

**KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 288**

*Susanna Airaksinen  
Olli Norrdahl  
Minna Paasilta  
Jari Riihimäki  
Kari Ruohonen  
Jari Setälä  
Markku Vaajala*

**Itseohjautuva ruokinta kirjoloihen  
verkkoallasviljelyssä (ITSE)**

Helsinki 2003

Susanna Airaksinen, Olli Norrdahl, Minna Paassilta, Jari Riihimäki, Kari Ruohonen, Jari Setälä ja Markku Vaajala

## Itseohjautuva ruokinta kirjolohen verkkoallasviljelyssä (ITSE)

Tutkimusraportti

RKTL, Elinkeino- ja yhteiskuntatutkimus

7.8.2003

ITSE (318 113)

Kalatalouden ohjausrahastosta (KOR) rahoitetussa työssä tutkittiin Akvasmart-itseruokintajärjestelmää kirjolohen verkkoallasviljelyssä. Kirjolohen kasvatustulosta sekä hyötyjä ravinnekuormituksen ja rehunkulutuksen vähentämisessä tutkittiin verkkoallaskokeessa, jossa kaloja ruokittiin joko tietokoneohjatulla taulukko-ruokintalla (ITU) tai Akvasmart-laitteistolla (ITSE). Lisäksi kokeessa käytettiin kahta rasva-proteiinisuhteeltaan erilaista rehua (A=28/43%, B=24/51%) itseohjautuvassa ruokintajärjestelmässä. Tutkittavat muuttujat olivat kalojen kasvu, rehunkulutus, rehukerroin, ravinteiden hyväksikäyttö sekä typen ja fosforin kuormitus. Lisäksi saatujen tulosten pohjalta arvioitiin itseruokintalaitteen hankinnan yritystaloudellista kannattavuutta.

ITSE-A-ryhmässä rehunkulutus oli alhaisinta, valkuaisaineiden sitoutuminen tehokkainta ja valkuaisainepitoisuus korkein. ITSE-B -ryhmä sijoittui ITSE-A- ja ITU-A-ryhmien väliin. Rehukertoimissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja, joskin ne näyttivät muuttuvan eri käsittelyissä rehunkulutusta korreloivalla tavalla. Rehukerroin ITSE-B-käsittelyssä oli 7.9 % suurempi kuin ITSE-A-käsittelyssä ja rehukerroin ITU-A-käsittelyssä oli puolestaan 12.9 % suurempi kuin ITSE-A-käsittelyssä. Typpi- ja fosforikuormitusten arvoissa, kokojakaumaa kuvaavissa tunnusluvuissa ja kuolleisuudessa ei ollut havaittavissa tilastollisesti merkitseviä eroja eri ruokintastrategioiden välillä. Myöskään ruhon rasva-, fosfori- ja kuiva-ainepitoisuuteen rehu tai ruokintatapa eivät vaikuttaneet.

AKVAsmart-järjestelmän hankinnan kannattavuutta arvioitaessa voidaan todeta, että hankinta on kannattavaa, jos kassikohtainen tuotanto on riittävän suuri. Isolla kassikoolla päästään hyvään kannattavuuteen tai nopeisiin kuoletus aikoihin. Jos iso yritys voi keskittää tuotantoyksiköitään rajatulle alueelle, itseruokinta-automaattien hankinta on selvästi sekä ympäristön että yritystalouden kannalta kannattavaa. Tulos tukee pyrkimyksiä ohjata ja keskittää kalankasvatustuotantoa ympäristöolosuhteiltaan otollisiin alueisiin. Saatujen tulosten valossa on perusteltua jatkaa tutkimusta ruokintastrategioiden hyödyn arvioimiseksi.

Akvasmart, Itseohjautuva ruokinta, Taulukkoruokinta, Kirjolohti, Verkkoallasviljely

Kala- ja riistaraportteja 288

951-776-416-2

1238-3325

23 s. + 4 liitettä

Suomi

Julkinen

RKTL, Turun riistan- ja kalantutkimus  
Itäinen Pitkätatu 3  
20520 Turku  
Puh. 0205 751 690 Faksi 0205 751 689

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

# Sisällys

1. JOHDANTO .....	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	2
2.1 Koetilat ja –aika .....	2
2.2 Koejärjestely .....	2
2.2.1 Koeasetelma .....	2
2.2.2 Kalat .....	3
2.2.3 Taulukkoruokinta .....	3
2.2.4 Itseohjautuva ruokinta .....	3
2.3 Punnitukset ja näytteenotto .....	6
2.4 Biokemialliset analyysit .....	6
2.5 Tilastolliset menetelmät .....	7
2.6 Investointilaskelma ja laskelmassa käytetyt oletukset .....	7
3. TULOKSET .....	10
3.1 Kalojen kasvu ja rehunkäyttö .....	10
3.2 Ravinteiden sitoutuminen ja ravinnekuormitus .....	10
3.3 Kokojakaumat ja kuolleisuus .....	12
3.4 Ruhon koostumus .....	13
3.5 Investoinnin kannattavuus .....	14
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	19
LÄHTEET .....	23
Liitteet .....	23

# 1. Johdanto

Kalojen ruokinta järjestetään kalankasvatuksessa eri tyyppisten automaattien avulla. Automaation mukana menetetään usein mahdollisuus havainnoida kalojen käyttäytymistä ja ruokahalua, ja siten kalojen täsmällinen, tarpeen mukainen ruokinta vaikeutuu verrattuna käsinruokintaan. Puoliautomaattisessa ruokinnassa käytetään yksinkertaisia, suhteellisen edullisia ruokintalaitteita, jotka annostelevat automaattiin lisätyt rehuannokset kaloille vähentäen työn määrää. Nykyaikaiset tietokoneiden avulla toimivat ruokinta-automaatit koostuvat ohjausyksiköistä ja ruokintalaitteista. Yleisesti myös veden happi- ja lämpötilatiedot mitataan ja tallennetaan tällöin automaattisesti. Näissä ruokinta-automaateissa tarvittava rehumäärä ennustetaan oletetun rehukertoimen tai lajikohtaisten energiantarvemallien avulla ja annostellaan aikaohjattuna taulukkoruokintana. Kalanviljelyssä niin sanottu itseruokintajärjestelmien käyttö on yleistä. Periaatteessa itseruokinta voidaan toteuttaa kahdella tavalla: varsinaisena itseruokintana (mm. mekaaniset pendelit) ja itseohjautuvana ruokintana (esim. Akvasmart). Suomessa etenkin verkkoallasviljelyssä käytössä olevat järjestelmät ovat pääasiassa itseruokkijoita, pendeliautomaatteja, joissa kalat itse käyttävät rehua annostelevaa mekaanista kytkintä. Näin siitäkin huolimatta, että markkinoilla on jo vuosia ollut saatavissa kehittyneitä tietokoneohjaukseen perustuvia uusia itseruokintajärjestelmiä. Itseohjautuva ruokinta ei edellytä kaloilta itseruokinnan käytön oppimista tai motivaatiota, vaan rehu annostellaan ja ruokahalua arvioidaan syömättä jääneen rehun perusteella. Uusien järjestelmien käyttökokemukset muun muassa meriahvenen, nieriän, lohen ja kultaotsa-ahvenen verkkoallasviljelyssä ovat hyviä ja niillä on voitu parantaa muun muassa rehukerrottua (Le Gall 1999, CRAFT Project CT-98-9201 2001, Andrew ym. 2002).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Elinkeino- ja yhteiskuntatutkimuksen tuloksikkö toteutti syksyllä 2002 kokeen, jonka tarkoituksena oli verrata itseohjautuvaa ruokintajärjestelmää nykyaikaiseen tietokoneohjattuun taulukkoruokintaan Suomen oloissa. Kirjolohen kasvatustulosta sekä hyötyjä ravinnekuormituksen ja rehunkulutuksen vähentämisessä tutkittiin verkkoallaskokeessa. Kokeessa käytettiin kahta rasva-proteiinisuhteeltaan erilaista rehua itseohjautuvassa ruokintajärjestelmässä sekä taulukkoruokinnassa. Tutkittavat muuttujat olivat kalojen kasvu, rehunkulutus, rehukerroin, ravinteiden hyväksikäyttö sekä typen ja fosforin kuormitus. Lisäksi saatujen tulosten pohjalta arvioitiin itseruokintalaitteen hankinnan yritystaloudellista kannattavuutta.

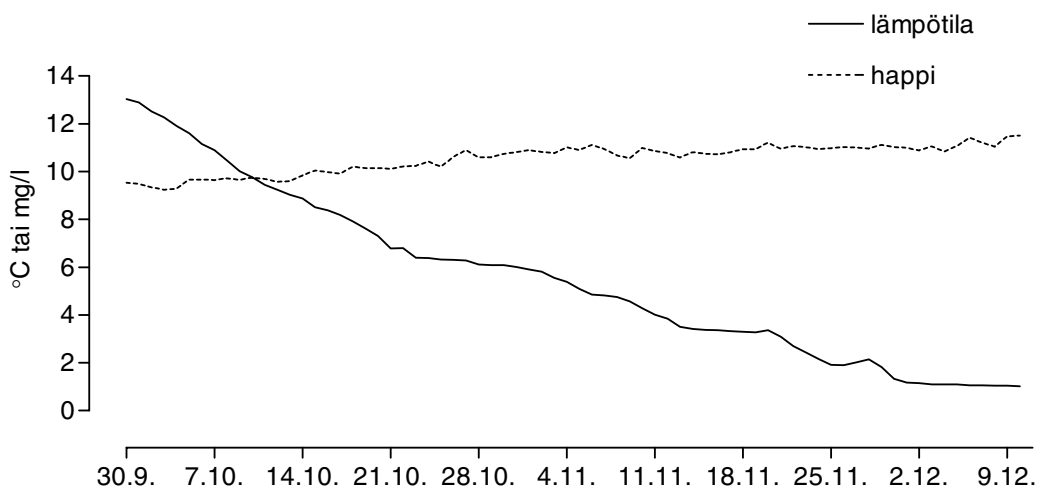
Varsinais-Suomen TE-keskus rahoitti tutkimuksen kalatalouden ohjausrahastosta (KOR), jonka rahoitukseen EU osallistuu. Hanke toteutettiin yhteistyössä Lounais-Suomen ympäristökeskuksen kanssa osana kalanviljelyn ympäristönsuojelun tukiohjelmia.

## 2. Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Koetilat ja –aika

Kasvatuskoe tehtiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Rymättylän kalantutkimusasemalla (os. 21150 Röölä) verkkoaltaissa, joiden laskennallinen kokonaistilavuus oli 48 m<sup>3</sup> (4 m x 4 m x 3 m). Veden virtaus, lämpötila sekä happi- ja suolapitoisuus koealtaissa noudattivat luonnollista vaihtelua. Lämpötilaa ja happipitoisuutta mitattiin verkkoallasalueella 2 m syvyydestä (kuva 1). Mittaus ja tallennus tapahtui automaattisesti (ITU Salmo micro, Arvo-Tec Oy, Suomi) joka tunti, ja arvot tallennettiin vuorokausikeskiarvoina.

Koe aloitettiin 30.9.2002 ja lopetettiin 10.12.2002. Kokeen kesto oli 72 vuorokautta. Koetta ei kyetty aloittamaan aiemmin lämpimän kesän ja kalojen sairastumisen vuoksi.



