

*Juha Koskela¹
Riitta Rahkonen¹
Leena Forsman¹
Olli Norrdahl¹
Lars-Gustaf Lönnström²*

**Siika ruokakalanviljelyssä
Kahden siikakannan ja kantaristeytymän vertailu**

¹Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
²Åbo Akademi, Parasitologian laitos

**Helsinki 2001
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos**

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Kasvatettu siika (Valokuva: Juha Koskela)

ISBN 951-776-313-1

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 2001

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	3
2.1. Koeaika ja -paikka.....	3
2.2. Koeryhmien muodostaminen.....	3
2.3. Viljely-ympäristö.....	3
2.3.1. Poikasviljely ja kalojen siirto	3
2.3.2. Jatkokasvatus.....	4
2.4. Mittaukset ja näytteenotto	4
2.4.1. Punnitukset ja kuolleiden kalojen havainnointi	4
2.4.2. Näytteenotto	5
2.4.3. Näytteiden kemiallinen analysointi ja tulosten laskenta	6
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	7
3.1. Kuolleisuus.....	7
3.1.1. Kaloja kuoli paljon meriviljelyvaiheessa	7
3.1.2. Hidas alkukasvu lisäsi kuolleisuutta merivaiheen aikana	7
3.1.3. Kalojen kuolleisuuteen monia syitä	9
3.2. Kasvu.....	10
3.2.1. Kantojen välillä kasvussa eroja.....	10
3.2.2. Kasvun heteroosivaikutus.....	11
3.3. Teurasominaisuudet	12
3.3.1. Teurassaanto ja filesaanto	12
3.3.2. Ruhon, lihaksen ja maksan koostumus.....	13
3.3.3. Kalan muoto	14
3.3.4. Rokotusjäljet ja kalan lihaksessa esiintyvät loiset	15
4. KANTOJEN MERKITYS VILJELYN TALOUDELLE.....	18
4.1. Parven markkina-arvo ja poikaskustannus	18
5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	20
KIITOKSET	21
KIRJALLISUUS	22

1. Johdanto

Suomalainen kalankasvatus perustuu lähes yksinomaan kirjolohkeen. Tästä johtuen ala on herkkä kirjolohkeen kysynnässä tai hintatasossa tapahtuville muutoksille. Suomen liittyminen Euroopan unioniin on helpottanut kalatuotteiden maahantuontia. Tämä on näkynyt norjalaisen lohen ja kirjolohkeen tuonnin voimakkaana kasvuna. Samanaikaisesti kotimaisen kirjolohkeen hintataso ja tuotantomäärät ovat olleet viime vuosiin asti laskussa ja alan kannattavuus vaikeuksissa (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2000a, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2000b). Maailmanlaajuisesti uudet viljelylajit ja -tuotteet on nähty mahdollisuudeksi, jonka avulla kalatalouselinkeinot voivat tulevaisuudessa menestyä. Uuden lajin saaminen viljelyyn on pitkäaikainen ja kallis prosessi, jonka onnistumiseen vaikuttavat lajin markkinointimahdollisuudet ja tuotannon taloudellinen kannattavuus. Siikahankkeen alussa tehtyjen toteutettavuustutkimusten (*feasibility studies*) perusteella (Honkanen 1996, Honkanen ym. 1998, Koskela ym. 1998, Koskela ja Rahkonen 1998) siialla on hyvät markkinaedellytykset kehittyä suomalaisen ruokakalatuotannon uudeksi viljelylajiksi. Siian viljelyn osaamisen taso ei kuitenkaan ole ollut riittävä, jotta lajin taloudellisesti kannattava tuotanto olisi voinut käynnistyä laajemmin. Toteutettavuustutkimusten perusteella siian tuotannon kannattavuutta voidaan parantaa, jos lajin kasvua voidaan lisätä ja rehukustannuksia sekä kuolleisuutta vähentää. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos on käynnistänyt tutkimushankkeen, jossa etsitään ratkaisua siian viljelyn taloudellisiin ongelmiin. Tutkimus kohdistettiin kalojen ruokailukäyttäytymiseen, siian ravintoainetarpeiden selvittämiseen sekä kalojen tautien vastustuskyvyn parantamiseen.

Kehittämällä kalantuotannossa edellä mainittuja hoitorutiineja voidaan viljelyssä hyödyntää paremmin kalojen geneettinen kasvupotentiaali ja parantaa viljelyn taloudellista tulosta. Tulosta voidaan parantaa myös valitsemalla viljelyyn parhaiten soveltuvaa kala-ainesta. Valinnan kohteena voi olla kalamuoto, kalakanta tai tietyt kalakannan yksilöt.

Siika on Suomessa laajalle levinnyt ja monimuotoinen kalalaji. Nykykäsityksen mukaan Suomessa esiintyy kaksi siikalajia; istutuksien kautta levinnyt Venäjältä tuotu peledsiika (*Coregonus peled* (Gmelin)) ja luontaisesti esiintyvä siika (*Coregonus lavaretus*) L. (s.l.), josta tunnetaan edelleen useita muotoja tai alalajeja (Himberg ja Lehtonen 1995). Suomessa siikamuodot on erotettu toisistaan siivilähampaiden lukumäärän ja kutualueiden perusteella kuuteen, aiemmin jopa omina lajeina pidettyihin muotoihin: pohjasiika, karisiika, vaellussiika, tuppisiika, järvisiika ja planktonsiika (Svärdson 1979, Kaukoranta ym. 1998). Eri siikamuodot jaetaan pääasiallisen esiintymisalueen mukaan edelleen siikakantoihin. Lajin monimuotoisuudesta johtuen emokalaviljelyssä on istutustuotantoa varten nykyisin 11 vaellussiikakantaa, kolme planktonsiikakantaa, kaksi pohjasiikakantaa ja peledsiika (Makkonen ym. 2000). Mikään siikamuoto tai kanta ei ole saavuttanut suosituimmuusasemaa lajin ruokakalanviljelijöiden keskuudessa. Siikamuotojen runsaus on lajin ruokakalanviljelyn kannalta mahdollisuus, jos siikamuotojen välillä on kalojen tuotanto-ominaisuuksissa merkittäviä viljelyn taloudelliseen tulokseen vaikuttavia eroja.

Luonnonvesistä tehtyjen tutkimusten perusteella on samalla vesistöalueella esiintyvien siikamuotojen kasvussa eroja (Valkeajärvi 1987, Miinalainen ja Heikinheimo 1998). Luonnonoloissa havaitut kasvuerot eivät välttämättä ole tulkittavissa tietyn muodon kyvyksi kasvaa muita muotoja nopeammin yleensä, vaan erot kuvaavat ennemminkin siikamuotojen kykyä hyödyntää saatavilla olevia ravintoresursseja ja menestyä kilpailussa muiden lajien ja siikamuotojen kanssa paikallisissa olosuhteissa. Viljelyolosuhteet tarjoavat kaloille mm. ravinnon paremmasta saatavuudesta johtuen edullisemmat kasvuolosuhteet kuin mitä on luonnonympäristössä. Tästä johtuen

kantojen väliset erot voivat olla viljelyssä toisenlaiset kuin mitä havaitaan luonnonympäristössä.

Tiedot eri siikakantojen kasvusta samanlaisissa viljelyolosuhteissa aina teuraskokoon asti ovat vähäisiä, ja tulokset ovat olleet viljely-ympäristöstä riippuen vaihtelevia (Rissanen ja Pirhonen 1991, Rissanen ja Koskela 1992). Tässä tutkimuksessa vertailaan vaellussiikamuodon kahden siikakannan ja niiden risteymien kasvu- ja teurasominaisuuksia meriviljelyolosuhteissa. Tarkoituksena oli selvittää kumpi kannoista soveltuu paremmin ruokakalanviljelyyn ja onko kantaristeymän valinnasta taloudellista hyötyä viljelijälle.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Koeaika ja -paikka

Kasvatuskoe tehtiin RKTL:n Laukaan ja Rymättylän toimipaikoissa 1997-1999. Ensimmäisenä kasvukautena siat pidettiin Laukaan toimipaikassa ja toisena sekä kolmantena kasvukautena Rymättylän toimipaikassa.

2.2. Koeryhmien muodostaminen

Koeryhmät muodostettiin Laukaan toimipaikassa olevista emokaloista 30 lokakuuta 1996. Koeryhmät olivat puhtaat kannat Kokemäenjoen vaellussiiasta ja Kymijoen vaellussiiasta sekä kantojen molemmiin päin tehdyt risteymät (Kokemäen-Kymijokinen ja Kymi-Kokemäenjokinen, naaras ensinmainittuna). Paritukseen valittiin satunnaisesti suuremmasta kalaparvesta 20 koiras- ja naaraskalaa Kokemäenjoen ja Kymijoen vaellussiikakannoista. Kokemäenjoen kannan emokalojen keskipaino (keskihajonta) ja oli 1 425 g (256) ja 1 182 g (174), ikä 4+ ja Kymijoen kannan emokalojen vastaavasti 1 170 g (137) ja 901 g (121), ikä 3+ (naaraskalat ensin mainittuina).

Koeryhmät muodostettiin parittaisen hedelmöityksen avulla. Jokaisen emokalan mäti lypsettiin ensin omaan astiaan ja jaettiin edelleen tasan kahteen astiaan. Toisen astian mäti hedelmöitettiin yhdellä oman kannan koiralla ja toisessa astiassa oleva mäti yhdellä toisen kannan koiralla. Samoja 20:tä koiraskalaa käytettiin puhtaiden kantojen ja kantaristeymien tekemiseen. Hedelmöityksen jälkeen mätiryhmät huuhdeltiin vedellä ja yhdistettiin kanta ja kantaristeymäkohtaisesti sekä siirrettiin haudontasuppiin.

2.3. Viljely-ympäristö

2.3.1. Poikasviljely ja kalojen siirto

Poikaset kuoriutuivat 10.-15. toukokuuta 1997. Kuoriutumisen jälkeen kustakin neljästä koeryhmästä siirrettiin noin 5 000 poikasta omaan kasvatusaltaaseen. Kaloja ruokittiin n. 30 vuorokauden ajan Kyowa -starttirehulla, jonka jälkeen kalojen koon kasvaessa siirryttiin asteittain partikkelikooltaan isompien lohirehujen käyttöön. Kesäkuussa kalat siirrettiin neljään 3 m²:n kokoiseen muovialtaaseen, jossa niitä pidettiin mereen siirtoon saakka. Kalojen poikasviljelyssä käytettiin siialle hyviksi havaittuja hoitorutiineja (Koskela 1990, Koskela 1993). Jokaisesta neljästä koeryhmästä otettiin 6. toukokuuta 1998 satunnaisesti 650 kalaa, ja ne merkittiin PIT-merkillä ruumiinteloon yksilöllistä tunnistamista varten. Viikkoa myöhemmin kalat rokotettiin Apoject 1800 -rokotteella vibrioosia ja paisetautia vastaan. Veden lämpötila oli tällöin 3,7-5,7 °C.

Merkityt kalat siirrettiin 2. kesäkuuta 1998 Laukaan toimipaikasta Rymättylän toimipaikkaan. Siirron aikana jokainen koeryhmä pidettiin omassa 1 m³:n tankissa (kalatiheys 72 kg/m³). Kuljetus kesti 6 tuntia, jona aikana kuljetusvettä hapetettiin puhtaalla hapella ja tuuletettiin ilmalla. Kuljetuksen aikana veden lämpötila oli 10 astetta.

2.3.2. Jatkokasvatus

Rymättylän toimipaikassa 2.6.1998 – 2.11.1999 tehty jatkokasvatus muodosti tutkimuksen varsinaisen koejakson. Kalat jaettiin tasaisesti 6 verkkoaltaaseen siten, että jokaista kantaa tai kantaristeymää laitettiin 105-110 yksilöä jokaiseen verkkoaltaaseen (yhteensä 425 kpl ja 12 kg/verkkoallas). Verkkoaltaiden (korkeus 4 m, leveys 4 m, syvyys 4 m, laskennallinen vesitilavuus 48 m³) hapaan solmuväli oli ensimmäisenä kasvukautena 9 mm ja toisena kasvukautena 12 mm. Kalat ruokittiin tietokoneohjattujen (Itu salmo mikro) automaattien avulla 18 tuntia vuorokaudessa (klo 4-22) ensimmäisen kasvukauden, ja 16 tuntia vuorokaudessa toisen kasvukauden (klo 6-22) ajan. Ruokintakertojen määrä oli noin 8 (kokeen alku) ja noin 16 (kokeen loppuosa) kertaa ruokintajakson aikana. Ruokintamäärä perustui siialle kehitettyyn kasvumalliin ja oletusrehukertoimeen 1,0 (Koskela 1992). Ruokinta-automaatio laski kalojen alkumassan, jatkuvasti mitatun veden lämpötilan sekä rehun laskennallisen muuntokelpoisen energia-arvon perusteella kalojen päivittäisen energiatarpeen ja muutti annetun rehu-kertoimen avulla rehumäärän kalamassan lisäkasvuksi. Laskennallisen lisäkasvun avulla automaatio kasvatti arviotaan kalojen massasta ja huomioi muutoksen ruokinta-laskelmassaan. Talvijakson ajan (veden lämpötila-alue +2 - 0 °C) kaloja ruokittiin noin 0,6 % kalamassan painosta vuorokaudessa (ns. ylläpitoruokinta).

Ensimmäisenä merikasvatuskautena kaloille käytettiin rehuina 2,5 mm:n (Raision Royal respons) kokoista rehuraetta. Toisena kasvukautena, punnituksen osoitettua kasseissa esiintyvän kaksi kokoryhmää, käytettiin 3,5 mm:n (Raisio Royal plus) ja 5 mm:n (Raisio Royal plus) rehusekoitusta (50:50 painosta) sekä 1.7.1999 lähtien yksinomaan 5 mm:n kokoista rehuraetta. Valmistajan ilmoittama koostumus 3,5 mm:n ja 5,0 mm:n rehuille oli seuraava: valkuainen 42-40 %, rasva 28-30 % ja kokonaisenergia 24,3-24,6 kJ g⁻¹.

