

Opinnäytetyö (AMK)

Kala- ja ympäristötalous

2009

Katri Senilä

**IMUMADOT  
*ICHTHYOCOTYLURUS  
VAREGATUS* JA *I. PILEATUS*  
AHVENKALOJEN LOISINA**

– transmissio liejukotilosta ahvenkalaan



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU**  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Koulutusohjelman nimi: Kala- ja ympäristötalous

Opinnäytetyön valmistumisajankohta: joulukuu 2009 | Sivumäärä: 30 sivua + 1 liitesivu

Ohjaajat: Anssi Karvonen, Arto Huhta

Katri Senilä

# IMUMADOT *ICHTHYOCOTYLURUS VARIEGATUS* JA *I. PILEATUS* AHVENKALOJEN LOISINA

- transmissio liejukotilosta ahvenkalaan

Imumadot ovat yleisiä kalojen loisia. Ahvenkalojen uimarakossa ja munuaisessa runsaina esiintyvät *Ichthyocotylurus*-suvun imumadot tarvitsevat elämänkierrössään kolmea eri isäntää, joista ensimmäinen väli-isäntä on *Valvatidae*-suvun kotilo, toinen väli-isäntä ahvenkala ja pääisäntä lokki- tai kuikkalintu. Suomen kylmissä oloissa isännästä toiseen on pystyttävä siirtymään lyhyen kesän aikana, sillä alhainen veden lämpötila ja järvien jääpeite estävät elämänkierron etenemisen muina vuodenaikoina. Tässä tutkimuksessa selvitettiin *Ichthyocotylurus pileatus* ja *Ichthyocotylurus variegatus* -loisten esiintymistä ahvenkaloissa sekä *Ichthyocotylurus pileatus* -loisen transmissiota *Valvata macrostoma* -kotilosta ahveneen (*Perca fluviatilis*), kiiskeen (*Gymnocephalus cernuus*) ja kuhaan (*Sander lucioperca*). Kotiloiden ja kalojen *I. pileatus* -tartunnoilla havaittiin olevan selvä ajallinen yhteys. Valtaosa kotiloiden loistartunnoista tapahtui kesäkuun aikana, ja loisten siirtyminen eli transmissio kotiloista kaloihin tapahtui heinä-elokuussa. Uusien *I. variegatus* -infektioiden esiintyvyys kaloissa noudatti samaa kaavaa; loiset lisääntyvät tehokkaasti kotiloissa, mikä johtaa korkeaan infektioprosenttiin kaloissa. Keväällä kuoriutuneista ahvenenpoikasista kaikki olivat saaneet *I. pileatus* -tartunnan syyskuun alkuun mennessä. Loisen kerkariat vapautuivat kotiloisännistään iltahämärissä ja yön pimeinä tunteina, jolloin ahvenet lepäilevät pohjan tuntumassa. Tämä selittää osaltaan sen, kuinka harvojen kotiloiden tuottamat suhteellisen alhaiset loismäärät riittävät infektoimaan ahvenkalat näin menestyksekkäästi.

ASIASANAT:

(parasitismi, loiset, laakamadot, elinkierto, ahvenkalat)

BACHELOR'S THESIS (UAS) | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme: Fisheries and Environment

Date: December 2009 | Total number of pages: 30 pages + 1 appendix page

Instructor(s): Anssi Karvonen, Arto Huhta

Katri Senilä

# TREMATODES *ICHTHYOCOTYLURUS* *VARIEGATUS* AND *I. PILEATUS* AS PARASITES OF PERCHIDS

- transmission from valve snail to perchid fish

Trematodes are common parasites of fish. Swim bladders and kidneys in perchid fish contain abundant amounts of trematodes of the genus *Ichthyocotylurus*. These parasites require three different hosts to complete their life cycle. The first intermediate host needed in this cycle is snail of the genus *Valvatidae*. The parasite then moves into its second intermediate host, perchid fish, and finally into the definitive host, fish-eating bird, such as gull or loon. In the cold conditions of Finland, parasites must be able to transmit themselves from one host to another before life cycle progression is prevented by low water temperatures and lake ice cover. In this study we explored the prevalence and abundance of the parasites *Ichthyocotylurus pileatus* and *Ichthyocotylurus variegatus* within perchids. We also studied the transmission of *I. pileatus* from snail (*Valvata macrostoma*) to perch (*Perca fluviatilis*), ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) and pike-perch (*Sander lucioperca*). The vast majority of the parasite infections in snails occurred during June. Parasite transmission from snails to fish took place in July and August. The occurrence of new *I. variegatus* infections in fish was found to follow the same pattern; parasites reproduce effectively in snails, which leads to a high infection percentage in fish. By early September, all of the perch fry hatched in spring were found to be infected with *I. pileatus*. The parasite cercariae were released from snail hosts at dusk and during the dark hours of the night, when the perch are resting near the lake bottom. This may be one way to explain how relatively low numbers of cercariae produced by a small number of snails are sufficient enough to infect perchids so successfully.

KEYWORDS:

(parasitism, parasites, Platyhelminthes, flatworms, life cycle, perchids)

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 ICHTHYOCOTYLURUS</b>	<b>8</b>
2.1 Sijoittuminen eläinkuntaan	8
2.2 Elämänkierto	8
<b>3 AINEISTO JA MENETELMÄT</b>	<b>13</b>
3.1 <i>Ichthyocotylurus</i> -loisten esiintyminen <i>Valvata macrostoma</i> –kotiloissa	13
3.2 <i>Ichthyocotylurus</i> -loisten esiintyminen ahvenkaloissa	13
3.3 Kerkariatuoanto ja sen vuorokausirytmä	14
3.4 Altistuskokeet	15
<b>4 TULOKSET</b>	<b>15</b>
4.1 <i>Ichthyocotylurus</i> -loisten esiintyminen <i>Valvata macrostoma</i> –kotiloissa	15
4.2 <i>Ichthyocotylurus</i> -loisten esiintyminen ahvenkaloissa	17
4.2.1 <i>I. variegatus</i>	17
4.2.2 <i>I. pileatus</i>	18
4.2.3 <i>Ichthyocotylurus</i> -loisten kokonaistaakka ahvenissa	20
4.3 Kerkariatuoanto ja sen vuorokausirytmä	21
4.4 Altistuskokeet	23
<b>5 TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>24</b>
<b>6 LOPUKSI</b>	<b>28</b>
<b>KIITOKSET</b>	<b>28</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>29</b>

## LIITTEET

Liite 1. *I. pileatus* ja *I. variegatus* –metakerkarioiden tunnistus

## KUVAT

Kuva 1. <i>Ichthyocotylurus variegatus</i> -loisen elämänkierto (piirtänyt I. Rossner).	9
Kuva 2. Tytärsporokysti. © Christian Fuchs.	11
Kuva 3. Kerkaria © Katri Senilä ja kerkarian pää © Anna Faltýnková.	11
Kuva 4. Uusi ja vanha <i>I. variegatus</i> –infektio ahvenen uimarakossa.	17
Kuva 5. Vanhoja <i>I. pileatus</i> –metakerkarioita ahvenen uimarakossa.	18
Kuva 6. Toisen asteen juveniilit <i>I. pileatus</i> ahvenen uimarakossa.	19
Kuva 7. Nuori <i>I. pileatus</i> ahvenen uimarakossa.	19
Kuva 8. Nuori <i>Ichthyocotylurus</i> -infektio kuhan uimarakossa. © Anna Faltýnkova.	24

## KUVIOT

Kuvio 1. Kolmi-isäntäisen elämänkierron haasteet (Poulin 2007, 332).	7
Kuvio 2. <i>Valvata macrostoma</i> -kotiloiden imumatoinfektiot 1–2 metrissä.	16
Kuvio 3. <i>Valvata macrostoma</i> -kotiloiden imumatoinfektiot 5–6 metrissä.	16
Kuvio 4. Kotiloiden <i>Ichthyocotylurus</i> -tartunnat kesällä 2007.	17
Kuvio 5. Uusien <i>I. variegatus</i> -tartuntojen määrän kehitys ahvenkaloissa.	18
Kuvio 6. Uusien <i>I. pileatus</i> -tartuntojen määrän kehitys ahvenkaloissa.	20
Kuvio 7. <i>I. pileatus</i> ja <i>I. variegatus</i> -loisten kokonaistaakka ahvenissa (60–154 mm).	20
Kuvio 9. <i>V. macrostoma</i> -kotiloiden (15 kpl) <i>Ichthyocotylurus</i> -tuotanto suhteessa kotiloisännän elinaikaan.	22
Kuvio 10. <i>Ichthyocotylurus</i> -kerkarioiden parveilu kotilosta vuorokauden eri aikoina.	22
Kuvio 11. <i>I. pileatus</i> -kerkarioiden parveilun vuorokausirytm.	26
Kuvio 12. <i>I. variegatus</i> -kerkarioiden parveilun vuorokausirytm (Bell ym. 1999, 5).	26

## TAULUKOT

Taulukko 1. <i>V. macrostoma</i> -kotiloiden yksilökohtainen <i>Ichthyocotylurus</i> -kerkariatuoannon vuorokausiseuranta.	23
Taulukko 2. Metakerkarioiden koko Niewiadowskan (2003) mukaan.	27
Taulukko 3. Kokeellisen loisaltistuksen tulokset.	27

# 1 Johdanto

“A parasite is an organism living in or on another organism, the host – feeding on it, showing some degree of structural adaptation to it and causing it some harm.” (Poulin 2007, 332.)

