

**KALA-JA RIISTARAPORTTEJA nro 170**

**Täpläravun intensiivisen viljelyn kehittäminen  
Olkiluodossa**

**Projektin raportit 1 - 3**

**Helsinki 1999**



**RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS**

**Täpläravun intensiivisen viljelyn kehittäminen Olkiluodossa. Projektin raportit 1-3**

Tutkimusraportti

Intensiivinen ravunviljely Olkiluodossa (312072, 319072)

Teollisuuden Voima Oy käynnisti Olkiluodossa loppusyksyllä 1997 tutkimus- ja kehityshankkeen, jonka tavoitteena on kehittää rapujen intensiivinen viljelymenetelmä. Menetelmän kehittämiseen liittyviä yksittäisiä ongelmia selvitetään erillisessä koeyksikössä tehtävin kokein. Tämä nide sisältää raportit neljästä ensimmäisestä kokeesta kolmena erillisenä koeraporttina.

Ensimmäisessä kokeessa (raportti 1) ei vähäisellä meriveden lisäyksellä havaittu olevan mitään vaikutusta täpläravun poikasten kasvuun niiden kolmen ensimmäisen elinkuukauden aikana. Kun paikallista noin 6% murtovettä lisättiin viljelyveteen kolmasosa tai enemmän, vaikutus oli haitallinen: poikasten kuolleisuus suureni.

Toisessa kokeessa (raportti 1) havaittiin pakastetun *Daphnia*-vesikirpurn käytön projektissa kehitetyn kuivarehun lisänä parantavan täpläravunpoikasten kasvu.

Kolmannessa kokeessa (raportti 2) altaiden pohjasoran karkeuden ja erilaisten suojapaikkaelementtien merkityksestä täpläravunpoikasten kasvatustulokseen saatiin paras tuotto altaista, joissa käytettiin reikätiiliä suojapaikkoina. Pohjasoran karkeudella ei havaittu olevan vaikutusta. Testi tehtiin noin 1,5 kk:n ikäisillä poikasilla.

Neljännessä kokeessa (raportti 3) selvitettiin talvea korvaavan kylmäjakson pituuden vaikutusta sukukypsyyttä lähestyvien täpläravujen kasvuun ja sukukypsymiseen. Sukukypsymistä edeltävän kasvukauden pituus vaikutti nuorten täpläravujen sukukypsymiseen ja kasvuun enemmän kuin kylmäjakso.

Kala- ja riistaraportteja 170

951-776-246-1

1238-3325

41 s.

suomi

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 6  
00721 Helsinki  
Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

# Sisällys

ALKUSANAT .....	1
Juhani Kettunen	
MERIVESILISÄYKSEN VAIKUTUS KEINOREHULLA RUOKITTUJEN TÄPLÄRAVUN POIKASTEN KASVUUN JA ELOONJÄÄNTIIN SEKÄ LISÄRAVINTONA ANNETUN DAPHNIA -VESIKIRPUN MERKITYS TÄPLÄRAVUN POIKASTEN ALKUKASVATUSTULOKSEEN.....	3
Jouni Kervinen, Teuvo Järvenpää, Kari Ruohonen	
SUOJAJAIKKAELEMENTIN RAKENTEEN JA POHJASORAN RAEKON MERKITYS TÄPLÄRAVUNPOIKASTEN KASVUUN, ELOONJÄÄNTIIN JA SAKSIVAURIOIHIN.....	17
Teuvo Järvenpää, Kari Ruohonen, Jouni Kervinen, Riitta Rahkonen	
KYLMÄJAKSON PITUUDEN VAIKUTUS SUKUKYPSYYTTÄ LÄHESTYVIEN TÄPLÄRAVUNPOIKASTEN KASVUUN JA SUKUKYPSYMISEEN.....	29
Teuvo Järvenpää, Kari Ruohonen, Jouni Kervinen, Riitta Rahkonen	

# Alkusanat

Loppusyksyllä 1997 Teollisuuden Voima Oy käynnisti Olkiluodossa tutkimus- ja kehityshankeen, jonka tavoitteena on kehittää menetelmät ravun viljelemiseksi intensiivisesti, täysin säädellyissä olosuhteissa. Hankkeessa on alusta asti edetty kahta rinnakkaisesta tietä. Yhtäältä rapuja on viljelty teollisessa mittakaavassa sen tiedon varassa, jota ravuista ja niiden viljelystä on aiemmin ollut olemassa. Toisaalta viljelyprosessin heikoimmin hallittuja osia on tutkittu erillisessä, kokeelliseen tutkimukseen varustetussa yksikössä.

Kehityshanke on tähän mennessä osoittanut, että rapujen intensiivinen viljely on teknisesti mahdollista. Kaikki viljelykierron vaiheet näyttävät saadun kokemuksen mukaan onnistuvan myös kontrolloiduissa olosuhteissa.

Edistymisestään huolimatta intensiivisellä viljelyllä on edessään monia haasteita. Sisätiloissa tapahtuva viljely on pääoma- ja työkustannuksiltaan kallista, joten tuotanto on saatava tehokkaaksi. Rapuja on kyettävä kasvattamaan paitsi lyhyessä ajassa, myös suuria määriä pinta-alayksikköä kohden. Seuraavassa raportissa on dokumentoitu kolme Olkiluodon koeyksikössä tehtyä erillistutkimusta. Niissä on selvitetty viljelyn tehostamisen kannalta tärkeitä osa-alueita. Ensimmäisessä kokeessa on tutkittu sitä, voitaisiinko meriveden korkeaa mineraalipitoisuutta käyttää apuna ravunviljelyssä, jossa rapujen kuorenvaihdot ovat keskeinen viljelytekijä. Toisen kokeen käytännön motiivina on ollut kehittää intensiiviseen viljelyyn ja suuriin raputiheyksiin sopivia rapujen suojapaikkoja. Kolmatta koetta voidaan motivoida rapujen kauppakoolla, joka on n. 10 cm tai suurempi. Ennen tuon koon saavuttamista ravut tulevat tavallisesti sukukypsiksi, mikä hidastaa niiden kasvua. Kolmennessa kokeessa on selvitetty, voidaanko keinotekoisella kylmäjaksolla vaikuttaa rapujen sukukypsymiseen.

Raportin laatijoiden ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen puolesta haluan kiittää Teollisuuden Voima osakeyhtiötä, tuotantojohtaja Rauno Mokkaa, ympäristöpäällikkö Reijo Sundellia ja ryhmäpäällikkö Mauri Juntusta miellyttävästä tutkimusyhteistyöstä. Kiitoksen ansaitsee myös Teknologian kehittämiskeskus TEKES, jonka rahoituspanos on luonut pohjan pitkäjänteiselle tieteeseen perustuvalla kehitystyöllä.

Helsingissä 30.11.1999

Juhani Kettunen



**Merivesilisäyksen vaikutus keinorehulla ruokittujen täpläravun  
poikasten kasvuun ja eloonjääntiin sekä lisäravintona annetun  
*Daphnia* -vesikirpun merkitys täpläravun poikasten  
alkukasvatustulokseen**

Jouni Kervinen

Teuvo Järvenpää

Kari Ruohonen

# Sisällys

1. JOHDANTO.....	7
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	8
2.1. Tutkitut käsittelyt.....	8
2.2. Koeravut ja -altaat.....	8
2.3. Seuranta ja mittaukset.....	9
2.4. Tilastollinen tarkastelu.....	9
3. TULOKSET.....	10
3.1. Murtovesikoe.....	10
3.2. Ruokintakoe.....	13
4. TULOSTEN TARKASTELU.....	15
4.1. Merivesikoe.....	15
4.2. Ruokintakoe.....	15
KIIITOKSET.....	16
KIRJALLISUUS.....	16



# 1. Johdanto

Täpläravun alkuperäisessä elinympäristössä Pohjois-Amerikassa vesien elektrolyyttipitoisuudet ovat keskimäärin suomalaisten sisävesien elektrolyyttipitoisuuksia paljon suurempia. Pohjois-Amerikan länsirannikon jokien täpläravut saattavat myös vaeltaa jokisuiden murtovesialueille laiduntamaan palatakseen ylävirran makeampaan veteen lisääntymään. Eräs tärkeimmistä täpläravun pyyntialueista on Sacramentojoen suisto, myöskin ne alueet, joille virtaa mervettä päivittäisen vuoroveden nousun mukana (McGriff 1983). Intensiivikasvatuksessa rapuja kasvatetaan suurissa tiheyksissä vedessä, jota suurelta osin kierrätetään uudestaan viljelyaltaissa. Kierrätysvesijärjestelmässä elektrolyyttien määrä voi edelleen pienetä ja rapujen ionitasapainon ylläpitäminen saattaa vaikeutua.

Tässä kokeessa elektrolyyttien saatavuutta pyrittiin parantamaan lisäämällä viljelyveteen merivettä. Merivesi sisältää pieniä määriä lähes kaikkia alkuaineita, joista monet saattavat olla rapuille tarpeellisia hivenaineita. Lisäämällä tarjolla olevien elektrolyyttien määrää pyrittiin vähentämään rapujen ionitasapainon ylläpitämiseen käyttämää energiaa. Energian säästön ja hivenaineiden saannin turvaamisen oletettiin parantavan rapujen kasvua ja elinkykyä. Hivenaineiden paremman saatavuuden arveltiin myös vähentävän rapujen kannibalismia.

Sisäaltaissa keinorehuilla tehdyt rapujen kasvatuskokeet eivät ole antaneet hyviä kasvutuloksia. Luonnossa ja luonnonravintolammikoissa pohjalla elävät planktonäyriäiset muodostavat huomattavan osan vastakuoriutuneiden ravunpoikasten ravinnosta (Järvenpää ym. 1996). Elävien planktonäyriäisten tuottaminen rapujen ravinnoksi on mahdollista, mutta työlästä ja kallista. Olkiluodon rapujen intensiivikasvatusprojektia varten suunnitellusta keinorehusta saadut kokemukset ovat olleet lupaavia ja tässä kokeessa pyrittiin selvittämään, missä määrin elävät äyriäiset voitaisiin korvata keinorehulla tai kaupallisesti saatavalla pakastetulla *Daphnia*-vesikirpuilla.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Tutkitut käsittelyt

Kokeet toteutettiin Olkiluodon viljelyhallin koeyksikössä. Kokeessa tutkittiin viittä meriveden lisäystä: 0, 5, 10, 25 ja 50 %. Paikallisen meriveden saliniteetti on keskimäärin hieman yli kuusi promillea. Makea vesi johdettiin Korvensuon altaasta. Kussakin käsittelyssä käytettiin kuutta allasta.

