



26. 02. 2015

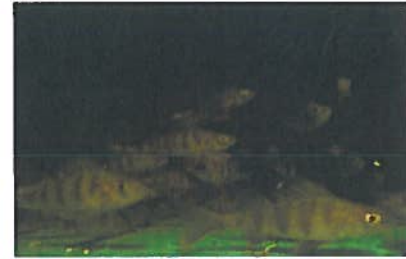
Dnro KAIELY/553/3561-2014
Jakelu

16.01.2015

LOPPURAPORTTI

Kainuun ELY-keskus
PL 115
87101 Kajaani

Anssi Vainikka, FT, dos.
Biologian laitos, Itä-Suomen yliopisto
PL 111, 80101 Joensuu
Sähköposti: anssi.vainikka@uef.fi



Ahvenen viljelyn mahdollisuudet Suomessa

Anssi Vainikka (Itä-Suomen yliopisto, Joensuu), Laura Härkönen (Itä-Suomen yliopisto, Joensuu & Oulun yliopisto, Oulu), Pekka Hyvärinen (RKTL, Paltamo)

1. Tutkimuksen tausta

Vesiviljely on kansainvälisesti yksi nopeimmin kasvavista ruuantuotannon aloista, ja arvoltaan noin kolmasosa koko maapallon ravinnontuotosta koostuu kaloista ja äyriäisistä (Toner & Rougeot 2008). Suomen yleisin kalalaji, ahven (*Perca fluviatilis*), on arvostettu ruokakala, jonka vuosisaaliit vapaa-ajankalastuksessa ovat 11-18 miljoonaa kiloa ja rannikon ammattikalastuksessa n. miljoona kiloa (RKTL 2014). Ahvenen viljelyä on kokeiltu Suomessa erilaisissa hankkeissa, mutta kaupallista ruokakalatuotantoa ei ole aloitettu. Muualla Euroopassa nykyinen viljelytuotanto ruokakalaksi (erityisesti Irlannissa, Sveitsissä ja Ranskassa) on noin 400 tonnia vuodessa (ks. <http://www.fao.org/fishery/species/2298/en>).

Tämän hankkeen pilottijakson tarkoituksena oli päivittää nykytietämystä ahventen viljelykasvatuksen mahdollisuuksista Suomessa ja soveltaa todettuihin ongelmiin kalojen käyttäytymisestä jo olemassa olevaa tutkimustietoa sekä uutta kokeellista tutkimusta. Tavoitteena oli kokeellisesti tutkia 1) voidaanko sosiaalista oppimista hyödyntää riittävän tehokkaasti opetettaessa ahventen luonnonravinnolla alkukasvatettuja poikasia laitosympäristöön ja keinoravinnolle, sekä 2) selvittää, miten nopeasti laitoskasvatuksessa saataisiin jo olemassa olevasta alkumateriaalista tuotettua kaupallisiin tarkoituksiin sopivan kokoisia ahvenia (150-500g) Suomen oloissa.

2. Tutkimuksen toteutus

Toukokuussa 2012 ostettiin ammattikalastajilta 300 keskimäärin n. 200 gramman painoista Oulujärven Kaivannonsalmen alueelta elävänä pyydettyä ahventa, jotka kudetettiin Riista- ja Kalatalouden tutkimuslaitoksen (nykyisen Luonnonvarakeskuksen) Paltamon yksikössä 50 m² neliön ulkoaltaassa rappuharjoista kasatuille keinoalustoille. Tarkkaa kokotietoa ei saatu, koska kalat kuolivat alkueläinepidemiaan (mm. *Trichodina sp.*) pian kudun jälkeen. Harjasalustoilta kerätyt mätinauhut haudottiin tutkimusasemalla vastaavien harjasten päällä ohivirtausuomissa, joista kuoriutuneet poikaset kerättiin veden virtauksen mukana sihtisaaveihin. Kuoriutuneet poikaset siirrettiin yhdessä vielä kuoriutumattomien mätinauhojen kanssa 6,74 ha kokoiseen luonnonravintolampeen, Kuhmon Koppelolampeen kesäkuussa 2012. Lampi tyhjennettiin



