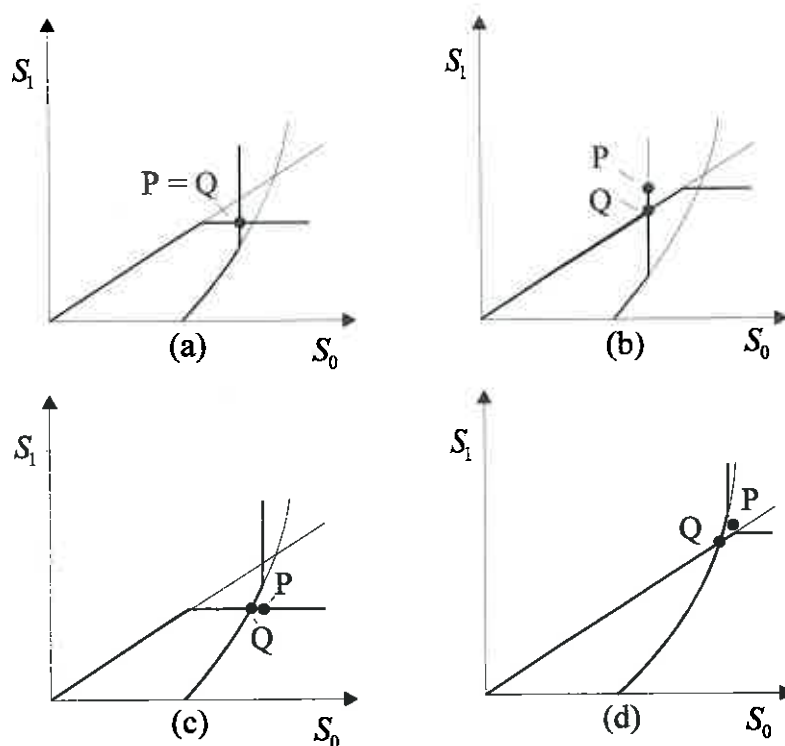
$\hat{S}_1 = \sigma c_0 / p_0$, koko Pohjanlahdelle kutemaan vaeltava osa lohikannasta. Avomerikalastuksen säästö on edelleen $\hat{S}_0 = c_0 / p_c$ ja saalis $\hat{H}_0$ kuten yllä.

3. Vain rannikolla kalastetaan kilpailutasapainossa

Jos kustannukset avomerellä suhteessa lohen avomerikalastuksen aikaiseen hintaan ovat niin korkeat, ettei kalastus tuota positiivista tuottoa, avomerellä ei kalasteta. Avomerikalastuksen säästö on koko kalastusta edeltävä kanta $\hat{S}_0 = (1 - \beta)^{-1} [I + F(ebc_1 / p_1)]$, ja rannikkokalastuksen säästö $\hat{S}_1$ ja saalis $\hat{H}_1$ kuten tapauksessa 1.

4. Kilpailutasapainossa ei kalasteta kaupallisesti

Teoriassa on myös mahdollista, että kustannukset suhteessa hintaan ovat sekä avomerellä että rannikolla niin korkeat, että kalastus ei ole kannattavaa kummallakaan kaupallisella kalastusalueella. Jos siis kustannus-hinta-suhde sekä avomerellä että rannikolla on suurempi kuin kalastettava populaatio, kummallakaan kaupallisella kalastusalueella ei ole kannattavaa kalastaa. Koko lohikanta säästyy tällöin avomerikalastukselta, ja koko kutemaan siirtyvä osa kannasta selviää edelleen rannikkokalastuksesta.



Kuva 1. Kilpailutasapainon graafista luonnehdintaa. P on piste $(c_0 / p_0, c_1 / p_1)$ ja Q kilpailutasapaino $(\hat{S}_0, \hat{S}_1)$. (a) Kummallakin kalastusalueella kalastetaan vapaan kilpailun vallitessa. (b) Vain avomerellä kalastetaan. (c) Vain rannikolla kalastetaan. (d) Kummallakaan kalastusalueella ei kalasteta.

Kalastusten kustannus–hinta-suhteiden suhde toisiinsa määrää siis kalastuksen ja saaliin jaon kalastusalueiden välillä bioekonomisessa tasapainossa.

2.6. Lohenkalastuksen kokonaistuoton maksimoiva kalastus

Kun yhteiskunnan etua ajatteleva suunnittelija päättää lohikannan käytöstä, tavoitteena on löytää lohikannan tuottaman yhteiskunnallisen hyödyn maksimoiva kalastusyhdistelmä. Talousteoreettisessa kirjallisuudessa puhutaan kalakannan omistajasta, mutta suunnittelija voidaan nähdä myös kalakannan käytöstä päättäväksi viranomaiseksi tai toimielimeksi oikeuksien kalakantaan kuuluessa valtiolle. Kun kalan hinta on vakio ja pitäydytään staattisessa tarkastelussa, kalakannan hyödyntäminen on yhteiskunnallisesti optimaalista valitun pyyntistrategian maksimoidessa kalakannan tuottaman voiton. Suunnittelija pystyy huomioimaan kalastusten taloudelliset ja biologiset erot sekä kalastusten erilaiset vaikutukset lohikantaan. Huomio kiinnitetään erityisesti saaliin optimaaliseen tasapainoalokaatioon kaupallisten kalastusten eli avomeri- ja rannikkokalastuksen välillä.

2.6.1. Suunnittelijan maksimointiongelma

Suunnittelijan ongelmana on valita avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen säästöt sekä kalakannan koko siten, että kalastusyhdistelmä maksimoi lohikannan tuoton ja säilyttää kalakannan. Suunnittelijan maksimointiongelma on

$$(2.13) \quad \max \pi = p_0(X - S_0) - c_0 \ln(X / S_0) + p_1(\sigma S_0 - S_1) - c_1 \ln(\sigma S_0 / S_1)$$

ehdoilla

$$(2.14) \quad X = I + \beta S_0 + F(ebS_1),$$

$$(2.15) \quad 0 \leq S_0 \leq X \text{ ja}$$

$$(2.16) \quad 0 \leq S_1 \leq \sigma S_0.$$

Avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen tuottama yhteenlaskettu voitto π saadaan yhtälöstä (2.5).

Muodostetaan Lagrangen funktio

$$(2.17) \quad \mathcal{Q} = p_0(X - S_0) - c_0 \ln(X / S_0) + p_1(\sigma S_0 - S_1) - c_1 \ln(\sigma S_0 / S_1) + \lambda[I + \beta S_0 + F(ebS_1) - X].$$

Kun $X > S_0$, yhtälö (2.17) on voimassa ilman muutoksia. Jos taas $X \leq S_0$, vastaava Lagrangen funktio saadaan sijoittamalla $X = S_0$:n paikalle yhtälöön (2.17). Jos siis tavoitesäästö avomerellä on suurempi kuin kalakanta kalastuskauden alussa, $X \leq S_0$, avomerellä ei kalasteta lainkaan vaan koko kalakanta säästetään, jolloin $X = S_0$. Avomerikalastuksen tuottoa ja kustannuksia kuvaavat termit häviävät, ja Lagrangen funktio on

$$(2.18) \quad \mathcal{Q} = p_1(\sigma S_0 - S_1) - c_1 \ln(\sigma S_0 / S_1) + \lambda[I + \beta X + F(ebS_1) - X].$$

Lagrangen funktio on nyt yhtälöiden (2.17) ja (2.18) paloittain määrittelemä, joten kaikkia kolmea mahdollista kaupallisen kalastuksen tasapainoalokaatiota – sekä avomerellä että rannikolla kalastetaan, vain avomerellä kalastetaan ja vain rannikolla kalastetaan – joudutaan tarkastelemaan erikseen. Kustannus-hinta-suhteet määräävät, kalastetaanko kummallakin merialueella vai vain toisella.

2.6.2. Mahdolliset kalastusyhdistelmät kalastuksen kokonaistuottoa maksimoitaessa

1. Sekä avomerellä että rannikolla kalastetaan

Jos on optimaalista kalastaa kummallakin kaupallisella kalastusalueella, kalakannan kalastuskauden alussa on oltava suurempi kuin avomerialueen kalastuksen tavoitesäästö, eli $X > S_0$. Lagrangen funktio saadaan yhtälöstä (2.17). Sisäpisteratkaisun oletuksella saadaan voitonmaksimoinnin välttämättömät ehdot

$$(2.19) \quad p_0 - \frac{c_0}{S_0} = \sigma \left(p_1 - \frac{c_1}{\sigma S_0} \right) + \lambda \beta$$

$$(2.20) \quad p_1 - \frac{c_1}{S_1} = \lambda e b F'(e b S_1)$$

$$(2.21) \quad p_0 - \frac{c_0}{X} = \lambda$$

$$(2.22) \quad X = I + \beta S_0 + F(e b S_1)$$

Ehdot määrittävät optimaalisen avomerialueen säästön S_0 ja rannikkokalastuksen säästön S_1 sekä optimaalisen kalakannan koon X . Optimiehdossa esiintyvä Lagrangen kerroin λ kuvaa meressä olevan lohikannan arvoa, kannan varjohintaa.

Ehdosta (2.19) nähdään, että optimissa viimeisen avomerellä pyydetyn saalisyksikön tuotto on yhtä suuri kuin pyynnistä aiheutuva vaihtoehtoiskustannus. Avomeripyynnin viimeisen saalisyksikön vaihtoehtoiskustannus on avomeripyynnistä rannikkokalastukselle aiheutuvan tuoton menetyksen, $\sigma(p_1 - c_1 / \sigma S_0)$, ja seuraavan vuoden kalakannan arvon vähennyksen, $\lambda \beta$, summa. Rannikkokalastuksen tuoton menetys johtuu vähennyksestä rannikolle kutemaan siirtyvän kalan määrässä, ja vähennys seuraavan vuoden kalakannan arvossa vähennyksestä avomerelle jäävän, seuraavaan vuoteen selviävän kalan määrässä. Rannikkokalastuksen säästö on ehdon (2.20) mukaan optimaalinen, kun rannikkokalastuksen saalisyksikön tuotto on yhtä suuri kuin rannikkokalastuksen vaihtoehtoiskustannus, joka on rannikkosaaliin aiheuttama vähennys tulevassa lohikannan arvossa, $\lambda e b F'(e b S_1)$. Ratkaisua kuvataan graafisesti kuvassa 2a. Optimiehdosta (2.19) - (2.22) voidaan ratkaista S_1 implisiittisesti S_0 :n funktiona $\phi_1(S_0)$ ja S_0 implisiittisesti S_1 :n funktiona $S_0 = \phi_0(S_1)$. Optimaalinen tasapaino saadaan käyrien ϕ_0 ja ϕ_1 leikkauspisteestä. Kummallakaan kalastusalueella ei luonnolli-

sesti voida kalastaa enempää kuin alueella on lohta kalastuskauden alussa, joten samoin kuin vapaan kalastusoikeuden tuottamaa tasapainoa ratkaisua rajoittavat ehdot

$$(2.23) \quad S_0 \leq (1 - \beta)^{-1} [I + F(ebS_1)] \text{ ja}$$

$$(2.24) \quad S_1 \leq \sigma S_0.$$

Kummankin kaupallisen kalastuksen tavoitesäästön on siis oltava pienempi kuin alunperin kalastettavana oleva kalakanta. Jos tämä ehto ei toteudu, optimiratkaisussa kalastusalueella ei kalasteta, ja koko kalakanta säästetään. Optimissa kalastetaan tällöin vain toisella kalastusalueella. Jos taas optimiratkaisu ei toteuta kumpaakaan ehdoista (2.23) ja (2.24), on optimaalista luopua kalastuksesta kokonaan. Seuraavaksi tarkastellaan erikseen kalastusta vain avomerellä ja vain rannikolla.

2. Vain avomerellä kalastetaan

Jos tavoitesäästö rannikolla ylittää rannikolla kalastettavana olevan lohen määrän eli avomerikalastuksen jälkeen rannikolle kutemaan siirtyvän kannan koon, optimiratkaisussa ei kalasteta rannikolla. Ehto $S_1 = \sigma S_0$ on nyt sitova. Kalakanta kalastuskauden alussa saadaan yhtälöstä $X = I + \beta S_0 + F(eb\sigma S_0)$. Sijoitetaan nämä yhtälöt Lagrangen funktioon (2.17). Sisäpisteratkaisun oletuksella voitonmaksimoinnin välttämättömät ehdot ovat nyt

$$(2.25) \quad p_0 - \frac{c_0}{S_0} = \lambda [\beta + \sigma b e F'(eb\sigma S_0)]$$

$$(2.26) \quad p_0 - \frac{c_0}{X} = \lambda$$

$$(2.27) \quad X = I + \beta S_0 + F(eb\sigma S_0).$$

Optimiehdot määrittävät avomerikalastuksen optimaalisen säästön S_0 ja optimaalisen kalakannan koon X , kun kaupallista lohenkalastusta harjoitetaan vain avomerellä. Kuvassa 2b käyrät ϕ_0 ja ϕ_1 leikkaavat rajoitesuoran $S_1 = \sigma S_0$ yläpuolella, ja optimaalinen tasapaino sijaitsee suoralla $S_1 = \sigma S_0$ pisteessä Q.

