

Kuhan kasvatus ruokakalaksi

kirjallisuuskatsaus

Teemu Jokelainen, Juha Koskela ja Lotta-Riina Suomalainen



RIISTA - JA KALATALOUS — SELVITYKSIÄ

3/2009

RIISTA- JA KALATALOUS

S E L V I T Y K S I Ä

3 / 2 0 0 9

Kuhan kasvatus ruokakalaksi

kirjallisuuskatsaus

Teemu Jokelainen, Juha Koskela ja Lotta-Riina Suomalainen





RIISTAN- JA KALANTUTKIMUS

Julkaisija:

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
Helsinki 2009

Kannen kuva: Teemu Jokelainen

Julkaisujen myynti:

www.rktl.fi/julkaisut

www.juvenes.fi/verkkokauppa

Pdf-julkaisu verkossa:

<http://www.rktl.fi/julkaisut/>

ISBN 978-951-776-677-7 (painettu)

ISBN 978-951-776-678-4 (verkkójulkaisu)

ISSN 1796-8887 (painettu)

ISSN 1796-8895 (perkkójulkaisu)

Painopaikka: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	7
Abstract	7
1. Johdanto.....	8
2. Mädin tuotanto.....	9
2.1. Kutukypsyys	9
2.1.1. Kutu ja kutuajankohdan säätäminen	9
2.1.2. Sukusolujen kehitys vaatii kylmän talvijakson	10
2.1.3. Emokalojen kutuvalmius ja kudun käynnistäminen.....	10
2.1.4. Täysnaarasparvet ja sterilisaatio.....	10
2.2. Mädin lypsy ja hedelmöitys.....	11
2.2.1. Mäti ja mätituotto	11
2.2.2. Mädin lypsäminen.....	12
2.2.3. Mädin hedelmöittäminen ja säilytys	12
2.2.4. Paakkuuntumisen esto.....	12
2.2.5. Mädin tuotanto Suomessa	13
2.3. Haudontamenetelmät ja hedelmöitetyn mädin käsittely	14
2.3.1. Haudonta-aika	14
2.3.2. Haudonta suppiloissa ja kaukaloissa	15
2.3.3. Vesihomeen torjunta.....	16
2.3.4. Haudonta sumukaapissa.....	16
2.3.5. Mädin kuljettaminen.....	16
3. Kuhan poikasten kehitys.....	18
3.1. Vaihe I	19
3.2. Vaihe II	19
3.3. Vaihe III	20
3.4. Vaihe IV	20
3.5. Vaihe V	20
3.6. Uimarakon täytyminen	21
4. Alkukasvatus.....	23
4.1. Viljelytekniikka	23
4.1.1. Altaat.....	23
4.1.2. Altaan puhdistus ja sihdit.....	23
4.1.3. Vesitys	25
4.1.4. Valaistus	25
4.1.5. Veden sameus.....	26
4.1.6. Lämpötila	27
4.2. Kasvatustiheys	28
4.3. Kannibalismi	28
4.4. Poikasten hoito	29
4.5. Ravinto ja ruokinta	30
4.5.1. Alkukasvatuksen ruokintamenetelmät	30
4.5.2. Ravintotiheys.....	31
4.5.3. Ravinnon tarjoaminen	32
4.5.4. Artemian tuotanto	32
5. Jatkokasvatus.....	34
5.1. Viljelytekniikka	34
5.1.1. Valohakuisuus muuttuu valopakaisuudeksi	34

5.1.2.	Valaistus altaissa	34
5.1.3.	Altaiden valaistusolosuhteet vaikuttavat saalistuskäyttäytymiseen ja kasvuun ..	35
5.2.	Kannibalismi	35
5.3.	Kalojen hoito	35
5.4.	Kasvu ja ruokinta	36
5.4.1.	Lämpötilan vaikutus kasvuun	36
5.4.2.	Ruokinta.....	36
5.4.3.	Ravinto	36
5.5.	Lammikkopokasten totuttaminen keinoravintoon	37
6.	Tuotannon optimointi	39
6.1.	Tuotantomenetelmän valinta	39
6.2.	Tuottojen lisääminen	39
6.3.	Kustannusten vähentäminen	40
6.4.	Tuotantomäärän kasvattaminen.....	41
7.	Taudit ja loiset kuhanviljelyssä	42
7.1.	Bakteeritaudit.....	42
7.1.1.	Paisetauti	42
7.1.2.	Columnaris-tauti.....	43
7.1.3.	Yersinoosi.....	43
7.1.4.	Läikkätauti	43
7.2.	Virustaudit	43
7.2.1.	Lymphocystis	43
7.2.2.	Walleye dermal sarcoma (WDS)	44
7.2.3.	Walleye diffuse epidermal hyperplasia	44
7.2.4.	Walleye discrete epidermal hyperplasia.....	44
7.2.5.	IPN eli tarttuva haimakuoliotauti.....	44
7.2.6.	Iridovirus	44
7.3.	Hometaudit.....	44
7.4.	Alkueläinloiset.....	44
7.4.1.	Ichthyobodo necator.....	45
7.4.2.	Trichodina sp.....	45
7.4.3.	Amphibrya ameiuri	45
7.4.4.	Valkopiikkutauti	45
7.5.	Monisoluiset loiset.....	45
7.5.1.	Gyrodactylus.....	45
7.5.2.	Diplostomum spathaceum.....	46
7.5.3.	Kalatai	46
	Viitteet.....	48

Tiivistelmä

Uusien ruokakalojen kasvatus ja tuotantomenetelmien kehittäminen on tärkeätä kotimaisille kalatalouselinkeinoille. Kuha (*Sander lucioperca* L.) on arvostettu ruokakala Suomen ja Euroopan markkinoilla ja sillä on hyvät mahdollisuudet nousta uudeksi viljelylajiksi kirjolohen ja siian rinnalle. Viime vuosikymmenien aikana on panostettu kuhan intensiivisten kasvatustieteen menetelmien kehittämiseen. Lajin kasvatus ruokakalaksi onkin aloitettu koemittakaavassa muutamissa Euroopan maissa. Tähän kirjallisuuskatsaukseen olemme keränneet tietoja kuhan ja sen pohjoisamerikkalaisen sukulaislajin valkosilmäkuhan (*Sander vitreus* M.) kasvatuksesta.

Laitosoloissa kuhat eivät saavuta kutuvalmiutta ilman hormonikäsittelyä. Sukukypsät kuhaemot voidaan kudettaa turoihin ja hedelmöittynyt mäti hautoa turoihin kiinnittyneenä haudontakaukaloissa. Vaihtoehtoisesti sukusolut voidaan lypsää ja keinohedelmöittää, mutta mädin tarttumiskyky vaikeuttaa mädin suppilohaudontaa.

Poikaset ovat kuoriutuessaan hyvin pieniä ja kehittymättömiä. Ruokailun aloitus, uimarakkojen täytyminen, kannibalismi ja kuivarehuravintoon siirtyminen ovat kriittisimpiä vaiheita kuhan alkukasvatuksessa. Viljelytekniikalla voidaan huomattavasti parantaa poikasten kasvua ja eloonjääntiä.

Kasvaakseen kuhat tarvitsevat lämmintä vettä. Suomessa kasvatus olisi mahdollista luonnonlämpötiloissa verkkoaltaissa sekä lämmitetyssä vedessä kiertovesi- tai läpivirtauslaitoksissa. Ravinnon tulee sisältää runsaasti proteiinia ja vähän rasvaa. Nykyisellä tietämyksellä ja hintatasolla kuhan ruokakalakasvatuksen tuotantokustannukset ovat tuottoon nähden korkeat.

Kokemuksia loisista ja taudeista kuhan viljelyssä on kertynyt vähän. Kuhat ovat todennäköisesti alttiita kaikille Suomen kalanviljelylaitoksilla esiintyville virus-, bakteeri- ja loistauksille, mutta lajin taudinsietokyky voi olla erilainen muihin viljelylajeihin verrattuna.

Asiasanat: alkukasvatus, jatkokasvatus, kalankasvatus, kannattavuus, kuha, loiset, mädin tuotanto, *Sander lucioperca*, taudit

Jokelainen, T., Koskela, J. & Suomalainen, L.-R. 2009. Kuhan kasvatus ruokakalaksi: kirjallisuuskatsaus. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 3/2009. 54 s.

Sammandrag

För den inhemska fiskerinäringen är det viktigt att odla nya matfiskar och att utveckla produktionsmetoderna. Gösen (*Sander lucioperca* L.) är en uppskattad matfisk på den finländska och den europeiska marknaden och den har goda möjligheter att stiga upp som en ny odlingsart vid sidan av regnbågslaxen och siken. Under de senaste decennierna har man satsat på att utveckla metoderna för intensivodling av gös. I ett antal europeiska länder har man också kommit igång med försöksodling av arten som matfisk. För denna litteraturöversikt har vi samlat information om odling av gös och dess nordamerikanska släkting vitögöngösen (*Sander vitreus* M.).

I de förhållanden som råder i odlingsanläggningar når gösarna inte lekmognad utan hormonbehandling. Könsmogna modergösar kan fås att leka i risvasar och den befruktade rommen kan inkuberas i kläckningstråg fästa vid vasarna. Alternativt kan man krama fiskarna på rom och mjölke och konstbefrukta, men rommens fästförmåga försvårar inkubering i kläckningsglas.

Ynglen är vid kläckningen mycket små och outvecklade. De tillfällen då matningen inleds och då simblåsan fylls är liksom kannibalism och övergång till torrfoder de mest kritiska stadierna i början av gösuppfödningen. Med odlingsteknik kan man betydligt förbättra ynglens tillväxt och överlevnad.

Gösarna behöver varmt vatten för sin tillväxt. I Finland skulle odling vara möjlig både i nätkassar med naturlig temperatur och i odlingsanstalter med med varmt cirkulerande eller genomströmmande vatten. Fodret bör ha hög proteinhalt och låg fetthalt. Enligt nuvarande kunskap och prisnivå är produktionskostnaderna för uppfödning av gös till matfisk höga i förhållande till avkastningen.

Ringa erfarenhet har samlats om parasiter och sjukdomar vid odling av gös. Uppenbarligen är gösen mottaglig för samtliga virus-, bakterie-, och parasitsjukdomar, som förekommer i finländska fiskodlingsanläggningar, däremot kan artens motståndskraft vara olik andra arters.

Faktaord: fortsatt uppfödning, odling från början, fiskodling, gös, lönsamhet, parasiter, romproduktion, *Sander lucioperca*, sjukdomar

Jokelainen, T., Koskela, J. & Suomalainen, L.-R. 2009. Odling av gös till matfisk: litteraturöversikt. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 3/2009. 54 s.

Abstract

Further development of the Finnish aquaculture sector requires diversification of production using reliable culture methods for new fish species. For example, Pike-perch (*Sander lucioperca* L.) is a highly valuable commercial food fish, in both Finnish and European markets, that has a good potential for diversifying local aquaculture production. Research efforts during recent decades have had the aim of developing intensive culture methods for this species. In some European countries, pilot-scale intensive production of pike-perch for human consumption has already started. This article reviews information published on the farming of pike-perch (*S. lucioperca*) and its North American relative walleye (*Sander vitreus* M.).

Pike-perch kept in captivity needs hormonal treatment to reach maturity. Brood fish can spawn naturally into special spawning nests or striped eggs can be artificially fertilized. After artificial fertilization, incubation is demanding due to adhesive eggs.