**Kuva 1. Veden lämpötila (°C) ja happipitoisuus (mg/l) kokeen aikana Rymättylän kalantutkimusasemalla.**

### 2.2 Koejärjestely

#### 2.2.1 Koeasetelma

Kokeessa oli kolme erilaista käsittelyä, joista kukin toistettiin kolmessa verkkoaltaassa. Käsittelyt olivat:

ITSE-A: Itseohjautuva ruokinta, rehussa 28 % rasvaa ja 43 % proteiinia (28/43-rehu)

ITSE-B: Itseohjautuva ruokinta, rehussa 24 % rasvaa ja 51 % proteiinia (24/51-rehu)

ITU-A: Taulukkoruokinta, rehussa 28 % rasvaa ja 43 % proteiinia (28/43-rehu)

## 2.2.2 Kalat

Koekaloina käytettiin 1-2 vuotta vanhoja kirjolohia (*Oncorhynchus mykiss*) yhteensä 1575 kappaletta (175 kpl/allas). Kalat olivat peräisin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen Tervon toimipaikasta (JALO-kanta), ja niiden keskipaino kokeen alussa oli 1298 g. Kalojen kasvatustiheys oli kokeen alussa 4.7 kg/m<sup>3</sup> ja lopussa 6.8 kg/m<sup>3</sup>. Kirjolohien kasvatustiheys vaihtelee tavallisesti välillä 10-80 kg/m<sup>3</sup> (Silvenius 2000). Kalat oli rokotettu Tervon toimipaikassa toukokuussa vibrioosia ja furunkuloosia eli paisetautia vastaan. Juuri ennen alkupunnitusta kalat kuitenkin sairastuivat poikkeuksellisen lämpimän kesän edesauttamina paisetautiin, ja niitä ruokittiin antibioottia sisältävällä lääkerihulla (Aquafluor, Biomar Oy Ab) 12.-22.9.2002. Kaloja kuoli kuitenkin niin paljon, että kokeista jätettiin suunniteltu ITU-B-käsittely (taulukkoruokinta 24/51-rehulla) pois.

## 2.2.3 Taulukkoruokinta

Kalojen taulukkoruokinta tapahtui tietokoneohjattujen ruokinta-automaattien avulla (Itu Salmo Micro, Arvo-Tec Oy). Ruokinta toteutettiin Rehuraisio Oy:n toimittaman kirjolohen Herkules ruokintataulukon mukaisesti (liite 1). Kerran viikossa ruokintataulukosta luettiin tietokoneen antaman kalojen laskennallisen koon ja veden lämpötilan perusteella ruokintaprosentti, joka syötettiin ruokintatietokoneelle. Rehukertoimeksi oletettiin 1.0. Ruokintataulukon osoittama päivittäinen rehumäärä annosteltiin kaloille tasaisesti auringonnousun ja -laskun välisenä aikana 5-10 kertaa vuorokaudessa. Kokeen aikana ruokinta-automaattien toimintaa ja rehun riittävyttä tarkkailtiin päivittäin. Tarkka rehunkulutus rekisteröitiin kokeen lopussa.

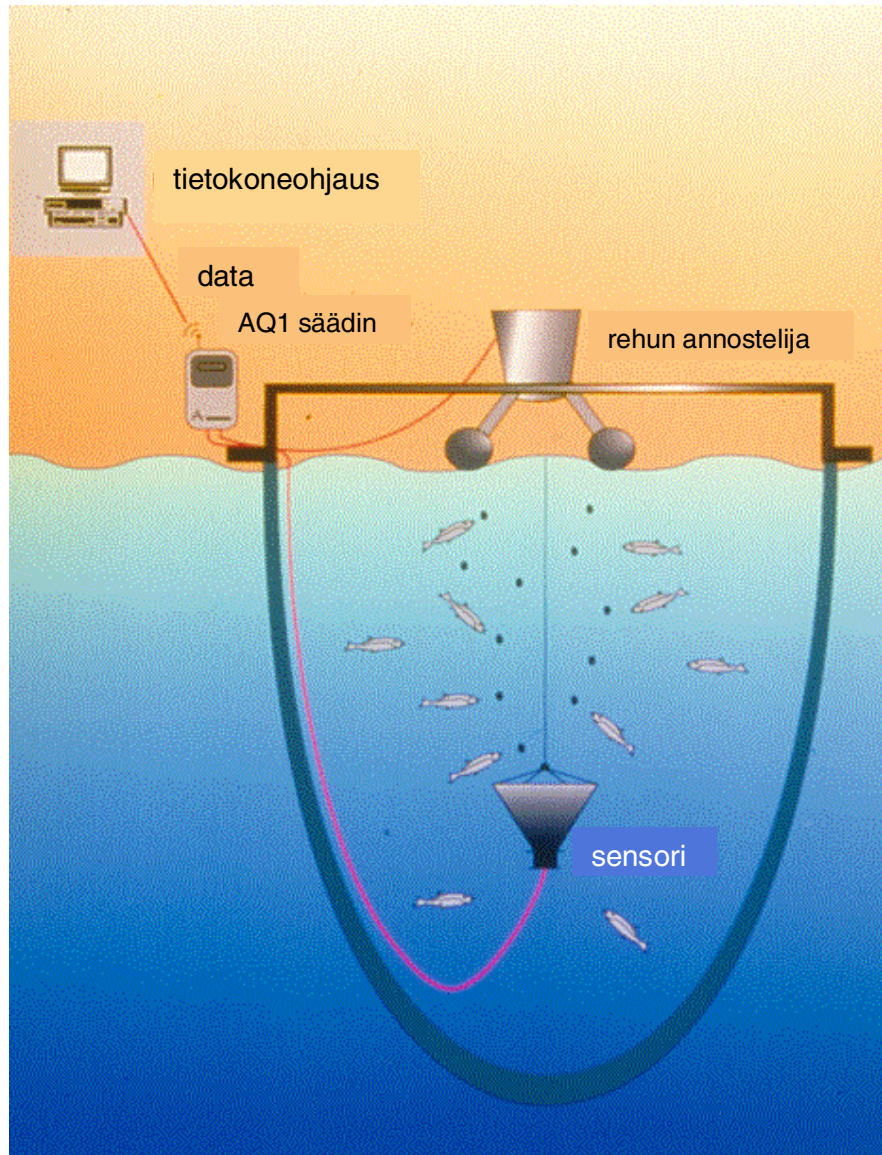
## 2.2.4 Itseohjautuva ruokinta

Itseohjautuvassa ruokinnassa käytettiin tietokoneella ohjelmoitavaa Akvasmart AQ1 -ruokintajärjestelmää (AKVAsmart, UK Ltd, Inverness), jossa rehua annostellaan kalojen ruokahalun perusteella alla esitetyllä tavalla. Järjestelmä koostuu rehun annostelijasta (Arvo-Tec Oy), vedenalaisesta keräyssuppilosta (Ø 80 cm, yläreuna 1 m syvyydessä) ja suppilon alareunassa olevasta infrapuna-anturista (2 m syvyydessä) sekä tietokoneohjauksesta ja -ohjelmistosta (kuva 2). Akvasmart-järjestelmän rehun annostelija kalibroitiin nopeuteen, jolla 50 g rehumäärän jakamiseen kului 12 sekuntia. Kerta-annostelun minimiajaksi säädettiin 4 sekuntia ja maksimijaksi 10 sekuntia. Infrapunasensori kalibroitiin puhtaassa vedessä tunnistamaan 5 mm kokoiset pelletit.

AQ1-järjestelmässä tietokone ”kokeilee” kalojen ruokahalua antamalla altaaseen hieman rehua. Suppilon osuvat syömättä jääneet rehupelletit putoavat suppilon pohjalla olevan infrapunasensorin ohi, jolloin sensori rekisteröi ne. Jos sensori ei rekisteröi syömättä jääneitä rehupellettejä tai rekisteröi niitä asetettua kynnyсарvoa vähemmän, tietokone lisää rehun syöttöä altaaseen kiihtyvällä vauhdilla, kunnes ylimenevää rehua jälleen rekisteröityy. Tällöin rehun syöttöä hidastetaan, kunnes lopulta lopetetaan, jos sensori edelleen rekisteröi syömättä jääneitä pellettejä. Tämän jälkeen pidetään ruokintatauko ja ruokahalua ”kokeillaan” halutun ajan kuluttua uudelleen. Kaikki syöttökerrat ja rekisteröityjen pellettien määrät tallentuvat tie-

tokoneelle ja ovat selattavissa yksityiskohtaisina graafisina kuvina (kuvat 3 ja 4). Ruokinta-algoritmi on säädettävissä tietokoneen välityksellä.

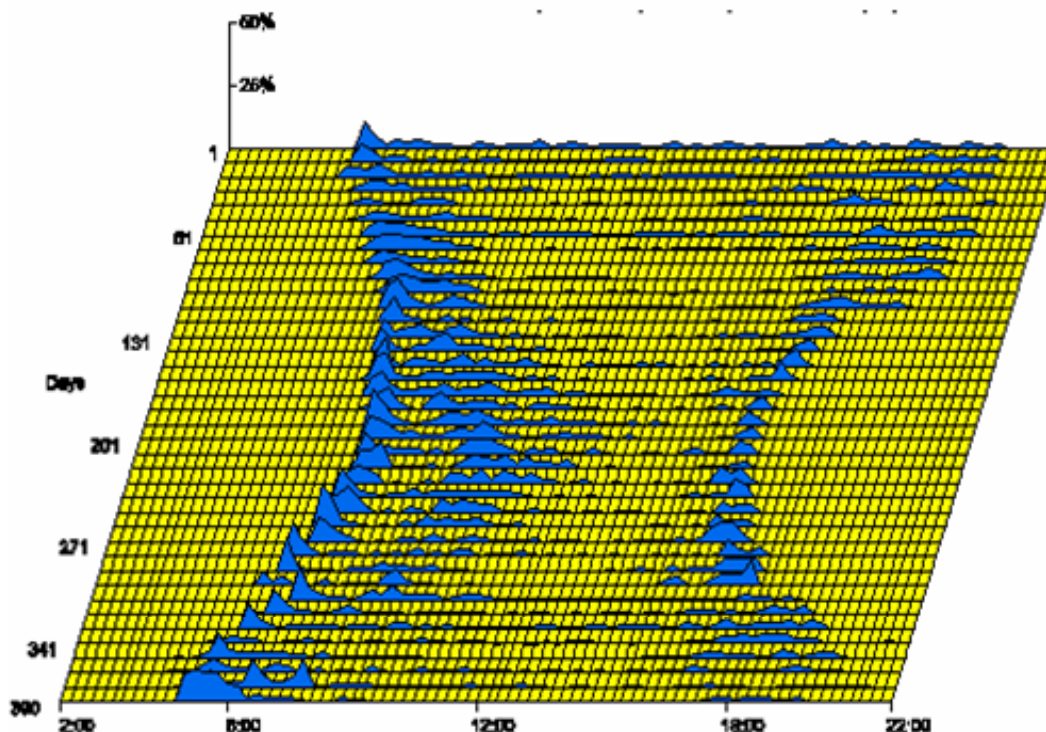
Kokeen aikana suppilot ja sensorit puhdistettiin kerran viikossa. Yhden ITSE-A-altaan Akvasmart-sensori rikkoutui, jonka seurauksena kyseisen altaan kalat olivat käytännössä käsiruokinnalla noin kuukauden ajan. Tästä syystä ko. allas on suljettu pois tuloksia käsiteltäessä.



**Kuva 2. Akvasmart AQ1 –ruokintajärjestelmä verkkoaltaassa kaavamaisesti esitettynä (AKVAsmart). Yksityiskohtainen kuvaus tekstissä (s. 4).**



**Kuva 3. Esimerkki Akvasmartin rehun annostelukerroista (ylempi, sekuntia) ja sensorin mittaamista syömättä jääneistä pelleteistä (alempi, kappaletta) yhden päivän aikana (klo 5.00-21.00). Tässä esimerkissä kalat ovat syöneet hyvin noin puolen tunnin ajan aamulla (klo 8.00-8.30) ja illalla (klo 17.30-18.15). Päivällä testatut rehulisäykset eivät ole herättäneet kalojen ruokahalua.**



**Kuva 4. Esimerkkikuva Akvasmart-ruokinnasta pidemmän koejakson aikana (noin vuosi). Kolmiulotteisessa kuvassa on esitetty eri aikoina syötetyn rehun suhteellinen osuus (%) päivän kokonaisrehunsyötöstä. Ajankulku päivinä on esitetty takareunasta etureunaan ja vuorokaudenaika tunteina vasemmalta oikealle.**



## 2.3 Punnitukset ja näytteenotto

Kalat punnittiin kokeen alussa massana vesipunnituksella. Kokeen lopussa kaikki kalat punnittiin yksilöittäin nukutuksen jälkeen (MS-222, 140 mg/l).