Yhtälön (2.25) mukaan optimaalisessa kalastuksessa avomerikalastuksen saaliin rajatuotto eli viimeisen pyydetyn saalisyksikön tuotto on yhtä suuri saaliin vaihtoehtois-kustannus eli pyynnistä aiheutuva vähennys tulevan kalakannan arvossa. Tämä menetys koostuu kahdesta osasta: vähennyksestä avomerelle jäävässä, seuraavaan vuoteen selviävässä kannassa, β , ja vähennyksestä uusissa yksilöissä, $\sigma b e F'(eb\sigma S_0)$, kerrottuna lohikannan varjohinnalla λ .

3. Vain rannikolla kalastetaan

Jos avomerikalastuksen tavoitesäästö on suurempi kuin kalakanta avomerellä kalastuskauden alussa, ehto $S_0 = (1 - \beta)^{-1} [I + F(ebS_1)]$ on sitova, eli avomerellä ei kalasteta lainkaan. Kalakanta kalastuskauden alussa on tällöin $X = I + \beta X + F(ebS_1)$. Lagrangen funktio saadaan yhtälöstä (2.18) sijoittamalla $S_0 = X$. Olettaen jälleen sisäpisteratkaisu saadaan voitonmaksimoinnin välttämättömät ehdot

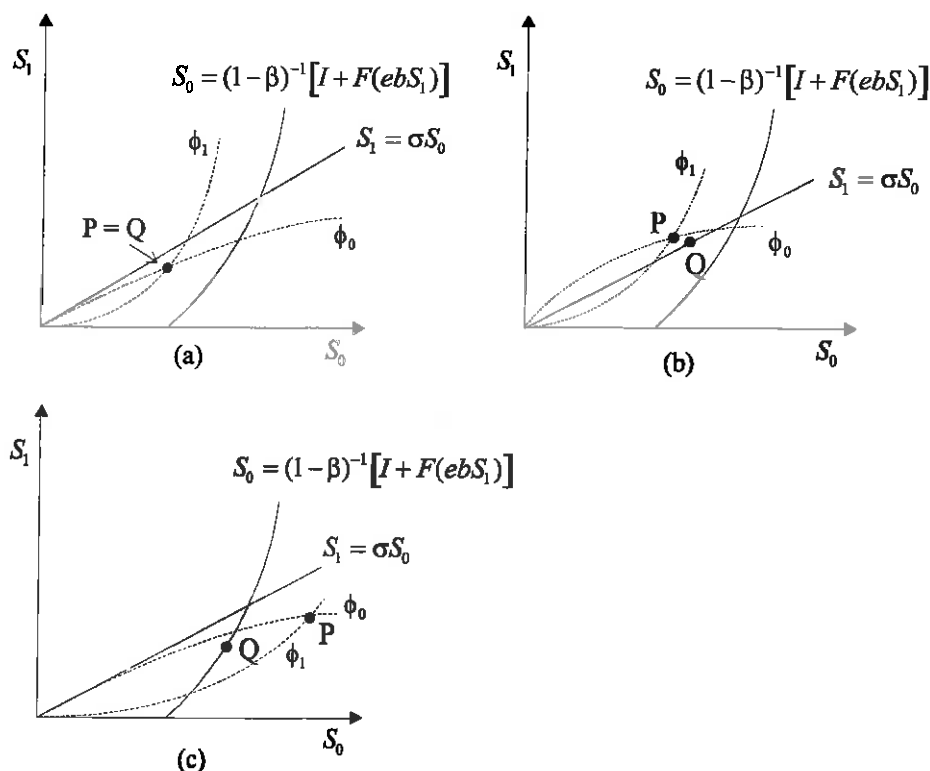
$$(2.28) \quad p_1 - \frac{c_1}{S_1} = \lambda beF'(ebS_1),$$

$$(2.29) \quad \lambda = (1 - \beta)^{-1} \sigma \left(p_1 - \frac{c_1}{\sigma X} \right), \text{ ja}$$

$$(2.30) \quad X = (1 - \beta)^{-1} [I + F(ebS_1)]$$

Optimiehdot määrittävät optimaalisen rannikkokalastuksen säästön S_1 ja optimaalisen kalakannan koon X , kun lohta kalastetaan kaupallisesti vain rannikolla. Kuvassa 2c käyrät ϕ_0 ja ϕ_1 leikkaavat rajoitekäyrän $S_0 = (1 - \beta)^{-1} [I + F(ebS_1)]$ oikealla puolella, ja optimaalinen tasapaino Q sijaitsee tällä rajoitekäyrällä.

Ehdosta (2.28) nähdään, että optimissa rannikoilla tulee kunkin kalastuskauden aikana kalastaa, kunnes rannikkokalastuksen saalisyksikön tuotto on yhtä suuri kuin pyynnistä aiheutuva menetys tulevan kalakannan arvossa, eli vähennys kannan lisäyksessä, $beF'(ebS_1)$, kerrottuna lohikannan varjohinnalla λ .



Kuva 2. Optimaalisen tasapainon graafista luonnehdintaa. (a) Sekä avomerellä että rannikolla kalastetaan optimaalisessa tasapainossa. (b) Vain avomerellä kalastetaan. (c) Vain rannikolla kalastetaan.

Kun optimiehtoihin sijoitetaan lohen lisääntymisfunktio sekä taloudellisten ja biologisten parametrien arvot, optimaaliset säästöt voidaan ratkaista eksplisiittisesti. Säästöt puolestaan määräävät optimaalisen kalakannan koon ehdon (2.22) mukaisesti.

2.7. Mallin arviointia ja jatkotutkimuksen aiheita

Lohenkalastuksen malli muodostaa analyttiset puitteet optimaalisen lohenkalastus-yhdistelmän ja lohenkalastuksen kokonaistuoton maksimoivien eri kalastusalueiden saaliiden tarkasteluun. Lohikannan ikärakenne on mallissa mukana implisiittisesti kertoimessa σ . Taloudelliset tekijät on yhdistetty hinta- ja kustannusparametreiksi, missä avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliiden hinnat ja kalastuspanoksen yksikkökustannukset on oletettu vakioiksi. Istutuksia ja istutuskustannuksia ei mallissa tarkastella eksplisiittisesti. Kun tarkastellaan lohiresurssin kokonaistuottoa, nämä tekijät olisi mielenkiintoista sisällyttää analyysiin, aiheutuuhan lohen istuttamisesta huomattavia kustannuksia. Tässä tarkastelussa on lisäksi oletettu, että vain luonnonvaraiset lohet pystyvät lisääntymään. Tämä oletus ei vaikuta teoreettisen mallin rakenteeseen. Todellisuudessa jokin istutetut viljellyt lohet pystyvät kuitenkin myös lisääntymään, mikä lisää rannikkokalastuksesta säästyvän lohen merkitystä; rannikkokalastuksesta aiheutuva vähennys tulevassa lohikannassa on suurempi, jos myös istutettujen lohien lisääntyminen otetaan huomioon. On myös huomattava, että jokikalastuksen potentiaalinen taloudellinen merkitys ei ole analyysissä mukana. Jokikalastus on kuitenkin osa lohiresurssin yhteiskunnallista hyötyä, ja jokikalastuksen arvotta-

minen olisi niin ikään kiinnostava ja tärkeä lisäys. Virkistyskalastuksen arvon poissäänti sisältää merkittävän riskin resurssin liiallisesta allokoinnista kaupallisen kalastuksen suuntaan.

Resurssin kokonaistuoton maksimoinnissa päästäisiin edelleen lähemmäksi todellisuutta, jos tarkastelu olisi dynaaminen – staattinen malli ei huomioi sitä, että sopeutuminen optimaaliseen tasapainoon edellyttää pienempiä saaliita sopeutumisvaiheen aikana, jotta kalakanta voi kasvaa optimaaliselle tasolle, jolloin kalastuksen tuotto pienenee sopeutumisvaiheen aikana. Myös pääoman kehitys olisi kuitenkin tällöin syytä sisällyttää analyysiin, sillä lohenkalastuksen pääoma on heikosti sopeutuvaa; aluksia voi myydä lähinnä toisille lohenkalastajille eivätkä ne siten ole helposti muutettavissa rahaksi. Heikosti sopeutuva pääoma vaikuttaa olennaisesti erityisesti optimiin sopeutumiseen ja tekee analyysin varsin kompleksiseksi (Clark, Clarke ja Munro 1979). Kahden peräkkäisen kalastuksen, istutetun ja luonnonkannan sekä mukautumattoman pääoman samanaikainen dynaaminen tarkastelu on monimutkainen ongelma ja selvästi tämän työn ulottumattomissa. Tässä esitetty yksinkertainen malli riittää kuitenkin kuvaamaan eri kalastusten välistä perustavaa vuorovaikutusta.

On myös huomattava, että lohen luonnonkantaan liittyviä olemassaolo- ja optioarvoja ei ole sisällytetty tähän analyysiin. Sekä luonnonlohen että istutetun lohen arvoa mitataan saaliista maksettu hinta, ja luonnonlohen ja istutetun lohen hinnat eivät eroa toisistaan. Staattisessa mallissa kalakannan loppuun kalastaminen ei voi olla optimaalista kalakannan kuuluessa yhdelle omistajalle (Gordon 1954), mutta dynaamisessa kehikossa pelkästään kalakannan taloudellisen tuoton huomioiminen voi johtaa pieneen tasapainokalakantaan tai jopa kannan loppuun kalastamiseen (Clark 1973). Myös pieni tasapainokalakanta on uhka luonnonlohen olemassaololle, sillä vain pieni osa kokonaiskalakannasta on peräisin luonnonkannasta, ja hyvin pieni tasapainokalakanta on erityisen altis muutoksille ympäristötekijöissä ja satunnaisille vaihteluille luonnollisessa lisääntymisessä. Erityisesti siirryttäessä dynaamiseen tarkasteluun olisikin syytä ottaa mukaan myös villilohen olemassaolon arvottaminen. On myös syytä epäillä, että luonnonlohen olemassaolon arvottaminen vaikuttaisi myös staattisen analyysin tuloksiin: avomerikalastus ja rannikkokalastus eroavat toisistaan erityisesti juuri suhteessa lohen luonnonkannan lisääntymiseen, sillä rannikolla pyydetään vain kudulle tulevia lohia. Lohen luonnonkantojen olemassaolon arvottaminen vaikuttaisi siksi todennäköisesti saaliin allokaatioon kalastusten välillä myös staattisessa kehikossa. Luonnonvaraisen lohen olemassaolo- ja optioarvojen tutkiminen on kuitenkin liian monimutkainen ongelma tähän työhön sisällytettäväksi ja jää siten niinkään jatkotutkimuksen tehtäväksi. Seuraavassa luvussa tarkastellaan tässä esitettyyn lohenkalastuksen malliin perustuvia empiirisiä laskelmia.

3. Lohenkalastuksen empiirinen analyysi

Edellisessä luvussa muodostettua Itämeren pohjoisen lohikannan kalastusta kuvaavaa bioekonomista mallia sovelletaan tässä lohenkalastuksen empiiriseen analyysiin. Lohenkalastuksen mallissa määritettiin vapaan kalastusoikeuden tuottama kilpailutasapaino ja lohenkalastuksen tuoton maksimoiva optimaalinen tasapaino. Itämeren lohenkalastuksen nykyisen tilanteen ei voida olettaa vastaavan kumpaakaan mallin tasapainoista. Lohenkalastusta säädellään, joten nykyinen tasapaino ei ole markkinaratkaisu. Säätelykeinona käytetään kokonaiskiintiöitä ja rajoituksia pyyntitavoissa, ja kalastuksen talousteorian mukaan nämä säätelykeinot eivät saa aikaan optimaalista tasapainoa. Kun kalastusta säädellään kokonaiskiintiöin, voidaan turvata jokin haluttu kalakannan koko, ja Itämeren lohen tapauksessa siten säilyttää myös luonnonvarainen lohi. Kalastajat kilpailevat kuitenkin keskenään kiintiön sallimasta saaliista, jolloin kalastukseen investoidaan edelleen liikaa ja kalastuksen tuotto on siksi optimaalista pienempi (Clark 1980). Onkin kiinnostavaa tutkia kaikkia kolmea tasapainoa lohenkalastusta kuvaavan empiirisen aineiston valossa.