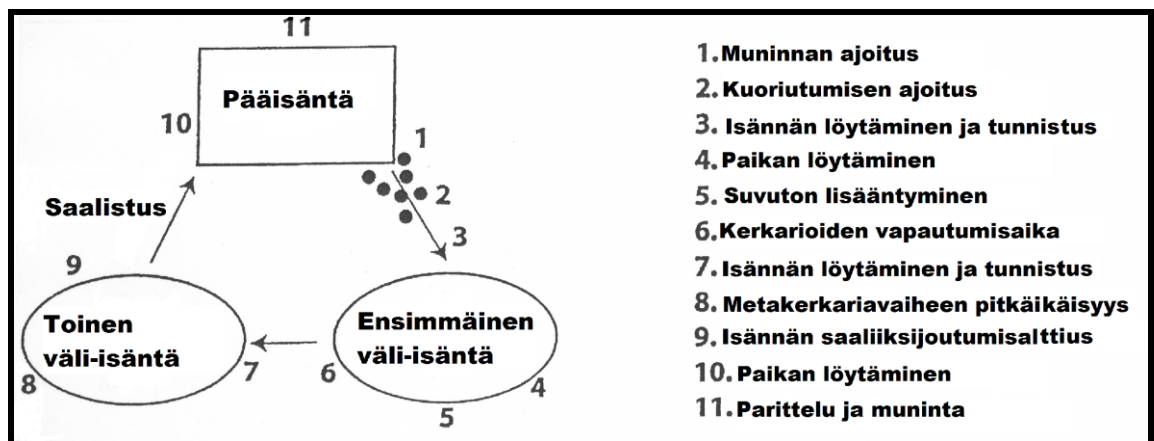
Arvioiden mukaan jopa yli puolet maapallon biodiversiteetistä lajimäärän mukaan laskettuna on loisia. Jotta eliöstä alun alkujaan tulee loinen, on sen lisääntymismenestyksen oltava loisena parempi kuin vapaana elävänä yksilönä. Lisääntymismenestys paranee, kun tietyt toiminnot, kuten liikkuminen ja ruuansulatus, voidaan jättää isännän huoleksi. Loiset ovat usein näennäisen yksinkertaisia, sillä ne ovat menettäneet tarpeettomiksi jääneitä, vapaana eläville eliöille tyypillisiä rakenteita. Tämä ei tarkoita sitä, että loiset olisivat alkeellisia eliöitä. Usein loisilla on varsin monimutkaisia loiselämään tarvittavia rakenteita ja sopeutumia. (Poulin 2007, 332.)

Loiset ovat tärkeä osa vesistöjen eliöyhteisöä. Loiset ovat yleisiä myös kaloissa, ja toisinaan niistä aiheutuu suuria tappioita kalanviljelylle, kuten muun muassa kaloille loiskaihia aiheuttavan *Diplostomum spathaceum* –loisen tapauksessa. (Rahkonen 2000, 4.) Tässä työssä käsitellään *Ichthyocotylurus*-suvun imumatolaisia (*Trematoda*), jotka kuuluvat kalojen yleisimpiin loisiin. *Ichthyocotylurus erraticus* –loisten tiedetään koteloituvan eli kystittyvän lohikalojen sydämeen ja aiheuttavan sydänlihaksen tulehduksia (Rahkonen 2000, 4). Tämän tutkimuksen kohteena ovat ahvenkalojen (ahven, kiiski, kuha) uimarakkoon ja munuaiseen kystittyvät saman suvun edustajat, *I. variegatus* ja *I. pileatus*.

*Ichthyocotylurus*-loiset ovat hyvin yleisiä monissa kalalajeissa. Esimerkiksi siikakaloissa loisivan *I. erraticus* –loisen yksilömäärät lijoen vesistöalueen vaellussiiioissa voivat nousta satoihin (Karvonen & Valtonen 2004, 6) ja tilanne on sama *I. variegatus* –loisen kohdalla Keski-Suomessa sijaitsevan Konneveden ahvenissa (Karvonen ym. 2005, 7). Tässä työssä selvitettiin *Ichthyocotylurus*-loisten esiintymistä eri ikäisissä ahvenkaloissa, ja tutkin kyseisten loisten runsauteen ja vuodenaikaisuuteen vaikuttavia tekijöitä Konnevedellä kesällä 2007. *Ichthyocotylurus*-loiset tarvitsevat elämänsä onnistumiseen kolmea isäntälajia (Swennen ym. 1979, 32).

Monivaiheisen elämänsä onnistuminen on useiden tekijöiden summa (Kuvio 1), mutta kalojen korkeat *Ichthyocotylurus*-loisten määrät osoittavat, että näille loisille on

todennäköisesti kehittynyt mekanismeja, joilla ne vastaavat elämänkierron haasteisiin. (Poulin 2007, 332). Näitä mekanismeja ei kuitenkaan tunneta yksityiskohtaisesti. Suomen oloissa mm. elämänkierron oikea-aikaisuus korostuu, sillä siirtymisen väli-isännästä toiseen on tapahduttava lyhyen kesän aikana. Selvitin tässä tutkimuksessa, milloin ja miten *I. pileatus* -loisten siirtyminen eli transmissio ensimmäisenä väli-isäntänä toimivasta *Valvata macrostoma* -kotilosta toisena väli-isäntänä toimivaan ahvenkalaan tapahtuu, tutkimalla mm. loisen vuodenaikaisuutta kotilo- ja kalapopulaatioissa sekä infektiivisten toukkavaiheiden (kerkaria) vapautumista kotiloista. Loisen elämänkierron hyvä tuntemus auttaa mm. viljeltyjen kalojen loisinfektioiden minimoimisessa sekä vesistön tilan selvittämisessä.



Kuvio 1. Kolmi-isäntäisen elämänkierron haasteet (Poulin 2007, 332).

## 2 *Ichthyocotylurus*

### 2.1 Sijoittuminen eläinkuntaan

Taksonomisen luokituksen mukaan *Ichthyocotylurus*-loiset (taxid: 116873) sijoitetaan eläinkuntaan seuraavasti:

**Pääjakso:** *Platyhelminthes*, laakamadot  
**Luokka:** *Trematoda*, imumadot  
**Alaluokka:** *Digenea*, tiehytmadot  
**Lahko:** *Strigeidida*  
**Yläheimo:** *Strigeoidea*  
**Heimo:** *Strigeidae*  
**Suku:** *Ichthyocotylurus*  
**Lajit:** *Ichthyocotylurus erraticus*  
*Ichthyocotylurus pileatus*  
*Ichthyocotylurus platycephalus*  
*Ichthyocotylurus variegatus*

(The Universal Protein Resource 2009 [Viitattu 11.11.2009].)

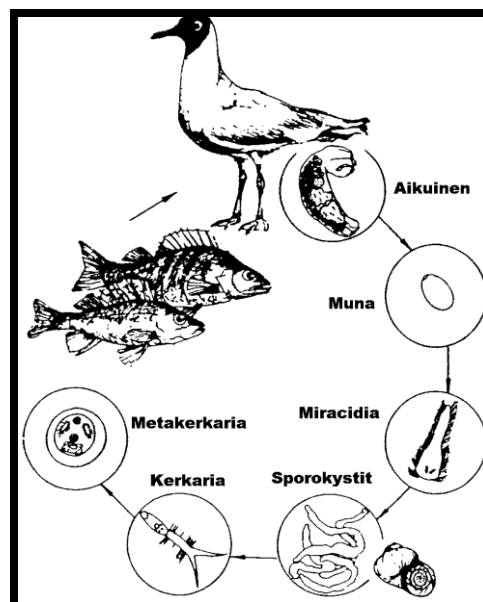
*Ichthyocotylurus*-loiset ovat näennäisen yksinkertaisia, soikeahkoja, matomaisen litteitä eläimiä. Hengitys- ja verenkiertoelimistöä ei ole, ja ruuansulatuselimistökin on hyvin alkeellinen. Kyseessä on sisälöinen, jolla on vatsapuolellaan kaksi imukuppia, ja muita kiinnittymiseen tarkoitettuja rakenteita. (Haahtela ym. 1970, 7; Kansas State University 1999 [Viitattu 23.12.2007]; Tirri ym. 2001, 6.) Muita tärkeitä yksityiskohtia tunnistamisen kannalta ovat loisen kerkariavaiheella oleva kaksiahaarainen häntä, loisen lepovaiheeksi kystittyminen kalassa sekä aikuistumisen tapahtuminen linnun suolistossa (K-State Uni 1999 [Viitattu 23.12.2007]). *Ichthyocotylurus*-sukuun kuuluu neljä elintavoiltaan ja rakenteeltaan hyvin samankaltaista lajia, joiden elämänkiertoa käsitellään tarkemmin luvussa 2.2 (Bell ym. 2001, 10).

### 2.2 Elämänkierto

*Ichthyocotylurus*-suvun loisilla on elämänkierrossaan kaksi väli-isäntää ja pääisäntä (Swennen ym. 1979, 32). Lisäksi loisen elämänkiertoon kuuluu kolme vapaana elävää



vaihetta, joista kaksi on hyvin lyhytikäistä (Swennen ym. 1979, 32; Faulkner ym. 1989, 6). Tämä kierto on esitetty yksityiskohtaisesti kuvassa 1, jossa esimerkkinä on käytetty *Ichthyocotylurus variegatus*-loista (Odening & Bockhardt 1971, 37). *Ichthyocotylurus*-loislajien ensimmäinen väli-isäntä on liejukotiloihin (*Valvatidae*) kuuluva kotilo (Bell ym. 2001, 10). Toinen väli-isäntä on kala. *Ichthyocotylurus*-suvun eri lajit suosivat pääsääntöisesti eri kalalajeja. (Swennen ym. 1979, 32.) Pääisäntänä toimii kalaa syövä lintu. Kuikkalinnut ja lokit ovat yleisimpiä *Ichthyocotylurus*-loisten pääisäntiä. (Faltýnková 2007, henkilökohtainen tiedonanto.) Ensimmäinen väli-isäntä, kotilo, toimii loiselle ravinteiden, tilan, suvuttoman lisääntymisen ja levittäytymisen välineenä (Lockyer ym. 2004, 6). Loiset tuhoavat ensimmäisenä kotilon lisääntymiselimet saadakseen enemmän kotilon resursseja käyttöönsä (Briers 2003, 3). Toinen väli-isäntä kuljettaa mukanaan kystittynyttä loisen metakerkaria-vaihetta, kunnes joutuu pääisännän syömäksi (McCarthy ym. 2002, 9). Pääisännän suolistoon päästyään loinen jatkaa kehitystään, aikuistuu, parittelee ja munii (Odening & Bockhardt 1971, 37). Pääisännälle loinen ei yleensä aiheuta vakavia haittoja. Pääisännän menestyminen on loisenkin etu, sillä linnun mukana loisen munat kulkeutuvat kauas ja leviävät laajoille alueille. (Poulin 2007, 332.)



Kuva 1. *Ichthyocotylurus variegatus* -loisen elämänkierto (piirtänyt I. Rossner).

