

KALA- JA RIISTARAPORTTEJA nro 300

*Jarmo Makkonen  
Markku Pursiainen*

Malakiittivihreän jälkeen kalanviljelylaitoksien  
hautomoissa laitteiden ja menetelmien testit  
vertailussa

Helsinki 2004

Jarmo Makkonen ja Markku Pursiainen

**Malakiittivihreän jälkeen kalanviljelylaitoksien hautomoissa laitteiden ja menetelmien testit vertailussa**

Vesiviljelyn tulosityksikkö

Mädin vesihometorjunta hautomon tuloveden käsittelyllä (523033)

Euroopan Unionin kiellettyä malakiittivihreän käytön vesihomeen torjunnassa joutuivat kalanviljelylaitosten hautomot hakemaan uusia menetelmiä mädin eloonjäännin varmistamiseksi. Yksi mahdollinen keino tässä on hautomon tuloveden käsittely niin, että tulevan veden mukana kulkeutuvat mikrobit (sieni- ja homeitiöitä, bakteereja ja niiden kestomuotoja) kuolevat ennen joutumistaan kosketuksiin mädin kanssa. Tällaiseen tarkoitukseen (mm.) on kehitetty ruotsalainen BenRad-laitteisto, jonka toiminta perustuu voimakkaasti desinfiiovien otsonin ja vapaiden radikaalien tuotantoon.

BenRad-desinfiointin testauksesta saadut kokemukset kolmella valtion kalanviljelylaitoksella osoittivat kuitenkin sen, ettei laite näytä soveltuvan suomalaisissa pintavesiolosuhteissa mädin homeentorjuntaan. Ottaen huomioon laitteen suhteellisen kalliin hinnan (n. 15 000 euroa) ja siihen nähden pienen kapasiteetin (max. 5 l/s), ei laitteen hankkimista malakiittia korvaavaksi vesihomeen torjuntamenetelmäksi mädin tuotantomittakaavaisiin tarkoituksiin voida kokeiden perusteella perinteisessä haudonnassa suositella. Veden ollessa erittäin puhdasta ja kiertovesijärjestelmissä laite saattaa puoltaa paikkaansa.

Ainakin toistaiseksi näyttää siltä, että veden käsittelyyn perustuvaa tekniikkaa, joka korvaisi malakiittivihreän vesihomeen torjunnassa, ei ole sovellettavissa. Näin ollen on pitäydyttävä muihin kylvetysaineisiin ja mädin haudontaan aseteilla tms. oloissa joissa kuolleet mätimunat voidaan poistaa käsityönä. Lisääntyvä käsityön määrä, kalliimmat kylvetysaineet ja siitä huolimatta kasvaneet haudontatappiot ovat johtamassa mädintuotannon kustannusten kasvuun.

Haudontatulokset vaihtelevat kuitenkin tässäkin työssä kerättyjen tietojen mukaan eri vuosina ja eri laitoksilla. Kun vaihtelua on vielä lajien, lajiryhmien ja kantojen välillä, on mädin haudontatulokset monien tekijöiden summa. Ne olosuhteet, joissa emokalat mädin ja maidin kehittävät, voivat olla tässä hyvin keskeisiä.

BenRad, malakiittivihreä, mäti, haudonta, vesihome, homeentorjunta

Kala- ja riistaraportteja 300

951-776-432-4

1238-3325

19 s.

suomi

julkinen

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
Vesiviljelyn tulosityksikkö  
PL 6  
00271 HELSINKI  
Puh. 0205 7511 Faksi 0205 751 201Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos  
PL 6  
00721 HELSINKI

Puh. 020 57511 Faksi 020 5751 201

# Sisällys

1. JOHDANTO .....	1
2. BENRAD - YLEISTÄ .....	2
3. BENRAD - TESTAUKSET.....	4
3.1. Syksy 2001 - talvi 2002 kolmella laitoksella .....	4
3.1.1. Mittaukset, näytteenotot ja vesianalyysit .....	4
3.1.2. Mädin käsittelykoe .....	5
3.2. Syksy 2002 - talvi 2003 Saimaan laitoksella .....	5
3.2.1. Mittaukset, näytteenotot ja vesianalyysit .....	6
3.2.2. Mädin käsittelykoe .....	6
4. VEDEN LAATU TESTAUSTEN AIKANA.....	7
4.1. Syksy 2001 - talvi 2002.....	7
4.2. Syksy 2002 - talvi 2003.....	8
5. BENRAD - HAUDONTATULOS JA DESINFIOINTITEHO .....	9
5.1. Syksy 2001 - talvi 2002.....	9
5.1.1. Haudontatulos.....	9
5.1.2. Kokonaismikrobimäärä ja desinfiointiteho .....	9
5.1.3. Mädin käsittelykoe .....	10
5.2. Syksy 2002 - talvi 2003.....	10
5.2.1. Haudontatulos.....	10
5.2.2. Kokonaismikrobimäärä ja desinfiointiteho .....	10
5.2.3. Mädin käsittelykoe .....	11
6. ILMAN MALAKIITTIA SYKSYSTÄ 2001 TALVEEN 2003 .....	12
6.1. Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely .....	12
6.2. Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely .....	13
6.3. Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus .....	13
6.4. Kokemuksia Lapin alueen laitoksilta .....	14
7. ARVIO BENRAD -LAITTEEN KÄYTTÖKELPOISUUDESTA .....	16
KIITOKSET .....	18
KIRJALLISUUS .....	19

# 1. Johdanto

Kalanviljelyssä vesihomeen torjunta on välttämätön osa mädin haudontaa. Syksyyn 2001 asti yleisin tapa oli estää homeen leviäminen malakiittivihreäkylvetyksillä. Euroopan Unionin säädöksiin perustuen malakiittivihreän käyttö kuitenkin kiellettiin 1.10.2001 alkaen. Korvaavia kemikaaleja on tutkittu sekä Suomessa (mm. Eskelinen ym. 2000, Rahkonen 2000, Pylkkö ja Eskelinen 2001, Eskelinen 2002, Eskelinen 2003) että muualla. Myös valkopilkkutaudin hoidossa malakiittivihreä on ollut tärkeä kylvetyskemikaali, jonka korvaamista muilla aineilla on testattu (mm. Valtonen 2002, Rahkonen ym. 2002). Joka suhteessa yhtä käyttökelpoisia, tehokkaita tai taloudellisia vaihtoehtoja malakiitille ei kuitenkaan ole löydetty (mm. Eskelinen 2002, Pursiainen 2002). Ellei hyviä korvaavia menetelmiä löydy, malakiitin käyttökielto voi johtaa ja osin on jo johtanutkin merkittävästi kasvaviin mädin haudontatappioihin. Tämä puolestaan lisää emokalanviljelyn ja mädintuotannon kustannuksia, koska mm. emokalamääriä on lisättävä, kemikaalikustannukset kasvavat, mädin hoitotyön määrä lisääntyy.

Vaihtoehto hometorjuntakemikaaleille, tai ainakin kemikaalien käyttötarvetta suuresti vähentävä menettely, voi olla homeitiöiden ja yleensäkin mikrobien vähentäminen haudonnassa käytettävän veden fysikaalisella käsittelyllä. Veden desinfiointi esimerkiksi UV-valolla on yksi tällainen pitkään tunnettu tekniikka, jossa kuitenkin on omat puutteensa. Muutama vuosi sitten on markkinoille tuotu vapaiden happiradikaalien tuotantoon perustuva järjestelmä ja laitteisto. Patentoitu ruotsalainen laite (BenRad) on kompakti, helposti huollettavissa, ja sen käyttökustannukset ovat edulliset, joskin laitteen hankintahinta on suhteellisen korkea. Laitteen pilottitestit Norjassa ovat antaneet lupaavia tuloksia (Kaijser ym. 2001a ja 2001b). Menetelmän teho riippuu kuitenkin varsin paljon veden laadusta (erityisesti pH-arvo, kiintoaineen määrä ja humus). Koska laitteen soveltuvuudesta Suomen alueellisesti ja ajallisesti vaihteleviin vedenlaatuolosuhteisiin ei ollut, käynnisti Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL) vesiviljely koesarjan asian selvittämiseksi.

