

# Kuparisulfaatin käyttö vesihomeen aiheuttaman mätikuolleisuuden torjunnassa

Jouni Taskinen ja Sami Skyttä

Jyväskylän yliopisto  
Bio- ja ympäristötieteiden laitos



Loppuraportti  
Pilottihanke numero 1003370

14.8.2014

EU investoi kestäväan kalatalouteen



Suomen elinkeinokalatalouden  
toimintaohjelma  
2007–2013



## Hankkeen tausta

Vesihome on kiusallinen ja vaikea sienitauti, joka vaivaa niin kalojen mätiä haudontojen aikana, kuin myös aikuisiakin kaloja jopa tappavana tautina ympäri maailman. Vesihome voi tuhota koko mätierän haudonnan aikana, tai arvokkaan emokalaparvin, mikäli sen kasvua ei saada ennaltaehkäistyä. Vesihometta on torjuttu aikoinaan mm. malakiittivihreällä joka on nykyään kiellettyä sen myrkyllisyyden vuoksi.

*Saprolegnia*-sienen aiheuttama vesihometta tavataan ympäri maailmaa, varsinkin makeassa vedessä, mutta sitä voidaan tavata myös murtovedessä. Vesihometta esiintyy erityisesti kalanviljelyssä. Vesihome tarttuu niin kalan mätiin kuin itse kaloihinkin. Mädin haudonnassa se on hyvinkin yleinen kiusa kalanviljelylaitoksissa ja tarttuessaan voi tuhota koko mädin. Isommilla kaloilla tartunta johtaa usein kalan ennenaikaisen menehtymiseen. *Saprolegnia*-sienen elinkierto on monimutkainen, ja siihen kuuluu useita eri vaiheita, joissa sieni voi lisääntyä. Sieni lisääntyy sekä suvullisesti sekä suvuttomasti. Suvuton lisääntyminen on yleisempää (Noga, E.J. 1993. Water mold infections of freshwater fish: recent advances. Annual Rev. of Fish Diseases 291-304). Suvuttomassa lisääntymisessä sienirihma voi tuottaa siimallisia itiöitä, primäärisiä parveilutiöitä (zoosporeja), jotka asettuvat sienirihman lähelle ja muodostavat lepoitiön. Tämä lepoitiö voi kasvattaa uutta sienirihmaa tai muodostaa sekundäärisiä parveilutiöitä, jotka voivat kulkeutua vedessä kauaskin, koska ne pystyvät liikkumaan siimojen avulla paljon pidemmän ajan kuin primääriset parveilutiöt. Sekundäärisiä parveilutiöitä pidetään pääasiallisena homesienen leviämistapana. Ne voivat elää vapaina useita päiviä tai asettua lepoitiöiksi, jotka alkavat kasvattaa sienirihmaa, kun olosuhteet tulevat otollisiksi.

Vesihomeen lisääntyminen suvuttomasti itiöimällä mahdollistaa perimältään täysin samanlaisten kloonien muodostumisen. Itiöimisen vuoksi vesihome sienet ovat tehokkaita leviämään paikasta toiseen, ja jos itiöstä vielä muodostuu lepoitiö, se selviää pitkiä aikoja hyvinkin keunoissa oloissa (Eskelinen P. 2003. Vesihome kalanviljelyn vaivana. Onko taudin torjuntaan menetelmiä? Kalatutkimuksia 188).

Nykyisin vesihomeen torjunnassa käytetään erilaisia kemikaaleja kuten mm. Pyzeceä, vetyperoksidia ja formaliinia sekä erilaisia otsonaattoreita, mutta yhtä tehokkaaseen tulokseen kuin malakiittivihreällä ei ole päästy. Edellä mainitut kemikaalit on todettu ympäristöön joutuessaan haitallisiksi. Niiden käyttömäärät ovat suuria ympäri maailman. tehottomuutensa lisäksi ne ovat myös yleisesti ottaen kalliita malakiittivihreään verrattuna.

Kuparin käyttöä sieni- ja mikrobi-infektioiden torjunnassa on tutkittu maailmalla mm. Japanissa, Chilessä ja USA:ssa. Tutkimuksissa on johdettu kuparia kasvatusveteen eri menetelmillä, kuten liuottamalla kupari-ioneita hautomojen tuloveteen hienojakoisesta kuparikuidusta tai lisäämällä kuparisulfaattia tehtyä liuosta suoraan veteen joka on johdettu mätiastioihin. Kuparikuidun käyttöä kalan mädin suojaamisessa on kokeiltu Japanissa; kuparikuitu on siellä käytössä yli sadassa poikaslaitoksessa. Chilessä mädin haudonta-asetteja on valmistettu kuparista ja USA:ssa on kokeiltu myös kuparikuidun soveltuvuutta vesihomeen torjuntaan mm. juovabassilla (*Morone saxatilis*) ja monneilla.