lokakuussa 2013, ja tyhjennyksen yhteydessä saatiin talteen n. 17 000 keskimäärin 9 g painoista kaksikesäistä (1v) poikasta, joista 13500 siirrettiin jatkokasvatukseen Paltamon asemalle kahteen 15 m² sisäaltaaseen ja kuuteen 400 m² ulkotilojen maa-altaaseen.

Varsinaiset EKTR-hankkeen kasvatuskokeet aloitettiin 30.5.2014, jolloin kaikki PIT-merkittävät kalat nukutettiin 50 mg l⁻¹ neilikkaöljyllä, niiden pituus mitattiin 1 mm tarkkuudella ja paino 0,1 g tarkkuudella. Merkintään käytettiin OregonRFID Inc:n valmistamia 12 mm HDX –PIT merkkejä. Ahvenille laskettiin kuntokerroin kaavalla:

$$K = 100 \text{ g-l} \cdot \text{cmb} \cdot \text{total body weight (g)} \cdot (\text{total body length (cm)})^{-b},$$

jossa b (3.0689) saatiin ln(paino) ln(pituus) -regression kulmakertoimena.

2.1. Sosiaalisen oppimisen koe

Lajien välisen oppimisen kokeeseen käytettiin 840 ahventa, joista 420 oli totutettu sisätilojen allasympäristöön ja keinoravinnolle lokakuusta 2013 lähtien ja joista 420 kerättiin 400 m² maa-altaista, joissa ne olivat saaneet vain luonnonravintoa edeltävän syksyn ja talven aikana. Sisäallasahventen keskipaino kokeen alussa oli 11.0 ± 0.2 cm (± S.E.) ja 10.6 ± 0.1 g (± S.E.). Ulkolampikalojen keskipaino kokeen alussa oli 10.9 ± 0.2 cm (± S.E.) ja 11.4 cm ± 0.1 g (± S.E.). Ulkoallaskalat olivat sisäallaskaloja paremmassa kunnossa kokeen alussa (K ± S.E.; 0.752 ± 0.003 vs. 0.677 ± 0.004).

Ahventen tutoreina käytettiin Oulujoen kantaa edustavia 1v taimenia (N = 40), koko 116.23 ± 7.52 mm / 16.64 ± 3.96 g. Käytetyt tutkimuskäsittelyt olivat 1) taimentutorikäsittely (10 taimenta) ja 2) kontrolli (10 ahventa). Molemmat käsittelyt toistettiin erikseen ulkoallas- ja sisäallaskaloille kahtena toistona, eli kaikkiaan kahdeksassa 3,2 m²:n altaassa. Yhdessä altaassa oli 100 tutkimuksen kohteena ollutta ahventa sekä 10 tutoritaimenta tai 10 kontrolliahventa. Kaikkia altaita ruokittiin samalla tavalla keinorehulla (kuhalle optimoidulla VERONESI VITA 1,0 / 1,5 / CIRCUIT 1,7 – rehulla, Raisioagro) automaattiruokkijoin. Kalamateriaalin rajallisen saatavuuden takia faktoriaalinen käsittelyryhmä, jossa sisältäiden ahvenia olisi käytetty tutoreina ulkoallaskaloille jouduttiin hylkäämään asetelmasta.

Ahventen kuolleisuutta seurattiin päivittäin. Nopeasti kasvaneet taimenet vaihdettiin elokuussa 2014 pienempiin taimeniin, jotta ahventen ja taimenten kokoero pysyi mahdollisimman pienenä. Koe lopetettiin 14.10.-15.10., jolloin kalat nukutettiin benzokainilla ja ne lopetettiin katkaisemalla niska. Lopetuksen yhteydessä kaikki kalat mitattiin ja punnittiin, minkä lisäksi niiden sukupuoli ja sukukypsyyssaste määritettiin.