Empiirisissä laskelmissa ratkaistaan siis luvun 2.5 vapaan kalastusoikeuden tuottama kilpailutasapaino ja luvun 2.6 kalastuksen kokonaistuoton maksimoiva tasapaino. Mallin tasapainojen lisäksi arvioidaan myös nykyisen lohenkalastuksen tuottoa saalistietojen ja lohenkalastuksen mallin voittoja kuvaavan yhtälön (2.5) avulla. Empiiristen laskelmien avulla voidaan arvioida, millainen lohenkalastuksen tuoton maksimoiva kalastus olisi, sekä millaiseksi lohenkalastus muodostuisi, jos kalastusta ei lainkaan säädeltäisi. Näitä ennusteita verrataan toisiinsa ja arvioon nykyisestä tilanteesta. Tarkastelussa huomioidaan vain lohenkalastuksen taloudellinen tuotto, eikä luonnonvaraisen lohen olemassaolo sinänsä saa erityistä huomiota. Luonnonvarainen lohi ja viljelty lohi eroavat tässä tarkastelussa ainoastaan lisääntymisen suhteen – vain villin lohen oletetaan lisääntyvän luonnossa.

Empiirisiä laskelmia varten tarvitaan arviot lohenkalastusta kuvaaville taloudellisille ja biologisille parametreille. Suomessa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL) tutkii lohenkalastusta ja tuottaa lohenkalastukseen liittyviä tilastoja. Laskelmissa käytettyjen taloudellisten parametrien arviointiin käytetty empiirinen aineisto on RKTL:n tuottamaa ja perustuu siten tilanteeseen Suomessa. Lohenkalastajille maksetut hinnat tilastoidaan vuosittain, mutta lohenkalastuksen kustannuksia ei seurata tarkasti. RKTL:n vuonna 1994 tekemässä Ammattikalastuksen profiili-haastattelututkimuksessa on kuitenkin tutkittu myös lohenkalastuksen kustannuksia, joten lohenkalastuksen mallin kustannusparametreja voitiin arvioida tämän aineiston pohjalta. Itämeren lohikantojen biologista tilaa ja lohenkalastusta tutkii Kansainvälinen merentutkimusneuvosto ICES sekä Suomessa RKTL. Laskelmissa käytetyt biologisten parametrien arviot perustuvat ICES:n raportteihin ja RKTL:n aineistoon.

3.1. Laskelmissa käytetyt taloudelliset ja biologiset parametrit

Luvun 2 lohenkalastuksen malliin perustuvissa laskelmissa tarvitaan arviot neljästä taloudellisesta parametrasta: avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliiden hinnoista sekä avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen kalastuspanoksen yksikkökustannuksista. Käytettävissä on Suomen tilannetta kuvaava aineisto. Lohenkalastuk-

sen kustannuksia kuvaava aineisto perustuu vuoden 1993 tilanteeseen, joten myös hintoja arvioidaan vuoden 1993 tietojen perusteella. Kalastajahinnat vuonna 1993-tilastossa esitetään lohesta kalastajille maksetut keskihinnat alueittain ja kuukausittain. Tilastossa alueet ovat Perämeri, Merenkurkku, Selkämeri, Saaristomeri, Ahvenanmaa ja Suomenlahti. Suomenlahden hinnat jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Myös saalismäärät alueittain ja kuukausittain ovat saatavilla (Jari Setälä, RKTL, julkaisematon tieto). Laskelmissa käytetään avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliiden hintoina kuukausittaisten alueellisten keskihintojen saalismäärillä painotettuja keskiarvoja. Saaliit Perämerellä ja Merenkurkussa ovat rannikkokalastuksen saalista. Selkämeren, Saaristomerin ja Ahvenanmaan saaliista pääosa on avomerikalastuksen saalista. Selkämeren touko-heinäkuun, Saaristomerin huhti-toukokuun ja Ahvenanmaan kesä-heinäkuun pyynnissä kalastetaan kuitenkin pääosin kudulle tulevaa lohia, joten nämä saaliit on laskettu rannikkokalastuksen saaliiksi, vaikka jako pyyntitapojen osalta ei ole selvä. Kalastuksessa käytetään sekä yleensä rannikkokalastuksessa käytettäviä kiinteitä pyydyksiä että avomerellä käytössä olevia ajoverkkoja, jolloin myös ajoverkkokalastuksessa hyödynnetään kutuvaelluksen reittejä (Jari Setälä, RKTL, julkaisematon tieto).

Lohenkalastuksen mallissa oletettiin avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliiden hintojen poikkeavan toisistaan. Avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliit eivät laadullisesti juuri eroa toisistaan, mutta rannikkosaaliin keskihinta on kuitenkin selvästi alhaisempi kuin avomerisaaliin keskihinta. Tätä eroa selittää saaliin kausivaihtelu. Suomen lohisaaliista suurin osa saadaan alkukesän aikana, jolloin rannikolla kalastetaan kudulle tulevia lohia. Sekä viljelty että luonnonvaraiset lohet vaehtavat tällöin syntymäjokeensa tai istutuspaikalle, vaikka käytännössä lähinnä vain luonnonvarainen lohi pystyy lisääntymään. Lohisaaliin kausivaihtelu vaikuttaa selvästi lohen hintaan, ja lohen hinta on alimmillaan alkukesän aikana. Taulukossa 1 esitetään koko lohisaaliin kuukausittaiset keskihinnat, jotka ovat saalismäärillä painotettuja keskiarvoja alueellisista hinnoista. Suomenlahden hinnat ja saaliit eivät ole mukana.

Taulukko 1. Suomen lohisaalet ja lohen keskihinta 1993 ilman Suomenlahtea

Kuukausi	Rannikko- saalis, kg	Avomeri- saalis, kg	Kokonais- saalis, kg	Rannikkosaalis/ kokonaissaalis	Hinta, mk/kg
1		1534	1534	0 %	30,21
2		9976	9976	0 %	25,14
3		17764	17764	0 %	23,65
4	3331	13979	17310	19 %	28,60
5	112049	2061	114110	98 %	19,29
6	145908	7934	153842	95 %	20,70
7	20826	1685	22511	93 %	24,18
8	3867	2565	6432	60 %	23,91
9	660	6568	7228	9 %	22,50
10	230	2479	2709	8 %	23,60
11		3896	3896	0 %	22,77
12		770	770	0 %	25,11

Kalastuspanoksen yksikkökustannuksia jouduttiin arvioimaan epäsuorasti Ammattikalastuksen profiilit-haastattelututkimuksen tietojen perusteella, sillä tarkempaa arviota kalastuspanoksen kustannuksista ei ole saatavilla. Kustannusten osuus myyntituloista avomerikalastuksessa oli keskimäärin 57 % (Moilanen Pentti, Salmi Juhani ja Salmi Pekka, RKTL, Ammattikalastuksen profiilit-tutkimuksen tuloksia, julkaisematon tieto). Ammattikalastuksen profiilit-tutkimuksessa lohen avomerikalastajaksi on luokiteltu kalastajat, joiden koko saaliin arvosta lohisaaletin arvo oli vähintään 50 % ja suurin osa saaliista saatiin ajoverkoilla tai siimoilla. Avomerikalastuksen vuoden 1993 saaliin (taulukko 5) ja saaliin keskihinnan (taulukko 2) avulla arvioitiin kalastuksen kokonaismyyntitulo, josta edelleen 57 % oletettiin olevan avomerikalastuksen kokonaiskustannus. Käyttäen kaavaa (2.4)

$$TC_0 = \int_{S_0}^{X'} \frac{c_0}{x} dx = c_0 \ln X' - c_0 \ln S_0 = c_0 \ln(X' / S_0)$$

sekä tietoja kalakannan koosta ja avomerikalastuksen säästöstä 1993 (taulukko 5) arvioitiin avomerikalastuksen kalastuspanoksen yksikkökustannus c_0 . Rannikkokalastuksessa kustannusten osuus myyntituloista oli keskimäärin 63 % (Moilanen, Salmi ja Salmi, julkaisematon tieto). Lohen rannikkokalastajaksi on luokiteltu kalastajat, joiden lohisaaletin arvo oli vähintään 50 % koko saaliin arvosta ja suurin osa saaliista saatiin seisovilla pyydyksillä. Panosyksikön kustannus on arvioitu kuten avomerikalastuksen panosyksikön kustannus käyttäen kuitenkin rannikkosaaliin keskihintaa ja saalistietoja 1993 (taulukko 5) sekä kaavaa (2.5)

$$TC_i = \int_{S_i^t}^{\sigma S_0^t} \frac{c_i}{x} dx = c_i \ln \sigma S_0^t - c_i \ln S_i^t = c_i \ln(\sigma S_0^t / S_i^t).$$

Taloudellisten parametrien arvot esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Lohenkalastuksen taloudelliset parametrit

Parametri		Arvio	Lähde
Lohen hinta avomerellä (mk/kg)	p_0	24,32	Kalastajahinnat vuonna 1993 ja Suomen saalismäärät 1993.
Lohen hinta rannikolla (mk/kg)	p_1	20,56	Kalastajahinnat vuonna 1993 ja Suomen saalismäärät 1993.
Kalastuspanoksen yksikkökustannus avomerellä (10^7 mk)	c_0	9,62	Perustuu seuraaviin: Moilanen, Salmi ja Salmi 1995, ICES 1995, Kalastajahinnat 1993.
Kalastuspanoksen yksikkökustannus rannikolla (10^7 mk)	c_1	2,69	Perustuu seuraaviin: Moilanen, Salmi ja Salmi 1995, ICES 1995, Kalastajahinnat 1993.
Kustannusten suhde	c_1/c_0	0,28	
Hintojen suhde	p_1/p_0	0,85	

Lohikannan biologisia piirteitä mallissa kuvaavat seuraavat parametrit: istutusten määrä I , avomerikalastuksesta selviytyvien ja avomerelle jäävien lohien seuraavaan vuoteen selviävä osa β , avomerikalastuksesta selviytyvästä kannan osasta vuosittain kutuvaellukselle lähtevä osa σ , luonnonlohen osuus kannasta b , luonnollinen lisääntymisfunktio F , ja rannikkokalastuksesta selviytyvistä jokiin nousevista luonnonlohistä jokikalastuksesta selviytyvien osuus e . Kaikkia parametreja pystyttiin arvioimaan, mutta arviot ovat osittain epätarkkoja.

Istutusten määrä perustuu vuosien 1985 - 1995 istutusten keskiarvoon (ICES 1995), joka on edelleen muutettu biomassaksi kertomalla aikuisen lohien keskipainolla 5,3 kg (Sakari Kuikka, RKTL, julkaisematon tieto). Arvio perustuu siis keskiarvoihin. Avomerikalastuksesta selviytyvästä kannan osasta vuosittain kutuvaellukselle lähtevä osa σ on ikäryhmien osuuksilla (ICES 1994) painotettu keskiarvo eri ikäryhmien kudulle lähtevien lohien osuudesta (Kuikka 1994). Lohikannan ikärakenteen on tässä oletettu pysyvän vakiona. Avomerikalastuksesta selviytyvien ja avomerelle jäävien lohien seuraavaan vuoteen selviävä osa β taas saatiin luvun 2.3 määritelmästä $\beta = \ell_0(1 - \sigma)$, jossa ℓ_0 on lohien luonnollinen kuolevuus. Luonnolliselle kuolevuudelle käytettiin arviota 0,10 (ICES 1995). Luonnonvaraisen lohien osuus lohikannassa vaihtelee jonkin verran riippuen siitä, tarkastellaanko avomerialueita vai rannikkoa, jossa kannan koostumus muuttuu istutuspaikkojen ja luonnonjokien sijaintien mukaan. Luonnonkannan osuus laskettiin istutettujen ja luonnonvaraisten lohien määristä Pohjanlahden rannikolla (ICES 1995).

