

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 197

*Teuvo Järvenpää  
Kari Ruuhonen  
Jouni Kervinen*

**Täpläravun intensiivisen viljelyn kehittäminen  
Olkiluodossa**

**Projektin raportit 4 – 5**

**Helsinki 2000**



**RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS**

# Sisällys

<b>ELINYMPÄRISTÖN JA RAVINNON KALKKIPITOISUUDEN VAIKUTUKSESTA RAVUNPOIKASTEN KASVUUN JA ELOONJÄÄNTIIN .....</b>	<b>1</b>
---	----------

Teuvo Järvenpää, Kari Ruohonen, Jouni Kervinen

<b>SUOJAPAIKKOJEN MÄÄRÄN JA SIJOITTELUN VAIKUTUKSESTA TÄPLÄRAVUN POIKASTEN KASVUUN JA ELOONJÄÄNTIIN .....</b>	<b>13</b>
---	-----------

Teuvo Järvenpää, Kari Ruohonen, Jouni Kervinen

Teuvo Järvenpää, Kari Ruohonen ja Jouni Kervinen

**Täpläravun intensiivisen viljelyn kehittäminen Olkiluodossa. Projektin raportit 4-5**

Tutkimusraportti

Intensiivinen ravunviljely Olkiluodossa (312072, 319072)

Teollisuuden Voima Oy käynnisti Olkiluodossa loppusyksyllä 1997 tutkimus- ja kehittämishankkeen, jonka tavoitteena on kehittää rapujen intensiivinen viljelymenetelmä. Menetelmän kehittämiseen liittyviä yksittäisiä ongelmia selvitetään sekä kasvatusaltaissa että erillisessä koeyksikössä tehtävin kokein. Tämä nide sisältää raportit kahdesta vuonna 1999 tehdystä kokeesta. Neljä aikaisempaa koetta on raportoitu Kala- ja riistaraportteja -sarjan numerossa 170.

Kokeessa elinympäristön ja ravinnon kalkkipitoisuuden vaikutuksesta ravunpoikasten kasvuun ja eloonjääntiin (raportti 5) testattiin kasvatusalaiden pohjasoraan sekoitetun kalkkirouheen ja vakiorehuun lisätyn kalsiumkarbonaatin vaikutusta kasvatustulokseen noin kolme kuukautta kestäneen alkukasvatusvaiheen aikana. Sen enempää alaiden pohjalle kuin perusrehuunkaan lisätyn kalkin ei havaittu vaikuttavan poikasten alkukasvatustulokseen tilastollisesti merkitsevästi. (Olkiluodon viljelyvesi sisältää kalkkia 17- 23 mg/l ja vakiorehu 46,2 g/kg kuiva-ainetta.)

Pilottikokeessa suojapaikkojen määrän ja sijoittelun vaikutuksesta täpläravun poikasten kasvuun ja eloonjääntiin (raportti 6) ei suojapaikkaelementteinä käytettyjen reikätiilien määrän kaksinkertaistaminen (suojakoloja noin neljä kertaa poikasten määrä) parantanut merkitsevästi alkukasvatustulosta. Suojapaikkaelementtien sijoittelulla virran suuntaisesti tai kohtisuoraan virtausta vastaan ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kasvatustulokseen. Sijoittelulla on kuitenkin viljelytekniistä merkitystä.

rapu, intensiiviviljely, rehut, kalkkipitoisuus, ympäristö, suojapaikat

Kala- ja riistaraportteja 197

951-776-289-5

1238-3325

22 s.

suomi

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 6  
00721 Helsinki

Puh. 0205 7511 faksi 0205 751 201

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 6  
00721 Helsinki

Puh. 0205 7511 faksi 0205 751 201

**Elinympäristön ja ravinnon kalkkipitoisuuden vaikutuksesta  
ravunpoikasten kasvuun ja eloonjääntiin**

*Teuvo Järvenpää, Kari Ruohonen, Jouni Kervinen*

# Sisällys

1. JOHDANTO.....	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	6
2.1. Kokeen käsittelyt .....	6
2.2. Koealtaat ja kokeen toteutus:.....	6
2.3. Kokeen seuranta ja mittaukset.....	7
2.4. Tilastollinen analyysi.....	7
3. TULOKSET .....	8
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	10
KIITOKSET .....	11
VIITTEET .....	11

# 1. Johdanto

Olkiluodon viljelyhalliin tulevan veden kalkkipitoisuus vaihtelee keskimäärin välillä 8-12 mg/l. Pitoisuus on pienempi kuin mitä täplärapujen optimaaliselta elinympäristöltä edellytetään. Niinpä koko intensiiviviljelyprojektin ajan täplärapujen kasvatusaltaiden pohjahiekkaan on sekoitettu rakeista kalkkikiveä, ”kanankalkkia”. Sen määrää ei ole tarkkaan mitattu, mutta sen on havaittu vähenevän kasvatuksen aikana niin, että sitä joudutaan aika ajoin lisäämään. Erityisesti pidempään kasvatettujen poikasten altaista rouhe häviää nopeasti. Jäljelle jää vain hienoja murusia. Poikasten ei ole nähty syövän kalkkia. Näin on kuitenkin arveltu tapahtuvan, muutoin kalkin väheneminen ja rakeiden jauhautuminen murusiksi on vaikea selittää. Lämpimässä vedessä nopeasti kasvavat ja usein kuortaan vaihtavat ravut tarvitsevat paljon kalkkia.