2.2. Kasvatuskoe

Kahden eri dieetin toimivuutta testanneessa kokeessa käytettiin ensimmäisen talven sisäaltaissa viettäneitä 2-vuotiaita ahvenia. 58 kg ahvenia jaettiin kuuteen 15 m² lasikuitualtaaseen, joissa oli 45 cm syvyydeltä vettä (6000 l / allas). Jokaisesta altaasta nukutettiin 100 ahvenen umpimähkään valittu otos, ja kalat merkittiin 12,0 × 2,12 mm HDX PIT-merkein (OregonRFID Inc., www.oregonrfid.biz) injektioimalla siru kalan vatsaonteloon. Kokeen alussa arvioitu kalamäärä oli 5963 ahventa perustuen mitattujen 600 ahvenen 9,68 g keskipainoon. Jokaisessa kasvatusaltaassa oli näin ollen kokeen alussa n. 994 ahventa. Kolmen satunnaisesti valitun altaan ahvenille annettiin vain keinoravintoa (kuhalle optimoitua VERONESI VITA 1,0 / 1,5 / CIRCUIT 1,7 – rehua, Raisioagro) automaattisten ruokkijoiden avulla. Kolmen muun altaan ahvenille annettiin sekä keinoruokaa, että lihamyllyllä jauhettua särkeä ja kuoretta. Kaikki tuorerehu näille kaloille tarjottiin käsin.



Kalojen kasvua seurattiin ensimmäisen kerran 30.6.2014, jolloin 100 kalan umpimähkäinen otos per allas nukutettiin neilikkaöljyllä, ja kalojen pituus ja paino mitattiin. Samaan aikaan kuolleiden ahventen kokoa seurattiin mittaamalla satunnaistettu otos kuolleista kaloista. Kuolleisuutta seurattiin päivittäin ja kuolleet kalat pakastettiin heti niiden löytymisen jälkeen.

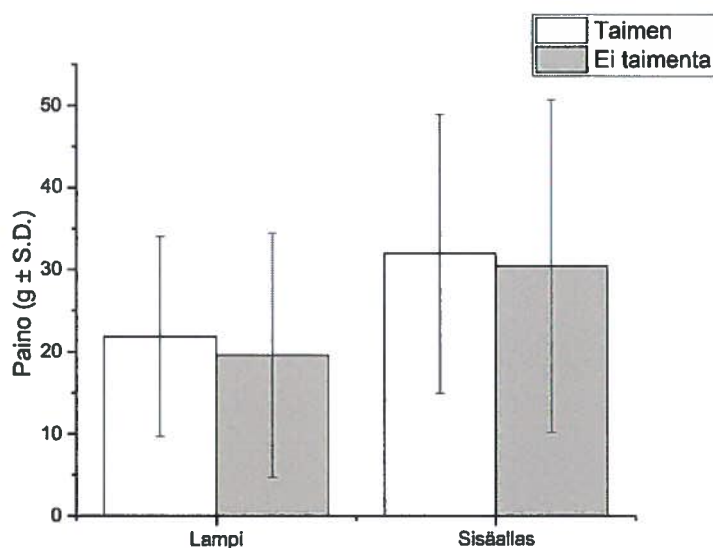
Koe päätettiin 14.10.2014, jolloin 100 umpimähkään valittua ahventa jokaisesta altaasta nukutettiin benzokainilla ($0,4 \text{ ml l}^{-1}$) ja niiden pituus ja paino mitattiin. Lisäksi kaikki yksilöllisesti PIT-merkityt ahvenet etsittiin ja niiden pituus ja paino mitattiin nukutuksessa vastaavasti. Kymmenen umpimähkään valitun ahvenen otos per allas poistettiin altaista sukupuolen ja sukukypsyyden määrittämiseksi.