Kuparisulfaatin käyttö on huomattavasti edullisempaa verrattuna muihin jo käytettyihin kemikaaleihin. Liuokset ovat yksinkertaisia valmistaa ja helppokäyttöisiä. Maailmalla tehdyissä tutkimuksissa kupari on todettu paitsi äärimmäisen tehokkaaksi homeen ja mikrobien torjujaksi, myös ilmeisesti täysin harmittomaksi kalojen sikiön kehitykselle.

Suomessa kuparikuidun ja kuparisulfaatin käyttöä on alustavasti kokeiltu Turun AMK:n suorittamassa selvityksessä vuosina 2011-12. Nyt toteutettu (2014-15) hanke poikkeaa kuitenkin edellisestä siinä, että tässä selvitettiin lisäksi kuparisulfaattiannostuksen turvallista ylärajaa sekä käytettiin kirjolohen lisäksi myös taimenen mätiä.

## Hankkeen tarkoitus

Hankkeen tarkoituksena oli tutkia, kuinka vesihomeen tartunta kalojen mätiin pystytään estämään kuparisulfaattilla. Tutkimuksessa pyrittiin myös selvittämään minkälainen annostus on sopivin mädille sekä etsimään ylärajaa, kuinka korkeita pitoisuuksia kuparisulfaattia voidaan mädille annostella.

## Hankkeen toteutus

Yllä esitettyihin seikkoihin pohjautuen Keski-Suomen ELY-keskus myönsi rahoituksen hankkeeseen ”Kuparisulfaatin käyttö vesihomeen aiheuttaman mätikuolleisuuden torjunnassa”. Hanke toteutettiin Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteiden laitoksella ä syksyn 2014 ja kevään 2015 välisenä aikana yhteistyössä Huutokosken Arvokala Oy:n kanssa. Hankeessa suoritettut tutkimukset tehtiin Huutokosken Arvokala Oy:n Hatsinan kalanviljelylaitoksella ja Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteiden laitoksella. Projektin johtajana toimi Prof. Jouni Taskinen ja projektitutkijana LuK Sami Skyttä.

Hankkeessa selvitettiin seuraavia asioita:

1. Alentaako kuparisulfaatti alennettua vesihomeen aiheuttamaa mätikuolleisuutta taimenella?
  - a. Taimenkoe aikavälillä 13.11.2014 – 5.2.2015.
  - b. Käytetyt pitoisuudet 0, 30, 50, 200, 300 ja 400 mg/l.
2. Mikä on optimaalinen kuparisulfaattiannos/pitoisuus?
  - a. Kirjolohikoe aikavälillä 10.4. – 12.5.2015.
  - b. Käytetyt pitoisuudet 0, 50, 200, 400, 1000 ja 2000 mg/l

## 1. Alentaako kuparisulfaatti vesihomeen aiheuttamaa mätikuolleisuutta taimenella?

### 1.1. Menetelmät / taimenkoe 13.11.2014 – 5.2.2015

Kokeessa käytettiin meritaimenen mätiä, joka oli lypsetty 12.11.2014. Mäti noudettiin Laukaan RKTL:n laitokselta 13.11.2014 happipakkauksessa. Mäti oli puhdistettu ja desinfioitu Buffodine-desifiointiaineella. Veden lämpötila kuljetuksen aikana oli 8 C°. Tutkimuspaikalla tuloveden lämpötila oli 7,12 C. Kuljetuksen aikana happipakkauksessa oleva vesi oli hieman lämmennyt 8,5 C° asteeseen, joten mädin lämpötilaa tasattiin noin tunnin verran niin että sen lämpötila oli 7,2 C° astetta.

Koealtaina käytettiin läpinäkyvästä akryylimuovista valmistettuja haudontakaukaloita joissa oli 6 kpl lokeroita (asetteja). Haudontakaukaloita oli 3 kpl, joten haudonta-asetteja yhteensä 18 kpl. (Kuva 1). Jokaiselle kuparisulfaattipitoisuudelle (0, 30, 50, 200, 300 ja 400 mg/l) oli arvottu oma asettinsa satunnaisessa järjestyksessä. Jokaista pitoisuutta kohden oli kolme replikaattiasettia.

Haudontakaukaloissa olevissa lokeroissa oli oma haudonta-asetti, jonka pohjapinta-ala oli 10x18 cm. Haudontaveden määrä kussakin asetissa oli 1,2 litraa. Asetissa oli ritilä jonka päällä mätimunat olivat. (Kuva 2). Jokaiseen tuli oma veden virtaus. Jokaisessa lokerossa vettä oli 6,5 l. Virtaaman

nopeutta voitiin säätää tarkasti jokaiselle lokerolle erikseen omalla palloventtiili hanalla. Virtaaman nopeus jokaiseen haudontayksikköön oli 1 l/min.