Lohen lisääntymistä kuvataan lisääntymiskertoimen avulla, sillä tarkempaa arviota lisääntymisfunktiosta ei ole saatavilla. Laskelmissa lisääntymisfunktiona on siis $F(ebS_1) = KebS_1$, jossa K on lisääntymiskerroin. Rannikolle tulevasta kannasta noin 52 % on naaraita (Sakari Kuikka, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, julkaisematon

tieto). Yksi kg naarasta tuottaa noin 1 350 mätijyvää, ja mädistä keskimäärin 1 % selviää smoltiksi (ICES 1995). Smolteista 35 %:n arvioidaan selviävän aikuisiksi - istutettujen smolttien eloonjäänti on keskimäärin 20,4 % (ICES 1994) ja villien eloonjäänti noin 1,7 kertainen (ICES 1992). Aikuisen lohien keskipaino on 5.3 kg (Kuikka Sakari, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, julkaisematon tieto). Luonnolliseksi kasvuksi saadaan tästä $0.52 \cdot 1350 \cdot 0.01 \cdot 0.35 \cdot 5.3 \cdot S_1 \approx 13 \cdot S_1$.

Lisääntymiskerroin on varsin epätarkka parametri, sillä kertoimeen vaikuttavat monet tekijät, ja käytetty arvio perustuu siten moniin peräkkäisiin arvioihin. Myöskään arvio jokikalastuksesta selviytyvien lohien osuudesta ei perustu tilastoihin vaan on lohikantojen simulointimallissa (Kuikka 1994) käytetty arvio. Jokikalastuksen hetkellinen kalastuskuolevuus on arviolta 0,5, jolloin vuotuinen kalastuskuolevuus on $(1 - e^{-0.5}) \approx 0,39$ ja selviytyjien osuus edelleen 0,61. Laskelmissa käytetyt biologisten parametrien arviot esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Lohenkalastuksen biologiset parametrit

Parametri		Arvio	Lähde
Avomerelle jäävän kannan seuraavaan vuoteen selviävä osa	β	0,50	Perustuu seuraaviin: ICES 1995, ICES 1994 ja Kuikka 1994.
Istutukset (tn)	I	4 170	ICES 1995 (keskiarvo 1985 - 1995).
Kutuvaellukselle lähtevä osa avomeren kannasta	σ	0,44	Perustuu seuraaviin: ICES 1994 ja Kuikka 1994.
Luonnonlohen osuus kannasta Pohjanlahden rannikolla	b	0,10	ICES 1995.
Lisääntymiskerroin	K	13	Perustuu seuraaviin: ICES 1992, ICES 1994, ICES 1995.
Jokikalastuksen selviytyjien osuus	e	0,61	Kuikka 1994.

Taulukko 4 kuvaa nykyisen säätelyn mukaista tilannetta. Lohenkalastus Itämerellä ei nykyisin ole vapaata, vaan kalastusta säädellään lähinnä maakohtaisilla saaliskiintiöillä sekä pyyntivälineitä koskevin rajoittein. Laskelmat on tehty vuoden 1993 saalis- ja kantatietojen perusteella. Avomeri- ja rannikkokalastuksen säästöt on laskettu näiden tietojen pohjalta määritelmien $H_0 = X - S_0$ ja $H_1 = \sigma S_0 - S_1$ avulla ja voitot lohienkalastuksen mallin yhtälön (2.6) perusteella.

Taulukko 4. Nykyinen tilanne

Biologiset muuttujat	Arvo (tn)	Lähde
Kalakanta avomerellä kalastuskauden alussa	8 300	ICES 1994
Avomerikalastuksen saalis	2 600	ICES 1995
Avomerikalastuksen säästö	5 700	
Rannikkokalastuksen saalis	830	ICES 1995
Rannikkokalastuksen säästö	1 700	
Kokonaissaalis	3 400	
Rannikkosaalis/kokosaalis	0,25	

Taloudelliset muuttujat	Arvo (mk)
Avomerikalastuksen voitto	26 700 000
Rannikkokalastuksen voitto	6 330 000
Yhteenlaskettu voitto	33 100 000

3.2. Laskelmien tulokset

3.2.1. Lohenkalastuksen kokonaistuoton maksimoiva kalastus

Laskelmissa ratkaistaan ensin luvun 2.6 yhteiskunnallisesti optimaalinen tasapaino eli lohenkalastuksen tuoton maksimoiva kalastusyhdistelmä. Lohenkalastuksen mallissa optimaalista avomerikalastuksen säästöä kuvaa $S_0 = \phi_0(S_1)$. Optimaalista rannikkokalastuksen säästöä puolestaan kuvaa $S_1 = \phi_1(S_0)$. Yhtälöihin $S_0 = \phi_0(S_1)$ ja $S_1 = \phi_1(S_0)$ sijoitetaan biologisten ja taloudellisten parametrien arvot ja ratkaistaan edelleen yhtälöiden leikkauspiste (S_0, S_1) -koordinaatistossa, mistä saadaan optimaaliset avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen säästöt. Optimaalinen kalakanan koko puolestaan saadaan sijoittamalla nämä optimaaliset säästöt yhtälöön (2.20). Hyödyntämällä edelleen määritelmää $H_0 = X - S_0$ saadaan optimaalinen avomerikalastuksen saalis ja määritelmästä $H_1 = \sigma S_0 - S_1$ puolestaan optimaalinen rannikkokalastuksen saalis. Avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen voitot sekä koko lohenkalastuksen yhteenlaskettu voitto saadaan lasketuksi yhtälön (2.6) perusteella. Tulokset esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Optimaalinen tasapaino

Biologiset muuttujat	Arvo (tn)
Kalakannan koko	12 000
Avomerikalastuksen saalis	2 100
Avomerikalastuksen säästö	9 600
Rannikkokalastuksen saalis	760
Rannikkokalastuksen säästö	3 500
Kokonaissaalis	2 900
Rannikkosaalis/kokosaalis	0,26

Taloudelliset muuttujat	Arvo (mk)
Avomerikalastuksen voitto	32 400 000
Rannikkokalastuksen voitto	10 200 000
Yhteenlaskettu voitto	42 600 000

3.2.2. Vapaan kalastusoikeuden mukainen kalastus: kilpailutasapaino

Tarkastellaan seuraavaksi luvun 2.5 mukaista kilpailutasapainoa. Kun kalastus on vapaata, päätöksiä säästöistä ei tehdä samanaikaisesti kuten yhden omistajan tapauksessa, vaan lohikantaa kalastetaan ensin avomerellä, ja rannikolla kalastettavaksi jää avomeren säästöstä rannikolle siirtyvä osa. Säästöjen yhtälöitä ei siis myöskään ratkaista samanaikaisesti. Vapaan kalastusoikeuden tuottaman kilpailutasapainon säästö avomerellä saadaan, kun sijoitetaan taloudellisten ja biologisten parametrien arvot yhtälöön (2.8). Rannikkokalastuksen säästö saadaan, kun sijoitetaan yhtälöön (2.9) taloudellisten ja biologisten parametrien lisäksi edellä laskettu avomerikalastuksen säästö. Kalakanta puolestaan saadaan sijoittamalla säästöt tasapainoehtoon (2.10). Avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliit sekä voitot saadaan edelleen näitä arvoja käyttäen yhtälöistä (2.11), (2.12) ja (2.6). Kilpailutasapainoa kuvaavat tulokset esitetään taulukossa 6.

Taulukko 6. Kilpailutasapaino

Biologiset muuttujat	Arvo (tn)
Kalakanta tasapainossa	7 200
Avomerikalastuksen saalis	3 200
Avomerikalastuksen säästö	4 000
Rannikkokalastuksen saalis	430
Rannikkokalastuksen säästö	1 300
Kokonaissaalis	3 700
Rannikkosaalis/kokosaalis	0,12

Taloudelliset muuttujat	Arvo (mk)
Avomerikalastuksen voitto	21 200 000
Rannikkokalastuksen voitto	700 000
Yhteenlaskettu voitto	22 000 000

3.2.3. Tasapainojen vertailua empiiristen laskelmien pohjalta

Laskelmien perusteella optimaalinen kalastusyhdistelmä ei merkittävästi poikkea nykyisestä. Mallin optimissa kalastetaan kummallakin kalastusalueella, ja rannikkokalastuksen saaliin osuus kokonaissaaliista on 0,26, joka ei juuri poikkea nykyisestä osuudesta 0,25 (taulukot 4 ja 5). Vapaan kalastusoikeuden mukaisen kilpailutasapainon kalastusyhdistelmä sen sijaan eroaisi nykyisestä tilanteesta ja optimaalisesta kalastuksesta. Myös vapaan kalastusoikeuden tuottamassa kilpailutasapainossa kalastettaisiin kummallakin kalastusalueella, mutta rannikkokalastuksen osuus saaliista olisi laskelmien mukaan vain 0,12. Rannikkokalastuksen osuus kokonaissaaliista olisi siis kilpailutasapainossa huomattavasti pienempi kuin optimaalisessa tasapainossa ja nykyisessä tilanteessa (taulukko 6). Kilpailutasapainossa avomerikalastus pyytää kalakannan tasolle, jolla kalastuksen rajatuotto on nolla. Rannikkokalastus puolestaan kalastaa kutuvaelluksella olevan kalakannan tasolle, jolla saaliin rajatuotto on nolla. Rannikolla kalastettava kanta on huomattavasti pienempi kuin säädelyssä tilanteessa, jolloin myös rannikkokalastuksen saalis jää pienemmäksi, sillä Schäferin tuotantofunktion oletuksella saalisyksikön pyytämisen kustannus on kalakannan vähenevä funktio. Koska rannikolle tuleva kalakanta olisi vapaan kalastusoikeuden vallitessa huomattavasti pienempi kuin säädelyssä tilanteessa, rannikkokalastuksen kustannukset muodostuisivat varsin korkeiksi ja kannattavuus olisi tämän vuoksi hyvin heikko. Rannikkokalastuksen kannattavuus suhteessa avomerikalastukseen siis pienenee huomattavasti verrattuna säädelyyn tilanteeseen.

Tulos avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen lähes nykyistä tilannetta vastaavan suhteen optimaalisuudesta voi vaikuttaa yllättävältä, kalastetaanhan rannikolla juuri lohikannan kutemaan vaeltavaa osaa, joka luonnonlohen osalta vaikuttaa suoraan lohikannan luonnolliseen lisäykseen. Rannikkosaaliin keskihinta on lisäksi avomerika-

lastuksen saaliin keskihintaa pienempi. Rannikkokalastuksen kustannukset ovat kuitenkin myös tuntuvasti pienemmät kuin avomerikalastuksen kustannukset, joten lohenkalastuksen kokonaistuottoa maksimoitaessa tämä kustannussäästö näyttäisi kannattavan käyttää hyväksi. Lohen lisääntymisen kannalta merkitystä on juuri lopullisella kutemaan selviytyvällä kannalla. Onkin muistettava, että myös kalastuksen säättely avomerellä vaikuttaa epäsuorasti kutevaan populaatioon. Voidaan ajatella, että osa saaliista säästetään rannikkokalastuksessa kalastettavaksi: kun avomereltä selviää kutuvaellukselle riittävän suuri osa kantaa, kantaa voidaan vastaavasti kalastaa myös rannikolla ja silti turvata kuteva kanta. Rannikkokalastuksen kustannussäästöt riittävät kompensoimaan myös avomerikalastuksen saaliin hintaa alhaisemman lohen hinnan.

Empiiriset laskelmat tukevat kalastuksen talousteorian perustulosta, jonka mukaan vapaa kalastusoikeus ja markkinamekanismi eivät johda tehokkaaseen lopputulokseen kalastuksen kohdalla (Gordon 1954). Kilpailutasapainossa kalakanta olisi tuntuvasti optimaalista pienempi, ja voitot niin ikään optimaalista pienemmät (taulukot 5 ja 6). Voitot eivät laskelmien mukaan häviäisi täysin myöskään kilpailutasapainossa. Tämä johtuu osaltaan mallin diskreetistä rakenteesta, mutta myös käytettävissä olevasta kustannuksista kuvaavasta empiirisestä aineistosta, joka ei sisällä tietoja kalastajien vaihtoehtoiskustannuksista. Kilpailutasapainon voittojen voidaan siis ajatella sisältävän myös kalastajien tuotannontekijäkorvauksen.

Empiiristen laskelmien tulosten perusteella nykyinen säätelyjärjestelmä ei saa aikaan optimaalista kalastusta. Nykyisen säätelyjärjestelmän aikana lohikanta ja voitot ovat suuremmat kuin ne olisivat kilpailutasapainossa (taulukot 4 ja 6), mutta kuitenkin huomattavasti pienemmät kuin mallin optimaalisessa tasapainossa (taulukko 5). Tämä tulos tukee kalastuksen taloustieteellisen analyysin säätelyä koskevia tuloksia, joiden mukaan kokonaiskiintiöt eivät johda tehokkaaseen ratkaisuun (Clark 1980).