Newly hatched larvae are very small and undeveloped. First feeding, swim bladder inflation, cannibalism and weaning onto artificial feeds are critical periods during pike-perch larviculture. Specific technical methods are used to improve larval growth and survival.

For efficient growth pike-perch needs warm water. In Finland pike-perch can be produced in net cages using natural temperatures or in recirculation and flow-through systems using heated water. High protein and low fat levels are required in the diet. At present the production costs of farming food-sized fish would be high in comparison to profit.

Occurrences of harmful diseases and parasites in pike-perch farming are scarce. Pike-perch will probably be exposed to all the viral, bacterial and parasitic diseases common in Finnish fish farms but species specific tolerance is yet to be determined.

Keywords: aquaculture, economics of farming, egg production, pike-perch, larvae rearing, on-growing, diseases, parasites.

Jokelainen, T., Koskela, J. & Suomalainen, L.-R. 2009. Pike-perch farming – a literature review. – *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 3/2009. 54 p.

1. Johdanto

Uusien kalalajien kasvatusta on avain kalanviljelyelinkeinojen menestymiselle. Tällä hetkellä suomalainen ruokakalankasvatusta perustuu pääosin kirjoloheen ja siikaan. Kiinnostus kuhan ruokakalaviljelyyn on lisääntynyt sekä yksityisellä että julkisella puolella (Koskela ym. 2005). Kuha (*Sander lucioperca* L.) on arvostettu ruokakala. Ruokapöytiin päätyvät kuhat ovat peräisin kotitarve- ja ammattikalastajien pyydyksistä, mutta kuhia myös tuodaan maahamme mm. Virossa ja Venäjältä.

Euroopassa kuhia on viljelty jo pitkään, mutta kasvatusta on ollut luonnonravintolammikkokasvatusta usein yhdessä särkikalajien kanssa. Kuhan osuus tästä tuotannosta on ollut pieni, noin 2–5 % (Craig 2000). Kuhien lammikkotuotanto vaihtelee alueittain hyvin paljon. Kesän vanha lammikko kasvanut poikanen on Suomessa huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi Keski-Euroopassa. Suomessa olosuhteet ruokakalan lammikkokasvatukseen ovat olleet liian arktiset. Lammikoissa kasvatettujen poikasten jatkokasvatusta ruokakalaksi on kokeiltu merialueella verkkoaltaissa, mutta kuhan ruokakalaviljely on vielä kokeiluasteella. Suomessa kuhia viljellään rutiinimaisesti luonnonravintolammikoissa vain poikasitutuksia varten.

Kuhan ruokakalaviljelyn tuotantovalmiudet ovat olleet heikot verrattuna lohikalajien viljelyyn. Erityisesti lajin ruokintaan, ravitsemukseen sekä hyvinvointiin vaikuttavat tekijät on tunnettu huonosti. Intensiivisten alkukasvatustekniikoiden kehittyttyä viime vuosien aikana on eurooppalaista kuhaa alettu kasvatusta ruokakalaksi kiertovesilaitoksissa mm. Alankomaissa, Belgiassa ja Tanskassa. Myös Suomessa on aloitettu lajin kiertovesikasvatusta kokeiluluontoisesti.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on koota yhteen kuhan viljelystä laadittu kotimainen ja ulkomainen kirjallisuus ja siten edesauttaa lajin viljelyn kehittymistä maassamme. Kirjallisuuskatsauksen aineistoa täydentää kuhan pohjoisamerikkalaisen lähisukulaisen valkosilmäkuhan (*Sander vitreus* M.) viljelystä kertynyt aineisto.

Kirjallisuuskatsaus on osa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen koordinoimaa Uuden aallon – kalankasvatushanketta, jonka tarkoituksena on kehittää kuhan viljelyä kokonaisvaltaisesti. Hanke on rahoitettu TE-keskuksen myöntämästä Kalatalouden ohjauksen rahoitusvälineestä (KOR).

2. Mädin tuotanto

2.1 Kutukypsyys

2.1.1 Kutu ja kutuajankohdan säätäminen

Suomessa luonnonoloissa kuha kutee alkukesällä touko-kesäkuussa (Koli 1990). Kutu alkaa veden lämpötilan noustua 8–10 °C:een ja pääosa kaloista kutee, kun veden lämpötila on 12–16 °C. Suomessa kuhat saavuttavat sukukypsyyden 4–6-vuotiaina, jolloin ne ovat 0,5–0,8 kg painoisia (Ruuhijärvi ja Hyvärinen 1996). Luonnossa koiraskuhat tulevat sukukypsiksi naaraita pienempinä ja nuorempina. Itämeren valuma-alueella eteläiset populaatiot sukukypsyvät pohjoisia pienempinä ja nuorempina (Lappalainen ym. 2003).

Viljellyt kuhat voivat kypsyä luonnonrytmiä nopeammin. Zakes (2007) on havainnut, että nopeakasvuiset viljellyt naaraskuhat voivat olla sukukypsiä jo 1+ -ikäisinä. Lisäksi ahvenkalojen, kuten kuha, kutuajankohtaa voidaan säädellä hormoni-, valo- ja lämpökäsittelyjen avulla (Kolkovski ja Dabrowski 1998, Malison ym. 1998, Migaud ym. 2002, Zakes ja Szczepkowski 2004, Zakes 2007).

Kuhan kutuaikaa voidaan aikaistaa ainakin kolmella kuukaudella valorytmin, veden lämpötilan ja hormonikäsittelyn avulla. Zakes ja Szczepkowski (2004) pyysivät emokaloja loka-kuun alussa maalammikosta ja siirsivät kalat 2 m × 2 m kokoihin altaisiin lasihuoneeseen, missä valorytmi ja veden lämpötila pidettiin luonnollisina. Tammikuussa veden lämpötila nostettiin 12 °C:een ja samalla valorytmi muutettiin 8/16 (valoisaat tunnit/pimeät tunnit) -rytmistä 14/10 -rytmiin. Istukkagonadotropiinia injektoidiin naaraskuhien vatsaonteloon kolmella eri tavalla. Ensimmäinen annos oli 200 IU/kg. Kun kaloja injektoidiin kahdesti, toinen annos, 400 IU/kg, annettiin 48 tunnin kuluttua. Kun kaloja injektoidiin kolmesti, toinen annos oli 200 IU/kg ja kolmas 400 IU/kg ja injektio annettiin 24 tunnin välein. Koiraskuhia injektoidiin kerran 200 IU/kg annoksella. Hormonikäsittelyiden kontrollina toimi 0,9 % NaCl -injektio kerta-annoksena.

Tutkimus osoitti, että kuhan kutu voidaan käynnistää jopa 3 kuukautta ennen luontaista kutuajankohtaa. Kaikilta hormonikäsitteltyiltä naaraskuhilta saatiin lypettyä mätää 70 tunnin kuluttua ensimmäisestä annostuksesta. Sen sijaan yhdeltäkään kontrollikäsittelyn kalalta mätää ei saatu. Hormonikäsittelyjen välillä ei havaittu eroja mädin määrässä suhteessa kalan painoon tai hedelmöitetyn mädin eloonjäantiin silmäpisteasteelle. Koiraskuhilla hormonikäsittelyn vaikutus näkyi 24–36 tuntia injektion jälkeen, jolloin kaikilla koirilla mätä valui painaessa kevyesti kalaa vatsapuolelta. Valo- ja lämpökäsittely yksin ei kyennyt aikaistamaan kuhan sulusolujen kypsymistä. Avoimeksi jää se, missä määrin valo- ja lämpökäsittelyitä tarvitaan hormonikäsittelyn rinnalla.

Villeillä emokaloilla tutkitut menetelmät kutuajankohdan siirtämiseksi (Zakes ja Szczepkowski 2004) toimivat myös intensiivisesti viljellyillä ja rehulla kasvaneilla kuhilla (Zakes 2007). Myös 2+ ja 3+ -ikäisillä, toista ja kolmatta kertaa kutevilla emokaloilla kudun aikaistaminen onnistui yhtä hyvin. Kudun aikaistaminen ei heikentänyt mädin selviytymistä ns. silmäpisteasteelle, mutta menetelmän vaikutuksista kuhan poikasten kasvuun tai elinkykyyn ei ole tietoa.

2.1.2 Sukusolujen kehitys vaatii kylmän talvijakson

Usean kuukauden mittainen kylmä jakso on tärkeä kuhan sukusolujen oikeanlaisen kehityksen kannalta. Gál ym. (2005) havaitsivat, että viileässä ($< 10\text{ °C}$) vedessä yli talven kasvatettujen kuhien sukusolut kehittyivät normaalisti, mutta lämpimässä ($19 \pm 2\text{ °C}$) vedessä talven yli kasvatetuilla sukusolujen kehitys oli pysähtynyt syksyn tasolle.

2.1.3 Emokalojen kutuvalmius ja kudun käynnistäminen

Hormonikäsittelyä pidetään välttämättömänä, jotta luonnosta pyydetyn tai kasvatetun kuhan kutu saadaan käynnistettyä. Käsittelyjä varten kalat on nukutettava esimerkiksi trikaiinilla (MS-222) tai bentsokaiinilla (Koskela ym. 2002). Ilman nukutusta kuhat stressaantuvat herkästi, mikä voi vaikuttaa haitallisesti kudun onnistumiseen ja sukutuotteiden laatuun. Emokalojen sukupuolet on mahdollista tunnistaa ulkomuodon perusteella (koiraskuhien vatsapuoli on yleensä tummempi kuin naarailla), mutta usein varma tunnistus vaatii koepalan ottamisen sukuelimistä. Naaraskuhien kutuvalmius voidaan varmistaa, kun nukutettujen kalojen ovarioista otetaan katetrin avulla mätinäyte (Zienert 1992). Ennen määrittystä mätinäytettä käsitellään 3–5 minuutin ajan kirkastusliuoksella (etanoli:formaliini:etikkahappo; 6:3:1). Mädistä katsotaan mikroskoopin avulla laajentuneen tuman (engl. germinal vesicle) sijaintipaikka. Kutukypsyyden edistyessä laajentunut tuma siirtyy mädin keskeltä solun reuna-alueille ja lopuksi se häviää näkyvistä. Kun tuma sijaitsee solun reuna-alueella ja soluissa havaitaan konsentroituneita lipidipisaroita, voidaan ovulaatio käynnistää hormonipistoksella (Zienert 1992).

Steffens ym. (1996) mukaan kuhaemojen ovulaatio ja spermiaatio voidaan stimuloida istukkagonadotropiini- tai karpin aivolisäke -injektioilla ja veden lämpötilaa manipuloimalla. Hormoni-injektio annetaan lihakseen tai vatsaonteloon. Gonadotropiinin annosteluna käytetään naaraskaloille 200 IU/kala kg ja koiraille 100 IU/kg. Aivolisäkkeestä valmistettuja injektioita annostellaan 3–5 mg kuivaa aivolisäkettä/kala kg naaraille ja koiraille annetaan puolet naaraille annettavasta määrästä. Aivolisäkehormoni annetaan kahtena annoksena 12 tunnin välein ja injektioiden jälkeen veden lämpötila nostetaan $19\text{--}20\text{ °C}$:een. Noin 10–12 tuntia viimeisen injektioinnin jälkeen kalat ovat kutuvalmiudessa ja mätinäyte sekä maiti valmiita lypsettäviksi (Steffens ym. 1996). Kudun käynnistyminen edellyttää, että lämpötila ($14\text{--}16\text{ °C}$), veden happipitoisuus (yli 6 mg/l) ja valojakso (12:12) pidetään vakiona ennen ja jälkeen hormonikäsittelyä.