3. Tulokset

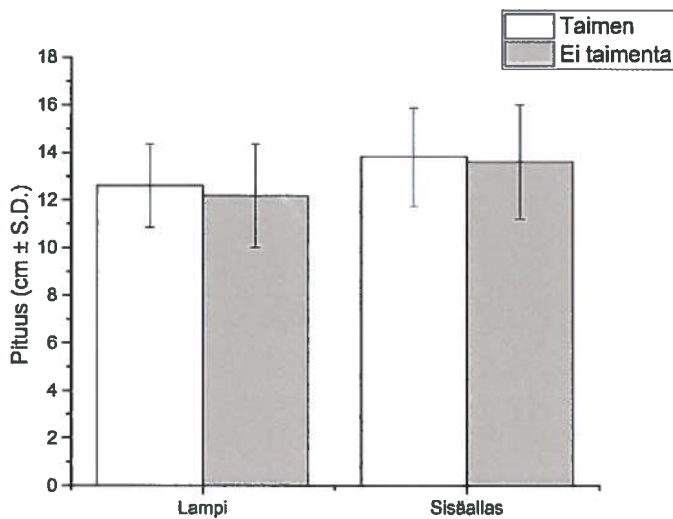
Tässä raportissa esitetään vain raakakeskiarvoihin perustuvat erot, koska tilastollista käsittelyä ollaan vasta tekemässä tieteellisen käsikirjoituksen tarpeisiin.

3.1. Sosiaalisen oppimisen koe

Taimentutorien käyttö ei parantanut ahventen selviytymistä sisäallasolosuhteissa keinoruokinnalla. Ulkolampikaloista taimenkäsittelyssä selvisi kokeen loppuun asti 21% ja kontrollikäsittelyssä 19,5%. Sisäallaskaloista taimenten kanssa selvisi kokeen loppuun 35,5% ja ilman taimenia 47%. Sisäallaskalat olivat kokeen lopussa selvästi isompia kuin ulkoaltaista kokeeseen otetut, mutta selkeää kasvueroa taimentutorikäsittelyjen ja kontrollien välille ei muodostunut (Kuvat 1 ja 2). Kalojen keskikoossa oli huomattavaa vaihtelua kaikissa käsittelyissä.



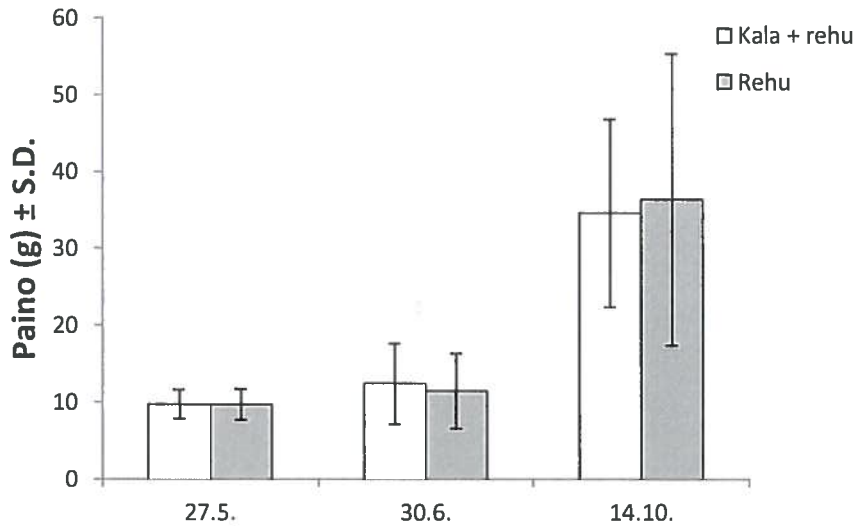
Kuva 1. Sosiaalisen oppimisen kokeen ahventen keskipaino käsittelyittäin kokeen lopussa.