Mätimunat laskettiin ja jokaiseen haudonta-asettiin laitettiin 100 kpl mätimunia (Kuva 1). Mädin joukossa näkyi myös vaaleita mätimunia, jotka eivät olleet hedelmöittyneet. Niitä ei kuitenkaan poistettu. Mätimunia seurattiin päivittäin ja kuvattiin viikoittain, joten vesihomeen muutoksia pystyttiin seuraamaan. Mätimunat tulivat silmäpisteasteelle kun päiväasteita oli kertynyt 314. Kuolleet mätimunat poistettiin ja laskettiin päivittäin terveiden mätimunien jäädessä asetteihin odottamaan kuoriutumista.



**Kuva 1.** Haudontakaukalot marraskuussa 2014 - helmikuussa 2015 tehdyssä taimenkokeessa. Kuva Sami Skyttä.



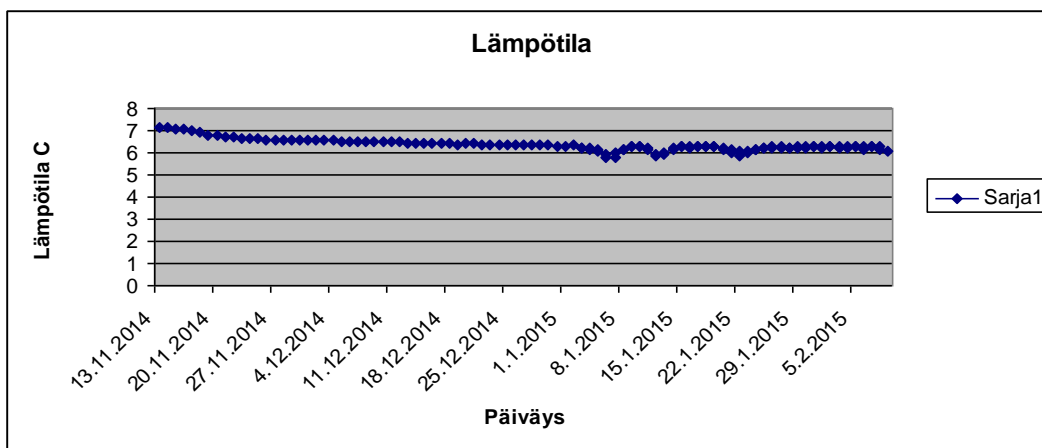
**Kuva 2.** Haudonta-asetti marraskuussa 2014 - helmikuussa 2015 tehdyssä taimenkokeessa. Kuva Sami Skyttä

Kuparisulfaattikylvetykset ( $\text{CuSO}_4$ ) aloitettiin 20.11.2014 eli viikko sen jälkeen kun mätimunat olivat olleet haudonnassa. Kylvetys annettiin joka aamu klo.9.00. Kylvetyksiä jatkettiin siihen saakka, kunnes ensimmäiset poikaset kuoriutuivat (563 päiväästettä). Kylvetyksissä käytettiin kuutta eri kuparisulfaattipitoisuutta – 0, 30, 50, 200, 300 ja 400 mg/l. Kuparisulfaatti punnittiin analyysivaa’alla Mettler Toledo AB204-S.

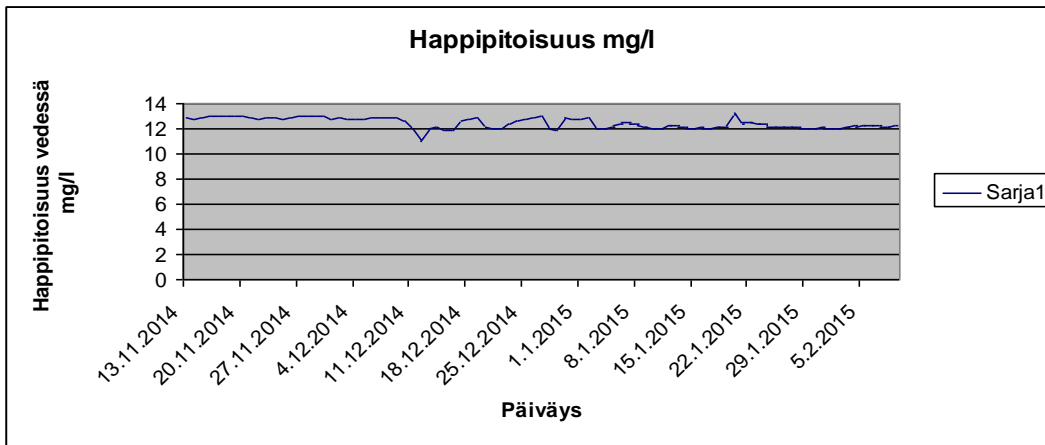
Kuparisulfaatista valmistettiin liuos litran muovipulloihin, jotka säilytettiin viileässä  $5\text{ }^\circ\text{C}$  kaapissa valolta suojassa. Liuoksena käytettiin puhdistettua steriiliä vettä, johon kuparisulfaatti sekoitettiin. Jokaiselle asetille annettiin 40 ml kuparisulfaattiliuosta siihen tarkoitetulla injektioruiskulla (Once50 ml). Kontrolliaseteille ( $\text{CuSO}_4$ -pitoisuus 0 mg/l) annettiin pelkkää steriiliä vettä sama 40 ml annos. Liuos ruiskutettiin suoraan asetin veteen, missä mätimunat sijaisivat. Veden virtausta ei vähennetty tai katkaistu kylvetyksen ajaksi. Tästä syystä kylvetyksen kestoa on vaikea sanoa tarkkaan, mutta arviolta kuparisulfaattikylvetys kesti n. 5 minuuttia.