Ravut ottavat tarvitsemansa kalkin osin kidusepiteelin läpi vedestä, osin ruuansulatuskanavan kautta ravinnosta. Tiedossa ei ole raportoituja havaintoja rapujen kalkinotosta kalkkikiveä järsimällä. Kalkkikivi on kuitenkin samaa kalsiumkarbonaattia, joka on ravun kuoren kitiinirakenteen keskeinen ”kovetin”, ja jonka ravut ottavat vanhasta kuorestaan suurelta osin talteen gastrolititeihin eli ravunkiviin käyttääkseen sen uuden kuoren kovitteeksi välittömästi kuorenvaihdon jälkeen. Kalkin tarve saattaa silti olla yksi selitys rapujen hanakkuudelle syödä kuorenvaihdossa luodut vanhat kuoret. Se voi olla myös yksi kannibalismien syistä.

Tässä kokeessa pyrittiin selvittämään kalkin saatavuuden vaikutusta täpläravun poikasten viljelytulokseen alkukasvatuksen aikana.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Kokeen käsittelyt

Kokeet toteutettiin Olkiluodon viljelyhallin koeyksikössä. Kokeessa testattiin kasvatusalaiden pohjasoraan sekoitetun kalkkirouheen ja rehuun lisätyn kalsiumkarbonaatin vaikutusta poikasten kasvuun ja uloonjääntiin. Kokeen käsittelyt muodostuvat kolmesta kalsiumpitoisuudeltaan toisistaan poikkeavasta rehusta ja kolmesta erilaisesta kasvatusaltaan pohjapeitteestä. Altaiden pohjapeitteenä käytettiin pelkkää soraa, soraa ja kanankalkkia suhteessa 1:1 ja pelkkää kanankalkkia. Rehujen kalsiumpitoisuudet olivat 46,2 g (vakiorehu), 60,7 g ja 76,5 g kalsiumia rehun kuiva-ainekiloa kohti.

### 2.2. Koealtaat ja kokeen toteutus:

Koe toteutettiin neljän rinnakkaisaltaan periaatteella. Ts. jokainen testattava muuttujayhdistelmä toteutettiin neljässä erillisessä altaassa, joiden keskinäinen sijainti koeyksikössä satunnaistettiin arpomalla. Testattavia muuttujayhdistelmiä oli 9, joten koealtauksia oli kaikkiaan 36. Ravunpoikasten suojapaikkoina käytettiin yhdeltä kulmaltaan pyörästettyä savitiiltä, jossa oli 29 halkaisijaltaan noin 16 mm:n ja syvyydeltään noin 60 mm:n reikää.

Kaavio koejärjestelystä on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1. Kaavio koejärjestelystä.**

Altaan pohjanpeite	Rehun Ca-pitoisuus g/kg kuiva-ainetta		
	46,2	60,7	76,5
Sora	4 allasta	4 allasta	4 allasta
Sora + kanankalkki	4 allasta	4 allasta	4 allasta
Kanankalkki	4 allasta	4 allasta	4 allasta

Koe aloitettiin vastakuoriutuneilla poikasilla 02.07.1999. Koetta varten eri emojen vastakuoriutuneet poikaset yhdistettiin ja jaetaan uudelleen satunnaisesti tasakokoisiin testiryhmiin. Poikastiheys testialtaissa on kokeen alkaessa 200 poikasta/m<sup>2</sup> (= 138 poikasta/testiallas). Koe lopetettiin 21.-27.09.1999 välisenä aikana.

Kokeessa käytetään viljelyhallin ”ison kierron” (=Korvensuon altaasta johdettua, lämmitettyä, biologisesti ja UV-suodattimella suodatettua vettä). Veden lämpötila oli n. 20°C. Testiyksikön valorytmi noudatti luonnon valorytmiä. (Testiyksikköön tulee luonnonvaloa kaihtimin peitetyistä ikkunoista). Sen lisäksi hallissa oli työskentelyaikana loisteputkivalaistus ja muina vuorokauden aikoina jatkuva himmennetty valaistus.

Testiä varten valmistettiin kolmea kalsiumpitoisuudeltaan toisistaan poikkeavaa rehu-seosta. Vakiorehun lisäksi valmistettiin kaksi seosta, joista toisen kalsiumpitoisuus pyrittiin saamaan vakiorehuun verrattuna puolitoista ja toisen kaksinkertaiseksi. Kalsium lisättiin karbonaattina. Poikaset ruokittiin päivittäin sirottelemalla altaisiin tarpeen ylittävä määrä ao. testirehua.

