

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 268

Rapujen tehostettu lammikkoviljely

Projektin raportit 1 - 4

Helsinki 2003



RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Rapujen tehostettu lammikkoviljely. Projektin raportit 1-4

Vuoden 1999 alusta käynnistyi Evon kalantutkimusasemalla EU:n rahoituksella (PESCA-yhteisöaloite) kolmivuotinen tutkimushanke rapujen tehostetusta lammikkoviljelystä. Hankkeen tavoitteena oli rapujen istukasviljelyn taloudellisen kannattavuuden parantaminen sekä laajasti sovellettavissa olevan ruokarapujen kasvatustekniikan kehittäminen. Hankkeessa tehtiin kokeita, joissa selvitettiin eri kokoisten rapujen ihanteelliset kasvatustiheydet sekä rapujen sukupuoli- ja kokolajittelun ja lisäruokinnan mahdollisuudet rapujen kasvun, eloonjäännin ja kasvatustiheyden lisäämisessä. Lisäksi alkuvaiheessa jouduttiin paneutumaan myös tutkimusympäristön kehittämiseen (suojapaikat) ja tutkimusmenetelmien parantamiseen (näytteenotto, yksilöllinen merkintä). Viimeksi mainittuihin tehtäviin liittyvien kokeiden raportit ovat tässä niteessä.

Ensimmäisessä kokeessa (raportti 1) verrattiin uudentyyppisiä muovisia suojapaikkaelementtejä viljelystä yleisesti käytettyihin reikätiiliin. Suojapaikan tyyppillä ei ollut vaikutusta rapujen kasvuun ja kuolleisuuteen, mutta uudet muovisuojapaikat olivat ylivoimaisia käsiteltävyydeltään.

Toisessa kokeessa (raportti 2) osoitettiin kehitetyn virtauksen perustuvan poikaspyödyksen tehokkuus ja käyttökelpoisuus ravunpoikasten harventamiseen kasvatuslammikosta. Näytteenottoon pyydys soveltuu vain varauksin, koska se valikoi rapuja koon mukaan.

Kolmannessa ja neljännessä kokeessa selvitettiin erilaisten merkintämenetelmien vaikutusta täpläravun poikasten kuolleisuuteen ja kasvuun. Rapututkimuksissa yleisesti käytetyn polttomerkin ja uropodileikkauksen lisäksi rapuja merkittiin kudokseen injisoitavilla lyijylasikuulilla (raportti 3) sekä ihon alle injisoitavilla erivärisillä elastomeerimuoveilla sekä fluorisoivilla kirjain/numerokooduilla muovilapuilla (Alpha-tag) (raportti 4). Kaikki merkintätavat toimivat hyvin myös pienillä yksilöillä, mutta vain kudokseen injisoitavat merkit mahdollistivat pitempiaikaisen ja luotettavan yksilöllisen kasvunseurannan.

täplärapu, suojapaikat, poikaspyödyks, merkintämenetelmät

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Evon kalantutkimusasema
16970 Evo
puh. 0205 751 420 Faksi 0205 751 429

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki
puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201

Sisällys

MUOVISET SUOJAPAIKKAELEMENTIT TÄPLÄRAVUN POIKASKASVATUKSESSA.	1
Jouni Tulonen ja Tero Ahvenharju	
RAPUJEN POIKASPYÖDYYS	13
Jouni Tulonen, Kari Puranen ja Tero Ahvenharju	
POLTTO-MERKINNÄN, UROPODILEIKKAUKSEN JA KUDOKSEEN INJISOITAVIEN LYIJYLASIKUULAMERKKIEN VAIKUTUS TÄPLÄRAVUN POIKASTEN KASVUUN JA KUOLLEISUUTEEN.....	27
Tero Ahvenharju, Jouni Tulonen ja Kari Ruohonen	
KUDOKSEEN INJISOITAVIEN ELASTOMEERI- JA ALPHATAG-MERKKIEN VAIKUTUS TÄPLÄRAVUN POIKASTEN KUOLLEISUUTEEN JA KASVUUN.....	41
Jari Huuskonen, Tero Ahvenharju, Jouni Tulonen ja Kari Ruohonen	

Muoviset suojapaikkaelementit täpläravun poikaskasvatuksessa.

Jouni Tulonen ja Tero Ahvenharju

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema, 16970 Evo

Sisällys

1. JOHDANTO.....	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	5
2.1. Suojapaikat, koealtaat ja kokeen toteutus	5
2.2. Vesitys, lämpötila, valaistus ja poikasten hoito	6
2.3. Mitatut vasteet ja tulosten käsittely.....	6
3. TULOKSET	7
3.1. Kasvu ja kuolleisuus.....	7
3.2. Poikasten viihtyminen suojapaikoissa.....	8
4. TULOSTEN TARKASTELU	9
KIRJALLISUUS	10

1. Johdanto

Luonnonvesissä rapujen esiintymistä määrittävät maantieteellisen sijainnin, veden laadun, ravintovarojen ja muun eliöyhteisön rakenteen lisäksi varsinkin pohjan laatu sekä suojapaikkojen laatu ja määrä. Ravut viihtyvät kovapohjaisilla alueilla, missä on tarjolla runsaasti suojapaikkoja tai johon ravut voivat itse kaivaa suojakolonsa (mm. Tulonen ym. 1998, Westman ym. 2002). Pehmeillä pohjilla raputiheydet ovat yleensä pieniä (mm Kirjavainen ja Westman 1999). Raputiheyden on myös havaittu olevan usein suorassa suhteessa suojapaikkojen määrään (Lodge & Hill 1994). Ravunpoikaset ovat aikuisiakin rapuja riippuvaisempia ranta-alueilla olevista suojapaikka-muodostumista (Englund & Krupa 2000). Suojapaikat vähentävät ravunpoikasiin kohdistuvaa saalistusta, mutta myös aikuisten rapujen todennäköisyyttä joutua lajitoverin syömäksi kuorenvaihdon yhteydessä (Ackefors 1996).

Rapujen viljelyssä keinoaltaissa tai maalammikoissa suojapaikkojen lisäämisen on todettu vähentävän kannibalismia, (Wickins & Lee 2002), lisäävän eloonjääntä (Westman 1973, Mason 1979, Geddes et al. 1993) ja parantavan kasvua (Karplus et al. 1995). Viljelylammikoissa suojapaikkoja on usein rakennettu luonnonkivistä ja murskeesta. Yleisesti on suojapaikkoina käytetty myös lammikoiden pohjalle laitettuja sa-laojaputkia, kattotiiliä tai reikätiiliä. Rapujen kannalta nämä ovat olleet varsin sopivia suojapaikoiksi, mutta erityisesti tyhjennettäviksi tarkoitetuissa altaissa ne ovat erittäin työläitä ja hankalia käsitellä (Järvenpää ym. 1996). Rapujen tehostetun lammikkoviljelyn tutkimushankkeessa ensimmäisenä työnä vuonna 1999 kehitettiin suojapaikkaelementti käytettäväksi sekä maalammikoissa että keinoaltaissa tehtävissä kokeissa. Suojapaikkaelementin piti olla kevyt, kestävä ja helppo valmistaa. Rapujen tuli myös hyväksyä se käyttöönsä. Kokeilujen jälkeen päädyttiin käyttämään muovisista taimikenoista rakennettuja elementtejä.

Tämän kokeen tavoitteena oli selvittää eroavatko uudet suojapaikkaelementit täplä-ravunpoikasten kasvun, kuolleisuuden ja suojapaikoissa viihtymisen suhteen perinteisemmistä reikätiilisuoja- paikoista.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Suojapaikat, koealtaat ja kokeen toteutus

Kokeessa verrattiin kahta erilaista muovisuoja- paikkaelementtiä ja kahta erilaista reikätiiltä keskenään. Molemmat reikätiilet olivat 28,5 cm pitkiä, 8,5 cm syviä ja 8,5 cm korkeita. Toisessa mallissa oli 29 pyöreätä, halkaisijaltaan 16-18 mm:n reikää (isotiili). Toisessa tiilessä reiät olivat pienempiä ja neliskulmaisia. Reiän sivu oli 9-10 mm (halkaisija nurkasta nurkkaan 12-13 mm) ja reikiä oli tiilessä 33 kpl (pienitiili). Molemmissa tiilissä reikien syvyys oli 8,5 cm eli sama kuin tiilen syvyys. Muoviset suojapaikkaelementit rakennettiin Lännen Tehtaiden taimikasvatuskennoista. Kennoista sahattiin kaksi riviä korkea, 40 cm pitkä "muovitiili", joka painotettiin vettä ras- kaammaksi täyttämällä muutama kolo betonilla. Toisessa suojapaikkaelementissä kolojen suuaukko oli 21 * 21 mm, kolojen syvyys 45 mm ja kartiomaisen kolon pohja 12 * 12 mm. Pohjassa oli 9 mm halkaisijaltaan oleva reikä, mutta muuten kupin sivut olivat umpinaiset. Suojakoloja yhdessä elementissä oli 32 kpl (pienimuovi). Toisessa elementissä kolojen suuaukon mitat olivat 33 * 33 mm, kolojen syvyys 70 mm ja pohjan mitat 23 * 23 mm. Pohjassa oli harva verkko ja lisäksi kartiomaisen kolon seinissä joka sivulla oli kolme pitkittäishalkiota. Koloja yhdessä elementissä oli 20 kpl (iso- muovi).

Koe aloitettiin 16.12.1999 ja lopetettiin 27.4.2000. Siinä käytettiin kesänvanhoja lammikoissa kasvatettuja täpläravun poikasia, jotka oli lajiteltu koon mukaan suurimmasta rapuerästä. Kokeeseen otettiin Ewoksen seulasarjalla lajitelluista poikasista 6 mm raosta läpimenneet mutta 5 mm rakovälille jääneet kaksisaksiset poikaset. Poikasten keskimääräinen (\pm keskihajonta) selkäkilven pituus ($12,5\pm 1,56$ mm) ja tuorepaino ($0,43\pm 0,17$ g) mitattiin 50 poikasen satunnaisotoksesta. Tämän kokoiset poikaset sopivat kokeen alussa vaivatta kaikkiin tarjolla oleviin suojakoloihin. Kuhunkin koealtaaseen jaettiin satunnaistetusti 28 poikasta, joka vastasi tiheyttä 68 yksilöä/m². Tällä istutusmäärällä jokaiselle poikaselle oli kaikissa käsittelyissä tarjolla vähintään kaksi suojakoloa.

Kokeet tehtiin muovisissa 0,41 m² keinoaltaissa (pituus 0,75m, leveys 0,55m ja korkeus 0,20m), joissa oli pohjalla 2-3 cm kerros pestyä soraa ja kanankalkkia (molempien raekoko n. 5 mm). Kokeessa oli mukana neljä käsittelyä eli suojapaikkavaihtoehtoa: pienitiili, isotiili, pienimuovi ja isomuovi. Kussakin käsittelyssä oli viisi rinnakaista allasta. Kaikkiaan koealtaita oli 20. Käsittelyiden paikat koealueella arvottiin. Molemmissa tiiliryhmissä käytettiin kahta tiiltä allasta kohden, samoin pienimuoviryhmässä suojapaikkaelementtejä oli kaksi. Isomuovi-ryhmässä suojapaikkaelementtejä oli altaassa kolme. Suojakolojen kokonaismäärät allasta kohden eri ryhmissä olivat: pieni tiili 66 kpl, iso tiili 58 kpl, pieni muovi 64 kpl ja iso muovi 60 kpl.

2.2. Vesitys, lämpötila, valaistus ja poikasten hoito

Kokeessa käytettiin Evon kalantutkimusaseman kaivosta saatavaa pohjavettä (pH 6,5, lämpötila 6-7 °C). Vesivyvyys altaissa oli noin 10 cm ja veden virtaus noin 0,5 l/min eli laskennallisesti altaan vesi vaihtui vajaassa puolesta tunnista. Vedestä kierrätettiin 80-90 %. Käytössä oli yksinkertainen biologinen suodatin, termostaattiohjattu sähköinen vedenlämmitin ja tehokas ilmastus. Koealtaissa kiertävän veden pH-luku oli tasaisesti välillä 6,5-6,8 ja hapenyllästysaste oli jatkuvasti yli 80 %. Lämpötila nostettiin kokeen alussa vähitellen kahden viikon aikana kuudesta asteesta vajaaseen kahteenkymmeneen asteeseen. Kokeen aikana lämpötila pysytteli välillä 18-20 °C. Koetilassa oli jatkuva himmennetty valaistus, jota tehostettiin päivänajaksi (09.00-18.00) kellokytkimin ajastetuilla asteittain syttyvillä ja sammuvilla hehkulanka- ja halogeenilampuilla. Ravunpoikaset ruokittiin arkipäivisin Rehu Raision valmistamalla koerhulla, jota annettiin vuorokaudessa 5% poikasten arvioidusta tuorepainosta. Rehu levitettiin käsin kahdessa erässä aamuin illoin tasaisesti koealtaaseen.

2.3. Mitatut vasteet ja tulosten käsittely

Rapujen eloonjääntiä ja kasvua seurattiin kaikissa ryhmissä laskemalla rapujen lukumäärä, mittaamalla kaikkien rapujen tuorepaino ja selkäkilven pituus kokeen puolivälissä 14.2.2000 ja lopussa 27.4.2000. Kuolleisuuden jakautuminen kokeen alusta ensimmäiseen välimittaukseen ja siitä kokeen loppuun oletettiin tasaiseksi. Poikasten saksi- ja raajavauriot kirjattiin mittausten yhteydessä. Poikasten viihtymistä suojapaikoissa kokeen aikana arvioitiin laskemalla suojapaikkojen ulkopuolella tavatut ravut (% laatikon koko rapumäärästä) joka altaasta yhtenä päivänä viikosta aamulla ennen päivävalojen syttymistä ja illalla ennen valojen sammumista. Ruokinta tehtiin aina poikasten laskemisen jälkeen, jotta rehu ei vaikuttanut rapujen aktiivisuuteen. Kaikiaan poikasten sijainti altaissa tarkastettiin 28 erillisenä kertana.

Poikasten tuorepaino ja selkäkilven pituus analysoitiin varianssianalyysilla yleistä lineaarista mallia käyttäen. Viihtyvyys, kuolleisuus sekä saksi- ja jalkavauriot käsiteltiin allaskeskiarvoina. Ne analysoitiin yksisuuntaisena varianssianalyysina. Aineisto-

jen normaalijakautuneisuus ja varianssien homogeenisuus tarkistettiin analysoimalla residuaaleja. Viihtyvyyden osalta parittaiset keskiarvojen vertailut tehtiin Tukeyn HSD -testillä. Analyysit tehtiin SYSTAT 9.0 tilastojenkäsittelyohjelmalla (Systat 1996).

3. Tulokset

3.1. Kasvu ja kuolleisuus

Välimittaukseen 14.2.2000 mennessä poikasia oli kuollut eri käsittelyissä keskimäärin 4,11 %. Tiilisuojavaikkaryhmissä havaittiin aavistuksen suurempi kuolleisuus, mutta tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyiden välillä ei ollut ($F_{3,16}=0,545$, $p=0,658$). Poikasten keskimääräinen (\pm keskihajonta) selkakilven pituus oli $19,1\pm 3,0$ mm ja tuorepaino $2,01\pm 1,02$ g isomuovi-käsittelyssä. Muissa ryhmissä poikaset olivat aavistuksen verran pienempiä (Taulukko 1). Rapujen kasvussa ei havaittu suojavaikkojen välillä merkitseviä eroja selkakilven pituuden ($F_{3,16}=1,226$, $p=0,333$) tai tuorepainon ($F_{3,16}=2,506$, $p=0,096$) suhteen. Saksivaurioita kaikista ravuista oli keskimäärin 9,16 %:lla. Molemmissa suojavaikkatyypeissä oli suuntaa antavasti enemmän saksivaurioita kun suojakolon koko oli pienempi ($F_{3,16}=3,111$, $p=0,056$). Raajavaurioita oli keskimäärin 11,3 %:lla poikasista. Vaurioituneilta ravuilta raajoja puuttui keskimäärin 1,37 kpl. Käsittelyjen välillä ei havaittu merkitseviä eroja raajavaurioiden esiintymisen ($F_{3,16}=0,164$, $p=0,919$) tai puutuvien raajojen lukumäärän ($F_{3,16}=0,677$, $p=0,579$) suhteen. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) käsittelykohtainen biomassa välimittauksessa oli $54,7\pm 4,2$ g (isomuovi), $50,0\pm 4,7$ g (pienimuovi), $49,5\pm 3,2$ g (isotiili) ja $49,6\pm 1,8$ g (pienitiili). Ero isoreikäisen muovisuojavaikan hyväksi ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($F_{3,16}=2,32$, $P=0,114$).

Taulukko 1. Rapujen keskimääräinen (\pm keskihajonta) kuolleisuus (%), selkakilven pituus (mm), tuorepaino (g) sekä saksi- ja raajavaurioiden määrä (%) välinäytteessä 14.2.2002.