Istukkagonadotropiinin tehon, käytettävyyden ja edullisuuden vuoksi sitä suositellaan käytettäväksi kuhan ja valkosilmäkuhan kudun säätelyyn sekä normaalina kutuajankana että sen ulkopuolella (Malison ym. 1998, Zakes ja Szczepkowski 2004, Zakes 2007). Istukkagonadotropiini on polypeptidihormoni ja sitä saadaan jalostettua raskaana olevien naisten virtsasta (NACA 1989). Fysiologisesti se toimii kuten luteinisoiva hormoni (LH) ja follikkeleita stimuloiva hormoni (FSH). Istukkagonadotropiini edistää ovulaatiota, sukusolujen kehittymistä ja sukupuolihormonien eritystä.

2.1.4 Täysnaarasparvet ja sterilisaatio

Kalanviljelyssä täysnaarasparvia tuotetaan naaraskalojen paremman kasvunopeuden vuoksi. Viljellyistä ahvenkaloista näitä geneettisiä menetelmiä käytetään kelta-ahvenella (*Perca fla-*

vescens M.) ja valkosilmäkuhalla. Ahvenella (*Perca fluviatilis* L.) ja kuhalla menetelmät ovat kehityksen alla. Menetelmässä naaraskalat käännetään hormonikäsittelyn avulla maitia tuottaviksi kaloiksi. Kun naaraskalan xx-maidilla hedelmöitetään toisen naaraskalan mäti, saadaan jälkeläisinä pelkästään naaraskaloja. Jopa 97 % naaraskaloista voidaan kääntää toiminnalliseksi koiraskaloiksi, kun poikasvaiheessa 2 g painoisia kuhia ruokitaan 21 vuorokauden ajan 17 α -metyylitestosteronia sisältävällä rehulla (Demska-Zakes ja Zakes 2008). Kokeessa käytetty alin hormonipitoisuus oli korkea, 30 mg/kg rehua ja mahdollisesti pienemmätkin hormonipitoisuudet aiheuttaisivat naaraskalojen kääntymisen toiminnalliseksi koiriksi.

Sukukypsyminen hidastaa kalojen kasvua, joten ruokakalan viljelyyn on kehitetty menetelmiä, joilla sukukypsyminen voidaan estää. Kuhan osalta steriloimismenetelmiä ei ole tietävästi käytetty, mutta valkosilmäkuhan viljelyssä menetelmiä käytetään. Kaloilla triploidia eli kolminkertainen kromosomisto estää sulusolujen normaalin kehittymisen. Valkosilmäkuhan viljelyssä triploidien kalojen tuottamisessa käytetään lämpö- tai painesokkikäsittelyitä heti mädin hedelmöityksen jälkeen (Craig 2000). Myös ympärivuotinen kasvatus lämpimässä vedessä (19 °C) estää kalojen sukukypsyminen (Gál ym. 2005).

Kutukypsyys lyhyesti:

- laitosoloissa kuhat eivät saavuta kutuvalmiutta ilman hormonikäsittelyä
- hormonikäsittelynä suositellaan gonadotropiinia, jonka lisäksi tarvitaan valo- ja lämpökäsittely
- gonadotropiinia annetaan kerta-annoksena 200 IU/kala kg lihakseen tai vatsaonteloon
- ovulaatio tapahtuu n. 3 vrk kuluttua, maiti on valmista 1–1½ vrk käsittelystä
- kutua voidaan aikaistaa hormoni-, valo- ja lämpökäsittelyn avulla jopa 3 kk mädin selviytymistä heikentämättä, vaikutukset poikasten eloonjäämiseen heikosti tunnetut
- mädin kehittyminen vaatii useita kuukausia kestävän kylmän talvehtimisjakson

2.2 Mädin lypsy ja hedelmöitys

2.2.1 Mäti ja mätituotto

Kuhan mätimunat ovat pieniä verrattuna muiden ahvenkalojen mätimuniin. Hedelmöittymättömien mätimunien halkaisija vaihtelee 0,7–0,85 mm välillä ja hedelmöittyneiden turvonneiden mätimunien halkaisija 0,8–1,67 mm välillä (Lappalainen ym. 2003). 1 500–2 000 hedelmöittymättömää mätimunaa painavat yhteensä gramman (Steffens ym. 1996). Mätimunan koko vaikuttaa sekä hedelmöittyneiden munien että kuoriutuneiden poikasten elinkykyyn. Useammin kutevat 5–7 -vuotiaat (0,9–2,5 kg) naaraat tuottavat suurimmat ja laadultaan parhaimmat mätimunat (Gaygalas ja Gyarulaytis 1974), kun taas pienistä munista (0,8–1,0 mm) kuoriutuneiden poikasten on havaittu elävän huomommin kuoriutumisen jälkeen (Schlumberger ja Proteau 1996). Kuha tuottaa keskimäärin 200 000 mätimunaa per ruumiinpaino kg (vaihteluväli 50 000–450 000, Zienert 1992).

2.2.2 Mädin lypsäminen

Emokalojen mäti ja maiti lypsetään käsin pitämällä kalan päätä lypsäjän vartalon ja olkavarren välissä. Toinen käsi pitää kiinni kalan pyrstöstä, jolloin toinen käsi jää vapaaksi. Vatsa alaspäin suunnatun kalan vatsapuolta vedellään vapaalla kädellä päästä pyrstöä kohti etenevin liikkein ja samalla pyrstöstä pitävällä kädellä voidaan taivuttaa kalan selkärankaa hieman ylöspäin. Lypsäminen lopetetaan, kun mätiä tai maitia ei enää valu vapaasti tai jos niiden seassa havaitaan verta (Malison ja Held 1996).

2.2.3 Mädin hedelmöittäminen ja säilytys

Valkosilmäkuhan keinohedelmöittäminen toteutetaan yleensä ns. kuivahedelmöityksenä, mutta myös ns. märkähedelmöitys on mahdollinen (Malison ja Held 1996). Kuivahedelmöityksessä mäti ja maiti sekoitetaan keskenään ennen veden lisäämistä, jonka jälkeen sukusolut aktivoidaan vettä lisäämällä. Sukusolujen sekoitussuhde on esimerkiksi 2 ml maitia 100 mätigrammaa kohti (Steffens ym. 1996). Muutaman minuutin kuluttua mäti huuhdellaan puhtaalla vedellä, minkä jälkeen se käsitellään paakkuuntumisen estämiseksi ja laitetaan haudontaan.

Lypsettyä mätiä voidaan säilyttää vain lyhyen ajan (alle 30 minuuttia). Mädin lämpötila on pidettävä samana kuin se oli lypsyhetkellä ja se on suojattava kuivumiselta. Lypsettyä maitia voidaan säilyttää pidempään jopa noin 10 vrk ajan. Maiti säilytetään ohuena kerroksena (3 mm) puhdasta happea sisältävässä muovipakkauksessa ja viileässä (2–3 °C). Pakkaukseen lisätään puhdasta happea päivittäin.

2.2.4 Paakkuuntumisen esto

Muun muassa karpilla (*Cyprinus caprio* L.), monnilla (*Silurus glanis* L.) ja kuhalla mädin kuttalustaan kiinnittyminen on hyvin tärkeä ominaisuus luonnossa tapahtuvassa lisääntymisessä tai kun mätiä haudotaan valvotuissa olosuhteissa turoihin kiinnittyneenä. Se ei kuitenkaan ole toivottavaa, kun hedelmöittynyttä mätiä haudotaan hautomoissa erityisissä haudontalaitteissa, jolloin toisiinsa kiinnittyneen mädin kaasujen vaihto on heikentynyt sekä tautiriski kohonnut (Demska-Zakes ym. 2005).

Mädin tarttumiskyvyn poistamiseksi on kehitelty useita eri menetelmiä. Mätimunien on esimerkiksi eroteltu mekaanisesti toisistaan, huuhdeltu puhtaalla tai kiintoainetta (savi, tarkkelys, hiili, bentoniitti) sisältävällä vedellä tai kemiallisilla käsittelyillä, kuten karbamidi- ja suolaliuoksilla, tanniinihapolla sekä entsyymeillä (taulukko 1).

Kuhalla keinohedelmöityksen viljelytekniikat ovat kehittyneet vasta viime aikoina ja optimaalinen keino mätimunien tarttumisen estämiseksi on vielä kehityksen alla. Kuhan keinohedelmöityksessä voi käyttää 0,3 % vahvuista suolaliuosta (NaCl) sekoitettuna maitiin (ns. puoli-kuiva hedelmöitys), jolloin voidaan estää mätimunien tarttuminen toisiinsa hedelmöityksen ensi hetkien aikana (Steffens ym. 1996). Tämän käsittelyn jälkeen tarttumiskykyä heikennetään huuhtelemalla munia emäksisessä proteaasisyymiliuoksessa (0,5 %). Toinen vaihtoehto on käyttää 100 g talkkia ja 20 g NaCl liuotettuna 10 litraan vettä.

Demska-Zakes ym. (2005) havaitsivat tanniinihapon vähentävän hyvin mätimunien tarttuvuutta toisiinsa. Tanniinikäsittelyjen jälkeen mäti säilyi hyvin silmäpisteasteelle, mutta käsittelyt vaikuttivat haitallisesti kuhan poikasten kuoriutumiseen. Osa poikasista ei kyennyt rik-

Taulukko 1. Eri menetelmiä mädin tarttumiskyvyn poistamiseksi ja paakkuuntumisen estämiseksi.

	Menetelmä	Lyhyt kuvaus	Viite
Fysiologiset	Bentoniitti (savi)	Takertuvat mätimuniin poistaen adheesiokykyä.	Malison & Held 1996
	Pohjamuta	Hedelmöittynyttä mätää kylvetetään	Malison & Held 1996
	Fuller's Earth (savi)	seoksessa ja sen jälkeen huuhdellaan hyvin.	Malison & Held 1996
	Tärkkelys		Malison & Held 1996
	Talkki & suola		Steffems ym. 1996
Kemialliset	Entsyymit		Demska-Zakes ym. 2005
	-Proteaasi	Proteolyttiset entsyymit hajottavat	Demska-Zakes ym. 2005
	-Alkalaasi	tarttumisen aiheuttavaa ainetta.	Linhart ym. 2003
	Karbamidi (urea)-suolaliuos		Demska-Zakes ym. 2005
	Tanniinihappo		Krise ym. 1986, Demska-Zakes ym. 2005
Mekaaniset	Sekoittaminen	Hedelmöittynyttä mätää sekoitetaan jatkuvasti muutaman tunnin ajan. Työläs menetelmä.	Malison & Held 1996, Demska-Zakes ym. 2005
	Mätijyvien erottelu käsin	Hedelmöittynyt mäti erotellaan toisistaan käsin. Työläs menetelmä.	Malison & Held 1996, Demska-Zakes ym. 2005

komaan mätimunaa suojaavaa korionkalvoa ja osa kykeni irrottautumaan mätimunasta vain osittain. Tanniinihappokäsittelyä parempi menetelmä lienee proteolyttisten entsyymien käyttäminen.