Rehuautomaattien toimintaa, kalojen ruokahalua sekä käyttäytymistä ja kuolleisuutta seurattiin päivittäin. Rehunkulutus mitattiin kerran viikossa punnitsemalla säiliössä jäljellä oleva ja lisätty rehumäärä. Molempien kasvukausien aikana tehtiin välipunnitukset, joilla korjattiin ruokinta-automaation laskemaa kalojen massa-arvoa.

2.4. Mittaukset ja näytteenotto

2.4.1. Punnitukset ja kuolleiden kalojen havainnointi

Kalat punnittiin kunkin kasvatusjakson alussa ja lopussa. Punnitusajankohdat olivat:

- ensimmäisen merikasvukauden alkupunnitus 2.6, välipunnitus 20.10. ja loppupunnitus 14.-7.12.1998
- toisen merikasvukauden alkupunnitus 26.-27.04.1999, välipunnitukset 5.7.1999 ja 2.9.1999 sekä loppupunnitus 1.-2.11.1999.

Alku- ja loppupunnitukset suoritettiin yksilöpunnituksina 0,1 g:n tarkkuudella ja mitaamalla kalan kokonaispituus 1 mm:n tarkkuudella. Punnituksen yhteydessä kalat tunnistettiin yksilöllisesti lukemalla niiden PIT-merkki. Välipunnitukset tehtiin masapunnituksina punnitsemalla jokaisesta kassista n. 50 kalan erä ja laskemalla punnitu kalamäärä. Ennen punnitusta kaloja paastotettiin 3 vrk ja ne punnittiin nukutettuna (MS 222 / fenoksietanoli). Loppupunnituksen yhteydessä oli osalla kaloista (80 kpl) PIT-merkki lukukelvoton, joten näiden kalojen kantaa ei voitu tunnistaa. Laskettaessa eloon jääneiden kalojen määrää oletettiin tunnistamattomien kalojen jakautu-

van eri kantoihin samassa suhteessa kuin tunnistetut kalat olivat jakautuneet eri kantoihin.

Verkkoaltaan pinnalle nousseet kuolleet kalat kerättiin kokeen aikana päivittäin, ja ne tunnistettiin yksilöllisesti lukemalla kalojen PIT-merkki. Kuolleista kaloista 34 tutkittiin bakteriologisesti Åbo Akademin laboratorioissa kesällä 1998. Kesällä 1999 kanta-vertailukaloja ei lähetetty bakteeritutkimuksiin. Kuolleisuuden havainnointi perustui punnituksen yhteydessä havaittuihin muutoksiin elossa olevien kalojen määrässä. Kuolleisuutta ei voitu mitata pelkästään pinnalta kerättyjen kuolleiden kalojen perusteella, sillä osa kuolleista kaloista todennäköisesti vajosi kassin pohjalle.

2.4.2. Näytteenotto

Kokeen loppupunnituksen yhteydessä otettiin jokaisen kassin (6) jokaisesta kannasta (4) satunnainen viiden näytekalan erä, joista määritettiin kalan massa, ruhon massa (kala ilman sisäelimiä) ja filemassa (nahalliset fileet), yhteensä 120 kalasta. Jokaisen näytekalan yhdestä fileestä otettiin nahaton lihasnäytepala. Lisäksi näytekalojen maksa punnittiin sekä otettiin koko maksa näytteeksi. Saman kannan viiden näytekalan lihasnäytteet yhdistettiin kassikohtaisiksi kokoomanäytteiksi. Myös maksanäytteet yhdistettiin kassikohtaisiksi kokoomanäytteiksi. Vastaavasti yhdistettiin viiden näytekalan kokokalanäytteet (fileet + sisäelimet + ruhot) kokoomanäytteiksi.

Maksanäytteet pakastettiin välittömästi näytteenoton jälkeen hiilihappojään avulla. Lihas- ja kokokalanäytteet jauhettiin hienoksi massaksi ja pakastettiin.

Pistorokotukset varsinkin öljypohjaisilla rokotteilla (kuten kokeen rokote) saattavat aiheuttaa kalojen vatsaonteloon pigmenttihäiriöitä ja tulehdusperäisiä kiinnikkeitä (Poppo ja Breck 1997, Midtlyng ja Lillchaug 1998, Rahkonen ym. 2000). Rokotuksen haittavaikutukset tutkittiin fileoitavista kaloista (5 per kassi per kanta, yhteensä 120 kalaa) loppupunnituksen yhteydessä toisen merikasvatusvuoden lopussa, jolloin rokotuksesta oli kulunut 1½ vuotta. Tutkimuksessa tarkasteltiin sisäelinten ja vatsaontelon seinämien väliin muodostuneita kiinnikkeitä ja mahdollista mustaa pigmenttiä, jotka voisivat vaikuttaa teuraskalan laatuun ja perattavuuteen.

Pigmentinmuodostusta arvioitiin asteikolla 0-3:

- 0 ei havaittavaa pigmenttiä
- 1-2 pigmenttiä näkyy, poistuu perkaamisen yhteydessä
- 3 pigmenttiä runsaasti, jälkiä jää perattuun kalaan

Kiinnikkeet arvioitiin asteikolla 0-6:

- 0 ei kiinnikkeitä
- 1-2 havaittavia ohuita kiinnikkeitä, ei juuri kiinnitä perkaajan huomiota
- 3-4 kohtalaisesti kiinnikkeitä, kiinnittää perkaajan huomion ja vaatii huolellisuutta perkaustyössä
- 5-6 sisäelimet vahvasti kiinni vatsanseinämissä, vaikeasti perattavia ja jättävät jälkiä perattuun kalaan.

Pigmentti arvolla 3 ja kiinnikkeet arvoilla 5-6 heikentävät aina kalan laatua.

Mahdolliset näkyvät loiset ja tulehdusalueet tutkittiin nahattomista fileistä läpivalaisun avulla ja paksuimpien fileiden kohdalla noin 1 cm:n välein siivuttamalla. Tyypillisiä siian lihan loisia ovat rakkoloisio *Henneguya zschokkei* ja haukimadon *Triaenophorus crassus* toukkavaiheen kotelot, jotka saattavat merkittävästi alentaa siian kauppaa-arvoa.

2.4.3. Näytteiden kemiallinen analysointi ja tulosten laskenta

Pakastetut liha- ja kokokalanäytteet pakastekuivattiin ja jauhettiin analyysimyllyllä hienoksi jauheeksi. Näytteistä analysoitiin kuiva-aine- (pakastekuivaus), valkuaisaine- (Kjeldahl-N x 6,25), rasva- (eetteri-petroolieetteriuutto) ja energiapitoisuudet (Morat adiapaattinen pommikalorimetri). Analyysit tehtiin kahdesti ja tuloksena käytettiin analyysien keskiarvoa. Maksanäytteistä analysoitiin glykogeenipitoisuus Soivion ja Virtasen (1980) mukaan.

Kalojen kuntokerroin laskettiin seuraavalla kaavalla: $100 \times W / L^3$, jossa W on kalan massa grammoina ja L on kalan pituus sentteinä.

3. Tulokset ja niiden tarkastelu

3.1. Kuolleisuus

3.1.1. Kaloja kuoli paljon meriviljelyvaiheessa

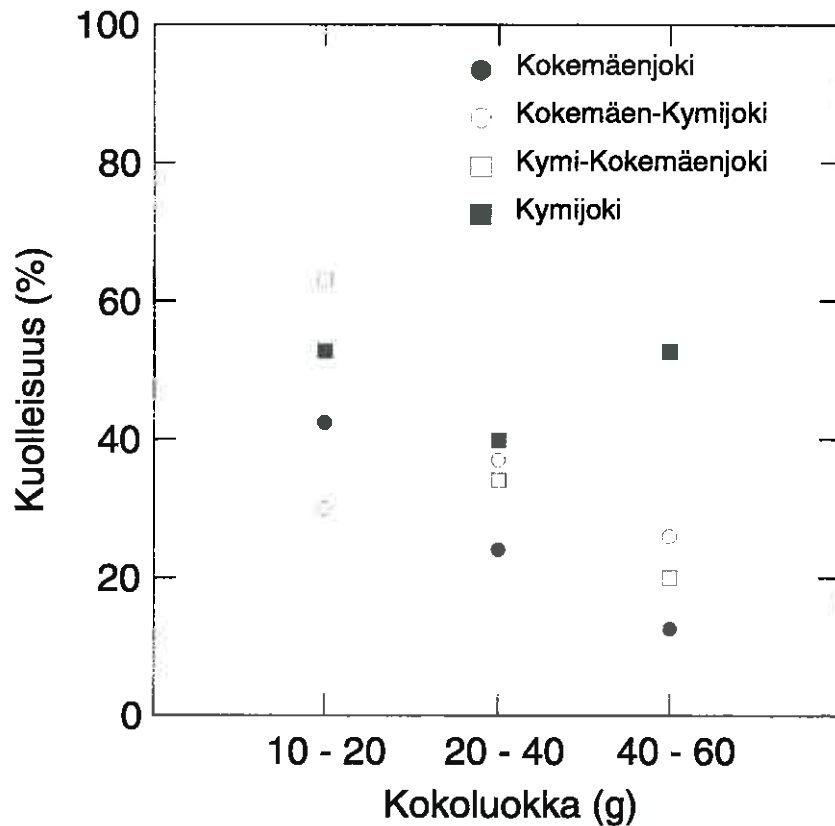
Siikoja kuoli huomattavan paljon merikasvatuksen aikana. Ensimmäisen kasvukauden aikana kuolleisuus oli eri kantojen välillä 24,7-39,8 % ja toisen kasvukauden aikana 14,4-23,9 % (taulukko 1). Parhaiten menestyi Kokemäenjoen kanta, jonka kahden kasvukauden aikainen kuolleisuus oli 40,1 % ja heikoimmin Kymijoen kanta jonka kuolleisuus oli 63,7 %. Kymijoen kannan siikojen kuolleisuusarvo erosi merkitsevästi Kokemäenjoen kannan ja Kymi-Kokemäenjoen kantaristeymän kuolleisuusarvoista (ANOVA $P=0,001$).

Taulukko 1. Eri kantaa olevien siikojen kuolleisuus (%) ensimmäisen kasvukauden, toisen kasvukauden ja koko koejakson aikana (käsittelykeskiarvo \pm keskihajonta, $n = 6$). Riveittäin samalla kirjaimella merkityt kannat eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,05$) toisistaan.

Aika	Kuolleisuus %			
	Kokemäen- joki	Kokemäen- Kymijoki	Kymi-Koke- mäenjoki	Kymijoki
Kasvukausi 1 2.6.-15.12.1998	24,7 \pm 14,8	32,8 \pm 15,6	23,7 \pm 13,9	39,8 \pm 19,1
Kasvukausi 2 15.12.1998-1.11.1999	15,4 \pm 7,5	20,7 \pm 13,2	23,4 \pm 11,5	23,9 \pm 16,3
Koko koe yhteensä	40,1 \pm 13,8 ^A	53,5 \pm 8,4 ^{AB}	47,1 \pm 4,3 ^A	63,7 \pm 8,0 ^B

3.1.2. Hidas alkukasvu lisäsi kuolleisuutta merivaiheen aikana

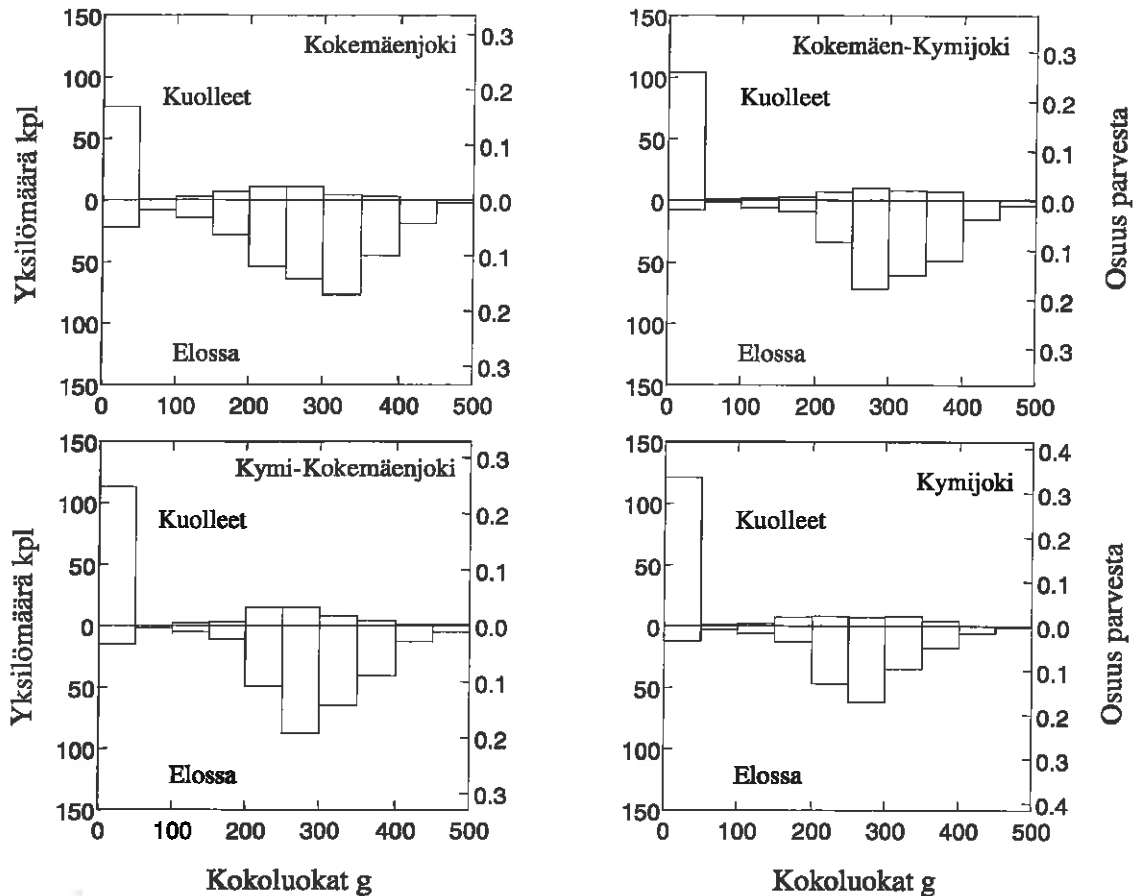
Koska kalat oli merkitty yksilöllisen tunnistamisen mahdollistavalla merkillä, voitiin jälkeenpäin laskea yksilön koon ja kuolleisuuden välinen yhteys. Kuvassa 1 on esitetty ensimmäisen kasvukauden aikana kuolleiden kalojen prosenttiosuus suhteessa kalojen massaan kasvukauden alussa. Tuloksen perusteella suurempikokoiset kalat säilyivät paremmin hengissä ensimmäisen kasvukauden ajan. Myöskin kantojen välillä näyttäisi olevan eroja, sillä Kokemäenjoen kannan kuolleisuusarvot ovat kaikissa koluokissa pienempiä kuin Kymijoenkannan kuolleisuusarvot. Tuloksen perusteella ensimmäisen kasvukauden aikaiseen kuolleisuuteen voidaan vaikuttaa valitsemalla kasvatukseen massaltaan yli 40-grammisiä kaloja.