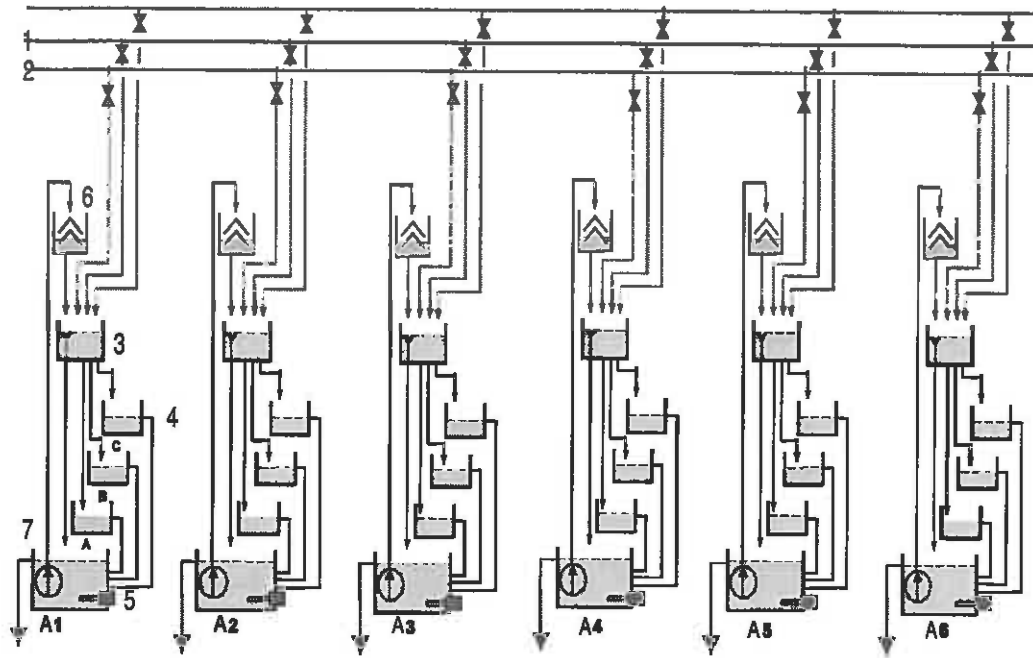
Ruokintakokeessa verrattiin omatekoisella keinorehulla, omatekoisella keinorehulla ja pakastetuilla *Daphnia*-vesikirpuilla sekä pelkällä pakastetuilla *Daphnia*-vesikirpuilla ruokittujen poikasten kasvua ja eloonjääntä. Kussakin käsittelyssä käytettiin neljää allasta.

### 2.2. Koeravut ja -altaat

Koe aloitettiin keinohaudotuilla vastakuoriutuneilla täpläravun poikasilla 11.6.1998 ja lopetettiin 28.9.1998. Koe kesti yli kolme kuukautta eli yhden luonnollisen kasvukauden verran. Eri emojen poikaset jaettiin satunnaisesti tasakokoisiin testiryhmiin, 138 rapua allasta kohti. Tällöin kasvatusiheydeksi tuli kokeen alkaessa 200 poikasta / m<sup>2</sup>. Poikaset ruokittiin kerran päivässä käsin. Rehua annosteltiin siten, että altaissa oli jatkuvasti syömätöntä rehua. Merivesikokeessa käytettiin omatekoista keinorehua ja ruokintakokeessa edellä mainittuja koerehuja.

Lasikuituisten testialtaiden pohjapinta-ala on 0,7 m<sup>2</sup>. Altaiden pohja peitettiin kivimurskeen ja kalkkikivimurskeen (kanankalkki) seoksella. Murskeiden raekoko oli 0,5 mm. Ravunpoikasten suojapaikoiksi murskepohjalle sijoitettiin muovisesta kynnysmatosta, ”ruohomatosta”, rakennettuja suojapaikkaelementtejä.

Kolmella vierekkäisellä altaalla oli yhteinen vedenkierrätysjärjestelmä (kuva 1), joten näissä jouduttiin käyttämään keskenään samanlaista vettä. Tästä syystä käytetyt merivesikäsittelyt satunnaistettiin kolmen altaan ryhmissä siten, että kullekin käsittelylle tuli kaksi kolmen altaan ryhmää. Haluttu suolapitoisuus saatiin sekoittamalla altaiden yläpuolelle sijoitetussa tasausaltaassa valitussa määräsuhteessa merivettä ja makeaa vettä (kuva 1, numerot 1 ja 2). Veden tulo säädettiin käsin. Tasausaltaasta (3) vesi johdettiin alapuolisiin koealtaisiin (4). Tämän jälkeen vesi kerättiin talteen altaiden alapuolelle sijoitetusta, lämpövastuksella varustetusta keruualtaasta (5) ja kierrätettiin pumpulla uudelleen ilmastimen (6) kautta tasausaltaaseen. Tasausaltaaseen tulevaa uutta vettä vastaava määrä kierrätysvettä poistui ylivuotoputkea (7) pitkin keruualtaasta viemäriin.



**Kuva 1. Vesitysjärjestelyt halutun merivesipitoisuuden saamiseksi (selitykset edellisessä kappaleessa).**

Ruokintakokeessa käytettiin Korvensuon altaasta johdettua makeaa vettä, jota kierrätettiin.

## 2.3. Seuranta ja mittaukset

Makean ja suolaisen veden sekoitussuhdetta seurattiin mittaamalla sekoitettavien vesien tuleva määrä päivittäin. Veden saliniteetti määritettiin YSI 30 saliniteettimittarilla päivittäin. Samalla seurattiin veden pH:ta ja happipitoisuutta. Altaiden lämpötila pyrittiin pitämään noin 20 °C:ssa. Päivällä halliin pääsi päivänvaloa työskentelyvalojen lisäksi. Yöllä hallissa oli jatkuva himmennetty valaistus.

Ravut mitattiin kokeen aikana kaksi kertaa. Rapujen lähtöpaino oli 0,038 grammaa ja selkakilven pituus noin 5 mm. Kokeen lopussa laskettiin kaikki jäljellä olevat ravut ja mitattiin niiden paino ja selkakilven pituus sekä kirjattiin saksivauriot. Välimittaukset tehtiin 22.7.-29.7.1998 jokaisesta altaasta otetusta 20 yksilön otoksesta, joka palautettiin altaaseen mittauksen jälkeen.

## 2.4. Tilastollinen tarkastelu

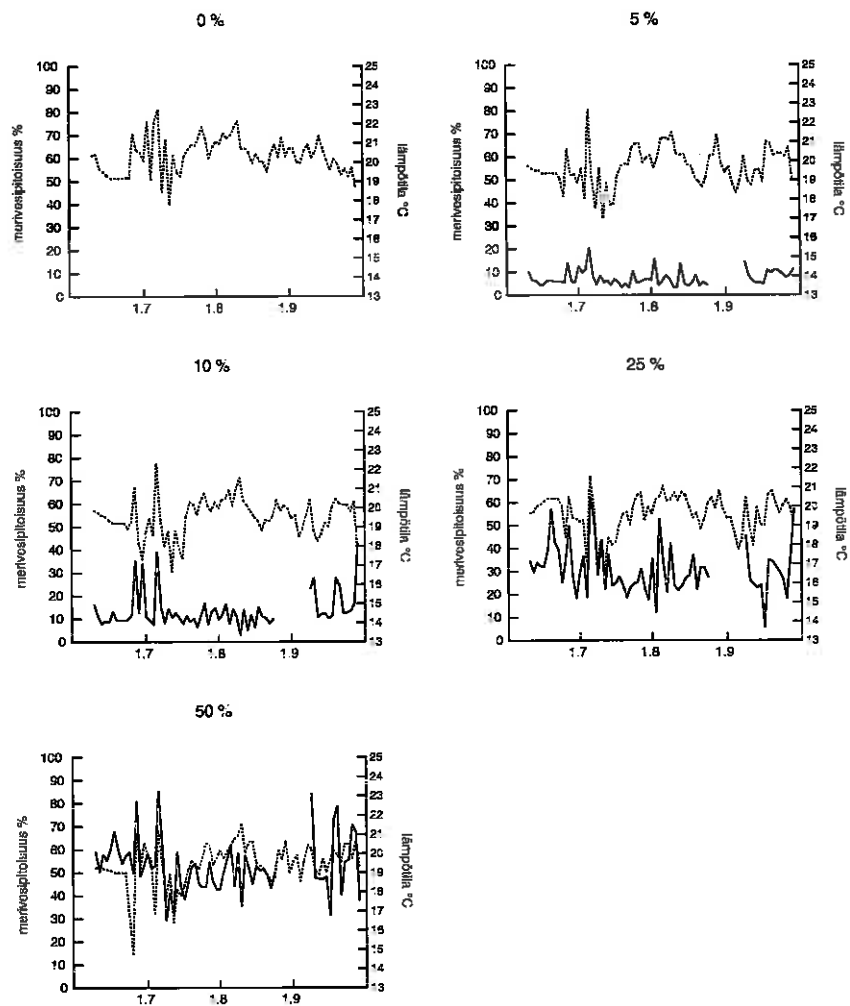
Merivesikokeen tulosten tilastolliseen tarkasteluun käytettiin regressioanalyysiä. Regressiomallista ratkaistiin mitatusta vasteesta riippuen maksimin tai minimin esiintymiskohta ja tämän 95 %:n luottamusväli suhteessa meriveden lisäykseen.

Ruokintakokeen kasvu- ja kuolevuuseroja tutkittiin yksisuuntaisella varianssi-analyysillä. Parittaiset vertailut tehtiin Bonferronin testillä (SYSTAT 1996).

## 3. Tulokset

### 3.1. Murtovesikoe

Todelliset merivesilisäykset ja lämpötilat vaihtelivat suuresti päivittäin eri allasryhmissä (kuva 2). Suuret heilahtelut todellisissa merivesilisäyksissä vaikuttivat myös veden lämpötilaan: suuri merivesilisäys alensi lämpötilaa.

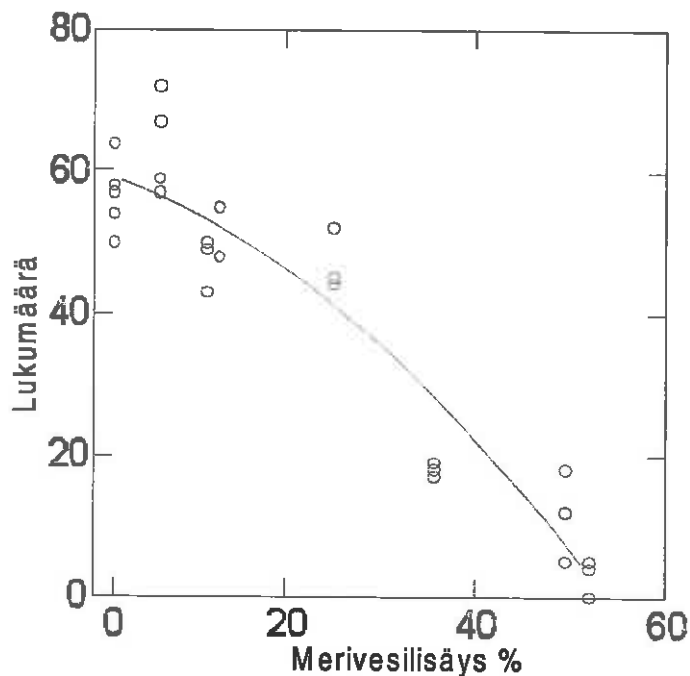


Kuva 2. Merivesipitoisuuden (%) ja lämpötilan (° C) keskimääräiset päivittäiset vaihtelut eri allasryhmissä 11.6-28.9 1998 välisenä aikana. Merivesipitoisuus on esitetty kiinteällä ja lämpötila katkoviivalla.