Tulovedestä vedestä mitattiin päivittäin lämpötila ( $^\circ\text{C}$ ) ja happi (mg/l) Kokeen alkaessa ja päättyessä tulovedestä tutkittiin useita vedenlaatuparametrejä kuten pH, väriluku, sähkönjohtavuus, alkaliteetti, kupari (Cu) ja rauta (Fe). Näytteet analysoitiin Ramboll Analytics Oy:n Lahden toimipisteessä. Vesinäyte otettiin yhden litran muovisiin näytepulloihin, jotka toimitti Ramboll.

Lämpötilavaihtelut kokeen aikana olivat hyvin pieniä. Veden lämpötilan vaihtelu oli kokeen aikana noin  $1,24\text{ }^\circ\text{C}$  (Kuva 3). Myös happipitoisuus vaihtelu oli erittäin vähäistä, 11-13,21 mg/l. Happipitoisuuden muutos oli maksimissaan 2,21 mg/l. Haudontaveden happamuus (pH) ja rautapitoisuus mitattiin kokeen aikana kahdesti. Näyte otettiin haudontaan tulevasta vedestä. Ensimmäinen näyte otettiin 21.11.2014, jolloin veden pH-arvo oli 7,1 ja rautapitoisuus  $<10\text{ }\mu\text{g/l}$ . 03.03.2015 pH oli 7,2 ja rautapitoisuus  $<10\text{ }\mu\text{g/l}$ . Myös väriluku ja sähkönjohtavuus tutkittiin kahdesti kokeen aikana. Sekä 21.11.2014 että 03.03.2015 veden väriluku oli  $<5\text{ mg Pt/l}$  ja sähkönjohtavuus 12 mS/m. Tuloveden kuparipitoisuus muuttui hieman kokeen aikana siten, että 21.11.2014 pitoisuus oli  $1,8\text{ }\mu\text{g/l}$  ja 03.03.2015 pitoisuus oli  $4,2\text{ }\mu\text{g/l}$ .



**Kuva 3.** Haudontaveden lämpötila  $^\circ\text{C}$ .



**Kuva 4.** Haudontaveden happipitoisuus (mg/l). C°.

## **1.2. Tulokset / taimenkoe 13.11.2014 – 5.2.2015**

Vesihomekasvustoja alkoi näkyä mädeissä pieninä rihmastoina kun päiväasteita oli kertynyt 174. Voimakkainta homekasvu oli kontrolliaseteissa sekä aseteissa, joihin kuparisulfaattiliuoksia annettiin laimeampina annoksia, kuten 30 ja 50 mg/l. Vesihomekasvusto lisääntyi voimakkaasti kokeen edetessä alkaen tukehduttaa mätejä vaalealla pumpulimaisella rihmastolla. Silmämääräisesti tarkastellen kasvusto laajeni varsinkin niissä aseteissa, joissa mätimunat olivat tiheämpänä ryhmänä kiinni toisissaan. Homehtuminen alkoi usein mätimunista jotka eivät olleet hedelmöittyneet, eli kuolleista munista. Kuvat 5-7 havainnollistavat vesihomeen kasvua ja etenemistä mätiaseiteilla. Kuva 5 on otettu, kun mädit laitettiin aseteille haudontaan, Kuva 6 silloin, kun päiväasteita oli kertynyt 118 ja Kuva 7, kun päiväasteita oli kertynyt 314. Kuvassa 7 mätierä on saavuttanut silmäpisteasteen, jolloin siitä poistettiin kuolleet mätimunat ja elossa olevat laitettiin takaisin haudontaan odottamaan kuoriutumista.