Kuva 1. Eri kantaa tai kantaristeytmää olevien siikojen kuolleisuus ensimmäisen kasvukauden aikana luokiteltuna kalojen alkumassan (2.6. 1998) mukaisesti. Kuvissa on yhdistetty kantakohtaisesti kuuden rinnakkaisen verkkoaltaan kalat.

Ensimmäisen merikasvukauden aikana verkkoaltaista poistetut kuolleet kalat olivat tehtyjen silmämääräisten havaintojen perusteella pääasiassa pienikokoisia ja laihoja. Osa kuolleista kaloista saatiin talteen tuoreina, ja niiden pituus voitiin mitata. Lokakuussa 1998 mitattujen kuolleiden kalojen keskipituus oli 16,2 cm (n=43). Kasvatuskokeessa elonjääneiden kalojen keskipituus oli marraskuussa 28,1-29,7 cm (taulukko 1). Tämä viittaa siihen, että kaikki parven kalat eivät oppineet merikasvatuksen alkuvaiheessa syömään tarjottua rehua. Onkin todennäköistä, että suuri osa kokeen aikana menehtyneistä kaloista kuoli syömättömyyden ja siitä seuranneen yleiskunnon heikentymisen seurauksena.

Myös toisen merikasvukauden aikana kuolleiden kalojen kokojakauma tukee väittämää heikon kasvun ja kuolleisuuden välisestä yhteydestä. Kalojen kokojakauma oli syksyllä 1998 (ensimmäisen merikasvukauden loppu) kehittynyt kaksihuippuiseksi (kuva 2, Elossa ja Kuolleet -pylväät yhteensä) kaikilla neljällä siikakannalla. Osa kaloista oli jäänyt kasvussa selvästi jälkeen muun kalaparven kasvusta. Kaksihuippuinen kokojakauma voidaan selittää sillä, että osa parven kaloista ei ole alkanut syödä tarjottua rehua muiden kalojen tavoin. Lähes kaikki pienimpään kokoluokkaan (50 g ja sitä pienemmät) kuuluneet kalat kuolivat toisen kasvukauden aikana (talvi-kesä 1998-1999, Kokemäenjoki 77 %, Kokemäen-Kymijoki 93 %, Kymi-Kokemäenjoki 88 % ja Kymijoki 91 %). Toisen kasvukauden aikana kuoli myös suurempaan kokoluokkaan (50-500 g) kuuluneita kaloja, mutta kuolleiden kalojen osuus kokoluokasta oli selvästi pienempi kuin 0-50 g:n kokoluokassa (kokoluokka 50-500 g kuolleisuus; Kokemäenjoki 11 %, Kokemäen-Kymijoki 13 %, Kymi-Kokemäenjoki 15 % ja Kymijoki 16 %).



Kuva 2. Eri kantaa tai kantaristeytmää olevien siikojen kokojakaumat ensimmäisen merikasvukauden päättyessä (15.12.1998). Jokaisesta kantaryhmästä on esitetty erikseen niiden siikojen kokojakauma, jotka säilyivät elossa kokeen loppuun saakka (Elossa) ja niiden kokojakauma, jotka kuolivat 15.12.1998-1.11.1999 välisenä aikana (Kuolleet). Kuvissa on yhdistetty kantakohtaisesti kuuden rinnakkaisen verkkoaltaan kalat.

3.1.3. Kalojen kuolleisuuden monia syitä

Eräs syy siikojen suureen kuolleisuuteen voi olla kalojen geneettisissä ominaisuuksissa. Parven kaloista osa olisi geneettisesti kääpiökasvuisia, ja nämä kalat menehtyisivät meriviljely-ympäristössä. Havainnot siikojen kasvusta Laukaan toimipaikassa eivät tue tätä väitettä. Osa (500 kpl/kanta) tutkittujen neljän kannan kaloista jätettiin yhteiskasvatukseen Laukaan toimipaikkaan. Kalojen kuolleisuus oli sisävesikasvatuksessa huomattavasti pienempää kuin merikasvatuksessa (20 % versus 40-64 %). Kalat olivat yksilömerkittyjä, ja ne punnittiin vastaavina ajankohtina kuin merikasvatuksessa olevat parvet. Näiden kalojen kokojakaumassa ei havaittu syksyllä 1998 kaksihuipuisuutta, vaan kaikkien neljän kannan kokojakaumat noudattivat normaalijakaumaa. Myöskään julkaistut tutkimukset siikojen kasvusta (Koskela ym. 1997, Koskela ym. 1998, Jobling ym. 1999) eivät tue väitettä siitä, että siikaparven kasvu olisi kaksihuipainen makeassa vedessä. Enemmänkin yksilöiden väliset kasvuerot ovat olleet vähäisiä.

Kymijoen kannan kaloja kuoli enemmän kuin muita tutkittavia kantoja, joten kantojen välillä on todennäköisesti (geneettisiä) eroja, jotka vaikuttavat kykyyn selvitä meriviljelyolosuhteissa.

Toinen mahdollinen syy suureen merivaiheen kuolleisuuteen voi olla se, että rokotus olisi epäonnistunut osalla kalaparvea, ja tämän seurauksena osa parvesta olisi sairastunut meriympäristössä paisetautiin, vibrioosiin tai muuhun kalatautiin. Osa heikkokuntoisista/kuolleista kaloista (34 kpl) tutkittiin bakteriologisesti vuonna 1998. Näistä pienillä anoreksiakaloilla (paino alle 20 g) todettiin 3 kalalla vibrioosi (*Vibrio anguillarum*) ja *Pseudomonas anguilliseptica* -bakteeritauti 10 kalalla. Sekakasvua esiintyi lisäksi 5 kalalla ja 6 kalalta ei todettu bakteerikasvua lainkaan. Kahdeksan pienen kalan hajoaminen oli jo niin pitkällä, ettei bakteeritutkimusta voinut tehdä. Isoja kaloja (paino noin 190 g) tutkittiin vain kaksi, joista toisella todettiin vibrioosi ja toisella *Pseudomonas anguilliseptica* -bakteeritauti.

Tulosten perusteella vibrioosi pääsi puhkeamaan heikkokuntoisissa kaloissa rokotuksesta huolimatta. Enimmäkseen kalat kuitenkin olivat sairastuneet *Pseudomonas anguilliseptica* -bakteerin aiheuttamaan tautiin. Tätä bakteeritautia on todettu Saaristomerellä vuodesta 1986 lähtien, jolloin tautia havaittiin mm. siialla. Taudin aiheuttama kuolleisuus on pahimmillaan ollut 50 % (lohella) (Wiklund ja Bylund 1990). *P. anguilliseptica* on sittemmin myös aiheuttanut taudinpurkauksia Ahvenanmaalla ja Pohjanlahdella (Wiklund ja Lönnström 1994). Havaintojen mukaan isojen, hyvään kasvuvauhtiin päässeiden kalojen kuolleisuus oli vähäistä, mutta kahdesta kalasta eristetyt taudit osoittavat, että pienten kalojen sairastuessa ja *V. anguillarum* - ja *P. anguilliseptica* -bakteerikuorman kasvaessa myös hyväkuntoiset kalat voivat sairastua. Kalojen syömättömyys on siten riski myös muiden kalojen terveydelle. Kesällä 1999 kasvista kuolivat lähes kaikki pieneksi jääneet kalat, ja isojen kalojen kuolleisuus oli 11-16 % (kts. luku 3.1.2). Syy rokotettujen kalojen vibrioositartuntaan ei näkemyksemme mukaan ole rokotuksen epäonnistumisen, vaan heikkokuntoisten kalojen huono puolustusvaste.

Kolmas mahdollinen syy kalojen anoreksiaan ja kuolleisuuteen voi olla meriviljelyympäristön erilaisuudessa sisävesilaitosolosuhteisiin verrattuna. Meriviljelyympäristö poikkeaa monin tavoin poikasvaiheen allaskasvatusympäristöstä. Eroja on veden laatutekijöissä sekä valaistus-, ruokinta- että kasvatusallasolosuhteissa. Onkin todennäköistä, että viljelyympäristön vaihtumisen myötä muutos joissakin näistä tekijöistä vaikeuttaa kalojen ruokailumahdollisuuksia siinä määrin, että kalat eivät kykene uudessa ympäristössä syömään normaalisti. Eri ympäristötekijöiden merkitystä siian ruokailukäyttäytymiseen selvitetään jatkotutkimuksien avulla.

3.2. Kasvu

3.2.1. Kantojen välillä kasvussa eroja

Kantojen kasvuominaisuudet on laskettu kokeen lopussa elossa olevien kalojen tietojen perusteella, koska kalojen kuolleisuus oli kokoriippuvaista ja olisi vaikuttanut tulokseen. Merikasvatuksen alussa oli kalojen massassa merkitseviä eroja (ANOVA $P < 0,000$, $n=24$). Kantaristeyvät olivat painavampia kuin puhtaat kannat (taulukko 2). Ensimmäisen merikasvukauden päättyessä siiat olivat saavuttaneet 284-231 g:n keskimassan, eikä kantojen välillä ollut havaittavissa merkitseviä eroja (ANOVA $P=0,067$). Kalat olivat pituudeltaan 24,5-26,9 cm, ja tässä vaiheessa Kokemäen-Kymijoen risteymäkannan kalat olivat merkitsevästi pidempiä kuin Kymijoen kannan kalat (taulukko 2, ANOVA $P=0,013$).

Toisen merikasvukauden päättyessä kalojen keskimassa oli 867-989 g ja keskipituus 38,6-40,6 cm. Kymijoen kannan kalat olivat merkitsevästi muita kantoja pienempiä sekä massaltaan että pituudeltaan (ANOVA massa $P<0,000$, pituus $P<0,000$, $n=24$). Sitä vastoin muiden vertailtavien kantojen välillä ei ollut merkitseviä eroja (taulukko 2).

Siikojen alkumassa lähes kymmenkertaistui ensimmäisen kasvukauden aikana ja toisen kasvukauden aikana lähes nelinkertaistui (taulukko 2).

Taulukko 2. Eri siikakantojen ja kantaristeymien massan ja pituuden kehitys kokeen aikana. Tulokset on laskettu kokeen lopussa elossa olevien kalojen tietojen perusteella (Kokemäenjoki 291 kpl, Kokemäen-Kymijoki 235 kpl, Kymi-Kokemäenjoki 251 kpl ja Kymijoki 176 kpl) ja ilmoitettu käsittelykesklarvona \pm keskihajonta, $n=6$. Riveittäin samalla kirjaimella merkityt kannat eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi ($P<0,05$) toisistaan.

Aika	Muuttuja	Kanta			
		Kokemäenjoki	Kokemäen-Kymijoki	Kymi-Kokemäenjoki	Kymijoki
Kasvukausi I					
2.6.1998	Massa (g)	28,1 \pm 0,8 ^A	31,8 \pm 1,2 ^B	31,0 \pm 1,8 ^B	27,5 \pm 0,6 ^A
15.12.1998	Massa (g)	266,1 \pm 28,1 ^A	295,8 \pm 28,8 ^A	284,5 \pm 24,8 ^A	257,1 \pm 24,9 ^A
	Kokonaispituus (cm)	29,7 \pm 0,7 ^{AB}	29,9 \pm 0,7 ^B	29,4 \pm 0,8 ^{AB}	28,3 \pm 0,9 ^A
	Kasvukerroin	9,5 \pm 1,0	9,3 \pm 1,0	9,2 \pm 0,9	9,3 \pm 0,8
Kasvukausi II					
1.11.1999	Massa (g)	953,1 \pm 31,0 ^A	988,8 \pm 35,9 ^A	946,9 \pm 37,6 ^A	866,8 \pm 43,6 ^B
	Kokonaispituus (cm)	40,6 \pm 0,6 ^A	39,9 \pm 0,8 ^A	39,9 \pm 0,5 ^A	38,6 \pm 0,5 ^B
	Kasvukerroin	3,6 \pm 0,3	3,4 \pm 0,3	3,3 \pm 0,2	3,4 \pm 0,3

3.2.2. Kasvun heteroosivaikutus

Geneettisesti erilaisten, esimerkiksi eri kantaa olevien, kalojen risteyttämisellä voi olla myönteisiä vaikutuksia viljelyn kannalta tärkeisiin ominaisuuksiin. Risteymäjälkeläisten keskimääräiset tuotosominaisuudet saattavat olla paremmat kuin niiden vanhempina olevien kantojen keskimääräiset tuotokset. Tämä ilmiö tunnetaan heteroosin nimellä, ja sen suuruutta kuvataan prosenttiluvun avulla. Luku ilmaisee risteymäjälkeläisten paremmuuden (tai huonommuuden, jos negatiivinen) vanhempainpopulaatioihin verrattuna (Tave 1986).