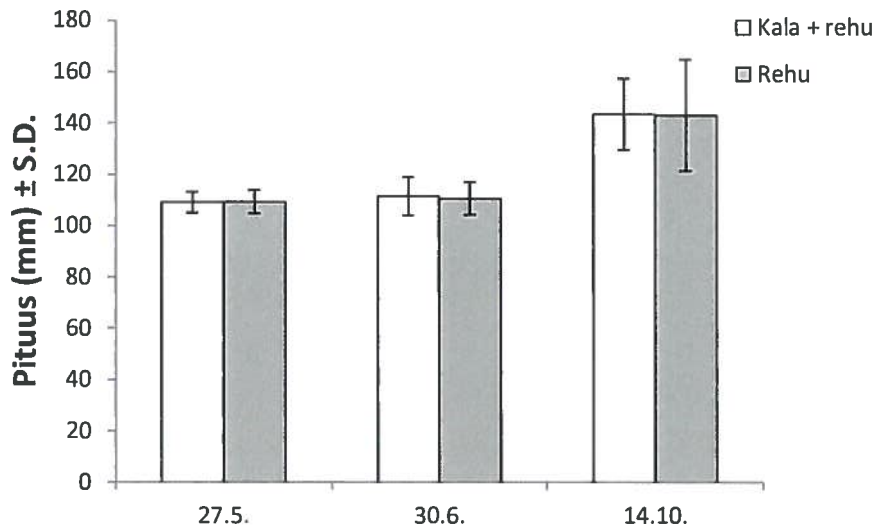
Kuva 2. Sosiaalisen oppimisen kokeen ahventen keskipituus käsittelyittäin kokeen lopussa.

3.2. Kasvatuskoe

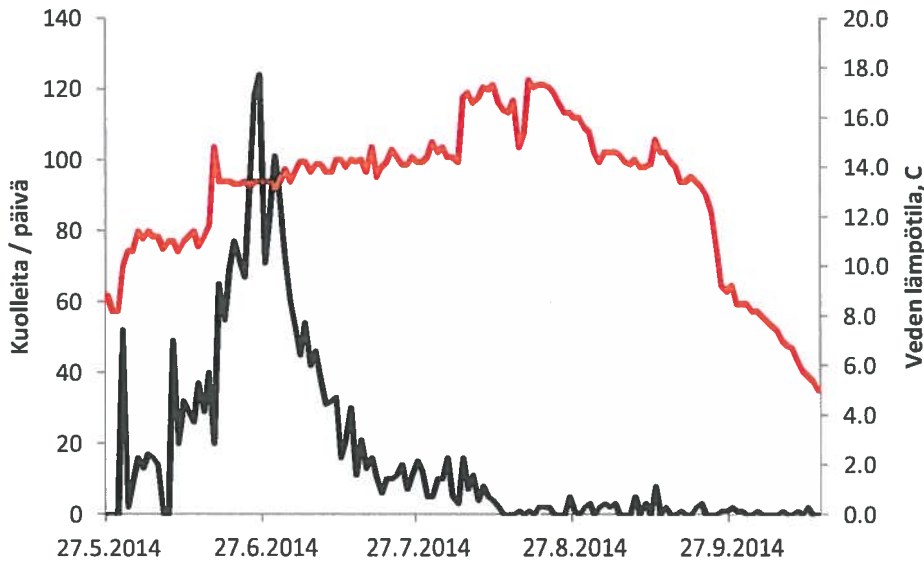
Kalarehulla saavutettiin 3,56-kertainen painonlisäys 27.5. – 14.10.2014 välisenä aikana, kun taas kuivarehulla kasvua saatiin 3,75-kertaisesti (Kuva 3). Pituudessa keskimääräinen kasvu oli n. 109 millimetristä 143 millimetriin (Kuva 4). Kokeen lopussa kalaa saaneiden ahventen kuntokerroin oli keskimäärin parempi ja siinä oli vähemmän vaihtelua kuin kuivarehua saaneiden ahventen kunnossa (0.93 ± 0.070 vs. 0.91 ± 0.17). Kalaravinnon käyttö auttoi siis selvästi useampia ahvenia saamaan ravintoa ja kasvamaan, kun taas kuivarehun käyttöön erikoistui vain suhteellisen harvalukuinen ahvenjoukko. Samaa johtopäätöstä tuki ahventen selvästi parempi selviäminen kokeen loppuun yhdistelmäravintoryhmässä. Kalaa saaneista ahvenista 73,1% selvisi kokeen loppuun asti kun taas rehulla selviämisprosentti jäi 44,4%:än. Ahventen voitiin olettaa kuolleen nimenomaan ravinnon puutteeseen, koska kuolleiden ahventen kuntokerroin yhdistelmäravintoryhmässä (N=125) oli $0,53 \pm 0,063$ (\pm S.D.) ja kuivarehuryhmässä (N=222) $0,51 \pm 0,040$ (\pm S.D.), eli selvästi alempi kuin selvinneiden joukossa. Kuolleisuuden piikki koettiin juhannuksen aikaan veden lämmentyä 13,4 °C:en (Kuva 5). Kuolleisuuseroista johtuen keinoravintokäsittelyssä kasvatusmassan painonlisäys oli 34,2 kg:stä 48,1 kg:n (40,8 %) kun taas sekaravintokäsittelyssä saatiin 103,7% nettokasvutulos 37,0 kg:sta 75,3 kg:aan. Ennen kokeen alkua huhtikuussa tutkitun 50 ahvenen otoksen perusteella ~100% koiraista ja vähintään 13,6 % naaraista oli sukukypsiä. Kokeen lopussa mitattujen 60 ahvenen otoksen perusteella 92% koiraista ja 44% naaraista oli sukukypsiä.