Käsittely	Kuolleisuus	Selkakilpi	Tuorepaino	Saksivauriot	Raajavauriot
Isomuovi	$2,9\pm 3,0$	$19,1\pm 3,0$	$2,01\pm 1,02$	$5,9\pm 5,0$	$9,6\pm 2,1$
Pienimuovi	$3,6\pm 4,4$	$18,6\pm 3,1$	$1,84\pm 0,98$	$11,1\pm 4,5$	$12,3\pm 8,1$
Isotiili	$5,0\pm 2,0$	$18,7\pm 2,7$	$1,86\pm 0,84$	$4,5\pm 3,2$	$11,9\pm 8,4$
Pienitiili	$5,0\pm 3,2$	$18,7\pm 2,8$	$1,86\pm 0,90$	$15,1\pm 9,9$	$11,4\pm 6,2$

Kaikkiaan kokeen aikana poikasia kuoli 14,3 %. Käsittelyiden välillä ei kuolleisuudessa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ($F_{3,16}=0,184$, $p=0,906$), mutta tiilisuojavaikoissa kuolleisuus oli hivenen korkeampi kuin muovisissa suojavaikoissa.

Rapujen keskimääräinen selkakilven pituus lähes kaksinkertaistui ja keskimääräinen tuorepaino kymmenkertaistui kokeen aikana (133 vrk). Kuorenvaihtoja havaittiin ensimmäisen kerran runsaasti 11.1.-13.1. välisenä aikana. Seuraavan kerran kuorenvaihtoja oli tihentyneesti 17.2.-24.2., mutta sen jälkeen ei ollut havaittavissa selkeitä huipujaksoja, vaan vanhoja kuoria löydettiin altaista päivittäin. Poikaset isotiili -ryhmässä olivat loppumittauksessa hieman muita pidempiä (Taulukko 2). Kasvussa ei kokeen aikana kuitenkaan havaittu suojavaikkojen välillä merkitseviä eroja selkakilven pituuden ($F_{3,16}=1,236$, $p=0,329$) tai tuorepainon ($F_{3,16}=1,044$, $p=0,400$) suhteen. Saksivaurioita oli 24,9 %:lla ja raajavaurioita 29,3 %:lla ravuista. Saksivaurioiden

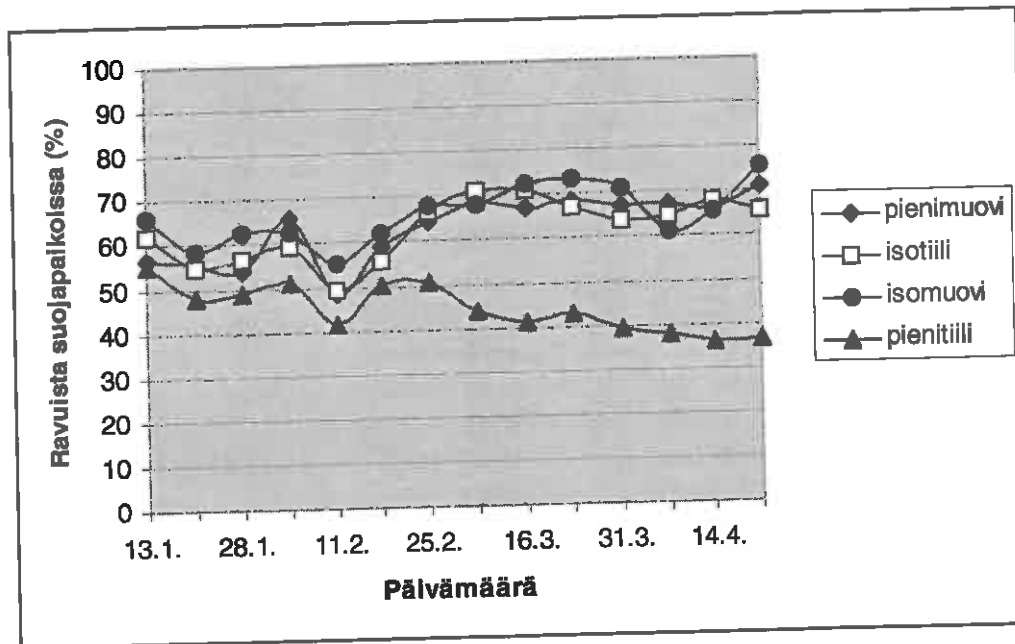
suhteen ei ollut merkitseviä eroja suojapaikkojen välillä ($F_{3,16}=1,368$, $p=0,288$). Raajavaurioita oli muovisuojapaikkaryhmissä hieman enemmän tiilisuojapaikkaryhmiin verrattuna. Ero oli kuitenkin vain suuntaa antava ($F_{3,16}=3,127$, $p=0,055$). Raajojaan menettäneiltä yksilöiltä puuttui keskimäärin 1,93 raajaa. Käsittelyjen välillä ei ollut eroja puuttuvien raajojen lukumäärien suhteen ($F_{3,16}=2,118$, $p=0,138$). Loppumittauksessa altaiden keskimääräiset (\pm keskihajonta) biomassat olivat 104,9 \pm 12,4 g (isomuovi), 102,1 \pm 4,1 g (pienimuovi), 105,4 \pm 2,9 g (isotiili) ja 100,7 \pm 7,7 g (pienitiili). Ne eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($F_{3,16}=0,427$, $P=0,736$).

Taulukko 2. Rapujen keskimääräinen (\pm keskihajonta) kuolleisuus (%), selkäkilven pituus (mm), tuorepaino (g) sekä saks- ja raajavaurioiden määrä (%) loppunäytteessä 27.4.2002.

Käsittely	Kuolleisuus	Selkäkilpi	Tuorepaino	Saksivauriot	Raajavauriot
Isomuovi	14,3 \pm 6,7	23,7 \pm 4,4	4,37 \pm 2,86	27,4 \pm 14,2	32,4 \pm 12,3
Pienimuovi	12,1 \pm 7,8	23,5 \pm 4,2	4,15 \pm 2,46	29,2 \pm 3,8	36,7 \pm 4,7
Isotiili	15,7 \pm 8,2	24,1 \pm 3,8	4,47 \pm 2,18	17,5 \pm 7,8	21,9 \pm 8,2
Pienitiili	15,0 \pm 9,2	23,5 \pm 4,5	4,23 \pm 2,61	25,5 \pm 10,6	26,1 \pm 5,9

3.2. Poikasten viihtyminen suojapaikoissa

Poikasten suojapaikan käyttö ei näyttänyt riippuvan vuorokauden ajasta. Vajaassa kymmenesosassa (8,9 %) tapauksista täsmälleen sama määrä poikasista oli pohjalla suojakolon ulkopuolella sekä aamulla että illalla. Lähes puolessa kaikista havaintokeroista (48,6 %) poikasista oli aamuisin liikkeellä enemmän kuin iltaisin, mutta 42,5 %:ssa tapauksia tilanne oli päinvastainen. Kuvassa 1 on aamu- ja iltatarkastuksen tulokset yhdistetty käsittelyittäin. Altaissa, joissa suojapaikkoina olivat pienireikäiset tiilet, piilossa olevien rapujen osuus laski alun noin 55 %:sta lopulta alle 40 %:iin. Kaikissa muissa käsittelyissä suojapaikkojen käyttö lisääntyi ajan myötä. Pienitiilisen ryhmän ero muihin oli tilastollisesti merkitsevä ($p<0,05$) lähes tarkkailujakson alusta lähtien ja muuttui erittäin merkitseväksi ($p<0,01$) helmikuun lopulta (esim. aamulla 25.2. $F_{3,16}=17,608$, $p<0,001$).



Kuva 1. Suojapaikoista tavattujen rapujen osuus kaikista altaan ravuista (%) tarkkailujakson 13.1.-24.4. aikana. Kuolleisuus kokeen aikana oletettiin taiseksi.

4. Tulosten tarkastelu

Ravut kasvoivat yhtä hyvin kaikissa koeryhmissä. Poikaskuolleisuus oli kokeen aikana 14,3 %, mikä vaikuttaa tavanomaiselta. Kokeessa testatuilla suojapaikoilla ei havaittu olevan tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia poikasten selkäkilven tai tuorepaimon kasvuun eikä kuolleisuuteen. Samankaltainen tulos saatiin myös Olkiluodon rapulaitoksella tehdyissä suojapaikkakokeissa (Järvenpää ym. 1999). Siinä vertailtiin kahta erilaista reikätiiltä (toisessa reiän halkaisija 16 mm ja toisessa 10-11 mm) muovisesta kynnysmatosta tehtyihin suojapaikkaelementteihin. Kokeissa käytetyt täpläravun poikaset olivat pienempiä (selkäkilpi 9,6 mm), raputiheys oli kolminkertainen, mutta koejakson pituus lyhyempi (40 vrk) kuin tässä kokeessa. Suojapaikkojen keskinäisessä vertailussa ruuhoimaton ja reikätiilet poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ainoastaan altaiden tuoton suhteen. Reikätiilet antoivat paremman tuloksen. Evolla tehdyssä kokeessa altaiden tuotot sekä väli- että loppumittauksessa olivat hyvin tasaiset käsittelyjen suhteen. Merkitseviä eroja ei havaittu väli- eikä loppunäytteessä.

Olkiluodon kokeissa suojapaikkojen lisäämisellä altaisiin oli selvästi eloonjääntä parantava ja saksivaurioita pienentävä vaikutus. Tässä kokeessa ei koetilojen rajallisuuden takia ollut käsittelyä, jossa suojapaikkoja ei olisi ollut lainkaan. Altaissa, joissa suojapaikkana oli pienireikäinen tiili, yli puolet ravuista oli käytännössä kokeen puolivälin jälkeen ilman suojapaikkaa "kasvettuaan ulos kolostaan". Tämä olisi luultavasti näkynyt kuolleisuuden ja saksin- sekä raajavaurioiden lisääntymisenä, mikäli altaiden pohjalla ei olisi ollut hiekkaa. Kuitenkaan kuolleisuus ei näissä altaissa noussut muita ryhmiä suuremmaksi. Tämän saattaa selittää se, että ravut kaivoivat suojakoloja pohjasoraan tiilien alle ja pystyivät näin kompensoimaan varsinaisten koesuojapaikkojen puutetta. Myös suojapaikkana käytettävä kynnysmatto tarjoaa ravuille suojaa vain tiettyyn kokoon asti. Laukaan kalantutkimuksessa tehdyissä rapukokeissa havaittiin, että muovinen kynnysmattoelementti paransi täpläravun vastakuoriutuneiden poikasten eloonjääntä vain, kun pohjamateriaalina oli irtonainen sorakerros, johon ravut itse saivat isommaksi kasvettuaan kaivaa koloja (Savolainen et al., in press). Reikätiili-

lisuojapaikkoja käytettäessä rapujen koko, jonka jälkeen suoja on ravuille liian pieni, on hyvin tarkkaan määritettävissä. Muovikunnoista rakennetut suojapaikat sen sijaan tarjoavat suojaa hyvin monenkokoisille ravuille. Suojakolot ovat niissä kartiomaisia ja lisäksi kennostojen taustapuolella on myös pienille ravuille soveliaita onkaloita. Lisäksi näytti siltä, että muovikunno monimuotoisempina ja soraan uppoamattomana houkutteli rapuja kaivamaan enemmän suojakoloja alleen kuin suorakaiteen muotoinen ja enemmän soraan painuva reikätiili.

Uudet muoviset suojapaikat ovat halpoja ja helppoja rakentaa sekä kestäviä käytössä. Ravut viihtyvät niissä yhtä hyvin kuin tiilisuojapaikoissa, mutta kasvatusaltaan tyhjennyksen yhteydessä rapujen kerääminen muovisista suojapaikoista on moninverroin helpompaa kuin reikätiilistä tai kivikkosuojapaikoista. Keveys ja helppo käsiteltävyys vähentävät oleellisesti viljelytyön rasittavuutta. Tämän kokeen tulosten perusteella voidaan sanoa, että kehitetty suojapaikkaelementti soveltuu erinomaisesti käytettäväksi perinteisten suojapaikkojen sijasta sekä keinoallas- että lammikko-olosuhteissa.

Kirjallisuus

- Ackefors, H. 1996. The development of crayfish culture in Sweden during the last decade. *Freshwater Crayfish* 11: 627-654.
- Englund, G. & Krupa, J. J. 2000. Habitat use by crayfish in stream pools: influence of predators, depth and body size. *Freshwater Biology* 43: 75-83.
- Geddes, M.C., Smallridge, M. & Clark, S. 1993. The effect of stocking density, food type and shelters on survival and growth of the Australian freshwater crayfish, *Cherax destructor*, in experimental ponds. *Freshwater Crayfish* 9: 57-69.
- Järvenpää, T., Tulonen, J., Erkamo, E., Savolainen, R. & Setälä, J. 1996. Ravunviljely, menetelmät ja kannatavuus. Riistan ja kalantutkimus. Helsinki 1996. 111 s.
- Järvenpää, T., Ruohonen, K., Kervinen, J. & Rahkonen, R. 1999. Suojapaikkaelementtien rakenteen ja pohjasoran raekoon merkitys täpläravunpoikasten kasvuun, eloonjääntiin ja saksivaurioihin. Kala- ja riistaraportteja 170: 17-28.
- Karplus, I., Barki, A., Levi, T., Hulata, G. & Harpaz, S. 1995. Effects of kinship and shelter on growth and survival of juvenile Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Freshwater Crayfish* 10: 494-505.
- Kirjavainen, J. & Westman, K. 1999. Natural history and development of the introduced signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus*, in a small, isolated Finnish lake, from 1968 to 1993. *Aquat. Living Resour.* 12:387-401.
- Lodge, D. M. & Hill, A. M. 1994. Factors governing species composition, population size and productivity of cool-water crayfishes. *Nordic Journal of Freshwater Research* 69: 111-136.
- Mason, J.C. 1979. Effects of temperature, photoperiod, substrate and shelter on survival, growth and biomass accumulation of juvenile *Pacifastacus leniusculus* in culture. *Freshwater Crayfish* 4: 73-82.
- Savolainen, R., Ruohonen, K. & Tulonen, J. Effects of bottom substrate and presence of shelter in experimental tanks on growth and survival of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* D.) juveniles. *Aquaculture Research*, in press.
- Systat 1996. SYSTAT@6,0 for Windows: Statistics, SPSS Inc., Chicago, Illinois.
- Tulonen, J., Erkamo, E., Järvenpää, T., Westman, K., Savolainen, R. & Mannonen, A. 1998. Rapuvedet tuottaviksi. Riistan ja kalantutkimus. Helsinki 1998. 152 s.

Westman, K. 1973. Cultivation of the American crayfish *Pacifastacus leniusculus*. *Freshwater Crayfish*, 1, 211-220.

Westman, K., Savolainen, R. & Julkunen, M. 2002. Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a small, enclosed Finnish lake: a 30-year study. *Ecography* 25 (1): 53-73.

Wickins, J. F. & Lee, D.O'C. 2002. Crustacean Farming. Ranching and culture. Blackwell Science Ltd. London 2002. 446 p.

Rapujen poikaspyydys

Jouni Tulonen, Kari Puranen ja Tero Ahvenharju

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema, 16970 Evo

Sisällys

1. JOHDANTO.....	17
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	17
2.1. Pyydyksen rakenne ja koelammikot.....	17
2.2. Koeravut ja koejärjestelyt	18
2.2.1. Kesänvanhat poikaset	18
2.2.2. Jatkokasvatetut poikaset	18
3. TULOKSET	19
3.1. Pyyntitehokkuus	19
3.1.1. Kesänvanhat poikaset	19
3.1.2. Jatkokasvatetut poikaset	20
3.2. Pyydyksen valikoivuus	21
3.3. Syötin ja virtauksen vaikutus saaliisiin	23
4. TULOSTEN TARKASTELU.....	24
KIRJALLISUUTTA.....	25

1. Johdanto

Ravun poikasnäytteiden saaminen lammikoista kasvatuksen aikana on tutkimuksellisesti usein välttämätöntä, mutta vaikeaa tai jopa mahdotonta. Poikasten kerääminen (harventaminen) lammikoista kasvatuskauten aikana mahdollistaisi istutustiheyden nostamisen ja parantaisi myös poikastuotannon taloudellisuutta (Järvenpää ym. 1996).

Pohjassa elävien selkärangattomien pyydystämiseen on käytetty monia erilaisia menetelmiä. Näytteitä on mm. kerätty käsin, sukeltajan käyttämällä pohjaimurilla ja erilaisilla noutimilla. Ravunpoikasia on myös pyydetty sähkökalastuslaitteiden avulla (Tulonen ym. 1999). Näiden menetelmien tehokkuus on suurelta osin riippunut veden tai pohjan laadusta, työntekijän huolellisuudesta sekä sääolosuhteista. Määrällisten tai edes laadullisten näytteiden saaminen on ollut mahdollista ainoastaan poikkeuksellisen hyvissä olosuhteissa. Lisäksi yllämainitut menetelmät ovat työläitä tai osin liian rajuja istutuspoikasten keräämiseen lammikosta luontoon tai jatkokasvatukseen siirtoa varten. Ravunpoikasten käyttäytymistutkimusten ja viljelystä saatujen kokemusten pohjalta kehitettiin Riista ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL:n) Evon kalantutkimusasemalla edullinen ja yksinkertainen muovinen poikaspyydys, joka houkuttelee ravunpoikasia veden virtauksen, syöttin tai molempien avulla.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Pyydyksen rakenne ja koelammikot

Pyydys rakennettiin kahdesta 1,5 litran katkaistusta muovisesta virvoitusjuomapullosta, jotka liitettiin sisäkkäin (suuaukot samaan suuntaan) siten, että toisesta pullosta muodostui pyydyksen nielu ja toisesta varasto sisään menneille ravuille. Nielun suuaukon sisähalkaisija on 20 mm ja pyydyksen varasto-osan tilavuus noin 0,8 litraa. Pyydys painotettiin betonilla vettä raskaammaksi ja liitettiin korkin läpi viedyllä sili-koniletkulla jakoputkeen, jonka kautta aina kymmenen pyydystä sai yhtä aikaa vesityksen poikasaltaan omasta tulovesiputkesta. Vaihtoehtoisesti vesitys olisi voitu järjestää myös erillisellä sähkö- tai polttomootorikäyttöisellä pumppulla. Kenttäolosuhteissa kokeiltiin myös akkutoimisia ns. pilssipumppuja. Tarkemmin pyydyksen rakentaminen on kuvattu opinnäytetyössä (Puranen 2000). Kymmenen pyydyksen materiaalikustannukset olivat noin 400 mk ja työaika niiden rakentamiseen kului lähes yksi työpäivä.