Heteroosi lasketaan vertaamalla puhtaiden kantojen keskiarvoa risteymäkantojen keskiarvoon. Kalojen kasvun (kalan massa) heteroosivaikutus oli suurinta keväällä 1998 (keskiarvo \pm keskihajonta; 15,2 % \pm 4,3, $n=6$) ja se pieneni kalojen koon kasvaessa (heteroosivaikutus; syksy 1998 12,1 % \pm 6,1 ja syksy 1999 6,4 % \pm 1,9). Syksyn 1999 heteroosiprosentti oli merkitsevästi pienempi kuin kokeen alun (kevät 1998) heteroosiarvo (ANOVA $P=0,009$, $n=6$) ja syksyn 1999 arvo oli suuntaa-antavasti pienempi kuin (ANOVA $P=0,099$, $n=6$) syksyn 1998 arvo. Tuloksen perusteella heteroosivaikutuksen arvioimista varten kalat on syytä kasvattaa teuraskokoon asti, koska aikaisemmat kasvuvaiheet voivat antaa liian optimistisen kuvan myöhempien vaiheiden heteroosivaikutuksen suuruudesta.

Teuraskoossa (syksy 1999) heteroosivaikutus oli merkitsevä (heteroosiarvo 6,4 % erosi merkitsevästi 0:sta eli tilanteesta, jossa heteroosia ei esiintyisi, t-testi $P=0,0004$ $n=6$), joten tämän perusteella kantaristeymiä olisi järkevää hyödyntää siian kasvun parantamiseen. Loppumassatietojen perusteella (taulukko 2) parhaiten kasvava puhdas kanta (Kokemäenjoki) kasvoi yhtä hyvin kuin molemmat risteymäkannat. Tämän perusteella kantaristeymien käytöstä ei ole saatavissa kasvuhyötyä. Ristiriita johtuu siitä,

että toinen puhtaista kannoista (Kymijoki) oli kasvultaan risteymäkantoja huonompi. Kymijoen kannan huonon kasvun vuoksi risteymäkantojen kasvu on keskimäärin 6,4 % puhtaiden kantojen keskiarvoa parempi.

Suurikaan heteroosivaikutus ei siis suoraan tarkoita sitä, että kantaristeymän käytöstä olisi hyötyä paremman puhtaan kannan käyttöön verrattuna. Tilanteessa, jossa puhtaat kannat ovat ominaisuudeltaan tasavertaisia, voidaan myönteisen heteroosivaikutuksen olettaa merkitsevän sitä, että kantaristeymät ovat ominaisuudeltaan puhtaita kantoja parempia ja kantaristeymien käytöstä olisi hyötyä.

3.3. Teurasominaisuudet

3.3.1. Teurassaanto ja filesaanto

Eri kantojen teurassaanto vaihteli 89,4 - 90,1 %:n ja filesaanto 59,0 - 59,8 %:n välillä (taulukko 3). Kantojen väliset erot olivat pieniä eikä tilastollisia eroja ollut havaittavissa (ANOVA teurassaanto, $P=0,563$ ja filesaanto, $P=0,402$, $n=24$). Tässä tutkimuksessa kalojen teurassaanto ja filesaanto olivat hieman pienempiä mitä aikaisemmin on havaittu samanikäisillä sisävesikantaa olevilla sukukypsymättömillä siioilla (teurassaanto 91 - 93 %, filesaanto 60 - 64 %, Koskela ym. 1989, Koskela 1991, Rissanen ja Pirhonen 1991).

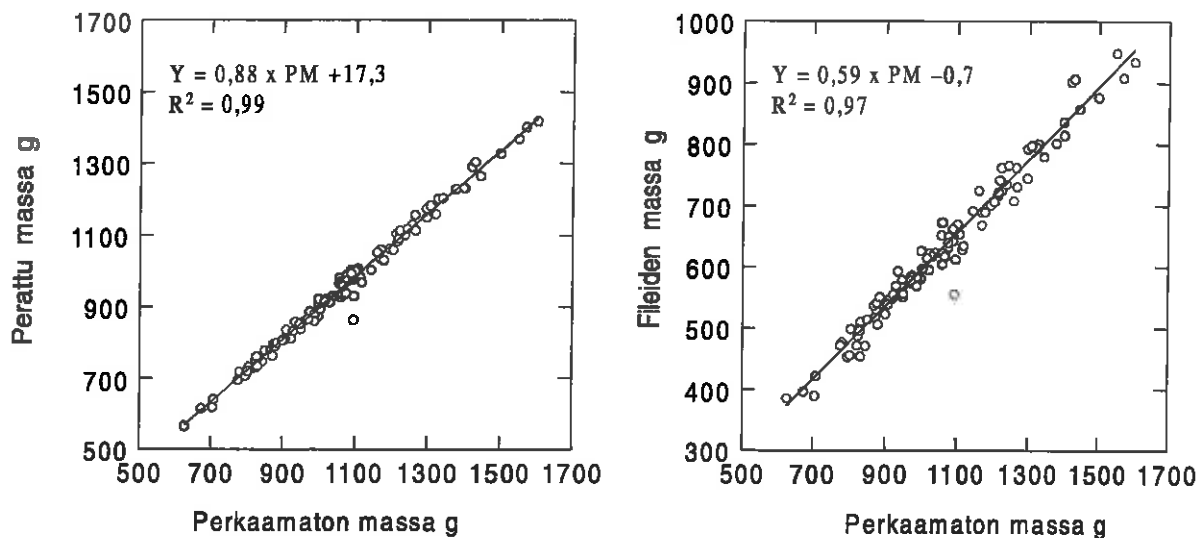
Ero aikaisemmin tutkittujen sisävesikantojen ja nyt tutkimuksen kohteena olleiden merellisten vaellussiikakantojen välillä ei välttämättä johdu pelkästään kantojen välisistä eroista, vaan siihen on voinut vaikuttaa myös erot koejärjestelyiden välillä. Teuras- ja filesaantoihin vaikuttaa perkaushävikin suuruus, joka muodostuu sisäelinten, sukutuotteiden ja ruumiinonteloon varastoituneen rasvan massasta. Tässä kokeessa avatut koiras- ja naaraskalat olivat yhtä yksilöä lukuun ottamatta sukukypsymättömiä ja gonadien keskimääräinen osuus kalan massasta oli kannasta riippuen keskimäärin vain 0,5 - 1,5 %. Gonadien osuus oli samaa suuruusluokkaa kuin sisävesikannoilla tehdyissä kokeissa, joten se ei selitä eroa teuras- ja filesaannoissa.

Taulukko 3. Eri siikakantojen ja kantaristeymien teuras- ja filesaannot syksyllä 1999. Tulokset on ilmoitettu käsittelykeskiarvona \pm keskihajonta, $n=6$.

Muuttuja	Kanta			
	Kokemäen-joki	Kokemäen-Kymijoki	Kymi-Kokemäenjoki	Kymijoki
Teurassaanto (%)	89,4 \pm 1,3	90,1 \pm 0,2	89,4 \pm 1,0	89,5 \pm 0,6
Filesaanto (%)	59,0 \pm 0,9	59,7 \pm 0,8	59,7 \pm 1,1	59,8 \pm 0,8

Tässä kokeessa kaloilla oli silmämääräisesti arvioiden suolistorasvaa huomattavan paljon. Rasvan suuri määrä näkyy myös suurina koko kalan rasvapitoisuuksina (luku 3.3.2.). Lohikalojen rasvapitoisuuden vaikuttavat monet tekijät, ja kalan rasvapitoisuuden on havaittu kasvavan kalan koon ja rehun rasvapitoisuuden kasvun myötä (Hillestad ja Johnsen 1994, Shearer 1994, Einen ja Roem 1997, Koskela ym. 1998). Tässä kokeessa käytetty rehu oli rasvaisempaa (18 % *versus* 28-30 %) kuin aikaisemmissa siikakokeissa käytetty rehu, joten aikaisempia kokeita huonompi teuras- ja filesaanto aiheutui osin rasvaisemman rehun kalojen rasvoittumista lisäävästä vaikutuksesta ja mahdollisesti osin kantojen välisistä eroista.

Teurassaanto kasvoi suorassa suhteessa kalan kokoon nähden (kuva 3). Tämä tarkoittaa sitä, että suhteellinen teurassaanto on peratun kalan ja fileiden osalta perattavan kalan koosta riippumattonta tarkastellulla kokovälillä (700 – 1 700 g). Vastaavasti siiväsesiikakannoilla tehdyissä mittauksissa on havaittu teurassaannon kasvavan suorassa suhteessa kalan kokoon nähden (Koskela ym. 1989, Koskela 1991, Rissanen ja Pirhonen 1991). Viljelyssä tästä on se hyöty, että siiat voidaan teurastaa halutussa koossa teurassaannon säilyessä yhtä hyvänä.



Kuva 3. Siian perkaamattoman massan ja peratun massan sekä fileiden massan välinen suhde. Kuvissa on esitetty kaikkien kantojen aineisto yhdistettynä (Y =perattu tai fileiden massa (g) ja PM =perkaamaton massa (g)).

Teurastussaantoja kuvaavia malleja voidaan hyödyntää arvioitaessa sitä, mihin kokoon siika olisi syytä kasvattaa, jotta kaloista saadaan halutun kokoisia tuotteita. Esimerkiksi jos halutaan tuottaa 150 g:n fileitä (yhteensä 300 g) voidaan mallista ratkaista tarvittava kalan massa ($PM = (Y + 0,7) / 0,59$), joka on n. 510 g (PM =perkaamaton massa ja Y = fileiden massa).

3.3.2. Ruhon, lihaksen ja maksan koostumus

Koko kalan rasvapitoisuus vaihteli eri kannoilla 22,0-23,3 %:n välillä ja lihaksen rasvapitoisuus 7,9-8,7 %:n välillä (taulukko 4). Eri kantojen välillä ei ollut merkitsevää eroa koko kalan tai lihaksen rasva- tai vesipitoisuudessa (ANOVA koko kala: rasva $P=0,627$, vesi $P=0,791$, lihas: rasva $P=0,789$, vesi $P=0,367$, $n=24$). Tässä kokeessa saadut ruhon rasvapitoisuusarvot olivat huomattavasti suurempia kuin mitä lähes saman rasvapitoisuuden (27,5 %) omaavalla kuivarehulla ruokitulla siialla on havaittu aikaisemmin (14,0 %, Koskela ym. 1998) ja vastaavia mitä on havaittu teuraskokoisella (2-4 kg) kirjolohella ja lohella (Shearer ym. 1994, Vielma ym. 2000). Tässä kokeessa siikojen loppumassa oli suurempi kuin aikaisemmassa siikakokeessa (950 g *versus* 510 g), joka selittää osan kokeiden välisistä eroista koko kalan rasvapitoisuudessa, koska rasvapitoisuuden on havaittu kasvavan kalan koon kasvaessa (Shearer 1994, Einen ja Roem 1997). Toisena syynä kalojen suureen rasvapitoisuuteen on todennäköisesti ollut kalojen runsas ruokinta ja rehujen rasvapitoisuus (28-30 %). Kalat ovat saaneet ravinnon mukana ylimäärin energiaa valkuaisaineiden ja rasvan muodossa, ja ylijäämäenergia on varastoitunut kalan ruumiinonteloon rasvana.

Taulukko 4. Koko kalan ja lihasen vesipitoisuus (%), koko kalan ja lihasen rasvapitoisuus (% tuoremassasta) sekä maksaindeksi (maksan massan osuus kalan massasta) ja maksan glykogeenipitoisuus (% tuoremassasta). Tulokset on esitetty käsittelykeskiarvona \pm keskihajonta, n=6).

Muuttuja	Kanta			
	Kokemäen-joki	Kokemäen-Kymijoki	Kymi-Kokemäenjoki	Kymijoki
Koko kala, vesipitoisuus (%)	58,6 \pm 1,6	59,2 \pm 1,1	58,9 \pm 1,4	59,4 \pm 1,4
Koko kala, rasvapitoisuus (%)	23,3 \pm 2,3	22,3 \pm 1,4	22,7 \pm 1,8	22,0 \pm 1,8
Lihäs, vesipitoisuus (%)	69,5 \pm 1,0	68,9 \pm 1,5	69,1 \pm 0,9	70,0 \pm 0,9
Lihäs, rasvapitoisuus (%)	8,0 \pm 1,2	8,1 \pm 1,3	8,7 \pm 1,4	7,9 \pm 2,1
Maksaindeksi (%)	1,27 \pm 0,29	1,23 \pm 0,22	1,22 \pm 0,16	1,29 \pm 0,41
Maksan glykogeeni (%)	5,04 \pm 1,12	5,19 \pm 0,79	5,58 \pm 0,67	5,52 \pm 0,38