Kuva 3. Kasvatuskokeen kalojen painon lisäys kokeen alun ja lokakuun välillä.



Kuva 4. Kasvatuskokeen kalojen pituuskasvu kokeen alun ja lokakuun 2014 välillä.



Kuva 5. Kuolleisuuden kehittyminen ensimmäinen laitoskesän aikana kasvatuskokeessa suhteessa veden lämpötilaan (punainen viiva).

Yhteensä pakastettua ravintokalaa (pääasiassa Oulujärven kuoretta, pienissä määrin muikkua) kului kokeen aikana 236,82 kg. Kalarehun arvoksi laskettiin 1 € kg⁻¹. Kuivarehua arvoltaan 1,32 € kg⁻¹ kului yhteensä 169,47 kg niin, että sekaravintoryhmä sai koko kokeen aikana 73,59 kg ja rehuryhmä 95,88 kg. Sekaravintoryhmässä kasvatettujen ahventen rehukustannukset olivat siis 333,96 € ja kuivarehuryhmässä 126,56 €. Tuotettua ahvenkiloa kohti ruokintakustannukset olivat sekaravintoryhmässä 8,72 € kg⁻¹ ja kuivarehuryhmässä 9,11 € kg⁻¹.

4. Tulosten tarkastelu

Vastoin ennakko-oletuksia sosiaalista oppimista ei tapahtunut niin, että ahvenet olisivat oppineet käyttämään keinoravintoa taimentutoreiden avustuksella. Päinvastoin epäsuorat havainnot viittasivat siihen, että taimenet hyödynsivät tarjottua ravintoa erittäin tehokkaasti ja kilpailivat ravinnosta ahventen kanssa niin, että ahvenet eivät hyötäneet tilanteesta. Sekä taimen- että kontrollikäsittelyssä ahvenista alle puolet selvisi kokeen loppuun asti. Kuolleisuus oli liian suurta tutorikäsittelyjen kokeilemiseksi täydessä tuotantomittakaavassa.