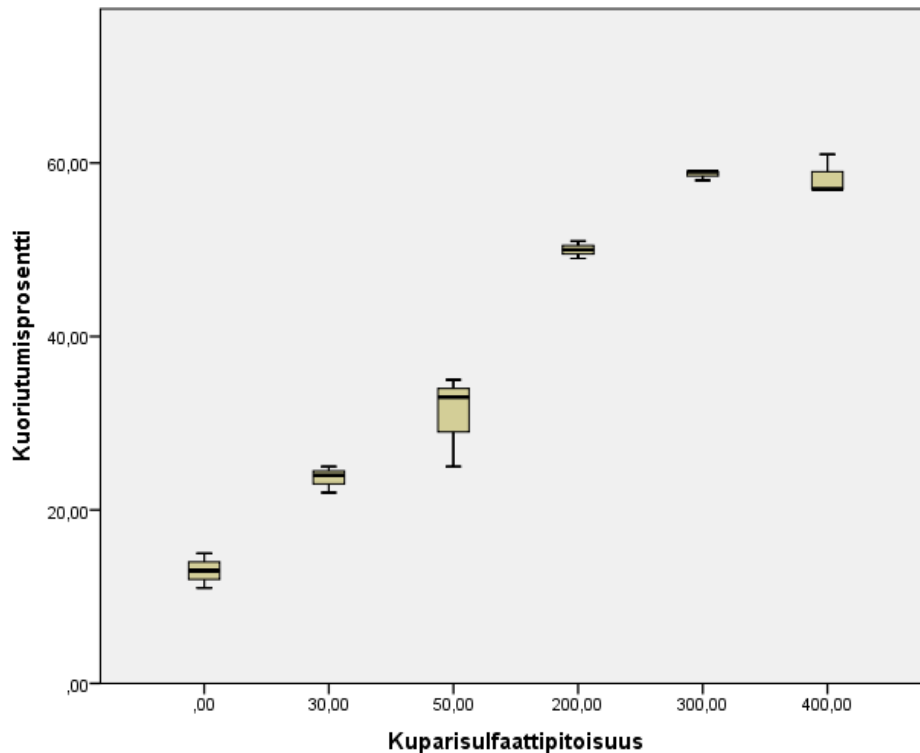
**Kuva 5** (vasemmalla) ja **Kuva 6** (oikealla). Marraskuussa 2014 - helmikuussa 2015 tehdyn taimenkokeen kontrolliasetti n:o 18 kokeen alussa (vas.) ja 118 päivästeen kohdalla (oik.). Kuvat Sami Skyttä.



**Kuva 7.** Asetti n:o 18, kun 314 päiväastetta oli kertynyt. Mäti oli saavuttanut silmäpisteasteen. Kuva Sami Skyttä.

Kuoriutumisprosentti määritettiin 563 päivästeen kohdalla. Silmämääräisesti havainnoituna vesihomeen määrä oli sitä vähäisempää mitä korkeampi oli kuparisulfaattipitoisuus. Mätimunien kuoriutumisessa oli eroja eri pitoisuuksien välillä. Kontrolliaseteissa, joiden kylvetyksissä käytettiin pelkkää puhdistettua steriiliä vettä, kuolevuus oli korkeinta ja kuoriutumisaste jäi 13 %:iin (Kuva 8). Myös 30 ja 50mg/l pitoisuuksissa kuolevuus oli suurta, munista kuoriutui 24 % 30 mg/l annoksella ja 31 % 50 mg/l annostuksella. Selkeä muutos tapahtui kun kylvetyksiä annettiin 200 mg/l annostuksella, ja parhaimpaan selviytymistulokseen päästiin 300 mg/l annostuksella jossa kuoriutumisaste oli 59 % ja hyvin samankaltaiseen tulokseen päästiin 400 mg/l kylvetyspitoisuudella (Kuva 8).

Varianssianalyysi logaritmuunnetuilla kuoriutumisprosenttiarvoilla näytti, että pitoisuuksien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero keskimääräisessä kuoriutumisasteessa ( $F_{5,12} = 104.491$ ,  $P < 0.001$ ). Tukey B post hoc testi paljasti, että pitoisuudet 200, 300 ja 400 mg/l eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi, mutta pitoisuudet 0, 30 ja 50 mg/l olivat ryhmiä, jotka erottuivat tilastollisesti merkitsevästi sekä toisistaan että 200/300/400 mg/l ryhmästä. Tulos osoittaa, että taimenen mädin selviytyminen parani kuparisulfaattikylvetyksillä pitoisuuden kasvaessa 200 mg/l:aan, mutta pitoisuuden lisääminen 200 mg/l:sta ei enää parantanut kuoriutumisprosenttia.



**Kuva 8.** Boxplot-kaavio taimenen mätijyvien kuoriutumisprosentista eri kuparisulfaattipitoisuuksilla kylvetettäessä 13.11.2014 – 5.2.2015 taimenella suoritetussa kokeessa. Pitoisuudet 200, 300 ja 400 mg/l eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Pitoisuudet 0, 30 ja 50 mg/l olivat ryhmiä, jotka erottuivat tilastollisesti merkitsevästi sekä toisistaan että 200/300/400 mg/l ryhmästä.

## 2. Mikä on optimaalinen kuparisulfaattiannos/pitoisuus?

### 2.1. Menetelmät / kirjolohikoe 10.4. – 12.5.2015

Tutkimuksessa käytettiin kirjolohen mätiä, joka hankittiin Tervon RKTL:n laitokselta. Mäti oli puhdistettu ja käsitelty Buffodine-desifiointiaineella edellisenä päivänä ennen noutoa. Kuljetus 10.4.2015 tapahtui happipakkauksessa, jossa veden lämpötila oli 8,0 C°. Mätejä haudottiin yhteensä 42 vuorokautta ja päiväasteita kertyi 330 kpl.