Kuten edellä nähtiin, saatavilla olevaan aineistoon sisältyy puutteita ja epätarkkuuksia. Myös laskelmien ennusteisiin optimaalisista saalismääristä tulee siksi suhtautua varauksella. Mallintamisessa on toisaalta kuitenkin aina kysymys arvioimisesta. Tämä työ auttaa toivottavasti paitsi huomaamaan taloudellisten seikkojen merkityksen lohenkalastukseen liittyvien ongelmien tarkastelussa myös näkemään, mitä taloudellisia ja biologisia tekijöitä olisi syytä tutkia tarkemmin, jotta lohenkalastuksen ongelmia voitaisiin yrittää ratkaista taloudelliset seikat huomioiden.

3.3. Mallin tulosten herkkyyys suhteessa mallin parametreihin

Mallin ennusteiden herkkyyttä testattiin suhteessa muutoksiin kaikissa taloudellisissa parametreissa. Avomerikalastuksen panosyksikön kustannusta kuvaavan parametrin arvoa muutettiin välillä -10 % – +10 % muiden parametrien arvojen pysyessä ennallaan. Näin saatiin vastaavat prosentuaaliset muutokset mallin muuttujissa, jolloin voidaan arvioida, kuinka suuria mahdollisista avomerikalastuksen panosyksikön kustannuksen arvioon sisältyvistä virheistä seuraavat virheet mallin tuloksissa ovat. Samalla tavalla testattiin mallin tulosten herkkyyttä suhteessa muutoksiin rannikkokalastuksen kustannuksissa. Hintojen suhteen tarkasteltiin vain pieniä muutoksia välillä -3 % – 3 % muuttaen jälleen kumpaakin hintaa vuorollaan muiden parametrien arvojen pysyessä ennallaan. Laskelmat perustuvat keskihintoihin, ja saatavilla olevat tilastoidut hintatiedot ovat verrattain tarkkoja ja tarkasteltavat saalismäärien muutokset pieniä, joten keskihintojen ei oleteta muuttuvan olennaisesti, kun lohen kysyntään vaikuttavissa tekijöissä ei tapahdu muutoksia. Avomerisaaliin ja rannikkosaaliin hintaeroa selittää lohisaaaliin kausivaihtelu, ja avomerisaaliin ja rannikkosaaliin hintojen muutosten voidaan olettaa olevan samansuuntaisia, kun avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen saaliiden suhteet eivät muutu merkittävästi.

Biologisista parametreista mallin herkkyyttä testattiin suhteessa niihin, jotka sisältävät epätarkkuuksia tai puutteita. Istutusten ja luonnonlohen osuuden suhteen herkkyyssanalyysia ei siis tehty, sillä laskelmissa käytetyt arviot perustuvat verrattain tarkkoihin tietoihin. Avomerelle jäävän kannan seuraavaan vuoteen selviävää osaa kuvaava parametri β muuttuu kutuvaellukselle lähtevien lohien osuuden σ muuttuessa. β sisältää myös arvion lohien luonnollisesta kuolevuudesta, joka kuitenkin on myös verrattain tarkka arvio ja jonka suhteen herkkyyssanalyysia ei siksi myöskään tehty. Mallia testattiin siis suhteessa muutoksiin kutuvaellukselle lähtevien lohien osuudessa σ , lisääntymiskertoimessa K ja jokikalastuksen selviytymisprosentissa e . Kunkin biologisen parametrin arvoa muutettiin vuorollaan välillä -10 % – +10 % mallissa käytetystä arviosta muiden parametrien arvojen pysyessä ennallaan.

3.3.1. Avomerikalastuksen kustannukset panosyksikköä kohden

Avomerikalastuksen kustannusten muutos vaikuttaa ennen kaikkea optimaaliseen kalastusyhdistelmään. Vaikutus optimaaliseen kalakannan kokoon, kokonaissaaliiseen ja yhteenlaskettuihin voittoihin sen sijaan on vähäinen.

Taulukko 7. Mallin herkkyyys suhteessa avomerikalastuksen kustannuksiin

Muutos arviossa (%)	Muutos (%) avomerikalastuksen kustannuksissa c_0					
	-10	-5	-1	1	5	10
Avomerisaalis	31	15	3	-3	-15	-29
Rannikkosaalis	-87	-42	-8	8	40	78
Kokonaissaalis	0	0	0	0	0	0
Kalakannan koko	-2	-1	0	0	1	2
Rannikkosaaliin osuus	-87	-42	-8	8	40	79
Yhteenlaskettu voitto	5	2	0	0	-2	-4

Kun avomerikalastuksen kustannukset kasvavat, rannikkokalastuksen suhteellinen etu kustannusten osalta kasvaa, joten rannikkokalastus tulee suhteessa tuottavammaksi. Rannikkokalastuksen osuus saaliista optimaalisessa kalastusyhdistelmässä kasvaa. Optimaalisessa kalastusyhdistelmässä kalastetaan kuitenkin sekä avomerellä että rannikolla, kun avomerikalastuksen kustannusten muutokset ovat välillä -10 % - +10%.

3.3.2. Rannikkokalastuksen kustannukset panosyksikköä kohden

Suuremmat rannikkokalastuksen kustannukset pienentävät eroa avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen kustannusten välillä. Optimaalinen kokonaissaalis pienenee ja kalakannan koko kasvaa rannikkokalastuksen kustannusten kasvaessa. Voidaankin ajatella, että koko kalastuksen osalta kustannukset panosyksikköä kohden kasvavat, sillä avomerikalastuksen yksikkökustannukset ovat vielä suuremmat, joten allokoimalla kalastusta avomerikalastuksen suuntaan ei voida säästää kustannuksissa. Kalakannan kannattaa tällöin antaa kasvaa, sillä Schäferin tuotantofunktion oletuksella kalakannan koon kasvu pienentää saaliin pyytämisen kustannuksia. Rannikkokalas-

tuksen kustannusten muutos vaikuttaa merkittävästi optimaaliseen kalastusyhdistelmään: 10 %:n kasvu rannikkokalastuksen yksikkökustannuksissa avomerikalastuksen kustannusten pysyessä ennallaan implikoi vain avomerellä kalastamisen olevan optimaalista. Kun rannikkokalastuksen kustannusetu pienenee ja optimaalinen kalakannan koko kasvaa, rannikkokalastuksen vaikutus kutevien lohien määrään ja rannikkosaaliin alhainen hinta dominoivat ja kalastuksen paino siirtyy avomerikalastukseen.

Taulukko 8. Mallin herkkyys suhteessa rannikkokalastuksen kustannuksiin

Muutos arviossa (%)	Muutos (%) rannikkokalastuksen kustannuksissa c_1					
	-10	-5	-1	1	5	10
Avomerisaalis	-21	-11	-2	2	11	22
Rannikkosaalis	68	34	7	-7	-34	-100
Kokonaissaalis	2	1	0	0	-1	-10
Kalakannan koko	-1	-1	0	0	1	12
Rannikkosaaliin osuus	64	33	7	-7	-34	-100
Yhteenlaskettu voitto	2	1	0	0	-1	-2

3.3.3. Avomerikalastuksen saaliin hinta

Avomerikalastuksen saaliin hinnan muutokset eivät mainittavasti vaikuta optimaaliseen kokonaissaaliiseen tai kalakannan kokoon. Pienetkin muutokset avomerikalastuksen saaliin hinnassa rannikkosaaliin hinnan pysyessä ennallaan vaikuttavat kuitenkin oleellisesti optimaaliseen kalastusyhdistelmään. Muutosten ollessa pieniä optimaalisessa kalastusyhdistelmässä kalastetaan molemmilla kalastusalueilla, mutta avomerisaaliin hinta vaikuttaa saaliin optimaaliseen allokaatioon kalastusalueiden välillä. Kun avomerisaaliin hinta kasvaa, avomerikalastuksen osuus kokonaissaaliista kasvaa, sillä kustannusten ja rannikkosaaliin hinnan pysyessä ennallaan avomerikalastuksen kannattavuus suhteessa rannikkokalastuksen kannattavuuteen kasvaa.

Taulukko 9. Mallin herkkyys suhteessa avomerikalastuksen saaliin hintaan

Muutos arviossa (%)	Muutos (%) avomerisaaliin hinnassa p_0					
	-3	-2	-1	1	2	3
Avomerisaalis	-21	-14	-7	7	14	21
Rannikkosaalis	61	41	21	-21	-42	-63
Kokonaissaalis	0	0	0	0	-1	-1
Kalakannan koko	1	1	0	0	0	0
Rannikkosaaliin osuus	61	41	20	-20	-41	-63
Yhteenlaskettu voitto	-3	-2	-1	1	3	4

3.3.4. Rannikkokalastuksen saaliin hinta

Rannikkokalastuksen saaliin hinnan muutosten aiheuttamat muutokset mallin tuloksissa ovat jokseenkin samanlaisia kuin avomerisaaliin hinnan muutosten vaikutukset.

Taulukko 10. Mallin herkkyys suhteessa rannikkokalastuksen saaliin hintaan

Muutos arviossa (%)	Muutos (%) rannikkosaaliin hinnassa p_1					
	-3	-2	-1	1	-2	3
Avomerisaalis	19	13	6	-6	-12	-18
Rannikkosaalis	-61	-40	-20	19	37	55
Kokonaissaalis	-2	-1	-1	0	1	1
Kalakannan koko	1	1	0	0	0	0
Rannikkosaaliin osuus	-60	-39	-19	18	36	54
Yhteenlaskettu voitto	-1	-1	0	0	1	1

Kalakannan kokoon, kokonaissaaliiseen ja yhteenlaskettuihin voittoihin rannikkosaaliin hinnan muutokset eivät juuri vaikuta. Muutosten ollessa pieniä optimissa kalastetaan kummallakin kalastusalueella, mutta rannikkosaaliin hinnan muuttuessa saaliin allokaatio kalastusten välillä muuttuu olennaisesti. Kun rannikkosaaliin hinta kasvaa ja kustannukset pysyvät ennallaan, rannikkokalastuksen kannattavuus suhteessa avomerikalastukseen paranee, jolloin rannikkosaaliin osuus kokonaissaaliista kasvaa.

3.3.5. Kutuvaellukselle lähtevien lohien osuus avomerellä kalastettavasta kannasta

Kutuvaellukselle lähtevien lohien osuutta kuvaavan parametrin muutokset aiheuttivat vain pieniä muutoksia kokonaissaaliissa ja yhteenlasketuissa voitoissa. Vaikutus saaliin allokaatioon avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen välillä sen sijaan on var-

sin suuri: 10 % muutos kutuvaellukselle lähtevien lohien osuudessa lisäisi rannikkokalastuksen osuutta kokonaissaaliista 77 %.

Taulukko 11. Mallin herkkyys suhteessa kudulle lähtevien lohien osuuteen

Muutos arviossa (%)	Muutos (%) kutemaan lähtevien lohien osuudessa σ					
	-10	-5	-1	1	5	10
Avomerisaalis	23	12	7	-10	-15	-26
Rannikkosaalis	-66	-33	-17	29	46	81
Kokonaissaalis	-1	0	1	0	1	2
Kalakannan koko	4	2	1	2	1	-1
Rannikkosaaliin osuus	-66	-34	-17	28	44	77
Yhteenlaskettu voitto	2	2	2	1	1	2

Kun vuosittain kutemaan siirtyvien kalojen osuus kasvaa, avomerikalastuksen säästöstä rannikolle kutemaan siirtyvä osa kasvaa. Koska saalisyksikön pyytämisen kustannus on kalakannan vähenevä funktio, saalisyksikön pyytämisen kustannus rannikkokalastuksessa on tällöin aiempaa pienempi. Kun kutemaan vaeltava populaatio on suurempi, rannikolla on myös mahdollista kalastaa intensiivisemmin ja silti säästää luonnonkannan säilyttävä määrä kutulohia.

3.3.6 Lisäntymiskerroin K

Lisäntymiskertoimen muutoksilla on varsin suuri vaikutus mallin tuloksiin. Lisäntymiskerroin on kuitenkin myös varsin epätarkka parametri. Erityisen voimakkaasti lisäntymiskerroin vaikuttaa saaliin allokaatioon avomerikalastuksen ja rannikkokalastuksen välillä: vain 10 %:n muutos lisäntymiskertoimessa johtaa optimiratkaisuun, jossa kalastetaan vain avomerellä.