Kokeen alussa tehtiin 10 satunnaisesti valitusta kalasta yhdistetty ruhonäyte, joka jauhettiin lihamyllyllä homogeeniseksi massaksi. Samoin kokeen lopussa valittiin satunnaisesti 10 kalaa kustakin altaasta. Kalat punnittiin ja niiden sukupuoli määritettiin. Kalat perattiin ja punnittiin kalan perattu paino sekä mäti, jonka jälkeen kalat jauhettiin lihamyllyllä. Jauhetusta kalamassasta otettiin noin 100 gramman näyte analyysia varten. Käytetyistä rehuista kerättiin koeajalta näytteet useasta säkistä ja ne yhdistettiin. Kaikki näytteet kylmäkuivattiin.

## 2.4 Biokemialliset analyysit

Rehusta ja kalojen ruhoista analysoitiin kuiva-aine-, tuhka-, raakarasva-, typpi-, raakavalkuais- ja fosforipitoisuus (liite 2). Näytteiden esikäsittely ja kuivapainomääritys tehtiin Rymättylän kalantutkimusasemalla. Kuiva-aine määritettiin kuivaamalla näyte  $-54\text{ }^{\circ}\text{C}$ :ssa. Tuhka-, raakarasva-, typpi-, raakavalkuais- ja fosforimääritykset tehtiin Novalab Oy:ssä (os. 03600 Karkkila). Tuhkapitoisuus määritettiin hehkuttamalla näyte  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa (Novalab 009\*), raakarasvapitoisuus gravimetrisesti (Novalab 011), typpi Kjeldahlin menetelmällä (Novalab 001.A\*), raakavalkuaispitoisuus kertomalla typpipitoisuus kertoimella 6.25, sekä fosforipitoisuus kuivapolton ja suolahappoliuotuksen jälkeen spektrofotometrillä (Novalab 005.A\*).

Rehurakeiden ( $\varnothing$  5 mm) raakakoostumus määritettiin kokoomanäytteen perusteella (liite 3, taulukko 1). Tuhka-, raakarasva-, typpi-, raakavalkuais- ja fosforimääritykset tehtiin samoin kuin ruhonäytteissä, lisäksi määritettiin raakakuitu lasivillasuodatusmenetelmällä.

**Taulukko 1. Rehujen raakakoostumus tuorepainosta näytteistä tehdyn määrittelyn mukaan.**

	28/43-rehu	24/51-rehu
Kosteus %	6.23	4.43
Tuhka %	7.31	9.08
Raakarasva %	28.2	23.5
Raakakuitu %	0.72	0.40
Typpi g/kg	68.7	81.2
Raakavalkuainen %	43.0	50.8
Fosfori g/kg	11.4	13.7

## 2.5 Tilastolliset menetelmät

Tulokset analysoitiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA, SYSTAT 10.2), jonka jälkeen eri käsittelyjä verrattiin kontrastein (ITSE-A vs. ITSE-B, ITSE-A vs. ITU-A). Loppupainojen analysoimiseen käytettiin hierarkkista ANOVAa, jossa allas käsiteltiin satunnaisvaikutuksena (General Linear Model, SYSTAT 10.2). Kokojakaumien vaihtelukertoimen, vinouden, huipukkuuden, sekä minimi- ja maksimipainojen analysoimiseen käytettiin Kruskal-Wallis testia (SYSTAT 10.2). Tulokset tulkittiin tilastollisesti merkitseviksi, kun  $P < 0.05$ .

## 2.6 Investointilaskelma ja laskelmassa käytetyt oletukset

Itseruokintalaiteinvestoinnin kannattavuutta arvioitiin nykyarvomenetelmällä. Nykyarvomenetelmässä investoinnin hyödyt ja kustannukset diskontataan valitun laskentakorkokannan mukaan hankintahetkeen. Investointi on kannattava, jos tuottojen nykyarvo on suurempi kuin kustannusten nykyarvo. Tällöin nettotuottojen nykyarvo on vähintään hankintamenon suuruinen ja sijoitetulle pääomalle saadaan vähintään laskentakorkokannan mukainen tuotto.

Investoinnin nettonykyarvo laskettiin seuraavan kaavan mukaan:

$$I_{NNA} = -C_0 + C \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

jossa

$I_{NNA}$  = Investoinnin nettonykyarvo

$C_0$  = Perushankintakustannus, joka on kertakustannus investointiajankohdan alussa. Perushankinta-kustannus sisältää laitteen ostohinnan ja käyttökoulutuskustannukset

$C$  = Vuotuinen nettohyöty, joka saadaan vähentämällä investoinnista aiheutuvat vuotuiset kustannukset investoinnista saatavista vuotuisista bruttohyödyistä

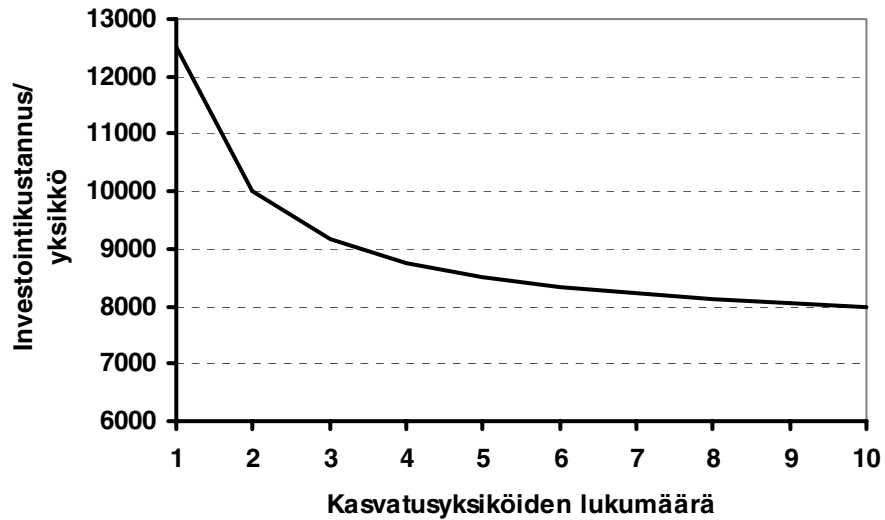
$i$  = Laskentakorkokanta desimaalimuodossa (esim. 10 % = 0,1)

$n$  = Investointiaika, jona investoinnista oletetaan saatavan hyötyjä. Jäännösarvon oletetaan olevan nolla.

Laskennassa käytettyjen muuttujien arvot arvioitiin tilastojen, laitetoimittajien tarjousten, tässä raportissa esitetyn kokeen tulosten tai kokeesta saatujen käyttökokeusten perusteella. Investoinnin hyödyt laskettiin saatavan rehukustannusten vähenemisenä silloin kun kasvattaja siirtyy taulukkoruokinnasta itseruokinta-automaatin käyttöön. Kustannusten oletettiin aiheutuvan laitehankinnasta ja työstä.

Peruslaskelma tehtiin yritykselle, joka kasvattaa 30 tonnia kalaa. Ruokinta-automaatteja voidaan käyttää isommissakin kasseissa aina 60 tonniin asti. Yrityksen koko ja kassikohtainen kasvatusmäärä vaikuttavat paljon muun muassa investointikustannuksen ja rehukustannussäästön suuruuteen. Akvasmartin 12 500 euron hankintakustannuksesta noin 5 000 euroa (40 %) koostuu radiolähetimestä ja tietokoneohjelmasta, joita käytetään saman järjestelmän ruokinta-automaattien ohjauksessa ja tiedon keräämisessä (liite 4). Täten kassikohtainen hankintakustannus alenee, kun nämä yhteiset kustannukset voidaan jakaa useamman automaatin kesken (kuva 5). Myös käyttökoulutuskustannus (500 €) on sellainen osa hankintamenoa, joka on yh-

teinen useammille yksiköille. Tämän vuoksi investoinnin kannattavuutta laskettiin useamman kokoisille yrityksille.



**Kuva 5. Akvasmartin hankintakustannus kalankasvatuskassia kohti.**

Peruslaskelman oletuksien investoinnille laskettiin kannattavuusrajat, jotka kertovat millä yksittäisen muuttujan arvolla saavutetaan taloudellinen nollatulotulos, kun muiden muuttujien arvo pidetään muuttumattomana. Kannattavuusrajat laskettiin 30 tonnin, 60 tonnin ja 300 tonnin laitoksille. Lisäksi laskettiin tuloksen joustot, jotka ilmaisevat miten paljon eri muuttujat vaikuttavat tulokseen. Jousto lasketaan jakamalla tuloksen prosentuaalinen muutos muuttujan prosentuaalisella muutoksella. Tärkeimpien muuttujien vaikutuksia tuloksiin arvioitiin myös herkkyyksanalyysin (taulukko 2).

**Taulukko 2. Peruslaskelmassa ja herkkyyssanalyysissä käytettyjen muuttujien arvot ja arvojen valintaperusteet.**

Muuttuja	Peruslaskelma	Valintaperuste	Herkkyyssanalyysit
Hankintahinta	12 500 €	Tarjous	8 500 – 16 500 €
Tuotantomäärä/kassi	30 000 kg	Normaali koko	10 000 – 60 000 kg
Investointiaika	5 v	Arvio	3-7 v
Laskentakorko	5 %	Tilastokeskus 2003 <sup>1)</sup>	
Rehu hinta, ilman alv./kg	1 €	Markkinahinta 2003	0,8 - 1,2 €
Rehukertoimen muutos	0.13	Koetulos	0,08 - 0,16
Kuolleisuuden muutos	0	Koetulos	
Työn hinta/h	10 €	Aqcess-tutkimus <sup>2)</sup>	
Käyttökoulutus	500 €	Arvio	
Laitteen asennus-poisto/v	2 h	Arvio	
Laitteen kalibrointi/v	8 h	Arvio	
Laitteen huolto-pesu/vko	1 h	Arvio	
Laitetta käytetään/v	32 vkoa	Arvio	

<sup>1)</sup> Valtion 10 v. obligaatioiden keskimääräinen tuottokorko viimeisten vuosien aikana

<sup>2)</sup> Lounais-Suomen kalanviljelijän tuntipalkka vaihteli 8-13 euron välillä vuonna 2002. Omistajaviljelijän keskituntipalkka oli 10,17 €. Lähde: Aqcess-tutkimus (julkaisematon tulos).

## 3. Tulokset

### 3.1 Kalojen kasvu ja rehunkäyttö

Kalojen loppupaino ei eronnut merkitsevästi eri ruokintamenetelmillä eikä eri rehuilla ruokittaessa (taulukko 3). Myöskään perkaushävikissä ei havaittu eroa. Loppuperkauksen yhteydessä perkaushävikki kokonaisbiomassasta oli 15.3 %, josta mädin määrä oli 17.3 %. Mädin määrä kokonaisbiomassasta oli 2.6 %.