Proteolyttisillä entsyymeillä on saatu hyviä tuloksia mädin tarttumiskyvyn ehkäisemisessä (Krise ym. 1986, Linhart ym. 2003). Valkosilmäkuhalla proteaasikäsittelyn jälkeen mädistä kuoriutui 83 %, kun tanniinikäsittelyn jälkeen kuoriutuneiden osuus oli 64 % ja mädin jatkuvan sekoittamiseen perustuvan käsittelyn jälkeen alle 50 % (Krise ym. 1986). Alkalaasia on kokeiltu menestyksellisesti karpin, monnin ja suutarin (*Tinca tinca* L.) mätimunien paakkuuntumisen estämisessä (Linhart ym. 2003).

Keinohedelmöityksen ja paakkuuntumisenestokäsittelyn jälkeen mäti huuhdotaan hyvin puhtaalla vedellä sekä annetaan turvota ja kovettua vedessä muutaman tunnin ajan (2–3 h: Malison ja Held 1996, 4 h: Thompson 1996). Hedelmöittynyttä mätää pidetään häiritsemättä astioissa tai tiheäsilmäisissä haaveissa, jolloin hedelmöittynyt mäti turpooa halkaisijaltaan noin kaksinkertaiseksi. Mädin kovettumisen jälkeen se siirretään haudontalaitteisiin.

2.2.5 Mädin tuotanto Suomessa

Kuhan poikastuotannossa on tapana ollut pyytää kutukatat järvestä tai emolammikosta juuri ennen kutua tai kudun aikana (Ruuhijärvi ja Hyvärinen 1996). Pyydetty kalat on siirretty kutupaikoille ankkuroituihin lieriömäisiin sumpuihin, jotka ovat halkaisijaltaan ja korkeudeltaan 2 metrisiä. Niissä kuhat ovat kutuneet pohjalla olevien turojen päälle. Turot on yleensä valmistettu kiinnittämällä riisijuuria kimppuina 0,4 m² kokoiseen metalliverkkoon. Yhteen sumpuun on laitettu korkeintaan 4 koiras- ja 3 naaraskalaa. Turot on tarkistettu päivittäin.

Kun kutu on tapahtunut, turot sekä niihin kiinnittynyt mäti on siirretty hautomoon noin päivää ennen arvioitua kuoriutumista. Hautomossa kuoriutuneet poikaset on kerätty talteen jatkokasvatusta varten.

Nykyisellään varmin keino saada vastakuoriutuneita kuhan poikasia on hormonikäsitellä ja pariuttaa halutut emokat. Emokalojen itse hedelmöittäjä ja turoihin kutema mäti haudetaan haudontakaukaloissa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella emokat on nukutettu ja injektioitu karpin aivolisäke- tai gonadotropiinihormonilla ennen altaisiin siirtoa (Jokelainen ja Koskela, julkaisematon aineisto, Jokelainen ja Koskela 2007). Injektionin jälkeen emokalojen on annettu kutea altaisiin asetettujen turojen päälle ja turot on myöhemmin kerätty altaista haudontaa varten.

Mädin lypsyt ja hedelmöitys lyhyesti:

- kuhaemot voidaan pariuttaa altaassa, jossa niiden annetaan kutea turoihin tai sukusolut voidaan lypsää ja keinohedelmöittää
- mädin tarttumiskyky vaikeuttaa keinohedelmöitystä seuraavaa suppilohaudontaa, menetelmät tarttumisen estämiseksi ovat kehityksen alla

2.3 Haudontamenetelmät ja hedelmöitetyn mädin käsittely

2.3.1 Haudonta-aika

Kuhan mädin haudonta-aika riippuu suurimmaksi osaksi veden lämpötilasta. Mäti voidaan hautoa 11,5–20 °C lämpötiloissa (Muntyan 1977), mutta usein käytetään 16–18 °C lämpötilaa.

Kirjallisuusaineiston (Lappalainen ym. 2003) mukaan kuhan mädin haudonta-aika voidaan laskea seuraavien yhtälöiden avulla (taulukko 2):

$$pa = 1\,255 \times t^{1,07} \text{ ja}$$

$$h = 30\,124 \times t^{-2,07}$$

, jossa pa tarkoittaa poikasten kuoriutumisen alkamiseen tarvittavaa haudonta-aikaa päiväästeina, h tarkoittaa poikasten kuoriutumisen alkamiseen tarvittavaa haudonta-aikaa tunteina ja t tarkoittaa lämpötilaa celsiusasteina.

Taulukko 2. Kuhan mädin kuoriutumisen alkamiseen tarvittava haudonta-aika ja päiväasteet eri lämpötiloissa. Haudonta-ajat ja päiväasteet laskettu Lappalainen ym. (2003) mallien avulla.

	Lämpötila °C										
Haudonta-aika	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
tunteina	176	149	128	111	97	85	76	68	61	55	50
päiväasteina °C	88	81	75	69	65	61	57	54	51	48	46

2.3.2 Haudonta suppiloissa ja kaukaloissa

Saksassa kuhan mätiä haudotaan yleensä 7-litraisissa suppiloissa 0,5–5 litraa kerrallaan (Steffens ym. 1996). Mädin takertuvuus on poistettu edellä mainittujen käsittelyjen avulla. Veden virtaaman tulee olla aluksi 0,5 l/min ja myöhemmin 4–5 l/min. Vesitys säädetään haudonta-astiasta riippuen siten, että hautuva mäti kelluu irti haudonta-astian pohjalta ja on jatkuvassa liikkeessä (Thompson 1996).

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksella turoihin kiinnittynyttä mätiä on haudottu alumiinisissa haudontakaukaloissa (kuva 1). Haudonnan ajaksi kaukalot on pimennetty kattamalla. Kuoriutumisasjankohdan lähestyessä peitteet on poistettu kaukaloiden poistoviemärin ympäriltä, jolloin vastakuoriutuneet poikaset on saatu valon ja virtaavan veden avulla ohjattua ulos kaukaloista. Haudonnan aikana virtaama on ollut muutamia litroja minuutissa.



Kuva 1. Kuhan mädin haudontaa RKT:n Laukaan toimipaikan tutkimustiloissa. Eristelevyillä osittain pimennetyssä kaukalossa vastakuoriutuneet poikaset hakeutuvat valon houkuttelemisena poistoviemärin lähetyville ja kulkeutuvat veden virtauksen mukana alapuoliseen keräilyastiaan. (Kuva: Teemu Jokelainen)

Kuoriutuneet poikaset siirretään lappletkun avulla haudontasuppiloista astioihin, joissa happipitoisuuden tulee olla korkea. Varastointiastioissa vastakuoriutuneiden poikasten tiheys voi olla noin 15 000 yksilöä litrassa. Kuoriutumista voidaan nopeuttaa pysäyttämällä haudontasuppiloiden vesitys lyhyeksi ajaksi neljän haudontavuorokauden jälkeen, jolloin suppiloiden happipitoisuus hetkellisesti pienenee. Kuoriutumista voidaan kiihdyttää myös nostamalla veden lämpötilaa usealla asteella silloin, kun ensimmäiset poikaset ovat kuoriutuneet (Malison ja Held 1996).

2.3.3 Vesihomeen torjunta

Haudonnan aikana mätää voidaan kylvettää formaliini- tai vetyperoksidiliuoksella vesihomeen kasvun ehkäisemiseksi. Valkosilmäkuhan mädin kylvetykseen on käytetty esimerkiksi 1:1 000 vahvuista formaliinikylvetystä 15 minuutin ajan päivittäin (Malison ja Held 1996). Kun mädin tarttumiskyky aiheuttavaa pinta-ainesta poistetaan kemikaaleilla käsittelemällä, vähenee myös riski vesihometartuntoihin haudonnan aikana (Krise ym. 1986). Jos mätimuna kuolee haudonnan aikana, siihen tarttuu yleensä *Saprolegnia* -vesihome muutaman vuorokauden kuluessa (Thompson 1996). Tämän vuoksi kuolleet mätimunat tulee poistaa haudontasuppiloista. Kuolleet ja vesihomeiset mätimunat ovat kevyempiä ja ne nousevat haudonta-astian yläosaan, josta ne voidaan poistaa lapolla.

2.3.4 Haudonta sumukaapissa

Aivan toisenlainen tapa hautoa kalojen mätää on ns. sumukaappihaudonta. Menetelmä soveltuu kaloille, joiden mätimunat tarttuvat alustaan ja joiden mätimunissa on ohut perivitelliinitila ja vahva kuori (Woynárovich ja Horváth 1980). Sumukaapeissa hautuva mätä absorboi hapen suoraan ilmasta, jossa happipitoisuus on noin 20-kertainen happikylläiseen veteen verrattuna. Kun mädin pinnalla on ohut vesikerros tai mätä on kostea, ilman happi voi siirtyä mädin sisälle diffuusion avulla. Mätä pysyy jatkuvasti kosteana, kun sen pinnalle sumutetaan haudontahuoneen seinillä olevista suuttimista vesisumua. Kuhan alustansa ja toisiinsa tarttuvaa mätää voidaan hautoa tällä menetelmällä niin, että mätirypästen sisimmäisetkin munat saavat riittävästi happea. Hyvän happitilanteen lisäksi sumukaapin etuihin kuuluu *Saprolegnia* -vesihomeongelmien poistuminen, pienentynyt veden kulutus sekä tarkasti säädeltävissä oleva haudontalämpötila (Steffens ym. 1996, Woynárovich ja Horváth 1980).

2.3.5 Mädin kuljettaminen

Mätää voidaan myös siirtää paikasta toiseen tietyin toimenpitein. Valkosilmäkuhan viljelyssä mädin kuljettamisesta on kertynyt runsaasti kokemuksia (Colesante 1996b). Mädin kuljettaminen on mahdollista viiden haudontavuorokauden tai noin 50 °C päiväasteen jälkeen. Valkosilmäkuhan mätää voidaan kuljettaa jo ennen mädin silmäpistevaihetta. Hedelmöittynyttä mätää voidaan kuljettaa suljetuissa pusseissa, joissa on riittävä määrä vettä ja happea. Toinen ja käytetympi vaihtoehto on ns. kuivakuljetus, jossa hedelmöittynyt mätä kuljetetaan laatikoissa kostean harsokankaan sisälle suojattuna. Hedelmöittyneen mädin kerrotaan selviytyneen jopa 18 tunnin kuljetusmatkoista.

Suomessa on onnistuneesti kuljetettu turoihin kiinnittynyttä mätää vuorokauden kuluttua kudusta ja hedelmöityksestä. Kuljetuksessa on käytetty polystyreeni-laatikoita, jotka on pei-

tetty märillä sanomalehdillä. Pidemmällä automaatioilla turoja on viilennetty jäämurskan avulla sekä kostutettu kuljetuksen aikana muutaman kerran suihkupullon avulla (R. Kannel ja J. Saapunki, suull. ilm.).