Taulukko 12. Mallin herkkyys suhteessa lisäntymiskertoimeen

Muutos arviossa (%)	Muutos (%) lisäntymiskertoimessa K					
	-10	-5	-1	1	5	10
Avomerisaalis	-24	-12	-1	5	23	41
Rannikkosaalis	59	34	8	-9	-57	-100
Kokonaissaalis	-2	0	1	2	2	4
Kalakannan koko	-8	-4	-1	1	7	15
Rannikkosaaliin osuus	62	34	7	-10	-58	-100
Yhteenlaskettu voitto	-9	-3	0	3	8	14

Selityksenä vain avomerikalastuksen optimaalisuudelle on rannikkokalastuksen suora vaikutus kutevien lohien määrään. Kun kutevien luonnonvaraisten lohien tuottama

kannan lisäys kasvaa lisääntymiskertoimen myötä, kasvaa myös rannikkokalastuksen vaihtoehtoiskustannus. Vaihtoehtoiskustannus muodostuu rannikolla pyydettyjen kutulohien myötä menetetystä kannan lisäyksestä seuraavasta tuottojen vähennyksestä: suurempi kanta pienentäisi avomerikalastuksen kalastuskustannuksia ja lisäisi siten avomerikalastuksen tuottoa. On muistettava, että kannan luonnollinen lisäys vaikuttaa tässä vain kalastuksen kannattavuuteen kalakannan koon kautta, sillä villilohien olemassaoloa ja villilohien määrää sinänsä ei ole arvioitu tarkastelussa.

3.3.7. Eloonjääminen joessa

Kun lohen lisääntymistä kuvaa lisääntymiskerroin K , rannikkokalastuksen säästön ja lohen luonnollisen lisäyksen yhteys on lineaarinen myös jokikalastuksen säästön e suhteen. Jokikalastuksen selviytymisprosentin muutosten vaikutus mallin tuloksiin on siksi jokseenkin samanlainen kuin edellä tarkasteltu lisääntymiskertoimen muutosten vaikutus. Jos nykyistä arviota suurempi osa jokiin selviävistä kutulohista selviäisi jokikalastuksesta, kaupallisen kalastuksen painopistettä tulisi tulosten perusteella siirtää avomerikalastuksen suuntaan. Selitys on sama kuin edellä: suurempi kutulohien määrä jokikalastuksen jälkeen johtaa suurempaan kalakannan lisäykseen, jolloin myös rannikkokalastuksen vaihtoehtoiskustannus kasvaa.

Taulukko 13. Mallin herkkyys suhteessa jokikalastuksen selviytymisprosenttiin

Muutos arviossa (%)	Muutos (%) jokikalastuksen selviytymisprosentissa e					
	-10	-5	-1	1	5	10
Avomerisaalis	-23	-13	-5	6	19	39
Rannikkosaalis	58	34	13	-14	-51	-100
Kokonaissaalis	-2	-1	0	0	1	2
Kalakannan koko	-8	-5	-2	2	6	15
Rannikkosaaliin osuus	61	35	13	-15	-51	-100
Yhteenlaskettu voitto	-9	-5	-2	2	6	12

3.4. Lohenkalastuksen arviointia laskelmien pohjalta

Empiiristen laskelmien mukaan lohenkalastus olisi kalastusta kuvaavien taloudellisten ja biologisten tekijöiden perusteella optimaalista järjestää siten, että sekä avomerellä että rannikolla kalastetaan. On huomattava, että jokikalastuksen yhteiskunnallinen hyöty ei ole tarkastelussa mukana. Kaupallisten kalastusten kokonaistuoton maksimoivassa kalastusyhdistelmässä saaliin allokaatio kalastusten välillä olisi jotakuinkin sama kuin nykyisessä kokonaiskiintiön säädelyssä kalastuksessa. Rannikkokalastuksen osuus kokonaissaalista on tuoton maksimoivassa tasapainossa ja nykyisessä tilanteessa huomattavasti suurempi kuin se olisi kilpailutasapainossa. Laskelmat tukevat väitettä lohenkalastuksen säätelyn tarpeellisuudesta: kilpailutasapainossa lohenkalastuksen voitot olisivat huomattavasti nykyistä pienemmät. Myöskään nykyisessä lohenkalastuksessa lohikantaa ei hyödynnetä optimaalisella tavalla. Kalakannan kasvu

nykyiseltä tasolta mallin optimaalista tasapainoa vastaavaan kokoon parantaisi kalastuksen kannattavuutta ja mahdollistaisi suuremmat yhteenlasketut voitot. Lohen luonnollisen lisääntymisen kautta tapahtuva kannan kasvu kannattaisi siis käyttää hyväksi. On kuitenkin syytä muistaa, että lohenkalastuksen voitot kasvaisivat pitkällä aikavälillä, kalakannan kasvettua optimaalista tasapainoa vastaavaan kokoon. Kalakannan kasvu luonnollisen lisääntymisen kautta edellyttää, että nykyisiä saaliita vähennetään. Staattisessa mallissa siirtymävaiheeseen liittyviä kustannuksia ei kuitenkaan tarkastella.

3.5. Tutkimuksen arviointia ja jatkotutkimustarpeita

On huomattava, että mallissa oletetaan vain luonnonvaraisen lohen lisääntyvän luonnossa. Myös jokiin istutetut viljelty lohet pystyvät kuitenkin lisääntymään. Viljeltyjen poikasten tuottamiseen liittyy toisaalta varsin suuria kustannuksia, ja tässä on ajateltu luonnonvaraisen lohen edelleen tuottavan pääosan lohikannan luonnollisesta lisäyksestä. Istutuksia jokiin on viime vuosina lisätty, mikä voi myös näkyä kasvuna lohikannan luonnonvaraisessa lisääntymisessä. Istutettujen lohien lisääntymisen sisällyttäminen tarkasteluun vaikuttanee samalla tavalla kuin kasvu lisääntymiskertomessa tai jokikalastuksen selviytymisprosentissa, sillä kaikki nämä tekijät vaikuttavat samalla tavalla lohikannan luonnolliseen kasvuun. Herkkyysanalyysin perusteella voidaan siksi päätellä istutettujen lohien lisääntymisen huomioon ottamisen siirtävän kaupallisen kalastuksen painopistettä avomerikalastuksen suuntaan: suurempi kutulohien määrä johtaa suurempaan lohikannan luonnolliseen lisääntymiseen, mikä nostaa rannikkokalastuksen aiheuttaman kutevan kannan pienenemisen vaihtoehtoiskustannusta.

Pääosin virkistyskalastusta olevan jokikalastuksen tuottama yhteiskunnallinen hyöty ei ole tarkastelussa mukana. Kaupallisen kalastuksen ja virkistyskalastuksen tuottaman hyödyn vertailu mielekkäällä tavalla on ongelmallista. Virkistyskalastuksessa hyödyke ei ole saalis sinänsä vaan virkistyskalastus tapana viettää vapaa-aikaa, jolloin saaliin määrä ei yksin määrää kalastuksen tuottamaa hyötyä. Virkistyskalastus ei myöskään ole suoraan markkinahyödyke, joten sen arvon selvittäminen on vaikeaa. Jokikalastuksen yhteiskunnallista hyötyä ei Suomessa toistaiseksi ole juuri tutkittu, ja jokikalastuksen tuottaman hyödyn tarkastelu olisikin selvästi tärkeä, oman tutkimuksensa vaativa kysymys. Lohen jokikalastuksen taloudellisen merkityksen mukaan ottaminen saattaisi kuitenkin muuttaa kokonaiskuvaa.

Tarkastelussa on oletettu, että pienet saalismäärien muutokset eivät vaikuta olennaisesti lohen hintaan. Herkkyysanalyysi toi esille tilanteita, joissa optimaalisessa kalastusyhdistelmässä kalastuksen painopiste siirtyisi rannikkokalastuksen suuntaan. Rannikolla kalastetaan kuitenkin vain kevään ja alkukesän aikaan kudulle vaeltavia lohia, joten rannikkokalastuksen osuuden kasvu keskittäisi lohisaaliin kesäkuukausille. Lohen hinta reagoi kuitenkin saaliin voimakkaaseen kausivaihteluun. Vielä nykyistä suuremman osan lohisaaliista ollessa rannikkokalastuksen saalista kausivaihtelu voimistuisi entisestään, jolloin myös saalismäärien muutosten vaikutus lohen hintaan olisi tarpeellista sisällyttää tarkasteluun.

Mallin tulokset ovat varsin herkkiä suhteessa muutoksiin mallin parametreissa, ja erityisesti biologisten parametrien rooli osoittautui merkittäväksi. Varsinkin saaliin optimaalinen allokaatio kalastusalueiden välillä muuttuu herkästi mallin parametrien arvojen muuttuessa. Tarkastelun perustana olevan teoreettisen mallin kehittämisen lisäksi tarkemmat arviot niin lohenkalastuksen kustannuksista kuin lohenkalastukseen vaikuttavista biologisista tekijöistä ovatkin tarpeen, jos lohenkalastukseen liittyviä ongelmia pyritään ratkaisemaan taloudellinen näkökulma huomioiden.

Lähteet

- Anderson, L. G. 1993. Toward a Complete Economic Theory of the Utilization and Management of Recreational Fisheries. *Journal of Environmental Economics and Management* 24, p. 272-295.
- Bishop, R. C., Samples, K. C. 1980. Sport and Commercial Fisheries Conflicts: A Theoretical Analysis. *Journal of Environmental Economics and Management* 7, p. 220-233.
- Charles, A. T., Reed, W. J. 1985. A Bioeconomic Analysis of Sequential Fisheries: Competition, Coexistence, and Optimal Harvest Allocation between Inshore and Off-shore Fleets. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, p. 952-962.
- Clark, C. W. 1973. Profit Maximization and the Extinction of Animal Species. *Journal of Political Economy* 81, p. 950-961.
- Clark, C. W. 1976. *Mathematical Bioeconomics*. Wiley, New York. 352 p.
- Clark, C. W. 1980. Towards a Predictive Model for the Economic Regulation of Commercial Fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37, p. 1111-1127.
- Clark, C. W. 1990. *Mathematical Bioeconomics*. 2nd edition. Wiley, New York. 381 p.
- Clark, C. W., Kirkwood, G. P. 1979. Bioeconomic Model of the Gulf of Carpentaria Prawn Fishery. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36, p. 1304-1312.
- 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, p. 92-106.
- Gordon, S. H. 1954. The Economic Theory of a Common Property Resource: The Fishery. *Journal of Political Economy* 62, p. 124-142.
- ICES 1992. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Group. ICES CM 1992/Assess:13.
- ICES 1993. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Group. ICES CM 1993/Assess:14.
- ICES 1994. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Group. ICES CM 1994/Assess:15.
- ICES 1995. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Group. ICES CM 1995/Assess:16. Ref. M.
- Kuikka, S. 1994. Can Wild Baltic Salmon be Driven to Extinction? ICES co-operative research report no. 197. Ninth ICES dialogue meeting. Atlantic Salmon: A Dialogue, p. 71-79.
- Laukkanen, L. M. 1995. Itämeren lohenkalastuksen bioekonominen analyysi. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, kansantaloustieteen laitos. Helsinki. 100 s.
- Lipton, D. W., Strand, I. E. Jr. 1989. The Effect of Common Property on the Optimal Structure of the Fishing Industry. *Journal of Environmental Economics and Management* 16, p. 45-51.

McKelvey, R. 1983. The Fishery in a Fluctuating Environment: Coexistence of Specialist and Generalist Fishing Vessels in a Multipurpose Fleet. *Journal of Environmental Economics and Management* 10, p. 287-309.

Mickwitz, P. 1994. Why is the Salmon Price in Finland so "Low" - Analyses of the Demand for Salmon in Finland. Finnish Game and Fisheries Research Institute, Helsinki. 12 p. (Mimeo).

Kalastajahinnat 1993. Suomen Virallinen Tilasto, Ympäristö 1994:5. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 16 s.

RKTL 1993. Itämeren lohi ja lohen kalastus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 6 s. (Moniste).

Schäfer, M. B. 1954. Some Aspects of Dynamics of Populations Important to the Management of Commercial Marine Fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission* 1, p. 25-56.

Schäfer, M. B. 1957. Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relation to the Management of Marine Fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 14(5), p. 669 - 681.