Rehunkulutus oli merkitsevästi suurempi taulukkoruokinnalla (ITU) kuin itseohjautuvalla ruokinnalla (ITSE, taulukko 3). Taulukkoruokinnassa 28/43-rehua (A) kului 23.2 % enemmän kuin itseohjautuvassa ruokinnassa. Itseohjautuvassa ruokinnassa 24/51-rehua (B) kului noin 11.6 % enemmän kuin 28/43-rehua. Rehunkulutuksen eroista huolimatta rehukertoimissa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa eri ruokintamenetelmien tai eri rehujen välillä (taulukko 3). Rehukertoimet kuitenkin näyttävät muuttuvan eri käsittelyissä rehunkulutusta korreloivalla tavalla. Rehukerros ITSE-B-käsittelyssä on 7.9 % suurempi kuin ITSE-A-käsittelyssä ja rehukerros ITU-A-käsittelyssä on puolestaan 12.9 % suurempi kuin ITSE-A-käsittelyssä. Syynä tilastollisesti merkitsevän eron puuttumiseen on todennäköisesti ITSE-A-toistojen pieni lukumäärä.

### 3.2 Ravinteiden sitoutuminen ja ravinnekuormitus

Ravinteiden sitoutuminen on esitetty taulukossa 3. Rehun rasvan sitoutumistehokkuus oli eri käsittelyissä hyvin tasaista, keskimäärin 80 %, eli rehun rasva hyödynnettiin energianlähteenä erittäin hyvin. Valkuaisaineiden sitoutumistehokkuus oli itseohjautuvassa ruokinnassa 28/43-rehulla ruokittaessa 33 % eli merkitsevästi suurempi kuin muissa käsittelyissä. Muiden käsittelyjen valkuaisaineiden sitoutumistehokkuudet olivat 23-25 %. Fosforin sitoutumistehokkuus oli paras itseohjautuvassa ruokinnassa 24/51-rehulla ruokittaessa (23 %), mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Muiden käsittelyjen fosforin sitoutumistehokkuudet olivat 17-19 %. Typpi- ja fosforikuormitusten arvoissa ei eri käsittelyjen välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

**Taulukko 3. Kokeen tulokset eri rehuilla (A=28/43-rehu, B=24/51-rehu) ja ruokintamethodelmillä (ITSE, ITU). Taulukossa on annettu kahden tai kolmen altaan keskiarvo ja keskihajonta (SD). Lisäksi taulukkoon on merkitty tilastollinen merkitsevyys (NS, ei eroa).**

	ITSE-A (n = 2)	ITSE-B (n = 3)	ITU-A (n = 3)	ITSE-A vs. ITSE-B	ITSE-A vs. ITU-A
yksilömäärä alussa/allas	175	175	175		
yksilömäärä lopussa/allas	173	170	172		
SD	0.00	2.31	1.00		
kuolleisuus %	1.14	2.67	1.71	NS	NS
SD	0.00	1.32	0.57		
alkupaino g yksilöä kohti	1320	1276	1298		
SD	14.85	79.07	44.38		
loppupaino g yksilöä kohti	1899	1904	1938	NS	NS
SD	36.77	41.36	9.07		
kasvu g kalaa kohti	580	628	641	NS	NS
SD	51.40	39.02	53.08		
perkaushävikki %	16.14	15.24	14.87	NS	NS
SD	0.48	0.88	1.20		
rehunkulutus kg	99	110	122	NS	P=0.004
kassia kohti	-	-	-		
SD	-	-	-		
rehukerroin (1)	1.02	1.11	1.15	NS	NS
SD	0.10	0.17	0.07		
rehukerroin (2)	1.01	1.09	1.14	NS	NS
SD	0.10	0.16	0.07		
sidottu rasva %	80.07	80.02	80.01	NS	NS
SD	4.95	14.10	15.38		
sidottu valkuainen %	33.15 <sup>a,b</sup>	24.95 <sup>a</sup>	23.24 <sup>b</sup>	P=0.042	P=0.022
SD	1.40	5.01	1.06		
sidottu fosfori %	17.08	22.97	19.15	NS	NS
SD	5.34	2.94	5.33		
typpikuormitus g per	46.84	67.97	60.63	NS	NS
kiloa lisäkasvua	SD	5.54	14.91	4.39	
Fosforikuormitus g per	9.54	11.65	10.56	NS	NS
kiloa lisäkasvua	SD	0.33	2.01	1.31	

rehukerroin (1) = rehunkulutus/(loppubiomassa-alkubiomassa)

rehukerroin (2) = rehunkulutus/(loppubiomassa-alkubiomassa+kuolleiden kasvu)

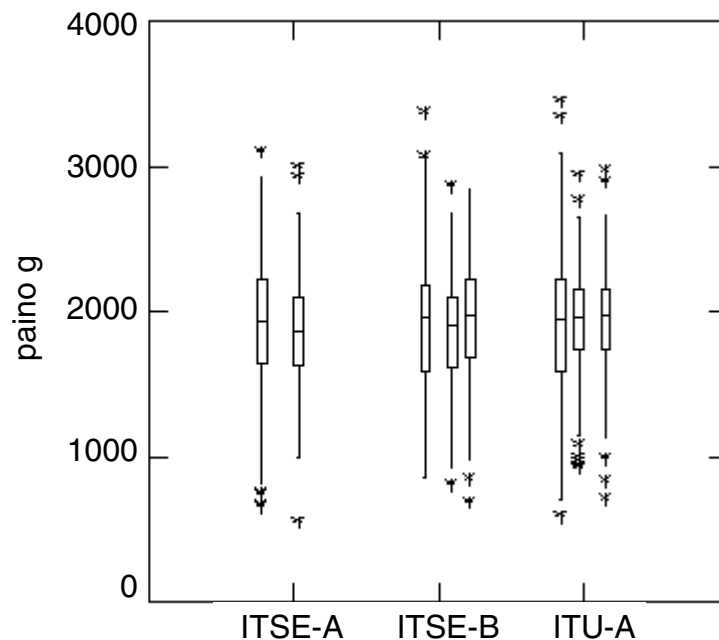
sidottu ravinne = kasvuun sitoutunut ravinne/ruokittu ravinne x 100

kuormitus = (annettu ravinne g-sidottu ravinne g)/lisäkasvu kg

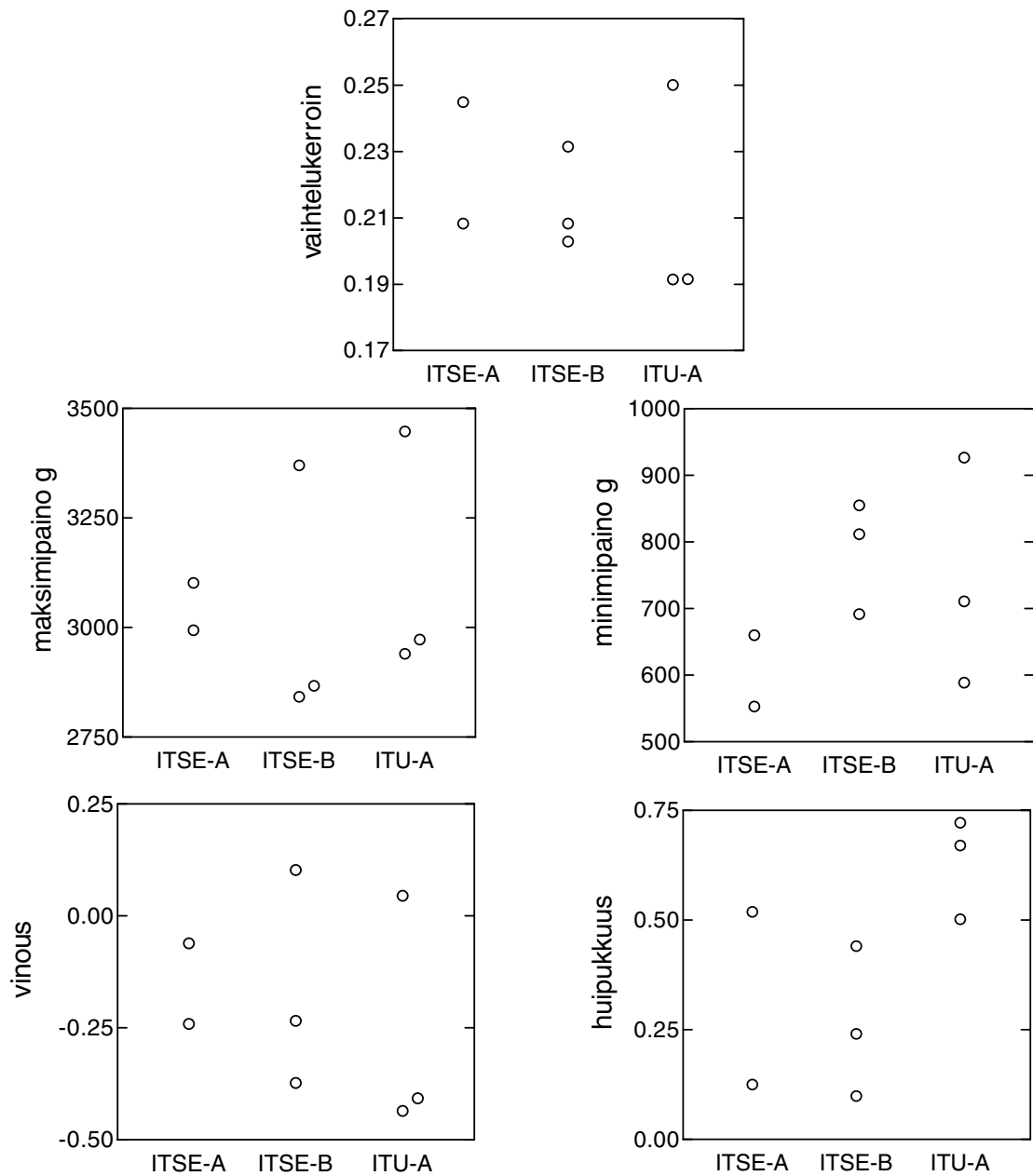
### 3.3 Kokojakaumat ja kuolleisuus

Kuvassa 5 on esitetty kunkin altaan kalojen kokojakaumat loppupunnituksessa. Jakaumissa ei ole havaittavissa merkitseviä eroja eri ruokintastrategioiden välillä. Kuvassa 6 on esitetty kalaparven kokojakauman muotoa kuvaavia tunnuslukuja ns. pistejakaumina kalojen loppupainosta laskettuna. Tunnuslukujen mukaan kalojen kokojakaumien muodot eivät juurikaan poikkea käsittelyjen välillä. Kalojen loppupainon vaihtelukerroin on välillä 19-26 % käsittelystä riippumatta (Kruskall-Wallis  $H=1.111$ ,  $P=0.574$ ). Käsittelyillä ei ollut vaikutusta myöskään minimipainoon ( $H=2.889$ ,  $P=0.236$ ) eikä maksimipainoon ( $H=1.139$ ,  $P=0.566$ ). Sitä, miten hyvin kalojen kokojakaumat noudattavat normaalijakaumaa, voidaan selvittää kahden tunnusluvun, vinouden ja huipukkuuden, avulla. Eri käsittelyillä ei ollut merkitsevää vaikutusta kumpaankaan (vinous:  $H=1.111$ ,  $P=0.574$ ; huipukkuus:  $H=4.111$ ,  $P=0.128$ ).

Kuolleisuudessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyjen välillä (taulukko 3). Kuolleisuudet olivat eri käsittelyissä keskimäärin alle 2 %.