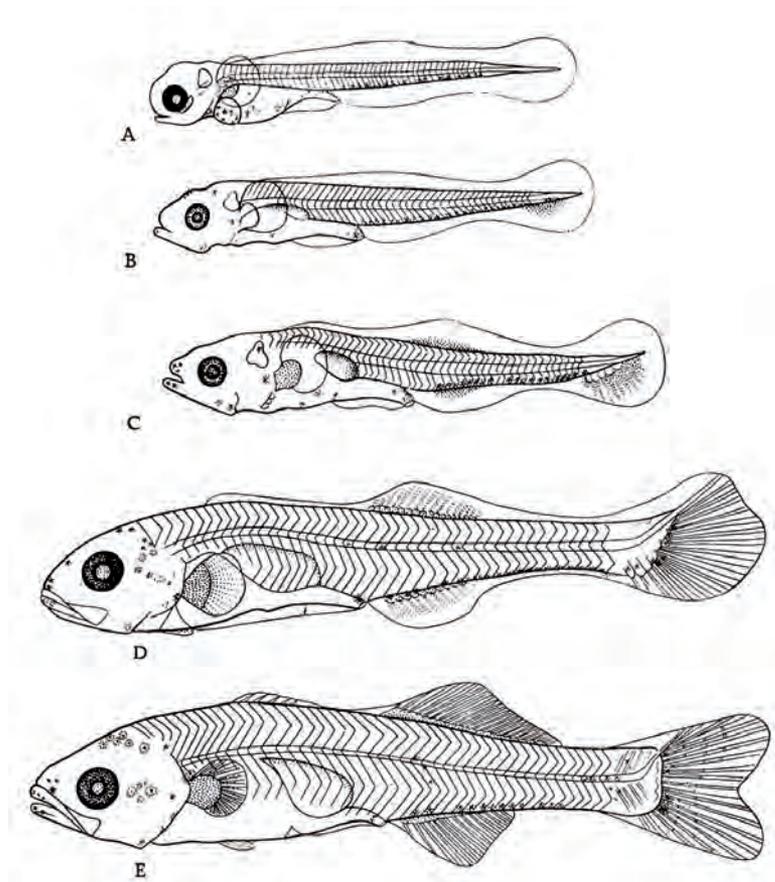
Haudontamenetelmät lyhyesti:

- hedelmöittynyt mäti haudotaan turoihin kiinnittyneenä haudontakaukaloissa tai keinohedelmöitettynä haudontasuppiloissa
 - kuoriutumisen alkamiseen tarvittava haudonta-aika riippuu veden lämpötilasta, suositeltu haudontalämpötila on 16–17 °C, jossa haudonta-aika on noin 3½–4 vrk
 - kuoriutumisen alettua sitä voidaan nopeuttaa nostamalla veden lämpötilaa muutamalla asteella tai alentamalla lyhytaikaisesti veden happipitoisuutta virtausta vähentämällä
-

3. Kuhan poikasten kehitys

Kuhan poikaset poikkeavat tavanomaisista viljelylajeista, kuten kirjolohesta. Poikaset ovat kuoriutuessaan hyvin pieniä ja niiden yksilönkehitys on vasta alussa. Kirjallisuudessa kuhan ja pohjoisamerikkalaisen sukulaisen valkosilmäkuhan vastakuoriutuneita poikasia kuvataan ”toukkamaisiksi”, mutta tässä katsauksessa tullaan puhumaan vain kuhan poikasista.

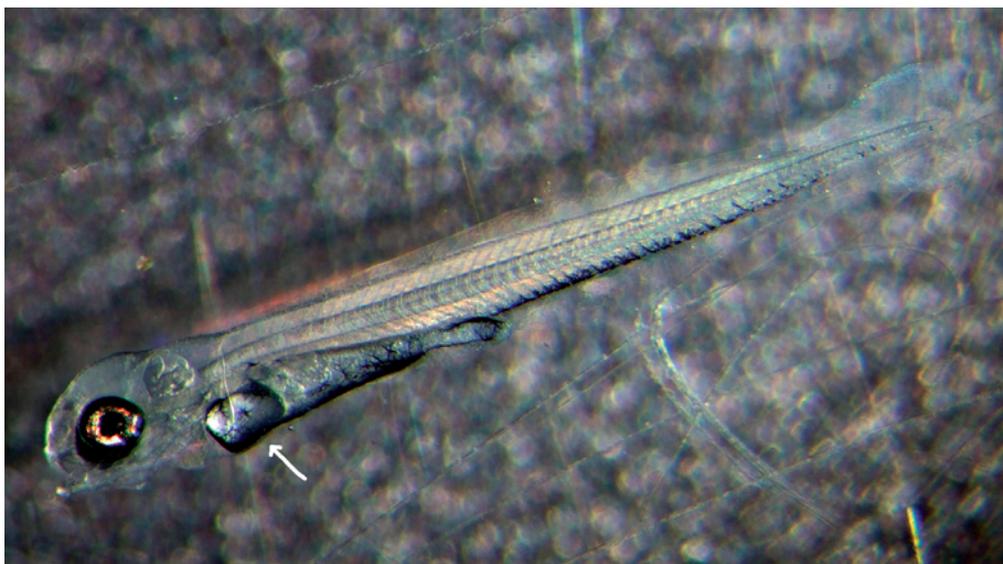
Osa kuhan intensiivisen alkukasvatuksen vaikeuksista ja epävarmuustekijöistä on vältettävissä havainnoimalla ja tunnistamalla poikasten kehityksen eri vaiheet. Viljelymenetelmien toimivuus riippuu siitä, kuinka poikasia käsitellään ja kuinka niitä ruokitaan ensimmäisten kriittisten elinvaiheiden aikana (Krise ja Meade 1986). Tunnistamalla poikasten kehitysvaiheet voidaan välttää käsittely tai ruokinnan aloitus epäsuotuisana aikana. Toisaalta toimenpiteet osataan suorittaa kehityksen kannalta sopivimpina aikoina. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan kuhan poikasten kehityksestä jaoteltuna Kovalevin (1976) määrittämiin kehitysvaiheisiin (kuva 2).



Kuva 2. Kuhan poikasten kehitysvaiheet (Kovalev 1976). A: Vaihe I (6,1 mm). B: Vaihe II (8,0 mm). C: Vaihe III (9,3 mm). D: Vaihe IV (11,6 mm). E: Vaihe V (15,0 mm).
(Kuva: Kovalev 1976).

3.1 Vaihe I

Ensimmäisessä kehitysvaiheessaan (kuva 2, A ja kuva 3) poikaset käyttävät ravinnonlähteenä sekä ruskuaista että saalistamaansa ravintoa. Vaiheen alussa lipidipisaran halkaisija on noin 20–30 % poikasten pään pituudesta. Leukaluut ovat ilmestyneet näkyviin ja suu on puoliksi avoin. Poikaset ovat läpinäkyviä, mutta mustia pigmenttiläikkiä voi esiintyä pyrstöpuolen alapuolella, lipidipisaran ja ruskuaispussin jäänteiden läheisyydessä sekä suolen takaosassa (kuva 3). Muodoltaan poikaset ovat pitkänomaisia. Niiden vartaloa ympäröi toisesta tai kolmannelta lihasjaokkeesta eli myotomista pyrstöön ulottuva kalvomainen ja yhtenäinen poikasevä. Uimarakko, joka ei ole vielä tässä vaiheessa täyttynyt, on kuitenkin näkyvissä. Ensimmäisen vaiheen edetessä poikasten paino suhteessa veteen alenee, kun ruskuaispussin ravintovararat vähenevät. Vaiheen aikana myös suoli avautuu. Ruskuaispussin jäänteiden ja kehittymättömien evien vuoksi poikasten uiminen on hidasta, joten ne eivät voi saalistaa nopeasti uivia eläimiä. Suun koko rajoittaa ravintokohteiden valintaa ja luonnossa poikaset syövät esimerkiksi Copepoda -hankajalkaisten kopepodiiitti ja nauplius -vaiheitten toukkia. Poikaset hakeutuvat valoa kohti ja elävät luonnossa lähellä veden pintaa. Ensimmäinen kehitysvaihe kestää noin 4 vuorokautta 9,8–15 °C lämpötilassa.



Kuva 3. Muutaman vuorokauden ikäinen ja n. 5 mm pituinen kuhan poikanen. Nuoli osoittaa lipidipisaraa (Kuva: Teemu Jokelainen).

3.2 Vaihe II

Toinen kehitysvaihe (kuva 2, B) alkaa siitä hetkestä, kun poikaset siirtyvät ulkopuolisen ravinnon varaan ruskuaispussin ravintovarojen loputtua. Vaiheen aikana myös lipidipisaran jäänteet

häviävät. Poikasten pyrstössä selkärangan alapuolella on nähtävissä tummia erilaistumattomia soluja (mesenkymaalisoluja). Pigmenttisolut ovat keskittyneet uimarakon yläpuolelle sekä pyrstön alapuolelle. Yksittäisiä tähdenmuotoisia pigmenttisoluja (melanoforeja) on nähtävissä päässä, vatsan alueella sekä suolen takaosassa. Suu suurenee ja alkeelliset hampaat ovat erotettavissa. Ruskuaisen imeytymisestä ja uimarakon täyttymisestä johtuen poikasten suhteellinen paino alenee edelleen. Uimakyky paranee uimarakon täyttymisen, vartalon vankistumisen, rintaevien ja poikasevän kehittymisen myötä. Poikaset kykenevät nopeisiin ja yllättäviin liikkeisiin saalistaessaan. Ravintokohteiden koko kasvaa suun ja leukojen kasvaessa. Kuhan poikasten toinen kehitysvaihe kestää 3 vuorokautta 17,1–23,2 °C lämpötilassa.

3.3 Vaihe III

Kolmannessa kehitysvaiheessa (kuva 2, C) mesenkymaalisoluja on nähtävissä kalvomaisen poikasevän selkä- ja vatsapuolilla. Pyrstöön on syntynyt alaspäin suuntautuneita rakenteita, joista myöhemmin kehittyvät eväruodot. Selkäjänteen pää pyrstössä on kääntynyt hieman ylöspäin. Vaiheen aikana lihakset kasvavat ja kehittyvät, minkä todisteena lihaksissa havaitaan siksakkuvioita. Lihasten kasvun myötä poikasten uintinopeus kasvaa edelleen. Poikaset ovat edelleen läpinäkyviä, mutta pigmenttiläikkiä havaitaan yleensä pyrstön alapuolella, päässä, ruuansulatuselimissä sekä uimarakon yläpuolella. Hampaat ovat selvästi erotettavissa leuoista alaleuan ollessa suuntautunut ylöspäin. Vaiheen aikana suolen etuosa laajenee enemmän kuin aiemmissa kehitysvaiheissa. Kolmas kehitysvaihe kestää 4 vuorokautta 14,4–24,6 °C lämpötiloissa.

3.4 Vaihe IV

Neljännessä kehitysvaiheessa (kuva 2, D) poikasten hengitys muuttuu aikuisille tyypilliseksi, jolloin kiduskaaret peittyvät kiduskannen eli operculumin alle ja vesi alkaa kiertää suun kautta kiduksille. Vatsaevät erottuvat juuri ja juuri, ja rintaevissä alkaa erottua säteittäisiä rakenteita. Ensimmäinen selkäevä ei ole vielä kehittynyt, mutta pieni kohouma poikasevän etuosassa on näkyvillä. Selkäjänteen takaosa on taipuneena ylöspäin ja pyrstöevän säteittäiset rakenteet ovat suuntautuneet taaksepäin ulottuen evän kärkeen saakka. Peräevässä ja rintaevissä on havaittavissa säteittäisiä rakenteita, jotka eivät vielä ulotu evien kärkeen asti. Kehitysvaiheen lopussa pyrstöevä erkanelee kalvorakenteiden surkastuessa taaemmasta selkäevästä sekä peräevästä omaksi eväkseen. Poikaset ovat edelleen läpinäkyviä ja vaikeasti havaittavissa varsinkin luonnossa eläessään pelagiaalin pintavedessä. Uimarakon, pään ja pyrstön alla olevien pigmenttisolujen lisäksi suurempia melanoforeja havaitaan ruumiin sivuilla, pyrstöevän tyvellä ja suolen takaosassa. Silmän halkaisijan ja polttovälin kasvaessa poikaset kykenevät havaitsemaan kohteita kauempana ja eri syvyyksillä. Uimarakko ulottuu vatsan puolivälistä peräaukkoon ja sen rajat erottuvat aiempaa selkeämmin. Leukojen luut pitenevät ja erottuvat toisistaan tehden suusta liikkuvamman. Neljännen kehitysvaiheen kesto on 6 vuorokautta 13,5–21,5 °C lämpötilassa.