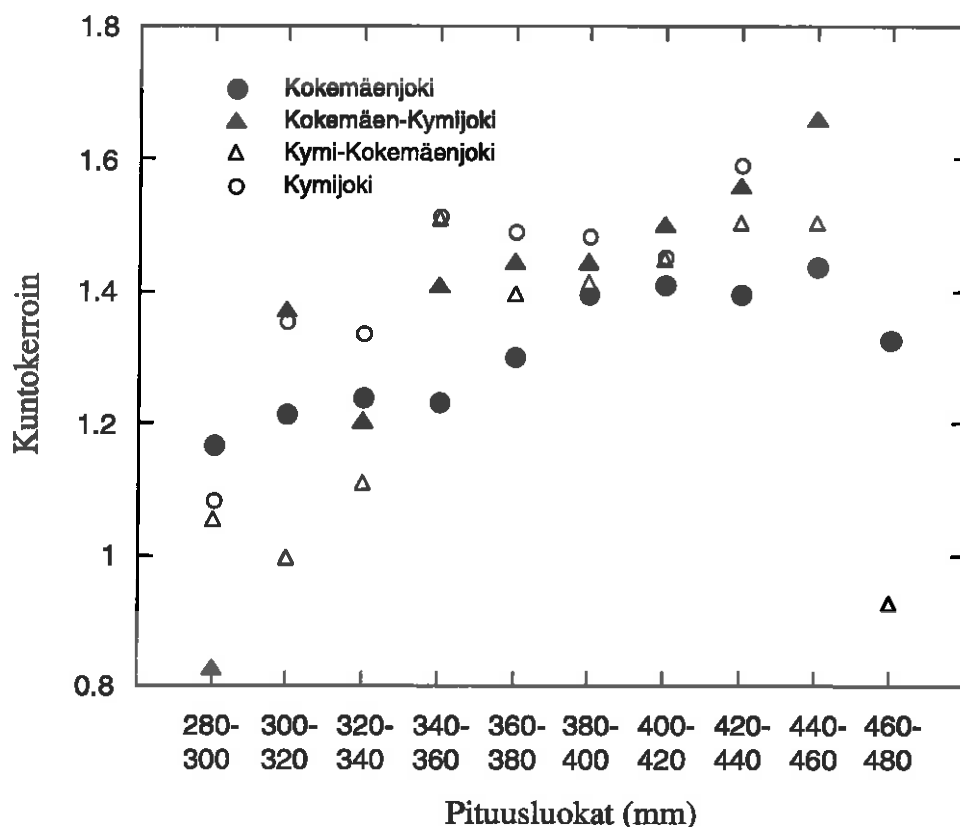
Glykogeeni on varastoitua hiilihydraattia, jota kerääntyy etenkin maksaan. Eri kantojen maksan indeksissä ja glykogeenipitoisuudessa ei ollut tilastollista eroa (ANOVA maksaindeksi $P=0,889$, glykogeeni $P=0,583$, $n=24$). Laukaan toimipaikassa kasvatettujen vuoden ikäisten lepotilaisten siikojen maksan glykogeenipitoisuus vastasi nyt tutkittujen 2-vuotiaiden siikojen maksan glykogeenipitoisuutta (Lappivaara ym. 1999). Nyt tutkitut kalat eivät ole ehtineet häiriintyä käsittelystä, sillä stressi aikaansaa glykogeenin määrän vähenemisen maksassa. Laukaan siikojen maksan glykogeenipitoisuus väheni puoleen käsittelystressin seurauksena. Luonnon sииoista maksan glykogeenipitoisuutta ei ole mitattu, mutta usein luonnon kaloilla on vähemmän glykogeenia maksassa kuin laituskaloilla (Soivio ym. 1988, Virtanen ym. 1988). Nyt tutkittujen siikakantojen maksan glykogeenipitoisuuksia voidaan pitää normaaleina.

3.3.3. Kalan muoto

Kalan muoto on tärkeä ominaisuus, joka vaikuttaa kalan markkinointimahdollisuuksiin ja myös kalan soveltuvuuteen käsiteltäväksi teurastuksen yhteydessä. Koska valtaosa markkinoille tällä hetkellä tulevasta siiasta on peräisin merialueen pyynnistä, voidaan olettaa, että markkinat hyväksyvät parhaiten muodoltaan lähinnä luonnonsiikaa muistuttavan kalan. Viljelyssä kalat saavat ravintoa ruokahalun mukaisesti, joten kaloilla on mahdollisuus kasvaa ja lihoa luonnonkaloja enemmän ja ruumiinmuoto voi muodostua luonnonkaloja pulleammaksi. Kalojen lihavuus voi aiheuttaa muoto-ongelmia, jos kalan pituuskasvu ei ole riittävän nopeaa kalan massan kasvuun verrattuna.

Kalan lihavuutta voidaan kuvata kuntokertoimen avulla. Kokeen päättyessä eri kantojen kuntokertoimet (keskiarvo \pm keskihajonta, $n=6$) olivat seuraavat; Kokemäenjoki: 1,38 \pm 0,03, Kokemäen-Kymijoki: 1,47 \pm 0,04, Kymi-Kokemäenjoki: 1,42 \pm 0,04 ja Kymijoki: 1,46 \pm 0,03. Kokemäenjoen kannan kuntokerroin oli merkitsevästi pienempi kuin Kokemäen-Kymijoki - ja Kymijoki -kantojen kuntokertoimet (ANOVA $P<0,000$, $n=24$).

Tarkasteltaessa kalan kuntokerrointa suhteessa kalan pituuteen (kuva 4) havaitaan, että Kokemäenjoen siialla keskimääräinen kuntokerroin on eri pituusluokissa yleensä pienempi kuin muilla vertailussa mukana olleilla kannoilla, eikä ylitä arvoa 1,5 suurimmissakaan kokoluokissa.

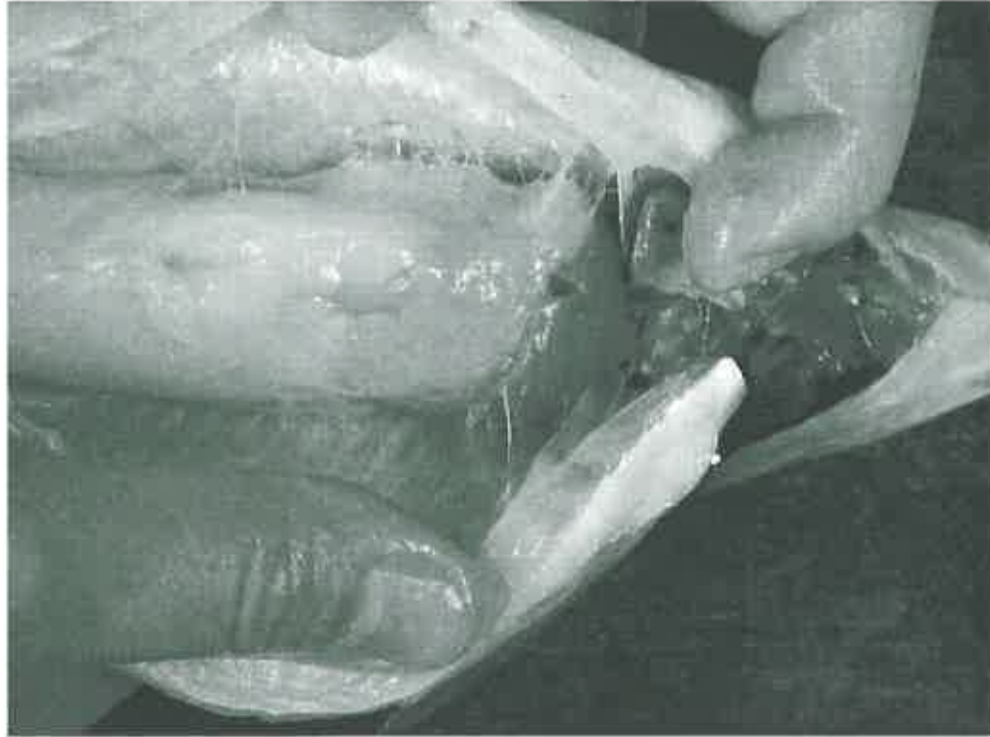


Kuva 4. Eri kantaa olevien siikojen keskimääräiset kuntokertoimet luokiteltuna kalan kokonaispituuden mukaisesti.

Kuntokerroinaineiston perusteella voidaan olettaa, että Kokemäenjoen siika on eri kokoluokissa muodoltaan muita tarkasteltuja siikamuotoja solakampi ja vastaa muoto-ominaisuuksiensa osalta muita paremmin markkinoiden vaatimuksia.

3.3.4. Rokotusjäljet ja kalan lihaksessa esiintyvät loiset

Tutkituista sioista 11,7 %:lla ei esiintynyt rokotuksesta aiheutuvia tulehduskiinnikkeitä lainkaan (kuva 5), ja lopuilla oli kiinnikkeitä enintään kohtalaisesti (käytetyn asteen arvot 1-4). Kalan teuraslaatua heikentäviä kiinnikkeitä (luokat 5 ja 6) ei todettu. Kaikkien tutkittujen kalojen kiinnikkeiden keskiarvo oli 2,2, eikä kantojen välillä ollut eroja (Kruskal-Wallis testi, $P > 0,05$) (kuvat 6 ja 7). Yhdeksällä siialla (7,5 %) oli neulanpiston aiheuttamaa arpikudosta kyljessä, ja 12 siialla (10 %) oli PIT-merkki jäänyt kiinni kylkilihaan.

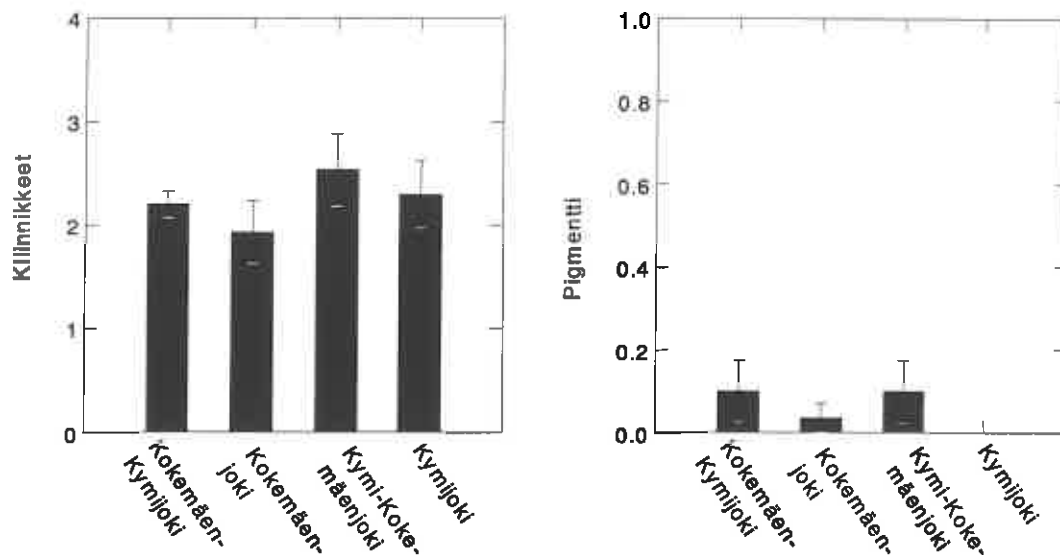


Kuva 5. Kuvan siialla esiintyy rokotteen aiheuttaman tulehdusreaktion seurauksena ohuita kiinnikkeitä pääosin suolistorasvan ja ruumiinontelon seinämän välillä (kuva Jorma Piironen).

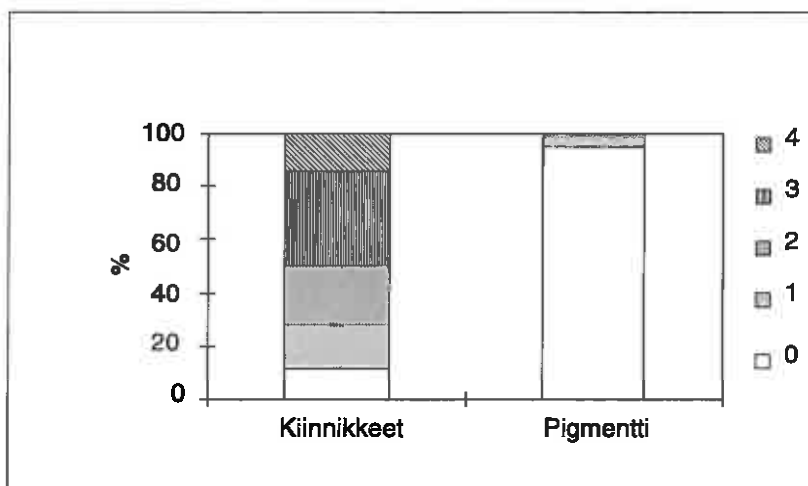
Pigmenttiä ei esiintynyt lainkaan 95 %:lla sioista, ja lopuillakin vain lievää (luokat 1-2). Kaikkien tutkittujen kalojen pigmentin keskiarvo oli 0,06, eikä kantojen välillä ollut tilastollisia eroja (Kruskal-Wallis testi, $P>0,05$) (kuvat 6 ja 7). Siian teuraslaatuun vaikuttavaa pigmentin muodostusta ei todettu.

Vuotta aikaisemmin tutkittiin Rymättylän asemalla 60 kolmekesäistä siikaa, jotka oli rokotettu myös 1-vuotiaina samalla rokotteella Laukaassa. Kiinnikkeiden keskiarvo oli tällöin vain 1,35 (0-luokka 20 %, 1-luokka 32 %, 2-luokka 42 % ja 3-luokka 7 %). Pigmenttiä ei esiintynyt lainkaan (Lönnström, julkaisematon). Syksyllä 2000 tutkittiin lisäksi 68 kolmekesäistä siikaa, jotka oli rokotettu kaksi vuotta aikaisemmin, yhden kesän ikäisinä (noin 30 g). Kiinnikkeiden keskiarvo oli vain 0,93 (0-luokka 59 %, 1-luokka 16 %, 2-luokka 9 %, 3-luokka 10 %, 4-luokka 1 % ja 5-luokka 4 %). Lievää pigmenttiä esiintyi vain yhdellä kalalla (Lönnström, julkaisematon). Näiden kolmen vuoden perusteella rokotuksen aiheuttamat haitalliset sivureaktiot ovat sioilla vähäisemmät kuin esimerkiksi kirjolohella tai varsinkin lohella, eikä kalan kauppaa-arvoa alentavia muutoksia todettu. Kiinnikkeiden ja pigmentin muodostumiseen vaikuttavat kalalajin lisäksi monet tekijät, kuten rokote, lämpötila ja rokotustyön huolellisuus. Kantavertailusioilla vuosiin 1998 ja 2000 verrattuna kiinnikkeiden ja pigmentin hieinan runsaampaan muodostumiseen vaikutti varmasti osaltaan myös PIT-merkki, joka asetettiin vatsaonteloon vain noin viikkoa ennen rokotusta.

Tutkittujen siikojen ($n=120$) fileet olivat moitteettomia. Yhdelläkään tutkituista kaloista ei esiintynyt näkyviä loisia lihassaan, ja ainoastaan yhdellä siialla oli lihassa pieni punoittava alue, joka oli saattanut syntyä teurastuksen yhteydessä.