## 2.3. Kokeen seuranta ja mittaukset

Rapujen eloonjäntiä seurattiin kaikissa ryhmissä laskemalla rapujen lukumäärä kokeen alussa ja lopussa. Kasvun seurannan aloitusarvoina käytettiin aikaisemmin määritettyä vastakuoriutuneiden poikasten keskimääräistä selkakilvenpituutta (5,0 mm) ja painoa (0,038g). Kasvua seurattiin mittaamalla kokeen lopussa kustakin ryhmästä 32 yksilön selkakilven pituus ja tuorepaino. Sen lisäksi kustakin ryhmästä otettiin näytteeksi 5 yksilöä, joista määritettiin yhteinen tuorepaino, kuivapaino ja kokonaiskalsiumpitoisuus. Tämä otos ei ollut täysin satunnainen. Siihen ei kelpuutettu pehmeäkuorisia eikä saksivaurioisia. Saksivauriot ja poikkeavuudet kuoren kovuudessa määritettiin ja kirjattiin kokeen loppumittauksessa kunkin ryhmän 32 yksilön otoksesta.

Sekä rapujen että rehun kalsiumpitoisuus määritettiin Novalab Oy:ssä. Määrittystä varten näytteet jauhettiin hienoksi ja punnittiin. Kalsiumpitoisuus määritettiin atomiasorptiospektrometrisesti liekkitekniikalla kuivapolton ja suolahappoliuotuksen jälkeen.

Veden lämpötilaa, happipitoisuutta ja pH-arvoa valvottiin automaattisesti. Sen lisäksi ison kierron vedestä otettiin kerran viikossa näyte, joka analysoitiin voimalaitoksen vesilaboratoriossa. Näytteestä määritettiin pH, kokonaisalkaliteetti, sähkönjohtavuus, permanganaattiluku, ammoniumtyppi- ja fosforipitoisuus sekä joukko erilaisia alkali-, maa-alkali- ja muita metalleja kuten kalsium, magnesium, mangaani, rauta, kupari, natrium, kalium ym. Vedenlaatu pysyi melko vakaana, eikä vedestä määritetty haitallisia aineita ravuille myrkyllisinä pitoisuuksina. Automaattinen seuranta ei yltänyt kaikkiin altaisiin. Mm happipitoisuutta seurattiin myös käsimitarilla. Koealtaiden happikykyisyys pysyi kokeen ajan yli 80 %:na ja pH vaihteli välillä 6,5-7,5. Kalsiumpitoisuus vaihteli välillä 18-22 mg/l.

## 2.4. Tilastollinen analyysi

Tilastollinen analyysi tehtiin sovittamalla vastemuuttujan ja rehun Ca-pitoisuuden välille toisen asteen polynomimalli ja tutkimalla poikkeavatko mallin parametrien arvot eri pohjatyypin välillä. Analysoidut vastemuuttujat olivat rapujen tuorepaino, selkakilven pituus ja rapujen Ca-pitoisuus kokeen lopussa. Rapujen kuolleisuus ja saksivaurioisten rapujen osuus analysoitiin vastaavasti, mutta yleistettyä lineaarista mallia käyttäen. Mallissa käytettiin logit-muunnosta. Kokeen alussa vastakuoriutuneet ravut satunnaistettiin eri altaisiin ja käsittelyihin eikä ryhmien välillä ollut eroja. Tilastolliset analyysit tehtiin Ihaka ja Gentlemanin (1996) mukaan.