## Muna

Ruskeankeltaiset munat päätyvät veteen linnun ulosteiden mukana. Alkionkehitys alkaa hedelmöittyneessä munassa kuitenkin vasta, kun olosuhteet ovat kehitykselle suotuisat. Alkionkehityksen nopeus riippuu veden lämpötilasta. Kylmässä vedessä (lämpötila alle +5 °C) kehitys keskeytyy ja munat ovat lepotilassa. (Olson 1970, 9; Swennen ym. 1979, 32.) Munien elinaikaa lepotilassa ei tunneta, mutta ainakaan *Diplostomum*-suvun imumatojen munat eivät enää muutaman viikon kestäneen viileän jakson jälkeen ala kehittymään (Karvonen 18.11.2009, henkilökohtainen tiedonanto). Suotuisissa olosuhteissa (n. +15 °C) kuoriutuminen alkaa 2–3 viikon kuluttua muninnasta (Swennen ym. 1979, 32). Kuoriutuminen tapahtuu siten, että munan toisessa päässä oleva kansi, operculum, aukeaa. (Haahtela ym. 1970, 7; K-State Uni 1999 [Viitattu 23.12.2007]). Kaikki munat eivät välttämättä kuoriudu. (Swennen ym. 1979, 32.) Swennenin ym. (1979, 32) tutkimuksissa *I. variegatus* ja *I. platycephalus* –loisten munista 20-50 % jäi kuoriutumatta, kun taas *I. erraticus* –loisen munista kuoriutuivat lähes kaikki.

## Miracidia

Munasta kuoriutuu sylinterimäinen ripsellinen toukka, joka ui aktiivisesti värekarvojensa avulla etsien isännäkseen *Valvatidae*-suvun kotiloa (Haahtela ym. 1970, 7; Tirri 2001, 6). Miracidioilla on kemoreseptoreja, jotka reagoivat kotilon lima-aineeseen. Löydettyään kotilon, miracidia tunkeutuu sen sisään. (K-State Uni 1999 [Viitattu 23.12.2007]; Lockyer ym. 2004, 6.) Miracidiat elävät vain muutamia tunteja, joten kotiloisännän löytämisellä on kiire (Olson 1970, 9).

## Sporokystit

Kotilon kudoksissa miracidiasta kehittyy ohutseinäinen säkkimäinen sporokysti. Se on suvuttomasti lisääntyvä toukka-aste, jolla ei ole suuta eikä ruuansulatuselimistöä. Ravintonsa se saa suoraan pintansa tegumentin läpi. Sporokystin sisällä kehittyy tytärsporokystejä, jotka ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin ensimmäinen sporokysti. Erona on, että tytärsporokystin sisällä muodostuu kerkaria-toukkavaiheita. (Stewart 2007 [Viitattu 2.1.2008].) *I. erraticus* –loisella tytärsporokystin kehittymiseen kuluu aikaa keskimäärin viisi viikkoa. Kaikki tytärsporokystit eivät kehity samanaikaisesti, vaan ensimmäisen sporokystin sisällä on havaittavissa eri kehitysvaiheissa olevia tytärsporokystejä. (Olson 1970, 9.)



Kuva 2. Tytärsporokysti. © Christian Fuchs.

### Kerkaria

Noin 12 viikon kuluttua miracidian tunkeutumisesta kotiloon ensimmäiset tytärsporokystien sisällä suvuttomasti muodostuneet kerkariat ovat valmiita tulemaan ulos kotilosta, yleensä tietyn päivärytmin mukaan (Bell ym. 1999, 5). Kerkaria on hännällinen, vapaasti uiva toukkavaihe, jonka tehtävänä on etsiä seuraava väli-isäntä (Tirri ym. 2001, 6). *I. variegatus* ja *I. pileatus* –loisilla tämä on tavallisimmin ahvenkala (ahven, kiiski, kuha), *I. erraticus* –loisella siika ja *I. platycephalus* –loisella särkikala. (Swennen ym. 1979, 32; Bell ym. 2001, 10). Kerkaria käyttää häntäänsä vain uimiseen, ja se putoaa pois seuraavaan väli-isäntään tunkeutuessaan (McCarthy ym. 2002, 9). Kerkariat tunkeutuvat kalaan pääasiassa kidusten kautta, mutta osa myös evien juuresta tai ihon läpi. Oikealle paikalleen loiset löytävät verenkierron mukana kulkeutuessaan tai kaivautuessaan sidekudosten läpi. (Faulkner ym. 1989, 6.)



Kuva 3. Kerkaria © Katri Senilä ja kerkarian pää © Anna Faltýnková.

## Metakerkaria

Oikealle paikalle päästyään loinen alkaa kasvaa ja kehittyä. Loisella on rauhaset, joiden avulla se muodostaa ympärilleen isännän puolustusjärjestelmältä suojaavan seinämän. Tätä prosessia kutsutaan kystittymiseksi. (Faulkner ym. 1989, 6). Kalan kudokset suojautuvat tunkeilijalta muodostamalla loisen ympärille kalvon noin kolmen viikon kuluttua infektiosta. Tästedes loista nimitetään metakerkariaksi. (Amlacher 1970, 2.) *I. erraticus* ja *I. pileatus* –loisten metakerkarioissa paksut seinämät reunustavat kystaa, kun taas *I. variegatus* ja *I. platycephalus* –loisilla seinämät ovat ohuet (Niewiadomska 2003, 4). Nuoret metakerkariat ovat vanhoja suurempia (Faulkner ym. 1989, 6). Lepotilassa oleva vanha metakerkaria kuluttaa todennäköisesti vain vähän kalan resursseja (McCarthy ym. 2002, 9). Prosessiin kuluu aikaa joitakin viikkoja. Tämän jälkeen loinen joko kuolee elettyään kalassa aikansa, kenties useita vuosia, tai pääsee jatkamaan kehitystään pääisännän suolistossa (Swennen ym. 1979, 3).

## Aikuinen

Kun pääisäntänä toimiva lintu on syönyt kalan, loisen lepovaihe päättyy ja aikuistuminen alkaa. (Amlacher 1970, 2; Tirri ym. 2001, 6.) Ensimmäisessä vaiheessa metakerkariaa ympäröinyt kalvo hajoaa linnun ruuansulatuskanavassa. Tästä kehitys jatkuu siten, että loisen etu- ja takaruumis kasvavat. Eturuumiista tulee kuppimainen ja takaruumiista sylinterimäinen, usein c-kirjaimen muotoon käyrästynyt (Olson 1970, 9). *I. variegatus* ja *I. platycephalus* –loisten aikuisvaiheet ovat suhteellisen suurikokoisia, pituus yli 10 mm. *I. erraticus* ja *I. pileatus* –aikuiset eivät puolestaan koskaan kasva yli 5 mm:n pituisiksi (Bell ym. 2001, 10). Samaan aikaan kehittyvät lisääntymiselimet, jotka hallitsevat suurinta osaa madon ruumiista. Aikuistuminen kestää 4-6 päivää (Olson 1970, 9; Golubeva 2000, 1). *Ichthyocotylurus*-loiset ovat hermafroditteja, eli jokaisella yksilöllä on sekä koiraan että naaraan sukupuolielimet. Madot kuitenkin parittelevat tilaisuuden tullen toisten yksilöiden kanssa, eli lisääntyvät suvullisesti linnun suolistossa. (Golubeva 2000, 1; Mehlhorn 2001 [Viitattu 28.12.2007].) Energiaa ne saavat linnun suolikudosta syömällä (Swennen ym. 1979, 32). Aikuiset elävät parista viikosta yli kuukauteen, ja ehtivät tuona aikana tuottaa tuhansia munia. Näin kierto alkaa taas alusta. (Odening & Bockhardt 1971, 37.)

### 3 Aineisto ja menetelmät

#### 3.1 *Ichthyocotylurus*-loisten esiintyminen *Valvata macrostoma* –kotiloissa

Aikavälillä 22.5.–8.8.2007 kerättiin kuukausittain *Valvata macrostoma* -kotiloita *Ichthyocotylurus*-infektioiden ja loisen kerkarioiden vapautumisajankohdan määrittämiseksi. Kotiloita kerättiin pohjajaralla sekä 1-2 että 5-6 metrin syvyydestä Konnevedestä, Jyväskylän yliopiston tutkimusaseman laiturin läheisyydestä. Kullakin kerralla harausta jatkettiin niin, että saatiin kerättyä matalasta vedestä vähintään 100, ja syvemmästä vedestä vähintään 50 kotiloa. Koko tutkimusjakson aikana saatiin tutkittavia *Valvata*-kotiloita yhteensä 697 kappaletta. Näistä 522 kotiloa oli rantavyöhykkeeltä ja 175 syvemmältä.

Kotilot laitettiin kuoppalevyille pieneen määrään +20-asteista seisotettua järvivettä. Kukin kotilo laitettiin omaan kuoppaansa noin 15 tunnin ajaksi, josta 10 tunnin ajan kotiloita stimuloitiin valolla. Seuraavana aamuna tarkastettiin stereomikroskoopin avulla, vapautuuko kotiloista imumato-kerkarioita. Kaikkien kotiloiden leveys ja korkeus mitattiin työntömitalla, minkä jälkeen kaikki kerkarioita tuottamattomat kotilot litistettiin kahden lasilevyn väliin. Näin saatiin selville muut infektioituneet yksilöt, sekä infektion vaihe. Kaikki *Valvata macrostoma* –kotiloissa esiintyneet imumatoinfektiot kirjattiin ylös. Kerkarioita tuottavat kotilot laitettiin yksittäin 500 ml vettä sisältävään lasipurkkiin. Lasipurkit kotiloineen laitettiin jääkaappiin +5 asteeseen myöhempää käyttöä varten. Matala lämpötila ehkäisee kerkarioiden parveilua.

*Valvata*-kotiloiden lisäksi näytteistä otettiin talteen muut kotilot sekä simpukat ja juotikkaat. Tämä tehtiin siksi, että näiden tiedetään yleisesti toimivan imumatojen väli-isäntinä. Erityisesti haluttiin varmistua siitä, ettei mikään näistä toimi *Ichthyocotylurus*-loisten väli-isäntänä. Kunkin päivän aikana kerätyt yksilöt laitettiin kaikki samaan lasipurkkiin. Vesi tarkastettiin loisten varalta useampaan kertaan muutaman viikon aikana.