Kuva 6. Lopputeurastuksen yhteydessä tutkittujen rokotettujen 3-kesäisten siikojen ruumiinontelon kiinnikkeet ja pigmentti kannoittain (allaskesklarvo ja keskiarvon keskivirhe).



Kuva 7. Lopputeurastuksen yhteydessä tutkittujen rokotettujen 3-kesäisten siikojen ruumiinontelon kiinnike- ja pigmenttluokkien jakautuminen (%) kaikissa tutkituissa kaloissa (n=120).

4. Kantojen merkitys viljelyn taloudelle

4.1. Parven markkina-arvo ja poikaskustannus

Kalamarkkinoilla siika jaetaan kalan massan mukaan neljään kokoluokkaan ja eri kokoluokilla on erilainen markkinahinta. Tämän vuoksi kalojen koolla ja parven kokojakaumalla on vaikutus tuottajan saamaan kilohintaan. Alkutuottajan (rannikkoalueen kalastajat) saamat kuuden vuoden keskiarvohinnat (vuosilta 1994-1999) eri kokoluokkien peratuille sioille ovat seuraavat:

- luokka I (yli 800 g) 21,19 mk kg⁻¹,
- luokka II (800-400 g) 17,63 mk kg⁻¹,
- luokka III (400-250 g) 12,33 mk kg⁻¹ ja
- luokka IV (alle 250 g) 10,53 mk kg⁻¹

(Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 ja 2000c). Hinnat on muutettu elinkustannusindeksin avulla vastaamaan vuoden 1999 hintoja (Tilastokeskus 2000). Kalojen perkaushävikin, loppumassan ja kalayksilöistä lasketun hajontatiedon avulla voidaan laskea, kuinka suuri osa kaloista kuuluu kuhunkin kokoluokkaan ja mikä on parven markkina-arvo tilastoitujen hintatietojen valossa.

Valtaosa kokeessa kasvatetuista sioista sijoittui kokoluokkiin I ja II syksyllä 1999 (taulukko 5). Kantojen välillä oli eroja kokoluokkajakaumassa.

Taulukko 5. Siikakantojen teuraspainon (teurassaanto x loppumassa) jakautuminen eri kokoluokkiin ja parven arvo tekstissä esitettyjen hintatietojen mukaan. Kantojen vaikutus tarvittavaan poikasmäärään (kpl) ja -kustannukseen sekä vaikutus viljelyn taloudellisuuteen (parven arvo ja poikaskustannus). Arvot on laskettu teuraspainoa kohden. Tiedot on esitetty keskiarvona ± keskihajonta, n=6. Riveittäin samalla kirjaimella merkityt kannat eivät eroa tilastollisesti merkitsevästi (ANOVA P<0,05) toisistaan.

	Kanta			
	Kokemäen-joki	Kokemäen-Kymijoki	Kymi-Kokemäenjoki	Kymijoki
Luokka I (%)	60,1±4,7 ^A	64,6±3,9 ^A	57,6±5,2 ^A	44,4±7,1 ^B
Luokka II (%)	37,6±4,1 ^A	32,8±4,0 ^A	38,9±4,1 ^A	52,6±7,5 ^B
Luokka III (%)	1,9±0,9	1,8±1,1	2,7±1,2	2,4±1,4
Luokka IV (%)	0,4±0,3	0,8±0,7	0,8±0,5	0,6±0,5
Parven arvo mk kg ⁻¹	19,6±0,2 ^A	19,8±0,2 ^A	19,5±0,3 ^A	19,0±0,3 ^B
Poikasmäärä kpl kg ⁻¹	2,0±0,5 ^A	2,5±0,4 ^A	2,2±0,1 ^A	3,7±0,8 ^B
Poikaskustannus mk kg ⁻¹	4,3±1,1 ^A	5,2±0,8 ^A	4,7±0,3 ^A	7,8±1,7 ^B
Ero verrattuna parhaaseen kantaan mk kg ⁻¹	0,00 ^A	-0,77±1,0 ^A	-0,59±0,9 ^A	-4,07±1,1 ^B

Kymijoen kannan kaloja oli vähemmän kokoluokassa I ja enemmän kokoluokassa II kuin muiden kantojen kaloja (taulukko 5, ANOVA luokka I P<0,000, luokka II P<0,000, n=24). Kalojen erilaisesta jakautumisesta eri kokoluokkiin seurasi se, että Kymijoen kannan parven arvo (mk kg⁻¹) oli muiden kantojen arvoa merkitsevästi pienempi (ANOVA P<0,000, n=24).

Myyntiin menevää kalakiloa kohden tarvittavaan poikasmäärään vaikuttavat kalojen viljelyaikainen kuolleisuus sekä teuraspaino (teurassaanto x keskimassa kasvatuksen päättyessä). Poikaskustannus riippuu tarvittavasta poikasmäärästä ja ostohinnasta. Kalojen kuolleisuus- ja teurasmassatietojen avulla laskettiin tarvittavat poikasmäärät kantakohtaisesti. Poikaskustannuksien laskennassa käytettiin 30 g:n rokotetulle poikaiselle ostohintaa (alv = 0 %) 2,10 mk kpl⁻¹ (Y. Lankinen, Savon Taimen Oy, suullinen tiedonanto).

Yhden teuraskilon tuottamiseen tarvittava poikasmäärä oli Kokemäenjoen kannalla ja Kokemäen-Kymijoen ja Kymi-Kokemäenjoen kantaristeyksillä samansuuruinen (2,0-2,5 poikasta, taulukko 5), mutta Kymijoen kannalla merkitsevästi suurempi (3,7 poikasta, ANOVA P<0,000, n=24). Vastaavasti poikaskustannukset teuraskiloa kohden laskettuina olivat Kymijoen kannalla merkitsevästi suuremmat kuin muilla kannoilla (ANOVA P<0,000, n=24). Poikaskustannukset olivat suuret kaikilla kannoilla. Kustannukset olivat Kymijoen kannalla 41 % ja muilla kannoilla 22-26 % kalan myyntiarvosta (mk kg⁻¹).

Kantojen välisiä eroja taloudellisessa tuloksessa arvioitiin suhteellisen muutoksen avulla vähentämällä myyntihinnasta (mk kg⁻¹) poikaskustannus (mk kg⁻¹) ja vertaamalla muiden kantojen tulosta parhaan tuloksen antaneen kannan tulokseen (Kokemäenjoen kannan tulos vähennettynä muiden kantojen tuloksesta). Kummankaan kantaristeyksien tulos ei ollut merkitsevästi huonompi kuin Kokemäenjoen kannan tulos, eivätkä kantaristeyksien tulokset eronneet keskenään toisistaan (taulukko 5). Kymijoen kannan tulos oli merkitsevästi pienempi kuin muilla kannoilla (ANOVA P<0,000, n=24).

Tällä hetkellä siikaa tuotetaan ruokakalaksi vielä pieniä määriä (200-400 tonnia vuodessa) ja viljelystä I-luokan kalasta saadaan luonnonkalaa korkeampi hinta. I-luokan siian laskelmissa käytettyä hintaa korkeampi hinta nostaa parven arvoa kaikilla kannoilla ja parantaa Kokemäenjoen kannan viljelyn taloudellista tulosta Kymijoen kantaan verrattuna.

5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Nyt tehty siian kantavertailuviljely oli ensimmäinen siian merikasvatusta selvittänyt tutkimus Suomessa. Tässä työssä on mitattu monipuolisesti viljelyn taloudelliseen tulokseen vaikuttavia tekijöitä kuten kasvua, kuolleisuutta ja kalojen teuraslaatua tarkoituksena selvittää siian menestymistä meriviljelyssä, kartoittaa mahdollisia ongelmia ja löytää kantojen välisiä eroja.

Kalojen suuri kuolleisuus (40-64 %) merikasvatuksessa tuli merkittävänä ongelmana esille tutkimuksen aikana, ja se on selvästi siian meriviljelyn tärkein ongelma. Kuolleisuus nosti viljelyn poikaskustannukset huomattavan suuriksi (22-41 % kalojen myyntiarvosta) ja vaikuttaa myös muihin viljelyn kustannustekijöihin (rehu-, työ- ja pääomakustannukset tuotettua kala kiloa kohden) todennäköisesti niin paljon, että kannattavalle viljelylle edellytykset ovat heikot käytetyillä siian markkinahinnoilla. Tulosten perusteella kuolleisuus aiheutui todennäköisesti mereen siirrettyjen kalojen anoreksiasta. Nämä heikkokuntoiset kalat sairastuvat kalatauteihin ja mahdollisesti taudinaiheuttajia levittämällä olivat syynä myös hyväkuntoisten kalojen kuolleisuuden (11-16 %) toisen kasvukauden aikana.

Kaikkien kantojen kasvutulos oli kohtuullisen hyvä. Kalat saavuttivat kolmen kasvukauden jälkeen 870 – 990 g:n koon, ja käytännössä kaikki kalat kuuluivat kahteen parhaaseen myyntikokoluokkaan. Kolmen vuoden viljelykierron kalojen kasvun parantamisella voidaan vaikuttaa parven myyntiarvoon. Jotta 90 %:sta kaloista kokeessa havaitulla kokohajonnalla (variaatiokerroin 26 %) saataisiin I hintaluokkaa, tulisi kalojen keskipainon olla n. 1 300 g. Myöskin pienentämällä kalaparven kokohajontaa (variaatiokerroin 26 %:sta 5 %:in) voidaan jo nykyisellä kasvulla päästä vastaavaan tulokseen (90 % kaloista I hintaluokassa) kuin kalojen keskipainoa lisäämällä.

Siian teurasominaisuudet olivat hyvät. Teuras- ja filesaanto olivat suuria eikä kaloissa ollut havaittavissa haitallisissa määrin rokotuksen jälkireaktioita eikä loisten aiheuttamia kauppalaatua heikentäviä ongelmia. Kalojen kauppalaatuun haitallisesti vaikuttavia tekijöitä voivat olla havaittu lihaksen suuri rasvapitoisuus ja kalojen suuri kunktoeroin (pullea muoto).

Puhtaiden kantojen välillä oli merkitseviä eroja kalojen kasvussa, kuolleisuudessa ja kunktoertoisuudessa. Kokemäenjoen kanta antoi merkitsevästi paremman tuloksen kuin Kymijoen kanta. Nämä erot vaikuttivat merkitsevästi myyntitulon (kalaparven hintaan) ja poikaskustannukseen, ja näiden tekijöiden kautta viljelyn taloudelliseen tulokseen. Myös muiden poikastuotannossa jo olevien siikakantojen ja muotojen soveltuvuutta ruokakalanviljelyyn kannattaa tutkia, koska on mahdollista, että viljelyyn saataisiin vielä Kokemäenjoen kantaa parempi viljelykanta.

Kantaristeymien käytöstä ei ollut hyötyä, vaikkakin risteymillä oli myönteinen heteroosivaikutus puhtaisiin kantoihin verrattuna. Kantaristeymiä kannattaa käyttää silloin, kun puhtaat kannat antavat keskenään yhtä hyvän tuotoksen, jolloin myönteinen heteroosivaikutus voi ilmetä risteymäkantojen puhtaita kantoja parempana tuotoksena.

Kiitokset

Tämän kokeen toteuttamiseen on osallistunut kirjoittajien lisäksi useita henkilöitä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen eri toimipaikoista. Laukaan toimipaikassa Esko Anttonen vastasi koeryhmien muodostamisesta ja kalojen alkuvaiheen viljelystä, Jukka Bomberg, Maija Pellinen ja Erkki Kekarainen vastasivat kalojen merkinnästä, rokotuksesta ja kuljetuksesta. Rymättylän toimipaikassa Markku Vaajala, Jari Riihimäki ja Juha Kurikka vastasivat kalojen hoidosta ja punnituksista. Tutkimuksen laboratorioanalyysit tekivät Leena Kytömaa ja Soili Nikonen. Julkaisun esitarkastajina olivat Pentti Valkeajärvi (RKTL) sekä Yrjö Lankinen (Savon Taimen Oy). Kaikille tutkimukseen ja julkaisuun myötävaikuttaneille suuret kiitokset.

Kirjallisuus

- Einen, O. & Roem, A.J. 1997. Dietary protein/energy rations for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. *Aquaculture Nutrition* 3: 115-126.
- Hillestad, M. & Johnsen, F. 1994. High-energy/low-protein diets for Atlantic salmon: effects on growth, nutrient retention and slaughter quality. *Aquaculture* 124: 109-116.
- Himberg, M. & Lehtonen, H. 1995. Systematics and nomenclature of coregonid fishes, particularly in northwest Europe. *Arch. Hydrobiol. Advanc. Limnol.* 46: 39-47.
- Honkanen, A. 1996. Suurtalouksien kalankäyttö EU:n muutospaineessa: Kyselytutkimuksia vuosilta 1988-1995. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja 64, 27 s.
- Honkanen, A., Eerola, E. & Setälä, J. 1998. Kalan käyttö eri väestöryhmissä. Kotitalouksien haastattelututkimuksien satoa. *Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar* 141, 38 s. + liitteet.
- Jobling, M., Koskela, J. & Winberg, S. 1999. Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain serotonergic activity. *Journal of Fish Biology* 54: 437-449.
- Kaukoranta, M., Koljonen, M.-L., Koskniemi, J. & Pennanen, J.T. 1998. Kala-atlas. *Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar* 150, 57s.
- Koskela, J., Lindgren, S. & Väisänen, J. 1989. Paljonko siiasta saadaan perattua kalaa ja fileitä. *Suomen Kalankasvattaja* 5: 26-28.
- Koskela, J. 1990. Ruokintamalli siialle. *Suomen Kalankasvattaja* 2: 16-19.
- Koskela, J. 1991. Siian käytöstä lihan ja mädin tuotantoon ruokakalanviljelyssä. *Suomen Kalankasvattaja* 1: 43-45.
- Koskela, J. 1992. Growth rate and feeding level of European whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) under hatchery conditions. In T.N. Todd and M. Luczynski (eds.) *Biology and Management of Coregonid Fishes*. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 39: 731-738.
- Koskela, J. 1993. Siian ja harjuksen starttiruokinta. Valtion kalanviljelyn XVI neuvottelupäivät, 1.-2.4.1992 Hotelli Rauhalampi, Kuopio. *Kalatutkimuksia* n:o 59, 103 s.
- Koskela, J., Pirhonen, J. & Jobling, M. 1997. Influence of the length of the daily feeding period on feed intake and growth of whitefish, *Coregonus lavaretus*. *Aquaculture* 156: 35-44.
- Koskela, J., Jobling, M. & Savolainen, R. 1998. Influence of dietary fat level on feed intake, growth and fat deposition in the whitefish *Coregonus lavaretus*. *Aquaculture International* 6: 95-102.
- Koskela, J. & Rahkonen, R. 1998. Monipuolisuutta ruokakalanviljelyyn. *Vesitalous* 5: 15-17.
- Koskela, J., Setälä, J. & Honkanen, A. 1998. Viljelyn monipuolistaminen uusien lajien avulla - Lajien taloudelliset ja tekniset mahdollisuudet ruokakalanviljelyyn. *Kala- ja riistaraportteja* 111, 13 s.
- Lappivaara, J., Kiviniemi, A. & Oikari, A. 1999. Bioaccumulation and subchronic physiological effects of waterborne iron overload on whitefish exposed in humic and nonhumic water. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 37: 196-204.