**Kuva 5. Kalojen kokojakauma loppupunnituksessa altaittain eri käsittelyissä. Kukin suorakulmio vastaa 50 % havainnoista (75% havainnoista suorakulman yläreunaa pienempiä ja 25% havainnoista suorakulman alareunaa pienempiä), poikkiviiva kuvaa havaintojen mediaania. Janat ulottuvat 1.5 x kvartiiliväli (75%-25%). Yksittäiset pisteet kuvaavat tämän ulkopuolelle jääviä havaintoja. A=28/43-rehu, B=24/51-rehu, ITSE=itseohjautuva ruokinta ja ITU=taulukkoruokinta.**



**Kuva 6. Kalojen loppupainon jakaumien tunnuslukuja eri käsittelyissä. Kukin piste kuvaa yhden verkkoaltaan tunnusluvun arvoa. A=28/43-rehu, B=24/51-rehu, ITSE=itseohjautuva ruokinta ja ITU=taulukkoruokinta.**

### 3.4 Ruhon koostumus

Ruokintatapa vaikutti kalojen ruhon valkuaisainepitoisuuteen (taulukko 4). Valkuaisainepitoisuus oli merkitsevästi alhaisempi taulukon mukaan ruokituissa kuin itseohjautuvalla ruokintamenetelmällä ruokituissa kaloissa. Ruhon rasva-, fosfori- ja kuiva-ainepitoisuuteen rehu tai ruokintatapa eivät vaikuttaneet.

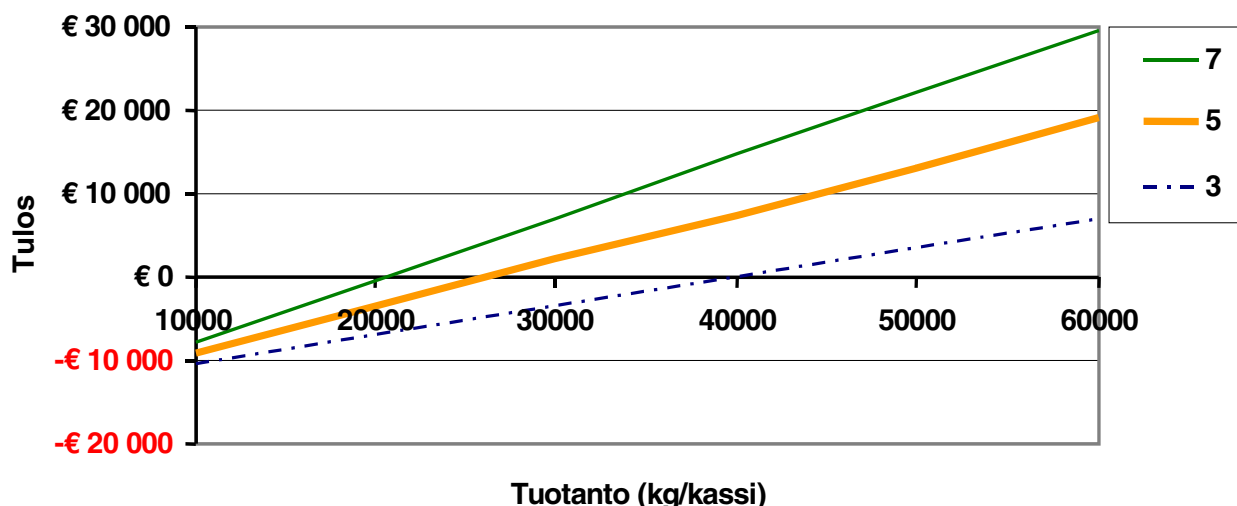


**Taulukko 4. Ruhon koostumus tuorepainosta eri käsittelyissä altaiden keskiarvona. Lisäksi taulukkoon on merkitty varianssianalyysin tulokset (NS, ei eroa). A=28/43-rehu, B=24/51-rehu, ITSE=itseohjautuva ruokinta ja ITU=taulukkoruokinta.**

	ITSE-A (n = 2)	ITSE-B (n = 3)	ITU-A (n = 3)	ITSE-A vs. ITSE-B	ITSE-A vs. ITU-A
Rasva %	16.60	15.96	17.75	NS	NS
SD	0.06	0.72	1.35		
Valkuainen %	15.94	15.70	14.94	NS	P=0.002
SD	0.29	0.12	0.18		
Fosfori %	0.32	0.37	0.34	NS	NS
SD	0.03	0.02	0.01		
kuiva-aine %	35.51	34.70	35.57	NS	NS
SD	0.25	0.50	0.99		

### 3.5 Investoinnin kannattavuus

Peruslaskelman mukaisin arvoin (taulukko 2, sivu 9) laiteinvestointi on kannattava: 30 tonnin tuotannolla saavutetaan runsaan 2 000 euron voitto. Viiden vuoden investointiajalla on tuotettava vähintään 26 tonnia kirjolohta, jotta investointi kannattaa (kuva 8). 20 tonnin tuotanto riittää, jos investointi kuoletetaan seitsemässä vuodessa. 40 tonnin tuotannolla investointi voidaan kuolettaa jo kolmessa vuodessa.



**Kuva 8. Investointiajan vaikutus investoinnin kannattavuuteen eri tuotantomäärillä. Kuvassa on esitetty tulos (€) 3, 5 ja 7 vuoden investointiajoilla. Peruslaskelman mukainen kannattavuus keskellä.**

60 tonnin tuotannolla investointi tuottaa peruslaskelman mukaisin arvoin noin 19 000 € voittoa. Vaihtoehtoisesti investointi voidaan kuolettaa kahdessa vuodessa.

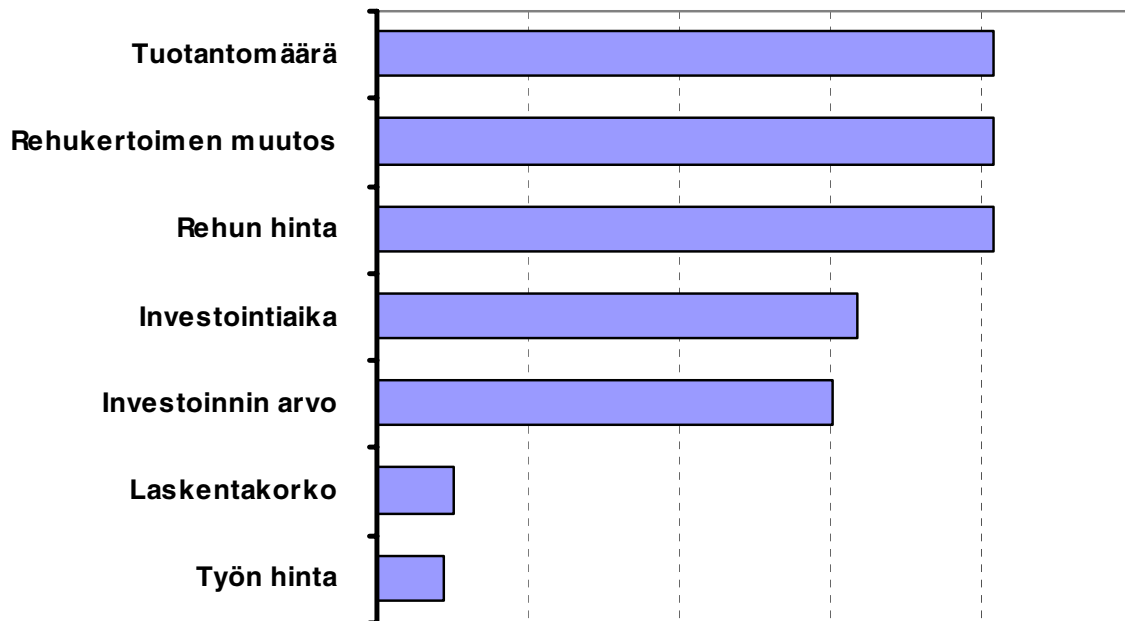
Isommat yritykset hyötyvät myös siitä, että investoinnin yhteiskustannuksia voidaan jakaa useamman automaatin kesken. 300 tonnin laitoksessa kassikohtainen voitto nousee lähes 23 500 euroon ja kokonaisvoitto yli 117 000 euroon, jos tuotantoyksiköt (5\*60t) voidaan keskittää samalle alueelle. Tämänkokoinen yritys voi kuolettaa investoinnit runsaassa vuodessa (taulukko 5).

**Taulukko 5. Erikokoisten yritysten (30, 60 ja 300 tonnia) kannattavuusrajat. Taulukossa on esitetty kullekin muuttujalle kannattavuuden raja-arvo silloin, kun muut muuttujat pysyvät peruslaskelman oletusten (taulukko 2, sivu 9) mukaisesti vakioina.**

Muuttuja	Tuotanto 30 t	Tuotanto 60 t	Tuotanto 300 t <sup>1)</sup>
Investointikustannus	14 566 €	31 452 €	31 452 €
Investointiaika	4,2 v	1,9 v	1,2 v
Laskentakorko	11 %	49 %	81 %
Rehun hinta/kg	0,88 €	0,44 €	0,31 €
Rehukertoimen muutos	0,114 yks.	0,057 yks.	0,04 yks.
Työn hinta/h	21,37 €	114,22 €	138,42 €

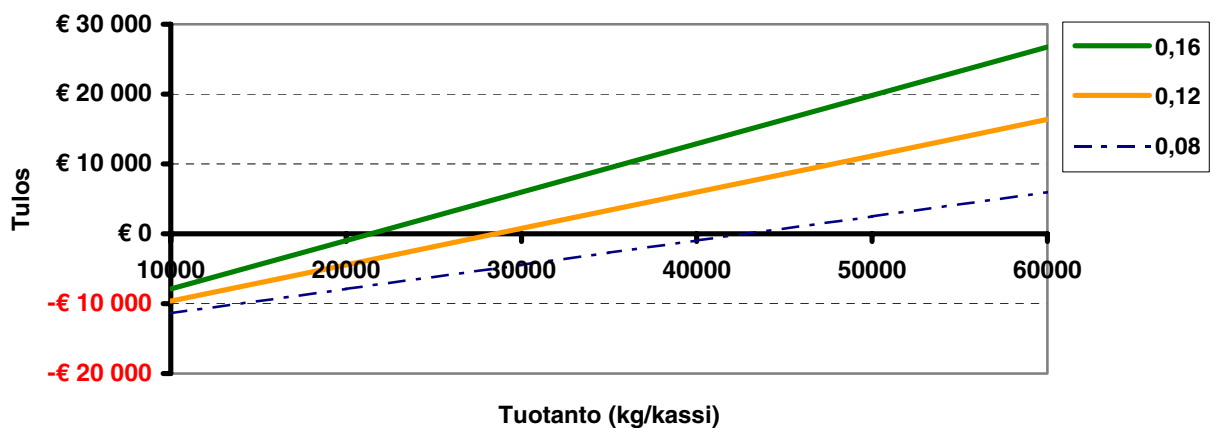
<sup>1)</sup> Raja-arvot on laskettu yhtä 60 tonnin kassia kohti. Investoinnin yhteiskustannukset jakautuvat viiden kasvatusyksikön kesken. Perushankintameno/kassi on käyttökoulutuksineen enää 8 600 euroa.

Myös rehun hinta ja rehukertoimen muutos vaikuttavat paljon lopputulokseen (kuva 9). Laskentakoron ja työn hinnan merkitys lopputulokseen on vähäinen, vain kahdeksasosa edellä mainittujen muuttujien vaikutuksesta. Vaikka palkat tai laskentakorko kaksinkertaistuisivat, 30 tonnin tuotannolla saavutetaan vielä kannattava tulos (taulukko 5).