#### 3.2 *Ichthyocotylurus*-loisten esiintyminen ahvenkaloissa

Aikavälillä 16.5.–23.8.2007 seurattiin *Ichthyocotylurus*-loisten esiintymistä ja kehitysvaiheita ahvenkalojen uimarakossa ja munuaisessa. Tutkimuskalat pyydettiin WEKE-merkkisillä katiskoilla tutkimusaseman laiturin vierestä, samasta paikasta kuin

kotilonäytteet edellä. Jokaisen kuukauden puolivälissä, tutkittiin vähintään 60 kappaletta 60–154 mm:n mittaisia ahvenia. Ikää ei määritetty, mutta koon perusteella ahventen tiedettiin olevan yli yksivuotiaita. Kaikkiaan tämän kokoluokan ahvenia tutkittiin 251. Heinä- ja elokuussa tutkittiin myös kiiskiä, 30 kappaletta kuukaudessa. Ahvenen saman kesän poikaset (nollikkaat) olivat kasvaneet 12.7.2007 mennessä niin suuriksi, että niitä saatiin pyydettyä poikashaavilla. Yhteensä 113 kappaletta kevään 2007 ahvenenpoikasia tutkittiin 13.8. mennessä. Kaikkiaan *Ichthyocotylurus* -loisia etsittiin 424 ahvenkalalta.

Katiskoilla pyydetty kalat tuotiin saavilla laboratorion yhteydessä sijaitsevaan allashalliin. Kalat sijoitettiin yhteen tutkimusaltaista. Ennen tutkimusta pienet kalat lopetettiin tuhoamalla aivot pinseteillä. Isommilta kaloilta murrettiin niska. Tämän jälkeen kalat mitattiin ja punnittiin. Uimarakko ja munuainen litistettiin erikseen kahden lasin väliin, minkä jälkeen *Ichthyocotylurus*-loiset laskettiin tutkimusmikroskooppia apuna käyttäen. Lisäksi erotettiin uudet ja vanhat infektiot. Uudella infektiolla tarkoitetaan muutaman viikon ikäistä *Ichthyocotylurus*-tartuntaa, jolloin loinen on vielä kystittymätön, tai vasta juuri kystittymässä metakerkariaksi, ja poikkeaa ulkonäöltään vanhemmasta metakerkariasta. Eri *Ichthyocotylurus*-lajit ja niiden eri kehitysvaiheet tunnistettiin FT Anna Faltýnkován piirrosten (LIITE 1.) avulla. Osa kehitysvaiheista myös valokuvattiin mikroskooppiin kytketyllä kameralla.

### 3.3 Kerkariatuotanto ja sen vuorokausirytmä

Viidentoista *Ichthyocotylurus*-kerkarioita tuottavan kotilon päivätuotantoa seurattiin laboratoriossa 18.7.2007 alkaen, ja seuranta jatkettiin kerran päivässä kotiloiden kuolemaan asti. Koe päättyi viimeisten kotiloiden kuoltua 30.8.2007. Kokeen aikana kotilot pidettiin laboratoriossa lasipurkeissa huoneenlämmössä ja luonnonvalorytmissä. Kerran päivässä, klo 13:00, kotilot siirrettiin uusiin lasipurkkeihin, joiden paikat oli satunnaistettu arpomalla. Ennen kotiloiden siirtoa uusiin purkkeihin laitettiin 250 ml huoneenlämpöistä vuorokauden ajan seisotettua järvivettä. Tämän jälkeen aiemmista purkeista laskettiin kerkarioiden määrä. Koko tilavuutta ei tutkittu, vaan perusteellisen sekoituksen jälkeen pipetoitiin kustakin purkista tutkittavaksi 60 ml, ja saadun tuloksen perusteella laskettiin kerkariamäärä koko vesitilavuudessa.

Kerkariatuotannon vuorokausirytmän selvittäminen luonnollista valorytmiä käyttäen (pimeä aika klo 22:00–04:30), aloitettiin 1.8.2007. Kaksi kotiloa oli kuollut heinäkuun aikana, joten jäljellä oli kolmetoista kotiloa. Klo 13:00 kotilot siirrettiin lasipurkeista

kuoppalevyille, kukin kotilo omalle levyilleen. Kahden tunnin välein kotilot siirrettiin uusille kuoppalevyille, ja edeltävien kahden tunnin aikana tuotettujen kerkarioiden määrä laskettiin. Osa kerkarioita sisältävästä vedestä jaettiin levyn tyhjiin kuoppiin laskennan helpottamiseksi. Koe päättyi 2.8.2007 klo 13:00, jolloin kotilot siirrettiin takaisin lasipurkkeihin, ja vuorokautisen kerkariatuotannon selvittämistä voitiin jatkaa normaaliin tapaan.

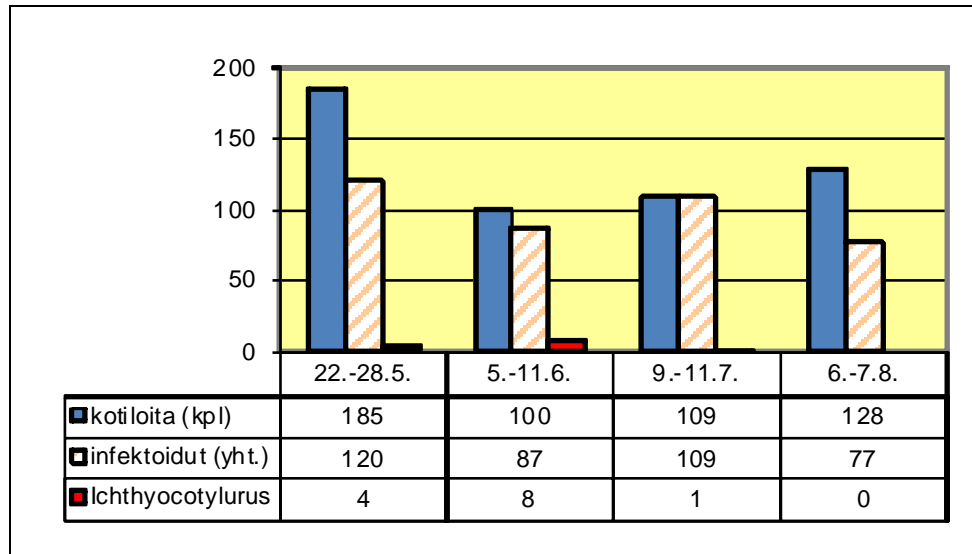
### 3.4 Altistuskokeet

Loislajin tunnistuksen varmistamiseksi tehtiin altistuskokeita. Koelajeina käytettiin kuhaa, siikaa ja kirjolohta. Tutkimuskalojen loisettomuudesta varmistuttiin tutkimalla kustakin kalaerästä muutama yksilö. *Valvata*-kotilot otettiin jääkaapista huoneenlämpöön petrimaljoille, ja ne asetettiin lampun alle kahdeksi tunniksi. Tämän jälkeen tarkastettiin, että jokaisesta oli vapautunut kerkarioita. Petrimaljojen päälle kiinnitettiin muovista ja verkosta rakennetut kannet, minkä tarkoituksena oli estää kaloja vahingoittamasta kotiloita. Yhteensä kokeissa käytettiin kahdeksaa *Valvata macrostoma* –kotioloa. Kunkin kotilon kanssa laitettiin samaan noin 8 litran kannelliseen ilmastettuun vesiastiaan 1 kirjolohti, 1-5 siikaa ja 1 kuha. Siikamäärien vaihtelu johtuu kalojen saatavuudesta. Kaikkiaan kokeessa käytettiin 8 kuhaa, 8 kirjolohta ja 24 siikaa. Altistusta jatkettiin 24 tuntia, minkä jälkeen kalat siirrettiin isompiin altaisiin. Kalat tutkittiin 21 – 25 vuorokauden kuluttua altistuskokeen päättymisestä.

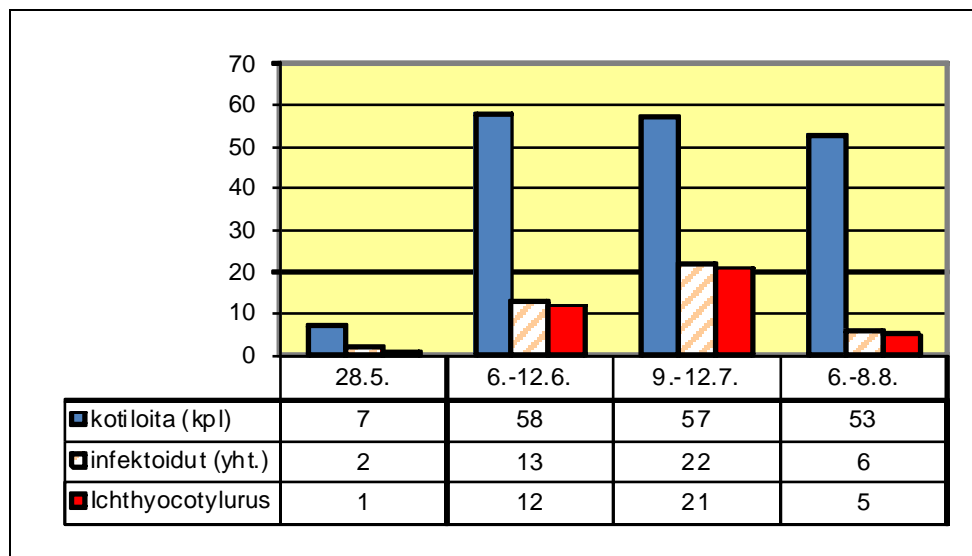
## 4 Tulokset

### 4.1 *Ichthyocotylurus*-loisten esiintyminen *Valvata macrostoma* –kotiloissa

Kaikkiaan tutkituista 697 kotilosta 62,6 %:lla oli jokin imumatoinfektio. *Ichthyocotylurus*-infektio havaittiin 52 yksilöllä, mikä vastaa 7,5 %:a kotiloista. Syvyyden havaittiin vaikuttavan merkittävästi *Ichthyocotylurus*-loisten esiintyvyyteen. 1-2 metrin syvyydestä löydettiin paljon loistartunnan saaneita kotiloita, infektioprosentti oli jopa 75,3. Kuitenkin vain 2,5 %:lla oli *Ichthyocotylurus*-infektio (Kuvio 2). 5-6 metristä löydettyjen kotiloiden kokonaisinfektioprosentti oli huomattavasti alhaisempi kuin matalasta vedestä löydettyjen; vain 24,6 %:lla oli jokin loisinfektio. Näistä 43 infektoidusta kotilosta suurimmalla osalla, 39 yksilöllä, oli *Ichthyocotylurus*-tartunta (Kuvio 3). Muut kotilolajit eivät olleet *Ichthyocotylurus*-loisen infektoimia.