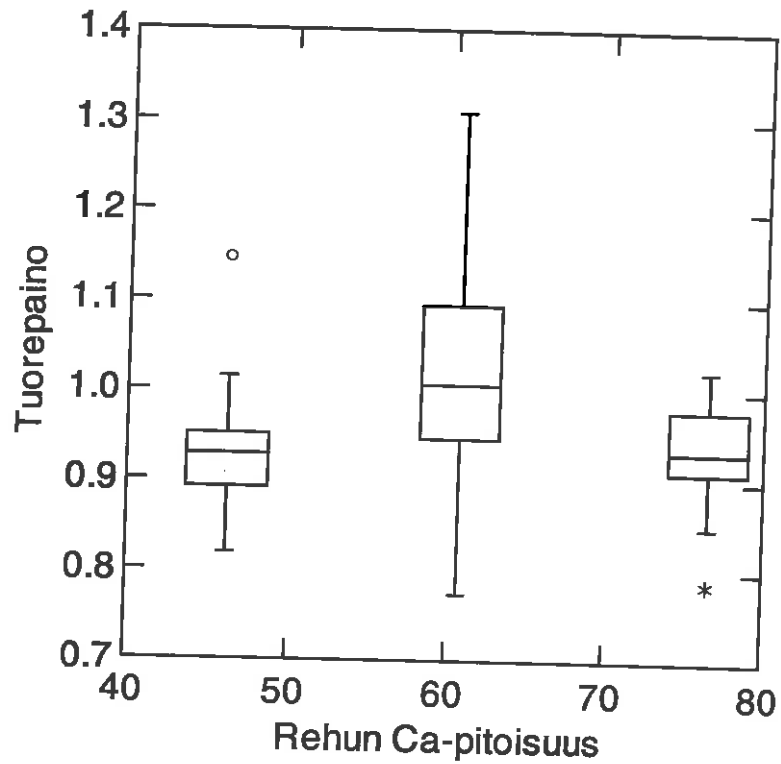


### 3. Tulokset

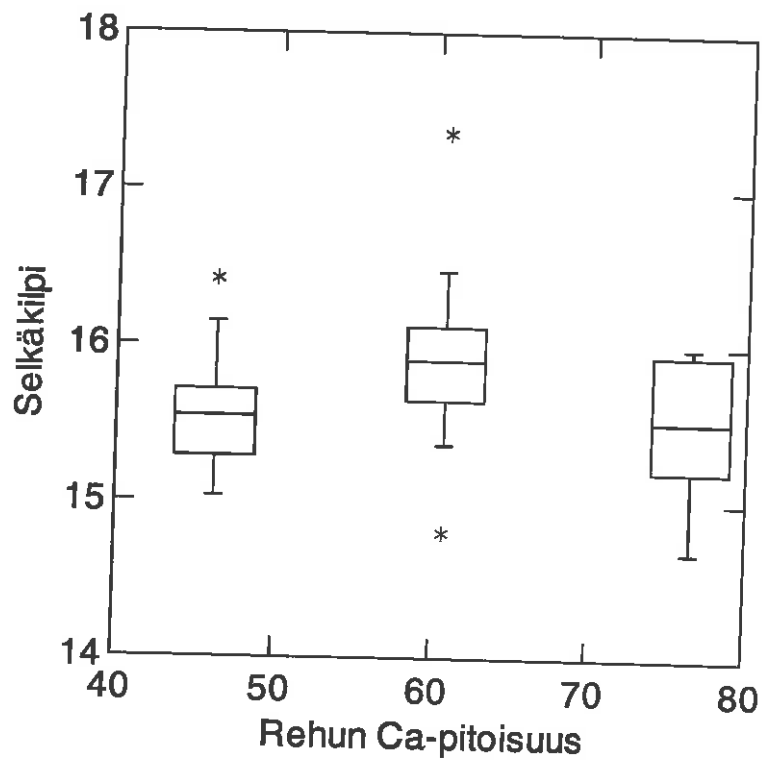
Vastemuuttujien keskiarvot käsittelyittäin on esitetty taulukossa 2. Pohjan tyyppi ei vaikuttanut rapujen tuorepainoon tai selkäkilven pituuteen kokeen lopussa. Rehun kalsiumpitoisuus näytti vaikuttavan sekä tuorepainoon että selkäkilven pituuteen käyräviivaisesti (kuvat 1 ja 2), mutta sovitettujen toisen asteen regressiomallit eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (tuorepaino:  $F_{2,33}=2,86$ ,  $P=0,072$ ; selkäkilpi:  $F_{2,33}=2,34$ ,  $P=0,112$ ). Rapujen kalsiumpitoisuus kokeen lopussa oli keskimäärin 120.4 mg/g kuiva-ainetta ja riippumaton käsittelyistä. Rehun kalsiumpitoisuus tai pohjan tyyppi eivät vaikuttaneet rapujen kuolleisuuteen tai saksivaurioiden määrään.

**Taulukko 2. Rapujen tuorepaino (g), selkäkilven pituus (mm), kalsiumpitoisuus (mg/g kuiva-aine) ja ehjäsaksisten rapujen osuus kokeen lopussa (%) sekä kuolleisuus kokeen aikana (%). Jäännösvirhe on virhekeskineliösumman neliöjuuri. Rehun kalsiumpitoisuus mg/g kuiva-ainetta.**

Pohjan laatu	Rehun Ca-pit.	Tuorepaino	Selkäkilpi	Ravun Ca-pit.	Kuolleisuus	Ehjät saksit
Sora	46,2	1,00	15,9	126,5	27,4	57,5
	60,7	0,98	15,8	120,8	26,1	58,6
	76,5	0,95	15,7	116,8	25,9	75,8
Kalkki	46,2	0,87	15,2	116,8	28,4	78,1
	60,7	0,99	15,7	123,0	26,6	73,2
	76,5	0,96	15,7	120,8	23,9	66,4
Sora/ Kalkki	46,2	0,94	15,6	121,2	26,4	70,8
	60,7	1,08	16,3	117,0	30,8	77,1
	76,5	0,89	15,2	120,8	28,8	75,0
Jäännös- virhe		0,10	0,50	6,1	6,9	11,5



Kuva 1. Rapujen tuorepaino (g) rehun eri Ca-pitoisuuksilla (mg/g kuiva-ainetta) Box-kuvaajana esitettynä. Viiva suorakulmion keskellä kuvaa mediaania.