3.5 Vaihe V

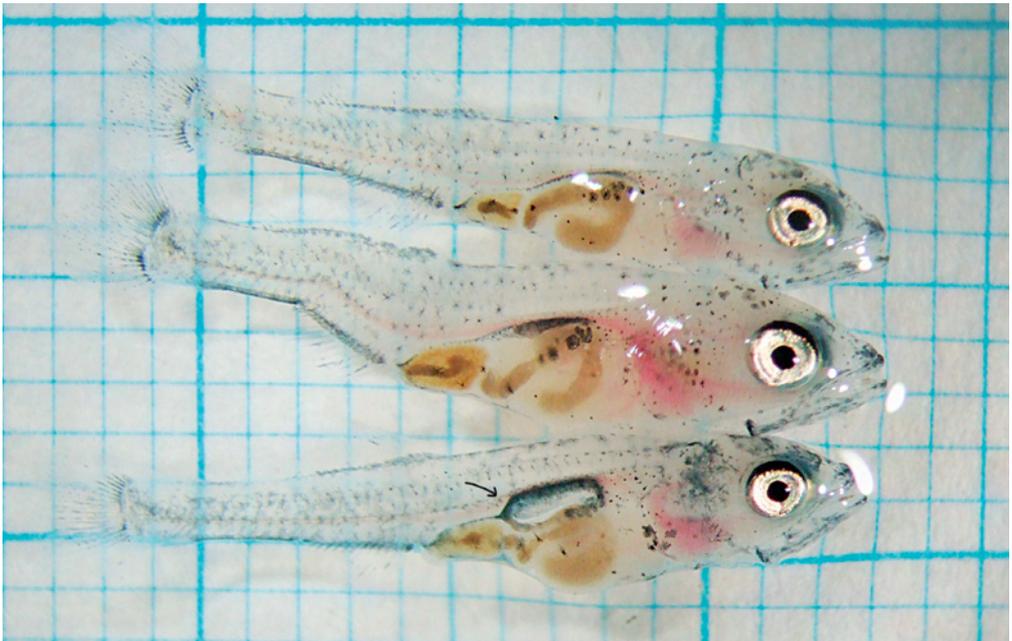
Viidennessä kehitysvaiheessa (kuva 2, E) kuhan poikasten ulkomuoto pyöristyy lihasten kasvaessa. Merkittäviä muutoksia havaitaan etenkin evien rakenteissa. Pyrstöevä pitenee ja sen

lovi kasvaa syvemmäksi. Ensimmäinen selkäevä on vaiheen alussa melkein huomaamaton, mutta vaiheen lopussa siihen on kehittynyt yleensä 6–8 ruotomaista sädettä ja koko kasvanut. Taemmassa selkäevässä ja peräevässä evien säteet ulottuvat jo evien kärkiin. Vatsaevät ovat vielä pienet, mutta erottuvat peräaukon etupuolelta kuitenkin selkeästi. Vaiheen lopussa mesenkymaalisolujen muodostamat säteet muodostuvat myös vatsaeviin ja niiden muoto muuttuu pyöreästä pitkulaiseksi. Rinta- ja peräeviin syntyy nivelikkyyttä ja pyrstöevässä nivelikkyyttä lisääntyy lisäten taipuisuutta. Pyrstöevän säteissä havaitaan jo haaroja. Ensimmäisille poikavaiheille tunnusomainen poikasevä on kokonaan hävinnyt viidennen kehitysvaiheen lopussa.

Lihasten kasvaessa poikasten ruumis menettää läpinäkyvyytään. Tummat pigmenttisolut peittävät uimarakon yläosaa. Suuria melanoforeja voi esiintyä päässä, leuoissa, kiduskansissa, pyrstön alla ja sivuilla sekä suolen loppuosassa. Pään pituus on jo yli neljänneksen poikasen kokonaispituudesta. Kaikki luut erottuvat aiempaa paremmin ja kiduskansien piikit ovat selvästi esillä. Hampaat ovat hyvin kehittyneitä ylä- ja alaleuoissa. Viides kehitysvaihe kestää 7 vuorokautta 13,6–22,8 °C lämpötilassa.

3.6 Uimarakon täytyminen

Poikasten kehityksen kannalta yksi tärkeä vaihe on uimarakkojen täytyminen. Täyttymätöntä uimarakkoa pidetään alkukasvatuksen merkittävimpänä kuolleisuutta aiheuttavana tekijänä



Kuva 4. Valokuva 25 vrk ikäisistä kuhan poikasista. Kuvassa nuolet osoittavat uimarakon sijainnin. Alin poikanen on onnistunut uimarakon täytössä. Keskimmäisen ja ylimmäisen poikasen uimarakot ovat jääneet täyttymättä. Lisäksi keskimmäisen poikasen selkäranka on kasvanut kieroksi. (Kuva: Teemu Jokelainen).

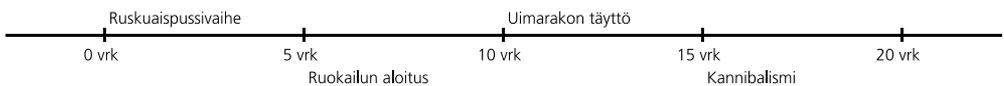
noin 20 vrk ikään asti (Colesante ym. 1986, Barrows ym. 1988). Joillakin kalalajeilla yhteys ruuansulatuskanavasta uimarakkoon säilyy koko eliniän, mutta suurimmalla osalla tämä yhteys surkastuu jo poikasvaiheessa. Ahvenkalat mukaan lukien eurooppalainen kuha ja amerikkalainen valkosilmäkuha kuuluvat näihin lajeihin.

Valkosilmäkuhat täyttävät uimarakkonsa 6–12 vrk kuoriutumisen jälkeen (Marty ym. 1995). T. Ostaszewskan (julkaisematon) havaintojen mukaan kuhan poikasten uimarakkojen kehitys alkaa ennen ulkopuolisen ravinnonoton alkua. Hän havaitsi kokeissaan, että 18 °C lämpötilassa poikasten uimarakot ovat ilmestyneet 3–5 vrk:n ikäisinä ja niiden täytyminen on tapahtunut 9–11 vrk kuluttua kuoriutumisesta. Kylmässä vedessä kehitys vie pitempään ja 16 °C lämpötilassa uimarakon täyttö on tapahtunut 13–15 vrk kuluttua kuoriutumisesta.

T. Ostaszewskan (suull. ilm.) mukaan noin 9–13 vrk kuoriutumisen jälkeen poikasten uimarakkojen täytyminen ei enää onnistu, koska yhteys ruuansulatuskanavasta uimarakkoon sulkeutuu. Marty ym. (1995) totesivat, että 12 vrk kuoriutumisen jälkeen täyttymisen estää ruuansulatuskanavassa kasvun myötä tapahtuvat muutokset. Uimarakon täytyminen on siis mahdollista vain muutaman vuorokauden pituisen ajanjakson aikana (kuva 4).

Kuhan poikaset täyttävät uimarakkonsa veden pinnalta hakemallaan ilmalla. Rieger ja Summerfelt (1998) julkaisivat ensimmäisinä havainnot, kuinka poikaset läpäisevät veden pintakalvon ja nielaisevat ilmaa. Nielaistu ilma kulkeutuu suolen liikkeiden ansiosta uimarakon läheisyyteen, josta ilmakupla siirtyy ilmanavan (engl. pneumatic duct) läpi uimarakkoon. Veden pinnalle kertynyt lika ja rasva voi estää ilmakuplan oton ja uimarakkojen täyttämisen tai altistaa taudinaiheuttajille (Kindschi ja MacConnel 1989). Altaisiin rakennetuilla teknisillä ratkaisuilla on parannettu poikasten uimarakkojen täyttöä poistamalla veden pinnalle kertyneitä epäpuhtauksia (mm. Barrows ym. 1988, Barrows ym. 1993, Boggs ja Summerfelt 2003).

Alla yhteenveto kuhan poikasten yksilönkehityksen merkittävimmistä vaiheista (kuva 5).



Kuva 5. Kuhan poikasten kolmen ensimmäisen elinviikon tärkeimmät kehitystapahtumat.

4. Alkukasvatus

Alkukasvatuksella tarkoitetaan kuoriutumisen jälkeistä viljelyvaihetta, jonka kesto riippuu veden lämpötilasta. Tässä katsauksessa alkukasvatusvaihe on rajattu ajanjaksoon, jolloin poikasten ruokinta perustuu erityisiin ravintoihin, kuten suolalehtijalkaiseen (*Artemia salina* L., tästedes yleisnimellä artemia) ja pienikokoisiin kuivarehuihin ja ajanjaksoon, jolloin parhaan kasvatustuloksen saavuttaminen vaatii erityisiä teknisiä menetelmiä.

4.1 Viljelytekniikka

4.1.1 Altaat

Altaiden kokoa ja muotoa suunniteltaessa on huomioitava kustannukset, tilan käyttö, veden laadun ylläpito ja poikasten hoitaminen (Summerfelt 1996b). Pyöreät altaat sopivat kuutiomaisia altaita paremmin valkosilmäkuhan poikasten kasvatukseen (Moore ym. 1994b). Kuutiomaisissa altaissa vesi voi virrata epätoivotulla tavalla ja altaan nurkkiin voi syntyä ns. kuolleita kohtia, joihin ulosteet, syömätön ravinto sekä muut jätteet voivat kertyä (Horner 1996). Pyöreissä altaissa vesi sekoittuu lähes täydellisesti, minkä ansiosta veden laatu on samanlainen joka puolella allasta (Summerfelt 1996b). Pyöreät altaat sallivat kalojen jatkuvan uimisen ilman seiniin törmäämisen vaaraa, minkä johdosta kalat ovat rauhallisempia ja vähemmän stressaantuneita (Horner 1996).

Altaiden tai ravintokappaleiden väri voi vaikuttaa poikasten kykyyn ruokailla tehokkaasti (Krise ja Meade 1986). Koska poikasten jakautuminen tasaisesti altaan vesimassaan parantaisi ruokinnan tehokkuutta, tutkivat Corazza ja Nickum (1981) kuinka poikaset jakaantuvat valkoisissa, keltaisissa, vihreissä ja harmaissa altaissa. Poikaset jakaantuivat kaikkein tasaisesti harmaissa altaissa.

Poikasten uiminen altaiden reunoja vasten vaikuttaa merkittävästi alkukasvatuksen onnistumiseen ja on seurausta altaan koon, seinien värityksen, valon voimakkuuden ja veden sameuden yhteisvaikutuksesta (Summerfelt 1996a). Pienemmissä altaissa reunojen suhteellinen pinta-ala on suurempi ja siten poikaset todennäköisemmin sijoittuvat reunoille (Summerfelt 1996a). Altaiden valkeiden pintojen on taas havaittu houkuttelevan valkosilmäkuhan poikasia uimaan niitä vasten (Corazza ja Nickum 1981).