**Taulukko 1. Todellinen keskimääräinen merivesilisäys (%) ja keskilämpötila (° C) sekä rapujen lukumäärät (/allas), kuolleisuus (/allas %), selkäkilven pituus (mm), paino (g), biomassa (g/allas) ja saksivauriottomien rapujen osuus eri merivesilisäyksissä kokeen lopussa 28.9.1998. Taulukossa keskiarvot±keskihajonnat.**

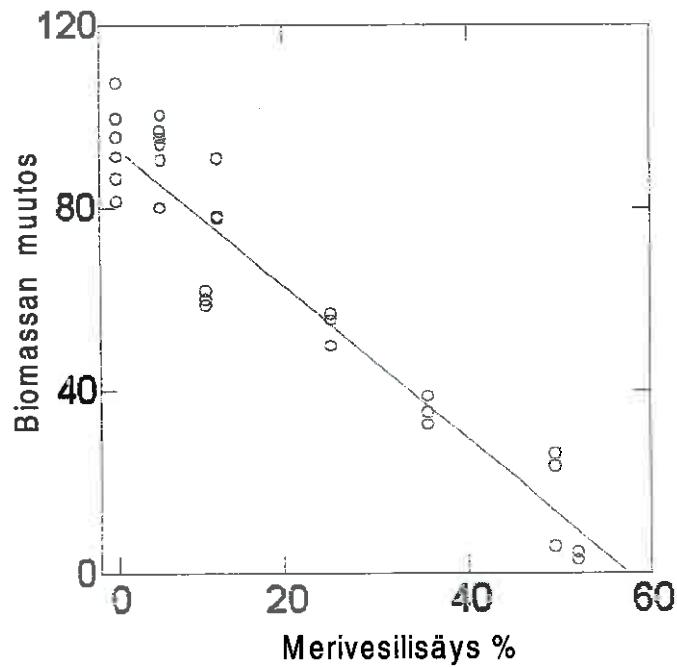
		Merivesilisäys %				
		0	5	10	25	50
Todellinen merivesilisäys	%	0.0	7.3	13.4	30.9	52.7
Keskilämpötila	° C	20.3	19.7	19.5	19.6	19.4
Lukumäärä	/ allas	56.7±4.6	63.2±6.3	50.0±4.6	32.5±16.1	7.3±6.5
Kuolleisuus	/ allas %	58.9±3.4	54.2±4.6	63.8±3.3	76.4±11.7	94.7±4.7
Selkäkilven pituus	mm	18.3±3.3	17.6±3.4	17.7±3.2	17.8±3.2	19.5±4.0
Paino	g	1.7±1.1	1.6±1.3	1.5±1.0	1.5±0.9	2.0±1.2
Biomassa	g/allas	98.9±9.3	98.2±7.0	76.5±13.0	50.1±10.6	14.9±12.4
Ehjat saksit	%	50.3±9.8	40.0±9.9	52.1±8.8	70.5±18.7	53.3±28.4

Merivesipitoisuudeltaan äärimmäisten allasryhmien keskilämpötiloissa oli lähes asteen ero. Lämpimintä (20,3 °C) vesi oli niissä altaissa, joihin ei johdettu lainkaan merivettä (taulukko 1). Veden happipitoisuudessa ja pH:ssa ei ollut eroja allasryhmien välillä.

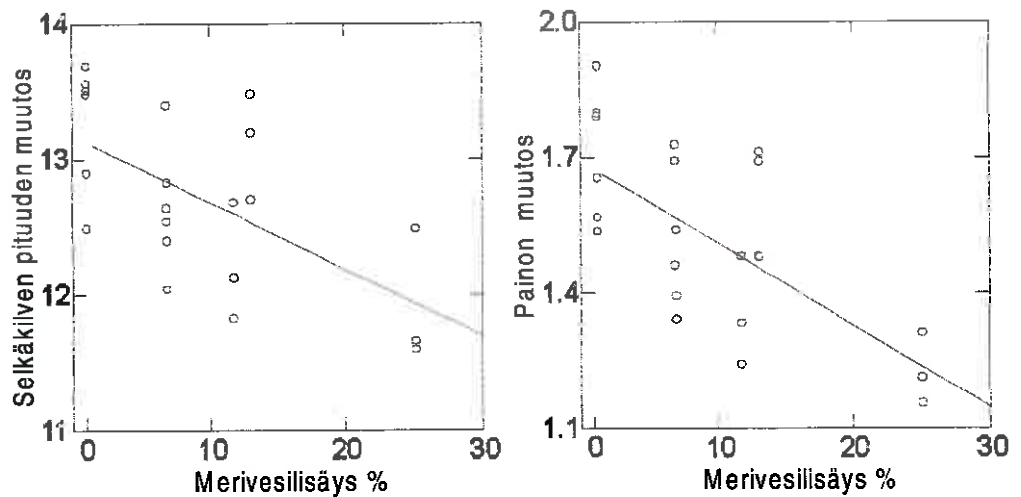


**Kuva 3. Rapujen lukumäärä kokeen lopussa eri merivesipitoisuuksissa. Viiva kuvaa tilastollista mallia.**

Lukumäärien tarkasteluun käytettiin toisen asteen polynomista regressiomallia. Malli sopi hyvin tarkasteltavaan aineistoon ( $R^2=0,9$ ). Mallin mukaan kuolleisuus suureni, kun merivettä lisättiin. 95 % luottamusvälin mukaan ero ei ollut merkitsevää, kun meriveden lisäys oli alle 22 % (kuva 3).



Kuva 4. Biomassan muutos (g/ allas) kokeen aikana eri merivesipitoisuuksissa. Viiva kuvaa tilastollista mallia.



Kuva 5. Painon (g) sekä selkakilvenpituuden (mm) muutos kokeen aikana eri merivesipitoisuuksissa. Viiva kuvaa tilastollista mallia.

Biomassojen suhteen tarkasteltuna toisenasteen termi oli tarpeeton ja siirryttiin lineaariseen regressioon ( $R^2=0,9$ ). Yhden prosenttiyksikön lisäys merivesipitoisuuteen vähensi allaskohtaista tuottoa 1,7 grammaa (kuva 4).

Painon ja selkäkilven tarkastelussa keskityttiin alle 30 % merivesilisäyksiin, koska kyseiset muuttujat ovat hyvin paljon riippuvaisia yksilötiheydestä. Painon ja selkäkilven pituuden muutoksenkin tarkastelussa lineaarinen regressio oli riittävä. Kasvu hidastui merivesipitoisuuden suureudessa (kuva 5).

### 3.2. Ruokintakoe

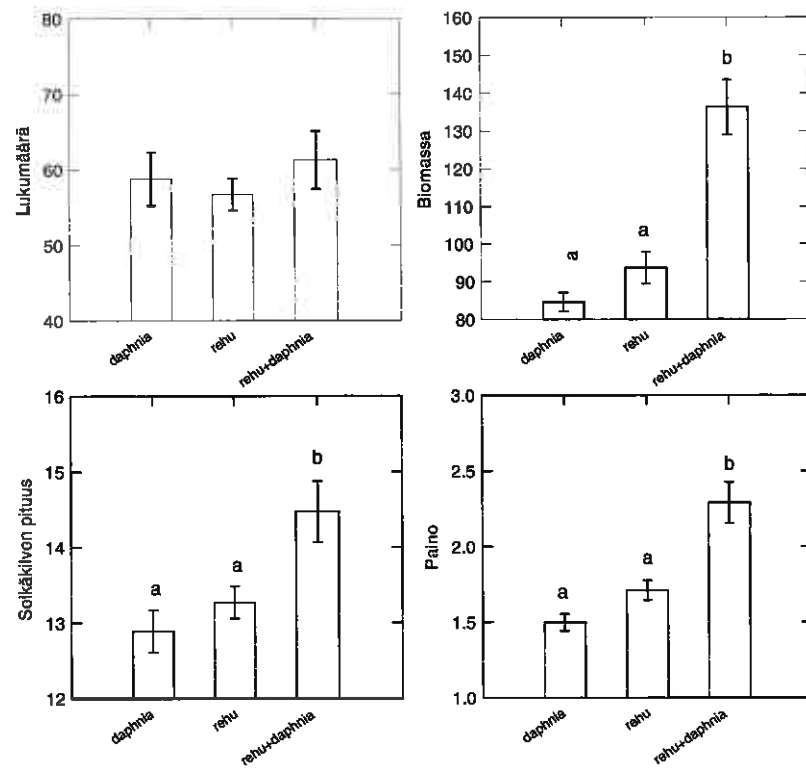
Ruokintakokeessa veden lämpötiloissa, happipitoisuuksissa tai pH:ssa ei ollut eroja eri allasryhmien kesken.

**Taulukko 2. Ruokintakokeen eri allasryhmien keskimääräiset lämpötilat, lukumäärät, kuolleuudet, selkäkilven pituudet, painot, biomassat sekä ehjäsaksisten rapujen prosentuaaliset osuudet 28.9 1998.**

		Ruokinta		
		Keinorehu	Pakastettu Daphnia-vesikirppu	Keinorehu + pakastettu Daphnia-vesikirppu
Keskilämpötila	° C	20.3	20.3	20.3
Lukumäärä	/ allas	56.7±4.6	58.9±5.9	61.2±7.5
Kuolleisuus	/ allas %	58.9±3.4	57.4±4.3	55.7±5.4
Selkäkilven pituus	mm	18.3±3.3	17.9±3.2	19.5±4.1
Paino	g	1.7±1.1	1.5±0.8	2.3±1.7
Biomassa	g /allas	98.9±9.3	89.8±4.1	141±14.2
Ehjät saksat	%	50.3±9.8	52.2±4.7	51.2±4.7

Ruokintakokeessa rapujen lukumäärissä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa eri ryhmien välillä ( $F_{2,12}=0,8$ ,  $P=0,48$ ).