Tulos osoittaa myös, että tutorit tulisi opetusvaiheen jälkeen poistaa asetelmasta. Emme pystyneet tutkimaan ahventen välistä oppimista, joten on edelleen mahdollista, että keinoravinnon käyttöön oppineet ahvenet voisivat toimia opettajina naiiveille ahvenille. Taimen on luontaisessa ravinnonkäyttötavassaan pääasiassa hyvin erilainen kuin ahven, ja lajien välinen synnynnäinen ero saattoi olla synnä oppimisen välittymisen puuttumiseen. Kokonaisuutena negatiivinenkin tulos oli merkittävä, koska aiheesta ei ollut aiempia julkaistuja tutkimustuloksia.

Kasvatuskokeen päätulos oli, että kalaravinnon tarjoaminen keinoravinnon ohessa paransi selvästi ahventen selviämistä allaskasvatuksessa. Loppuun asti selvinneiden kalojen keskikoossa ei kuitenkaan ollut merkittävää eroa, mikä kuivarehukalojen korkeamman valikoivan kuolleisuuden huomioiden viittaisi, että kalarehu myös paransi ahventen kasvua. Suuret yksilöiden väliset kasvuerot ja korkea kuolleisuus viittaisivat merkittävään geneettiseen variaatioon näissä piirteissä. Jos havaituilla eroilla on perinnöllistä pohjaa, voitaisiin eläinjalostuksella merkittävästi parantaa ahvenen viljelytuloksia.



Sekaravintokäsittelyssä saavutettiin 3,5 kk kasvatusjaksolla 104 % viljelymateriaalin painonlisäys. Ahventen paino kokeen lopussa oli 34,5 g, joka on vielä liian pieni myyntitarkoitukseen. Jos kasvu pysyy hyvänä myös toisen intensiivikasvatusvuoden aikana, voidaan ennustaa, että kaupallisessa viileän veden läpivirtausviljelyssä riittävä kasvutulos 150-250 g filekokoon saavutettaisiin n. 10 g ahvenilla 2-3 intensiivikasvatusvuodessa. Belgiassa tehtyjen kasvatuskokeiden perusteella Mélard et al. (1996) ovat esittäneet, että ahvenen kasvun kannalta optimilämpötila olisi 23 °C. Jopa 124 kg m⁻³ tiheydessä pystyttiin näissä kokeissa saavuttamaan 2,6 kg m⁻³ päiväkasvu. Tämän nyt toteutetun kokeen aikana maksimivedenlämpötila oli 17,5 °C, joten kasvutulosten voidaan olettaa merkittävästi parempia, jos viljelyssä käytettävä laitos pystyy käyttämään tätä lämpimämpää vettä. Toisaalta käytettyjen Oulujärven alkuperää olevien ahventen voidaan olettaa olevan sopeutuneita viileän veden olosuhteisiin.

Sekaravintokäsittelyssä saatiin ahvenkilo tuotettua 8,72 € rehukustannuksilla kiloa kohti. Kuivarehukäsittelyssä kilohinta nousi 9,11 euroon, mutta on huomattavaa, että kokeessa rehua annettiin kaikissa altaissa enemmän kuin kalat pystyivät käyttämään täyden kasvupotentiaalini esiin saamiseksi. Edelleen ruokintaa optimoimalla rehukustannuksia on mahdollista merkittävästi alentaa. Tuorerehun käyttöön mahdollisesti liittyvä tautiriski täytyy tulevaisuudessa selvittää, mutta tässä kokeessa ahvenella yleistä tauteihin liittyvää kuolleisuutta (Mélard et al. 1996) ei havaittu. Tässä tutkimuksessa ahventen kuolleisuus johtui todennäköisimmin siitä, että osa kaloista ei oppinut hyödyntämään tarjottua ravintoa.