Pyydyksiä kokeiltiin pienissä ja matalissa (pinta-ala 35 m², suurin syvyys noin 60 cm) kasvatusaltaissa kesien 1999 ja 2000 aikana. Lammikoissa oli normaalien kivikkosuojojapaikkojen lisäksi keinotekoisia suojojapaikkoja (muovisia taimikenoja). Testeissä käytettiin vastakuoriutuneita ja jatkokasvatettuja täpläravun poikasia. Rapuja ruokittiin lammikoihin päivittäin koeohjelmien mukaisesti (ma-pe) Raision rapurehulla koko kasvukauden ajan. Kaikkien pyyntijaksojen aikana molemmilla poikasryhmillä pyydykset laitettiin pyyntiin aina iltapäivällä (klo 14.00-16.00) ja koettiin seuraavana aamuna (klo 08.00-10.00), jolloin yhden pyyntikerran pituus oli noin 18-20 tuntia.

2.2. Koeravut ja koejärjestelyt

2.2.1. Kesänvanhat poikaset

Vuonna 1999 vastakuoriutuneet täpläravunpoikaset tuotiin Laukaan kalanviljelylaitokselta 10.6. ja jaettiin satunnaisesti neljään lammikkoon tiheydellä 60 yksilöä/neliometri. Lammikoiden paikat koalueella arvottiin. Vastakuoriutuneita poikasia ei mitattu, mutta keskipainona voidaan pitää viljelyssä yleisesti käytettyä useiden vuosien keskiarvoa 0,025 grammaa ja selkäkilven keskipituutena n. 5-6 mm (Järvenpää ym. 1996). Pyydyksiä testattiin kasvatuskauden aikana neljän vuorokauden pyyntijaksoissa yhdessä lammikossa vuorollaan. Pyyntissä oli kerralla 30 pyydystä. Ensimmäinen pyyntijakso oli viisi viikkoa istutuksen jälkeen (19.-23.7, lammikko 1) ja sen jälkeen seuraava ennen elokuun puoliväliä (9.-13.8., lammikko 2), elo-syyskuun vaihteessa (30.8.-3.9., lammikko 3) ja lokakuun puolivälin jälkeen (19.-25.10., lammikko 4). Pyyntin jälkeen altaat tyhjennettiin ja pohjalla olevat ravut kerättiin sekä laskettiin. Tämän jälkeen tehtiin tasaisesti kivikkoon ympäri lammikkoa 30*30cm:n koaluetta kymmenen kappaletta, joista kerättiin ja laskettiin suojakoloissa olleet ravut. Saadun tuloksen perusteella arvioitiin koko kivikkoalueella olevien rapujen määrä (näytealat verrattuna koko kivikkoalaan). Lammikon 4 tyhjennyksessä kaikki ravut kerättiin lammikosta käymällä koko kivikko läpi. Kolmella viimeisellä pyyntijaksolla (lammikot 2, 3 ja 4) eri pyyntikerroilla saadut ravut yhdistettiin ja kokoomanäytteestä otettiin 25 ravun satunnaisotos, joka mitattiin ja punnittiin yksilöllisesti. Ensimmäisen pyyntijakson (lammikko 1) kaikista pyyntikerroista otettiin erillinen näyte.

Vuonna 2000 vastakuoriutuneet poikaset tuotiin Evolle 20.6. ja istutettiin koelaituksiin tiheyksillä 50, 100, 200, 300 ja 600 yksilöä neliometrille. Poikaset jaettiin istutusryhmiin satunnaisesti ja koelaitusten paikat lammikkoalueella arvottiin. Pyydysten valikoivuutta testattiin syyskuun puolivälissä vertaamalla pyydyksillä juuri ennen lammikon tyhjennystä saatujen rapujen keskimääräisiä selkäkilven pituuksia samasta lammikosta tyhjennyksessä kerättyjen rapujen keskimääräisiin selkäkilven pituuksiin. Pyyntissä käytettiin kymmentä pyydystä lammikkoa kohden yhden yön ajan. Tiheyksissä 50 ja 300 yks./neliometri pyydettiin kolmea lammikkoa, tiheyksissä 100 ja 200 yks./neliometri kahta lammikkoa ja tiheydestä 600 yks./neliometri yhtä lammikkoa. Kymmenellä poikaspyydyksellä saadun näytteen ja loppunäytteen lammikkokohtaisia selkäkilven pituuden keskiarvoja verrattiin t-testillä. Tätä ennen selvitettiin, poikkeavatko verrattavien keskiarvojen varianssit toisistaan. Analyysit tehtiin Ihaka ja Gentlemanin (1996) mukaan.

2.2.2. Jatkokasvatetut poikaset

Jatkokasvatetut poikaset tuotiin Olkiluodon rapulaitokselta (TVO) 9.6.1999 ja ne istutettiin 20 lammikkoon kolmella eri tiheydellä (5 yksilöä/m², 25 yksilöä/m² ja 50 yksilöä/m²). Käsittelyjen paikat lammikkoalueella arvottiin ja kuhinkin lammikkoon istutetut poikaset valittiin satunnaisesti koko poikasjoukosta. Poikaset olivat kuoriutuneet Olkiluodossa maaliskuussa ja lammikkoon laitettaessa niiden selkäkilven keskipituus oli 14,5 mm ja keskipaino 0,7 g. Lammikoista otettiin poikasnäytteet uusilla pyydyksillä viikoilla 13.-16.7., 3.-6.8., 23.-27.8 ja 28.9.-6.10. Kolmen ensimmäisen pyyntijakson aikana jokainen koelammikko pyydettiin 10 pyydyksellä yhden kerran. Samanaikaisesti pyyntissä oli aina neljä lammikkoa, jolloin kaikki 20 lammikkoa saatiin pyydyttyä jakson aikana. Pyyntin jälkeen lammikoita ei tyhjennetty vaan poikasmäärät lammikoissa arvioitiin lopullisen eloonjäännin perusteella olettamalla kesänaikainen kuolleisuus tasaiseksi. Pyydyksiä kokeiltiin kesän aikana ilman veden virtausta ja virtauksen kanssa (1,5-2 l/min/pyydys) sekä syötillä (kala tai Raision rapurehu) että ilman syöttiä. Viimeisessä pyyntijaksossa syksyllä ennen lammikoiden tyhjentämistä pyydettiin jokaisesta tiheydestä kahta lammikkoa, mutta tehostetusti kolmena vuorokautena peräkkäin. Pyydysten valikoivuutta selvitettiin vertaamalla lammikosta pullo-

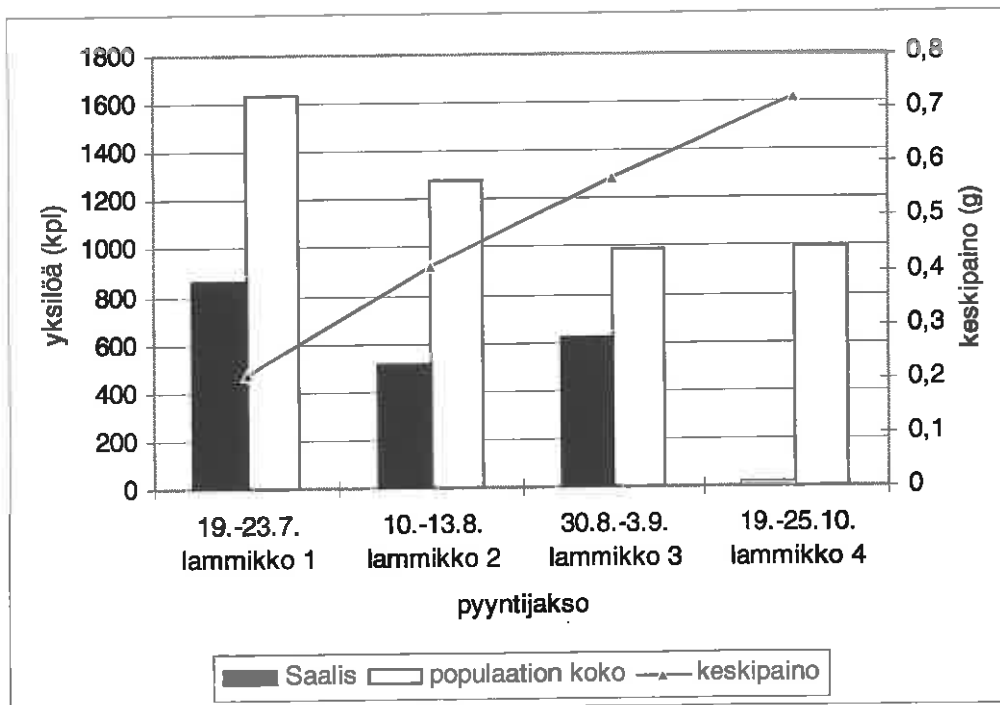
pyydyksellä saatujen rapujen ja loppunäytteen rapujen selkälilven pituuden ja tuorepainon keskiarvoja t-testillä. Tätä ennen selvitettiin, poikkeavatko verrattavien keskiarvojen varianssit toisistaan. Analyysit tehtiin Ihaka ja Gentlemanin (1996) mukaan.

3. Tulokset

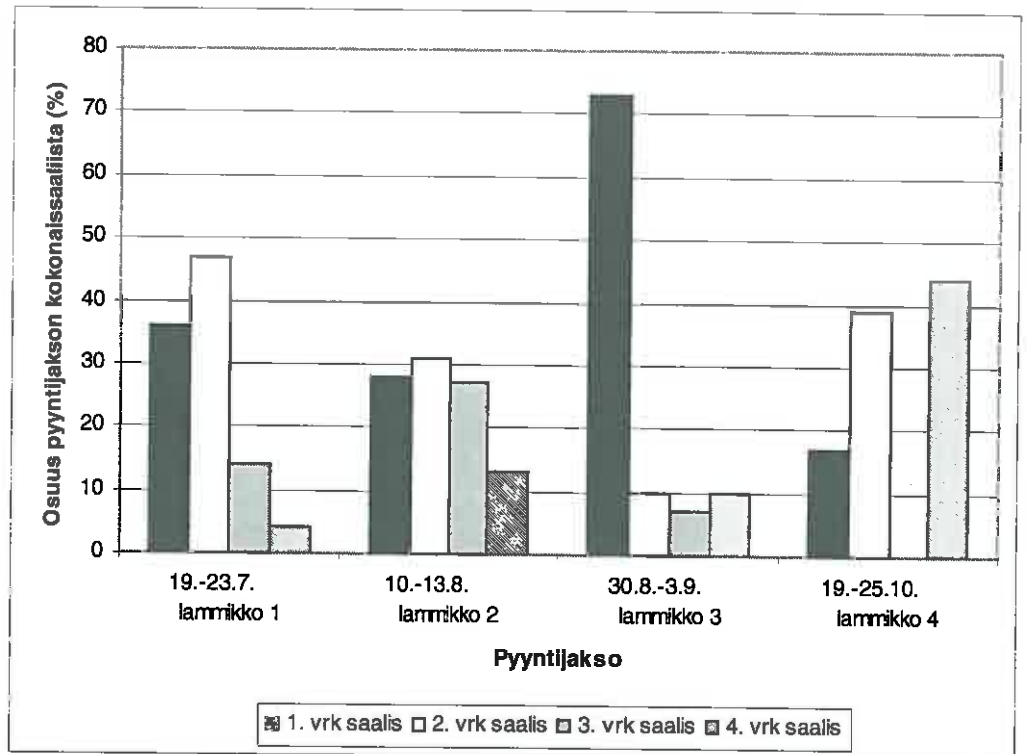
3.1. Pyyntitehokkuus

3.1.1. Kesänvanhat poikaset

Pyydykset olivat erittäin tehokkaita. Neljän vuorokauden pituisen pyyntijakson aikana saatiin vuonna 1999 lammikosta tyypillisesti talteen 40-60% ensimmäisen kesän kasvukaudella olevasta täplärapukannasta. Ainoana poikkeuksena oli syksyn viimeinen pyyntijakso (veden lämpötila alle +6°C), jolloin saatiin pyydettyä vain 18 rapua eli 1,8% kannasta (kuva 1). Kolmen ensimmäisen pyyntijakson aikana keskimääräinen pyydyskohtainen saalis oli 3,7 rapua/pyydys ja paras saalis 53 rapua/pyydys. Parhaat saaliit saatiin kunkin pyyntijakson alussa. Elo-syyskuun vaihteessa yli 70% saaliista saatiin ensimmäisenä yönä (kuva 2).



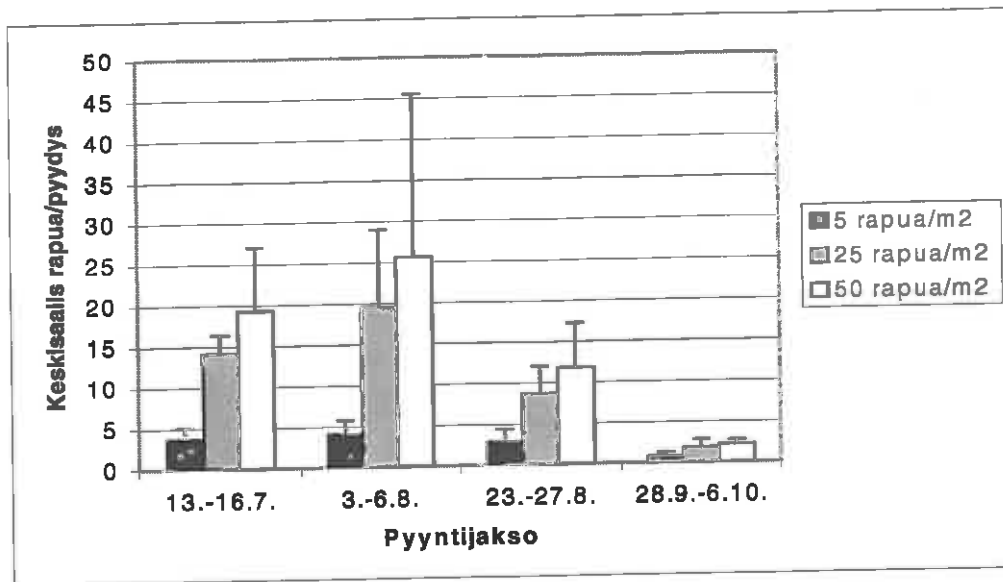
Kuva 1. Neljän perättäisen pyyntikerran lammikkokohtainen kokonaissaalis ja saalisrapujen keskipaino (g) sekä arvioitu populaation koko lammikoissa ensimmäisen kesän täplärapunpoikasilla eri pyyntijaksoilla.



Kuva 2. Yksittäisten pyyntikertojen saaliin osuus neljän vuorokauden pyyntijakson kokonaissaaliista ensimmäisen kesän täpläravunpoikasilla neljänä eri ajankohtana kesällä 1999. Pyydykset koettiin joka aamu. Viimeisen pyyntijakson (lammikko 4) kokonaissaalis oli vain 18 rapua.

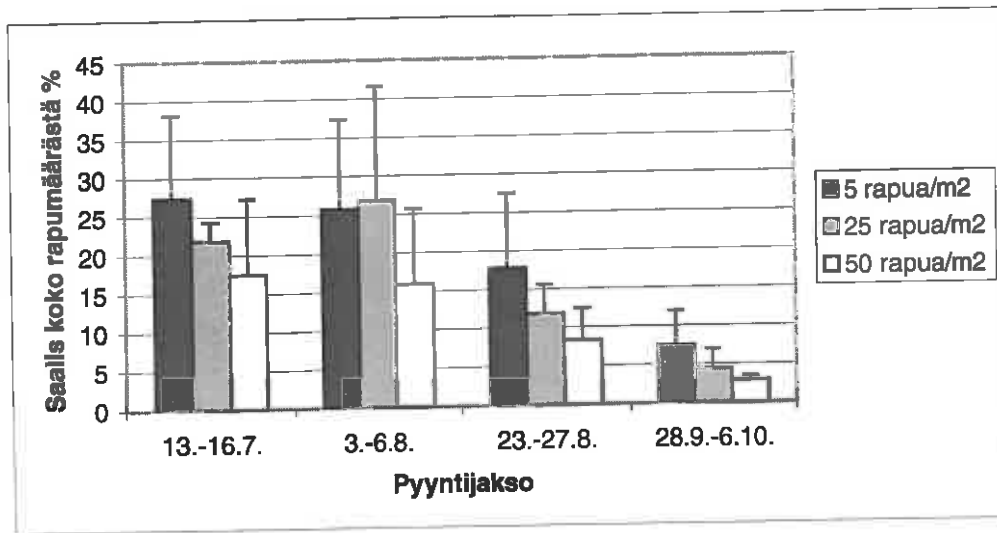
3.1.2. Jatkokasvatetut poikaset

Myös isommilla poikasilla pyydys osoittautui erittäin tehokkaaksi. Pyydykskohtaiset keskisaaliit olivat suuremmissa tiheyksissä ajoittain jopa 4-7 kertaa parempia kuin kesänvanhoilla poikasilla. Suurin kertasaalis yhdessä pyydyksessä oli 71 rapua elokuun alun pyyntijaksolla. Lammikon raputiheyden viisinkertaistuessa myös pyydyskohtainen saalis viimeistä pyyntijaksoa lukuunottamatta lähes viisinkertaistui. Tiheyden tästä edelleen kaksinkertaistuessa saaliit eivät kuitenkaan enää kasvaneet samassa suhteessa (Kuva 3).