Koesarjan tarkoituksena oli testata BenRad M74-laitteen soveltuvuus haudontaveden desinfiointiin Suomen olosuhteissa ja erilaisilla haudontamenetelmillä. Syksyllä 2001-talvella 2002 laitetta testattiin kolmella RKTL:n kalanviljelylaitoksella (Laukaa, Saimaa, Taivalkoski). Testausta jatkettiin syksyllä 2002 Saimaan laitoksella, jossa lisäksi vertailtiin eri käsittelyjen (BenRad, Pyceze) vaikutuksia mädin hometorjuntaan ja edelleen haudontatulokseen.

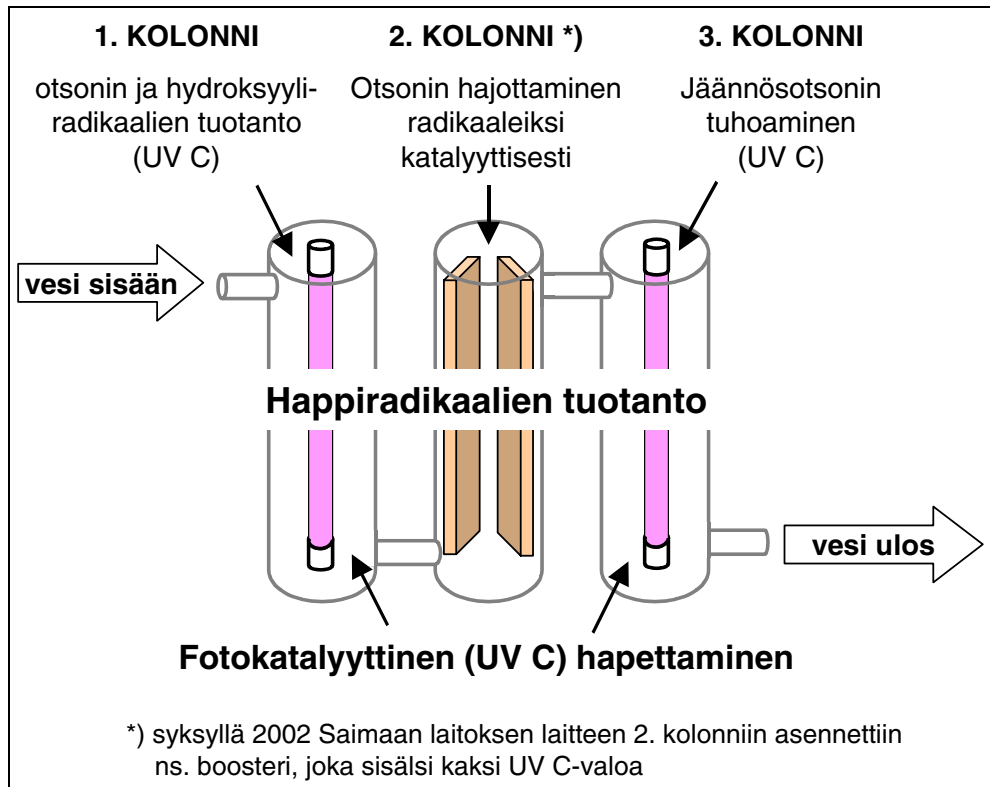
Raportissa on BenRad:iin liittyvien testausten sekä mädin käsittelykokeiden tulosten lisäksi tarkasteltu yleisemminkin malakiittivihreän käyttökiellon aiheuttamia seurauksia, toimenpiteitä ja haudontatuloksia RKTL:n eri laitoksilla.

## 2. BenRad - yleistä

Happiradikaalien avulla juomavettä on desinfioitu jo kauan (100 vuotta) ja vastaavia menetelmiä on sovellettu myös kalanviljelyyn. BenRad AB on kehittänyt hautomoveden käsittelyyn elävän materiaalin kannalta turvallisen patentoidun desinfiointimenetelmän, jossa on yhdistetty kaksi fysikaalista veden käsittelymenetelmää. Menetelmä perustuu siihen, että tuotetaan vapaita happiradikaaleja ja kontrolloidaan niiden muodostumista ja hävittämistä. Tässä uudessa menetelmässä (*Advanced Oxidation Processes* = AOP, kehittyneet hapetusmenetelmät) vesi desinfioidaan voimakkaasti hapettaen ennen sen johtamista mädille, mutta muodostuneet vapaat radikaalit eivät pääse suoraan kosketuksiin mädin kanssa. Happiradikaalit tuhoavat taudinaiheuttajien solukalvojen tai soluseinien rakenteen ja muuttavat solunsisäisiä ioninsäätelymekanismeja. Radikaalialtistuksen jatkuessa riittävän pitkään seurauksena on solukuolema eli haluttu desinfiointiteho on saavutettu.

AOP-menetelmän tehokkuus perustuu vapaiden radikaalien erittäin suureen reaktiivisuuteen. Vapaat radikaalit ovat molekyylijä (esim. hydroksyyli-radikaali;  $\text{OH}$ , superoksidiradikaali;  $\text{O}_2^-$ ), jotka pystyvät tulemaan toimeen vain pienen hetken itsenäisinä. Vapaat radikaalit ovat erittäin herkkiä sieppaamaan itselleen elektronin läheisten taudinaiheuttajien solukalvojen kemiallisilta yhdisteiltä hapettaen ne toimintakyvyttömiksi. Vapaiden radikaalien muodostusta tukevat otsoni ( $\text{O}_3$ ) ja vetyperoksidi ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Hydroksyyli-radikaali on tehokkain tunnettu hapetin; tehokkuutta kuvaa puoliintumisaika, vain  $10^{-9}$  sekuntia, kun otsonin puoliintumisaika on jopa 10 sekuntia puhtaassa vedessä.

Testattavassa BenRad M74-vedenkäsittelylaitteistossa on sovellettu uudella tavalla UV/otsoni-yhdistelmää. Desinfioitava vesi johdetaan laitteen ensimmäiseen kolonniin, jossa on UV C-lamppu, jonka aallonpituus on optimoitu muodostamaan otsonia ja hydroksyyli-radikaaleja. Keskimmäisen titaanidioksidikennoston sisältävän kolonnin tarkoitus on hajottaa ensimmäisessä kolonnissa muodostunutta otsonia edelleen radikaaleiksi. Viimeisessä kolonnissa UV C-säteet toimivat aallonpituudella 254 nm, joka on optimaalinen otsonin hajottamiseen vapaiksi radikaaleiksi (kuva 1). Näin mädille tuhoisa otsoni saadaan hävitettyä vedestä, eikä mädille johdettavassa vedessä ole happiradikaalejakaan jäljellä niiden lyhyen puoliintumisaikana johdosta. BenRad M74-vedenkäsittelylaitteen valmistajan ilmoittama mitoitus oli noin 5 l/s. Lisätietoja laitteesta löytyy internetistä sivuilta <http://www.benrad.se>.



**Kuva 1. Kaavakuva BenRad M74-laitteesta ja sen toimintaperiaatteesta. Lähde: BenRad AB:n esittelymateriaali (suomennettu ja muokattu).**

## 3. BenRad - testaukset

### 3.1. Syksy 2001 - talvi 2002 kolmella laitoksella

BenRad M74-vedenkäsittelylaitteistoa testattiin Laukaan, Saimaan ja Taivalkosken kalanviljelylaitoksilla. Kolmen laitoksen samanaikaisella testaamisella haettiin kokemuksia eri olosuhteista ja erilaisista haudontamenetelmistä. Lisäksi testiin tuli näin menetellen mukaan useiden eri kalalajien ja -kantojen mätää. Kaikilla laitoksilla laitetta käytettiin vain 50 %:n mitoitusvirtaamalla (n. 2,5 l/s). Seuraavassa lyhyt kuvaus kunkin laitoksen kokeista.

#### Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely

Laukaan laitoksella laitetta testattiin hautomon saavihaudonnassa. Tulovesi (Peurunkajärvi) johdettiin kiintoainemäärän vähentämiseksi viirakangassuodattimella varustettuun kaukaloon, siitä pumpun kautta BenRad:iin ja edelleen vesityskourun kautta saaveihin.

BenRad-käsiteltyä vettä (+Pyceze-kylvetys 1:10.000) käytettiin lähinnä nevanlohen haudonnassa (23 saavia). Lisäksi yksi Isojoen meritaimensaavi oli käsitellyn veden piirissä. Taimenet (Ingarskilan-, Iso- ja Lestijoen meritaimenet, Rautalammin reitin järvitaimen sekä Luutajoen purotaimen) haudottiin normaalisti, ilman käsittelyjä (käytössä kylmävesikierrätys).