Kuva 2. Rapujen selkäkilven pituus (mm) rehun eri Ca-pitoisuuksilla (mg/g kuiva-ainetta) Box-kuvaajana esitettynä. Viiva suorakulmion keskellä kuvaa mediaania.

## 4. Tulosten tarkastelu

Kalsiumkarbonaatti on rapujen ulkoisen tukirangan oleellinen aineosa. Rapu voi kasvaa vain kuorta vaihtamalla. Mitä nopeampaa rapujen kasvu on, sitä tiheämmin kuorenvaihdot seuraavat toistaan. Kuorenvaihdossa osa kuoren kalsiumsuoloista hukkaantuu, vaikka pääosa sen kalkista otetaan talteen gastroliitteihin ja vaikka ravut pyrkivät syömään luomansa vanhat kuoret. Alun perin kuoren ja muiden kudosten kalsium on peräisin sekä ympäröivästä vedestä että ravinnosta (Hessen ym. 1991). Vähäkalkkisesä ympäristössä kalsiumin vaikean saatavuuden on arveltu hidastavan rapujen kasvua. Toisaalta kudosten kohonneen kalkkipitoisuuden on havaittu indikoivan rapujen nopeutunutta kasvua (Adegboye 1983). Raportoidut tutkimukset on tehty sukukypsillä ravuilla. Joillakin lajeille on pyritty määrittämään veden kalsiumpitoisuuden minimiarvo, jota pienemmissä pitoisuuksissa rapujen kalsiumin otto on suoraan verrannollinen ympäröivän veden kalsiumpitoisuuteen. *Austropotamobius pallipes*’ille kynnysarvoksi on määritetty 0,2 mM/l eli noin 8 mg/l (Greenaway 1972).

Olkiluodon viljelyhallin kierto-vesijärjestelmän veden kalsiumpitoisuus vaihtelee noin 15 mg:sta/l noin 23 mg:aan /l (kokeen aikana se vaihteli 18 mg:sta/l 22 mg:aan/l). Se on ilmeisesti riittävän suuri takaamaan rapujen vaivattoman kalkin saannin. Altaiden pohjalle levitetyn kalkin ei havaittu vaikuttavan poikasten kasvuun eikä muihinkaan määritettyihin suureisiin. Kasvatusaltaissa aikaisemmin tehdyt silmämääräiset havainnot kalkin häviämisestä altaiden pohjalta ja arvelut siitä, että ravut järsisivät suosiltaan kalkkijyväsia, eivät saaneet tästä kokeesta vahvistusta. Havainnot oli tosin tehty jatkokasvatusaltaissa, joissa kasvatettavat poikaset ovat kooltaan tämän kokeen poikasia paljon suurempia. Suurten yksilöiden kuorenvaihdon jälkeinen kalsiumin kertatarve on varmasti pienten poikasten kalsiumin tarvetta suurempi. On mahdollista, että sukukypsien tai sukukypsyyttä lähestyvien rapujen kalsiumin otto poikkeaaakin jossain määrin poikasten kalsiumin otosta.

Se, että rehun kalsiumpitoisuuden vähäisellä lisäämisellä näytti olevan kasvua tehostavaa vaikutusta, antaa myös aiheen asian tarkempaan tutkimiseen, vaikka kokeessa havaittu muutos ei ollutkaan tilastollisesti merkitsevä. Luonnossa ravut siirtyvät kasvaessaan enenevässä määrin kasvisravinnon käyttöön. Se sisältää kalsiumia huomattavasti vähemmän kuin poikasten eläinperäisiin ravintokohteisiin painottuva ravinto. On mahdollista, että myös rehun kalsiumpitoisuuden merkitys on erilainen ravun eri kehitysvaiheissa.

## Kiitokset

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

## Viitteet

Adegboye, D. 1983: Table size and physiological condition of the crayfish in relation to calcium ion accumulation. *Freshwater Crayfish* 5, 115-125.

Greenaway, P. 1972: Calcium regulation in the freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *Journ. Exp. Biol.* 57, 471-487.

Hessen, D., Kristiansen, G. & Ingunn, L. 1991: Calcium uptake from food and water in crayfish *Astacus astacus* (L.,1758), measured by radioactive  $^{45}\text{Ca}$  (Decapoda, Astacidae). *Crustaceana* 60 (1), 76-83.