Kuva 3. Lammikon raputiheyden vaikutus pyydyskohtaiseen keskisaalliseen jatkokasvatetuilla täpläravun poikasilla.

Parhaimmillaan ensimmäisen ja toisen pyyntijakson aikana saatiin kahdessa pienemmässä tiheydessä yli 25% lammikoissa olleista ravuista pyydettyä 10 pyydyksellä yhden yön aikana. Elokuun alun pyyntijaksosta eteenpäin saaliin osuus populaatiosta pieneni kaikissa tiheysryhmissä tasaisesti syksyä kohden (Kuva 4).

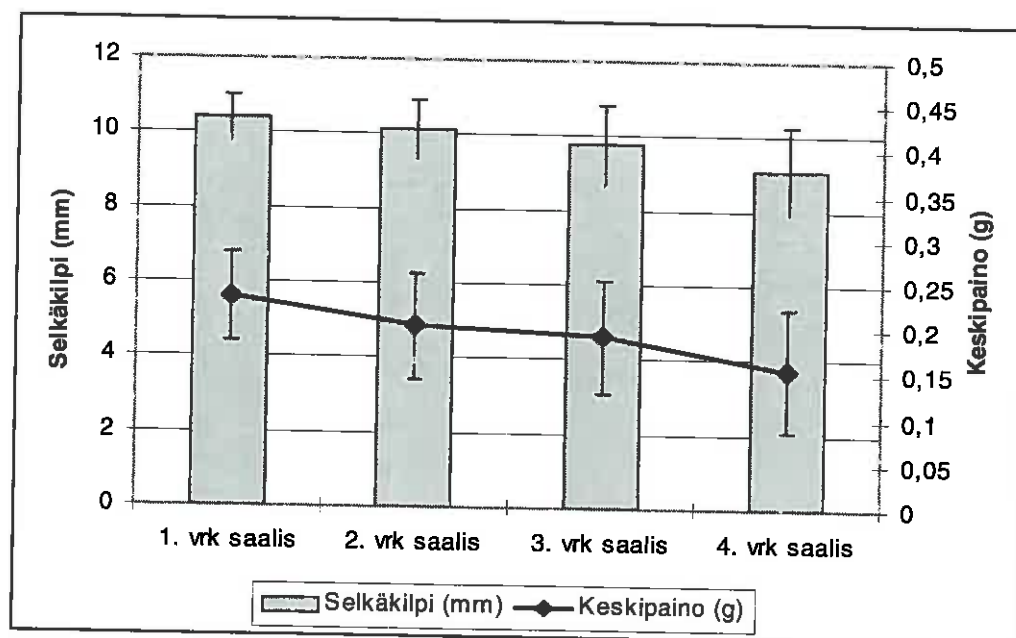


Kuva 4. Yhdellä pyyntikerralla (10 pyydystä/yö) saadun saaliin osuus lammikon koko arvioidusta rapumäärästä eri kasvatustiheyksillä jatkokasvatetuilla täpläravun poikasilla kesän 1999 aikana.

3.2. Pyydyksen valikoivuus

Pienimmät pyydykseen menneet ravut olivat selkakilveltään alle 10 mm:n pituisia ja suurimmat 32-36 mm:n pituisia. Pyydettyjen rapujen kokonaispituus vaihteli 1,5-7 cm:n välillä, parhaiten pyydykseen menevä kokoluokka oli 3,5-5cm. Yli 6 cm:n mittaisia poikasii pyydykseen ei kerralla mennyt montaa (3-5kpl). Ensimmäisellä kasvukaudella saman pyyntijakson perättäisissä pyynneissä ensimmäisellä pyyntijaksolla

19.-23.7.1999 (lammikko 1) keskimäärin suurimmat ravut saatiin alussa ja saalisrapujen keskikoko näytti pienenevän tasaisesti pyyntijakson loppua kohden (Kuva 5). Muilla pyyntijaksoilla eri pyyntikertojen saaliita ei mitattu erikseen.



Kuva 5. Pyyntijaksolla 19-23.7.1999 (lammikko 1) saatujen ensimmäisen kesän täplärapunpoikasten keskimääräinen (+/-keskihajonta) selkäkilven pituus ja tuorepaino perättäisillä pyyntikerroilla.

Vuonna 2000 viimeisellä pyyntijaksolla ennen lammikoiden tyhjennystä (19.10.-25.10.) pyydyksistä saatiin selkäkilveltään suurempia kesänvanhoja poikasia verrattuna lammikoiden loppunäytteisiin. Ero oli tilastollisesti merkitsevä kaikissa lammikoissa, paitsi yhdessä 300 yksilöä/m² tiheydessä ($p=0,601$) (Taulukko 1).

Taulukko 1. Lammikoista (11 kpl) syksyllä 2000 tyhjennyksessä kerättyjen ja tyhjennystä ennen pulloilla pyydettyjen kesänvanhojen täplärapujen keskimääräiset (\pm keskihajonta) lammikkokohtaiset selkäkilven pituudet (mm), näytekoot (kpl) ja t-testin P-arvot.

Tiheys	Lammikko	Selkäkilpi (tyhjennys)	Näytekoko (tyhjennys)	Selkäkilpi (pyydys)	Näytekoko (pyydys)	P-arvo
50	1I	15,97 \pm 2,28	53	17,38 \pm 1,63	36	0,001
50	2B	13,64 \pm 1,95	60	14,67 \pm 1,50	50	0,003
50	3C	16,27 \pm 2,44	54	18,35 \pm 2,52	48	<0,001
100	5H	14,65 \pm 1,78	56	15,93 \pm 1,51	51	<0,001
100	5I	15,44 \pm 2,32	54	16,61 \pm 1,52	50	0,003
200	3E	14,12 \pm 2,19	59	15,21 \pm 1,81	50	0,006
200	6H	16,66 \pm 2,52	55	18,57 \pm 2,34	51	<0,001
300	1H	12,96 \pm 1,77	67	13,17 \pm 1,46	23	0,601
300	4G	14,51 \pm 1,99	62	15,48 \pm 1,32	50	0,003
300	6J	15,67 \pm 2,46	57	17,53 \pm 1,76	50	<0,001
600	4C	12,14 \pm 1,38	81	12,75 \pm 1,07	50	0,010

Jatkokasvatetuilla suuremmilla savuilla pyydysten valikoivuus näytti toimivan ainakin osin toisinpäin. Harvassa tiheydessä, missä ravut olivat suurimpia, pyydykset olivat pyytäneet keskimäärin pienempiä yksilöitä ja vastaavasti suuressa tiheydessä pyydykseen meneet ravut olivat suurempia kuin ravut lammikon loppunäytteessä (Taulukko 2).

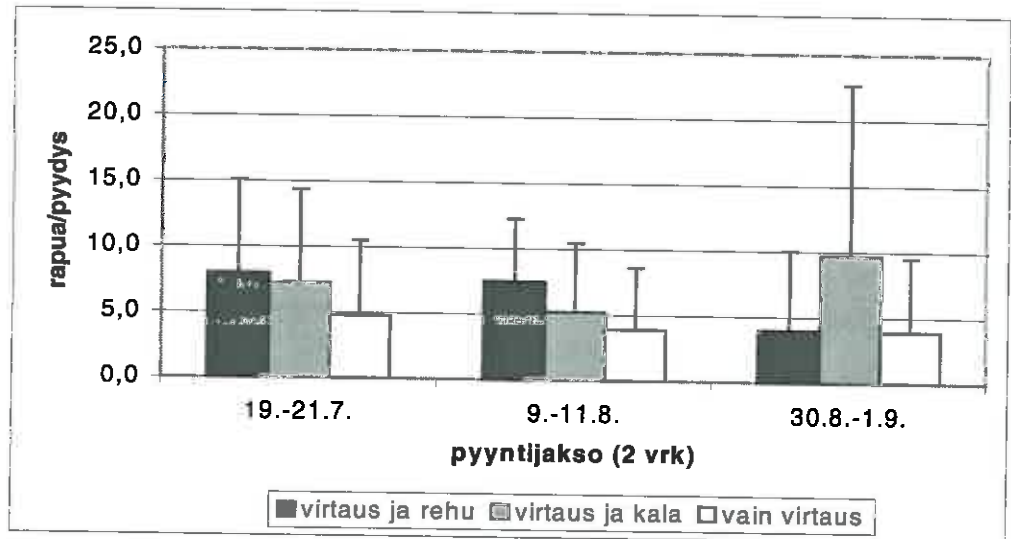
Taulukko 2. Kuudesta lammikosta syksyllä 1999 tyhjennyksessä kerättyjen ja tyhjennystä ennen pulloilla pyydettyjen jatkokasvatettujen täplärapujen keskimääräiset (\pm keskihajonta) lammikkokohtaiset selkakilven pituudet (mm), tuorepalnot (g) ja näytekoot (kpl).

Raputiheys	Selkakilpi (tyhjennys)	Näytekoko (tyhjennys)	Selkakilpi (pyydys)	Näytekoko (pyydys)	Tuorepaino (tyhjennys)	Tuorepaino (pyydys)
50	21,96 \pm 4,11	50	24,26 \pm 3,06	64	0,42 \pm 0,23	0,59 \pm 0,118
50	23,22 \pm 3,94	52	23,38 \pm 3,01	76	0,48 \pm 0,22	0,55 \pm 0,16
25	23,08 \pm 3,23	51	23,64 \pm 2,74	53	3,34 \pm 1,35	3,89 \pm 1,39
25	23,80 \pm 3,37	53	25,07 \pm 2,27	55	3,80 \pm 1,62	4,61 \pm 1,23
5	26,86 \pm 4,55	50	26,51 \pm 3,39	24	5,61 \pm 2,67	5,70 \pm 2,12
5	28,36 \pm 4,65	53	25,66 \pm 4,40	19	6,70 \pm 2,81	5,29 \pm 2,47

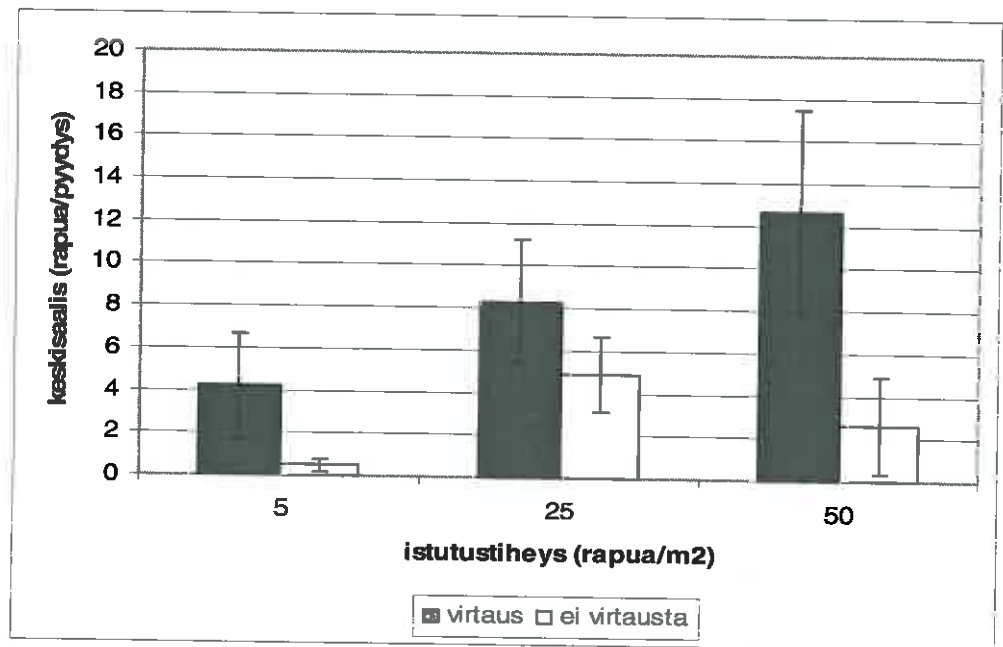
Tiheydessä 50 kpl/m² lammikon 61 pulloilla pyydettyjen rapujen selkakilven pituus ($p=0,001$) ja tuorepaino ($p=0,003$) erosivat merkitsevästi loppunäytteestä. Lammikon 41 kohdalla tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu (selkakilven pituudelle $p=0,806$ ja tuorepainolle $p=0,09$). Tiheydessä 25 kpl/m² lammikon 51 pulloilla pyydettyjen rapujen ja loppunäytteen rapujen selkakilven pituuksien välillä ei havaittu merkitsevää eroa ($p=0,336$). Tuorepainojen osalta ero oli merkitsevä ($p=0,042$). Lammikon 24 näytteissä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero selkakilven pituuden ($p=0,025$) ja tuorepainon ($p=0,005$) suhteen. Tiheydessä 5 kpl/m² lammikon 31 loppunäytteen poikaset olivat merkitsevästi pidempiä ($p=0,031$) kuin pulloilla pyydettyt, ero tuorepainojen välillä oli suuntaa antava ($p=0,057$). Lammikon 53 näytteissä sen sijaan ei havaittu merkitseviä eroja kummankaan vastemuuttujan suhteen (selkakilven pituudelle $p=0,742$ ja tuorepainolle $p=0,890$) näytteiden välillä.

3.3. Syötin ja virtauksen vaikutus saaliisiin

Syötin teho ensimmäisen kesän kasvukaudella olleilla täpläravuilla näytti riippuvan rapujen koosta, vaikkakin pyydyskohtainen vaihtelu saalismäärissä oli suurta. Kalasyötti pyysi loppukesästä kaksinkertaisen määrän rapuja verrattuna rehusyöttiin tai virtaukseen yksinään (kuva 6). Kunkin pyyntijakson kahdella viimeisellä pyyntikerralla (3. ja 4.vrk) syötin ja virtauksen vaikutus saaliisiin oli vähäinen. Jatkokasvatetuilla savuilla pyyntiä syötin kanssa ei kokeiltu. Sen sijaan kesän lopussa virtaus paransi saalismääriä kaikissa tiheysryhmissä (Kuva 7).



Kuva 6. Kolmen ensimmäisen pyyntijakson kahden ensimmäisen vuorokauden keskimääräinen pyydyskohtainen rapusaalis rehusyötillä, kalasyötillä ja pelkällä virtauksella ensimmäisen kasvukauden täpläravunpoikasilla.



Kuva 7. Virtauksen vaikutukset jatkokasvatettujen, isompien poikasten saalismääriin eri tiheyksillä viimeisellä pyyntijaksolla (28.9.-6.10.1999) ennen lammikoiden tyhjentämistä.

4. Tulosten tarkastelu

Pydykset pysivät koko kesän ajan hyvin, lukuunottamatta syksyn viimeistä pyyntiä lokakuussa. Veden lämpötila oli laskenut tällöin jo +6 asteeseen ja rapujen aktiivinen liikkuminen oli vähentynyt. Alentunut veden lämpötila vaikutti suoraan heikentävästi pyyntitulokseen varsinkin kesänvanhoilla poikasilla. Jatkokasvatetuilla ravuilla syk-

syn heikompia saaliita saattaa selittää myös se, että osa ravuista oli kasvanut liian suuriksi. Varsinkin pienempitiheysisissä lammikoissa vuotta vanhempien täplärapujen kasvu oli niin nopeaa, että suurimmat yksilöt eivät enää mahtuneet pyydyksen suuaukosta sisään. Todennäköisesti myös pyydyksen tilavuus rajoitti sillä saatua suurinta rapumäärää. Isommilla ravuilla 40-50 ravun kertasaalis täytti pyydyksen jo niin hyvin, että rapujen ulossaanti oli vaikeaa. Syksyllä 2001 (22.-25.10.) Evon kalantutkimusasemalla kokeiltiin 1+-täplärapuilla nielultaan ja tilavuudeltaan suurempaa (halkaisija 110 mm, tilavuus 120 litraa) virtauspyydystä. Tällä yksittäisellä kolmen vuorokauden koepyyntillä saatiin 423 täplärapua, joiden koko vaihteli 4-7 cm:n välillä. Veden lämpötila oli vain muutaman asteen, sillä lammikon pinta meni pyynnin aikana ohuelti jäähän.