Kokeellista vertailua ei järjestetty, joskin yksi Isojoen meritaimensaavi oli haudonnassa sekä BenRad-käsitellyssä vedessä, että normaalivesityksellä.

#### Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely

Saimaan laitoksella laitetta testattiin eristysosaston kaukalohaudonnassa. Tulovesi (Pahkajärvi) johdettiin hiekkasuodattimen kautta BenRad:iin ja edelleen putken kautta kaukaloihin.

BenRad-käsiteltyä vettä käytettiin järvilohen (8 kaukaloa) ja järvitaimenen (2 kaukaloa) luonnonmädin haudonnassa. Lisäksi suoritettiin pienimuotoinen mädin käsittelykoe (3 ryhmää) järvilohen mädillä (ks. luku 3.1.2.).

#### Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus

Taivalkosken laitoksella laitetta testattiin hautomon saavihaudonnassa. Tulovesi (Ohtaoja) johdettiin hiekkasuodattimen kautta BenRad:iin ja edelleen putken kautta saaveihin.

BenRad-käsiteltyä vettä käytettiin lähinnä Iijoen lohien haudonnassa (15 saavia), mutta myös Tornionjoen lohen (4 saavia), Rautalammin reitin järvitaimenen (5 saavia), Ohtaojan purotaimenen (1 saavi) ja Amerikkalaisen puronierjän (1 saavi) haudontaan. Pääosa taimenista (Iijoen meritaimen, Kitkajärven järvitaimen, Kemi-, Ohta- ja Ounasjoen purotaimenet) sekä yksi puronieriäsaavi haudottiin normaalivesityksellä.

Kokeellista vertailua ei järjestetty, joskin yksi Amerikkalaisen puronieriäkannan saavi oli haudonnassa sekä BenRad-käsitellyssä vedessä, että normaalivesityksessä.

#### 3.1.1. Mittaukset, näytteenotot ja vesianalyysit

BenRad:in desinfiointitehon testaukseen liittyen otettiin kaikilla kolmella laitoksella vesinäytteitä neljä kertaa (20.11.2001, 18.12.2001, 15.1.2002 ja 12.2.2002). Näytteenotoista huolehti kunkin laitoksen viljelyhenkilöstö, joka mittasi samalla myös ve-

den lämpötilan (°C), happipitoisuuden (mg/l) ja pH:n. Näytteet otettiin BenRad:lle tulevasta ja siitä lähtevästä vedestä (taulukko 1). Näytteistä analysoitiin veden kiintoainepitoisuus (mg/l), kemiallinen hapenkulutus (COD<sub>Mn</sub> mg/l O<sub>2</sub>) sekä kokonaismikrobimäärä (kpl/ml). Kokonaismikrobimäärä analysoitiin siksi, että vesihomeitiöiden kasvatustekniikat ovat puutteelliset; tulevasta vedestä on yleensä hyvin vaikeaa löytää vesihomeitiöitä. Homeitiöiden määrän muutoksen voidaan kuitenkin olettaa olevan suhteessa kokonaismikrobien muutokseen. Mikäli saavutetaan hyvin korkea mikrobimäärän väheneminen, voidaan arvioida homeitiöiden määrän vähentyvän samassa suhteessa. Analyysit ja mikrobien kasvatuksen teki Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistys ry:n julkisen valvonnan alainen laboratorio.

**Taulukko 1. BenRad:lle tulevan ja lähtevän veden näytteenottoaikat eri laitoksilla syksyllä 2001 - talvella 2002.**

Laitos	Tulevan veden näyte	Lähtevän veden näyte
Laukaa (LAU)	ennen pumppua oleva kaukalo: n. 3 m ennen laitetta (avoin tila)	tulovesikouru: n. 5,5 m laitteen jälkeen (avoin tila)
Saimaa (SAI)	tulovesiputki (hiekkasuodattimen jälkeen): n. 0,5 m ennen laitetta (venttiili)	poistovesiputki: n. 0,5 m laitteen jälkeen (venttiili)
Taivalkoski (TAI)	lähin kaukalo (hiekkasuodattimen jälkeen): n. 5 m ennen laitetta (avoin tila)	yläkaukaloon menevä putki: n. 1,5 m laitteen jälkeen (venttiili)

### 3.1.2. Mädin käsittelykoe

Syksyn ja talven kuluessa (8.11.2001-12.2.2002) tehtiin Saimaan laitoksen eristysosastossa pienimuotoinen mädin käsittelykoe järvilohen mädillä (emot: vuosiluokan 1994 naaras × vuosiluokan 1999 koiras), jossa testattiin kolmen eri menettelyn tehokkuutta mädin hometorjunnassa (taulukko 2). Kun mäti oli peräisin yhdeltä parilta, eli erittäin samanarvoista lähtötilanteesta, arvioitiin menetelmäerojen tulevan näkyviin hyvinkin herkästi.

Kuhunkin koe-erään (kaukalo) laitettiin n. 1 000 kpl mätimunaa yhdelle asetille, kuolleet mätimunat poistettiin ja laskettiin n. kerran kuussa ja kokeen lopuksi laskettiin elävät mätimunat.

**Taulukko 2. Saimaan laitoksen haudontavertailun koeryhmät syksyllä 2001 - talvella 2002.**

Koeryhmä	Tuloveden käsittely
BenRad	Pahkajärven tuloveden käsittely BenRad:lla, ei kylvetyksiä
Pyceze	Pahkajärven tulovesi, kylvytys Pyceze:llä 1-2 kertaa viikossa*)
kontrolli	Pahkajärven tulovesi, ei toimenpiteitä

\*) 1:10 000, 30 min. (ks. Terve kala-kirja)

### 3.2. Syksy 2002 - talvi 2003 Saimaan laitoksella

Syksyllä 2002 jatkettiin BenRad:in testausta Saimaan laitoksella. Edellisvuoden tulosten perusteella BenRad AB toimitti laitteen keskimmäiseen kolonniin ns. ”boosterin”, jonka tuli lisätä desinfiointitehoa. Muuten laite- ja vesityskokonaisuus oli rakenteellisesti sama kuin edellistalvena. Edellisen vuoden tapaan testaukset tehtiin eristysosaston kaukalohaudonnassa järvilohen (5 kaukaloa) ja järvitaimenen (2 kaukaloa) luon-



nonmädillä. Lisäksi suoritettiin mädin käsittelykoe (3 ryhmää) järvilohen ja -taimenen mädillä (ks. luku 3.2.2.).

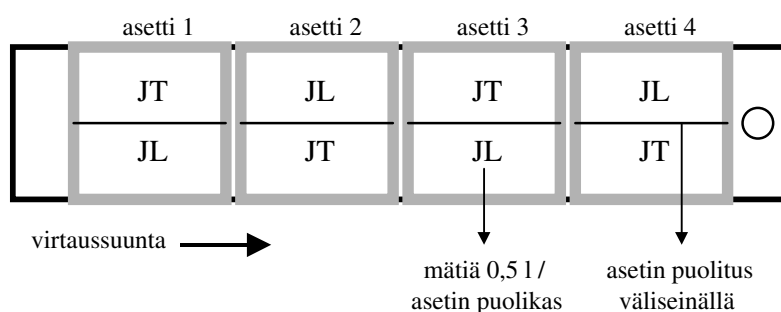
### 3.2.1. Mittaukset, näytteenotot ja vesianalyysit

Saimaan laitoksen vesinäytteenotot (29.10.2002, 3.12.2002 ja 14.1.2003), mittaukset, vesianalyysit ja tulosten analysointi suoritettiin vastaavalla tavalla kuin edellisenäkin vuonna. BenRad:lle tulevan (hiekkasuodatettu vesi) ja siitä lähtevän veden (ks. taulukko 1) lisäksi näytteitä otettiin myös Pahkajärven suodattamattomasta tulovedestä ja haudontavertailussa kaukaloiden alku- ja loppupäästä. Analyysit teki Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistyksen laboratorio.