Ruokinta vaikutti tilastollisesti merkitsevästi kasvuun (paino  $F_{2,12}=22,9$ ,  $P<0,05$ , selkäkilpi  $F_{2,12}=9,1$ ,  $P<0,05$ ). Paras kasvu saavutettiin rehun ja *Daphnia*- vesikirppujen yhdistelmällä (suhde noin 1/1). Näiden rapujen keskimääräinen selkäkilvenpituus oli kokeen lopussa 19,5 mm ja paino 2,3 g. Pelkästään rehua tai pakastettuja *Daphnia*-vesikirppuja syöneet ravut olivat selvästi pienempiä. Myös allaskohtainen biomassa yhdistelmäruokaa saaneilla oli lähes 50 grammaa suurempi kuin vertailuryhmillä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä ( $F_{2,12}=33,8$ ,  $P<0,05$ ). Rehua saaneet ravunpoikaset olivat hieman isompia kuin pelkällä *Daphnialla* ruokitut ravut, mutta ryhmien välillä ei ollut tilastollista eroa. Ehjäsaksisia rapuja oli eri allasryhmissä lähes yhtä paljon ( $F_{2,12}=0,09$ ,  $P=0,915$ ) (taulukko 2, kuva 6).



Kuva 6. Ravun poikasten selkäkilven pituuden (mm), painon (g) ja biomassan (g/allas) muutos sekä kulleisuus keskivirheineen ruokintakokeessa 11.6-28.9 1998. Eri kirjaimella merkityt poikkeavat tilastollisesti toisistaan.

## 4. Tulosten tarkastelu

### 4.1. Merivesikoe

Meriveden lisäys ei parantanut täpläravun poikasten kasvua tai eloonjäätymiä. Merivesipitoisuuden noustua yli 30 prosentin kuolleisuus suureni huomattavasti. Suurissa merivesipitoisuuksissa rapujen kuoren vaihdon havaittiin vaikeutuvan. Joillakin kuolleilla poikasilla nähtiin vanhan kuoren jäänteitä uuteen kuoreen kiinnittyneinä.

Ravun poikasten kuolleisuus oli varsin suuri kaikissa ryhmissä, myös makean veden ryhmissä. Vähäisempi kuolleisuus olisi helpottanut meriveden lisäyksen vaikutuksen tutkimista. Suuri kuolleisuus saattoi johtua esimerkiksi sopimattomista suojapaikoista. Myöhemmät havainnot ovat osoittaneet, että muovinen ruohomatto ei ollut paras mahdollinen suojapaikka. Ravun poikaset kasvoivat nopeasti ja suojapaikat kävivät ahtaiksi yli kolme kuukautta kestäneen kokeen aikana. Merivesipitoisuudella ei ollut vaikutusta saksivaurioihin.

Merivesipitoisuuden säätäminen osoittautui varsin ongelmalliseksi. Meriveden mukana tulleet epäpuhtaudet tukkivat säätöhanoja jatkuvasti. Jos virtaus lisättiin niin suureksi, ettei tukkeutumista tapahtunut, eivät lämpövastukset kyenneet enää lämmittämään vettä riittävästi. Merivesipitoisuus pääsikin nousemaan hetkittäin jopa 90 prosenttiin. Samaten veden lämpötila saattoi vaihdella useita asteita.

Pilottikokeeksi merivesikoe onnistui kuitenkin varsin hyvin. Ravunpoikasten alkukasvatusta pienissä ja vakaissa, esimerkiksi 0-30 prosentin merivesipitoisuuksissa kannattaisi tutkia tarkemmin. Tehdyn kokeen perusteella vastaava koe kannattaisi tehdä myös jatkokasvatukseen siirrettyillä 3-4 cm:n mittaisilla tai sitäkin suuremmilla poikasilla.

### 4.2. Ruokintakoe

Paras kasvatustulos saavutettiin ruokkimalla rapuja keinorehun ja *Daphnia*-vesikirppujen yhdistelmällä (suhde noin 1/1). Näiden rapujen kasvu oli selvästi paras ja siten myös allaskohtainen biomassa oli suurin. Kuolleisuudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa allasryhmien välillä. Yhdistelmäruokinnalla saatuun parempaan tulokseen saattaa olla syynä se, että annetun rehun kokonaismäärä on ollut suurempi kuin vertailuryhmillä, vaikka kaikkia ryhmiä pyrittiin ruokkimaan yli tarpeen. Ruokintakokeen rehumääriä ei punnittu. Täten ei voida olla varmoja saivatko rehun ja *Daphnia*-vesikirppujen yhdistelmällä ruokitut ravut enemmän syötävää kuin vertailuryhmät.

Parempi kasvu ja hieman pienempi kuolevuus rehun ja *Daphnia*-vesikirppujen yhdistelmällä ruokituilla ravuilla korostaa vesikirppujen merkitystä täplärapujen ruokinnassa. Pelkästään *Daphnia*-vesikirpuista tai kokeessa käytetystä keinorehusta ravun poikaset eivät ilmeisesti saaneet riittävästi kaikkia tarvitsemiaan ravintoaineita.

Ruokintakokeessa käytetty pakastettu *Daphnia*-vesikirppu näytti tehostavan poikasten kasvua. Saatavilla oleva kaupallinen tuote on niin kallista, ettei sitä kannattane käyttää ravunpoikasten jatkuvaan ruokintaan. Kokeessa havaittu kasvunlisäys tulisi kuitenkin analysoida tarkkaan ja hyödyntää saatava tieto keinorehun jatkokehittämissä.

## Kiitokset

Kiitämme Reijo Sundellia kokeen tarvitsemien resurssien nopeasta ja joustavasta järjestämisestä. Kari Pipattia ja Jan Årnforsia, kiitämme kokeen päivittäisestä valvonnasta ja rapujen huolellisesta hoidosta. Mauri Juntusta kiitämme merkittävästä osuudesta kokeen teknisessä suunnittelussa. Riitta Rahkosta kiitämme avusta raportin viimeistelyssä.

## Kirjallisuus

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

McGriff, D. 1983. The commercial fishery for *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in the Sacramento-San Joaquin delta. In: Goldman, C.R. (ed.), Freshwater crayfish 5. Papers from 5. Int. Symp. Freshwater crayfish, Davis, California, USA 1981: 403-417.

SYSTAT 1996. *SYSTAT® 6,0 for Windows*: Statistics, SPSS Inc., Chicago, Illinois.

**Suojapaikkaelementin rakenteen ja pohjasoran raekoon merkitys  
täpläravunpoikasten kasvuun, eloonjäantiin ja saksivaurioihin**

**Teuvo Järvenpää**

**Kari Ruohonen**

**Jouni Kervinen**

**Riitta Rahkonen**



# Sisällys

1. JOHDANTO.....	21
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	22
2.1. Koekalvat ja kokeen toteutus .....	22
2.2. Vesitys, lämpötila ja valaistus.....	22
2.3. Mitatut vasteet ja tulosten käsittely.....	23
3. TULOKSET .....	24
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	26
KIITOKSET .....	27
KIRJALLISUUS .....	27



# 1. Johdanto

Toimivien suojapaikkaelementtien kehittäminen arvioitiin yhdeksi keskeiseksi tutkimusalueeksi Teollisuuden Voima OY:n Olkiluodon rapulaitoksella toteutettavassa täpläravun intensiiviviljelyprojektissa.

Projektin käynnistyessä talvella 1998 poikasaltaat sisustettiin alun perin kalanviljelyn tarpeisiin rakennettuihin 8 m<sup>2</sup>:n suuruisiin lasikuitualtaisiin. Altaiden pohjat peitettiin karkean hiekan (raekoko noin 5 mm) ja kanankalkin (raekoko sama) seoksella. Suojapaikkoja valittaessa keskeisinä perusteina pidettiin niiden helppoa käsiteltävyyttä sekä sitä, etteivät elementit haittaisi liiaksi veden virtausta altaissa. Suojapaikoiksi valittiin kynnyksimattomana käytettävästä muovisesta ruohomatosta ja muovipäällysteisestä minkkihäkkiverkosta rakennettuja elementtejä. Nämä olivat osoittautuneet käyttökelpoisiksi suojapaikoiksi RKTL:ssa tehdyssä kokeessa, joka tähtäsi poikaskokeiden kasvatusympäristöjen vakioimiseen (Savolainen ym., julkaisematon).

Nämä suojapaikkaelementit eivät osoittautuneet kovin käyttökelpoisiksi Olkiluodon kasvatusaltaissa. Poikasten kasvu oli varsin nopeaa ja suojapaikat kävivät pieniksi jo toisen tai kolmannen kasvatuskuukauden aikana. Myöhemmin altaisiin lisättiin uppoavasta muoviletusta leikattuja pätkiä lisäsuojapaikoiksi. Edelleen huomattava osa poikasista painautui vain altaiden ohuen pohjahiekkakerroksen pintaan ja jäi ilman varsinaista suojaa.

Kasvukauden kuluessa näytti ilmeiseltä, että yksilötiheys altaissa pieneni lähinnä rapujen kannibalismien seurauksena. Poikasten välisiä taisteluja havaittiin kasvatusaltaissa erityisesti ruokinnan yhteydessä. Altaita tyhjennettäessä havaittiin, että poikashävikki oli suurta, keskimäärin yli 50 %, jopa noin 75 %. Eloonjääneiden joukossa saksiaan ja muita raajojaan menettäneitä yksilöitä oli runsaasti. Kuolleita yksilöitä altaista löydettiin vain satunnaisesti.

Koska reikätiilistä on hyviä kokemuksia monen vuoden ajalta ulkona pienissä poikaslammikoissa tapahtuvassa poikaskasvatuksessa (Järvenpää ym. 1996), ne päätettiin ottaa mukaan Olkiluodon suojapaikkakokeisiin.

Kokeen tavoitteena oli testata eri suojapaikkarakenteiden ja pohjasoran raekoon vaikutusta ravunpoikasten kasvuun ja eloonjääntiin. Karkean pohjasoran arveltiin jo sinällään toimivan suojana pienille poikasille. Rakenteiden viljelytekniinen soveltuvuus (käyttökätevyys) jätettiin vähemmälle huomiolle.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Koealtaat ja kokeen toteutus

Kokeessa testattiin kasvatusaltaan pohjasoran kahden erilaisen raekoon ja kolmen erilaisen suojapaikkaelementin vaikutusta poikasten kasvuun ja eloonjäantiin. Kokeessa käytetyt pohjasoran raekoot olivat 4-5 mm ja 10-20 mm. Ravunpoikasten suojapaikoiksi murskepohjille sijoitettiin joko muovisesta ruohomatosta rakennettuja suojapaikkaelementtejä tai reikätiiliä. Reikätiilistä testattiin kahta erilaista tyyppiä: kotimaista yhdeltä kulmaltaan pyörästettyä savitiiltä, jossa oli 29 halkaisijaltaan noin 16 mm:n ja syvyydeltään 60 mm:n reikää (reikätiili 1) ja venäläistä savitiiltä, jossa oli 100 halkaisijaltaan 10-11 mm:n ja syvyydeltään 73 mm:n suuruisia reikää (reikätiili 2). Osassa altaita murskepohjilla ei ollut ollenkaan erillisiä suojapaikkoja.