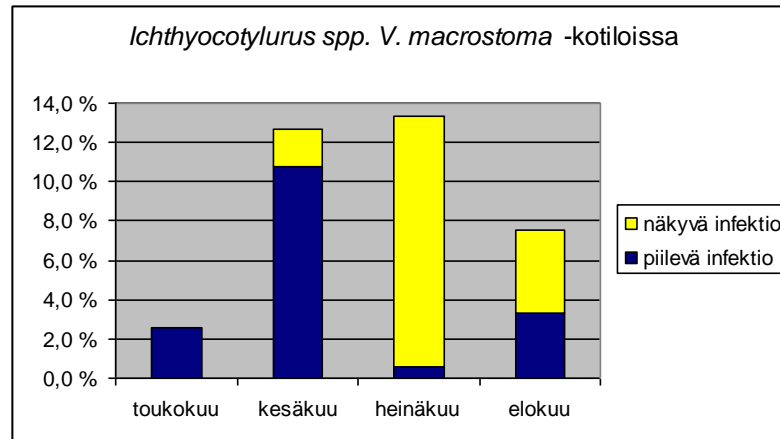
Kuvio 2. *Valvata macrostoma* -kotiloiden imumatoinfektiot 1–2 metrissä.



Kuvio 3. *Valvata macrostoma* -kotiloiden imumatoinfektiot 5–6 metrissä.

Kotiloita tutkittaessa saatiin selville, missä vaiheessa kotilot infektoituvat, miten *Ichthyocotylurus* -loisten kehitys kotilossa etenee, ja milloin kalojen loisinfektio tapahtuu. Tulokset on esitetty alla (Kuvio 4). Suurin osa kotiloiden *Ichthyocotylurus*-tartunnoista tapahtui kesäkuussa, ja kerkariatuotanto oli huipussaan heinäkuussa.



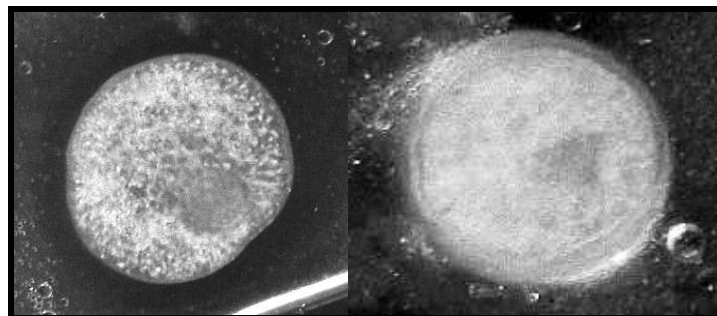


Kuvio 4. Kotiloiden *Ichthyocotylurus*-tartunnat kesällä 2007.

## 4.2 *Ichthyocotylurus*-loisten esiintyminen ahvenkaloissa

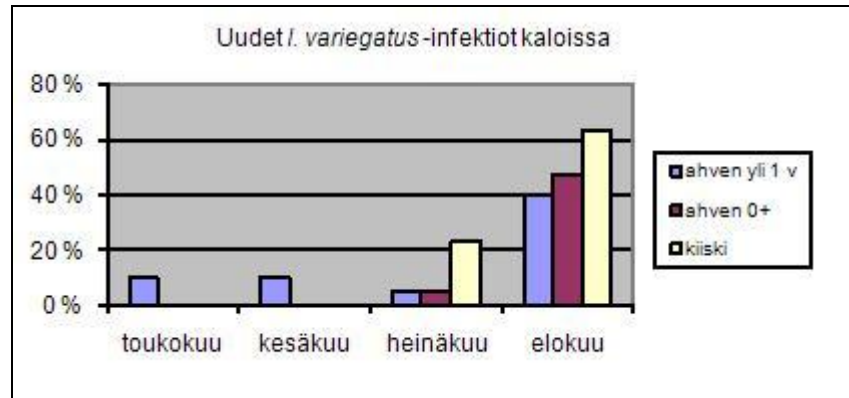
### 4.2.1 *I. variegatus*

Yli yksivuotiaista ahvenista 71 %:lla oli havaittavissa vanha *I. variegatus* -infektio (Kuva 4). Keskimäärin ahvenilla oli 4,4 vanhaa *I. variegatus* -loista, ja enimmillään yksittäiseltä ahvenelta löydettiin 40 vanhaa loista. Kiiskistä puolestaan 97 %:lla oli vanha *I. variegatus* -infektio, keskimääräisen loismäärän ollessa 16,7 kalaa kohden. Enimmillään *I. variegatus* -loisia oli yhdessä kiiskessä 89. Metakerkariat olivat olleet kalassa mahdollisesti jo edellisestä kesästä, ehkä kauemminkin. Alkukesästä havaittiin vain muutamalla kalalla uusi *I. variegatus* -tartunta (Kuva 4).



Kuva 4. Uusi ja vanha *I. variegatus* -infektio ahvenen uimarakossa.

Elokuussa uusien infektioiden määrä kasvoi räjähdysmäisesti. Uusia infektioita löytyi huomattavasti enemmän kiiskiltä kuin ahvenilta. Tämä näkyy selvästi kuviossa 5. Yli yksivuotiaat ja 0+ -ahvenet saivat uusia tartuntoja samaa vauhtia.



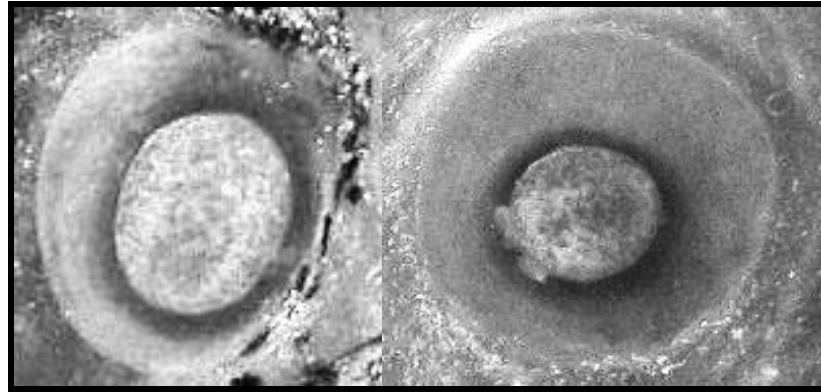
Kuvio 5. Uusien *I. variegatus* -tartuntojen määrän kehitys ahvenkaloissa.

#### 4.2.2 *I. pileatus*

98 %:lla yli yksivuotiaista ahvenista oli löydetty vanha *I. pileatus* -infektio. Vanhoihin *I. pileatus* -loisiin on tässä tapauksessa laskettu varsinaisten vanhojen metakerkarioiden lisäksi (Kuva 5) myös toisen vaiheen juveniilit metakerkariat (Kuva 6). Tunnistusohje liitteenä (LIITE 1). Ahventa kohti oli keskimäärin 71,4 vanhaa *I. pileatus* -loista; enimmillään yksittäiseltä ahvenelta löydettiin 409 loista. Kiiskistä 90 %:lla oli vanha *I. pileatus* -infektio, keskimäärin kiiski kantoi uimarakossaan ja munuaisessaan yhteensä 43,2 *I. pileatus* -loista. Maksimissaan loisia oli yhdessä kiiskessä 225.

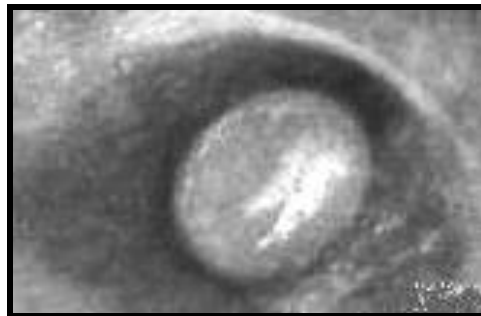


Kuva 5. Vanhoja *I. pileatus* -metakerkarioita ahvenen uimarakossa.

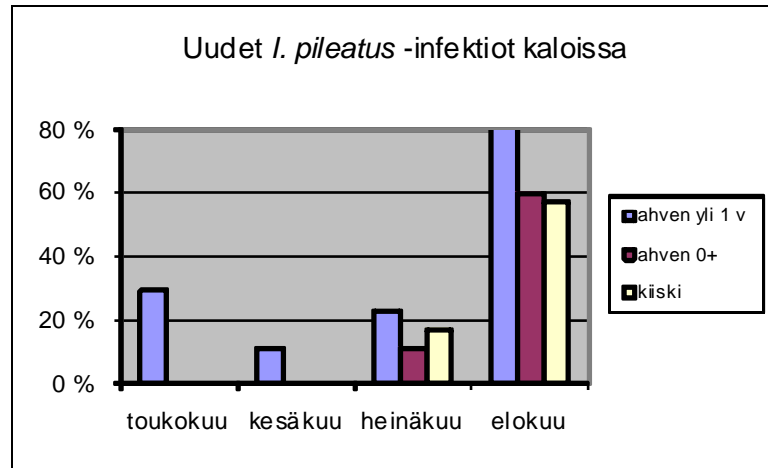


Kuva 6. Toisen asteen juveniilit *I. pileatus* ahvenen uimarakossa.

Uusien *I. pileatus* -tartuntojen (Kuvio 6 ja Kuva 7). esiintyminen noudatti samaa kaavaa kuin *I. variegatus* -tartuntojen (Kuvio 7). *I. pileatus* -loisia esiintyi kuitenkin useammin yli yksivuotiailla ahvenilla kuin kiiskillä. Yli yksivuotiaiden ja 0+ -ahventen uusien tartuntojen saannissa oli myös selkeä ero. Elokuussa yli yksivuotiaista ahvenista 81 %:lla ja 0+ -ahvenista 60 %:lla oli uusi *I. pileatus* -infektio. Kiiskien ja 0+ -ahventen uusien infektioiden saanti eteni lähes samaa vauhtia. Elokuuhun mennessä 87 % 0+ -ahvenista oli kuitenkin saanut *I. pileatus* -tartunnan (uusi tai vanha metakerkaria), ja syyskuussa niiden infektioprosentti oli jo 100.