### 3.2.2. Mädin käsittelykoe

Syksyn ja talven kuluessa (25.10.2002-23.1.2003) tehtiin Saimaan laitoksen eristysosastossa mädin käsittelykoe, jossa testattiin eri käsittelyjen tehokkuutta mädin homeorjunnassa vastaavilla koeryhmillä kuin edellisen talven pilottikokeessa (ks. taulukko 2). Koejärjestely oli kuitenkin laajempi, sillä mukana oli järvilohen lisäksi järvitaimen ja mätimäärät olivat selvästi suuremmat (2 litraa mätää/ryhmä/laji). Järvilohen mäti (emot: vuosiluokan 1996 naaraat × vuosiluokan 2000 koiraat), kuten myös järvitaimen mäti (emot: vuosiluokan 1997 naaraat × vuosiluokan 1999 koiraat) lypsettiin ja hedelmöitettiin parittaista hedelmöitystä käyttäen 25.10. Paisuntavaiheen jälkeen eri parien mädit yhdistettiin ja sekoitettiin huolellisesti emovaikutuksen välttämiseksi. Kummankin lajin mäti jaettiin sitten kolmeen kaukaloon, jossa kussakin oli neljä puolittua asettia (kuva 2).

Mäti haudottiin ensin pelkästään BenRad-käsitellyssä vedessä 25.-28.10 välisen ajan, kuolleet mätimunat poistettiin 26.10. ja mäti kylvetettiin Pycezellä 28.10, jolloin varsinainen koejakso alkoi. Näin varmistettiin, että kaikissa ryhmissä lähtötilanne olisi mahdollisimman samanlainen. Edellisen vuoden tavoin kuolleet mätimunat poistettiin ja laskettiin säännöllisesti ja kokeen loppuun laskettiin elävät mätimunat. Lisäksi kokeen aikana analysoitiin kunkin kaukalon tulo- ja poistoveden kokonaismikrobimäärät (kpl/ml) kolme kertaa (29.10.2002, 3.12.2002 ja 14.1.2003).



**Kuva 2. Koejärjestelyt haudontakaukaloissa Saimaan laitoksella syksyllä 2002 - talvella 2003. Kutakin koetta varten oli yksi kaukalo.**

## 4. Veden laatu testausten aikana

### 4.1. Syksy 2001 - talvi 2002

Haudontalämpötilat vaihtelivat eri laitoksilla. Keskimäärin lämpimintä vesi oli Saimaan laitoksella ja kylmintä Taivalkoskella. pH-arvossa oli pieniä eroja laitosten välillä, BenRadin toimivuuden kannalta olosuhteet olivat suotuisimmat Saimaan laitoksella. Veden happipitoisuus oli hyvä kaikilla laitoksilla (taulukko 3).

Kiintoaineen määrä oli alhainen, eikä siinä ollut mitattavia eroja tulevan ja BenRad-käsitellyn veden, eikä laitostenkaan välillä. Kemiallisessa hapenkulutuksessa oli pieniä eroja niin tulevan ja BenRad-käsitellyn veden kuin laitostenkin välillä; liuenneen orgaanisen aineen määrä oli korkein Saimaan laitoksella (taulukko 4).

**Taulukko 3. Veden laatua kuvaavia arvoja kokeen aikana (20.11.2001-12.2.2002) eri laitoksilla.**

Päivämäärä	Lämpötila °C			pH			Happi mg/l		
	LAU	SAI	TAI	LAU	SAI	TAI	LAU	SAI	TAI
20.11.2001	1,2	2,4	0,2	7,1	6,5	6,1	13,1	12,4	12,0
18.12.2001	1,5	2,1	0,2	6,6	7,1	6,3	12,6	11,6	12,5
15.1.2002	1,7	1,5	0,2	6,6	7,4	6,3	12,6	12,5	12,4
12.2.2002	1,8	1,4	0,2	6,6	7,5	6,4	12,1	11,9	12,3

**Taulukko 4. Vesianalyysien tuloksia kokeen aikana (20.11.2001-12.2.2002) eri laitoksilla. Tuleva = BenRad:lle tuleva vesi, lähtevä = BenRad:lta poistuva vesi.**

Päivämäärä	Kiintoaine mg/l					
	LAU <sub>tuleva</sub>	LAU <sub>lähtevä</sub>	SAI <sub>tuleva</sub>	SAI <sub>lähtevä</sub>	TAI <sub>tuleva</sub>	TAI <sub>lähtevä</sub>
20.11.2001	<1	<1	<1	<1	<1	<1
18.12.2001	<1	<1	<1	<1	<1	<1
15.1.2002	<1	<1	<1	<1	<1	<1
12.2.2002	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Päivämäärä	Kemiallinen hapenkulutus COD <sub>Mn</sub> mg/l O <sub>2</sub>					
	LAU <sub>tuleva</sub>	LAU <sub>lähtevä</sub>	SAI <sub>tuleva</sub>	SAI <sub>lähtevä</sub>	TAI <sub>tuleva</sub>	TAI <sub>lähtevä</sub>
20.11.2001	5,4	5,4	6,3	6,3	5,9	6,0
18.12.2001	5,5	5,5	6,6	6,0	5,3	5,3
15.1.2002	5,7	5,4	6,3	6,2	5,2	5,0
12.2.2002	5,6	5,8	6,4	6,4	5,2	5,3

## 4.2. Syksy 2002 - talvi 2003

Saimaan laitoksella haudontalämpötila laski normaaliin tapaan lokakuun lopulta tammi-kuulle. Veden pH:ssa esiintyi niinkään normaalia vaihtelua. Happipitoisuus oli hyvä koko ajan (taulukko 5). Kiintoaineen määrä oli vähäinen, eikä tulevan ja hiekkasuodatetun (ennen BenRad:a) veden välillä ollut eroja. Kemiallisessa hapenkulutuksessa ei ollut myöskään merkittäviä eroja (taulukko 6). Olosuhteet vastasivat varsin hyvin edellistalvea.

**Taulukko 5. Veden laatua kuvaavia arvoja kokeen aikana (29.10.2002-14.1.2003) Saimaan laitoksella.**

Päivämäärä	Lämpötila °C	pH	Happi mg/l
29.10.2002	4,1	7,1	11,1
3.12.2002	2,2	6,6	12,6
14.1.2003	1,9	7,0	11,1

**Taulukko 6. Vesianalyysien tuloksia kokeen aikana (29.10.2002-14.1.2003) Saimaan laitoksella. Tuleva = Pahkajärven tulovesi, suodatettu = hiekkasuodatettu vesi ennen BenRad:ia.**

Päivämäärä	Kiintoaine mg/l		Kemiallinen hapenkulutus COD <sub>Mn</sub> mg/l O <sub>2</sub>	
	tuleva	suodatettu	tuleva	suodatettu
29.10.2002	<1	<1	5,5	5,3
3.12.2002	<1	<1	5,7	5,7
14.1.2003	<1	<1	5,7	5,5

## 5. BenRad - haudontatulos ja desinfiointiteho

### 5.1. Syksy 2001 - talvi 2002

#### 5.1.1. Haudontatulos

Laukaan laitoksella nevanlohen haudontatulos saaveissa (BenRad + Pyceze-kylvetys) oli totuttua huonompi, mädistä kuoli keskimäärin 40 % (tavallisesti vastalypsetystä mädistä tuhoutuu silmäpisteasteelle tultaessa alle 20 %). Saaveittain kuolleisuus vaihteli 20-64 %:n välillä. Isojoen meritaimenella kuolleisuus (1 saavi) jäi 7 %:iin ja vertailuna olleen, ilman BenRad:ia haudotun saavin mätikuolleisuus oli 9 %.

Saimaan laitoksella järvilohen ja -taimenen luonnonmädin haudontatulos eristysosaston kaukaloissa BenRad-käsitellyllä vedellä jäi huonommaksi kuin keskimäärin aikaisempina vuosina. Järvilohen mädistä kuoli lähes 60 % ja järvitaimenella yli 40 % (taulukko 7). Pitkäaikaisen keskiarvon (v. 1990-2000) perusteella mätikuolleisuus on Saimaan laitoksella järvilohen luonnonmädillä ollut keskimäärin n. 30 % ja järvitaimenella alle 15 %.