Kokeessa oli yhteensä kahdeksan käsittelyä, eli molemmat pohjat ilman suojapaikkoja ja kaikki kolme vaihtoehtoista suojapaikkatyyppiä erikseen kummallakin pohjavaihtoehdolla. Kussakin käsittelyssä oli neljä allasta. Kaikkiaan koealtaita oli kokeen alussa 8 x 4 eli yhteensä 32. Altaiden keskinäinen sijoittelu satunnaistettiin.

Koe tehtiin maaliskuun puolivälissä 1999 kuoriutuneilla poikasilla, mutta päästiin aloittamaan vasta toukokuun alussa. Tällöin poikaset olivat noin 1½ kuukauden ikäisiä. Ravunpoikaset kerättiin useista kasvatusaltaista, yhdistettiin ja jaettiin uudelleen omiin altaisiinsa. Koealtaissa käytettiin samaa 200 poikasen neliötiheyttä kuin tuotantoaltaissakin, joten pinta-alaltaan 0,7 m<sup>2</sup> :n koealtaisiin laskettiin 138 täpläravun poikasta. Ennen poikasten jakoa ryhmiin niiden keskimääräinen koko mitattiin 100 yksilön otoksesta. Poikasten selkälilven keskimääräinen ( $\pm$  keskihajonta) pituus oli  $9,6 \pm 1,5$  mm ja tuorepaino  $0,23 \pm 0,11$  g. Saksivaurioita havaittiin 27 %:lla poikasista. Saksivaurioiseksi luokiteltiin rapu, jolta toinen tai molemmat saksit puuttuvat, tai toinen tai molemmat saksista ovat menetyksen jälkeen uusiutuneet. Koe aloitettiin 4.5.1999 ja lopetettiin 10-19.6.1999.

Ravunpoikaset ruokittiin päivittäin projektissa kehitetyllä kuivarehulla. Rehua levitettiin käsin niin, että altaissa oli aina syömätöntä rehua.

### 2.2. Vesitys, lämpötila ja valaistus

Kokeessa käytettiin Korvensuon altaasta johdettua lämmitettyä ja UV-valolla sekä biologisesti suodatettua vettä. Veden lämpötila oli koealtaissa noin 20 °C. Testiyksikköön tulee luonnonvaloa kaihtimin peitetyistä ikkunoista. Sen lisäksi hallissa oli työskentelyaikana loisteputkivalaistus ja muina vuorokauden aikoina jatkuva himmennetty valaistus.

Veden lämpötilaa, happipitoisuutta ja pH-arvoa valvottiin automaattisesti. Sen lisäksi vedestä otettiin kerran viikossa näyte, joka analysoitiin Olkiluodon voimalaitoksen vesilaboratoriossa. Näytteestä määritettiin mm. pH, sähkönjohtavuus, permanganaattiluku, ammoniumtyppi- ja fosforipitoisuus sekä joukko erilaisia alkali-

maa-alkali- ja muita metalleja, kuten kalsium, magnesium, mangaani, rauta, kupari, natrium, kalium, ym. Viljelyhallin vedenlaatu pysyi varsin vakaana, eikä vesi sisältänyt ravuille haitallisia aineita. Automaattinen seuranta ei kattanut kaikkia altaita, joten esimerkiksi happipitoisuutta seurattiin myös käsimittarilla. Koealtaiden happikyllästeisyys pysyi kokeen ajan yli 80 %:na ja pH-luku vaihteli välillä 6,8-7,2. Ravuille tärkeän kalsiumin pitoisuus oli noin 19 mg/l.

### 2.3. Mitatut vasteet ja tulosten käsittely

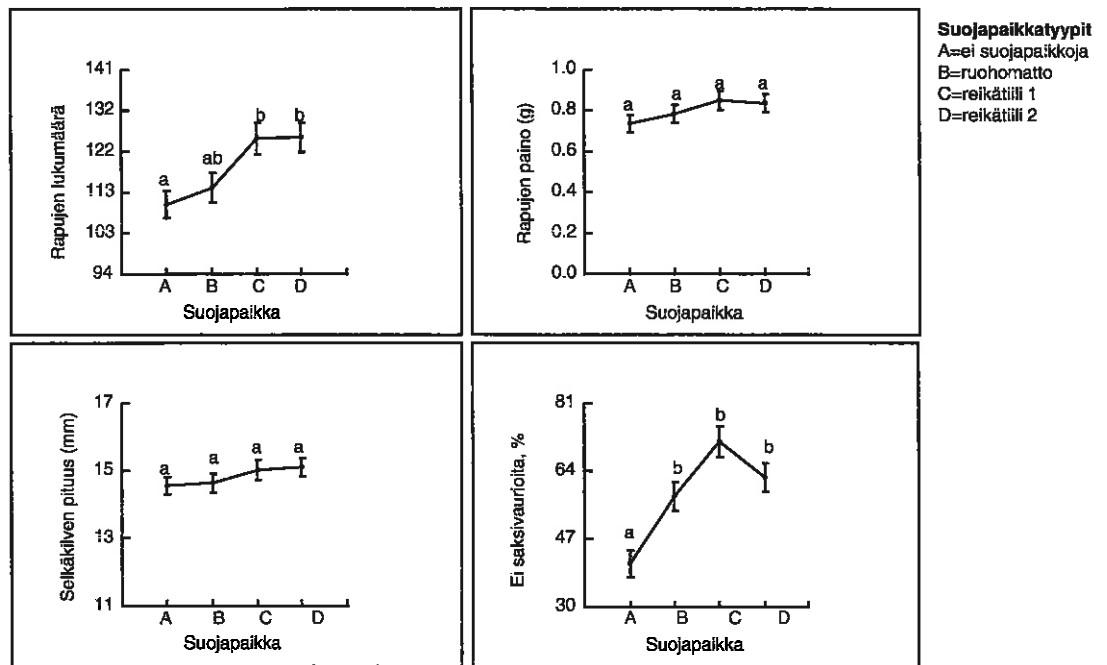
Rapujen eloonjääntä seurattiin kaikissa ryhmissä laskemalla rapujen lukumäärä kokeen alussa ja lopussa. Kasvua seurattiin mittaamalla rapujen tuorepaino ja selkakilven pituus satunnaisotoksista kokeen alussa ja lopussa. Kokeen alussa mitattiin 100 yksilön yhteisotos ennen poikasten jakoa koealtaisiin. Kokeen lopussa altaita tyhjennettäessä jokaisesta koealtaasta mitattiin 32 satunnaisesti poimittua poikasta. Poikasten saksivauriot kirjattiin mitausten yhteydessä.

Tulosten tilastolliseen tarkasteluun käytettiin kaksisuuntaista varianssianalyysia. Parittaiset vertailut tehtiin Bonferronin testillä (SYSTAT 1996).

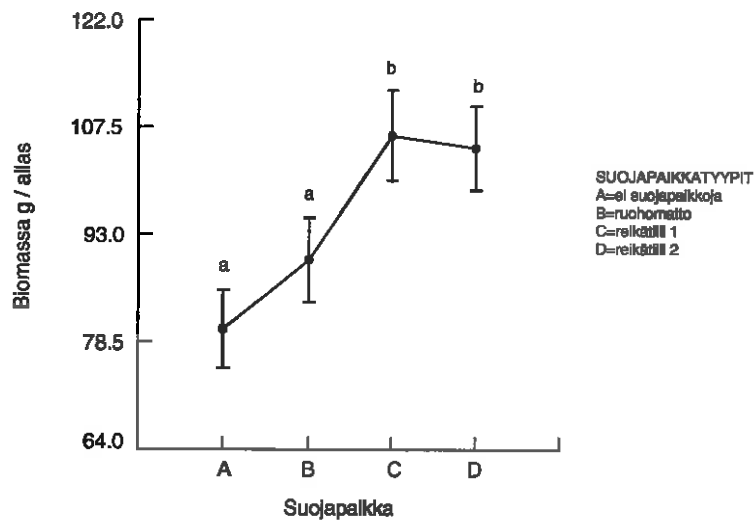
### 3. Tulokset

Altaan pohjamateriaalilla (hiekkasepeli) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta mihinkään mitattuun suureeseen (rapujen lukumäärä, paino, selkälilven pituus, altaan tuotto) ( $P > 0.05$ ).

Suojapaikkatyypeillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta poikasten painoon eikä selkälilven pituuteen ( $P > 0.05$ ). Sen sijaan poikasten lukumäärään (=eloonjäanti) ( $F = 5.615$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.006$ ) ja sitä kautta altaan tuottoon ( $F = 5.020$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.009$ ) suojapaikkojen lisäämisellä oli selvästi positiivinen vaikutus. Suojapaikoilla varustetussa altaissa myös saksivaurioiden määrä oli selvästi vähäisempi kuin paljailta pohjilla ( $F = 13.280$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.001$ ) (Kuvat 1 ja 2). Suojapaikkojen keskinäisessä vertailussa ruohomatto ja reikätiilet poikkesivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ainoastaan altaiden tuoton suhteen. Reikätiilet antoivat paremman tuloksen (Kuva 2).



Kuva 1. Täpläravunpoikasten lukumäärä, paino, selkälilven pituus ja molemmat saksensa säilyttäneiden poikasten osuus ( $\pm$  keskiarvon keskivirhe) eri ryhmissä kokeen päättyessä. Eri pienillä kirjaimilla merkityt ryhmät poikkeavat tilastollisesti toisistaan ( $P < 0,05$ ).



**Kuva 2. Koealtaiden tuotto mitattuna altaiden biomassana ( $\pm$  keskiarvon keskivirhe) kokeen päättyessä. Eri pienillä kirjaimilla merkityt ryhmät poikkeavat tilastollisesti toisistaan ( $P < 0,05$ ).**

## 4. Tulosten tarkastelu

Testatuilla altaan pohjasoran raekoilla ei havaittu olevan vaikutusta mihinkään mitattuun suureeseen noin kuukauden mittaisen kokeen aikana. Ennakkoon oletettiin, että karkea pohja tarjoaisi erityisesti kasvatuksen alussa hienoa pohjaa paremman suojan vastakuoriutuneille poikasille. Täpläravunpoikaset ovat kuoriutuessaan keskimäärin 9-10 mm:n mittaisia ja niiden selkäkilven pituus on noin 4,5-5,0 mm. Tämän kokoisten poikasten arveltiin löytävän helposti suojaa raekooltaan 10-20 mm:n suuruisten kivirakeiden joukosta. Mitatuista muuttujista tämän odotettiin näkyvän pienempänä kuolleisuutena. Koska koe päästiin aloittamaan 1½ kuukauden ikäisillä poikasilla (poikasten pituus lähes kaksinkertaistunut), jäi pohjasoran raekoon merkitys vastakuoriutuneelle poikaselle selvittämättä.