Koe-asetelma ja menetelmät olivat samanlaiset kuin yllä esitetyssä taimenkokeessa, mutta tässä kokeessa käytetty mätijyvämäärä oli 200 kpl/asetti. Lisäksi erona edelliseen kokeeseen oli käytetyt kuparisulfaattipitoisuudet, jotka olivat tässä kokeessa 0, 50, 200, 400, 1000 ja 2000 mg/l., koska tavoitteena oli selvittää myös korkeiden (> 400 mg/l) pitoisuuksien (haitallista?) vaikutusta mätijyvien selviytymiseen.

Tässä kokeessa pyrittiin lisäksi kehittämään kuparisulfaatin annostelumenetelmää sellaiseksi, että käytetyn kuparisulfaattiliuoksen tilavuus/asetti ja käyttömäärä saataisiin ympäristösyistä minimoitua. Tästä syystä asetti oli läpivirtaavaa mallia, jossa tulovesi johdettiin asetin pohjaan. Asetin pohjalla sijaitti ritilä jonka päälle mätimunat asetettiin. Vesi virtasi mätimunien läpi, ja poistui asetin yläreunasta poistoletkua myöden. (Kuva 9). Veden virtaama oli 3 dl/min.

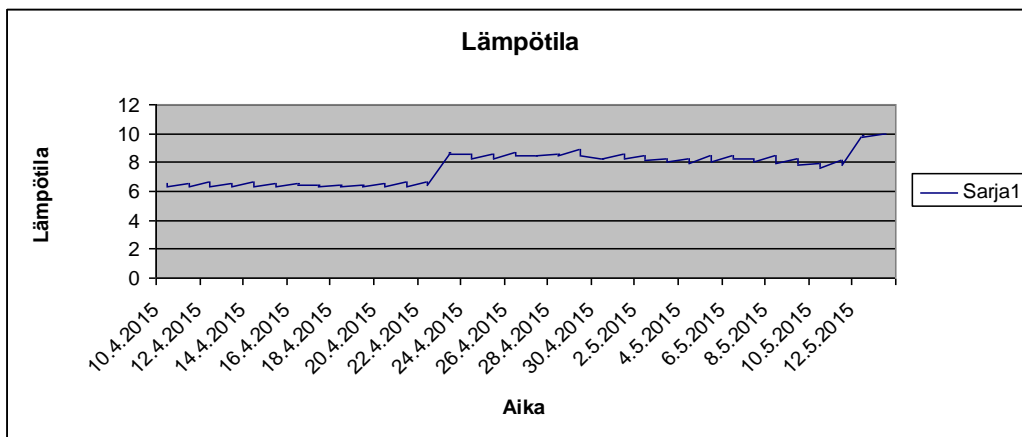


Kylvetykset aloitettiin 7 vuorokauden jälkeen siitä, kun mätimunat oli asetettu haudonta-asetteihin. Tässä vaiheessa mätimunissa ei näkynyt vesihomekasvustoa. Mädit kylvetettiin kuparisulfaattiliuoksella kerran vuorokaudessa klo. 9.00. Kylvetysaine 40 ml annettiin sitä varten asennettuun letkuun 50 ml kokoisella injektioruiskulla. Injektioruiskulla liuos ohjattiin asetin pohjaan josta se huuhtoutui koko mätikerroksen läpi. Kylvetyksen aikana tulovettä ei katkaistu. Kylvetyksen kesto oli n. 2 minuuttia.

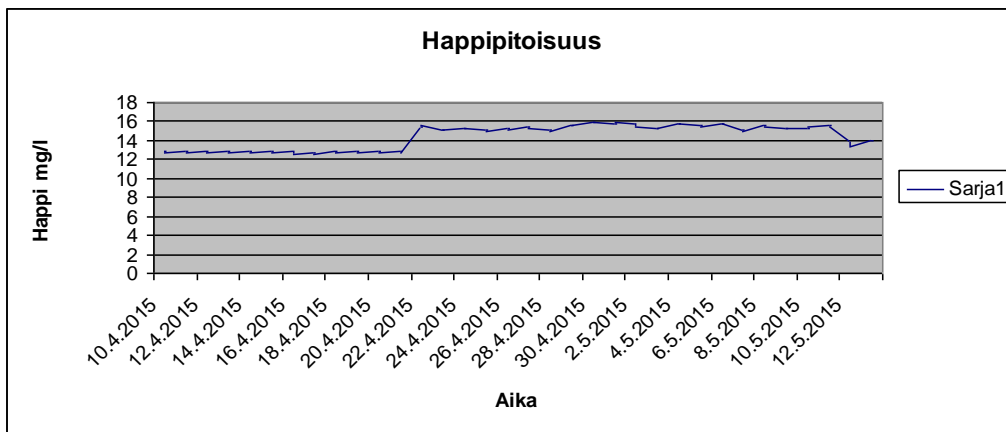
Lämpötila- ja happiolosuhteet kokeen aikana on esitetty kuvissa 10 ja 11.