**Taulukko 7. Järvilohen ja -taimenen luonnonmädin haudontatulos Saimaan laitoksen eristysosastossa lokakuun lopun 2001 ja helmikuun alun 2002 välisenä aikana.**

Laji	vl-mäti kpl	spa-mäti kpl	eloonjäänti-%
järvilohi	123 673	52 864	43
järvitaimen	21 978	12 537	57

Taivalkosken laitoksella lohien (Iijoen ja Tornionjoen kannat) haudontatulos saaveissa (BenRad-käsittely tulovesi) antoi erittäin huonon tuloksen; mädistä kuoli keskimäärin 95 %. Tavanomainen mädin eloonjäänti (vastalypsetyn mädin ja silmäpistemädin tilavuuden perusteella) on noin 50 %. Rautalammin reitin järvitaimenella kuolleisuus oli kuitenkin vain 35 % ja Ohtaajan purotaimenella taas 87 %. Amerikkalaisen kannan puronierään (1 saavi) mädistä kuoli kaikki, kuten myös vertailuna olleen, ilman BenRad:ia haudotun saavinkin mädistä. Merkille pantavaa ovat laji- ja kantakohtaiset suuret erot, johon haudontaveden käsittelyllä on tuskin suurtakaan merkitystä.

#### 5.1.2. Kokonaismikrobimäärä ja desinfiointiteho

Laitosten välillä oli hyvin suuria eroja BenRad:lle tulevan veden kokonaismikrobimäärissä. Saimaan laitoksen korkeat määrät selittyvät kuitenkin hiekkasuodattimen pitkään käyttämättä olleeseen hiekkaan kertyneestä mikrobistosta, joka suodattimen vastavirtapuhdistamisen jälkeen (ks. helmikuun näyte) oli jo vähentynyt (taulukko 8).

BenRad:n kyvyssä tuhota eläviä mikrobeja oli myös suuria eroja. Laukaan ja Taivalkosken laitoksilla desinfiointiteho vaihteli suuresti näyterkerroittain. Saimaan laitoksella keskimääräinen desinfiointiteho oli erinomainen, muilla laitoksilla vain välttävä (taulukko 8). Kaikilla laitoksilla oli kuitenkin vielä huomattava määrä eläviä mikrobeja BenRad-käsitellyssäkin vedessä.

**Taulukko 8. Kokonaismikrobimäärä BenRadille tulevassa ja käsitellyssä (lähtevä) vedessä sekä BenRad:n desinfiointiteho testauksen aikana (20.11.2001-12.2.2002) eri laitoksilla.**

	Laukaa			Saimaa			Taivalkoski		
	tuleva kpl/ml	lähtevä kpl/ml	desinf. teho %	tuleva kpl/ml	lähtevä kpl/ml	desinf. teho %	tuleva kpl/ml	lähtevä kpl/ml	desinf. teho %
20.11.01	140	46	67	2 200	99	96	590	450	24
18.12.01	60	16	73	5 300	490	91	540	210	61
15.01.02	36	38	-6	12 000	310	97	1 200	480	60
12.02.02	42	30	29	1 300	54	96	500	510	-2
keskim.			<b>53</b>			<b>95</b>			<b>42</b>

### 5.1.3. Mädin käsittelykoe

Saimaan laitoksella talvella 2001-2002 mädin käsittelykokeessa paras haudontatulos saavutettiin BenRad-ryhmässä, joskaan ryhmien välillä ei voida sanoa olleen merkittäviä eroja. Mädin kuolleisuus jäi kaiken kaikkiaan vähäiseksi, mikä selittyy pienillä mätierillä; mädin ollessa yhdessä kerroksessa ja asetin vajaasti täytettynä homekasvuston leviäminen mätimunista toisiin vaikeutuu. (taulukko 9).

**Taulukko 9. Järvilohen mädin haudontatulos koeryhmittäin kokeen aikana (8.11.2001-12.2.2002) Saimaan laitoksella.**

Ryhmä	kuolleet kpl 8.11.-12.2.	elävät kpl 12.2.	mätää alussa kpl	eloon- jäätty-%
BenRad	73	822	895	91,8
Pyceze	143	797	940	84,8
kontrolli	126	1 085	1 211	89,6

## 5.2. Syksy 2002 - talvi 2003

### 5.2.1. Haudontatulos

Saimaan laitoksella järvilohen ja -taimenen luonnonmädin haudontatulos eristysosaston kaukaloissa (kaikki vesi BenRad-käsiteltyä) oli järvilohella selvästi parempi kuin edellisenä vuonna vastaten normaalitasoa. Järvitaimenella tulos vastasi edellisvuotta, eli oli edelleen tavanomaista heikompi, mikä johtuu todennäköisesti enemmän mädin-hankintaoloista kuin haudonnasta (taulukko 10, myös taulukko 7).

**Taulukko 10. Järvilohen ja -taimenen luonnonmädin haudontatulos Saimaan laitoksen eristysosastossa lokakuun lopun 2002 ja tammikuun puolivälin 2003 välisenä aikana.**

Laji	vl-mäti kpl	spa-mäti kpl	eloonjäätty-%
järvilohi	93 419	69 618	75
järvitaimen	54 435	31 836	58

### 5.2.2. Kokonaismikrobimäärä ja desinfiointiteho

Saimaan laitoksen tulevan veden kokonaismikrobimäärä oli edelliseen vuoteen verrattuna hyvin alhainen, mikä johtui hiekkasuodattimen säännöllisestä puhdistamisesta. Laitteen kyky tuhota eläviä mikrobeja vaihteli näytekerroittain (kuten edellisenä talve-

na Laukaalla ja Taivalkoskella) ja keskimääräinen desinfiointiteho jäi selvästi huonommaksi (64 %) (taulukko 11) kuin edellisenä vuonna (95 %). Käytännössä 2002-2003 kaudella desinfiointitulos Saimaan laitoksella oli vain lievästi parempi kuin Laukaan ja Taivalkosken edellisen talven tulokset.

**Taulukko 11. Kokonaismikrobimäärä Pahkajärven tulovedessä (tuleva), hiekkasuodatetussa (suodatettu, ennen BenRad:ia) ja BenRad-käsitellyssä (lähtevä) vedessä sekä laitteen desinfiointiteho testauksen aikana (29.10.2002-14.1.2003) Saimaan laitoksella.**

	tuleva kpl/ml	suodatettu kpl/ml	lähtevä kpl/ml	desinf. teho %
29.10.2002	140	220	74	66
3.12.2002	26	73	39	47
14.1.2003	16	31	5	84
keskim.				<b>64</b>

### 5.2.3. Mädin käsittelykoe

Saimaan laitoksella talvella 2002-2003 mädin käsittelykokeessa mätikuolleisuus oli pienintä Pyceze-ryhmässä sekä järvilohella että järvitaimenella. Eniten kuolleisuutta esiintyi BenRad-ryhmässä molemmilla lajeilla, joskaan ero ei ollut merkittävä kontrolliryhmään verrattuna. Järvilohella mädin kuolleisuus oli odotetusti suurempaa kuin järvitaimenella, mutta oleellista on se, että Pyceze-käsittelyllä päästiin mädin eloonjäännissä lähes järvitaimenen tasolle (taulukko 12).

**Taulukko 12. Järvilohen ja -taimenen mädin haudontatulos koeryhmittäin kokeen aikana (27.10.2002-22./23.1.2003) Saimaan laitoksella.**

Ryhmä	kuolleet (kpl)		mätää alussa (kpl)		eloonjäänti-%	
	järvilohi	järvitaimen	järvilohi	järvitaimen	järvilohi	järvitaimen
BenRad	4 352	1 666	10 270	14 823	57,6	88,8
Pyceze	1 568	462	10 790	13 383	85,5	96,5
kontrolli	4 088	1 320	10 318	13 858	60,4	90,5

Eri asettien tulosta vertailtaessa oli myös havaittavissa, että kaukaloiden tulovesipäässä saavutettiin parempi haudontatulos kuin poistovesipään aseilla. Kokonaismikrobimäärät kaukaloiden alku- ja loppupäässä viittaavatkin siihen, että mikrobit rikastuvat mädin läpi kulkiessaan, mikä selittää osaltaan tulosta (taulukko 13). Pienten näyttemäärien ja suhteellisen pienten erojen vuoksi tulosta voi pitää kuitenkin enintään suuntaa-antavana.