Rapujen eloonjäanti ja ehjäsaksisten osuus oli reikätiiliryhmissä hieman suurempi kuin ruohomattoryhmissä, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Sen sijaan reikätiiliryhmissä altaiden tuotto (g / allas) oli parempi verrattuna ruohomattoryhmiin. Saman maaliskuisen kuoriutumiserän poikasia kasvatettiin myös viljelyhallin 8 m<sup>2</sup>:n suuruisissa tuotantoaltaista. Altaat oli enimmäkseen sisustettu karkealla soralla. Joukossa oli kuitenkin kaksi hienolla hiekalla sisustettua allasta. Altaissa oli sama poikastiheys, 200 yksilöä/ m<sup>2</sup>, kuin koealtaissakin. Karkeapohjaisissa tiilisuojapaikoilla varustetuissa altaissa (5 kpl) kuolleisuus oli yli kolme kuukautta kestäneen kasvatusjakson aikana noin 20 %, kun se hiekkapohjaisissa ruohomattosuojapaikoilla varustetuissa altaissa (2 kpl) oli noin 50 %. Syy parempaan eloonjäantiin voi olla joko reikätiili tai karkeampi pohjasora, tai molempien yhteisvaikutus. On mahdollista, että myös varsinaisessa suojapaikkakokeessa reikätiilien ja ruohomaton välinen ero olisi korostunut, mikäli koe olisi jatkunut pidempään.

Poikaskasvattajan tavoite on tuottaa mahdollisimman suuri määrä nopeasti kasvavia, terveitä, elinkykyisiä poikasia. Poikaset myydään kappalekaupalla ja kappalehinta määräytyy myyntierän yksilöiden keskipituuden mukaan. Näistä lukumäärän vaikutus myyntituloon on kokoeroja oleellisempi. Suuri lukumäärätavoite korostuu erityisesti kalliissa tehokasvatuksessa. Tehdyssä kokeessa reikätiiliryhmät antoivat suurimman tuoton allaspinta-alaa kohti. Rapujen lukumäärissä ero ei ollut merkitsevä, mutta saman suuntainen. Reikätiilet ovat melko painavia ja ravunpoikaset jäävät helposti ”jurottamaan” reikiin senkin jälkeen, kun allas on juoksutettu tyhjäksi. Suojapaikkojen jatkokehittämissä kannattaneet etsiä ja kehittää suojaominaisuuksiltaan reikätiiltä muistuttavia, mutta helpommin käytettäviä elementtejä. Myös pohjasoran karkeuden vaikutusta tulisi testata vastakuoriutuneiden poikasten eloonjäantiin poikasten ensimmäisten elinviikkojen aikana.

## Kiitokset

Kiitämme Reijo Sundellia kokeen tarvitsemien resurssien nopeasta ja joustavasta järjestämisestä. Kari Pipattia ja Jan Ärnforsia kiitämme kokeen päivittäisestä valvonnasta ja rapujen huolellisesta hoidosta. Mauri Juntusta ja Pekka Vuorta kiitämme heidän paneutuvasta osuudestaan tekniseen valvontaan ja suunnitteluun.

## Kirjallisuus

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

SYSTAT 1996. *SYSTAT® 6,0 for Windows*: Statistics, SPSS Inc., Chicago, Illinois.

Taulukko 1. Suojapaikkakokeen mittaustietoja kokeen lopussa (10-19.6.1999).

	Allas	Mitattuja yksilöitä	Selkälilven pituus (mm)	Keski-hajonta	Tuore-paino (g)	Keski-hajonta	Rapuja alussa	Rapuja lopussa	Keski-hajonta	Kuolleisuus %	Keski-hajonta
HIEKKA-EI SUOJAPAIKKOJA	8a	32	13.4	2.1	0.6	0.3	138	110		20.3	
	9b	32	14.1	1.8	0.6	0.2	138	111		19.6	
	10b	32	15.5	2.1	0.9	0.4	138	100		27.5	
	10c	32	15.5	2.0	0.9	0.4	138	116		15.9	
				14.6	1.1	0.7	0.1		109.3	6.7	20.8
HIEKKA-RUOHOMATTO	5a	32	14.1	2.0	0.7	0.3	138	113		18.1	
	7b	32	14.5	3.0	0.8	0.6	138	115		16.7	
	8c	32	13.2	2.7	0.6	0.4	138	103		25.4	
	12c	32	15.8	2.3	1.0	0.5	138	116		15.9	
				14.4	1.1	0.8	0.2		111.8	6.0	19.0
HIEKKA-REIKÄTIILI 1	1b	32	14.8	2.8	0.8	0.5	138	117		15.2	
	6a	32	15.3	2.6	0.8	0.4	138	132		4.3	
	6b	32	15.4	2.5	0.9	0.5	138	131		5.1	
				15.2	0.3	0.9	0.1		126.7	8.4	8.2
HIEKKA-REIKÄTIILI 2	1c	32	15.3	2.6	0.9	0.4	138	131		5.1	
	5b	32	15.3	2.5	0.9	0.4	138	129		6.5	
	6c	32	14.3	2.2	0.7	0.3	138	113		18.1	
	9c	32	14.3	2.3	0.7	0.3	138	128		7.2	
				14.8	0.6	0.8	0.1		125.3	8.3	9.2
SEPELI-EI SUOJAPAIKKOJA	4a	32	14.1	2.2	0.6	0.3	138	119		13.8	
	4b	32	13.9	2.7	0.7	0.5	138	124		10.1	
	12a	32	14.8	2.9	0.8	0.6	138	107		22.5	
	11c	32	15.1	2.4	0.8	0.4	138	93		32.6	
				14.5	0.6	0.7	0.1		110.8	13.8	19.7
SEPELI-RUOHOMATTO	8b	32	14.6	2.8	0.8	0.5	138	128		7.2	
	7c	32	14.4	2.1	0.7	0.3	138	104		24.6	
	9a	32	15.7	2.4	0.9	0.5	138	116		15.9	
				14.9	0.7	0.8	0.1		116.0	12.0	15.9
SEPELI-REIKÄTIILI 1	4c	32	14.6	2.8	0.8	0.6	138	125		9.4	
	5c	32	15.2	2.5	0.9	0.5	138	124		10.1	
	11b	32	14.8	2.6	0.8	0.5	138	122		11.6	
				14.9	0.3	0.8	0.0		123.7	1.5	10.4
SEPELI-REIKÄTIILI 2	1a	32	15.3	2.2	0.9	0.4	138	130		5.8	
	2a	32	15.9	2.4	1.0	0.5	138	117		15.2	
	11a	32	15.0	1.7	0.8	0.3	138	130		5.8	
				15.4	0.4	0.9	0.1		125.7	7.5	8.9

# **Kylmäjakson pituuden vaikutus sukukypsyyttä lähestyvien täpläravunpoikasten kasvuun ja sukukypsymiseen**

**Teuvo Järvenpää**

**Kari Ruohonen**

**Jouni Kervinen**

**Riitta Rahkonen**



# Sisällys

1. JOHDANTO.....	33
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	34
2.1. Kokeen valmistelu.....	34
2.2. Kokeen käsittelyt ja koeryhmät.....	34
2.3. Seuranta ja mitatut suureet.....	35
2.4. Tilastolliset menetelmät.....	35
3. TULOKSET.....	36
4. TULOSTEN TARKASTELU.....	38
5. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ JA JATKOKYSYMYSIÄ.....	40
KIITOKSET.....	40
KIRJALLISUUS.....	40

# 1. Johdanto

Suomalaisen perinteen mukaisesti ruokaravun tulisi olla vähintään 10 cm:n mittainen. Luonnon vesissä ja perinteisissä viljelylammikoissa täpläravut tulevat kuitenkin sukukypsiksi yleensä jo noin 7-9 cm:n mittaisina. Sukukypsytminen hidastaa varsinkin rapunaaraiden kasvua. Meidän ilmastossamme sukukypsät naaraat vaihtavat kuortansa vain kerran kasvukauden kuluessa, eli jokaista kuorenvaihtoa näyttää seuraavan ovarioiden kehittyminen lisääntymisvalmiuteen. Toistaiseksi ei tiedetä, mitkä ravun sisäiset tai ulkoiset tekijät aiheuttavat nuoren yksilön sukukypsytymisen. Tehostetussa ruokarapujen viljelyssä sukukypsytminen tulisi voida siirtää mahdollisimman myöhäiseksi, eli ajankohtaan, jolloin ravut ovat jo myyntikokoisia. Jos siihen ei päästä, sukukypsytymisestä aiheutuva kasvun hidastuminen tulisi voida minimoida esimerkiksi nopeuttamalla lisääntymiskiertoa.

Tämän kokeen tavoitteena oli selvittää voidaanko sukukypsyyttä lähestyvien, luonnosta pyydettyjen täplärapujen kasvuun ja sukukypsytymiseen vaikuttaa kylmäjakson ja sitä seuraavan kasvukauden pituutta säätelemällä.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Kokeen valmistelu

Olkiluodon ydinvoimalan Korvensuon emorapualtaasta kerättiin syyskuun puolivälissä 1998 mahdollisimman suurikokoisia, mutta ei vielä sukukypsiä yksilöitä. Koon perusteella valtaosa niistä oli kuoriutunut edellisen vuoden kesällä, eli syyskuuhun mennessä niillä oli takanaan kaksi luonnollista kasvukautta. Ne sijoitettiin Olkiluodon kasvatushalliin kolmeen 0,7 m<sup>2</sup>:n lasikuitualtaaseen odottamaan kokeen aloittamista. Altaiden pohjalla oli ohut kerros hiekkaa ja pienirakeista kalkkikivirouhetta, "kanankalkkia". Altaiden pohjalle sijoitettiin kaksikerroksisia suojapaikkaelementtejä, jotka oli koottu poimutetun mustan muoviputken pätkistä. Altaisiin johdettiin Korvensuon altaan vettä. Kokeen kylmäkäsitelyihin tarvittavaa riittävän kylmää (5-7°C) vettä saatiin käyttöön vasta joulukuun alussa. Siihen asti rapualtaiden lämpötila pidettiin 15-17 °C:ssa vettä lämmittämällä.

### 2.2. Kokeen käsittelyt ja koeryhmät

Kokeen käsittelyt muodostuivat eri pituisista kylmäjaksoista: 0, 2, 5 ja 9 viikkoa. Näiden lisäksi pieni määrä rapuja pidettiin kylmässä vedessä 23 viikon ajan.

Koeryhmiä varten sisustettiin koeyksikköön 12 lasikuitualtasta (0,7 m<sup>2</sup>) samalla tavoin kuin sopeuttamisaltaat. Jokaiseen altaaseen sijoitettiin kaksi 19:sta läpimitaltaan 38 mm:n muoviputken pätkästä koostuvaa kaksikerroksista suojapaikkaelementtiä. Koska koeyksikössä kolmella vierekkäisellä altaalla on yhteinen veden lämmitys-, ilmastus- ja kierrätysjärjestelmä, niissä oli sama lämpötila ja ne muodostivat yhden käsittelyn. Ryhmien (allasrivien) keskinäinen sijoittuminen satunnaistettiin arpomalla.