Tutkimuksesta saadut tulokset osoittavat, että uusi pyydys on erittäin tehokas ja helpokäyttöinen väline ainakin täplärapunpoikasten pyydystämiseen. Sitä kokeiltiin satunnaisesti myös jokiravun poikasten pyynnissä, mutta varsinkin kesänvanhoilla alle 3 cm:n mittaisilla poikasilla tulokset olivat vuonna 1999 erittäin huonoja. Pyydyksi saatiin vain yksittäisiä rapuja. Sen sijaan syksyllä 2001 (lokakuussa) onnistuttiin yhdeksällä pullolla pyytämään kolmen viikon aikana lähes 70% yhden lammikon 1+ jokiravuista. Keskimäärin pulloista saatiin 3,2 jokirapua pyyntikertaa kohden ja paras kertasaalis oli 18 poikasta/pyydys. Rapujen keskimääräinen kokonaispituus vaihteli 4-6 cm:iin.

Pyydys soveltuu vain rajoitetusti edustavien näytteiden ottoon, koska se valikoi poikasia koon perusteella. Ensimmäisen kesän aikana suuret, nopeakasvuisemmat täpläraput joutuvat saaliiksi pieniä täplärapuja helpommin, mutta vuotta myöhemmin nopeakasvuiset yksilöt ovat jo liian suuria mahtuakseen pyydyksen suuaukosta sisään. Myös pyydysten sijoittelu lammikkoon voi vaikuttaa siihen, kuinka edustavia näytteitä niillä on mahdollista saada. Pienimmät ravut ovat lammikoissa yleensä lähinnä rantaviivaa kivikkosuojojapaikoissa ja myös liikkuvat vähemmän kuin syvemmillä keino-tekoisissa suojuissa viihtyvät isommat ravut. Rapujen karkailua pyydyksistä ei erikseen testattu. Oletettavasti se oli vähäistä. Muutaman kerran, kun yksittäisen pyydyksen vesitys oli tukkeutunut ja suuren rapumäärän takia happi oli käynyt pyydyksen sisällä vedessä vähiin, olivat ravut kuolleet ennemmin kuin keksineet keinon päästä pyydyksestä ulos. Erityisen käyttökelpoinen pyydys on ravunviljelijöille poikaslammikoiden harvennukseen. Pyydyksen valikoivuus on tässä tapauksessa etu, koska harvennuksen halutaan kohdistuvan suuriin rapuihin, jotka näin saadaan myyntiin kesken kasvukautta ilman lammikoiden tyhjennystä ja rapujen ylimääräistä häirintää. Pyydys on hinnaltaan edullinen ja jokainen pystyy tarvittaessa rakentamaan sen itse. Pyydyksiä on vaihton kuljettaa sekä siirrellä paikasta toiseen.

Pyydyksiä on alustavasti kokeiltu myös luonnonvesissä, tulokset ovat olleet kuitenkin vielä vaatimattomia. Yhtenä syynä tähän on varmasti luonnonvesissä poikasten vähäisempi lukumäärä pinta-alaa kohden lammikko-olosuhteisiin verrattuna.

Kirjallisuutta

Järvenpää, T., Tulonen, J., Erkamo, E., Savolainen, R. ja Setälä, J. 1996. Ravunviljely, menetelmät ja kannattavuus. Riistan ja kalantutkimus. Helsinki 1996. 111s.

Puranen, K. 2000. Rapujen poikaspyydyksen kehittäminen Evon kalantutkimusasemalla. Opinnäytetyö. Suomen kalatalous ja ympäristöinstituutti. Parainen 2000. 21s.

Westman, K. ja Nylund, V. 1985. Rapu ja Ravustus. Weiling + Göös, Espoo, Finland. 173s.

Ihaka, R. & Gentleman, R. 1996: R: A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5, 299-314.

Tulonen, J., Järvenpää, T. ja Westman, K. 1999. Rapututkimukset. Teoksessa: Böhling, P. ja Rahikainen, M. (toim.) *Kalataloustarkkailu - periaatteet ja menetelmät*. s.232-272.

Polttomerkinnän, uropodileikkauksen ja kudokseen injisoitavien lyijylasikuulamerkkien vaikutus täpläravun poikasten kasvuun ja kuolleisuuteen

Tero Ahvenharju¹, Jouni Tulonen¹ ja Kari Ruohonen²

¹Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema, 16970 Evo

²Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Turun toimipaikka, Itäinen Pitkäkatu 3, 20520 Turku

Sisällys

1. JOHDANTO.....	31
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	31
2.1 Koeravut ja -altaat	31
2.2 Poikasten merkintä ja röntgenkuvaus	32
2.3 Aineiston käsittely	33
3. TULOKSET	33
3.1 Talvijakso	33
3.2 Kesäjakso	35
4. TULOSTEN TARKASTELU.....	37
4.1 Talvijakso	37
4.2 Kesäjakso	38
4.3 Lopuksi	38
KIRJALLISUUS	39

1. Johdanto

Järvi- ja lammikko-oloihin soveltuvan tehokkaan ravunpoikasten pyyntimenetelmän kehittäminen (Tulonen ym. 2002, tässä julkaisussa) ja ryhmäkasvatus poikastutkimuksissa ovat lisänneet tarvetta kehittää ja tutkia rapujen poikasmerkintää. Rapujen kuorenvaihto rajoittaa ulkoisten, rapuun kiinnitettävien merkkien käyttökelpoisuutta. Kuoreen tehdyt merkinnät, esimerkiksi polttomerkintä (Abrahamsson 1965) ja uropodileikkaus (George 1957), jäävät vanhaan kuoreen tai häviävät näkyvistä muutaman kuorenvaihdon jälkeen. Rapujen kudoksiin tai ruumiinonteloon injektoitaviin merkkeihin perustuvien menetelmien kehittäminen mahdollistaisi poikasten yksilöllisen tunnistamisen pitkien kasvatuskokeiden jälkeen. Poikasten pieni koko tekee merkinnästä vaikeamman aikuisiin yksilöihin verrattuna.

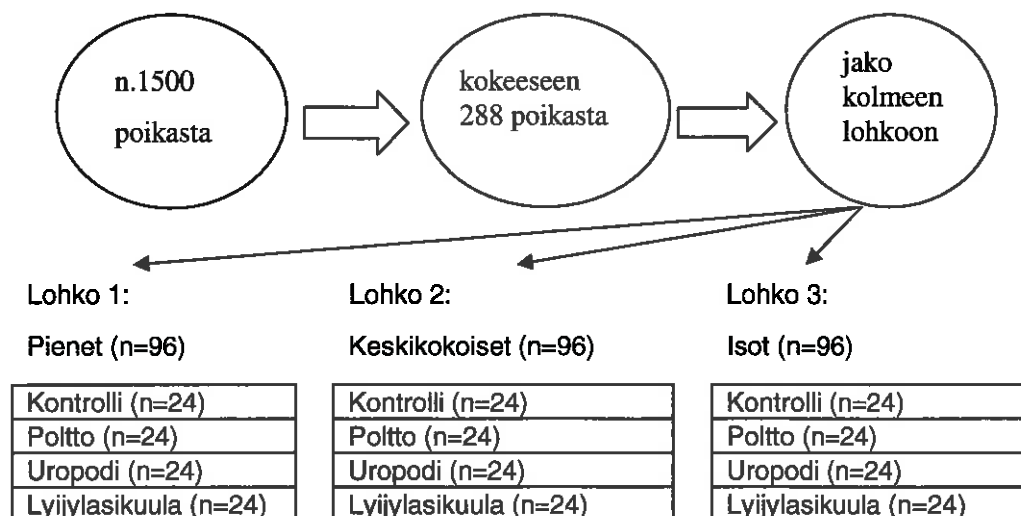
Kokeessa selvitettiin kolmen eri merkintämenetelmän, polttomerkinnän, uropodileikkauksen ja lyijylasikuulamerkinnän, vaikutusta kesänvanhojen täpläravun (*Pacifastacus leniusculus*) poikasten kasvuun ja kuolleisuuteen suhteessa merkittyjen poikasten kokoon. Kokeeseen kuului talvi- ja kesäjakso. Talvijaksossa selvitettiin merkinnän ja poikaskoon vaikutusta kuolleisuuteen. Tutkimushypoteeseja asetettiin kaksi: 1) Poikasten merkintä lisää kuolleisuutta, 2) Kuolleisuus on koosta riippuvaista ja pienillä poikasilla suurinta. Kesäjaksoa tutkittiin merkinnän ja koon vaikutusta selkäkilven ja tuorepainon kasvuun. Tutkimushypoteesin mukaan merkitseminen heikentää kuorenvaihdossa tapahtuvaa kasvua. Molemmissa koejaksoissa merkkien pysyvyyden ja kuorenvaihtoon valmistautuvien poikasten määrän seuraamisessa käytettiin apuna röntgenkuvausta.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Koeravut ja -altaat

Kokeissa seurattavia vastemuuttujia olivat veden lämpötila, happamuus (pH), happipitoisuus, selkäkilven ja tuorepainon kasvu sekä poikaskuolleisuus. Talvikokeen aikana poikasia ruokittiin pakastetulla särjellä, kesäjaksoa lisäksi rehulla ruokahalun mukaan. Tutkimuksen talvijaksossa käytetyt kesänvanhat täpläravunpoikaset (288 kpl) valittiin satunnaisesti suuresta poikasjoukosta ja jaettiin silmämääräisesti koon mukaan kolmeen kokoluokkaan (kuva 1). Kokeeseen hyväksyttiin vain kaksisaksisia poikasia. Poikasten keskimääräinen (\pm keskihajonta) selkäkilven pituus ja tuorepaino olivat pienillä $12,2\pm 0,8$ mm ja $0,4\pm 0,1$ g, keskikokoisilla $14,8\pm 1,1$ mm ja $0,8\pm 0,2$ g ja isoilla $17,6\pm 1,4$ mm ja $1,4\pm 0,3$ g. Kuhunkin kokoluokkaan kuului 96 poikasta. Jokainen luokka jaettiin sattumanvaraisesti neljään 24 poikasen ryhmään. Kolme näistä ryhmistä merkittiin tutkittavilla menetelmillä ja neljäs ryhmä toimi kontrollina. Kukin kokoluokan poikaset sijoitettiin omaan altaaseensa eli yhdessä altaassa oli 96 poikasta.

Koe alkoi 2.10.1997 ja poikasia kasvatettiin 1 m^2 lasikuitualtaissa sisätiloissa. Altaiden pohjalla oli n. 4 cm:n paksuinen kerros kanankalkkia ja suojapaikkoina matalia keraamisia astioita (8/allas) sekä kennomaisia muovisia kynnyksimaton kappaleita (6/allas). Kokeissa käytettiin kaivovettä, jonka lämpötila oli kokeen aikana keskimäärin $5,4\pm 0,9$ °C, pH $8,01\pm 0,25$ ja happipitoisuus loka-marraskuun aikana $9,24\pm 1,30$ mg/l. Valojaksoisuus oli luonnollinen, mutta normaalina työaikana (klo 8-16) sähkövalot olivat työskenneltäessä päällä. Koe loppui 6.5.1998.



Kuva 1. Kaavio talvijakson koejärjestelystä. Tutkimus toteutettiin satunnaisesti jaettujen lohkojen kokeena, jossa poikaskoko oli lohkomuuttujana. Tutkitut merkintämenetelmät olivat käsitellyitä kunkin lohkon sisällä.

Kesäjakso alkoi 12.5.1998. Siinä käytettiin talvijaksosta selviytyneitä poikasasia. Kokeesta jätettiin suuren poikaskuolleisuuden takia pois pienten polttomerkittyjen ryhmä. Poikaset mitattiin ja punnittiin sekä jaettiin sattumanvaraisesti kasvatusryhmiin sekoittamatta merkintämenetelmiä tai kokoluokkia eli pieniä (keskipituus $12,9 \pm 0,8$ mm ja keskipaino $0,5 \pm 0,1$ g), keskikokoisia ($15,3 \pm 1,0$ mm ja $0,9 \pm 0,2$ g) ja isoja ($18,2 \pm 1,7$ mm ja $1,5 \pm 0,5$ g). Rinnakkaisia käsittelyillä oli 3-4 kpl. Poikasryhmät (3 poikasta/ryhmä) kasvatettiin läpinäkyvissä muovilaatikoissa (22 cm x 22 cm x 14 cm), joissa oli pohjalla kanankalkkia n. 4 cm:n paksuinen kerros. Suojapaikkana oli reikätiilen kappale, jossa oli 6 reikää. Ryhmien laatikkojen paikat kokeessa arvottiin. Kokeessa käytettiin kaivovettä, jota ei kierrätetty kokeen aikana, vaan jokaisella laatikolla oli oma tulo- ja poistoputki. Veden lämpötila oli keskimäärin $14,2 \pm 3,2$ °C ja pH-luku $7,40 \pm 0,39$. Lämpötila nousi tasaisesti kokeen loppua kohden. Kokeessa oli käytössä yhteensä 38 kasvatuslaatikkoa ja 110 poikasta. Kokeen aikana kasvatuslaatikot tarkastettiin ja syömätön ravinto poistettiin kahdesti päivässä. Poikaset röntgenkuvattiin ja selkärangan pituus sekä tuorepaino mitattiin 12.5., 22.6. ja 13.7. (pelkkä pituusmittaus) sekä 4.8, jolloin koe lopetettiin.

2.2 Poikasten merkintä ja röntgenkuvaus

Merkintämenetelminä käytettiin polttomerkintää, uropodileikkausta sekä lyijyilasikuulien injektointia poikasten pyrstöön. Polttomerkinnässä käytettiin Abrahamssonin (1965) kehittämää koodijärjestelmää. Polttomerkintälaitteena käytettiin kalamerkintään kehitettyä laitetta, koska sen avulla oli mahdollista polttaa pienempiä merkkejä kuin sähkökolvia käytettäessä. Hehkuvaa, teräväksi taitettua metallilangan kulmaa pidettiin noin kaksi-kolme sekuntia poikasen kuoressa kiinni, jolloin kuoreen paloi punainen ympyrä, jolla oli musta keskus. Poikaset vapautettiin takaisin veteen välittömästi merkinnän jälkeen. Polttomerkinnän ohella äyriäisiä on merkitty leikkaamalla pois yksi tai useampia raajalisäkkeitä tai niiden osia. Pääasiassa nämä operaatiot ovat kohdistuneet takaruumiin takimmaisiiin uimaeviin (uropodit) ja keskilevyyn (telson), jotka yhdessä muodostavat leveän, viisiliuskaisen pyrstön (George 1957). Tässä työssä uropodimerkinnässä poikasilta leikattiin päältä katsoen joko vasen tai oikea ulommainen uimaevä tyvestä poikki.

Lyijyasikuulat (Ballotini; Jencon's Ltd., Leighton Buzzard, nro. 7, halkaisija 0,65 mm) injektoitiin neulalla (ulkohalkaisija 0,80 mm) poikasten pyrstölihaksen ventraalipuolelle. Injektioneulan sisällä liikkui ohut mäntä (halkaisija 0,5 mm), jonka avulla punaiseksi värjätty kuula työnnettiin pyrstölihaksen sisään. Poikasia pidettiin kädessä vatsapuoli ylöspäin ja injektointi tapahtui poikasen pyrstön vasemmalta puolelta. Injektioneula työnnettiin tiettyyn jaokkeeseen sivulta päin kohtisuorassa poikaseen nähden. Neula desinfioitiin kuumentamalla ennen jokaista pistoa. Erityistä huomoita kiinnitettiin siihen, että kuula/kuulat eivät lähteneet ulosvedettävän neulan mukana pois pyrstölihaksesta. Injektoinnissa täytyi myös varoa vahingoittamasta takasuolta, vatsaydintä ja vatsavaltimoa. Poikasten numerointi ja tunnistus perustui kuulien määrään ja sijaintiin pyrstön eri jaokkeissa.

Poikaset röntgenkuvattiin talvijaksossa kokeen alussa ja lopussa, kesäjaksossa lisäksi ensimmäisen välimittauksen yhteydessä. Kuvauksissa käytettiin Philips XG 2000 röntgengeneraattoria ja -putkea. Käytetty kuvausjännite vaihteli 25-45 kV:n välillä ja säteilytusaika 0,3-0,4 sekunnin välillä. Kuvauksissa käytetty filmi oli Kodak Min-R E, joka on mammografiakuvauksiin suunniteltu röntgenfilmi. Kuvien kehittämiseen käytettiin Agfan G 138 kehitettä sekä G 338 kiinnitettä. Kuvat kehitettiin Kodak RP X-OMAT Processor -laitteella.