4.1.2 Altaan puhdistus ja sihdit

Altaiden yhteyteen voidaan rakentaa erilaisia laitteita poistamaan veden pinnalle kertyvää rasvakalvoa, jonka on todettu estävän poikasten uimarakon täyttää (Kindschi ja MacConnell 1989). Ns. rasvasiepparin toiminta perustuu paineilmaan, jolla veden pinnalla oleva rasva ja lika ohjataan pinnalla kelluvan laitteen sisälle (Boggs ja Summerfelt 2003). Rasvasieppariin kertynyt rasva ja lika poistetaan päivittäin laitteesta. Toisessa, käytännöllisemmässä menetelmässä veden pintaan suunnataan 80–90° kulmassa vesisuihku, joka puhdistaa veden pintaa ravinnosta, rasvasta ja liasta (Summerfelt 1996a). Kun näitä kahta rasvakalvon poistomenetelmää tutkittiin valkosilmäkuhan poikasilla, havaittiin että molemmat menetelmät paransivat poikasten uimarakon täyttymistä, mutta vesisuihkumenetelmällä puhdistetuissa altaissa uimarakon täyttäneitä poikasia oli enemmän (Boggs ja Summerfelt 2003). Vesisuihkumenetelmän

on havaittu parantavan uimarakon täyttymistä myös aikaisemmissa tutkimuksissa (Barrows ym. 1993 ja Moore ym. 1994b). Rasva tai öljy veden pinnalla on peräisin pääosin kuolleista kalanpoikasista (Chapman ym. 1988, Boggs ja Summerfelt 2003).

Suuttimet suositellaan asennettaviksi korkeintaan 20 cm etäisyydelle veden pinnasta (Summerfelt 1996a). Veden virtaamana on käytetty 0,3–1 l/min (Moore ym. 1994b, Bristow ja Summerfelt 1994). Uusi aalto – hankkeen alkukasvatuskokeissa käytetyt vesisuihkut voidaan rakentaa puutarhakäyttöön tarkoitetuista suihkusuuttimista, sopivasta letkusta ja metallipanasta (kuva 6, Jokelainen ja Koskela 2007).



Kuva 6. Kuhan alkukasvatuskokeissa käytetty vesisuihku. Suihkut asennettiin noin 15 cm korkeuteen koealtaiden yläpuolelle puhdistamaan veden pintaa siihen kertyvästä rasvakalvosta. Riittäväksi suihkun virtaamaksi arvioitiin 0,5 l/min. (Kuva: Teemu Jokelainen)

Altaiden poistovesiaukot tai -putket suojataan sihtiverkolla. Elävällä ravinnolla ja kuiva-rehuilla ruokittaessa verkon tulisi kuitenkin olla mahdollisimman harvasilmäinen tukkeutumisen ja veden laadun heikentymisen estämiseksi. Kuhan viljelyssä suositukset poistoputken suoja-verkon silmäkoolle vaihtelevat 0,2–0,3 mm välillä, kun elävän ravinnon, kuten artemian,

huuhtoutuminen halutaan estää (Steffens ym. 1996, Colesante ym. 1986). Kuhan alkukasvatuskokeissa (Jokelainen ja Koskela 2007) viemäreiden suojana on käytetty ensimmäisen kasvatusviikon ajan halkaisijaltaan 0,25 mm sihtejä ja myöhemmin halkaisijaltaan 0,76 mm sekä 3 mm sihtejä.

Poikasvaiheessa suurempikokoisen valkosilmäkuhan viljelyssä on siirrytty harvempaan sihdin silmäkokoon, joka on halkaisijaltaan alle 0,71 mm ja 53 prosenttisesti avoin (Kindschi ja Barrows 1991). Harvemmat sihdit mahdollistavat puhtaammat altaat, kun kaloja ylikuokitaan alkukasvatuksen aikana. Käytännössä sihtien silmäkoko valkosilmäkuhan viljelyssä on ollut 0,71 mm ensimmäisten 21 vuorokauden ajan, jonka jälkeen sihdit on vaihdettu 1 mm silmäkokoon (Summerfelt 1996a).

4.1.3 Vesitys

Huono vedenlaatu aiheuttaa stressiä ja kuolleisuutta sekä heikentää kalojen kasvua ja terveyttä (Summerfelt 1996a ja 1996b). Poikasille tärkeimmät vedenlaadun mittarit ovat liuenneen hapen (O_2), ammoniakkin (NH_3), nitriitin (NO_2^-), hiilidioksidin (CO_2), typen (N_2) sekä kiintoaineiden pitoisuudet. Aineiden haitallisuus muuttuu kalojen iän, lämpötilan, pH:n, alkaliniteetin, sameuden ja muiden tekijöiden myötä (Summerfelt 1996a). Kuhan poikasten herkkyyttä näille tekijöille ei vielä tunneta hyvin. Tiedetään, että liuenneen hapen määrän tulisi olla lähellä 100 % -kyllästystä. Se ei saisi alittaa 5 mg/l -pitoisuutta eikä toisaalta olla ylikyllästeistä (Summerfelt 1996a). Valkosilmäkuhan poikaset ovat erityisen herkkiä hapen ylikyllästeisyydelle. Vedessä happi saavuttaa ylikyllästeisyyden helposti tilanteessa, jossa kylmää vettä lämmitetään. Koska happea ja muita kaasuja liukenee kylmään veteen enemmän kuin lämpimään, lämmitetystä vedestä voi tulla ylikyllästeistä. Ilmastamalla ylikyllästyneen veden kaasupitoisuus saadaan jälleen normaaliksi.

Liian voimakas virtausnopeus on pienille poikasille erittäin vahingollista (Moodie ja Mathias 1996). Vaikka virtaus onkin veden hyvän laadun säilyttämiseksi tärkeää, voi se helposti ylittää poikasten uimataidot ja kuluttaa niiden energiavarat loppuun (Summerfelt 1996a). Valkosilmäkuhan poikasten intensiivisessä viljelyssä tulovirtaama on säädetty ennen poikasten ruokailun aloittamista siten, että altaan vesitulavuus vaihtuu kahdessa tunnissa (Summerfelt 1996a). Kun poikaset aloittavat ruokailun vesitulavuus vaihtuu 1 ½ tunnissa. Kun poikaset ovat 21 vuorokauden ikäisiä, virtausta on edelleen nostettu ja vesi on vaihtunut kerran tunnissa.

Kuhan poikasten viljelyssä on käytetty 7–8 l/min virtaamaa 0,9 m³ kaukaloissa, jolloin noin puolet vesimassasta vaihtuu tunnissa (Steffens ym. 1996). Alkukasvatuskokeissa 120 litran koealtaissa virtaamana käytettiin 0,7 l/min ruokinnan aloituksen yhteydessä, jolloin vesitulavuus vaihtui noin kahdessa tunnissa (Jokelainen ja Koskela 2007).

4.1.4 Valaistus

Valo on tärkeä ympäristötekijä kuhan viljelyssä. Valkosilmäkuhan poikasten on havaittu olevan valohakuisia ja hakeutuvan kirkasta (7800 luksia) valoa kohden 32 mm pituisiksi asti (Bulkowski ja Meade 1983). Tätä isompien ja vanhempien kalojen on havaittu hakeutuvan heikoimpien valovoimakkuuksien (2 ja 4 luksia) alueille. Valohakuisuuden muutosajankohdan arvellaan olevan yhteydessä enemmän kalojen pituuteen kuin ikään.

Myös kuhan poikaset ovat aluksi valohakuisia ja muuttuvat myöhemmin valopakoisiksi. Nuoret kuhat suosivat yleensä valaistusta, jonka voimakkuus on noin 100 luksia (Woyná-

rovich 1960). Tätä voimakkaampi valaistus voi johtaa kohonneeseen kuolleisuuteen. Täysin pimennetyssä altaassa kuhan poikaset eivät ui vaan lepäävät altaan pohjalla ja alkavat liikkua kohti pintaa vasta, kun valoa on tarjolla (Woyńárovich 1960). Oikeanlainen valaistus auttaa levittämään poikaset tasaisesti altaan veteen ja ehkäisee poikasia uimasta altaan reunoja vasten (Moore 1996).

Liian voimakkaan valaistuksen on epäilty aiheuttavan kehitysvikoja, kuten lordoosia. Klein Breteler (1989) havaitsi kokeessaan poikasilla aiempien vuosien tutkimuksia runsaammin kehitysvikoja. Kun kasvatustilan valaistus oli pimennetty aikaisemmin lähelle 0 luksia haudonnan ja kuoriutumisen poikasten ensimmäisten vuorokausien ajaksi, niin vuoden 1989 tutkimuksessa valaistus heikennettiin vasta kuoriutumisen tapahduttua. Päätelmänä oli, että heikennetty valaistus haudonnan ja poikasten ensimmäisten vuorokausien aikana voi ehkäistä kehitysvikojen syntymistä ja parantaa poikasten eloonjäämistä. Mielenkiintoinen johtopäätös ei ole kuitenkaan saanut tukea muista tutkimuksista.

Valkosilmäkuhan viljelyyn suositellaan jatkuvaa valaistusta 24 tuntia vuorokaudessa, 100–200 luksin voimakkuudella (Moore 1996). Toisaalta poikaset ovat selvinneet hyvin myös kirkkaammassa 550–650 luksin valaistuksessa, kun välillä on pimeäjaksoja (Moore ym. 1994b). Kuhalla kalojen ruokailu ja eloonjäänti olivat hyviä, kun valaistus oli himmeä (noin 30–50 luksia) ympäri vuorokauden, vaikka kalojen ruokinnan sekä altaiden puhdistuksen aikana käytettiin voimakkaampaa valoa (Ostaszewska ym. 2005, Ostaszewska, T., suull. ilm.)

Valaistuksen vaikutuksia pienten kuhanpoikasten ruokailuun, kasvuun ja eloonjääntiin on aivan viime vuosina tutkittu vähän. Muihin asioihin keskittyneissä tutkimuksissa valaistuksen tekniset ratkaisut ja tarkemmat kuvaukset ovat usein vajavaisesti kerrottu. Varhaisemmat tutkijoiden suositukset (n. 100 luksia) tuntuvat järkeviltä, kun kuha on luonnostaan sopeutunut elämään sameissa vesistöissä hämärissä olosuhteissa. Toisaalta Suomessa kuhan poikaset kuoriutuvat keskikesällä, jolloin ympäristö on valoisa vuorokauden ympäri. Optimaalinen valaistus voi olla siten tutkimuksissa havaittua kirkkaampikin.

4.1.5 Veden sameus

Valkosilmäkuhalla tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että poikaset aloittavat ruokailun 1–2 vuorokautta aikaisemmin, kun vettä samennetaan kaupallisesti saatavana olevalla savella (Bristow ja Summerfelt 1994). Myös eloonjäänti, loppupituus ja loppupaino olivat samennetussa vedessä kasvaneilla kaloilla huomattavasti suuremmat kuin kirkkaassa vedessä kasvaneilla kaloilla. Lisäksi samennetussa vedessä poikaset saivat täytettyä uimarakkonsa paremmin kuin kirkkaassa vedessä.