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

**Suojapaikkojen määrän ja sijoittelun vaikutuksesta täpläravun  
poikasten kasvuun ja eloonjääntiin**

*Teuvo Järvenpää, Kari Ruohonen, Jouni Kervinen*

# Sisällys

1. JOHDANTO.....	17
2. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	18
2.1. Kokeen käsittelyt.....	18
2.2. Koealtaat ja kokeen toteutus.....	18
2.3. Kokeen seuranta ja mittaukset.....	19
2.4. Tilastollinen analyysi.....	19
3. TULOKSET .....	20
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	21
KIITOKSET .....	22
VIITTEET .....	22

# 1. Johdanto

Suojapaikkojen lisääminen parantaa poikasten eloonjäätymistä, mutta vaikeuttaa poikasten ruokintaa, altaiden puhdistusta ja poikasten keruuta altaista. Tästä syystä kokeessa pyrittiin selvittämään suojapaikkojen suhteellisen määrän ja sijoittelun vaikutusta täpläravun poikasten kasvuun ja eloonjäätymiseen. Suojapaikkojen sijoittelu kohtisuoraan veden virtaussuuntaan takaa suojakolojen tehokkaan huuhtelun, mutta vaikeuttaa veden poisvirtauksen hyväksikäyttöä poikasten keruussa altaita tyhjennettäessä. Pitkissä uoma-altaissa haitta voi olla melkoinen. Poikittaiset tiilirivit patoavat myös tehokkaasti altaan pohjalle kertyvää lietettä, kun se virran suuntaisten tiilirivien välissä kulkeutuu altaan poistosihdille, josta se voidaan tarvittaessa kerätä helposti esimerkiksi lappoletkulla. Virtauksen suuntaisesti sijoitettujen rivien väliin jää selkeitä pitkittäisväyliä, joita voidaan hyödyntää ruokinnan ja poikasten keruun automatisoimissa. Piloittikokeessa pyrittiinkin selvittämään, vaikuttaako suojapaikkaelementtien sijoitus-suunta viljelytulokseen.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1. Kokeen käsittelyt

Kokeessa testattiin suojapaikkaelementtien sijoittelun ja määrän vaikutusta kasvatus-tulokseen eli poikasten kasvuun, eloonjääntiin ja saksivaurioihin. Kokeen käsittelyt muodostuivat kahdesta suojapaikkaelementtien sijoittelusuunnasta, virtauksen suuntaisesta ja virtauksen vastaisesta, sekä kahdesta poikasten määrään suhteutetusta suojapaikkojen määrästä, joista pienempi oli noin kaksi kertaa ja suurempi noin neljä kertaa poikasten lukumäärä kokeen alkaessa.

### 2.2. Koealtaat ja kokeen toteutus

Koe tehtiin kahdessa viljelyhallin yläkerran 40 m pitkässä uoma-altaassa, jotka jaettiin siirrettävillä verkkoväliseinillä osastoihin. Kumpikin allas jaettiin seitsemään osastoon siten, että jokaiseen osastoon tuli veden uudelleenkierrätysjärjestelmän jakoputki. Varsinaiseen testiin käytettiin neljää eri tyyppistä osastoa, kolme kutakin tyyppiä, eli yhteensä 12 osastoa. Eri tyyppisten osastojen keskinäinen järjestys satunnaistettiin. Kummankin uoma-altaan ensimmäinen osasto jätettiin testin ulkopuolelle, koska niiden päälle rakennettu tulevan veden ilmastus- ja jakolaite varjostaa niitä muista osastoista poikkeavalla tavalla. Kaavio koejärjestelystä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kaavio kokeen käsittelyistä ja koeasetelmasta.

Sijoittelu	Suojapaikkojen määrä	
	2 x poikasmäärä (241)	4 x poikasmäärä (482)
Virran suuntainen	3 osastoa	3 osastoa
Virran vastainen	3 osastoa	3 osastoa

Koe aloitettiin poikasten kuoriuduttua toukokuun lopussa toisesta haudontaerästä kuoriutuneilla poikasilla. Poikastiheys testiosastoissa on kokeen alkaessa noin 200 poikasta/m<sup>2</sup>. Eri osastojen poikastiheydet eivät olleet aivan tarkoin saman suuruisia, sillä osastojen pinta-aloissa oli vähäisiä eroja. Tämä johtui siitä, että altaita ei oltu alun perin suunniteltu jaettaviksi. Kun ne koetta varten jaettiin, osastojen väliseinien paikat määräytyvät altaiden sisäisestä veden kierrosta huolehtivien vedenjakopuomien sijainnin mukaan. Vain yksi osasto poikkesi kooltaan muista niin paljon, että siihen sijoitettiin muista osastoista poikkeava poikasmäärä. Koe lopetettiin 20.-27.10.1999.

Kokeessa käytettiin viljelyhallin ”ison kierron” (= Korvensuon altaasta johdettua, lämmitettyä, biologisesti ja UV suodattimella suodatettua vettä). Sitä johdettiin uoma-altaisiin noin 17 l/min. Kokonaisuudessaan altaiden vesi vaihtui siten noin kerran vuorokaudessa. Sen lisäksi altaiden sisäiset pumput, joiden teho on noin 400 l/min., kiertävät altaiden koko vesitilavuuden noin kerran tunnissa. Veden lämpötila koealtaisissa pidettiin noin 20°C:ssa. Valorytmi noudatti luonnon valorytmiä. Testiyksikköön tu-



lee luonnonvaloa kaihtimin peitetyistä ikkunoista. Sen lisäksi hallissa oli työskentelyaikana loisteputkivalaistus ja muina vuorokauden aikoina jatkuva himmennetty valaistus.