Scott, A. D. 1955. The Fishery: The Objectives of Sole Ownership. *Journal of Political Economy* 63, p. 116-124.

Smith, C. L. 1981. Satisfaction Bonus from Salmon Fishing: Implications for Economic Evaluation. *Land Economics* 57(2), p. 181-194.

Itämeren lohenkalastuksen bioekonominen analyysi

Tiivistelmä

Tutkimuksessa tarkastellaan lohenkalastusta Itämeren pohjoisosassa pyrkien määrittämään yhteiskunnallisesti optimaalinen lohenkalastus ja lohisaaliin jako avomeri- ja rannikkokalastuksen välillä. Optimaalisella lohenkalastusstrategialla tarkoitetaan lohen kaupallisen kalastuksen kokonaistuoton maksimoivaa kalastusta. Tutkimuksessa muodostetaan lohenkalastuksen bioekonominen malli, jota sovelletaan empiirisiin laskelmiin.

Itämeren lohenkalastuksen analyysissä tarkastellaan lohen kaupallista kalastusta eli avomeri- ja rannikkopyyntiä pääosin virkistyskalastusta olevan jokikalastuksen ollessa tarkastelussa mukana mallin ulkopuolelta määräytyvänä tekijänä. Analyysissä otetaan huomioon kalastusten erot ja lohikannan rakenne. Mallin avulla määritetään optimaalinen kokonaiskalakannan koko sekä saaliin optimaalinen jako kaupallisten kalastusten välillä. Myös vapaan kalastusoikeuden mukaista ratkaisua kuvataan mallin avulla. Työn empiirisessä osassa arvioidaan, millaisiksi optimaalinen kalastus ja kalastus vapaan kilpailun vallitessa muodostuisivat, ja verrataan näitä ennusteita lohenkalastuksen nykyiseen tilanteeseen.

Empiiriset laskelmat tukevat kalastuksen talousteorian perustulosta, jonka mukaan vapaa kalastusoikeus ei johda kalakannan tehokkaaseen hyödyntämiseen. Empiiristen laskelmien mukaan lohikanta ja vastaavasti lohenkalastuksen kokonaistuotto olisi vapaan kalastusoikeuden mukaisessa kilpailutasapainossa selvästi pienempi kuin nykyisessä säädellyssä tilanteessa tai optimaalisessa tasapainossa. Nykyinen biologisin perustein määräytyvä säätely ei myöskään tuota tehokasta ratkaisua: lohikanta ja yhteenlasketut voitot ovat edelleen tuntuvasti pienemmät kuin ne olisivat optimaalisessa kalastuksessa. Saaliin jako avomeri- ja rannikkokalastuksen välillä sen sijaan olisi optimaalisessa kalastuksessa lähes sama kuin nykyisessä kalastuksessa. Vapaan kilpailun mukaisessa kalastuksessa rannikkokalastuksen osuus saaliista olisi huomattavasti pienempi kuin nykyisessä tilanteessa tai optimaalisessa kalastuksessa.

Asiasanat

lohenkalastuksen järjestäminen, optimaalinen kalastus, peräkkäiset kalastukset, saaliin jako

Sarjan nimi ja numero

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 130

ISBN

951-776-124-4

ISSN

0787-8478

Sivumäärä

35 s.

Kieli

Suomi

Hinta

50 mk

Luottamuksellisuus

Julkinen

Myynti

Edita-kirjakauppa

Annankatu 44

00100 Helsinki

Kustantaja

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

PL 6

00721 Helsinki

Puh. (90) 566 0566 Fax (90) 566 0570

Puh. 0205 7511 Fax 0205 7512 01

Utgivare

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Utgivningsdatum

Oktober 1997

Författare

Marita Laukkanen

Publikationens namn

Bioekonomisk analys av laxfisket i Östersjön

Typ av publikation

Rapport

Uppdragsgivare

Datum för uppdragsgivandet

Projektnamn och -nummer

Referat

Undersökningen granskar laxfisket i norra delen av Östersjön och försöker bestämma det samhälleligt optimala laxfisket och fördelningen av laxfångsten mellan utsjö- och kustfisket.

Med optimal laxfiskestrategi avses ett fiske som maximerar det kommersiella utbytet av fisket. I undersökningen formuleras en bioekonomisk modell för laxfisket som tillämpas på empiriska beräkningar.

I analysen av laxfisket i Östersjön granskas det kommersiella laxfisket, dvs. utsjö- och kustfisket medan älvsfisket som huvudsakligen är fritidsfiske tas med som en yttre bestämmande faktor. Analysen beaktar skillnaderna i fisket och laxbeståndets struktur. Med hjälp av modellen bestäms en optimal storlek för det totala fiskbeståndet samt en optimal fördelning av denna mellan olika typer av kommersiellt fiske. En lösning beaserad på fri fiskerätt beskrivs också med hjälp av modellen. I arbetets empiriska del uppskattas hurudant det optimala fisket och fisket under fri konkurrens skulle vara, och dessa prognoser jämförs med laxfiskets nuvarande situation.

De empiriska beräkningarna stöder basresultatet för fiskets ekonomiska teori, enligt vilket fri fiskerätt inte leder till ett effektivt utnyttjande av fiskbeståndet. Enligt de empiriska beräkningarna skulle laxbeståndet och laxfiskets totalavkastning under den konkurrensjämvikt ett fritt fiske skulle innebära, vara klart mindre än under nuvarande reglerade förhållanden eller under optimal jämvikt. Dagens, på biologiska grunder motiverade, reglering innebär inte heller en effektiv lösning: laxbeståndet och de sammanlagda vinsterna är fortfarande kännbart mindre än vid ett optimalt fiske. Fångstens fördelning mellan utsjö- och kustfiske skulle däremot under ett optimalt fiske vara nästan densamma som idag. Vid fiske under fri konkurrens skulle kustfiskets andel vara klart mindre än under nuvarande eller optimala förhållanden.

Nyckelord

organisation av laxfisket, optimalt fiske, konsekutivt fiske, fångstfördelning

Seriens namn och nummer

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 130

ISBN

951-776-124-4

ISSN

0787-8478

Sidoantali

35 s.

Språk

Finska

Pris

50 mk

Sekretessgrad

Offentlig

Försäljning

Edita-bokhandel
Annegatan 44
00100 Helsingfors

Förlag

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
PB 6
00721 Helsinki

Tel. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Tel. 0205 7511 Fax 0205 751201

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of PublicationOctober 1997

Author(s)

Marita Laukkanen

Title of Publication

A Bioeconomic Analysis of the Baltic Salmon Fishery

Type of Publication

Commissioned by

Date of Research Contract

Title and Number of Project

Abstract

The study analyses the Northern Baltic salmon fishery with the objective of determining the socially optimal harvesting strategy and the allocation of harvest between inshore and offshore fisheries. Optimal harvesting refers to a harvesting strategy that maximizes the total revenue from salmon fishing. A Bioeconomic model of the fishery is developed which takes into account the biological and economic characteristics of the fishery. The bioeconomic model is applied to empirical calculations.

The analysis of the Baltic salmon fishery considers the commercial salmon fisheries inshore and offshore while the mainly recreational river fishery remains exogenous to the model. The analysis accounts for the biological and economic differences of the fisheries as well as the structure of the salmon stock. The model is used to determine the optimal stock size and optimal harvest allocation between the commercial fisheries. The harvest allocation under open access management is also described. The empirical part of the study assesses the optimal harvesting strategy and the open access harvesting strategy.

Empirical calculations support the received view of fisheries economics that open access does not result in efficient exploitation of a fish stock. According to the empirical calculations, the salmon stock and the total profit under open access to the fishery would be considered lower than at present or under optimal management of the fishery. The present biologically determined regulation does not result in efficient use of the resource: the salmon stock and the total profit remain significantly lower than under optimal management. The harvest allocation instead would remain almost the same as at present under optimal management. Under open access management of the fishery the harvest share of the inshore fishery would be considerably lower than at present or under optimal management.

Key wordssalmon fishery management, optimal harvesting, sequential fisheries, harvest allocation

Series (key title and no.)

ISBN

ISSN

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 130

951-776-124-4

0787-8478

Pages

Language

Price

Confidentiality

35 p.

Finnish

50 FIM

Public

Distributed by

Publisher

Oy Edita Ab

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Book-shop

P.O.Box 6

Annankatu 44

FIN-00721 Helsinki, Finland

FIN-00100 Helsinki, Finland

Phone +358 0 566 0566 Fax +358 0 566 0570

Phone +358 205 7511 Fax +358 205 7511

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

88. MAKKONEN, J., TOIVONEN, J., PIIRONEN, J., PURSLAINEN, M. JA MÄKINEN, K.

Järvilohen (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) säilyttäminen ja kalastus Vuoksen vesistössä Carlin-merkkintöjen perusteella.

(Bevarande och fiske av insjölox (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) i Vuoksens insjösystem, undersökning med hjälp av Carlin-märkning) Maintenance and fishing of landlocked salmon (*Salmo salar* m. *sebag* Girard) on the basis of Carlin-tagging in the Vuoksi watercourse) 65 s. + liitt. Helsinki 1995.

89. NYLANDER, E. JA ROMA-KANIEMI, A.

Tornionjoen meritaimen ja sen kalastus

(Havsöringen i Torne älv och havsöringsfisket) (Sea trout and fishing in the Tornionjoki River) 63 s. + liitt. Helsinki 1995.

90. URHO, L., KAUKORANTA, M., KOLJONEN, M.-L., LEHTONEN, H., LEINONEN, K., PASANEN, P., RAHKONEN, R. JA TOLONEN, J.

Uusien kalalajien ja -kantojen tuonnin mahdollisuudet

import av nya fiskarter och -bestånd (Possibilities for importing new fish species and stocks) 74 s. He(Möjligheter tillfärsinki 1995.

91. VEHANEN, T.

Rakennettujen jokien kalataloudelliset edellytykset.

I. Kalakannat ja kalastus. II. Kehittämistiedustelut (Fiskeriekonomiska förutsättningar i utbyggda älvar. I. Fiskbestånd och fiske. II. Utvecklingsgallupar) (Fish stocks and fisheries in large regulated rivers in northern Finland. I. The current state and fish stocks and fisheries. II: Development enquiries) 39 s. + liitt. + 28 s. + liitt. Helsinki 1995.

92. SALMI, P., HUUSKO, A.

Muikun talvinuottoaus ja muikkukannat Kuusamossa

(Vintemotfångst av siklöja (*Coregonus albula* L.) och siklöjebestånden i Kuusamo) (Winter seine fishing of the vendace (*Coregonus albula* L.) in the Kuusamo area, northern Finland with implications on stock dynamics) 42 s. + liitt. Helsinki 1995.

93. URHO, L.

Kalatäit kalojen terveystriskinä.

(Fisklus som hälsorisk för fisken). Fish lice as a health risk for fish). 19 s. Helsinki 1995.

94. RAHKONEN, R. KILPELÄ S.-S., PASTERNAK, M.

Lohikalujen paisetauti ja sen torjunta. Kirjallisuuskatsaus

(Furunkulos hos laxfiskar och bekämpning av den. Litteraturoversikt). (Furunculosis of salmonids and its prevention. A review of the literature). 47 s. Helsinki 1995.

95. KEMPPAINEN, S., NIEMITALO, V., LEHTINEN, E., PASANEN, P.

Lohen ja meritaimenen istutustutkimukset Kiiminkijoen

(Utplanteringsforskning gällande lax och havsöring i Kiiminge älv). (Stocking research on salmon and sea trout in the River Kiiminkijoki). 36 s. + 10 liitt. Helsinki 1995.

96. Kalakantojen monimuotoisuuden hoito. Valtion kalanviljelyn XIX neuvottelupäivät.

Toim. Petri Heinimaa ja Keijo Juntunen. (Statens XIX fiskodlingskonferens) (State fish culture conference, No.XIX). 40 s. Helsinki 1995.

97. KREIVI, P., MUOTKA, T., TIKKANEN P., HUUSKO, A., MÄKI-PETÄYS, A., KUUSELA, K.

Taimenen poikasten ravinnonkäyttö Kuusamon Kuusinkijoen

(Öringsynglens födosnyttjande i Kuusinkijoki i Kuusamo) (Diet composition and prey preferences of juvenile brown trout in the river Kuusinkijoki). 32 s. + 3 liitt. Helsinki 1995.

98. TURUNEN, J.-P.

Ympäristöpoliittisten ristiriitojen sovittelumenettely. Esimerkkitaupauksena lohenkalastuksen järjestäminen.