Ravut lajiteltiin sukupuolen mukaan ja niiden lukumäärä laskettiin tasakokoisten ja sukupuolikoostumukseltaan samanlaisten koeryhmien muodostamiseksi 2.12.1998. Samalla ensimmäinen 51 ravun koeryhmä (kylmäjakso 0 vk:a) siirrettiin omiin altaisiinsa, 17 yksilöä kuhunkin. Koealtaiden veden lämpötila oli 20 °C. Muut ravut siirrettiin kylmäkäsitelyyn kahteen altaaseen, joiden lämpötila laskettiin kahdessa vuorokaudessa 15 °C:sta 7 °C:een, mikä oli tuona ajankohtana Korvensuon altaasta laitokseen tulevan veden lämpötila.

Toinen 51 ravun koeryhmä (kylmäjakso 2 vk:a) siirrettiin omiin altaisiinsa 15.12.1998. Altaiden lämpötila nostettiin 7 °C:sta 20 °C:een kolmessa vuorokaudessa. Lämpötila vakiinutettiin 20 °C:een altaiden vedenkierrätysjärjestelmään kuuluvalla automaattisella säätimellä.

Kolmas samankokoinen ryhmä (kylmäjakso 5 vk:a) siirrettiin lämpimään 4.1.1999 ja neljäs, 45 yksilön ryhmä (kylmäjakso 9 vk), 5.2.1999. Kylmäkäsitelyaltaaseen jätettiin 16 rapua luonnollisen kevään tuloon asti eli toukokuun 11. päivään. Näiden rapujen kylmäjakso muodostui 23 viikon pituiseksi.

Koealtaat tyhjennettiin 2.3.1999 tehdyn välimittauksen yhteydessä, koska koeyksikön altaat tarvittiin seuraavaan kokeeseen. Ravut merkittiin pyrstön uropodeihin leikatuilla ryhmämerkeillä ja siirrettiin yhteen 8 m<sup>2</sup>:n kasvatusaltaaseen, jossa seuranta jatkettiin elokuuhun asti. Allas oli kytketty viljelyhallin kierto-vesijärjestelmään, jossa veden lämpötila oli 20 °C. Kylmäsäätelyaltaassa jäljellä olevat ravut siirrettiin metalliverkkosumpussa emorapualtaaseen, johon tuli samaa vettä kuin kylmäsäätelyaltaaseenkin. Veden lämpötila oli tuolloin noin 5 °C.

Koealtaiden valaistus määräytyi viljelyhallin valaistuksen mukaan. Halliin tulee luonnon valoa sälekaihtimin peitetyistä ikkunoista. Työskentelyaikoina halli valaistetaan lisäksi loisteputkivalaisimin. Muina vuorokauden aikoina hallissa palaa himmennetty valvontavalistus.

Lämpimiin altaisiin ravut ruokittiin päivittäin kulutusta vastaavalla määrällä projektissa kehitettyä kuivarehua. Kylmäsäätelyaltaisiin rehua lisättiin 2-3 kertaa viikossa tarpeen mukaan. 23 vk:n kylmäsäätelyryhmää ruokittiin keskimäärin kerran viikossa sen jälkeen, kun se oli siirretty sumppuun emoaltaaseen.

### 2.3. Seuranta ja mitatut suureet

Veden tulo altaisiin tarkistettiin päivittäin. Veden lämpötilan, happipitoisuuden ja pH-arvon perusseuranta tapahtui automaattisessa valvontajärjestelmässä, joka oli mahdollisten häiriöiden varalta kytketty myös hälytysjärjestelmään. Sen lisäksi koeyksikköön tulevasta vedestä otettiin viikoittain vesinäyte, joka analysoitiin voimalaitoksen vesilaboratoriossa. Näytteestä määritettiin mm. pH, sähkönjohtavuus, permanganaattiluku, ammoniumtyppi- ja fosforipitoisuus sekä joukko erilaisia alkali-, maa-alkali- ja muita metalleja, kuten kalsium, magnesium, mangaani, rauta, kupari, natrium, kalium, ym. Viljelyhallin vedenlaatu pysyi varsin vakaana, eikä vesi sisältänyt ravuille haitallisia aineita. Automaattinen seuranta ei yltänyt kaikkiin altaisiin, joten esimerkiksi happipitoisuutta seurattiin myös käsimittarilla. Koealtaiden happikyllästeisyys pysyi kokeen ajan yli 80 %:na ja pH-luku vaihteli välillä 6,3-7,5. Kalsiumin pitoisuus vaihteli välillä 12-19 mg/l.

Rapujen selkäkilven pituus mitattiin ja ravut punnittiin, kun koeryhmät siirrettiin kylmäsäätelystä koealtaisiin. Kaikki ravut laskettiin, mitattiin ja punnittiin, kun viimeinen koeryhmä (9 vk:n kylmäjakso) siirrettiin koealtaisiin 5.2.1999. Kaikki ravut mitattiin ja tarkastettiin lisäksi 2.3., 11.5. ja 4.8.1999. Mittausten yhteydessä tarkastettiin saksivauriot ja naaraiden limarauhasten kehitysvaihe mahdollisen sukukypsyyden toteamiseksi

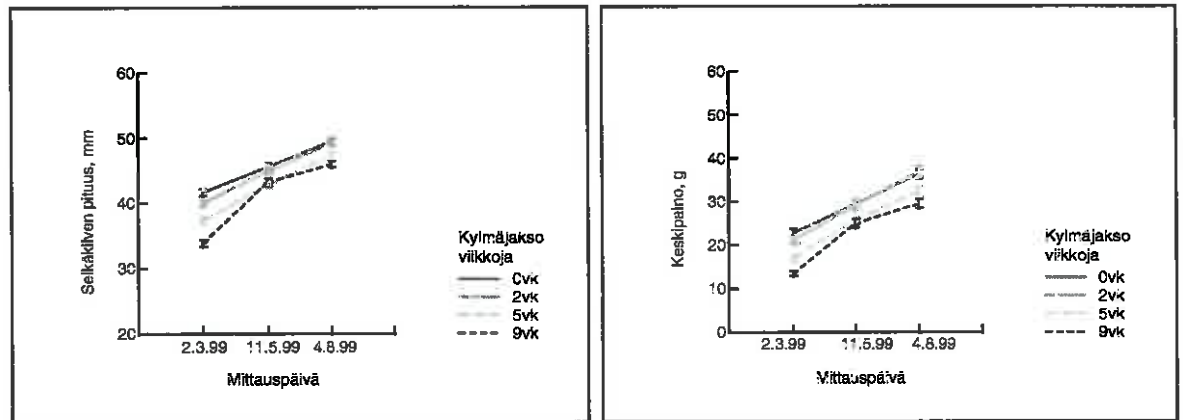
### 2.4. Tilastolliset menetelmät

Rapujen kasvua maalisi-lokuun välisenä aikana tarkasteltiin toistettujen mittausten varianssianalyysillä. Vastemuuttujat olivat tuorepaino ja selkäkilven pituus. Parittaiset vertailut tehtiin Bonferronin testillä. Rapujen selkäkilven pituutta ja tuorepainoa kokeen lopussa elokuussa verrattiin yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Parittaiset vertailut tehtiin Bonferronin testillä (SYSTAT 1996).

Limarauhasten esiintymisfrekvenssiä elokuussa eri kylmäjaksoissa verrattiin ristiintaulukoimalla ja Pearsonin  $\chi^2$ -testin avulla (SYSTAT 1996).

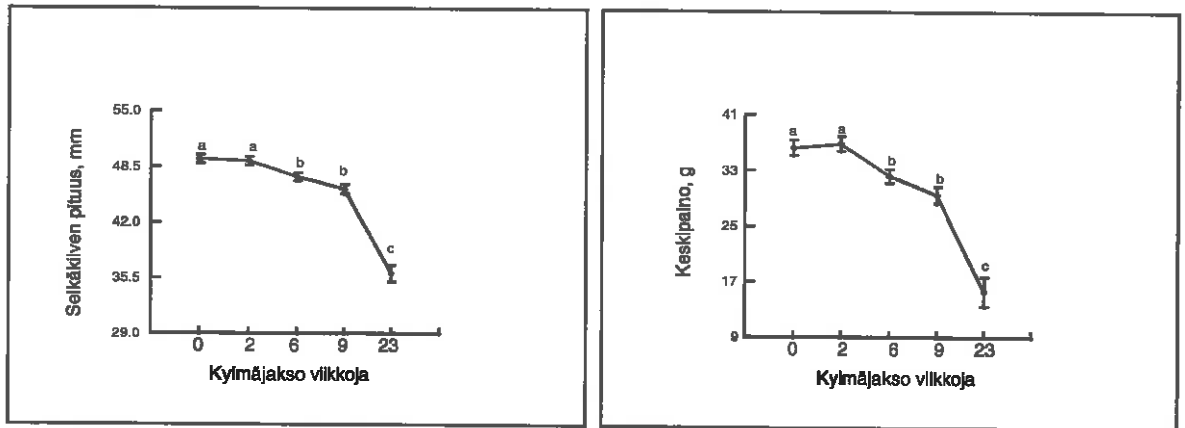
### 3. Tulokset

Ravut kasvoivat hyvin kaikissa koeryhmissä lämpimään veteen siirron jälkeen (Kuva 1). Kylmäjakson pituus vaikutti tilastollisesti merkitsevästi rapujen kasvuun (tuorepaino  $F=34,7$ ,  $P<0,05$ , selkäkilpi  $F=46,8$ ,  $P<0,05$ ). Kylmässä pitempään olleet ravut eivät osoittaneet tuorepainon kompensatiokasvua, sillä kylmäjakson pituuden ja mittauskerran välinen yhdysvaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $F=1,34$ ;  $P=0,235$ ). Sen sijaan yhdysvaikutus oli merkitsevä selkäkilven pituutta tarkasteltaessa ( $F=5,94$ ,  $P<0,05$ ). Yhdeksän viikon kylmäjakson ryhmän kasvu oli maaliskoukokuun välisenä aikana nopeampaa kuin muiden ryhmien, mutta se näytti hidastuvan touko-elokuun välisenä aikana.



Kuva 1. Rapujen keskimääräinen selkäkilven pituus ja kokonaispaino ( $\pm$  keskiarvon keskivirhe) eri ryhmissä mittauskerroittain.

Elokuun mittaukseen mennessä ryhmät olivat olleet lämpimässä vedessä kylmäjaksosta riippuen 6-8 kuukautta. Lämpimän jakson pituus näkyi rapujen koossa siten, että sekä tuorepaino että selkäkilven pituus oli selvästi pienempi niissä ryhmissä, joiden kylmäjakso oli 5 tai 9 viikkoa (Kuva 2). Vasta toukokuussa lämpimään siirretyt ravut (kylmäjakso 23 vk:a) olivat näitäkin selvästi pienempiä.