**Taulukko 13. Koeryhmien kaukaloiden tulo- ja poistoveden kokonaismikrobimäärät (kpl/ml) näytekeroittain Saimaan laitoksella.**

Ryhmä	29.10.2002		3.12.2002		14.1.2003		keskimäärin	
	tulo- vesi	poisto- vesi	tulo- vesi	poisto- vesi	tulo- vesi	poisto- vesi	tulo- vesi	poisto- vesi
BenRad	34	66	59	150	280	86	124	101
Pyceze	92	100	17	160	47	120	52	127
kontrolli	42	140	18	110	190	130	83	127

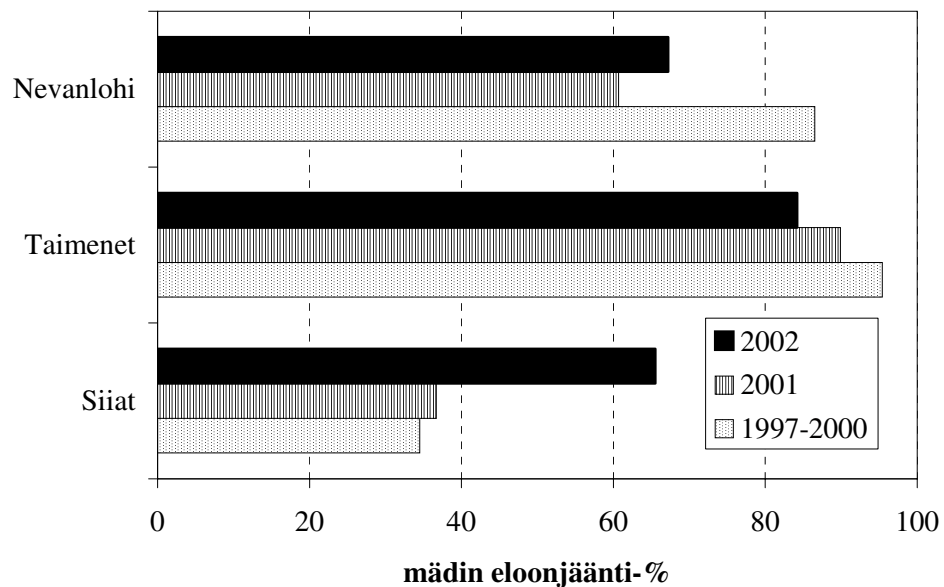
## 6. Ilman malakiittia syksystä 2001 talveen 2003

### 6.1. Laukaan kalantutkimus ja vesiviljely

Haudontakausi 2001-2002 oli Laukaan laitoksella nevanlohen saavihaudonnan osalta aiempia vuosia vaikeampi ja tulos jäi keskimääräistä huonommaksi BenRad:in ja Pycezen käytöstä huolimatta. Asettihaudonnassa mädin kuolleisuus jäi kuitenkin alle 10 %:iin. Meri-, järvi- ja purotaimenter haudontatulos vastasi lähes normaalia. Saaveissa (kylmävesikierrätys) mädin kuolleisuus oli keskimäärin vain 5 %, joskin kanta- ja saavikohtaiset eroja ilmeni (maksimikuolleisuus mm. järvitaimenerällä 28 %). Plankton- ja vaellussiioilla haudontatulos vastasi aiempia vuosia (kuva 3).

Haudontakausi 2002-2003 ei ollut nevanlohen saavihaudonnassa (ei kylvetyksiä) juurikaan parempi kuin edellistalvena. Asettihaudonnassa mädin kuolleisuus oli n. 10 %. Meri-, järvi- ja purotaimenterilla tulos oli hieman edelliskautta huonompi ja mätikuolleisuus vaihteli suuresti haudontaerästä riippuen (3-71 %). Siiioilla haudontatulos oli selvästi keskimääräistä parempi (kuva 3). Osittain huonoon haudontatulokseen on voinut vaikuttaa kesän 2002 lohikaloille epäedulliset kasvatusolosuhteet.

Kahden vuoden kokemusten perusteella malakiittivihreästä luopuminen näyttää Laukaan laitoksen kokemusten mukaan edelleen aiheuttavan ongelmia nevanlohen ja taimenter saavihaudonnassa.



**Kuva 3.** Nevanlohen, taimenter (meri-, järvi- ja purotaimenter; yhdistetty) ja siiokojen (plankton- ja vaellussiika; yhdistetty) mädin eloonjäänti-% vastalypsetystä silmäpisteasteelle keskimäärin vuosina 1997-2000 ja vuonna 2001 sekä 2002 (tulosraportit 1997-2003\*).

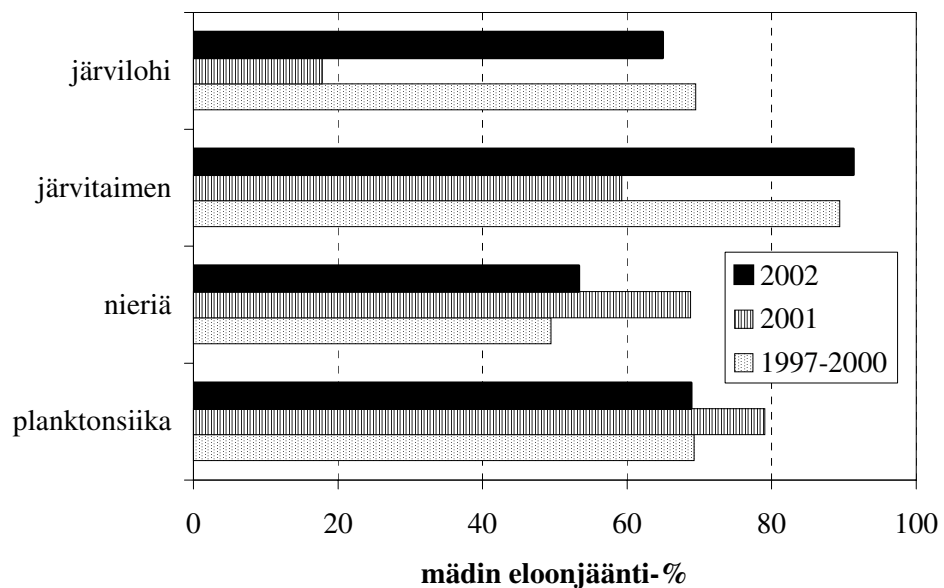
\* Aineisto perustuu tulosraportoinnin yhteydessä kerättyyn tietoon vastalypsetystä mätimäärästä ja raportoituihin silmäpisteestemädin toimitustietoihin.

## 6.2. Saimaan kalantutkimus ja vesiviljely

Haudontakausi 2001-2002 oli Saimaan laitoksella aiempia vuosia vaikeammin hallittava ja eri lajien haudontatulokset olivat hyvin vaihtelevia. Järvilohella tulos oli poikkeuksellisen huono, järvitaimenen selvästi keskimääräistä huonompi, mutta nieriällä parhaimpia kautta aikojen. Planktonsiian haudontatulos vastasi normaalia (kuva 4). Hometta esiintyi runsaasti erityisesti järvilohen saavihaudonnassa, eikä Pyceze näyttänyt tehoavan, joskin on huomattava, että kylvetyks toteutettiin ensimmäistä kertaa vasta rakennetulla kierrätysjärjestelmällä ja kylvetyksen aloitus viivästyi, jolloin homeen kehitys oli jo käynnistynyt (Makkonen 2003).

Haudontakausi 2002-2003 oli edellistä parempi ja mätikuolleisuus vastasi kaikilla syyskutuisilla lajeilla normaalia (kuva 4). Home pysyi kurissa niin saaveissa, aseteilla kuin suppiloissa. Tähän on monia syitä, mm. Pyceze-kylvetykset saaveissa (myös aseteilla) päästiin aloittamaan heti lypsyjen jälkeen, rakennettiin edellisen haudontakauden kokemusten perusteella uudentyypinen kylvetyksen kierrätysjärjestelmä hautomoon, tehostettiin hautomon tuloveden kiintoaineen poistoteho moninkertaiseksi uuden rumpusiivilän avulla.

Kahden vuoden kokemusten perusteella malakiittivihreästä luopuminen näytti aluksi aiheuttavan Saimaan laitoksen hautomotoiminnassa suuria ongelmia, mutta tilanne näyttää normalisoituneen mm. edellä mainittujen teknisten ratkaisujen ansiosta.



**Kuva 4. Järvilohen, järvitaimenen, Saimaan nieriän ja planktonsiian mädin eloonjäänti-% vastalypsetystä silmäpisteesteelle keskimäärin vuosina 1997-2000 ja vuonna 2001 sekä 2002 (tulokset 1997-2003\*).**

\* Aineiston lähtötiedot, ks. kuvan 3 selite.