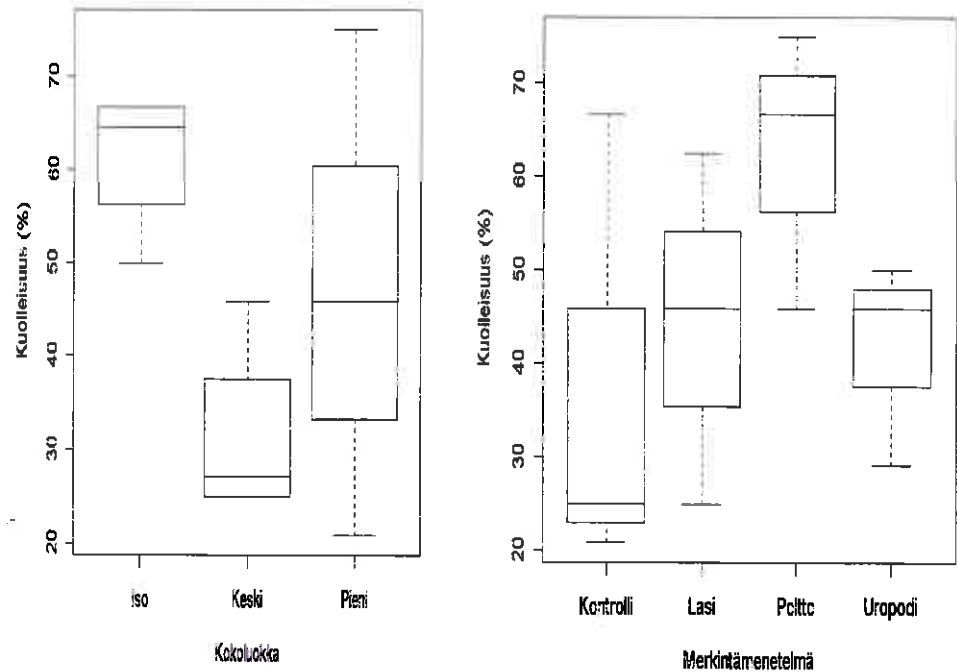
2.3 Aineiston käsittely

Talvijakso toteutettiin satunnaistettujen lohkojen kokeena, jossa poikaskoko oli lohkomuuttujana ja käsittelyinä tutkittavat merkintämenetelmät. Merkinnän ja poikaskoon vaikutus tuorepainoon, selkäkilven pituuteen ja kasvukertoimiin analysoitiin kaksisuuntaisena varianssianalyysina. Käsittelyitä ei kokeessa toistettu (replikoitu) kokoluokittain, joten yhdysvaikutusta ei voitu aineiston niukkuuden takia tutkia. Kesäjaksossa merkinnän ja poikaskoon vaikutusta kasvuun analysoitiin varianssianalyysina yleistettyä lineaarista mallia käyttäen. Molemmissa kokeissa aineistojen normaalijakautuneisuus ja varianssien homogeenisuus analysoitiin tutkimalla residuaalien jakautumista. Parittaiset keskiarvojen vertailut tehtiin Bonferronin testillä. Kasvukertoimet selkäkilven (SK) pituudelle ja tuorepainon (TP) lisääntymiselle laskettiin kaavalla SK_e (tai TP_e) / SK_s (tai TP_s) * 100 %, jossa e tarkoittaa muuttujan arvoa kokeen lopussa ja s arvoa kokeen alussa. Analyysit tehtiin Ihaka & Gentlemanin (1996) mukaan.

3. Tulokset

3.1 Talvijakso

Kaikkiaan kokeen aikana poikasia kuoli 46,5 %. Eniten poikasia kuoli pienistä polttomerkityistä (75,0 %) ja vähiten (20,8 %) pienten kontrolliryhmästä. Kokoluokittain jaoteltuna isoja poikasia kuoli keskimäärin (\pm keskihajonta) $61,5 \pm 7,9$ %, keskikokoisia $31,3 \pm 9,9$ % ja pieniä $46,9 \pm 22,2$ %. Merkintämenetelmän perusteella keskimääräinen poikaskuolleisuus oli kontrolliryhmässä $37,5 \pm 25,4$ %, lasimerkityillä $44,4 \pm 18,8$ %, polttomerkityillä $62,5 \pm 15,0$ % ja uropodileikatuuilla $41,7 \pm 11,0$ %. Poikaskuolleisuudessa havaittiin merkitseviä eroja koon suhteen ($F_{2,6}=6,374$, $p=0,033$). Kuolleisuus oli suurinta isoilla poikasilla ja erosi tilastollisesti lähes merkitsevästi keskikokoisista ($p=0,053$) (kuva 1). Merkintämenetelmät eivät eronneet kuolleisuuden suhteen merkitsevästi ($F_{3,6}=2,545$, $p=0,152$) (kuva 1), vaikkakin polttomerkintä näytti aiheuttavan suurempaa kuolleisuutta kuin muut merkintämenetelmät.



Kuva 1. Rapujen keskimääräinen kuolleisuus (%) poikasten koon ja merkintämenetelmän suhteen. Viiva suorakulmiossa kuvaa mediaania.

Poikasten selkäkilven pituudet ja tuorepainot kokeen alussa ja lopussa on esitetty taulukossa 1. Merkinnän suhteen poikasryhmät eivät eronneet kokeen alussa selkäkilven pituuden ($F_{3,6}=1,091$, $p=0,422$) tai tuorepainon ($F_{3,6}=1,603$, $p=0,285$) suhteen. Kokoluokkien suhteen kaikki ryhmät erosivat toisistaan merkitsevästi ($p<0,001$) sekä selkäkilven pituuden että tuorepainon suhteen.

Kokoluokittain tarkasteltuna pienten poikasten selkäkilpi ja tuorepaino kasvoivat kokeessa eniten sekä absoluuttisen kasvun että suhteellisen kasvun (kasvukertoimet) mukaan mitattuna (taulukko 2). Kokoluokkien välillä ei havaittu merkitseviä eroja selkäkilven kasvussa ($F_{2,6}=0,470$, $p=0,646$), tuorepainon kasvussa ($F_{2,6}=0,03$, $p=0,975$), eikä selkäkilven kasvukertoimen osalta ($F_{2,6}=2,373$, $p=0,174$) tai tuorepainon kasvukertoimen suhteen ($F_{2,6}=2,679$, $p=0,147$).

Lyijyglasikuulilla merkityt ravut olivat kasvaneet kokeen aikana parhaiten, mutta erot käsittelyiden välillä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (selkäkilven kasvu ($F_{3,6}=1,614$, $p=0,283$), tuorepainon kasvu ($F_{3,6}=0,873$, $p=0,506$), selkäkilven kasvukerroin ($F_{3,6}=1,795$, $p=0,248$) ja tuorepainon kasvukerroin ($F_{3,6}=0,517$, $p=0,686$)). Käsittelyt eivät eronneet myöskään selkäkilven loppupituuden ($F_{3,6}=1,360$, $p=0,342$) tai lopputuorepainon ($F_{3,6}=1,026$, $p=0,445$) suhteen.

Kuulamerkit pysyivät erittäin hyvin paikoillaan, vain yhdeltä keskikokoiselta ravulta osa kuulista oli liikkunut pois paikoiltaan. Poikasten tunnistaminen röntgenkuvista yksilöllisesti onnistui 35 poikasen osalta (92,5 %). Polttomerkityistä tunnistettiin kaikki yksilöt. Niiden tunnistaminen röntgenkuvan avulla ei onnistunut. Uropodimerkityistä tunnistettiin kaikki. Röntgenkuvasta erottui selvästi, jos poikaselta oli leikattu uropodeja.

Taulukko 1. Poikasten keskimääräinen (\pm keskihajonta) selkäkilven pituus (mm) ja tuorepaino (g) kokeen alussa ja lopussa.

Käsittely	Selkäkilven pituus (mm)		Tuorepaino (g)	
	Alussa	Lopussa	Alussa	Lopussa
Iso	17,61 \pm 0,43	18,05 \pm 1,08	1,37 \pm 0,11	1,45 \pm 0,28
Keski	14,75 \pm 0,36	15,28 \pm 0,46	0,80 \pm 0,06	0,87 \pm 0,07
Pieni	12,15 \pm 0,09	12,86 \pm 0,14	0,43 \pm 0,01	0,52 \pm 0,02
Kontrolli	15,06 \pm 2,91	15,65 \pm 2,63	0,92 \pm 0,52	0,99 \pm 0,47
Lasi	14,94 \pm 2,94	15,86 \pm 3,30	0,88 \pm 0,53	1,05 \pm 0,67
Poltto	14,71 \pm 2,57	14,91 \pm 2,05	0,83 \pm 0,44	0,84 \pm 0,31
Uropodi	14,64 \pm 2,53	15,17 \pm 2,49	0,82 \pm 0,41	0,90 \pm 0,44

Taulukko 2. Poikasten keskimääräinen (\pm keskihajonta) selkäkilven (mm) ja tuorepainon (g) kasvu kokeen aikana sekä kasvukertoimet.

Käsittely	Kasvu kokeen aikana		Kasvukertoimet	
	Selkäkilpi (mm)	Tuorepaino (g)	Selkäkilpi	Tuorepaino
Iso	0,44 \pm 0,73	0,08 \pm 0,20	102,43 \pm 4,08	105,59 \pm 14,18
Keski	0,53 \pm 0,18	0,07 \pm 0,01	103,58 \pm 1,21	108,92 \pm 1,58
Pieni	0,71 \pm 0,12	0,09 \pm 0,03	105,83 \pm 1,01	121,14 \pm 6,94
Kontrolli	0,59 \pm 0,30	0,07 \pm 0,04	104,28 \pm 2,75	111,87 \pm 11,63
Lasi	0,91 \pm 0,43	0,17 \pm 0,15	105,99 \pm 1,91	117,60 \pm 7,94
Poltto	0,20 \pm 0,53	0,01 \pm 0,13	101,78 \pm 3,86	107,85 \pm 19,17
Uropodi	0,53 \pm 0,07	0,08 \pm 0,03	103,75 \pm 0,97	110,22 \pm 1,51

Gastroliitteja havaittiin kokeen alussa yhteensä 144:lla poikasella (50,0 %) ja lopussa 32:lla yksilöllä (20,7 %). Yksilöllisesti tarkastelluista lasi- ja polttomerkityistä poikasista 25:lla oli gastroliitit syksyllä, mutta ei enää keväällä.

3.2 Kesäjakso

Kokeessa havaittiin merkitsevä yhdysvaikutus poikaskoon ja merkintämenetelmän välillä tuorepainon kasvukertoimen suhteen ($F_{5,54}=3,322$, $p=0,011$). Muiden vastemuuttujien suhteen merkitsevää yhdysvaikutusta ei havaittu (poikaskuolleisuus $F_{5,27}=1,323$, $p=0,284$, selkäkilven kasvu $F_{5,75}=1,382$, $p=0,241$, tuorepainon kasvu $F_{5,53}=1,672$, $p=0,157$ ja selkäkilven kasvukerroin $F_{3,75}=2,108$, $p=0,074$).

Isoja poikasia kuoli 43,1 \pm 25,1 %, keskikokoisia 40,6 \pm 27,9 % ja pieniä 47,3 \pm 35,3 %. Merkintämenetelmien mukaan tarkasteltuna poikasia kuoli kontrolliryhmästä 35,0 \pm 31,9 %, lasimerkityistä 48,5 \pm 22,9 %, polttomerkityistä 50,0 \pm 25,5 % ja uropodileikatuista 36,7 \pm 33,2 %. Poikaskuolleisuudessa ei havaittu merkitseviä eroja koon ($F_{2,27}=0,037$, $p=0,964$) tai merkintämenetelmän ($F_{3,27}=0,701$, $p=0,560$) suhteen.

Kokeessa seurattiin poikasten yksilöllistä kasvua analysoimalla selkäkilven ja tuorepainon kasvua yhtä kuorenvaihtoa kohden. Selvinneistä poikasista (63 kpl) 59 yksilöä vaihtoi kuorta kokeen aikana, näistä 34,9 % (22 poikasta) vaihtoi kahdesti. Isoista kahdesti vaihtoi 11,1 %, keskikokoisista 38,5 % ja pienistä 66,7 %.

Kasvun vastemuuttujien keskiarvot on koottu taulukkoon 3. Kokoluokkien välillä ei havaittu merkitseviä eroja selkäkilven kasvun ($F_{2,75}=0,291$, $p=0,749$) tai tuorepainon kasvun ($F_{2,53}=2,331$, $p=0,107$) suhteen. Selkäkilven kasvukertoimen osalta erot olivat suuntaa antavia ($F_{2,75}=2,856$, $p=0,064$). Merkintämenetelmien välillä ei havaittu merkitseviä eroja vastemuuttujien suhteen (selkäkilven kasvulle $F_{3,75}=1,722$, $p=0,170$,

tuorepainon kasvulle $F_{3,53}=1,071$, $p=0,369$ ja selkäkilven kasvukertoimelle ($F_{3,75}=1,979$, $p=0,124$).

Tuorepainon kasvukertoimen tarkastelussa havaittiin lasimerkityissä poikasissa merkitsevä ero koon suhteen ($F_{2,17}=5,440$, $p=0,015$). Ero oli merkitsevä pienten ja isojen poikasten välillä ($p=0,014$). Muissa käsittelyissä tuorepainon kasvukerroin ei eronnut koon suhteen (esim. kontrolli $F_{2,16}=1,510$, $p=0,253$). Kokoluokittain tarkasteltuna havaittiin isojen kokoluokassa ($F_{3,14}=6,744$, $p=0,005$) polttoryhmän ja lasiryhmän eroavan merkitsevästi kasvukertoimen suhteen ($p=0,008$). Muissa kokoluokissa ei tuorepainon kasvukertoimen suhteen havaittu eroja merkintämenetelmien välillä (esim. keskikokoisille $F_{3,24}=0,457$, $p=0,715$).

Taulukko 3. Täpläravun poikasten keskimääräinen (\pm keskihajonta) tuorepainon ja selkäkilven kasvu yhtä kuorenvaihtoa kohden sekä tuorepainon ja selkäkilven kasvukertoimet.

Muuttuja	Merkintä	Pienet	Keskikokoiset	Isot
Tuorepainon kasvu (g)	Kontrolli	0,12 \pm 0,10	0,35 \pm 0,17	0,39 \pm 0,25
	Lasikuula	0,43 \pm 0,28	0,45 \pm 0,40	0,39 \pm 0,31
	Poltto		0,35 \pm 0,34	0,90 \pm 0,10
	Uropodi	0,26 \pm 0,19	0,37 \pm 0,17	0,49 \pm 0,16
Keskiarvo kokoluokittain		0,29 \pm 0,24	0,38 \pm 0,27	0,47 \pm 0,28
Selkäkilven kasvu (mm)	Kontrolli	0,92 \pm 0,31	1,42 \pm 0,43	1,56 \pm 0,38
	Lasikuula	1,85 \pm 0,80	1,64 \pm 0,54	1,49 \pm 0,80
	Poltto		1,52 \pm 0,52	1,98 \pm 0,57
	Uropodi	1,41 \pm 0,45	1,46 \pm 0,58	1,54 \pm 0,56
Keskiarvo kokoluokittain		1,49 \pm 0,68	1,51 \pm 0,51	1,61 \pm 0,60
Tuorepainon kerroin	Kontrolli	119,28 \pm 13,74	129,70 \pm 9,74	123,13 \pm 9,43
	Lasikuula	138,68 \pm 13,31	130,33 \pm 14,81	116,82 \pm 9,09
	Poltto		123,66 \pm 16,62	143,71 \pm 4,13
	Uropodi	125,42 \pm 17,61	130,77 \pm 10,25	132,54 \pm 6,04
Keskiarvo kokoluokittain		128,69 \pm 16,49	128,59 \pm 12,59	125,06 \pm 11,86
Selkäkilven kerroin	Kontrolli	106,95 \pm 1,98	108,78 \pm 2,52	108,57 \pm 1,42
	Lasikuula	113,18 \pm 5,46	110,27 \pm 2,79	107,46 \pm 3,42
	Poltto		109,50 \pm 2,72	111,16 \pm 2,92
	Uropodi	110,69 \pm 3,03	109,30 \pm 3,38	108,62 \pm 2,80
Keskiarvo kokoluokittain		110,94 \pm 4,55	109,48 \pm 2,83	108,71 \pm 2,92

Lyijylasikuulamerkityistä poikasista jäi tunnistamatta neljä (22,2 %) yksilöä ennen röntgenkuvausta. Kuvista kaikki merkityt pystyttiin tunnistamaan. Kaikki kuulat olivat pysyneet paikoillaan. Polttomerkkien tunnistamisessa oli ongelmia yhden yksilön kohdalla (8,3 %). Uropodileikattujen tunnistaminen onnistui kaikkien kohdalla. Uimaevien regeneroitumista arvioitiin asteikolla 1-5, jossa 5 merkitsi täysin regeneroitunutta. Tällaisia yksilöitä oli kaksi kappaletta (10,5 %). Aineistosta lasketut mediaani ja moodi olivat 3. Gastrolitteja esiintyi kokeen alussa 27:lla yksilöllä (23,3 %), ensimmäisessä välimittauksessa 61:lla poikasella (61,0 %) ja lopussa 37:lla yksilöllä (56,9 %).

4. Tulosten tarkastelu

4.1 Talvijakso

Poikasten koon todettiin vaikuttavan kuolleisuuteen merkitsevästi. Eniten kuolleisuutta havaittiin suurilla poikasilla ja vähiten keskikokoisilla. Tutkimushypoteesin mukaan isojen poikasten oletettiin kestävän merkintää parhaiten. Isoilla ravuilla aggressiivinen käyttäytyminen on saattanut olla yleisempää ja se on voinut aiheuttaa lisäkuolleisuutta. On myös todennäköistä, että isoja poikasasia on saattanut karata altaasta muita kokoluokkia enemmän. Yhtään karkulaista ei tosin havaittu kokeen aikana.