**Kuva 2. Selkäkilven pituus ja keskipaino ( $\pm$  keskiarvon keskilvirhe) elokuun alussa 1999 erilaisen kylmäjakson saaneissa ryhmissä. Eri kirjaimin merkityt ryhmät poikkeavat tilastollisesti toisistaan ( $P < 0,05$ ).**

Elokuun alussa naaraiden sukukypsymistä ilmentävät limarauhaset olivat alkaneet kehittyä kaikissa muissa paitsi vasta toukokuussa lämpimään siirretyssä ryhmässä. Limarauhasellisten naaraiden osuus oli 50-60 % paitsi 9 vk kylmässä olleiden ryhmässä 86 % (Pearsonin  $\chi^2=7,7$  ja  $df=3$ ,  $P=0,053$ ) (Liitetaulukko).

## 4. Tulosten tarkastelu

Rapujen kasvu oli suoraan verrannollinen kasvukauden pituuteen, ja se näytti jatkuvan tarkastelujakson loppuun asti. Kesän lopulla kaikkien muiden, paitsi toukokuuhun asti kylmässä olleen ryhmän naaraat alkoivat valmistautua lisääntymiskauteen kehittämällä limarauhasia. Limarauhasien kehittyminen merkitsee kasvun pysähtymistä (Tulonen ym. 1998). Veden lämpötila oli ollut noin 20 °C koko pidennetyin kasvukauden ajan.

Limarauhasien kehittymisen on todennäköisesti käynnistänyt lyhenevä päivä. Rapujen lisääntymiskierron tiedetäänkin määräytyvän sekä lämpötilan että päivän pituuden mukaan. Samalla osoitettiin, että lämpötila oli päivän pituutta merkittävämpi tekijä (Westin & Gydemo 1986). Elokuun mittauksessa kolmen pisimpään lämpimässä olleen ryhmän (kylmäjakso 0-5 vk) selkäkilven keskipituus lähestyi 50 mm:ä, eli rapujen keskimääräinen kokonaispituus läheni 10 cm:ä. 50-60 %:ssa näiden ryhmien naaraita limarauhaset olivat alkaneet kehittyä. Yhdeksän viikon kylmäjaksolle altistetussa ryhmässä limarauhaset olivat alkaneet kehittyä 86 %:ssa naaraista, vaikka naaraat olivat pienempiä kuin pidempään lämpimässä olleet ja lyhyemmän, 0-5 vk:n kylmäjakson kokeneet naaraat. Yhdeksän viikkoa kylmässä olleet ryhmät kirivät jossain määrin kiinni aikaisemmin lämpimään siirrettyjä ryhmiä kasvamalla näitä nopeammin maaliskuu-toukokuussa. Selkeimmin tämä näkyi selkäkilven pituusmittauksissa, mikä saksivaurioiden takia onkin painoa parempi kasvun indikaattori. Kokoeron perusteella 9 viikon kylmäjaksolle altistetun ryhmän yksilöt vaihtoivat kuortaan elokuun alkuun mennessä keskimäärin yhden kerran vähemmän kuin pidempään lämpimässä pidetyt ryhmät.

Kaikissa ryhmissä limarauhaset olivat elokuussa vasta kehityksensä alkuvaiheessa, kun saman aikaisesti luonnon kannoista, esimerkiksi Korvensuon altaasta, pyydettyjen naaraiden limarauhaset olivat varsin pitkälle kehittyneet.

Sukupuoleen katsomatta rapujen selkäkilven pituus oli elokuun mittauksessa 50 mm tai suurempi 43 % :lla sekä lämpimässä pidetyn että kahden viikon kylmäkäsittelyn saaneen ryhmän yksilöistä. Kaikki kookkaat yksilöt eivät olleet sukukypsiä. 5 viikkoa kylmässä pidetyssä ryhmässä näitä ruokaravuksi soveltuvan kokoisia oli 20 % ja 9 viikon kylmäjakson läpikäyneessä ryhmässä vain 6 % (kts. Liitetäulukko). Näyttää siis siltä, että täplärapujen sukukypsytyskokoon voidaan vaikuttaa sukukypsytystä edeltävää kasvukautta pidentämällä.

Kylmäjaksokokeen käynnistyessä joulukuussa ensimmäiset Olkiluodon viljelyhallissa tuotetut, maaliskuussa 1998 kuoriutuneet poikaset alkoivat lähestyä sukukypsyysskokoa. Osa niistä oli jokseenkin samankokoisia kuin kylmäjaksokokeen poikaset. Altaista löytyi aika ajoin yksittäisiä sukukypsiä yksilöitä, jotka jopa munivat, vaikka kasvatusaltaan lämpötila oli alimmillaankin noin 18 °C. Sukukypsytymisen ei näyttänyt olevan suoraan verrannollinen poikasen kokoon. Pienimmät munineet yksilöt olivat noin 6 cm:n mittaisia. Kylmäjaksokokeen jatkuvasti lämpimässä pidetyn ryhmän yhden naaraan havaittiin kehittävän limarauhaset poikkeavana aikana eli maaliskuussa.

Koetta valmisteltaessa havaittiin, etteivät rapujen kasvu ja kuorenvaihdot käynnistyneet sinä yli kahden kuukauden mittaisena ajanjaksona, jonka ravut viettivät lämpimissä (15-17°C) altaissa ennen kokeen aloittamista. Saman aikaisesti viereisessä

altaassa ”jatkuvassa kesässä” (18-20°C) eläneet maaliskuussa kuoriutuneet poikaset vaihtoivat vilkkaasti kuortaan. Korvensuon altaasta kokeeseen pyydetyt poikaset olivat kokeneet ennen halliin siirtoa ainakin yhden luonnollisen talven. Pyydettäessä ne olivat keskeyttäneet kasvunsa ja valmistautumassa uuteen talveen. Pitkä viive kuorenvaihtojen käynnistymisessä ja limarauhasten kehittyminen vasta seuraavan kesän lopulla herättää kysymyksen, rytmittääkö yksi koettu luonnollinen vuosisykli ravun myöhempiä elintoimintoja.

## 5. Johtopäätöksiä ja jatkokysymyksiä

Rapujen sukukypsymisen määräytymistä ei tunneta. Tämän kokeen perusteella se ei määräydy ainakaan kovin ahtaasti yksilön koon eikä läpikäytyjen kuorenvaihtojen lukumäärän perusteella.

Luonnosta pyydetyn ja sukukypsymistä edeltävään talvilepoon valmistautuneen täplärapun kasvu voidaan käynnistää uudelleen ja jatkaa sukukypsymiseen asti ilman toteutunutta talvea (kylmäkautta).

Täplärapujen sukukypsymiskokoa voidaan ainakin jossain määrin säädellä säätelemällä sukukypsymistä edeltävän kasvukauden pituutta. Jatkotutkimusta tarvitaan selvittämään, voisiko sukukypsymiskoko olla vieläkin suurempi, jos kylmäkasittely toteutettaisiin ja uusi kasvukausi käynnistettäisiin heti kasvun pysähdyttyä syksyllä.

Lajiteltujen ruokarapukokoa lähestyvien nuorten täplärapujen jatkokasvattaminen kasvukautta pidentämällä saattaisi olla yksi vaihtoehto jäähdytysveden hyötykäytöksi.

Jatkokokeita tarvitaan selvittämään, voidaanko oikein mitoitettulla ja ajoitetulla kylmäkaudella vaikuttaa alusta alkaen tehoiljeltyjen tai luonnosta tehostettuun kasvatukseen otettujen täplärapujen kuolleisuuteen.

## Kiitokset

Kiitämme Reijo Sundellia kokeen tarvitsemien resurssien nopeasta ja joustavasta järjestämisestä. Kari Pipattia ja Jan Ärnforsia kiitämme kokeen päivittäisestä valvonnasta ja rapujen huolellisesta hoidosta. Mauri Juntusta ja Pekka Vuorta kiitämme heidän paneutuvasta osuudestaan tekniseen valvontaan ja suunnitteluun.

## Kirjallisuus

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.

Westin, L. & Gydemo, R. 1986. Influence of light and temperature on reproduction and moulting frequency of the crayfish, *Astacus astacus* L. *Aquaculture* 52: 43-50.

Taulukko: Kylmäjakson pituus-kokeen alkuperäiset mittaustulokset.

Mittaus- päivä		Mitatut suureet		Kylmäjakson pituus (vilkkoa)									
				0		2		5		9		23	
				Siirto lämpimään									
				2.12 1998		15.12 1998		4.1 1999		5.2 1999		11.5 1999	
				koiras	naaras	koiras	naaras	koiras	naaras	koiras	naaras	koiras	naaras
2.12.98	Lukumäärä			24	27								
	Selkäkilven pituus	mm		33,5	33,0								
	Paino	g		12,2	11,6								
15.12.98	Lukumäärä					27	24						
	Selkäkilven pituus	mm				33,8	32,5						
	Paino	g				12,6	11,4						
4.1.99	Lukumäärä							24	27				
	Selkäkilven pituus	mm						32,0	32,6				
	Paino	g						10,6	11,3				
5.2.99	Lukumäärä			24	26	26	24	24	27	18	27		
	Selkäkilven pituus	mm		39,6	38,0	38,8	37,6	33,7	34,0	33,4	33,1		
	Paino	g		19,6	17,6	19,1	16,5	12,6	12,8	12,4	12,2		
2.3.99	Lukumäärä			24	26	26	24	24	27	18	26		
	Selkäkilven pituus	mm		42,2	41,0	40,0	40,0	36,8	37,8	34,5	33,4		
	Paino	g		23,9	21,7	21,6	20,8	16,3	17,4	14,2	12,9		
11.5.99	Lukumäärä			22	23	24	24	24	27	14	25	7	7
	Selkäkilven pituus	mm		46,5	44,7	44,8	45,0	42,5	43,1	44,9	42,2	30,4	30,9
	Paino	g		30,8	27,9	30,1	28,2	25,4	25,9	27,9	23,3	9,9	9,4
4.8.99	Lukumäärä			19	20	22	22	21	27	13	21	6	5
	Selkäkilven pituus	mm		50,0	48,9	49,8	48,6	47,0	47,6	47,2	45,1	36,8	35,1
	Selkäkilpi > = 50 mm	%		47,4	40,0	54,5	31,8	19,0	22,2	0,0	9,5		
	Paino	g		37,9	34,7	40,1	33,5	32,4	32,1	32,1	27,9	17,7	13,2
	limarauhaselliset	g			35,4		33,4		32,9		28,0		
	limarauhasettomat	g			32,9		33,9		31,4		26,7		
	Kuolleisuus	%		20,8	25,9	18,5	8,3	12,5	0,0	27,8	22,2		
	Limarauhaset	%			60,0		54,5		48,1		85,9		0