**Kuva 9.** Haudonta-asetti huhti-toukokuussa 2015 tehdyssä kirjolohikokeessa. Kuva Sami Skyttä.



**Kuva 10.** Haudontaveden lämpötila C° 10.4. – 12.5.2015 tehdyssä kirjolohikokeessa.

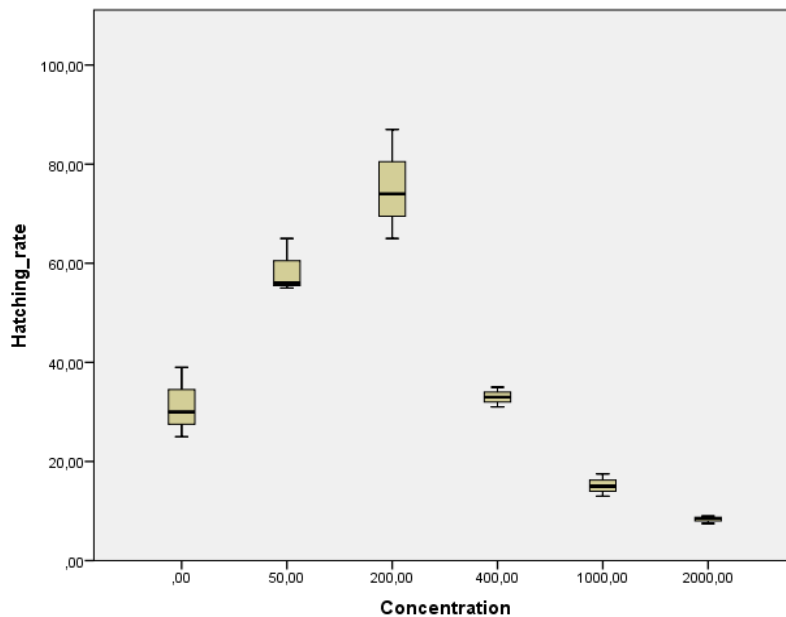


**Kuva 11.** Haudontaveden happipitoisuus (mg/l) 10.4. – 12.5.2015 tehdyssä kirjolohikokeessa.

## **2.2. Tulokset / kirjolohikoe 10.4. – 12.5.2015**

Silmäpisteaste saavutettiin kun päiväasteita oli kertynyt 242. Silmämääräisesti havainnoituna vesihomeen määrä oli sitä vähäisempää mitä korkeampi oli kuparisulfaattipitoisuus. Mätimunien kuoriutumisessa oli isoja eroja eri pitoisuuksien välillä. Kontrolliaseteissa, joiden kylvetyksissä käytettiin pelkkää puhdistettua steriiliä vettä, kuoriutumistasite jäi keskimäärin 31 %:iin (Kuva 12). 400 mg/l pitoisuudella kuoriutumistasite, 33 %, oli samaa luokkaa kuin kontrolleissa. 50 mg/l pitoisuudessa keskimääräinen kuoriutumistasite nousi 59 %:iin. Paras elossapysyminen ja korkein kuoriutumistasite (75 %) saavutettiin 200 mg/l pitoisuudella suoritetussa kuparisulfaattikylvetyksissä. Huonoin elossapysyminen ja alin kuoriutumistasite oli korkeimmissa kuparisulfaattipitoisuuksissa 1000 mg/l (15 %) ja 2000 mg/l (8 %) (Kuva 12).

Varianssianalyysi näytti, että pitoisuuksien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero keskimääräisessä kuoriutumistasiteessa ( $F_{5,12} = 55.616$ ,  $P < 0.001$ ). Tukey B post hoc testi paljasti, että toisaalta pitoisuudet 0 mg/l ja 400 mg/l eivät eronneet toisistaan, ja että toisaalta myös pitoisuudet 1000 ja 2000 mg/l muodostivat homogeenisen ryhmän, jossa kuoriutumistasite eivät eronneet toisistaan, mutta ryhmät 0/400 mg/l ja 1000/2000 mg/l erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Lisäksi Tukey B post hoc testi paljasti, että pitoisuudet 50 mg/l ja 200 mg/l poikkesivat kuoriutumistasiteen suhteen merkitsevästi sekä toisistaan että molemmat myös ryhmistä 0/400 mg/l ja 1000/2000 mg/l. Tulos osoittaa, että kirjolohen mädin selviytyminen parani kuparisulfaattikylvetyksillä pitoisuuden kasvaessa 200 mg/l:aan. Pitoisuuden lisääminen 200 mg/l:sta ei enää parantanut, vaan alensi kuoriutumistasiteen siten, että mädin selviytyminen heikkeni pitoisuuden kasvaessa (200 → 400 → 1000 → 2000 mg/l).