Ahvenista suuri osa oli sukukypsiä jo keväällä 2014. Koiraista suurin osa ja naaraistakin pieni osa olivat sukukypsiä ennen kasvatuskokeen alkua. Tässä kokeessa ei selvitetty mikä osuus sukukypsyydellä oli ahventen kuolleisuudella, mutta perustuen aiempiin havaintoihin kutu on ahvenelle stressaava ja lisää kuolleisuutta. Kutustressiä voidaan kenties helpottaa lisäämällä kasvatusaltaisiin kutuaikaan kutualustat ja minimoimalla ulkopuolinen häiriö.

Tämän pilottitutkimushankkeen yhteenvetona voidaan todeta, että luonnonravintolammikossa kaksi kasvukautta kasvatetuilla ahvenilla voidaan saavuttaa n. 75% säilyvyys ja vähintään 100 % totaali-massakasvu kolmannen kasvukauden aikana intensiiviviljelyssä viileän veden läpivirtauslaitosolosuhteissa. Ilman luontaisen kalaravinnon käyttöä säilyvyys on liian heikkoa, eikä sitä voida parantaa taimenia opettajina käyttämällä.

Kaupallisen mittakaavan tuotannon haasteena on myös riittävän alkumateriaalin tuotanto. Tässä tutkimuksessa käytetyn alkumateriaali, noin 17000 kpl 9 gramman painoista kaksikesäistä ahvenen poikasta, tuotettiin 6,74 ha luonnonravintolammikossa luonnosta pyydystetyistä emokaloista tuotetusta mädistä. Luonnonravintolammikkoon vietyjen poikasten tai mädin kokonaismäärää ei kuitenkaan arvioitu tässä hankkeessa eikä poikasten säilyvyyttä voitu arvioida. Tuloksesta (2522 kpl/ha ja 22,7 kg/ha) voidaan kuitenkin tehdä suuntaa antavia arvioita kaupallisen mittakaavan tuotantoon tarvittavan luonnonravintolammikkokapasiteetin tarpeesta intensiiviviljelyn alkumateriaalin tuotannossa. Belgiassa on myös onnistuttu järjestämään poikasvaiheen siirtyminen keinoravintoon niin, että alkuravintona käytetty *Artemia* on vähitellen korvattu kuivarehulla eikä erillistä luonnonravintolammikkovaihetta tarvita (Mélard et al. 1996).

Kaupallisen kannattavuuden parantamiseksi tarvitaan ahvenen viljelyyn soveltuvan geneettisen materiaalin luontia, koska luonnosta pyydettyjen emokalojen poikasten kuolleisuus ja kasvun vaihtelu olivat tämän kokeen perusteella liian korkeita kaupallista tuotantoa varten.

5. Budjetin toteutuminen

Hanke toteutui suunnitellun budjetin mukaisesti alle 10% kululajipoikkeamin (Taulukko 1). Hankkeen omarahoitussosuus 1500 € katettiin Itä-Suomen yliopiston biologian laitoksen varoista. Hankintojen ALV-osuudet siirtyivät Opetus- ja Kulttuuriministeriön ALV-kompensaatiotililtä maksettaviksi.



Taulukko 1. Projektin budjetin toteutuminen suhteessa suunniteltuun. Summat euroina (€).

| | Henkilöstökulut | Ostot | Matkakulut | Yhteensä |
|-------------|-----------------|---------|------------|----------|
| Suunniteltu | 10000 | 4000 | 1000 | 15000 |
| Toteutunut | 9727.67 | 4253.95 | 1 002.72 | 14984.34 |
| Ero % | -2.7 | 6.3 | 0.3 | -0.1 |

6. Kirjallisuus

Mélard, C., Kestemont, P. & Grignard, J.C. 1996. Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*P. fluviatilis*): effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology*, 12: 175-180.

RKTL 2014. Ahvensaaliit rannikolla. http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/ahven/ahvensaaliit_rannikolla.html

Toner D. & Rougeot C. 2008. Farming of Eurasian Perch Volume 1: Juvenile production. A BIM publication in association with the European CRAFT Project, PERCATECH. *Aquaculture Explained* No. 24.