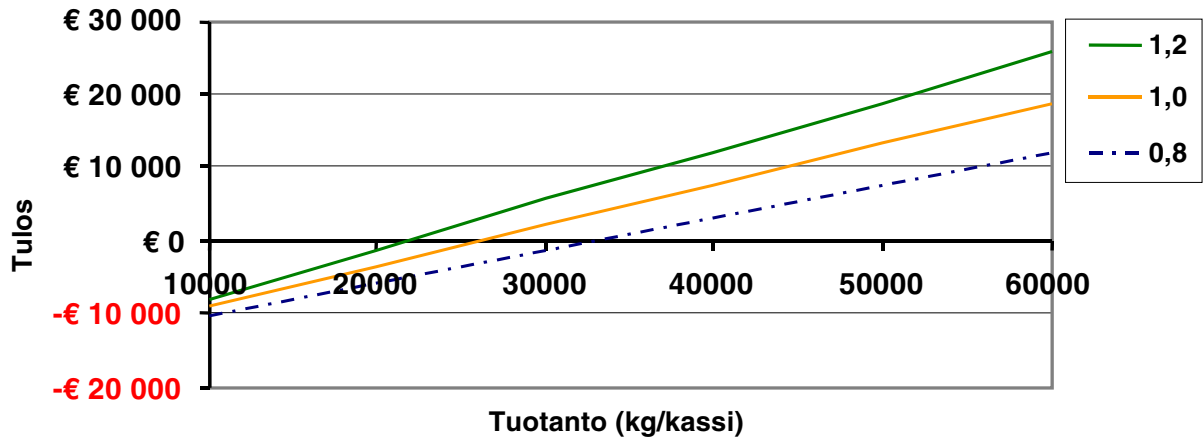
**Kuva 9. Yksittäisten muuttujien vaikutus tulokseen. Mitä pidempi pylväs sen suurempi vaikutus muuttujalla on tulokseen.**

Peruslaskelmassa oletettiin tässä raportissa esitetyn kokeen perusteella rehukertoimen parantuvan 0,13 yksikköä, eli taulukkoruokinnan 1,15:sta itseohjautuvan ruokinnan 1,02:een. 30 tonnin tuotannolla rehukertoimen on parannuttava melkein 0,12 yksikköä, jotta kannattavuusraja saavutettaisiin. Jos rehukerros paranee 0,16 yksikköä (rehukerros olisi 0,99), kannattavuusraja olisi noin 21,5 tonnia. Runsaan 40 tonnin tuotannolla jo 0,08 yksikön (rehukerros 1,07) ja 60 tonnin tuotannolla 0,06 yksikön parannus riittää kannattavaan tulokseen (kuva 10 ja taulukko 5).



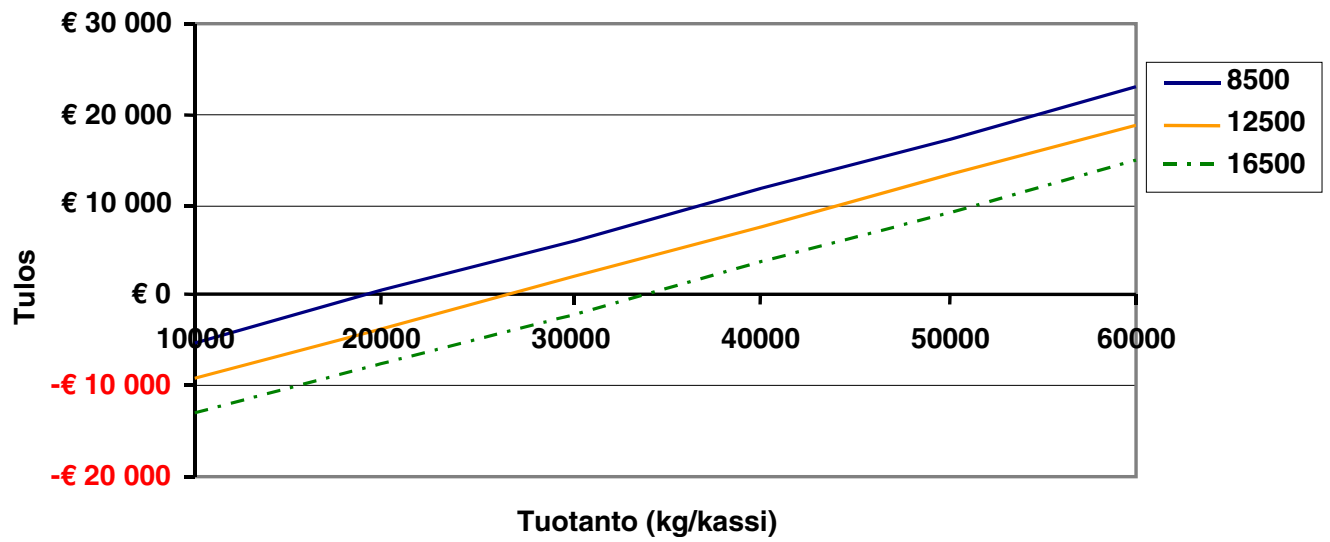
**Kuva 10. Rehukertoimen muutoksen vaikutus tulokseen eri tuotantomäärillä. Kuvassa on esitetty tulos (€), kun rehukerros kasvaa 0,08, 0,12 ja 0,16 yksikköä.**

Mitä kalliimpi rehu sitä suurempi arvo säästetyllä rehulla. Jos rehun arvonlisäveroton hinta nousee 1,2 euroon, päästään noin 22 tonnin tuotannolla nollatulokseen (kuva 11). Vastaavasti rehun halpeneminen 0,2 eurolla vaatii noin 33 tonnin tuotannon.



**Kuva. 11. Rehun hinnan vaikutus tulokseen eri tuotantomäärillä. Kuvassa on esitetty tulos (€) rehun 0,8, 1,0 ja 1,2 euron kilohinnoilla. Peruslaskelman mukainen kannattavuus keskellä.**

Hankittava laitteisto ja yrityskoko vaikuttavat investoinnin suuruuteen. Jos Akvasmart-laitteiston yhteiskustannukset voidaan jakaa kymmenen yksikön kesken, perushankintamenojen suuruus on noin 8 500 euroa. Tällöin vajaan 20 tonnin tuotannolla saadaan investointi kuoletettua viidessä vuodessa (kuva 12). Storvikin itseruokinta-automaatti, jossa on rehun uudelleensyöttöjärjestelmä, maksaa noin 16 000 euroa. Akvasmart-laitteistoa koskevin laskentaoletuksin tämän investoinnin kuolettamiseksi vaaditaan noin 30 tonnin tuotanto.



**Kuva 12. Investoinnin suuruuden vaikutus tulokseen eri tuotantomäärillä. Tulos (€) on esitetty 8500, 12500 ja 16500 euron suuruisilla investoinneilla. Peruslaskelman mukainen kannattavuus keskellä.**

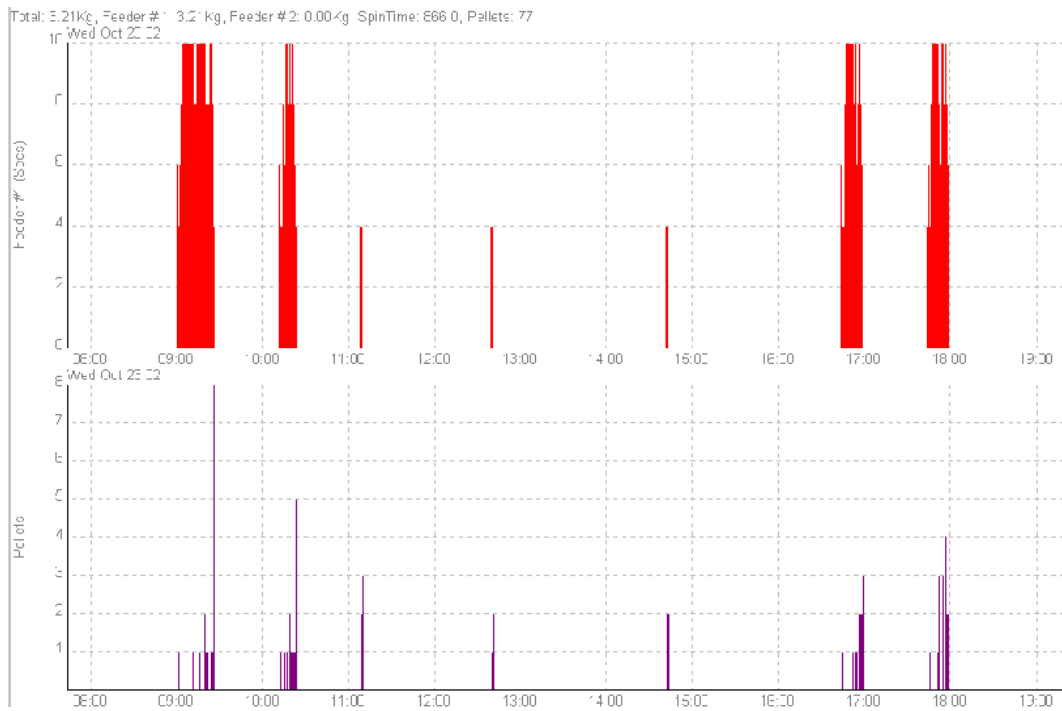
## 4. Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää itseohjautuvan ruokintajärjestelmän soveltuvuutta ja saavutettavissa olevia hyötyjä ravinnekuormituksen ja rehunkulutuksen vähentämisessä kirjolohen verkkoallasviljelyssä. Kyseessä oli itseohjautuvan ruokintajärjestelmän pilottikoe Suomen oloissa.

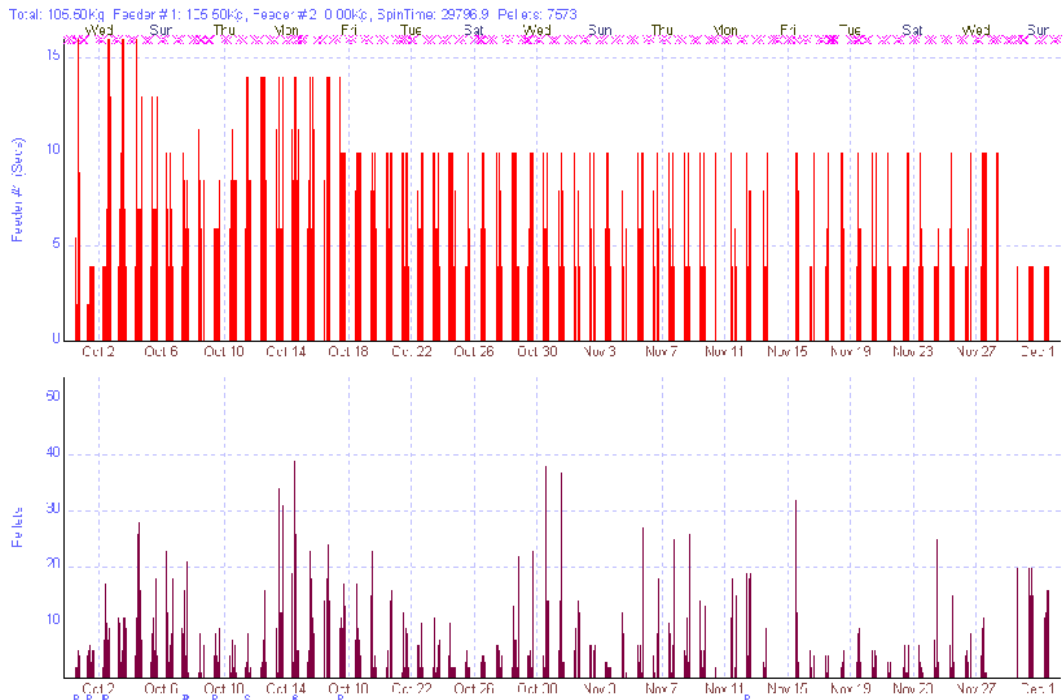
Tutkimus osoitti, että rehun energiapitoisuus ja valittu ruokintatapa vaikuttavat merkitsevästi rehunkulutukseen. Sen sijaan rehukertoimissa, eli rehunkulutuksessa suhteessa kasvuun, ei havaittu merkitseviä eroja. Se, että rehunkulutuksen erot eivät heijastuneet rehukertoimiin, selittynee kokeen pienellä toistojen määrällä, joka rajoittaa tilastollisen analyysin vahvuutta. Myöskään kalojen kasvuun ei rehun energiapitoisuudella eikä ruokintamenetelmällä ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta. Sekä pienin typpikuormitus että pienin fosforikuormitus saavutettiin itseohjautuvassa ruokinnassa 28/43-rehua käytettäessä. Korkeimmat typpi- ja fosforikuormituksen arvot puolestaan saatiin itseohjautuvassa ruokinnassa 24/51-rehua käytettäessä. Merkitsevää vaikutusta ruokintamenetelmällä ei ravinnekuormituksiin kuitenkaan ollut. Sen sijaan valkuaisaineiden sitoutumistehokkuus oli itseohjautuvassa ruokinnassa 28/43-rehulla ruokittaessa merkitsevästi parempi kuin taulukkoruokinnassa. Näin ollen myös kalojen valkuaisainepitoisuus oli merkitsevästi suurempi itseohjautuvalla ruokintamenetelmällä kuin taulukkoruokinnalla ruokittaessa.