Merkintämenetelmällä ei näyttäisi olevan vaikutusta kuolleisuuteen. Polttomerkinä aiheutti enemmän kuolleisuutta muihin merkintämenetelmiin verrattuna. Erot eivät kuitenkaan olleet merkitseviä, vaan suuntaa antavia. Erityisesti pienillä poikasilla polttomerkin vaikutus oli suuri (75 % kuoli). Pienellä poikasella polttomerkki jättää laajimman jäljen ja vaurion suhteessa poikasen kokoon. Pieni poikanen ei välttämättä kestä kuumaa merkintävälinettä yhtä hyvin kuin isommat poikaset. Lyijylasikuulien tai muiden samanlaisten merkkien injektointi pyrstölihakseseen näyttäisi mahdollistavan sisäisten merkkien käytön poikasmerkinnässä lisäkuolleisuutta aiheuttamatta. Isojen rapujen on todettu kestävän polttomerkinä (Abrahamsson 1965), uropodileikkauksia (George 1957), näytteiden ottoa injektioruiskulla (mm. Durliat ym. 1988) sekä silmänvarsien katkaisua (mm. Huner ym. 1993).

Poikasten merkintä ei vaikuttanut kasvuun kokeen aikana. Poikaset näyttäisivät kestävän käytettyjä menetelmiä. Poikaskoon ei havaittu vaikuttaneen kokeen aikaiseen kasvuun merkitsevästi. Pienet poikaset olivat kasvaneet eniten sekä absoluuttisesti mitattuna että suhteessa alkumittoihinsa. Poikaset kasvoivat kokeen aikana vain vähän, esimerkiksi selkäkilven pituus lisääntyi isoilla poikasilla keskimäärin 0,44 mm. Kokeen aikainen poikaskuolleisuus saattaa vaikuttaa kasvutuloksiin merkittävästi. Erityisesti kylmässä vedessä kuorenvaihdon epäonnistumisen riski kasvaa. Suurista poikasista hengissä selvisivät (tai eivät karanneet) lähtötilanteen pienimmät yksilöt. Luultavasti pienten poikasten kokoluokassa lähes kaikki poikaset ovat ehtineet vaihtaa kuorta, mutta isojen ryhmästä vain muutamat yksilöt. Tämä selittäisi osittain pienten paremman kasvutuloksen. Tässä kokeessa pyrittiin ensisijaisesti tarkkailemaan poikasten kuolleisuutta, sillä normaalissa kasvatuslämpötilassa (n. 20 °C) kasvutulokset olisivat parempia.

Lyijylasikuulamerkit pysyivät poikasten pyrstölihaksessa erittäin hyvin. Ainoastaan yhdeltä keskikokoiselta poikaselta osa kuulista oli hävinnyt. Lasikuulien avulla poikaset oli mahdollista tunnistaa yksilöllisesti röntgenkuvista. Tunnistus oli hankalaa, jos poikasen pyrstö oli kippurassa kuvaushetkellä. Tällöin pyrstön jaokkeita oli vaikeampi erottaa toisistaan ja paikallistaa kuulat oikeisiin kohtiin. Polttomerkit säilyivät helposti luettavina kokeen loppuun saakka. Tämä johtuu kuorenvaihtojen vähyydestä. Merkki on erittäin vaikea tunnistaa kolmen kuorenvaihdon jälkeen. Polttomerkki ei näy röntgenkuvassa millään lailla. Uropodileikkaukset tunnistettiin myös erittäin hyvin. Leikatun uimaevän regeneroituminen oli kuorenvaihtojen vähyyden takia olematonta. Yksilöllisesti ei voida merkitä montaakaan poikasta, mutta ryhmämerkintään tämä menetelmä soveltuu. Balazs (1973) tosin kuvaa *P. marginatus* katkarapulajille kehitetyn uropodien loveamisjärjestelmän, jonka avulla voidaan merkitä yksilöllisesti 122 rapua.

Poltto- ja lyijylasikuulamerkitettyjen poikasten osalta gastroliittien esiintymistä voitiin seurata yksilöllisesti. Monilla poikasilla ne esintyivät syksyllä, mutta olivat hävinneet talven aikana. Nämä poikaset olivat varmuudella vaihtaneet kuorta. Joillakin gastroliitit näkyivät vain keväällä eli ne valmistautuivat kuorenvaihtoon. Todennäköisesti li-

sääntynyt valon määrä on laukaissut valmistautumisen, sillä veden keskilämpötila oli huhtikuun alusta kokeen loppuun saakka vain 4,6 °C.

4.2 Kesäjakso

Kuolleisuuteen eivät vaikuttaneet merkintämenetelmä eikä poikaskoko. Merkityistä poikasista eniten kuoli polttomerkittyjä (50,0 %) ja kokoluokista eniten pieniä (47,3 %). Isot poikaset kasvoivat absoluuttisesti eniten yhden kuorenvaihdon aikana (1,61 mm ja 0,47 g). Tämä oli täysin odotettua, sillä ravun koon kasvaessa absoluuttinen kasvu kuorenvaihdon yhteydessä kasvaa. Erot selkäkilven ja tuorepainon kasvussa kokoluokkien välillä eivät olleet merkitseviä, mutta selkäkilven kasvukertoimen suhteen suuntaa antavia. Poikasten kasvussa merkintämenetelmien suhteen ei havaittu merkitseviä eroja. Suhteellista kasvua tarkasteltaessa kasvukertoimien avulla pienet poikaset (110,9 %) kasvoivat selkäkilven osalta isoja (108,7 %) enemmän. Tuorepainon kasvukertoimen suhteen havaitun yhdysvaikutuksen perusteella voidaan päätellä, että merkintä vaikutti kertoimeen eri tavalla eri kokoluokissa. Lyijylasikuulamerkittyjä poikasista tarkasteltaessa havaittiin pienten poikasten kasvaneen isoja merkitsevästi enemmän. Kokoluokittain tarkasteltuna lyijylasikuulamerkityt poikaset olivat kasvaneet polttomerkittyä ryhmää merkitsevästi enemmän isojen poikasten ryhmässä. Tutkimushypoteesin mukaan merkintöjen oletettiin heikentävän kasvua. Luultavasti merkit eivät haittaneet liikkumista eikä ravinnon hankkiminen vaikeutunut.

Lyijylasikuulamerkit pysyivät paikoillaan erittäin hyvin. Ne olivat talvikokeen tapaan hyvin tunnistettavissa röntgenkuvista. Punaiseksi värjättyinä myös silmämääräisesti arvioiden onnistuttiin tunnistamaan n. 75 % merkityistä. Polttomerkkien tunnistaminen oli nyt selvästi hankalampaa kuin talvikokeessa. Poikaset olivat vaihtaneet kuortaan merkinnän jälkeen kolme-neljä kertaa ja se heikensi merkien tunnistusta. Uropodien regeneroitumista arvioitiin silmämääräisesti ja vain yhdellä poikasella sitä ei ollut tapahtunut ollenkaan. Se ei ollut vaihtanut kuortaan talvi- eikä kesäjakson aikana. Gastrolitiin havainnoinnin avulla varmistettiin ja täsmennettiin kuorenvaihtojen määrää. Näiden havaintojen ja kasvutulosten perusteella havaittiin kuusi poikasta, jotka eivät vaihtaneet kuortaan kesäjakson aikana. Näistä neljälle gastrolitiitit olivat kehityksessä eli ne valmistautuivat kuorenvaihtoon noin kahden viikon sisällä.

4.3 Lopuksi

Tutkimuksen perusteella täpläravun poikasien merkinnässä voidaan käyttää sisäisiä merkkejä kesänvanhoille poikasille. Pienimmän ryhmän rapujen keskimääräinen kokonaispituus merkitsemishetkellä oli vain noin 2,5 cm ja keskipaino alle 0,5 grammaa. Merkinnät mahdollistavat kuorenvaihtovälin ja yksilöllisen kasvun seurannan ryhmäkasvatuksen yhteydessä. Vastaavan tiedon keräämiseksi ilman merkintöjä poikasista olisi kasvatettava omissa kasvatusastioissaan yksitellen. Kasvatusolosuhteet eivät tällöin vastaisi todellista tilannetta, koska muiden yksilöiden vaikutukset puuttuisivat. Poikasmerkinnän avulla voidaan mm. selvittää rapujen sosiaalisten suhteiden, esimerkiksi suurten yksilöiden populaatiosta poistamisen, vaikutusta kasvuun. Poikaskuolleisuuden ajoittaminen lammikoissa onnistuu välipyyntien ja merkinnän avulla. Lammikon raputuotannon luotettava seuranta esimerkiksi kasvun ja kuolleisuuden osalta tehostuu merkintöjen avulla. Parantuneen seurannan avulla pystytään tuottamaan tarkempaa tietoa viljelijöille mm. ruokintamäärien suhteen. Tämän tutkimuksen mukaan suositeltavin menetelmä yksilölliseen merkintään olisi lasikuulamerkintä. Uropodimerkintä näyttäisi soveltuvan hyvin ryhmämerkintään.

Kirjallisuus

- Abrahamsson, S.A. 1965. A method of marking *Astacus astacus* (L.) in population studies. *Oikos* 16: 228-231.
- Balazs, G.H. 1973. A simplified method for identifying experimental shrimp. *Prog. Fish-Cult.* 35: 27
- Durliat, M.D., Moriniere, M. & Porcheron, P. 1988. Changes in ecdysteroids in *Astacus leptodactylus* during the molting cycle. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 89A(2):223-229.
- George, R.W. 1957. The status of the "white" crayfish in Western Australia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 9: 537-545.
- Huner, J., Henttonen, P. & Lindqvist, O. 1993:.Effects of bilateral eyestalkablation on juvenile noble crayfish, *Astacus astacus* (L), in central Finland. *Freshwater Crayfish* 9: 477-483.
- Ihaka, R. & Gentleman, R. 1996: R: A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5, 299-314.

Kudokseen injisoitavien elastomeeri- ja alfatag- merkkien vaikutus täpläravun poikasten kuolleisuuteen ja kasvuun.

Jari Huuskonen¹, Tero Ahvenharju², Jouni Tulonen² ja Kari Ruohonen³

¹Kuopion Yliopisto, Soveltavan biotekniikan instituutti, PL 1627, 70211 Kuopio

²Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon kalantutkimusasema, 16970 Evo

³Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Turun toimipaikka, Itäinen Pitkäkatu 3, 20520 Turku

Sisällys

1. JOHDANTO.....	45
2. MATERIAALI JA MENETELMÄT	45
2.1 Koejärjestelyt	45
2.2 Koeravut	45
2.3 Rapujen merkintä	46
2.4 Tilastollinen analyysi	46
3. TULOKSET	46
3.1 Kuolleisuus ja kasvu.....	46
3.2 Merkkien pysyvyys ja näkyvyys	47
4. TULOSTEN TARKASTELU	48
KIRJALLISUUS	49

1. Johdanto

Yksilöllisten kasvutietojen tarve rapututkimuksessa on lisääntynyt. Tämä edellyttää rapujen yksilöllistä merkitsemistä. Erityisesti poikasten merkintää on haluttu selvittää, koska poikaset vaihtavat kuorta tiheämmin kuin isot yksilöt ja jo muutaman kuukauden pituisen koejakson aikana useammin kuin kerran. Näin ollen mahdolliset käsittelyiden väliset kasvuerot tulevat nopeasti näkyviin. Rapuja on merkitty ulkoisesti sekä ryhmä- että yksilömerkeillä. Ne kuitenkin häviävät kuorenvaihdon mukana. Tässä tutkimuksessa poikasia merkittiin kalojen ja äyriäisten merkintään kehitetyillä Visible Implant Fluorescent Elastomer (VIE) ja Soft Visible Implant Alphanumeric (VAlpha) -merkeillä (Northwest Marine Technology, USA). Kokeessa seurattiin, miten merkintä vaikuttaa kesänvanhojen täpläravun poikasten kuolleisuuteen ja kasvuun. Tutkimushypoteesin mukaan merkintä heikentää kasvua ja lisää kuolleisuutta. Kokeessa tarkasteltiin myös merkkien pysyvyyttä ja luettavuutta.

2. Materiaali ja menetelmät

2.1 Koejärjestelyt

Kokeessa oli kolme käsittelyä eli VIE- ja VAlpha-merkityt sekä merkkeämättömät (kontrolliryhmä) poikaset. Kaikilla käsittelyillä oli viisi rinnakkaista allasta. Altaina käytettiin muovisia laatikoita (600x800x300 mm), joiden pohjalle laitettiin n. 5 cm:n kanankalkki- ja sorakerros. Laatikoissa käytettiin Evolla kehitettyjä muovisia suoja- paikkoja (Tulonen ym. 2002, tämä julkaisu). Kokeessa käytettiin pohjavettä ja kierto-vesitysjärjestelmää siten, että uutta vettä johdettiin systeemiin n. 2 l/min. Veden biologinen suodatus tapahtui n. 9 m pitkässä ja halkaisijaltaan 30 cm olevassa lasikuitukourussa, joka täytettiin muovisilla salaojaputkilla. Veden korkeus koealtaissa säädettiin kallistusputkilla n. 10 cm:iin. Kokeen aikana veden lämpötilaa (keskiarvo 18,5 °C, vaihteluväli 17,4-19,7 °C), happipitoisuutta (keskiarvo 8,4 mg/l, vaihteluväli 7,7-9,0 mg/l) ja hapen kylläisyyttä (keskimäärin 89,8 %, vaihteluväli 83,7 -94,4 %) mitattiin tietokoneeseen kytketyn tallentavan happianalysaattorin (Marvet AJ90) avulla neljä kertaa tunnissa. Veden pH-arvo (keskiarvo 7,5, vaihteluväli 7,0-8,1) mitattiin päivittäin (pH meter 29). Kalsiumpitoisuus 23.8.1999 otetuissa näytteissä oli kaivovedessä 0,137 Ca mmol/l, biologisen suodatuksen jälkeen 0,333 Ca mmol/l ja poistovedessä 0,270 Ca mmol/l. Vastaavat ammoniumtyppipitoisuudet (SFS 3032 -standardi) olivat 33,44 µg/l, 12,16 µg/l ja 16,72 µg/l. Näytteet analyysia varten kerättiin 12.8.1999.

Valorytmi järjestettiin koetilaan ajastimiin kytketyillä valosarjoilla siten, että aamuhämärä alkoi klo 06.00 ja iltahämärä klo 18.00. Auringon nousua (klo 06.00-08.00) ja auringon laskua (klo 18.00-20.00) kuvaavana aikana valon intensiteettiä lisättiin/vähennettiin asteittain klo 07.00/19.00 ja klo 07.30/18.30. Päivänvaloa kuvaava aika alkoi klo 08.00 ja täysi pimeys klo 20.00.

2.2 Koeravut

Kokeet tehtiin Teollisuuden Voima Oy:n Olkiluodon ydinvoimalan ravunviljelylaitoksella lämpöhaudotetuilla ja alkukasvatetuilla täpläravun poikasilla. Ne (n. 1000 kpl) olivat kuoriutuneet maaliskuussa 1999 ja siirrettiin Evolle kesäkuun lopussa. Evolla poikasia kasvatettiin ennen merkintäkoetta 4 m²:n lasikuitualtaissa ja ruokittiin keinorehulla. Koe aloitettiin 26.7.1999 valitsemalla 375 kpl silmämääräisesti arvioi-

den mahdollisimman samankokoista poikasta, joista mitattiin selkäkilven pituus, tuorepaino ja kirjattiin mahdolliset raaja- ja saksivauriot sekä merkittiin yksilöt kontrolliryhmää lukuun ottamatta. Tämän jälkeen ravut jaettiin koeyksiköihin, 25 yksilöä/allas. Altaiden keskinäinen järjestys satunnaistettiin. Viikon pituisen totuttautumiskauden jälkeen ravut mitattiin ja punnittiin uudelleen, tarkistettiin merkit ja poistettiin ylimääräiset ravut siten, että lopullinen määrä kokeen alussa oli 20 yksilöä/allas. Varsinainen kasvatusjakso alkoi 2.8.1999, välimittaus tehtiin 7.9.1999 (36 vrk aloituksesta) ja koe loppui 6.11.1999 (96 vrk aloituksesta). Poikasten selkäkilven pituus kokeen alussa oli keskimäärin $18,22 \pm 1,3$ mm (vaihteluväli 15,90-20,06 mm) ja tuorepaino $1,57 \pm 0,34$ g (vaihteluväli 1,06-2,07 g). Rapuja ruokittiin rehulla kerran vuorokaudessa, viitena päivänä viikossa (ma-pe) ja rehun määräksi annosteltiin 5 % rapujen keskimääräisestä tuorepainosta.