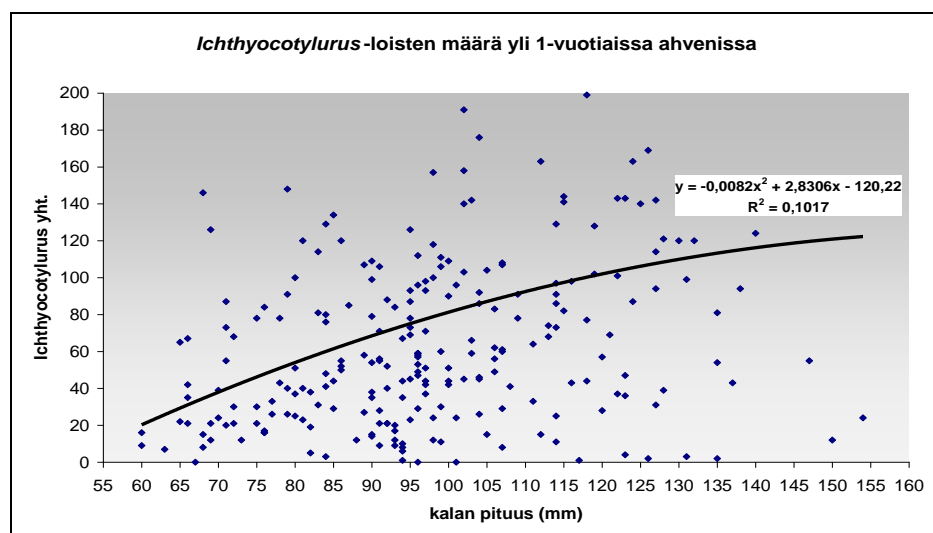
Kuva 7. Nuori *I. pileatus* ahvenen uimarakossa.



Kuvio 6. Uusien *I. pileatus* -tartuntojen määrän kehitys ahvenkaloissa.

#### 4.2.3 *Ichthyocotylurus*-loisten kokonaistaakka ahvenissa

Tutkituilla 251 yli yksivuotiailla ahvenilla oli keskimäärin 76,7 *Ichthyocotylurus*-loista. Tässä lukumäärässä ovat mukana niin *I. pileatus* kuin *I. variegatus* -loistenkin uudet ja vanhat infektiot. Enimmillään yhdellä ahvenella oli uimarakossaan ja munuaisessaan 421 *Ichthyocotylurus*-loista. Loistaakka lisääntyy jossain määrin ahvenen kasvaessa (Kuvio 7). Kuvioista on luettavuusteknisistä syistä jätetty pois 15 korkeinta loismäärää. Kuviossa olevat pisteet edustavat silti 94 % tutkituista ahvenista. Yli 200 *Ichthyocotylurus*-loisyksilön infektiota löytyi viideltätoista yli 7,8 cm:n pituiselta ahvenelta.



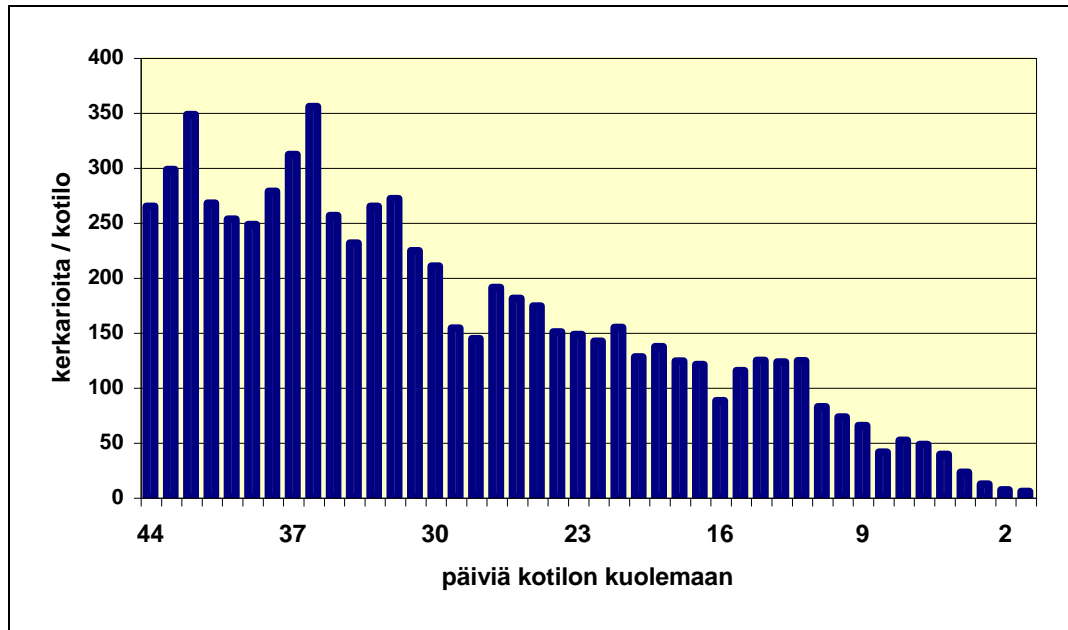
Kuvio 7. *I. pileatus* ja *I. variegatus* -loisten kokonaistaakka ahvenissa (60–154 mm).

### 4.3 Kerkariatuotanto ja sen vuorokausirytmi

Keskimäärin kotilot tuottivat elinaikanaan 143 kerkariaa päivässä. Vaihtelu yksilöiden välillä oli kuitenkin suurta. Suurin yksittäisen kotilon tuottama kerkariamäärä 24 tunnin aikana oli 583 kappaletta. Korkeimmat päiväkohtaiset tuotannot ajoittuivat heinäkuulle, ja elokuussa oli havaittavissa raju tuotannon lasku (Kuvio 8). Kerkariatuotantoa seurattiin eri aikaan *Ichthyocotylurus*-infektion saaneilta kotiloilta. Siksi yksittäisen kotilon keskimääräistä infektiota kulkua vielä havainnollistettu kuviossa 9. Tutkimistamme kotiloista 73 %:n kerkariatuotanto kesti vähintään 30 vuorokautta. Vain 13 % kotiloista (2 kotiloa) tuotti kerkarioita koko 44 vuorokauden seurantajakson ajan, joka päätettiin kotiloiden kuolemaan.

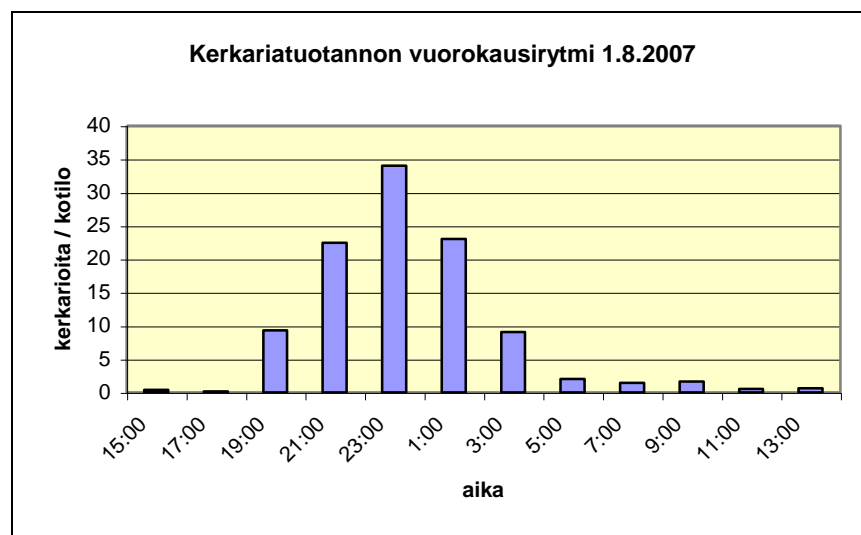


Kuvio 8. *Ichthyocotylurus*-kerkarioiden parveilu *V. macrostoma* –kotiloista (15 kpl) seurantajaksoilla.



Kuvio 9. *V. macrostoma* -kotiloiden (15 kpl) *Ichthyocotylurus*-tuotanto suhteessa kotiloisännän elinaikaan.

Kerkarioiden vuorokausituotannossa havaittiin selkeä rytmi. Parveilu alkoi iltahämärissä ja jatkui aamunsarastukseen asti. Eniten kerkarioita vapautui yön pimeinä tunteina (Kuvio 10). Eri kotiloyksilöiden välillä ei havaittu suuria eroja, vaan kerkariat vapautuivat kaikista kotiloista kutakuinkin samalla tavoin (Taulukko 1).



Kuvio 10. *Ichthyocotylurus*-kerkarioiden parveilu kotilosta vuorokauden eri aikoina.

Taulukko 1. *V. macrostoma* –kotiloiden yksilökohtainen *Ichthyocotylurus*-kerkariatuotannon vuorokausiseuranta.

klo	Kotilo												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15:00	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0	0
17:00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
19:00	0	0	32	4	12	0	8	0	17	2	46	0	0
21:00	0	36	71	20	74	0	4	0	16	29	40	2	0
23:00	3	73	114	26	45	4	62	1	0	36	46	31	1
1:00	66	28	23	19	1	66	18	1	33	7	10	6	21
3:00	21	15	16	2	7	8	3	5	15	1	1	3	21
5:00	0	8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	16
7:00	9	0	1	0	4	0	0	2	0	0	0	0	3
9:00	6	0	0	6	1	6	2	0	0	0	0	0	0
11:00	0	0	0	1	1	1	2	0	2	0	0	0	0
13:00	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
yht.	109	160	257	82	145	86	99	9	85	76	147	42	63

#### 4.4 Altistuskokeet

Kaikissa altistetuissa kuhissa havaittiin kystittymättömiä *Ichthyocotylurus*-loisia uimarakossa ja/tai munuaisessa. *Ichthyocotylurus*-loisia löytyi myös siikojen uimarakoista ja munuaisista, mutta ei sydäimestä. Tämä osoittaa, että kyseessä ei ilmeisesti ollut siikakaloihin erikoistunut *I. erraticus*. Kirjoloista ei löydetty *Ichthyocotylurus*-infektioita. Kokeen aikana kuoli kaksi kirjolohta ja neljä siikaa. Kuolleista kaloista ei pystytty toteamaan infektoita, mutta infektion mahdollisuutta ei voitu sulkea pois metakerkarian kehittymiseen kuluvan ajan pituuden vuoksi. Siksi nämä kuusi kalaa on jätetty pois aineistosta.