Tutkimuksessa käytetty Akvasmart-ruokintajärjestelmä oli kokeen alkaessa uusi, joten yhdeksi kokeen keskeiseksi tavoitteeksi muodostui järjestelmän hallitseminen ja optimointi. Akvasmart-järjestelmän etu- ja haittapuolet piilevät toimintojen säätömahdollisuuksissa. Tarkoituksena oli saada kaloille kunnolliset ateriat jatkuvan syömisen sijaan (kuvat 13, 14 ja 15). Monien lajien, myös kirjolohen, on havaittu syövän ravintonsa erillisinä aterioina, jolloin ne keskittävät ruokailunsa aamuun ja iltaan syöden päiväsaikaan vain hyvin vähän (Alanära ym. 2001, Bégout Anras ym. 2001, Madrid ym. 2001). Kirjolohen luonnolliset ruokailurytmit eivät kuitenkaan ole yksinkertaisia, sillä esimerkiksi heikko valo yöllä voi saada aikaan yösyöntiä, jolloin ruokailu päivällä on selvästi heikompa (Madrid ym. 2001). Yleisesti ottaen, mitä pienempiä kalat ovat, sitä useammin ne syövät. Alle 1.0 kg painoiset kalat syövät normaalisti isommat ateriat aamulla ja illalla, sekä lisäksi muutaman pienemmän aterian päivän aikana. Isommat kalat (1.0-2.0 kg) syövät tyypillisesti isot ateriat aamulla ja illalla, sekä lisäksi yhden pienemmän aterian päivällä, kun taas yli 2.0 kg kalat syövät vain aamulla ja illalla. Päivittäisen ruokailurytmin lisäksi ravinnonkulutus vaihtelee päivästä toiseen (Madrid ym. 2001).

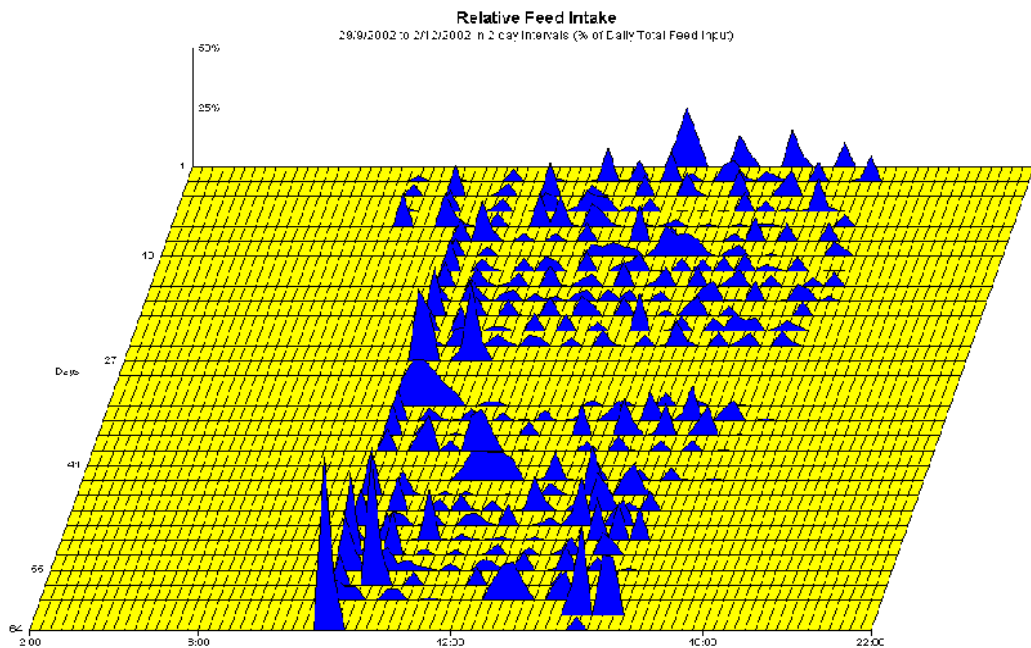
Kokeen aikana järjestelmää säädettiin ruokailurytmin löytämiseksi (kuvat 13, 14 ja 15) ja sen rajoituksia selvitettiin muun muassa hukkarehun suhteen. Kokeen kuluessa kehityttiin sensorin herkkyyden ja ruokintanopeuden säätämistä.



**Kuva 13.** Yhden tässä kokeessa käytetyn verkkoaltaan ruokinta 23.10.2002. Yläkuvassa on esitetty syötetty rehumäärä 4, 6, 8 tai 10 sekunnin ajan 5 g painoisina annoksina. Sensorin rekisteröimät pelletit on rekisteröity kappalemääränä alakuvassa. Kalat ovat syöneet kahdessa jaksossa aamulla (klo 9.00-9.30 ja 10.10-10.20) ja illalla (klo 16.45-17.00 ja 17.45-18.00). Päivällä testatut rehulisäykset eivät ole herättäneet kalojen ruokahalua.



**Kuva 14.** Yhden tässä kokeessa käytetyn verkkoaltaan ruokinta koko koejaksoilta. Koejakson alussa päivittäinen ruokinta vaihteli suuresti tasaantuen jonkin verran kokeen kuluessa. Päivittäinen rehunkulutus väheni koejakson edetessä päivän lyhentyessä ja lämpötilan laskiessa. Myös sensorin ilmoittama syömättä jääneiden pellettien määrä väheni koejakson edetessä laitteiston säätöjen parantuessa.



**Kuva 15.** Yhden tässä kokeessa käytetyn verkkoaltaan ruokinta koko koejaksoilta kolmiulotteisena kuvana. Kuvassa on esitetty eri aikoina syötetyn rehun suhteellinen osuus (%) päivän kokonaisrehunkulutuksesta. Koejakson alussa (kuvan takareuna) kalat söivät pitkin päivää pieniä aterioita. Kokeen edetessä ja Akvasmart-laitteiston säätöjen parantuessa kalojen ruokailurytmi parani ja kalat keskittyivät syömään pääasiassa aamulla ja illalla.



Akvasmart-ruokintajärjestelmää käytettäessä on lohella, kultaotsa-ahvenella ja meriahvenella havaittu ruokailun aikaisen kilpailun olevan vähäisempää kuin tavanomaisilla ruokintatavoilla (CRAFT Project CT-98-9201 2001, Andrew ym. 2002). Vähäisemmän kilpailun puolestaan ajatellaan stressin vähenemisen myötä vaikuttavan positiivisesti kalan kasvuun. Meriahvenella ja kultaotsa-ahvenella havaittiin myös rehun jakelun tehostuvan ja rehukerrointen alenevan Akvasmart-järjestelmällä käsinruokintaan verrattuna, vaikka eroja kasvunopeudessa tai lihan laadussa ei ollut (CRAFT Project CT-98-9201 2001). Havaitut rehukertoimien muutokset olivat samansuuntaisia myös tässä työssä. Jo aikaisemmassa tutkimuksessa (CRAFT Project CT-98-9201 2001) on todettu, että Akvasmart-järjestelmä vaatii jatkuvaa säännöllistä silmälläpitoa ja säätöä, ja näin ollen osaavan henkilökunnan. Samoin on arveltu, että Akvasmart-järjestelmän optimaalisella käytöllä voidaan saavuttaa selkeä hyöty Välimeren meriahvenen ja hammasahvenen laajamittaisessa kasvatuksessa, mutta ilman osaavaa henkilökuntaa tämä hyöty jää luultavasti saavuttamatta.

Tutkimussuunnitelman mukaan ruokintakokeesta piti tulla 2 x 2 –faktoriaalinen koe, jossa tutkittavat käsittelyt olisivat olleet kaksi rehua (28/43- ja 24/51-rehu) ja kaksi ruokintatapaa (taulukkoruokinta ja itseohjautuva ruokinta), jolloin käsittelyjä olisi tullut kaikkiaan neljä. Lämpimän kesän siivittämänä koeasetelmä pelkistyi, kun kalakuolemista johtuen taulukkoruokinta 24/51-rehulla (ITU-B) jätettiin pois. Samasta syystä kuhunkin koealtaaseen laitettava kalamäärä pieneni suunnitellusta 350-400 kalasta 175 kalaan ja koe siirtyi myöhemmäksi aikaan, jolloin lämpötila laski ja päivän pituus lyheni nopeasti (kuva 1). Lämpötila laski kokeen aikana yhteensä 12 astetta (13 °C:sta 1 °C:seen) ja päivän pituus lyheni 5 tuntia 34 minuuttia. Näin ollen koekausi jäi huomattavasti normaalia tuotantokautta lyhyemmäksi. Kalojen metaboliaan ja sitä kautta syömiseen vaikuttaa keskeisesti veden lämpötila. Kirjolohien ruokailuaktiivisuuden on todettu korreloivan positiivisesti lämpötilan kanssa noin 15 °C:seen asti (Alanära 1996). Kaloja ruokittiin vain valoisaan aikaan, joten päivittäinen ruokinta-aika lyheni kokeen kuluessa. Päivän pituus kokeen alussa oli yli yksitoista tuntia (7.23 – 18.56), kun se kokeen loppuun mennessä oli lyhenenyt alle kuuteen tuntiin (9.13 – 15.12). Lyhenevän päivän pituuden ja alhaisen lämpötilan on aiemmin todettu vähentävän kalojen ruokahalua (Kestemont & Baras 2001).

AKVAsmart-järjestelmän hankinnan kannattavuutta arvioitaessa voidaan todeta, että hankinta on kannattavaa, jos kassikohtainen tuotanto on tarpeeksi suuri. Alle 30 tonnin tuotannolla investointi ei ole kovin hyvin taloudellisesti perusteltua, koska investoinnin takaisinmaksuaika venyy pitkäksi ja taloudellinen riski on suuri. Useimmissa laskelmissa käytettiin viiden vuoden maksuaikaa, joka lienee nykyisin myönnettävillä lyhyillä kasvatuslupapäätöksillä kohtuuden rajoissa oleva kuoletusaika. Yrityskoko vaikuttaa merkittävästi investoinnin kannattavuuteen. Isolla kassikoolla päästään hyvään kannattavuuteen tai nopeisiin kuoletusaikoihin. Jos iso yritys voi keskittää tuotantoyksiköitään rajatulle alueelle, itseruokinta-automaattien hankinta on selvästi sekä ympäristön että yritystalouden kannalta kannattavaa. Ympäristöinvestointiin on täten vahva taloudellinen kannustin. Tulos tukee pyrkimystä ohjata ja keskittää kalankasvatustuotantoa ympäristöolosuhteiltaan otollisiin alueisiin. Vaikeista lähtökohdistaan ja poikkeuksellisista olosuhteista huolimatta loppuunviety koe antaa rohkaisevaa tukea itseohjautuvan ruokinnan käytölle Suomessa. Tulosten valossa on perusteltua jatkaa tutkimusta ruokintastrategioiden hyödyn arvioimiseksi, niin rehunkulutuksen kuin ravinnekuormituksenkin kannalta.