2.3 Rapujen merkintä

VIE-merkinnässä nestemäinen elastomeerimuovi injisoitiin ravun pyrstölihaksen ventraalipuolelle lihaksen sisään. Merkinnässä käytettiin neljää eri väriä (vihreä, keltainen, punainen, oranssi) ja viittä pyrstöjaoketta yksilöllisen tunnistamisen varmistamiseksi. VIalpha-merkki on erittäin ohut kirjaimen ja kaksi numeroa sisältävä fluoresoiva (2,5 mm pitkä ja 1 mm leveä) muoviliuska. Se injisoitiin valmistajan kehittämällä neulalla pitkittäin ravun pyrstölihaksen ja vatsapuolen kalvon (ventral integument) väliseen tilaan (ventral abdominal sinus) jaokkeeseen neljä tai viisi. Neula työnnettiin pyrstön sisään jaokkeen kaksi kohdalta ja vedettiin pois samaa reittiä. Väli- ja loppumittauksia tehtäessä kirjattiin ylös, mikäli merkkien näkyvyydessä tai pysyvyydessä oli silmämääräisesti arvioiden tapahtunut muutoksia tai niissä oli jotain muuta huomautettavaa.

2.4 Tilastollinen analyysi

Tulokset käsiteltiin allaskeskiarvoina. Selkäkilven pituuden ja tuorepainon keskiarvojen erot alkuväli- ja loppumittauksessa analysoitiin yksisuuntaisena varianssianalyysinä. Aineiston normaalijakautuneisuus ja varianssien homogeenisuus tutkittiin residuaaleja analysoimalla. Kasvua kuvattiin kasvunopeuden (SGR) avulla. Ne (SGR paino ja SGR pituus) laskettiin kaavalla $SGR = [\ln(W_f) - \ln(W_i)]/t * 100$, jossa W_f on loppupaino/-pituus, W_i on alkupaino/-pituus ja t on kokeen kesto (vrk) ja analysoitiin kuten selkäkilven pituus ja tuorepaino. Parittaiset keskiarvojen vertailut tehtiin Tukeyn HSD-testillä. Analyysit tehtiin SYSTAT 9.0 tietokoneohjelmalla (SYSTAT 1996).

3. Tulokset

3.1 Kuolleisuus ja kasvu

Kokeen aikana poikasia kuoli 7,33 %. Kontrolliryhmässä kuolleisuus oli $10,0 \pm 14,58$ %, VIE-ryhmässä $7,00 \pm 5,70$ % ja VIalpha-merkityillä $5,00 \pm 3,54$ %. Käsittelyjen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa rapujen lukumäärässä ($F_{2,12}=0,369$, $p=0,699$).

Kokeessa seurattut vastemuuttajat kokeen lopussa on esitetty taulukossa 1. Kokeen alussa poikasten selkäkilven pituus ja tuorepaino erosivat merkitsevästi käsittelyjen välillä (pituudelle $F_{2,12}=6,699$, $p=0,011$ ja painolle $F_{2,12}=5,622$, $p=0,019$). V1alpha- ja kontrolliryhmät erosivat alussa merkitsevästi selkäkilven ($p=0,001$) ja tuorepainon osalta ($p=0,017$). VIE-merkityt ja kontrolliryhmä erosivat merkitsevästi selkäkilven ($p=0,006$) suhteen.

Välimittauksessa loppupituus ja -paino erosivat merkitsevästi käsittelyjen välillä (selkäkilvelle $F_{2,12}=13,924$, $p=0,001$ ja tuorepainolle $F_{2,12}=6,156$, $p=0,014$). V1alpha-merkityt ja kontrolliryhmä erosivat merkitsevästi selkäkilven ($p=0,001$) ja tuorepainon ($p=0,017$) suhteen. VIE-ryhmä ja kontrolliryhmä erosivat selkäkilven ($p=0,007$) ja tuorepainon ($p=0,046$) suhteen. Loppumittauksessa havaittiin käsittelyjen välillä merkitseviä eroja (selkäkilvelle $F_{2,12}=14,203$, $p=0,001$ ja tuorepainolle $F_{2,12}=12,400$, $p=0,001$). Merkityt poikasryhmät erosivat merkitsevästi kontrolliryhmästä pituuden (V1alpha $p=0,001$ ja VIE $p=0,006$) ja painon (V1alpha $p=0,003$ ja VIE $p=0,002$) suhteen.

Taulukko 1. Poikasryhmien keskimääräiset selkäkilven pituudet ja tuorepainot kokeen lopussa ja välimittauksessa (\pm keskihajonta).

Käsittely	Aiku		Väli		Loppu	
	SK (mm)	TP (g)	SK (mm)	TP (g)	SK (mm)	TP (g)
V1alpha	19,17 \pm 0,58	1,81 \pm 0,15	22,32 \pm 0,27	2,98 \pm 0,09	24,65 \pm 0,51	4,09 \pm 0,20
VIE	18,51 \pm 0,51	1,63 \pm 0,19	21,65 \pm 0,81	2,83 \pm 0,33	24,05 \pm 0,70	4,13 \pm 0,31
Kontrolli	16,99 \pm 1,48	1,26 \pm 0,40	19,71 \pm 1,12	2,15 \pm 0,60	22,23 \pm 0,96	3,20 \pm 0,44

VIE-merkityt poikaset kasvoivat pituutta ja painoa eniten kokeen aikana (taulukko 2). Pituuskasvussa käsittelyjen välillä ei ollut merkitseviä eroja ($F_{2,12}=0,389$, $p=0,686$), mutta painonlisäyksessä kasvuerot olivat merkitseviä ($F_{2,12}=8,630$, $p=0,005$). VIE-merkittyjen poikasten painon kertyminen kokeen aikana oli merkitsevästi suurempaa kontrolliryhmään verrattuna ($p=0,004$), V1alpha-merkittyjen ja kontrolliryhmän välinen ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p=0,069$). Pituuskasvukertoimet eivät eronneet merkitsevästi toisistaan ($F_{2,12}=0,341$, $p=0,718$), painokertoimet erosivat ($F_{2,12}=8,465$, $p=0,005$). Tilastollisesti merkitsevästi erosivat VIE- ja kontrolliryhmä ($p=0,004$). V1alpha-merkittyjen ja kontrolliryhmän välinen ero ei ollut merkitsevä ($p=0,061$).

Taulukko 2. Poikasten pituuden ja tuorepainon kasvu kokeen aikana sekä niiden kasvunopeudet (\pm keskihajonta).

Merkintä	Pituuskasvu, mm	Painokasvu, g	SGR pituus	SGR paino
V1alpha	5,48 \pm 0,27	2,27 \pm 0,13	1,59 \pm 0,06	0,80 \pm 0,06
VIE	5,54 \pm 0,47	2,50 \pm 0,26	1,60 \pm 0,10	0,89 \pm 0,11
Kontrolli	5,24 \pm 0,83	1,94 \pm 0,23	1,53 \pm 0,20	0,63 \pm 0,12

3.2 Merkkien pysyvyys ja näkyvyys

Kaikki kokeen alussa injisoidut V1alpha-merkit (100 kpl) pysyivät hyvin paikoillaan. Jokainen elossa säilynyt yksilö (95 kpl) pystyttiin tunnistamaan ja yksilölliset tiedot kirjaamaan muistiin. VIE-merkityistä ruvuista 40 %:lla havaittiin osan merkkiaineesta kulkeutuneen heti injisoinnin jälkeen pois varsinaisesta merkintäkohdasta. Merkki

pirstaloitui pieniin osiin ja useimmiten osa siitä kulkeutui pyrstöjaokkeesta toiseen. Pirstaloitumisen seurauksena merkki saattoi levitä kolmeen, jopa neljään eri jaokkeeseen. Kolmessa tapauksessa merkki siirtyi kokonaisuudessaan jaokkeesta toiseen. Kaikilla VIE-merkityillä yksilöillä oli kokeen lopussa merkkiainetta jäljellä pyrstölihaksesta.

Pirstaloitumisessa oli eroja värien suhteen. Keltaisista levisi 14 % merkeistä, vihreistä ja punaisista 10 % ja oransseista 6 %. Punainen ja oranssi merkkiväri näkyivät parhaiten ja olivat havaittavissa myös rapua paljain silmin tarkasteltaessa. Keltainen merkki oli selvästi vaikein havaita. Merkkien lukeminen ja tarkastelu onnistui parhaiten sinisen tai uv-valon avulla, koska tällöin fluoresointi helpotti niiden havaitsemista ja tunnistamista. Vihreä ja keltainen väri sekoittuivat herkästi keskenään.

4. Tulosten tarkastelu

Poikasten kuolleisuus kokeen aikana oli vähäistä. Kokeessa olleista 300 poikasesta yhteensä 22 kpl kuoli (7,3 %). Kontrolliryhmästä kuoli 10, VIE-merkityistä 7 ja VIalpha-ryhmästä 5 yksilöä. Merkintämenetelmät eivät lisänneet kuolleisuutta kontrolliryhmään verrattuna. Kontrolliryhmän korkeampi kuolleisuus selittyy osittain yhden koeyksikön huonolla tuloksella (7 kuollutta samassa laatikossa). Vähäinen kuolleisuus saattaa osin selittyä ruokinnan onnistumisella. Kilpailu ja aggressiivinen käyttäytyminen ovat voineet vähentyä, koska ravintoa on ollut riittävästi saatavilla.

Merkinnän jälkeen poikasten annettiin toipua viikon ajan, jolloin kuolleet poistettiin ja koe aloitettiin. Kuolleisuus tänä aikana oli erittäin vähäistä (yhteensä yhdeksän poikasta kuoli) ja jakautui tasan kaikkien käsittelyiden suhteen. Merkintä ei siis aiheuttanut ylimääräistä kuolleisuutta ensimmäisen viikon aikana. *Cherax destructor* -lajilla (tuorepaino $0,9 \pm 0,8$ g, vaihteluväli 0,1-4,6 g) havaittiin kaksi viikkoa merkinnän jälkeen kuolleisuudeksi VIE-ryhmällä 11 %, VIalpha-merkityillä 13 % ja kontrolliryhmällä 5 %. Ero oli selvä mutta ei merkitsevä (Jerry ym. 2001). Godin ym. (1996) selvittivät VIE-merkinnän soveltuvuutta *Penaeus vannamei* -katkarapulajin poikasille (tuorepaino keskimäärin 1,63 g, vaihteluväli 0,2-3,92 g) ja havaitsivat kahdessa kokeessa merkittyjen poikasten kuolleisuudeksi 9,5 % ja 7 % 10-14 viikon kasvatuksen jälkeen. Kuolleisuus heti merkinnän jälkeen oli 2,6 %.

Tämän kokeen tulosten perusteella voidaan VIE- ja VIalpha-merkintämenetelmiä käyttää täpläravun kesänvanhoille poikasille, joiden selkäkilven pituus on vähintään 16 mm ja tuorepaino 1,5 g. Kasvunopeuksien perusteella merkityt poikaset olivat kasvaneet paremmin kuin kontrolliryhmän poikaset. Tilastollisesti merkitsevät erot kokeen välimittauksessa ja lopussa poikasten selkäkilven pituuksissa ja tuorepainoissa käsittelyjen välillä eivät todennäköisesti johdu merkintämenetelmistä. Ravunpoikasten suuri kokovaihtelu ja korkea säilytyskuolleisuus vaikeuttivat kokeeseen tulevien rapujen valintaa eikä koerapujen täysin satunnainen valinta onnistunut. Kaikkein pienimmille ravuille ei merkkiä voitu laittaa ja materiaalin vähyyden vuoksi kontrolliryhmään joutui pienempiä rapuja kuin merkintäryhmiin. Näin ollen koeryhmät eivät olleet keskenään täysin vertailukelpoisia. Tämä ei kuitenkaan vaikuta VIE- ja VIalpha-ryhmien väliseen tarkasteluun.

Alphatag -merkeistä ei kokeen aikana irronnut yhtään. Lisäksi niiden lukeminen onnistui erittäin hyvin. Poikasten merkinnässä kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että merkkejä ei injisoitu liian syvälle lihakseen. Tällöin niiden lukeminen vaikeutuu huomattavasti. Merkittäessä poikasialue neula on työnnettävä pyrstöön vähintään kaksi jaoketta ennen merkin sijoittamiskohtaa. Tämä estää merkin poisliukumisen neulan tulouraa pitkin. Jerry ym. (2001) havaitsivat 10 viikon kasvatuksen jälkeen *Cherax destructor* -lajin poikasilla 21 % :lla merkin irronneen. Pysyneistä merkeistä 96 % oli luettavissa.

Merkintä onnistui teknisesti hyvin, joskin alphas -merkin saamisessa silikonialustalta neulaan oli välillä vaikeuksia. Neulan kärkeen tarttui herkästi silikonimursia, mikä tukki neulan reiän ja hidasti merkintänopeutta. Neulan puhdistamiseen kului useita minutteja ja toimenpide jouduttiin välillä tekemään joka viidennen merkin jälkeen. Valmistajalta on saatavana neulaan liitettävä automaattinen merkintälaite, mikä todennäköisesti nopeuttaisi merkintää huomattavasti. Käsien ja huolellisesti tehden onnistuimme harjoittelun jälkeen merkitsemään n. 20 rapua tunnissa.

Elastomeerimerkkien ongelmana oli pirstaloituminen ja niiden liikkuminen jaokkeesta toiseen. Tämä vaikeutti yksilöllistä tunnistusta. Merkit pysyivät hyvin, kokonaan ilman elastomeeria ei löytynyt ainuttakaan poikasta. *C. destructor* -lajilla merkki oli pysynyt 92 % :lla ja se oli tulkittavissa kaikilta (Jerry ym. 2001). Elastomeerimerkkien takaisinsaanti katkaravulla oli 100 % vielä n. 20 kuorenvaihdon jälkeen (Godin ym. 1996). *Homarus gammarus* -hummerilla elastomeeri pysyi kaikilla poikasilla (selkakilpi 5-8 mm), mutta eloonjäättyä oli heikko (68 %) verrattuna kontrolliryhmään (94 %) (Linnane & Mercer 1998). Kuolleisuus painottui kuitenkin heti merkinnän jälkeen, 5 päivän sisällä sattui 67 % tapauksista. Vanhemmilla poikasilla (7 kk, selkakilpi 12-16 mm) elastomeeri pysyi kaikilla ja eloonjäättyä oli erittäin hyvä sekä merkityillä (97 %) että kontrolliryhmällä (98 %).

Elastomeeriväriaineen injisointi oli V1alpha-merkkeihin verrattuna teknisesti helpompaa ja selvästi nopeampaa. Muutaman tunnin harjoittelun jälkeen menetelmän avulla on mahdollista merkitä ryhmämerkillä (yksi merkki/poikanen) jopa 150-200 yksilöä tunnissa. Yksilöllistä koodausta käytettäessä määrä alenee noin puoleen. Koska merkintään käytettävässä insuliiniruiskussa ei ole annostelijaa, injisoituvan annoksen määrä on arvioitava. Annosmäärän vaihtelu saattaa vaikuttaa merkin näkyvyyteen tai pirstaloitumisherkkyteen.

Rapuistutusten onnistumisen seurannassa ja luonnonkantojen kasvututkimuksissa, joita usein tehdään merkintä-takaisinpyyntimenetelmin, voidaan elastomeeriä käyttää hyödyksi. Tutkittaessa rapujen reviiirin kokoa ja vaeltamista luonnonoloissa, voitaisiin eri elastomeerivärejä hyödyntää esimerkiksi siten, että koeravustuksissa saman järven eri alueilta pyydetyt ravut merkitään eri väreillä. Koeravustuksen yhteydessä on saatu aikuisia täplärapuja, joilla elastomeerimerkki on pysynyt kolmen vuoden ajan. Merkit olivat luettavissa paljain silmin.

Tutkimus tehtiin sisätiloissa kontrolloiduissa viljelyoloissa. Vesiarvot, valaistus, koerapujen ravinnonsaanti ja muut olosuhteet pysyivät kokeen ajan lähes vakioina, joten tuloksia ei voida suoraan soveltaa semi-ekstensiivisiin lammikkoviljelyoloihin tai luonnonkantojen merkintään. Poikasten pyrstön ventraalipuoli pysyi hyvin puhtaana, joten merkinnät näkyivät selvästi. Luonnonoloissa näin ei välttämättä ole ja pyrstön alapuoli saattaa tummentua selvästi enemmän. Lammikkoviljelytutkimuksissa V1alpha-merkit ovat pysyneet hyvin paikallaan ja ne on pystytty lukemaan vielä kolmen kuukauden kasvatuksen jälkeen (Ahvenharju, julkaisematon). Evon kalantutkimusasemalla jatkokasvatetuilla koeravuilla sekä V1E- että V1alpha-merkit ovat pysyneet paikoillaan 16 kuukauden ajan. Lukeminen on kuitenkin hankaloitunut huomattavasti. Elastomeerimerkkien tulkitsemista häiritsi niiden voimakas pirstaloituminen.

Kirjallisuus

Godin, D.M., Carr, W.H., Hagino, G., Segura, F., Sweeney, J.N. & Blankenship, L. 1996. Evaluation of fluorescent elastomer internal tag in juvenile and adult shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 139: 243-248.

Jerry, D.R, Stewart, T., Purvis, I.W. & Piper, L.R. 2001. Evaluation of visual implant elastomer and alphanumeric internal tags as a method to identify juveniles of the freshwater crayfish, *Cherax destructor*. *Aquaculture* 193: 149-154.

Linnane, A. & Mercer, J.P 1998. A comparison of methods for tagging juvenile lobsters (*Homarus gammarus* L.) reared for stock enhancement. *Aquaculture* 163: 195-202.

SYSTAT 1996. SYSTAT®6.0 for Windows: Statistics, SPSS Inc., Chicago, Illinois.