Poikasia ruokittiin tarpeen ylittävillä määrillä projektissa kehitettyä testirehua.

### 2.3. Kokeen seuranta ja mittaukset

Rapujen eloonjäätymiä seurattiin kaikissa ryhmissä laskemalla rapujen lukumäärä kokeen alussa ja lopussa. Kasvun seurannan aloitusarvoina käytettiin aikaisemmin määritettyä vastakuoriutuneiden poikasten keskimääräistä selkakilvenpituutta (5,0 mm) ja painoa (0,038g). Kasvua seurattiin mittaamalla kokeen lopussa kustakin ryhmästä otetusta 50 yksilön satunnaisotoksesta yksilöittäin rapujen tuorepaino ja selkakilven pituus. Otoksen yksilöiden saksivauriot ja kuoren kovuuden poikkeamat tarkastettiin ja kirjattiin.

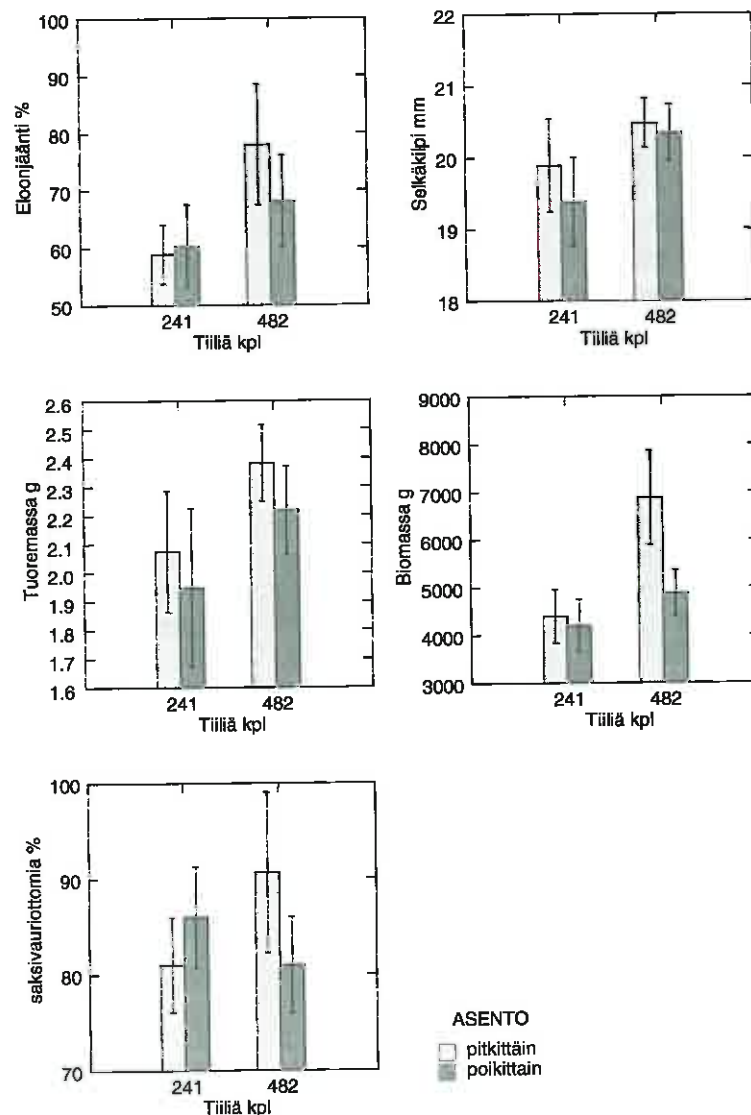
Veden lämpötilaa, happipitoisuutta ja pH-arvoa valvottiin automaattisesti. Sen lisäksi ison kierron vedestä otettiin kerran viikossa näyte, joka analysoitiin voimalaitoksen vesilaboratoriossa. Näytteestä määritettiin pH, kokonaisalkaliteetti, sähkönjohtavuus, permanganaattiluku, ammoniumtyppi- ja fosforipitoisuus sekä joukko erilaisia alkali-, maa-alkali- ja muita metalleja kuten kalsium, magnesium, mangaani, rauta, kupari, natrium, kalium ym. Vedenlaatu pysyi melko vakaana, eikä vedestä määritetty haitallisia aineita ravuille myrkyllisinä pitoisuuksina. Automaattinen seuranta ei yltänyt kaikkiin altaisiin. Mm happipitoisuutta seurattiin myös käsimittarilla. Koealtaiden happikyllästeisyys pysyi kokeen ajan yli 80 %:na ja pH vaihteli välillä 6,5-7,5. Kalسيومpitoisuus vaihteli välillä 15-23 mg/l.