Makkonen, J., Westman, K., Pursiainen, M., Heinimaa, P., Eskelinen, U., Pasanen, P. & Kummu, P. 2000. Viljelykantarekisteri. Kala- ja riistaraportteja 200, 48 s. + 3 liitettä.

Midtlyng, P.J. & Lillehaug, A. 1998. Growth of Atlantic salmon *Salmo salar* after intraperitoneal administration of vaccines containing adjuvants. *Diseases of Aquatic Organisms* 32: 91-97.

Miinalainen, M. & Heikinheimo, O. 1998. Siikamuotojen ravintokilpailu Vuokalanjärvässä. *Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar* 139, 39 s.

Poppe, T.T. & Breck, O. 1997. Pathology of Atlantic salmon *Salmo salar* intraperitoneally immunized with oil-adjuvanted vaccine. A case report. *Diseases of Aquatic Organisms* 29: 219-226.

Rahkonen, R., Vennerström, P., Rintamäki-Kinnunen, P. & Kannel, R. 2000. Terve kala. Tautien ennaltaehkäisy, tunnistus ja hoito. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Nykypaino, Helsinki, 140 s.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1995. Kalastajahinnat vuonna 1994. SVT Ympäristö-Miljö 5: 20 s.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1996. Kalastajahinnat vuonna 1995. SVT Ympäristö-Miljö 12: 20 s.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1997. Kalastajahinnat vuonna 1996. SVT Ympäristö-Miljö 6: 20 s.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1998. Kalastajahinnat vuonna 1997. SVT Ympäristö-Miljö 7: 22 s.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 1999. Kalastajahinnat vuonna 1998. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 1: 24 s.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2000a. Kalanviljely 1999. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous, 8: 15 s.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2000b. Kalan ulkomaankauppa 1999. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous, 10: 29 s.

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2000c. Kalastajahinnat vuonna 1999. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 6: 24 s.

Rissanen, I. & Pirhonen, J. 1991. Siikasiivuja II: Tutkimusraportti siian starttiruokintamäärästä, viljelytiheydestä sekä eri siikamuotojen toisen ja kolmannen vuoden kasvatuksesta. Suomen lohenkasvattajan liitto Jyväskylä, julkaisuja no 18, 78 s.

Rissanen, I. & Koskela, J. 1992. Intensive cultivation of various strains of *Coregonus lavaretus*, *Coregonus peled* and hybrids during the first two rearing seasons. In T.N. Todd and M. Luczynski (eds.) *Biology and Management of Coregonid Fishes*. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 39: 739-749.

Shearer, K.D. 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture* 119: 63-88.

Shearer, K.D., Åsgård, T., Andorsdottir, G. & Aas, G.H. 1994. Whole body elemental and proximate composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) during the life cycle. *Journal of Fish Biology* 44: 785-797.

Soivio, A. & Virtanen, E. 1980. Methods for physiological experiments of fish. *Ekotoxikologiska metoder för akvatisk miljö*. Nordforsk, Helsinki, Report no. 16: 1-15.

- Soivio, A., Virtanen, E., Bäckström, M., Söderholm-Tana, L. & Forsman, L. 1988. Lohi-istukkaiden kunnan ja vaellusvalmiuden seuranta. Suomen Kalatalous 53: 134-152.
- Svärdson, G. 1979. Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 55: 144-171.
- Tave, D. 1986. Genetics for fish hatchery managers. AVI publishing company, Westport Connecticut. 299 p.
- Tilastokeskus 2000. Kuluttajahintaindeksi 2000.
http://www.tilastokeskus.fi/tk/tp/tasku/taskus_hinnat.html
- Valkeajärvi, P. 1987. On the species and growth of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) in Lake Päijänne. Biol. Res. Rep. Univ. Jyväskylä 10: 133-145.
- Vielma, J., Mäkinen, T., Ekholm, P. & Koskela, J. 2000. Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. Aquaculture 183: 349-362.
- Virtanen, E., Soivio, A., Westman, K. & Forsman, L. 1988. Lohen luonnonpoikasten fysiologinen tila ja vaellusvalmius Simojoella. Suomen Kalatalous 53: 111-133.
- Wiklund, T. & Bylund, G. 1990. *Pseudomonas anguilliseptica* as a pathogen of salmonid fish in Finland. Dis. Aquat. Org. 8: 13-19.
- Wiklund, T. & Lönnström, L. 1994. Occurrence of *Pseudomonas anguilliseptica* in Finnish fish farms during 1986-1991. Aquaculture 126: 211-217.

Juha Koskela, Riitta Rahkonen, Leena Forsman, Olli Norrdahl ja Lars-Gustaf Lönnström

Siika ruokakalanviljelyssä – kahden siikakannan ja kantaristeytymän vertailu

Tutkimusraportti

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Siian ruokakalaviljely 312 063

Siika on Suomessa laajalle levinnyt ja monimuotoinen kalalaji, jolla on hyvät edellytykset nousta uudeksi ruokakalanviljelylajiksi kirjolohen rinnalle. Nykykäsitteen mukaan Suomessa esiintyy kaksi siikalajia; istutuksien kautta levinnyt, Venäjältä tuotu peledsiika (*Coregonus peled* (Gmelin)) ja luontaisesti maassa esiintyvä siika (*Coregonus lavaretus* (L. s.l.)), josta tunnetaan edelleen useita muotoja tai alalajeja. Lajin monimuotoisuudesta johtuen emokalaviljelyssä on istutustuotantoa varten nykyisin 11 vaellussiikakantaa, kolme planktonsiikakantaa, kaksi pohjasiikakantaa ja peledsiika. Mikään siikamuoto tai kanta ei ole saavuttanut suosituimmuusasemaa ruokakalaviljelijöiden keskuudessa. Siikamuotojen ja kantojen runsaus on lajin ruokakalaviljelyn kannalta mahdollisuus, jos niiden välillä on merkittäviä viljelyn taloudelliseen tulokseen vaikuttavia eroja kalojen tuotanto-ominaisuuksissa, kuten kasvussa, kuolleisuudessa, teuras- saannossa ja laadussa.

Tutkimuksen kohteena oli kaksi vaellussiikakantaa (Kokemäenjoki ja Kymijoki) sekä kantojen risteymät. Kaloja viljeltiin kolme kasvukautta, ensimmäinen kasvukausi sisävesialueella ja seuraavat kaksi kasvukautta merialueella (Rymättylässä).

Kahden siikakannan ja kantaristeymien välillä ei ollut eroja teurasominaisuuksissa (ruho- ja fileasaanto) eikä osassa laatuominaisuuksia (lihaksen rasvapitoisuus ja rokotusjäljet). Kokemäenjoen kanta oli ulkomuodoltaan solakampi kuin Kymijoen kanta. Kokemäenjoen kanta oli kasvatuksen lopussa painavampi, ja kalojen kuolleisuus merivaiheessa oli vähäisempää kuin Kymijoen kannan kaloilla. Nämä erot tuotanto-ominaisuuksissa vaikuttivat kalaparven myyntiarvoon (kilohinta) ja poikaskustannukseen (yhden kalakilon tuottamiseen tarvittava poikasmäärä) ja näiden tekijöiden kautta viljelyn taloudelliseen tulokseen. Taloudellinen tulos oli Kokemäenjoen kannalla huomattavasti parempi kuin Kymijoen kannalla. Kantaristeymien viljelytulos oli hieman, mutta ei merkittävästi heikompi kuin Kokemäenjoen kannan tulos.

Tutkimuksen perusteella siian meriviljelyn keskeisenä ongelmana on kalojen suuri kuolleisuus. Mereen siirron jälkeinen merkittävä osa parven kaloista ei ala syödä tarjottua rehua. Heikentyneet kalat laihuvat ja sairastuvat erilaisiin kalatauteihin.

Siika, ruokakalaviljely, kanta, kasvu, kuolleisuus, taloudellisuus, rokotusreaktiot

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 171

951-776-313-1

0787-8478

24 s.

Suomi

50 mk

Julkinen

Edita-kirjakauppa
Annankatu 44
00100 Helsinki

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki

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

Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Juha Koskela, Riitta Rahkonen, Leena Forsman, Olli Norrdahl och Lars-Gustaf Lönnström

Sikstammar i matfiskodling – en jämförelse mellan två sikstammar och deras hybrider

Rapport

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Odling av sik som matfisk 312 063

Siken är i Finland en vitt spridd art med många varieteter, som också har goda förutsättningar att vid sidan av regnbågsloxen bli en ny art för matfiskodling. Enligt nuvarande uppfattning förekommer i Finland två arter av sik; peledsik (*Coregonus peled* (Gmelin)), som hämtats från Ryssland och spritts via utsättningar och den sik, som förekommer naturligt i landet, (*Coregonus lavaretus* (L. s.l.)), av vilken dessutom flera former eller underarter är kända. På grund av artens mångformighet finns för närvarande 11 stammar av vandringsik, tre stammar av planktonsik, två stammar av bottensik och ytterligare peledsik i moderfiskodling för produktion av fisk för utsättning. Ingen av sikformerna eller stammarna har nått prioritetställning hos matfiskodlarna. Den stora mängden sikformer innebär en resurs för artens matfiskodlare om det mellan de olika sikformerna finns betydande skillnader i fiskarnas produktionsegenskaper, såsom i tillväxt, dödlighet, utbyte av slakten samt kvalitet, vilka samtliga påverkar det ekonomiska resultatet av odlingen.

Föremål för undersökningen var två olika stammar av vandringsik (Kumo älv och Kymmene älv) samt deras hybrider. Fiskarna odlades under tre tillväxtsåonger, den första säsongen i insjöområdet och de två följande säsongerna i havet (Rimito)

Mellan de två sikstammarna och deras hybrider fanns inga skillnader i slakthänseende (utfall för rensad fisk och fileer) och inte heller beträffande en del av kvalitetskriterierna (fetthalt i muskelvävnaden och spår av vaccination). Kumo älvs stam var till utseendet slankare än Kymmene älvs stam. Fisk av Kumo älvs stam var vid slutet av uppfödningen tyngre, och dödligheten i havsstadlet var lägre än för fisk från Kymmene älvs stam. Dessa skillnader i produktionsegenskaper inverkar på fiskarnas försäljningsvärde (kilopris) och yngelkostnader (mängden yngel som krävs för att producera ett kilo) och via dessa faktorer på det ekonomiska resultatet av odlingen. Det ekonomiska resultatet var för Kumo älvs stam klart bättre än för Kymmene älvs stam. Odlingresultatet för hybriderna var något, dock inte särskilt mycket sämre än resultatet för Kumo älvs stam.

På basen av undersökningen konstateras att det centrala problemet vid odling av sik i havsmiljö är fiskens höga dödlighet. En betydande del av fiskarna klarar inte av att börja äta det foder de får efter flyttningen till havsmiljön. De försvagade fiskarna magrar och är utsatta för ett flertal sjukdomar.

Sik, matfiskodling, stam, tillväxt, dödlighet, lönsamhet, vaccinreaktion

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 171

951-776-313-1

0787-8478

24 s.

Finska

50 FM

Offentlig

Edita-bokhandeln
Annegatan 44
00100 Helsingfors
Tel. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
PB 6
00721 Helsinki
Tel. 0205 7511 Fax 0205 751201

Published by

Date of Publication

Finnish Game and Fisheries Research Institute

January 2001

Author(s)

Juha Koskela, Riitta Rahkonen, Leena Forsman, Olli Norrdahl and Lars-Gustaf Lönnström

Title of Publication

Whitefish in aquaculture: comparison of two stocks and their hybrids

Type of Publication

Research report

Commissioned by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Research Contract

Title and Number of Project

Abstract

Whitefish is a polymorphous species widespread in Finland, having the qualifications to become a new species for aquaculture next to rainbow trout in importance. According to current knowledge, there are two whitefish species in Finland, *Coregonus lavaretus* L. s.l. and *Coregonus peled* Gmelin. The latter originates in Russia, while *C.lavaretus* originates in Finland and has many forms and subspecies. As a result of polymorphism, 17 stocks of whitefish (in brood fish culture) are reared for stocking, of which 11 stocks are migratory, 3 densely gill-rakered feeding on plankton, 2 sparsely gill-rakered and *C.peled*. No particular form or stock of whitefish is favoured among whitefish farmers. The variety of forms may prove important if the production characteristics (growth, mortality, carcass weight and the quality of the fish) of the stocks are different, affecting the economic result.

We examined two whitefish stocks (Kokemäenjoki and Kymijoki) and their hybrids. The fish were reared in the lake area in the first two growing seasons, and in the third and last, in the archipelago of south-west Finland.