# Lähteet

Alanära A. 1996: The use of self-feeders in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production. *Aquaculture* 145:1-20.

Alanära A., Kadri S. & Paspatis M. 2001: Feeding management. Teoksessa: Food intake in fish (toim. Houlihan D., Boujard T. & Jobling M.). MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall. s. 332-353.

Andrew J. E., Noble C., Kadri S., Jewell H. & Huntingford F. A. 2002: The effect of demand feeding on swimming speed and feeding responses in Atlantic salmon *Salmo salar* L., gilthead sea bream *Sparus aurata* L. and European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. in sea cages. *Aquaculture Research* 33:501-507.

Bégout Anras M-L., Beauchaud M., Juell J-E., Covès D. & Lagardère J-P. 2001: Environmental factors and feed intake: rearing systems. Teoksessa: Food intake in fish (toim. Houlihan D., Boujard T. & Jobling M.). MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall. s. 157-188.

CRAFT FAIR Project (no. CT-98-9201) 2001: Cost-effective and environmentally-friendly feed management strategies for Mediterranean cage aquaculture.

Kestemont P. & Baras E. 2001: Environmental factors and feed intake: mechanisms and interactions. Teoksessa: Food intake in fish (toim. Houlihan D., Boujard T. & Jobling M.). MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall. s.131-156.

Le Gall F. 1999: Use of a feedback feeding system in Arctic charr farming: the Aquasmart AQ1 Adaptive Feeding System. Päättyö, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden. 21 s.

Madrid J. A., Boujard T. & Sánchez-Vázquez F. J. 2001: Feeding rhythms. Teoksessa: Food intake in fish (toim. Houlihan, D., Boujard, T. & Jobling, M.). MPG Books Ltd, Bodmin, Cornwall. s. 189-215.

Noble C. 2001: Feeding efficiency and aggression in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* (L.) under alternative feeding regimes. Väitöskirja, University of Glasgow.

Silvenius F. 2000: Kalankasvatus ja ympäristö. Kalankasvatuksen prosessikuvaus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja nro 198, Helsinki 2000.

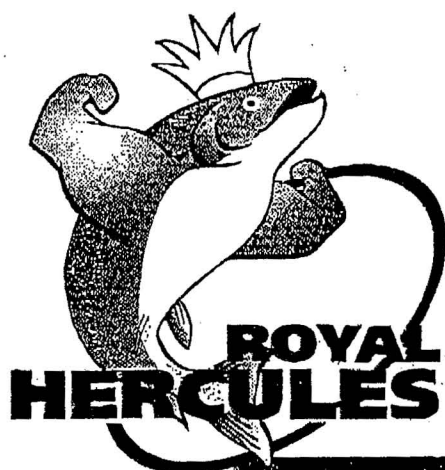
# Liitteet

Liite 1. Rehuraision toimittama ruokintataulukko

Liite 2. Novalab Oy:n laboratorioanalyysien tulokset kalanäytteistä.

Liite 3. Novalab Oy:n laboratorioanalyysien tulokset rehunäytteistä.

Liite 4. Akvasmart-laitteiston listahinnat huhtikuussa 2003.



# Ruokintataulukko/syksy Utfodringstabell/höst

% painosta vrk<sup>-1</sup>

Etelä- ja Keski-Suomi 15.7. alkaen,  
Pohjois-Suomi 1.8. alkaen,  
Södra- och mellersta Finland f.o.m 15.7.,  
norra Finland f.o.m 1.8.

Kalan paino g Fiskens storlek g	Lämpötila/Temperatur °C						
	8	10	12	14	16	18	20
20	2,4	2,9	3,4	3,8	3,8	2,0	1,3
30	2,2	2,6	3,1	3,6	3,6	2,0	1,3
40	1,9	2,4	2,7	3,2	3,2	1,9	1,3
50	1,7	2,1	2,4	2,7	2,7	1,9	1,3
60	1,4	1,7	2,2	2,6	2,6	1,5	1,2
80	1,3	1,5	2,0	2,2	2,2	1,5	1,2
100	1,2	1,4	2,0	2,2	2,2	1,5	1,2
120	1,2	1,4	2,0	2,2	2,2	1,5	1,2
150	1,1	1,4	1,9	2,2	2,1	1,5	1,2
180	1,0	1,4	1,9	2,2	2,1	1,5	1,2
210	1,0	1,4	1,9	2,1	2,1	1,5	1,2
250	0,9	1,3	1,9	2,0	2,1	1,5	1,1
300	0,9	1,4	1,8	2,1	2,0	1,5	0,9
350	0,8	1,4	1,7	2,1	2,0	1,5	0,9
400	0,9	1,4	1,6	2,0	2,0	1,5	0,8
450	0,9	1,2	1,6	1,9	1,9	1,4	0,8
500	0,9	1,2	1,6	1,9	1,8	1,3	0,8
550	0,8	1,2	1,5	1,9	1,8	1,2	0,8
600	0,8	1,3	1,5	1,8	1,7	1,0	0,8
650	0,8	1,2	1,5	1,8	1,7	1,0	0,8
700	0,8	1,2	1,3	1,6	1,5	0,9	0,8
750	0,8	1,2	1,2	1,5	1,4	0,9	0,7
800	0,8	1,2	1,2	1,4	1,3	0,9	0,7
850	0,8	1,2	1,2	1,4	1,3	0,9	0,7
900	0,7	0,9	1,2	1,3	1,2	0,8	0,7
1000	0,7	0,9	1,2	1,2	1,1	0,8	0,5
1200	0,7	0,9	1,2	1,2	1,1	0,8	0,5
1400	0,7	0,8	1,1	1,1	1,0	0,8	0,5
1600	0,6	0,7	1,0	1,1	1,0	0,6	0,4
2000	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,5	0,3
2500	0,5	0,6	0,8	0,8	0,7	0,5	0,2

Rehuraasio

Tiedustelut ja tilaukset: Rehuraasio Oy,  
PL 101, 21201 Raisio,  
puh. (02) 443 2111, telefax (02) 443 2360  
[www.rehuraasio.com](http://www.rehuraasio.com)

**TUTKIMUSRAPORTTI N:o K 2515/2/1-10**

Tilaja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Turun riistan- ja kalantutkimus  
Itäinen Pitkäkatu 3  
20520 Turku  
fax 0205 751 689


**T071 (EN ISO/IEC 17025)**

Tilaus Tilaus / Susanna Airaksinen

Tulopäivä 17.12.2002 Analysoinnin aloituspäivä 18.12.2002

Tehtävä Näytteen fosfori-, tuhka-, raakarasva- ja raakavalkuaispitoisuuden analysointi.

Näyte 10 kalanäytettä

**Analyysimenetelmät**

Näytteistä analysoitiin tuhkapitoisuus hehkuttamalla näyte 600 °C lämpötilassa (Novalab 009\*). Raakarasvapitoisuus analysoitiin näytteestä gravimetrisesti (Novalab 011). Näytteen raakavalkuaispitoisuus analysoitiin typpenä Kjeldahlin menetelmällä (Novalab 001.A\*) ja laskettiin valkuaiseksi käyttämällä kerrointa 6.25. P-pitoisuus määritettiin kuivapolton ja suolahappoliuotuksen jälkeen spektrofotometrillä (Novalab 005.A\*).

Tulokset Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina tulokosteassa näytteessä

Näyte	tuhka * %	raaka- rasva %	N * g/kg	raaka- valkuainen * %	P * g/kg
1/ alku	5.4	41.2	78.4	49.0	11.1
2/ 17	6.4	46.4	70.5	44.1	8.49
3/ 18	6.3	52.4	64.6	40.4	9.45
4/ 19	7.9	47.5	71.6	44.8	10.9
5/ 20	6.1	47.6	69.9	43.7	9.22
6/ 21	6.0	47.1	73.1	45.7	9.69
7/ 23	6.8	45.7	72.9	45.6	9.95
8/ 24	6.1	49.6	67.2	42.0	9.61
9/ 41	6.1	45.2	73.5	45.9	12.4
10/ 43	5.9	44.7	72.4	45.3	10.7

\* Akkreditoitu menetelmä.

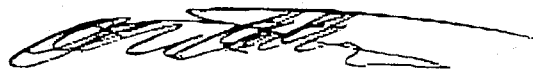
**Mittausepävarmuudet**

Määrittäminen	Tuloksen mittausepävarmuus
tuhka	± 5 suht.-%
N	± 5 %
P	± 5 %

(Tutkimusraportti K 2515/2/1-10)

Karkkila 30.12.2002

Novalab Oy



**Matti Mäkelä**  
laboratorionjohtaja

Tulokset pätevät vain testatuille näytelle. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa.



## TUTKIMUSRAPORTTI N:o K 15/3/1-2

**Tilaaaja** Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Turun riistan- ja kalantutkimus  
Itäinen Pitkätie 3  
20520 Turku  
fax 0205 751 689

**Tilaus** Tilaus / Susanna Airaksinen

**Tulopäivä** 8.1.2003 Analysoinnin aloituspäivä 9.1.2003

**Tehtävä** Näytteen tuhka-, fosfori-, raakarasva-, raakakuitu- ja raakavalkuaispitoisuuden analysointi.

**Näyte** Kaksi kylmäkuivattua rehunäytettä

### Analyysimenetelmät

Näytteistä analysoitiin tuhkapitoisuus hehkuttamalla näyte 600 °C lämpötilassa (Novalab 009\*). Raakarasvapitoisuus analysoitiin näytteestä gravimetrisesti (Novalab 011). Näytteen raakavalkuaispitoisuus analysoitiin typpenä Kjeldahlin menetelmällä (Novalab 001.A\*) ja laskettiin valkuaiseksi käyttämällä kerrointa 6.25. P-pitoisuus määritettiin kuivapolton ja suolahappoliuotuksen jälkeen spektrofotometrillä (Novalab 005.A\*). Raakakuitupitoisuus määritettiin lasivilla-suodatusmenetelmällä.

**Tulokset** Tulokset on ilmoitettu pitoisuuksina tulokosteassa näytteessä

Näyte	tuhka * %	raakarasva %	raakakuitu %	N * g/kg	raaka- valkuainen * %	P * g/kg
1/ Rehu 2.	7.8	30.1	0.77	73.3	45.8	12.1
2/ Rehu 3.	9.5	24.6	0.42	85.0	53.1	14.3

\* Akkreditoitu menetelmä.

### Mittausepävarmuudet

Määrittäminen	Tuloksen mittausepävarmuus
tuhka	± 5.0 suht.-%
valkuainen	± 5.0 suht.-%
P	± 5.0 %

Karkkila 17.1.2003

Novalab Oy

  
Matti Mäkelä  
laboratorionjohtaja



T071 (EN ISO/IEC 17025)

Tulokset pätevät vain testatulle näytelle. Raportin saa kopioida vain kokonaan ilman testauslaboratorion lupaa.

## Liite 4.

Akvasmartin hankintakustannukset. Tarjouspyynnöllä saadut listahinnat huhtikuussa 2003.

<b>Laitteisto</b>	<b>Hinta/yksikkö</b>		
	£	€	
<b>Automaattikohtaiset osat</b>			
Sensori (Pavkman HP)	969	1 415	
Rehusäiliö 150 cm	602	879	
Valvontayksikkö	3 038	4 435	
Kaapelit ym.	418	610	<b>7 339</b>
<b>Usealla automaatile yhteiset osat:</b>			
Akvasensor Base radiolähetin	1 833	2 676	
AQPC 3.01 Software, ohjelma	1 659	2 422	<b>5 098</b>
<b>Yhteensä</b>	<b>8 519</b>		<b>12 438</b>

Punnan kurssi maaliskuussa oli noin 1,46 €.