Kaikilla altistetuilla kuhilla havaittiin tuore *Ichthyocotylurus*-infektio. Loisten määrä kuhaa kohti vaihteli 2 ja 56 välillä, ja oli keskimäärin 23,1 loista/kuha. Neljän siian kuolemasta johtuen tutkittavia kaloja oli 20 kappaletta. Näistä 18 oli infektoituja. Infektoitujen siikojen loismäärä vaihteli 1 ja 22 välillä, keskimäärin loisia oli 7,4 siikaa kohden. Nuoria, vielä hyvin liikkuvaisia *Ichthyocotylurus*-loisia (kuva 8) mitattiin kolmelta kuralta ja viideltä siialta. Yhteensä 62 loista mitattiin. Kystittymättömien loisten keskimääräiseksi pituudeksi saatiin 469 µm ja leveydeksi 265 µm.



Kuva 8. Nuori *Ichthyocotylurus*-infektio kuhan uimarakossa. © Anna Faltýnkova.

## 5 Tulosten tarkastelu

FT Anna Faltýnkován tekemien määritysten mukaan kaikki kotiloista löytämämme *Ichthyocotylurus*-loiset olivat *I. pileatus* –lajin edustajia. Kerkarioiden parveilun ja kaloissa esiintyvien uusien *pileatus*-infektioiden välillä oli havaittavissa selkeä ajallinen yhteys. Kaloissa alkoi esiintyä samoihin aikoihin sekä uusia *I. pileatus* että uusia *I. variegatus* –infektioita. Kotilot saavat *Ichthyocotylurus*-tartunnan pääasiassa touko-kesäkuussa. Kerkarioiden parveilu alkoi kesäkuussa, ollen huipussaan heinäkuussa. Kaloissa havaittiin muutamia nuoria *Ichthyocotylurus*-loisia jo alkukesästä. Nämä tartunnat ovat todennäköisesti olleet kalassa jo edellisestä syksystä, mutta niiden kehitys on keskeytynyt vaihtolämpöisen kalan ruumiinlämmön laskiessa veden viiletessä. Karvosen (18.11.2009) mukaan ilmiö on havaittu ainakin *Diplostomum*-suvun imumadoilla. Suurin osa nuorista metakerkarioista löydettiin kuitenkin elokuun kalanäytteistä, mikä metakerkarian muodostumiseen vaadittavan ajan vuoksi viittaa infektioiden tapahtumiseen heinäkuussa. Sekä *I. variegatus* että *I. pileatus* –loisia esiintyy samanaikaisesti ahvenkaloissa. Suurin osa loisista on yleensä uimarakossa, pienempi osa munuaisessa. Vaikka nämä kaksi lajia käyttävätkin samaa ekologista lokeroa, niiden välinen kilpailu ei ilmeisesti ole kovin suurta. Tutkimuksissa havaittiin, että kun ahvenella tai kiiskellä on paljon *Ichthyocotylurus*-metakerkarioita, tarkoittaa se yleensä molempien lajien runsautta – toinen ei syrjäytä toista.

Tutkittujen kotilonäytteiden perusteella on pääteltävissä, että kalojen infektoitumista tapahtuu enemmän ulompana rannasta, 5-6 metrin syvyydessä (Kuvio 3), kuin matalissa rantavesissä (Kuvio 2). On kuitenkin mahdollista, että kotiloiden - ja samalla kalojen - *Ichthyocotylurus*-infektoriski kasvaa yhä syvemmälle mentäessä. Rannan

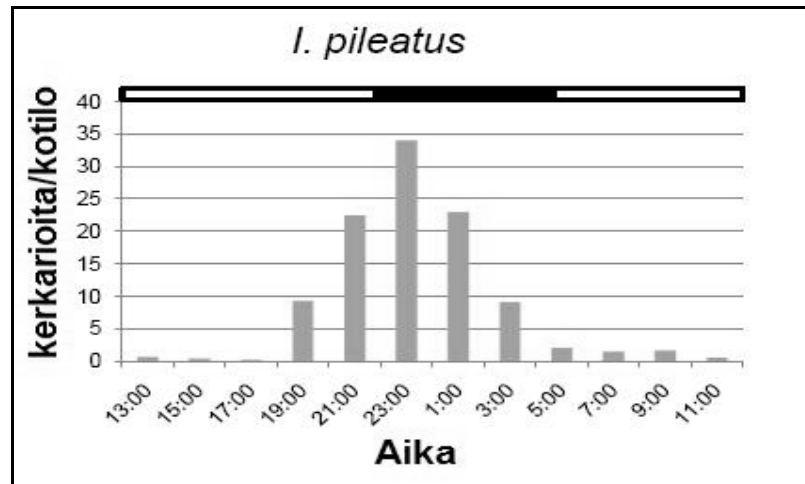


kotiloista vain 2,5 %:lla oli *Ichthyocotylurus*-tartunta, kun syvemmältä kerätyissä kotiloissa *Ichthyocotylurus*-loisia oli 22,3 %:lla. Toisaalta kotiloiheydet ovat suuremmat rantavedessä kuin syvemmällä, mistä johtuu että neljäsosa löytämistämme *Ichthyocotylurus*-loisen infektoimista kotiloista oli peräisin matalammalta vyöhykkeeltä. Rantavyöhykkeen kotiloista suurimmalla osalla oli jonkun muun imumadon aiheuttama loistartunta. Näissä kotiloissa ei *Ichthyocotylurus*-tartuntoja esiintynyt. Syvemmällä lähes kaikki kotiloiden imumatotartunnat olivat *Ichthyocotylurus*-loisten aiheuttamia. Imumatojen lajien välinen kilpailu saattaa siis osaltaan selittää *Ichthyocotylurus*-loisten heikompaa menestystä matalassa vedessä.

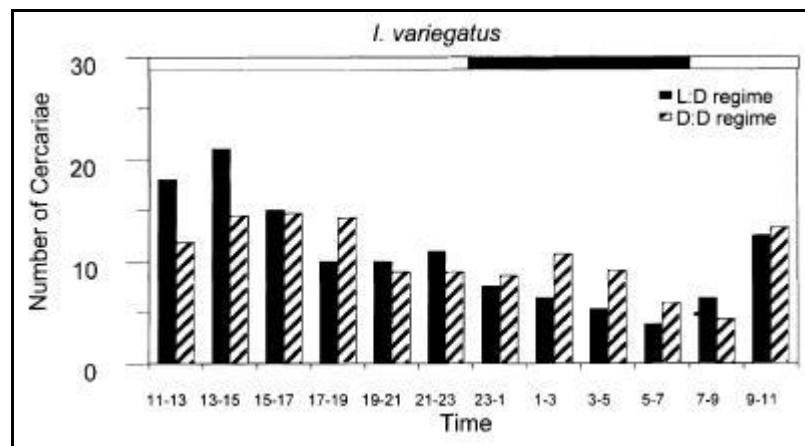
Suurimmalla osalla tutkimistamme kotiloista *Ichthyocotylurus pileatus* –kerkarioiden parveilu kesti vähintään kuukauden. Kerkarioita vapautui kotilosta enimmillään 44 vuorokauden ajan. Kotiloiden tarkkaa infektiokohtaa ei tunneta, mutta on todennäköistä ettei kerkarioiden parveilu kotilosta ollut kestänyt kovin kauaa kotilon joutuessa kerätyksi. Jääkaapissa säilytettäessä kotiloiden kerkariatuotanto pysähtyi tai ainakin hidastui huomattavasti. Bell ym. (1999, 5) tutkivat *I. variegatus* ja *I. erraticus* –kerkarioiden vapautumista kotiloisännästä. Molemmilla lajeilla kerkarioiden parveilu kesti tavallisimmin noin 30 päivää, enimmillään 80 päivää. Saamamme tulokset sopivat siis hyvin yhteen aiempien tulosten kanssa. Kotilon kerkariatuotanto väheni tasaisesti infektion edetessä (Kuvio 9). Keskimääräinen *I. pileatus* –kerkariatuotanto kotiloa kohden oli 143 kerkariaa vuorokaudessa, mikä tarkoittaa kotilosta vapautuvan ympäristöön keskimäärin 4200 kerkariaa ennen kotilon kuolema. Bellin ym. (1999, 5) tutkimuksessa *I. variegatus* –kerkarioita vapautui vuorokaudessa keskimäärin 127 kpl ja *I. erraticus* –kerkarioita 154 kpl. Määrät ovat suhteellisen pieniä verrattuna muihin imumatolajeihin, mikä voi johtua *Valvata*-kotiloisännän pienestä koosta (Karvonen ym. 2006, 7). On myös mahdollista, että *Ichthyocotylurus*-suvun lajit panostavat enemmän kerkarioiden laatuun (elinikä, infektiivisyys) kuin määrään. Tämä vaatii kuitenkin jatkotutkimuksia.

Kerkarioiden todettiin vapautuvan kotiloisännästä hyvin selkeän kaavan mukaan vuorokauden pimeimpänä aikana (Kuvio 11). Seuranta suoritettiin tosin vain yhden vuorokauden aikana, mutta toisaalta tulos oli selkeä, eikä kotilojen välillä ollut suurta ajallista vaihtelua (Taulukko 1). Kiisket ovat pohjaeläjiä, mutta ahvenet ovat pohjan läheisyydessä lähinnä öiseen aikaan. Ne ovat silloin myös paikoillaan, joten kerkarioiden on helpompaa saavuttaa kohde. Koska ahven vaikuttaisi olevan *I. pileatus* –loisen tärkein kalaisäntä, tällaisen vuorokausirytmien kehittyminen *I. pileatus* –loisella

voi lisätä sen transmissiota kohdeisäntään. Bell ym. (1999) tutkivat *I. variegatus* –kerkarioiden vapautumisen vuorokausirytmää (kuvio 12). Kerkarioita vapautui eniten iltapäivällä, mutta kaiken kaikkiaan vuorokausirytmä oli melko tasainen. Tämä viittaisi kiiskan keskeiseen asemaan *I. variegatus* -loisen kohdelajina.



Kuvio 11. *I. pileatus* –kerkarioiden parveilun vuorokausirytmä.



Kuvio 12. *I. variegatus* –kerkarioiden parveilun vuorokausirytmä (Bell ym. 1999, 5).

Loislajin varmistamiseksi sille altistettiin kuhia, siikoja ja kirjolohia. Näiden infektiokokeiden tarkoituksena oli tutkia mihin loiset asettuvat kalassa sekä saada karkea käsitys metakerkarioiden koosta ja kehitysvaiheesta. Infektiot olivat kolmen viikon kuluttua altistuksesta vielä hyvin nuoria, ja loiset kehittymättömiä. Vertaamalla

metakerkarioiden mittoja Niewiadomskan (2003) määrittäisiin (Taulukko 2), keskiarvon perusteella (Taulukko 3) loiset vastaavat parhaiten *I. pileatus* -loisen mittoja.