**Kuva 12.** Boxplot-kaavio kirjolohjen mätijyvien kuoriutumisprosentista eri kuparisulfaattipitoisuuksilla kylvetettäessä 10.4. – 12.5.2015 kirjolohella suoritettussa kokeessa. Pitoisuudet 0/400 mg/l ja 1000/2000 mg/l muodostivat kaksi homogeenista ryhmää, jotka poikkesivat tilastollisesti toisistaan kuoriutumisprosentin suhteen. Pitoisuudet 50 ja 200 mg/l erosivat tilastollisesti merkitsevästi sekä toisistaan, että ryhmistä 0/400 mg/l ja 1000/2000 mg/l.

### 3. Tulosten tarkastelu

Tulokset osoittivat selvästi, että kuparisulfaattikylvetus vähentää vesihomeinfektiota, alentaa mätijyvien kuolevuutta sekä parantaa mädin kuoriutumisasetta. Positiivinen vaikutus oli maksimissaan 200 mg/l annostuksen kohdalla. Kun kuparisulfaattipitoisuutta lisättiin 200 mg/l:sta, ei mädin kuoriutumisasaste kasvanut tilastollisesti merkitsevästi taimenkokeessa 200 → 300 → 400 mg/l pitoisuuksissa. Kirjlohikokeessa mädin kuoriutumisasaste jopa aleni pitoisuuden funktiona lisättäessä kuparisulfaattipitoisuutta 200 → 400 → 1000 → 2000 mg/l. Kuoriutumisasasteen aleneminen (kuolleisuuden lisääntyminen) korkeissa pitoisuuksissa johtunee kuparin toksisista vaikutuksista mätimuniin, sillä silmämääräisesti havainnoituna vesihomeen määrä oli sitä vähäisempää mitä korkeampi oli kuparisulfaattipitoisuus.

Käytetty kuparisulfaattiliuosmäärä (40 ml) ja alhainen kylvetysfrekvenssi (kerran vuorokaudessa) antavat aiheen olettaa, että kuparisulfaatin ympäristövaikutukset jäivät pieniksi. Viljelymittakaavassakaan liuosmäärät eivät tulisi olemaan hyvin korkeita, mutta laitoksen poistoveden kuparipitoisuuksia mittaamalla kylvetysten ympäristövaikutuksia voitaisiin tulevaisuudessa arvioida paremmin. On hyvä muistaa, että myös nykyisin käytössä olevilla homeentorjuntakemikaaleilla (mm. Pycze, formaliini ja vetyperoksidi) on omat ympäristövaikutuksensa – tässä mielessä kuparisulfaatti voi hyvinkin tarjota myös ympäristövaikutusten kannalta paremman vaihtoehdon.

Myös mahdollisten kuparijäämien mittaaminen kuoriutuvista poikasista olisi tulevaisuudessa tärkeää, sillä tässä kokeessa tuotettu poikasbiomassa alitti analyysiin tarvittavan määrän.

Kuparisulfaattikylvetystä olisi tulevaisuudessa hyvä kokeilla tuotantomittakaavassa isoilla mätierillä. Silloin nähtäisiin eroavaisuudet tällä hetkellä käytettyihin menetelmiin ja kemikaaleihin.

#### **4. Johtopäätökset ja hankkeen vaikuttavuus**

Kuparisulfaattikylvetys voi tarjota tehokkaan keinon alentaa vesihomeesta johtuvaa mätikuolevuutta kalanviljelyssä. Optimaalinen kuparisulfaattipitoisuus kylvetyksissä on tämän hankkeen tulosten mukaan 200 mg/l. Hankkeen tuloksilla voi olla suuri vaikuttavuus niin taloudellisesti kuin ympäristövaikutuksiltaan

#### **5. Hankkeen tuloksista tiedottaminen**

Hankkeen tuloksista ei ole ehditty vielä tiedottaa. Hankkeen tuloksista on tarkoitus tehdä tieteellinen julkaisu sekä esitellä tuloksia kansainvälisissä ja kotimaisissa kongresseissa (EAFP, kalaterveyspäivät). Tuloksista pyritään tekemään artikkeli ainakin Kalankasvattaja-lehteen sekä julkaisemaan lehdistötiedote laajemmin medioitten käytettäväksi tieteellisen julkaisun yhteydessä

#### **6. Kiitokset**

Haluamme kiittää Keski-Suomen ELY-keskusta hankkeen rahoituksesta. Suuret kiitokset kuuluvat yhteistyökumppanillemme, Huutokosken Arvokala Oy:lle, joka osallistui hankkeen toteuttamiseen suunnittelu-, materiaali- ja työpanostuksella. Kiitämme Perttu Pöllästä, Saku Salosta ja Olli Nousiaista käytännön avusta tutkimuksen toteuttamisessa.