There were no differences in carcass and file weight and in the quality of the fish (fat concentration of muscle and side effects of vaccination) among the stocks and hybrids. The Kokemäenjoki stock was slimmer than the Kymijoki stock. The Kokemäenjoki stock also was heavier at the end of the experiment and had lower mortality in the sea than the Kymijoki stock. These differences in the production characteristics had an effect on the sales revenue (price per kg) and on the fry cost (the amount of fry needed for the production of one kg of fish) and because of that on the economic result. The Kokemäenjoki stock had a much better financial result than the Kymijoki stock. As well, the hybrids produced a somewhat lower cultivation result than the Kokemäenjoki stock.

According to this and other research the main problem for whitefish culture in the sea is the mortality. Some whitefish in cages do not start to feed properly after transfer to the sea. Wastage of non-feeders leads to weight loss and predisposition to different fish diseases.

Key words

Whitefish, *Coregonus lavaretus*, stock, growth, mortality, economy, vaccination, side-effects

Series (key title and no.)

ISBN

ISSN

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 171

951-776-313-1

0787-8478

Pages

24 p.

Language

Finnish

Price

50 FIM

Confidentiality

Public

Distributed by

Oy Edita Ab

Book-shop

Annankatu 44

FIN-00100 Helsinki, Finland

Phone +358 0 566 0566

Fax +358 0 566 0570

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute

P.O.Box 6

FIN-00721 Helsinki, Finland

Phone +358 205 7511

Fax +358 205 7511

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

170. PARMANNE, R.

Silakan poikasten runsaus Suomen rannikolla vuosina 1974-1996. (Tätheten av strömmingsyngel vid Finlands kuster åren 1974-1996) (Abundance of Baltic herring larvae off the coast of Finland in 1974 - 1996). Helsinki 2001.

169. MIKKOLA, J., LAAMANEN, M., JUTILA, E.

Kymijoen vaelluskalat ja kalastus 1990-luvulla. (Kymmene älvs vandringsfiskar och fisket under 1990-talet) (Migratory fish of the Kymijoki river and their fishing in the 1990s). 44 s. Helsinki 2000.

168. LAPPAINEN, A.

Sisävesikalastus muuttuvassa yhteiskunnassa. (Insjöfisket i ett föränderligt samhälle) (Inland Fishing in a Changing Society). 38 s. Helsinki 2000.

167. KOLARI, I., AUVINEN, H., HIRVONEN, E.

Kalastus Puruvedellä vuosina 1979-1995. (Fisket i Puruvesi åren 1979-1995) (Fishing in Lake Puruvesi in 1979-1995). 25 s. Helsinki 2000.

166. MÄKI-PETÄYS, A., HUUSKO, A., KREIVI, P.

Järvilohen poikasten elinympäristövaatimukset kesällä ja syksyllä. (Insjöläxynghens krav på sin livsmiljö under sommar och höst) (Summer and autumn habitat requirements and the habitat use of young landlocked salmon (*Salmo salar m. lacustris*)). 15 s. Helsinki 2000.

165. KEINÄNEN, M., TOLONEN, T., IKONEN, E., PARMANNE, R., TIGERSTEDT, C., RYTLAHTI, J., SOIVIO, A., VUORINEN P.J.

Itämeren lohen lisääntymishäiriö – M74. (Östersjöläxens reproduktionsstörning – M74) (Reproduction disorder of Baltic salmon – M74). 38 s. Helsinki 2000.

164. KOIVURINTA, M., SYDÄNOJA, A., MARJOMÄKI, T., HELMINEN, H., VALKEAJÄRVI, P.

Taimenen ja järvilohen ravinto ja kasvu Puulassa, Päijänteessä, Konnevedessä ja Säkylän Pyhäjärvestä vuosina 1995-1996. (Öringens och insjöläxens föda och tillväxt i Puula, Päijänne, Konnevesi och Säkylä Pyhäjärvi åren 1995-1996) (Diet and growth of brown trout and landlocked salmon in lakes Puula, Päijänne, Konnevesi (central Finland) and Pyhäjärvi (SW Finland) from 1995-1996). 32 s. Helsinki 2000.

163. KOLARI, I., HIRVONEN, E., FRIMAN, T.

Nieräistutusten tuloksellisuus Puruvedessä. (Utbytet av rödingsutsättningarna i Puruvesi) (The stocking results of Arctic charr in Lake Puruvesi). 42 s. Helsinki 1999.

162. Ahvenen ravinto Puruvedessä. (Abborrens föda i Puruvesi) (The food of perch in Lake Puruvesi). Vuorimies, O. (toim.). 44s. Helsinki 1999.

161. VALKEAJÄRVI, P.

Päijänteen säännöstelyn vaikutus siikakantaan. (Inverkan av Päijännes reglering på sikbeståndet) (Effect of water level regulation on the whitefish stock in Lake Päijänne). 34 s. Helsinki 1999.

160. SIIRA, A., HUUSKO, A., KORHONEN, P.

Taimenistutusten vaikutus Kitkajärvien muikkukantaan ja kalansaaliiseen. (Inverkan av öringsutsättningarna på beståndet av siklöja och på fiskfångsterna i Kitkajärvi-sjöarna) (Affects of stocking of Brown Trout on Vendace population and total catch of fish in Lake Kitkajärvi). 27 s. Helsinki 1999.

159. PARMANNE, R.

Silakan kudun ajoittuminen ja kutuparviin koostumus rysäkalastuksen perusteella. (Strömmingens lektider och de lekande stimmens sammansättning enligt ryssjefångster) (The spawning time and composition of spawning shoals according to trapnet fishing of Baltic herring). 41 s. Helsinki 1999.

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

Lokan ja Porttipahdan vaellussiika – tekojärvien paikallinen arvokala. (Älvsiken i Lokka och Porttipahta - vattenmagasinens lokala värdefisk) (Whitefish: a Local Fish of Value in the Lokka and Porttipahta Reservoirs) 29. s. Helsinki 1999.

157. SAURA, A.

Taimenen säilyttäminen Gumbölenjoessa. (Åtgärder för att bevara öringen i Gumböleån) (Maintenance of the trout in the Gumbölenjoki River in Espoo). 19. s. Helsinki 1999.

156. NYKÄNEN, M., HUUSKO, A.

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä - kirjallisuusselvitys. (Harrens miljökrav i rinnande vatten - litteraturundersökning) (Habitat requirements and habitat use of riverine European grayling (*Thymallus thymallus* (L.)) — a review). 23 s. Helsinki 1999.

155. Saimaan järvilohen elinolosuhteiden parantaminen. (Hur kan förhållandena för insjöloxen i Saimen förbättras?) (Improving the living conditions for Saimaa landlocked salmon). Makkonen, J. (toim.). 97 s. Helsinki 1999.

154. JUTILA, E., JOKIKOKKO, E., SALO, P.

Viehekalastuksen kehitys Simojoen - kalastus Simossa ja Ranualla 1994 -1997 (Utvecklingen av spöfisket i Simojoki - fisket i Simo och Ranua åren 1994 - 97) (Development of rod fishing in the Simojoki River: fishing in the municipalities of Simo and Ranua, 1994-1997). Helsinki 1999.

153. HEIKINHEIMO, O.

Siian kalastuksen säätely sisävesissä.

(Reglering av sikfisket i insjöområdet) (Management of the whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) fishery in inland waters). 26 s. Helsinki 1999.

152. MIINALAINEN, M., VUORIMIES, O., HEIKINHEIMO, O.

Hauen ravinto Vuokalanjärvessä. (Gäddans näring i Vuokalanjärvi) (The Food of Northern Pike (*Esox lucius* L.) in Lake Vuokalanjärvi). 29 s. Helsinki 1998.

151. KOSKELA, J., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A., FORSMAN, L.

Ahvenen kasvatuksen kannattavuus - taloudellis-biologinen analyysi.

(Lönar det sig att odla abborre? - ekonomisk-biologisk analys) (Evaluation of the Profitability of the Short-term Cultivation of Perch: A Cost-Benefit Analysis). 21 s. Helsinki 1998.

150. KAUKORANTA, M., KOLJONEN, M.-L., KOSKINIEMI, J., PENNANEN, J.T.

Kala-atlas. Nahkiainen, pikkunahkiainen, lohi, taimen, nieriä, siika, muikku, harjus, toutain, vimpa, rantaneula ja kivisimppu - esiintymät ja kantojen tila. (Fiskatlas. Utbredning och tillstånd gällande bestånden av nejonöga, bäcknejonöga, lax, öring, röding, sik, siklöja, harr, asp, vimba, nissöga och stensimpa.) (Atlas of Finnish Fishes. Distribution of lamprey, brook lamprey, salmon, trout, Arctic charr, whitefish, vendace, grayling, asp, vimba, spined loach and bullhead, and status of the stocks). 57 s. Helsinki 1998.

149. MUTENIA, A., KORHONEN, P.

Lokan ja Porttipahdan haukikantojen hoito.

(Vård av gäddbestånden i Lokka och Porttipahta) (Management of Pike Stocks in the Lokka and Porttipahta reservoirs.) 32 s. + liitteet. Helsinki 1998.

148. JUVANKOSKI, N., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A., SAARNI, K., MICKWITZ, P.

Tukku- ja vähittäiskaupan näkemys kirjolohifileen kokonaislaadusta.

(Parti- och detaljhandels syn på totalkvaliteten hos regnbågsfile) (The Quality of Rainbow Trout Fillets According to Wholesalers and Retailers). 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

147. ESKELINEN, P., KOSKINIEMI, J.

Rautalammin reitin taimenen säilyttäminen eri viljelykantoja yhdistämällä.

(Kan öringen från Rautalampistråten bevaras genom kombination av olika odlade bestånd?) (Crossbreeding of separate reared strains of brown trout originating from Rautalampi watercourse). 16 s. Helsinki 1998.

146. HAAPALA, A., MÄKI-PETÄYS, A., HUUSKO, A.

Lohen (*Salmo salar* L.) jokipoikasille soveltuva elinympäristö ja sen käyttö — kirjallisuusselvitys.

(Livsmiljöer lämpliga för älvungel av lax (*Salmo salar* L.) och utnyttjandet av dessa. Litteraturundersökning) (Habitat use and preference of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in streams: a review). 21 s. Helsinki 1998.

145. HAKKARI, L., SELIN, P., WESTMAN, K., MIELONEN, M.

Planktonsiian ja peledsiian ravinnosta ja ravintokilpailusta Evon Majajärvessä ja Valkea-Mustajärvessä

(Näring och näringskonkurrens gällande plankton- och peledsik i sjöarna Majajärvi och Valkea-Mustajärvi i Evois.) (Food and competition for food of *Coregonus muksun* and *Coregonus peled* in lakes Majajärvi and Valkea-Mustajärvi, Evo.) 27 s. + liitteet. Helsinki 1998.

144. MIKKOLA, J.

Havin vuoden 1995 pesuainepäästön kalataloudelliset vaikutukset ja vahinkoarvio.

(Fiskeriekonomiska följder och uppskattning av skadorna till följd av tvättmedelsutsläppet från Havi år 1995.) (Effects on fisheries and the estimation of damage caused by the Hackman Havi detergent discharge.) 34 s. + liitteet. Helsinki 1998.

143. SAARNI, K., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A.

Kalakaupan ja jalostuksen odotukset kalanviljelyn monipuolistamiseksi.

(Fiskhandelns och -förädlingens förväntningar på en mera mångsidig fiskodling) (The prospects of fish wholesalers and fish processors to increase variety in fish farming) 22 s. Helsinki 1998.

142. LEINONEN, T., KORHONEN, P., SÄKKI, S.

Altaiden kattamisen ja vedenlaadun vaikutus vesihomeen esiintymiseen ja kalojen kuolleisuuteen.

(Effekten av baasängtäckning och vattenkvalitet på förekomst av vattenmögel och på fiskens dödlighet) (The effect of water quality and the covering of ponds on the fish mortality rate and the appearance of aquatic fungi) 24 s. + liitteet. Helsinki 1998.

141. HONKANEN, A., EEROLA, E., SETÄLÄ, J.

Kalan käyttö eri väestöryhmissä - kotitalouksien haastattelututkimuksen satoa.

(Fiskkonsumtionen i olika befolkningsgrupper - resultat av en intervjuundersökning i hushållen) (Behavioural Patterns Related to Finnish Fish Consumption: An Analysis of Demographic Characteristics). 38 s. + liitteet. Helsinki 1998.

140. HEIKINHEIMO, O., VALKEAJÄRVI, P.

Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä - Päätösanalyysitarkastelu

(Reglering av örings- och sikfisket i Päijänne - Granskning av beslutsanalys) (Management of the brown trout (*Salmo trutta* m. *Lacustris*) and whitefish (*Coregonus lavaretus*) fishery in Lake Päijänne: A decision analysis approach). 40 s. Helsinki 1998.

139. MIINALAINEN, M., HEIKINHEIMO, O.

Siikamuotojen ravintokilpailu Vuokalanjärvessä.

(Födokonkurrens mellan olika sikformer i Vuokalanjärvi) (Food segregation between five whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) stocks in Lake Vuokalanjärvi). 39 s. Helsinki 1998

138. AALTO, J., NIEMELÄ, E., JULKUNEN, M., ERKINARO, J.

Taimenen poikastiheydet, kasvu ja vaellukset Lutto- ja Nuortijoen.

(Yngeltätheter, tillväxt och vandringar hos öring i Lutto- och Nuortijoki) (Juvenile densities, growth and migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Rivers Luttojoki and Nuortijoki, northern Finland). 38 s. Helsinki 1998

137. KEMPPAINEN, S., MÄÄTTÄ, V., PASANEN, P., MÄÄTTÄ, E.

Nieriäläjät vertailussa - Elämänkaari poikasesta fileeksi

(Jämförelse mellan olika arter av röding - Livscykel från yngel till filé) (Comparison Between *Salvelinus* species: Lifespan from Fry to Fillet) 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

136. SETÄLÄ, J.

Parantaako silakan tehokas jäähditys troolikalastuksen kannattavuutta?

(Förbättrar effektiv kylning av strömming trålfiskets lönsamhet?) (Does effective chilling increase the profitability of trawl fisheries?) 36 s. Helsinki 1998.