(Medling i miljöpolitiska konflikter med laxfisket som exempel) (Environmental dispute resolution procedure for conflicts. A case study: the management of salmon fishing) 46 s. Helsinki 1995.

99. MUTENIA, A., JANTUNEN, P., SALMINEN, A.

Avoperärysyäpyynnin soveltuvuus siian kalastukseen Lokan ja Porttipahdan tekojärillä.

(Ryssjor med öppen botten som fångstredskap i de konstgjorda sjöarna Lokka och Porttipahta) Fishing of whitefish with open-end trap nets in the reservoirs of Lokka and Porttipahta Reservoirs). s. 1-12 + liitt.

SALMINEN, A., MUTENIA, A.

Ammatti- ja luontaiselinkeinokalastuksen kannattavuus Lokan tekojärvellä vuosina 1989-1991.
(Yrkes- och naturnäringens lönsamhet i Lokka konstgjorda sjö åren 1989-91) (Profitability of commercial and traditional fisheries in the Lokka reservoir from 1989-1991) s. 19 -34. Helsinki 1995.

100. Luonnontilan muutokset Konnevedessä - 25 vuotta vesiluonnon tutkimusta.

(Förändringar i sjön Konnevesis naturtillstånd - 25 års studier av insjönaturen) (Changes in the Natural State of Lake Konnevesi: Aquatic Research over Twenty-Five Years). Toim. Pentti Valkeajärvi. 167 s. Helsinki 1995.

101. Neutraloinnin vaikutukset happamoituneen metsäjärven ekosysteemiin. Iso Valkjärven kalkituskokeen tuloksia vuosilta 1990-1993

(Effekterna av neutralisering på ekosystemet i en försurad sjö Resultat av kalkningsförsöken i sjön Iso Valkjärvi under åren 1990-1993) Martti Rask ja Marko Järvinen (toim.). 84 s. Helsinki 1995.

102. KIRJAVAINEN, E.

Haudontalämpötilan vaikutus ravun poikastuottoon ja poikasten laatuun

(Kläckningstemperaturens inverkan på kräftans yngelproduktion och yngelkvalitet) (The Effects of Incubation Temperature on the Fry Production of Crayfish and the Quality of Fry). 27 s. Helsinki 1995.

103. TAMMI, J.

Rehevöitymisen vaikutukset kaloihin, kalakantoihin ja kalastukseen -kirjallisuuskatsaus

(Eutrofierings effekter på fisk, fiskbestånd och fiske - litteraturoversikt) (The Effects of Eutrophication on Fishes, Fish Stocks and Fisheries - A Literature Review). 66 s. Helsinki 1996.

104. SAURA, A., MIKKOLA, J.

Henkiin herätetty lohijoki — Kymijoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1992—1994

(En laxälv som återuppstätt — Vandringsfiskundersökningar i Kymmene älv å 1992—1994) (Revived salmon river — Studies on migratory fish in the River Kymijoki from 1992—1994). 100 s. Helsinki 1996.

105. RAITANIEMI, J., HEIKINHEIMO, O., MIKKOLA, J.

Vaellussiika — Uudenmaan rannikon tuottoisa istutuskala

(Vandringssiken — resultatrik utplantering längs den nyländska kusten) (Whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) — Successful Stocking on the Coast of the Province of Uusimaa). 28 s. Helsinki 1996.

106. KORHONEN, P., KOSKINIEMI, J., TOLONEN, K.

Taimenen ja kotiutetun puronierjän tila Ylä-Kemijoella vuosina 1993 — 1994

(Öringens och den införda bäckrödingens situation i Kemi älvs övre lopp åren 1993 — 1994) (The State of Brown and Stocked Brook Trout Populations in the Upper Part of the Kemijoki River between 1993 and 1994). 42 s. + 8 liitt. Helsinki 1996.

107. LAPPALAINEN, A., PÖNNI, J.

Suomenlahti kalastajan silmin — Tutkimus Suomenlahden likaantumisesta ja vapaa-ajankalastuksesta

(Finska viken ur fiskarens synpunkt — En undersökning av föroreningen av Finska viken och fritidsfisket) (The Gulf of Finland in the Fisherman's eyes — Pollution and Recreational Fishery in the Gulf on Finland). Helsinki 1996.

108. MAKKONEN, J., PIIRONEN, J., PURSIAINEN, M., TOIVONEN, J., KOLARI, I.

Pyyntitavat heikentävät järvitaimenen istutustulosta — Vuoksen vesistöalueelle vuosina 1979 — 1992 tehtyjen Carlin-merkintöjen tulokset

(Utplanteringsresultatet för insjööring försämrats av fångstmetoderna — Resultat av Carlin-märkningar i Vuoksi insjösystem åren 1979 — 1992) (Fishing methods decrease the impact of stocking brown trout — Results of Carlin tagging experiments in the Vuoksi watercourse from 1979 — 1992). 105 s. + liite. Helsinki 1996.

109. PYLKKÖ, P., POHJANVIRTA, T., PURSIAINEN, M.

Nieriän (*Salvelinus alpinus*) silmäsamentumat

(Grunling av ögat hos röding (*Salvelinus alpinus*)) (Cataract of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*)). 21 s. Helsinki 1996

110. Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi, Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät

(Utplanterade yngels livscykel - från romkom till fångst, Statens fiskodlings XX diskussionsdagar) (Fish stocking - lifecycle eggs to catch, State Fish Culture Conference, No. XX). Jarmo Makkonen ja Markku Pursiainen (toim.). 103 s. + 4 liitettä. Helsinki 1996.

111. RAHKONEN, R., PASTERNAK, M., POHJANVIRTA, T., PYLKKÖ, P., LINDÉN, J.

Kokeita Apoject 1-Fural paisetautirokotteella 1993-1995

(Försök med Apoject 1-Fural furunkulosvaccin 1993-1995) (Experiments with Apoject 1-Fural Furunculosis Vaccine, 1993 - 1995). 24 s. Helsinki 1996.

112. SOMPPI, K., RAITANIEMI, J., RASK, M.

Kalkituksen vaikutukset särki- ja ahvenkantoihin Etelä-Suomen happamoituneissa pikkujärvissä

(Kalkningens effekter på mört- och abborrbestånd i södra Finlands försurade sjöar) (The Effects of Liming on Roach and Perch Populations of Small Acidified Lakes in Southern Finland). 41 s. + 9 liitettä. Helsinki 1996.

113. Inarijärven pohjasiika — Istutusten merkitys. (Storsiken i Enare träsk - utplanteringsarnas betydelse) (Sparsely-raked Whitefish from Lake Inari: Results from Stocking). Erno Salonen (toim.), 90 s. Helsinki 1996

114. SALMINEN, M.

Istutusiän ja -koon merkitys merilohen vaelluspoikasten istutuksissa

(Utplanteringsålderns och -storlekens betydelse vid utplantering av smolt av havlax) (The Influence of Stocking Age and Size on the Results of Salmon Smolt Stocking). 59 s. Helsinki 1996.

115. PARMANNE, R., SETÄLÄ, J.

Silakan rehukalastuksen taloudellinen merkitys ja vaikutus silakkakantoihin

27+18 s. Helsinki 1996.

116. SALMI, J., HONKANEN, A., JURVELIUS, J., MOILANEN, P., SALMI, P. JA VESALA, K. M.

Haastatteluja Hangosta Utsjoelle. Ammattikalastuksen profiilitutkimuksen metodiikkaa. (Intervjuer från Hangö till Utsjoki, metodik för profilundersökningar av yrkesfisket) (Interviewing Commercial Fishermen in Finland: The Methodology of the Study). 26 s. Helsinki 1996.

117. Mädin desinfiointi - laadun hallintaa käytännössä (Romdesinfektion i avsikt att kontrollera romproduktionens kvalitet) (The Disinfection of Fish Eggs: Quality Control in Practice). Päivi Eskelinen (toim.), 69 s. Helsinki 1996

118. VEITOLA, K., MÄKINEN, T.

Kalankasvatuksen ympäristöpolitiikka - Tavoitteiden ja tosiasiatietojen yhdistelmä (Fiskodlingens miljöpolitik - en kombination av målsättningar och fakta) (The Environmental Politics of Fish Farming: A Combination of Goals and Facts). 52 s. Helsinki 1996

119. HYVÄRINEN, P., VIRTANEN, K., VEHANEN, T., KOSKINIEMI, J., KANNEL, R. JA PURSIAINEN, M.

Viihtyykö vieras kala Oulujärvessä? Taimenkantojen ja järvilohen soveltuvuus Oulujärven

hoitokalaksi. (Trivs främmande fiskar i Ule träsk? Jämförelse av olika utplanterade bestånd av öring och insjöläx) (Does the strange fish stocks succeed in lake Oulujärvi? Results of stocking four brown trout stocks and land locked salmon in Lake Oulujärvi). 39 s. Helsinki 1996.

120. JOKIKOKKO, E.

Muikun ja siian lisääntymisedellytyksistä Perämerellä. (Förutsättningar för förökning av siklöja och sik i Bottenviken) (The breeding potential of whitefish and vendace in Bothnian Bay). 32 s. Helsinki 1997.

121. RAITANIEMI, J.

Rannikon siikojen iänmäärittäminen luotettavuus. (Hur pålitlig är åldersbestämningen av kistsikar?) (The reliability of the ageing of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) on the Finnish Baltic coast). Helsinki 1997.

122. Lähikuvia ammattikalastuksesta - Kalastusammatin rakenne, joustavuus ja mahdollisuudet.

(Yrkesfisket i närbild. Fiskaryrkets struktur, flexibilitet och möjligheter) (Close-ups on the Commercial Fishery; Structure, Flexibility and Opportunities of the Fishing Trade). Juhani Salmi ja Pekka Salmi (toim.). 125 s. Helsinki 1997.

123. TOIVONEN A.-L.

Toistuvan jäätyminen ja sulamisen vaikutus kalanpyydysten havasmateriaaleihin. (Inverkan av upprepade infrysning och upptining på redskapsmaterial) (The Effects of Freeze-thaw Cycling on Fishing Gear Materials). 30 s. Helsinki 1997.

124. FRIMAN, T., KOLARI, I. JA TOIVONEN, J.

Merkisteekö menetelmä? Carlin-merkinnän virhetekijät kaksi- ja kolmivuotiaina istutetuilla

järvitaimenilla. (Spelar metoden någon roll? Felkällor vid Carlin-märkning av insjööringar utplanterade som två- och treåringar) (The errors caused by Carlin-tagging in the estimation of stocking results of two- and three-year-old brown trout (*Salmo trutta* m. lacustris)). 27 s. Helsinki 1997.

125. SUTELA, T. JA HUUSKO, A.

Virkistyskalastus Kuusinkijoki-, Kitka- ja Oulankajoella. (Fritidsfisket i älvarna Kuusinkijoki-, Kitka- och Oulankajoki) (Recreational fishery in rivers Kuusinkijoki, Kitkajoki and Oulankajoki). 24 s. Helsinki 1997.

126. Kalastuskiistat haasteena hallinnolle - näkökulmia sisävesien paikallisiin ristiriitoihin

(Fiskekonflikter som en utmaning för förvaltningen - synpunkter på lokala konflikter i insjöområdet) (Perspectives on Fishery Conflicts in Finnish Lakes). Pekka Salmi (toim.). 71 s. Helsinki 1997.

127. SALONEN, E., MUTENIA, A., KOTAJÄRVI, M.

Lokan ja Porttipahdan peledsiika. Tekojärvien siikakantojen vaihtelu vuosina 1987-1996. (Peledsiken i Lokka och Porttipahta. Sikbeståndens variation i konstgjorda sjöar 1987 - 1996) (Peled in the Lokka and Porttipahta Reservoirs. The Variations in the Stocks from 1987 - 1996). 34 s. Helsinki 1997.

128. HYVÄRINEN, P.

Erikokoisten järvitaimenistukkaiden kannattavuusvertailu Oulujärvellä. (Lönsambetsjämförelse vid utplantering av olika stora öringsyngel i Ule träsk) (Comparison of the Profitability of the Stocking of Different-Sized Brown Trout in Lake Oulujärvi). 26 s. Helsinki 1997.

132. TAMMI, J., LAPPALAINEN, A., MANNIO, J., RASK, M., VUORENMAA, J.

Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa. Otantaan perustuva järvikartoitus. (Insjöeutrofiering och fiskbestånd i Finland. Sjöinventering baserad på sampling) (Eutrophication and Fishes in Finnish Lakes: A Survey Based on Random Sampling). 35 s. Helsinki 1997