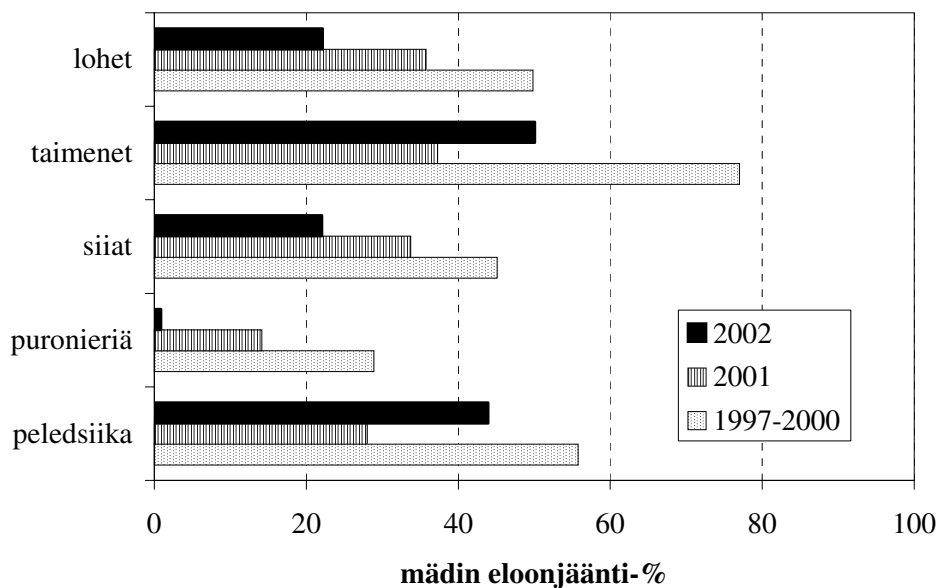
## 6.3. Taivalkosken riistan- ja kalantutkimus

Haudontakausi 2001-2002 oli Taivalkosken laitoksella lohien saavihaudonnassa erittäin vaikea ja haudontatulos jäi hyvin huonoksi (kuolleisuus 95 %) BenRad:in käytöstä huolimatta. Meri- järvi- ja purotaimenilla tulos oli myös aiempaa huonompi, mätikuolleisuus vaihteli lajeittain ja kannoittain 34-85 % välillä. Sama suuntaus näkyi myös asettihaudonnassa, eli tappiot olivat aiempia vuosia suurempia ja hometta esiintyi silmämääräisesti enemmän. Kokonaisuudessaan (saavit, asetit, suppilot) mätikuolleisuus oli keskimääräistä suurempaa kaikilla syyskutuisilla lajeilla (kuva 5).



Haudontakausi 2002-2003 oli lohien osalta vieläkin huonompi kuin vuotta aiemmin. Syksyllä mädin hedelmätyöstulos (kuolleita mätimunia runsaasti haudonnan alkaessa) oli erittäin huono ja sen seurauksena mäti homehtui niin saaveissa kuin aseiteillakin. Mätiä kylvetettiin 2-3 kertaa viikossa formaliinilla, mutta se nähtävästi ei estänyt homeen kasvua sen päästyä mädin suuren alkukuolleisuuden johdosta alkuun. Myös kaikilla muillakin syyskutuisilla lajeilla mädin kuolleisuus oli keskimääräistä suurempaa (kuva 5).

Kahden vuoden kokemusten perusteella malakiittivihreästä luopuminen näyttää edelleen aiheuttavan Taivalkosken laitoksen hautomossa melkoisia ongelmia syyskutuisen kalalajien haudonnassa.



**Kuva 5. Lohien, taimenten (meri-, järvi- ja purotaimen; yhdistetty), siikojen (plankton-, pohja- ja vaellussiika; yhdistetty) sekä puronieriän ja peledsiikan mädin eloonjäänti-% vastalypsetystä silmäpisteasteelle keskimäärin vuosina 1997-2000 ja vuonna 2001 sekä 2002 (tulokset 1997-2003\*).**

\* Aineiston lähtötiedot, ks. kuvan 3 selite.

## 6.4. Kokemuksia Lapin alueen laitoksilta

RKTL:n pohjoiset kalanviljelylaitokset (Muonio, Inari ja Sarmijärvi) eivät olleet mukana BenRad-laitteen testauksessa. Kaikilla kolmella laitoksella käytettiin syksyyn 2001 asti malakiittivihreää mädin haudonnan aikaisessa homeentorjunnassa. Malakiittivihreän käyttökielto on aiheuttanut joitain seuraamuksia ja toimenpiteitä haudonnan järjestämisessä.

Muonion laitoksella haudontarutiinit eivät ole juurikaan muuttuneet, sillä lohien, taimenen ja nieriän mädin haudonta tehtiin aiemminkin pääosin aseiteilla, joilta kuolleen mädin poisto on tehty käsin. Saavihaudontaa käytettiin vain satunnaisesti. Inarin ja Sarmijärven laitoksilla mätiä haudottiin aiemmin asettien lisäksi saaveissa ja tihkuhaudontalaitteissa. Malakiitin käyttökiellon jälkeen saavi- ja tihkuhaudonnasta on luovuttu kokonaan Inarissa ja vastaavasti jouduttu lisäämään käsityön määrää. Sen sijaan Sarmijärven laitoksen hyvä veden laatu näyttää edelleen mahdollistavan haudonnan myös saaveissa ja tihkuhaudontalaitteissa. Mädin kylvetyksineistä on luovuttu lähes kokonaan. Pycezea testattiin Sarmijärvellä saavihaudonnassa, eikä sillä saavutettu mainittavaa lisähyötyä (Iivari 2003).

Yleisesti voidaan todeta, että kaikilla kolmella RKTL:n Lapin laitoksella lohien, taimenien ja nieriöiden haudonnassa on siirrytty pääosin asettihaudontaan kaukaloissa. Syksyn 2001 jälkeen haudonta-ajan mätikuolleisuus on kasvanut jonkin verran, lähinnä lohien osalta. Siiat ja harjukset haudotaan aiempaan tapaan suppiloissa (Iivari 2003).

## 7. Arvio BenRad -laitteen käyttökelpoisuudesta

Euroopan Unionin kiellettyä malakiittivihreän käytön vesihomeen torjunnassa joutuivat kalanviljelylaitosten hautomot hakemaan uusia menetelmiä mädin eloonjäännin varmistamiseksi. Yksi mahdollinen keino tässä on hautomon tuloveden käsittely niin, että tulevan veden mukana kulkeutuvat mikrobit (sieni- ja homeitiöitä, bakteereja ja niiden kestromuotoja) kuolevat ennen kosketusta mätään.

Teoriassa AOP-menetelmä vaikuttaa erittäin käyttökelpoiselta tuloveden desinfiointimenetelmältä ja BenRad-laitteistosovellutus antoi odottaa siltä paljon. Ennalta oli kuitenkin tiedossa, että käsiteltävän veden pH-arvon tulisi mieluiten olla emäksisellä puolella ja että kiintoaineen määrä ja humus, molemmat tyypillisiä suomalaisille pintavesille, vaikuttavat tulokseen.

Saimaan laitoksella laite toimi ja sen desinfiointiteho oli erinomainen syksystä 2001 talveen 2002. Tällöin laitteelle tuleva vesi kuitenkin sisälsi erittäin runsaasti hiekkasuodattimeen kertynyttä mikrobikasvustoa, joka veden mukana kulkeutui järjestelmään. Laukaan ja Taivalkosken laitoksilla laitteelle tulevan veden kokonaismikrobimäärä oli huomattavasti alhaisempi ja desinfiointiteho jäi selvästi huonommaksi, kuten myös Saimaallakin vuotta myöhemmin. Tämä antaa aiheen olettaa, että BenRad pystyi tuhoamaan hyvin hiekkasuodattimeen Saimaan laitoksella kertyneitä mikrobeja, muttei tuloveden mukana tulevaa, oletettavasti erilaista ja mahdollisesti desinfiointikäsittelemättä paremmin kestävästä vesimikrobikantaa.

Saimaan laitoksen osalta arviointia laitteen vaikutuksista mädin kuolevuuteen vaikeuttaa se, että BenRad-desinfiointia käytettiin eristysosastossa järvilohen ja järvitaimenen luonnonmädillä sekä pelkästään asettihaudonnassa, jossa kuolleiden mätimuniin poistaminen voidaan tehdä ja tehdäänkin jo ennen silmäpisteastetta. Sen sijaan Laukaan ja Taivalkosken laitoksilla laitetta testattiin tuotantomittakaavaisesti saavihaudonnassa. Saatujen kokemusten mukaan laitteesta ei näyttänyt olevan mitään hyötyä mädin homeentorjunnassa.