Taulukko 2. Metakerkarioiden koko Niewiadomskan (2003) mukaan.

laji	koko metakerkaria		pelkkä loinen
	pituus μm	leveys μm	pituus μm
<i>I. pileatus</i>	285–565	266–528	153–429
<i>I. erraticus</i>	480–1480	410–1110	232–590
<i>I. variegatus</i>	570–800	400–752	380–880
<i>I. platycephalus</i>	536–1334	646–980	510–1064

Taulukko 3. Kokeellisen loisaltistuksen tulokset.

	kystittymätön	
	pituus μm	leveys μm
keskiarvo	469	265
pienin	300	290
suurin	670	390

Kalayksilöä kohti laskettujen loismäärien perusteella (luku 4.3) ahven näyttäisi olevan kiiskeä tärkeämpi väli-isäntä *I. pileatus* -loiselle, ja kiiski ahventa tärkeämpi *I. variegatus* -loiselle. Jussi Iso-Tuisku (2008, 24) on tullut pro gradu -tutkielmassaan siihen tulokseen, että kuha ei todennäköisesti ole kovin tärkeä väli-isäntä *Ichthyocotylurus*-loisille. Syyksi tähän hän esittää kuhien ja *Valvata macrostoma* -kotioiden erilaisia elinympäristömieltymyksiä. Laboratoriossa *I. pileatus* -loiselle altistettujen kuhien metakerkariamääriä ei kuitenkaan voida verrata luonnossa loiselle altistuneiden ahventen ja kiiskien metakerkariamääriin, koska loisinfektoriski ja -voimakkuus vaihtelevat luonnossa suuresti. Järvestä pyydettyjä kuhia ei tutkimuksessa ollut mukana.

## 6 Lopuksi

Tämän tutkimuksen tulokset ovat erittäin tärkeitä, sillä ne tuovat uutta tietoa vähän tutkituista *Ichthyocotylurus pileatus* ja *I. variegatus* -loisista. Erityisesti *I. pileatus* -tietämyksessä on paljon puutteita. Tulevat tutkimukset voisivat keskittyä loisen elämänsyklin yksityiskohtaisiin piirteisiin laboratorio-oloissa ja *I. pileatus* -loisen eri kehitysvaiheiden tunnistuskaavojen kehittämiseen. Koska muita *Ichthyocotylurus*-lajeja ei löydetty tutkituista kotiloista, kotilojen loisyhteisöjen rakenteen selvittäminen myös muilla alueilla olisi ehkä paikallaan. Konneveden kaloissa esiintyy yleisesti ainakin *I. variegatus* ja *I. erraticus* -loisia, mutta niiden esiintymistä kotiloissa ei tunneta.

Kalojen loisista eniten huomiota ovat saaneet osakseen sellaiset lajit, jotka vaikuttavat kalanviljelyn tuottoa heikentävästi. Suomessa on parhaillaan käynnissä ahvenenviljelyn kokeiluhankkeita. Mikäli ahven tulevaisuudessa otetaan laajemmalti viljelyn kohteeksi, saattavat kaloissa mahdollisesti esiintyvät *I. pileatus* ja *I. variegatus* -infektiot heikentää ahventen kasvupotentiaalia tai lisätä kuolleisuutta. Toisaalta ne saattavat myös heikentää luontaisten ahvenkantojen tilaa. Näitä seikkoja ei kuitenkaan tunneta ja ko. loisten vaikutuksia ahveneen ja kuhaan olisikin hyvä tutkia jatkossa.

## Kiitokset

Kiitän FT Anssi Karvosta ja Professori Tellervo Valtosta työn ohjaamisesta kaikissa sen vaiheissa, Anna Faltýnková ja Marjo Aaltoa (o.s. Jyrkkä) käytännön tutkimustyön toteutuksesta sekä Jyrki Raatikaista, Janne Koskista ja Risto Latvasta kotilo- ja kalanäytteiden keräämisestä sekä avusta työn teknisissä osuuksissa. Lisäksi haluan kiittää tutkimustilojen ja -laitteiston sekä tarvittavan kirjallisuuden saannista Konneveden tutkimusasemaa ja Jyväskylän yliopistoa.

## LÄHTEET

### Kirjallisuus

Amlacher, Erwin 1970. Textbook of Fish Diseases. Hong Kong: THF Publications Inc.

Bell, A.; Sommerville, C. & Gibson, D. 1999. Cercarial emergence of *Ichthyocotylurus erraticus* (Rudolphi, 1809), *I. Variegatus* (Creplin, 1825) and *Apatemon gracilis* (Rudolphi, 1819) (Digenea: Strigeidae): contrasting responses to light:dark cycling. *Parasitology Research* 85: 387-392.

Bell, A., Sommerville, C. & Valtonen, E.T. 2001. A molecular phylogeny of the genus *Ichthyocotylurus* (Digenea, Strigeidae). *International Journal of Parasitology* 31: 833-842. The Australian Society for Parasitology Inc.

Briers, Robert 2003. Range limits and parasite prevalence in a freshwater snail. *Proceedings of the Royal Society B* 270: 178-180.

Faulkner, M.; Halton, D. & Montgomery, W. 1989. Sexual, seasonal and tissue variation in the encystment of *Cotylurus variegatus* in perch, *Perca fluviatilis*. *International Journal for Parasitology* 19 (3): 285-290.

Golubeva, E. 2000. The development of the genital system in *Ichthyocotylurus variegatus*. (Trematoda: Strigeidae). *Parazitologija* 34 (2): 100-110.

Haahtela, Ilpo; Kuusela, Kalevi & Valtonen, Tapani 1970. *Selkärangattomien rakenne*. Keuruu: Otava.

Iso-Tuisku, Jussi 2008. *Kuhan (Sander lucioperca) soveltuvuus kolmen imumatoloislajin välisännäksi: alttius infektiolle ja loisten vaikutus käyttäytymiseen*. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Hydrobiologia ja limnologia.

Karvonen, A.; Valtonen, E.T. (2004). Helminth assemblages of whitefish (*Coregonus lavaretus*) in interconnected lakes: similarity as a function of species specific parasites and geographical separation. *Journal of Parasitology* 90 (3): 471-476.

Karvonen, A.; Cheng, G.-H. & Valtonen, E.T. (2005). Within-lake dynamics in the similarity of parasite assemblages of perch (*Perca fluviatilis*). *Parasitology* 131: 817-823.

Karvonen, A.; Terho, P.; Seppälä, O.; Jokela, J. & Valtonen, E.T. (2006). Ecological divergence of closely related *Diplostomum* (Trematoda) parasites. *Parasitology* 133: 229-235.

Lockyer, Anne; Jones, Catherine; Noble, Leslie & Rollinson, D. 2004. Trematodes and snails: an intimate association. *Canadian Journal of Zoology* 82: 251-269.

McCarthy, Helen; Fitzpatrick, Susan & Irwin, S.W.B. 2002. Production and behavior of trematode cercariae in relation to host exploitation and next-host characteristics. *Journal of Parasitology* 88 (5): 910-918, 2002.

Niewiadomska, K. 2003. *Parasites of Fishes in Poland*. Polskie Towarzystwo Parazytologiczne, Warsaw.

Odening, K. & Bockhardt, I. 1971. Der Lebenszyklus des Trematoden *Cotylurus variegatus* im Spree-Havel-Seengebiet. *Biologisches Zentralblatt* 90:49-84.

Olson, Robert 1970. The life cycle of *Cotylurus erraticus*. *The Journal of Parasitology* 56 (1): 55-63.

Poulin, Robert 2007. *Evolutionary Ecology of Parasites*. New Jersey, USA: Princeton University Press.

Rahkonen, Riitta; Vennerström, Pia; Rintamäki-Kinnunen, Päivi & Kannel, Risto 2000. *Terve kala. Tautien ennaltaehkäisy, tunnistus ja hoito*. Helsinki. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Swennen, C.; Heessen, H.J.L. & Höcker, A.W.M. 1979. Occurrence and biology of the trematodes *Cotylurus* (*Ichthyocotylurus*) *erraticus*, *C. (l.) variegatus* and *C. (l.) platycephalus* (Digenea: Strigeidae) in the Netherlands. *Netherlands Journal of Sea Research* 13 (2): 161-191.

Tirri, Rauno; Lehtonen, Juhani; Lemmetyinen, Risto; Pihakaski, Seppo & Portin, Petter 2001. *Biologian sanakirja. 2. uudistettu painos*. Keuruu: Otava.

#### Sähköiset lähteet

Animal and Human Parasitology 2004. Kansas State University, Biology Division. [Viitattu 23.12.2007]. Saatavissa <http://www.k-state.edu/parasitology/classes/biol625.html> > Lecture outlines.

Mehlhorn, Heinz 2001. *Encyclopedic Reference of Parasitology*. Second edition. Online-version. Heidelberg: Springer Verlag. [Viitattu 28.12.2007]. Saatavissa <http://parasitology.informatik.uni-wuerzburg.de/login/frame.php> > Encyclopedic Reference > Digenea.

Stewart 2007. *The Basic Lifecycle of the Major Groups of the Digeneans*. Department of Pathology, University of Cambridge. [Viitattu 2.1.2008.] Saatavissa [http://www.path.cam.ac.uk/~schisto/OtherFlukes/Flukes\\_Gen/Fluke.html](http://www.path.cam.ac.uk/~schisto/OtherFlukes/Flukes_Gen/Fluke.html)

The Universal Protein Resource 2009. UniProt Taxonomy. [Viitattu 11.11.2009]. Saatavissa <http://www.uniprot.org/taxonomy/116873>

Upton, Steve 2006. *Human Parasitology Laboratory Manual*. Division of Biology, Kansas State University. [Viitattu 23.12.2007]. Saatavissa <http://www.k-state.edu/parasitology/classes/biol546-2007.pdf>

#### Haastattelut ja henkilökohtaiset tiedonannot

Faltýnková, Anna FT. *Henkilökohtainen tiedonanto* 16.1.2008. Institute of Parasitology, Biology Centre of the Czech Academy of Sciences.

Karvonen, Anssi FT. *Henkilökohtainen tiedonanto* 18.11.2009. Evoluutiotutkimuksen huippuyksikkö, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto.