### 2.4. Tilastollinen analyysi

Tilastollinen analyysi tehtiin varianssianalyysillä, jossa selittävinä muuttujina käytettiin suojapaikkojen sijoittelun lisäksi uoma-allasta lohkomuuttujana. Analysoidut vastemuuttujat olivat rapujen tuorepaino ja selkakilven pituus kokeen lopussa. Rapujen kuolleisuus ja saksivaurioisten rapujen osuus analysoitiin vastaavasti, mutta yleistettyä lineaarista mallia käyttäen. Mallissa käytettiin logit-muunnosta. Kokeen alussa vastakuoriutuneet ravut satunnaistettiin eri altaisiin ja käsittelyihin eikä ryhmien välillä ollut eroja. Tilastolliset analyysit tehtiin Ihaka ja Gentlemanin (1996) mukaan.

### 3. Tulokset

Vastemuuttujien keskiarvot käsittelyittäin on esitetty kuvassa 1. Suojapaikkojen sijoittelun ja reikätiilien määrän välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhdysvaikutusta minkään tutkitun vastemuuttujan suhteen (esim. tuorepaino  $F_{1,9}=0.26$ ,  $p=0.62$ ; selkäkilpi  $F_{1,9}=0.07$ ,  $p=0.80$ ). Suojapaikkojen sijoittelu ei vaikuttanut rapujen tuorepainoon tai pituuteen kokeen lopussa ( $F_{1,9}=0.44$ ,  $p=0.52$  tuorepainolle ja  $F_{1,9}=0.39$ ,  $p=0.57$  selkäkilvelle). Suojapaikkojen sijoittelu ei myöskään vaikuttanut rapujen kuolleisuuteen kokeen aikana tai kokeen lopussa tarkastettujen saksivaurioiden määrään. Kaksinkertaisen määrän reikätiiliä (482) sisältäneiden osastojen poikaset olivat hie-man suurempia, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (tuorepaino 2.29 g v s. 2.02 g,  $F_{1,9}=3.32$ ,  $p=0.10$ ; selkäkilpi 20.4 mm vs. 19.7 mm,  $F_{1,9}=4.46$ ,  $p=0.06$ ). Tuorepainossa ero on kuitenkin yli 10 %. Reikätiilien (suojapaikkojen) määrä ei vaikuttanut rapujen kuolleisuuteen tai saksivaurioiden määrään.



Kuva 1. Täpläravun poikasten elonjäänti(%), selkäkilven pituus (mm), paino (g) ja saksivauriottomien osuus (%) eri ryhmissä sekä eri ryhmien biomassa (g) kokeen lopussa. Pylväiden pituus kuvaa keskiarvoa ja janat pylväiden päissä keskihajontaa.

## 4. Tulosten tarkastelu

Perinteisessä poikaskasvatuksessa ulkolammikoissa on havaittu, että ravunpoikaset suosivat lammikkoon tulevan veden virtaussuuntaan kohtisuoraan asetettuja reikätiiliä. Suojapaikkoina toimivat tiilen reiät ovat tällöin virran suuntaisia, joten vesi pääsee huuhtelevaan niitä mahdollisimman tehokkaasti. Samanlainen tiilien sijoittelu otettiin lähtökohdaksi myös Olkiluodon kasvatushallin suorakaiteen muotoisissa lasikuituaitaissa, koska näin oletettiin saatavan paras kasvatustulos. Suuren kasvatustiheyden takia reikätiiliä tarvitaan paljon, joten ne peittävät suuren osan altaiden pohjapinta-alasta. Samalla virtaus hidastuu ja pohjalle tiilirivien väliin kertyy runsaasti lietettä. Jos tiilirivit sijoitetaan virtauksen suuntaisiksi, lietteen kertyminen on paljon vähäisempää. Vesi ei virtaa yhtä tehokkaasti tiilen läpi, vaan huuhtelee suojapaikkoina toimivia tiilen reikiä lähinnä vain päistä. Tehdyssä pilottikokeessa tiilen suunta ei vaikuttanut tulokseen. Ravut viihtyivät ja kasvoivat yhtä hyvin virran suuntaisissa kuin virtaa vastenkin asetetuissa tiilissä. Syynä lienee veden voimakas virtaus. Suojapaikkojen lisääminen kaksinkertaiseksi lisäsi jossain määrin poikasten kasvua. Muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä, joten sen vaikutus kasvatustulokseen jää niin vähäiseksi, että se tuskin korvaa suurentuneesta tiilien määrästä aiheutuvaa viljelyteknistä haittaa. Saadut tulokset helpottavat tehoviljelymenetelmän kehittämistä. Suojapaikkaelementtien mahdollisimman pieni määrä ja niiden sijoittaminen virran ja samalla altaan pituusakselin suuntaisesti helpottavat rapujen ruokintaa, altaiden puhdistusta ja poikasten keruuta. Tulos antaa vapaammat kädet myös automaattisten ruokinta- ja poikastenkeruulaitteiden suunnitteluun.

## Kiitokset

Kiitämme Reijo Sundellia kokeen tarvitsemien resurssien 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.

## Viitteet

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