Saimaan laitoksella tehdyt mädin käsittelykokeet, joissa haudottiin vertailukelpoisia mätiryhmiä eri käsittelyin (Pyceze-kylvetys, kontrolliryhmä ja BenRad-desinfioitu tulovesi), eivät käytännössä eronneet toisistaan mädin eloonjäännin suhteen.

BenRad on laitteena yksinkertainen ja periaatteessa helppo käyttää. Käyttöön liittyy kuitenkin muutamia ongelmia. Laitteen tehon säilyminen edellyttää määrävälein (valmistajan suositus kerran tai kahdesti kuussa) tapahtuvaa UV-lamppujen puhdistusta. Tällöin virtaama on katkaistava, ja varsinkaan saavihaudonnassa katkos ei voi olla pitkä. Laitteen UV-lamput ja etenkin niiden kvartsisuojat ovat erittäin helposti särkyviä ja ne pitää puhdistettaessa poistaa kolonneista. Pienikin kolahdus rikkoo kvartsisuojan helposti, jolloin laitetta ei voi käyttää ennen kuin suoja on vaihdettu. Mikäli joku laitos päätyy hankkimaan BenRad-laitteen itselleen, niin samalla kannattaa ostaa muutamia varalamppuja ja -kvartsisuojia varastoon, jolloin välttyään katkoksilta laitteen toiminnassa.

Yhteenvetona voidaan vielä todeta, että ainakaan BenRad-laitesovellutus AOP-menetelmän käytöstä hautomojen tuloveden desinfiointissa ei täyttänyt odotuksia. Suomalaiset luonnonvedet kolmella laitoksella osoittautuivat laitteelle liian haasteellisiksi. Kiintoaineen määrä, lievä happamuus ja vesillemme tyypillinen humus, sekä osa mahdollisesti kylmien vesien desinfiointiakin hyvin kestävästä mikrobeista pystyi läpäisemään laitteiston tuhoutumatta. Suljetuissa tai lähes suljetuissa kiertovesi-, koe- ja karanteenijärjestelmissä BenRad-laite voi olla nyt tutkittuja läpivirtausjärjestelmiä tehokkaampi, koska uutta mikrobistoa ei systeemiin tule ja kierrätysvesi desinfioutuu BenRad-laitteessa kierros kierrokselta.

Ainakin toistaiseksi näyttää siltä, että veden käsittelyyn perustuvaa tekniikkaa, joka korvaisi malakiittivihreän vesihomeen torjunnassa, ei ole sovellettavissa. Näin ollen on pitäydyttävä muihin kylvetysaineisiin ja mädin haudontaan aseteilla tms. oloissa joissa kuolleet mätimunat voidaan poistaa käsityönä. Lisääntyvä käsityön määrä, kalliimmat kylvetysaineet ja siitä huolimatta kasvaneet haudontatappiot ovat johtamassa mädintuotannon kustannusten kasvuun.

Haudontatulokset vaihtelevat eri vuosina ja eri laitoksilla. Kun vaihtelua on vielä laji- en, lajiryhmien ja kantojen välillä, on korkealaatuinen mäti monien tekijöiden summa. Ne olosuhteet, joissa emokalat mädin ja maidin kehittävät, voivat olla tässä hyvin keskeisiä. Viime vuosina mm. veden lämpötilat kasvukausien aikana ovat olleet monilla laitoksilla haitallisen korkeita lohikaloille (Makkonen 2003) ja tämä näyttää heijastelevan mädin haudontatulokseen. Emokalojen viljelyyn liittyy kuitenkin monia muitakin puutteellisesti tunnettuja asioita ja ongelmia, joiden hallintaan tarvitaan tutkimuksen tuottamaa tietoa.

# Kiitokset

Laukaan kalantutkimus ja vesiviljelystä Päivi Anttonen vastasi BenRad:n testaukseen liittyvistä mittauksista ja näytteenotoista sekä Esko Anttonen ja Raimo Jäppinen haudontatietojen ja -tulosten kokoamisesta. Saimaan kalantutkimus ja vesiviljelystä Juha-Pekka Turka teki mittaukset ja näytteenotot sekä vastasi koemätien hoidosta, haudontatietojen kokoamisesta ja raportin kommentoinnista. Taivalkosken riistan- ja kalantutkimuksesta Anita Väisänen huolehti kokeen läpiviennistä ja Matti Karjalainen kokosi haudontatiedot ja -tulokset. Paula Muona Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistyksestä teki vesianalyysit ja määrittä mikrobin määrät.

BenRad AB:n Sten Jonassonille osoitamme kiitokset laitteeseen liittyvästä materiaalista, ohjeista ym. sekä laitteiden sujuvasti hoidetusta vuokraamisesta käyttöömmme testausta varten.

# Kirjallisuus

- Eskelinen, P. 2002. Mädin kylvetys vesihomeen torjumiseksi - kokemuksia Pycezen käytöstä. Kalaterveyspäivä 13.03.2002. Eläinlääkintä- ja elintarvike tutkimuslaitos. EELAn julkaisuja 01/2002: 6.
- Eskelinen, P. 2003 (toim.). Vesihome kalanviljelyn vaivana. Onko taudin torjuntaan menetelmiä? Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 188. 56 s.
- Eskelinen, P., Pylkkö, P., Vennerström, P. 2000. Malakiittivihreälle on vaihtoehtoja. Suomen Kalankasvattaja-Fiskodlaren 29(5):41.
- Iivari, J. 2003. Hautomoelämää malakiittivihreän jälkeen - kokemuksia Inarin, Sarmijärven ja Muonion kalanviljelylaitoksilta. Teoksessa: Manninen, K. (toim.). Vesiviljely muutosten paineessa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen XXVII vesiviljelypäivät. Kala- ja riistaraportteja 269: 31-34.
- Kaijser, B., Törud, B. & Sörgaard, M. 2001a. Replacing malachite green. Fish Farming International. July 2001. Aquanor Preview: 25.
- Kaijser, B., Törud, B. & Sörgaard, M. 2001b. En ny teknologi för att skydda fiskrom i kläckerier, från svampangrepp. Moniste. 3 s.
- Makkonen, J. 2003. Hautomoelämää malakiittivihreän jälkeen - kokemuksia Laukaan, Saimaan ja Taivalkosken kalanviljelylaitoksilta. Teoksessa: Manninen, K. (toim.). Vesiviljely muutosten paineessa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen XXVII vesiviljelypäivät. Kala- ja riistaraportteja 269: 27-30.
- Pursiainen, M. 2002. Malakiitin jälkeen saatuja kokemuksia RKTL:n hautomoissa. Kalaterveyspäivä 13.03.2002. Eläinlääkintä- ja elintarvike tutkimuslaitos. EELAn julkaisuja 01/2002: 4.
- Pylkkö, P., Eskelinen, P. 2001. Mädin haudontaa ilman malakiittia? Suomen Kalankasvattaja - Fiskodlaren 30(4):35-36.
- Rahkonen, R. 2000. Mistä uusia aineita malakiitin tilalle? Suomen Kalankasvattaja-Fiskodlaren 29(3):29-30.
- Rahkonen, R., Vennerström, P., Rintamäki-Kinnunen, P. & Kannel, R. 2000. Terve kala. Tautien ennaltaehkäisy, tunnistus ja hoito. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Nykypaino, Helsinki. 140 s.
- Rahkonen, R., Koski, P., Shinn, A. P., Wootten, R., Valtonen, E. T., Rahkonen, M., Mannermaa-Keränen, A. L., Suomalainen, L. R., Rintamäki-Kinnunen, P., Lankinen, Y., Rahkonen R., Jämsä, K., Konttinen, E., Kannel, R., Grant, A., Marshall, J., Hunter, R., Pylkkö & P., Eskelinen, P. 2002. Post malachite green: Alternative strategies for fungal infections and white spot disease. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists 22(2):152-157.
- Valtonen, T. 2002. Valkopilkkutaudin hoito; mikä avuksi malakiitin jälkeen? Kalaterveyspäivä 13.03.2002. Eläinlääkintä- ja elintarvike tutkimuslaitos. EELAn julkaisuja 01/2002: 8-9.