Yli 15 NTU-yksikön (engl. nephelometric turbidity unit) sameus oli riittävä parantamaan poikasten suoriutumista mitattujen muuttujien osalta. Sameassa vedessä poikaset eivät hakeutuneet altaan reunoille, vaan jakautuivat tasaisesti altaan vesimassaan ja syöden tarjottua ravintoa paremmin. Poikasten altaiden reunoille hakeutuminen vähentyi huomattavasti jo 5 NTU-yksikön sameudessa ja ilmiötä ei havaittu enää ollenkaan 23 NTU:n sameudessa (Bristow ym. 1996). Bristow ym. (1996) totesivat myös kannibalismiongelman poistuneen samennetussa vedessä.

Myös Rieger ja Summerfelt (1997) havaitsivat, että valkosilmäkuhan poikaset kasvoivat samennetussa vedessä nopeammin ja niiden uimarakon täyttö onnistui paremmin. Sameassa ja

kirkkaassa vedessä kuolleisuus ja kannibalismi olivat yhtä suuria, mutta kannibalismi alkoi samennetussa vedessä aikaisemmin. Kirkkaassa vedessä kannibalismi alkoi vasta, kun reunoille sijoittuneet poikaset siirtyivät altaan keskiosaan ja alkoivat saalistaa toisiaan.

Phillips ja Summerfelt (2003) kokeissa poikaset selviytyivät parhaiten elossa 181 NTU:n sameudessa, joka on noin nelinkertainen aikaisemmin käytettyihin sameuksiin verrattuna. Kokeissa sameuden (12–295 NTU) ei havaittu aiheuttavan haittaa kalojen kiduksille.

Eurooppalaisen kuhan viljelyssä voitaneen soveltaa amerikkalaisen valkosilmäkuhan viljelyssä käytettyjä samennusmenetelmiä, vaikka samenteiden käyttöä koskevia tutkimuksia on tehty kuhalla vähän. Veteen lisätyn leväkonsentraatin on havaittu parantavan poikasten ruokailun aloittamista (Kalatietokeskus 2004). Kolmen vuorokauden kuluttua kirkasvesialtaassa kasvaneista kaloista 78 % oli aloittanut ruokailun, kun leväkonsentraatilla samennetussa altaassa ruokailun aloittaneita kaloja oli 87 % (Kalatietokeskus 2004).

Kesällä 2006 suoritettuna kuhan alkukasvatuskokeen perusteella valkoinen elintarvikeväri vaikuttaa lupaavalta samenteelta (Jokelainen, T. ja Koskela, J., julkaisematon). 19 FNU:n (engl. formazin nephelometric unit) sameudessa kuhan poikasten altaan reunoilla uiminen vähentyi merkittävästi ja 44 FNU:n sameudessa ilmiö poistui kokonaan. Samenteena elintarvikeväri on toimiva, edullinen ja helppokäyttöinen. Valonsironnan määrittämisessä I. nefelometriassa käytetyt yksiköt NTU ja FNU ovat toisiaan vastaavia (1 NTU = 1 FNU).

Samenteiden käyttö ei välttämättä sovi kierto-vesijärjestelmiin. Samenteet voivat tukkia hiekkasuodattimet, heikentää biologisten suodattimien toimintaa ja vähentää UV-suodattimien tehoa (Rieger ja Summerfelt 1997). Kierto-vesijärjestelmissä vesi lienee jokseenkin sameaa, joten samenteiden käyttö voi olla sikäläkin turhaa.

4.1.6 Lämpötila

Kuhan poikasten kasvunopeus riippuu veden lämpötilasta. Kasvu on melko hidasta, kun lämpötila on 16–18 °C välillä ja optimaalista 24–30 °C välillä (Hilge ja Steffens 1996). Willemsen (1978) mukaan kuhan poikasten kasvu oli nopeinta 28–30 °C lämpötilassa ja ne lopettivat ruokailun 32 °C lämpötilassa. Poikasten letaalilämpötila oli 35,4 °C. Koska kuha elää Suomessa pohjoisella levinneisyysrajallaan (Koli 1990), voi kasvun optimilämpötila olla alhaisempi kuin edellä mainituissa tutkimuksissa on havaittu. Kuhan alkukasvatuksessa veden lämpötila on usein ollut n. 20 °C (Jokelainen ja Koskela, julkaisematon, Ostaszewska ym. 2005, Kowalska ym. 2006, Jokelainen ja Koskela 2007).

Pohjoismaisen kuhan kasvun alarajalämpötila on 8 °C, mikä on pari astetta alhaisempi kuin kirjallisuudessa esitetty keskieuropalaisen kuhan alarajalämpötila (Koskela ym. 2005). Sitä, miten veden lämpötila vaikuttaa kuhan poikasten kasvuun eri-ikäisinä, ei tiedetä. Useilla kalalajeilla kasvun optimilämpötila laskee kalan koon kasvaessa (Fonds ym. 1992, Björnsson ja Tryggvadóttir 1996, Burel ym. 1996, Jonassen ym. 1999, Björnsson ym. 2001), joten ehkä myös kuhan kasvun optimilämpötila alenee koon myötä.

Kasvun lisäksi lämpötila vaikuttaa myös muihin tekijöihin, mikä heijastuu viljelyn lopputulokseen. Kuhan poikaset aloittavat ruokailun aikaisemmin lämpimässä kuin viileässä vedessä (Ostaszewska, T., julkaisematon). Ostaszewska (2003) on havainnut lämpötilan vaikuttavan myös poikasten uimarakon kehittymiseen ja täyttymiseen. Tutkiessaan kuhan poikasten uimarakon kehityksen aikana tapahtuvia histopatologisia muutoksia, Ostaszewska (2003) havaitsi,

että 20 °C lämpötilaa alhaisemmissa 16 ja 18 °C lämpötiloissa poikasilla esiintyi uimarakon kehityshäiriöitä huomattavasti vähemmän.

Viljelytekniikka lyhyesti:

- muodoltaan pyöreät ja väriltään harmaat altaat on havaittu parhaimmiksi kuhan alkukasvatuksessa
- uimarakon täyttymistä voidaan parantaa mm. altaisiin asennetuilla vesisuihkuilla
- poikaset ovat valohakuisia, sopiva valaistuksen voimakkuus veden pinnasta mitattuna n. 100 luksia
- veden samenteilla voidaan ehkäistä poikasten uiminen altaiden reunoilla
- alkukasvatuksessa veden lämpötilan tulisi olla yli 18 °C, usein käytetty n. 20 °C

4.2 Kasvatustiheys

Amerikkalaisen valkosilmäkuhan viljelyssä pienpoikasten yksilötiheyden on havaittu vaikuttavan mm. poikasten ruokailuun, eloonjäantiin ja kannibalismiin (mm. Li ja Mathias 1982, Krise ja Meade 1986, Bristow ja Summerfelt 1994, Moore ym. 1994a). Kuhalla tuloksia yksilötiheyden vaikutuksista alkukasvatuksen onnistumiseen on julkaistu vähän. Saksalaisten tutkijoiden mukaan kuhan poikasten tiheyden tulisi olla kasvatuksen alkuvaiheessa noin 30–60 yksilöä/l (Steffens ym. 1996). Szkudlarek ja Zakes (2007) havaitsivat kahdessa peräkkäisessä kokeessaan, että kuhan alkukasvatuksessa alkutiheytenä voidaan käyttää jopa 100 yks./l, kun poikaset ovat 4–18 vuorokauden ikäisiä. Tätä myöhemmin tiheys voi olla 15 yks./l.

Valkosilmäkuhan vastakuoriutuneisiin poikasiin kasvatustiheydellä ei ole vaikutusta. Li ja Mathias (1982) tutkivat eri ikävaiheissa olevien valkosilmäkuhan poikasten eloonjäantiä 1, 10 ja 100 yks./l tiheyksissä. Varhaisimmassa kehitysvaiheessa olevien poikasten eloonjäantiin yksilötiheydellä ei ollut vaikutusta. Tulos oli odotettu, koska pienten ruokailemattomien poikasten välillä on vähän kanssakäymistä. Sen sijaan myöhemmissä vaiheissa 1 yks./l tiheydessä poikasten eloonjäanti oli huomattavasti parempi kuin 10 tai 100 yks./l tiheyksissä.

Li ja Mathias (1982) havaitsivat vanhemmilla poikasilla kannibalismien lisääntyvän ja johtavan korkeaan kuolleisuuteen tiheyden kasvaessa. Li ja Mathias (1982) totesivat, että optimaalinen tiheys valkosilmäkuhan viljelyssä olisi hyvin alhainen 1 yks./l, mikä olisi kuitenkin intensiivisessä kasvatuksessa hyvin epäkäytännöllistä. Moore ym. (1994a) eivät havainneet eri kasvatustiheyksien (20–60 yks./l) välillä eroa kannibalismien suhteen.

4.3 Kannibalismi

Kuhan poikasten intensiivisessä kasvatuksessa kannibalismi aiheuttaa usein merkittävää kuolleisuutta. Kuhalla kannibalismi alkaa yllättävän aikaisessa vaiheessa. Klein Breteler (1989) havaitsi ensimmäisen kerran kannibalismia, kun kuhan poikaset olivat 11 mm pituisia. Valkosilmäkuhalla kannibalismi on kirjallisuuden perusteella alkanut vielä aikaisemmin kuin kuhalla – heti ulkopuolisen ruokailun alettua poikasten ollessa kuuden vuorokauden ikäisiä ja häviävän melko pian poikasten ollessa 16 vuorokauden ikäisiä tai 16–19 mm pitkiä (Li ja Mathias 1982, Summerfelt 1996a). Li ja Mathias (1982) toteavat kannibalismiongelman häviävän poikasten uintinopeuden kasvun myötä. Kuhalla kannibalismi häviää Hilge ja Steffens (1996) mukaan, kun poikaset ovat 5 cm pitkiä.

Intensiivisen kasvatuksen alkuvaiheessa poikaset ovat lähestulkoon samankokoisia. Tällöin kannibaalisalistajat ja niiden saaliit ovat samankokoisia. Tällaisesta samanikäisen ja -kokoisten kalojen välisestä kannibalismista käytetään joskus termiä kohorttikannibalismi (Li ja Mathias 1982), koska se poikkeaa yleisesti ymmärretystä kannibalismista, jossa vanhemmat ja suuremmat kalat saalistavat pienempiä lajitovereitaan. Kohorttikannibaalit ovat syöneet saaliinsa pyrstö edellä ilman että ovat voineet nielaista uhriaan kokonaan, vaan pää on usein jäänyt ulkopuolelle (Li ja Mathias 1982). Tällöin myös kannibaalit ovat useasti kuolleet. Usein kannibaalit iskevät uhrin kylkeen ja haavoittavat tätä kuolettavasti (Moodie ja Mathias 1996, Summerfelt 1996a).

Yksilöiden välisten kokoerojen on todettu olevan sekä syy että seuraus kannibalismille (Kestemont ym. 2003). Tästä syystä poikasia, joiden kuoriutumisaikajankohta poikkeaa toisistaan yli vuorokaudella, ei pitäisi laittaa samaan altaaseen (Summerfelt 1996a). Ahvenella (*P. fluviatilis*) suurempien ja oletettujen kannibaalipoikasten toistuva poistaminen altaista ei vaikuttanut kalojen eloonjääntiin tai kasvuun (Kestemont ym. 2003). Kannibaalien poistaminen muodosti mahdollisesti altaisiin uusia dominanssihierarkioita, joka lopulta johti yhä useampiin agonistisiin reaktioihin kalojen välillä. Kuhan kohdalla näin ei ehkä ole, sillä valkosilmäkuhan poikasten välisien hyökkäyksien on havaittu vähenevän, kun kannibaaleja poistetaan altaista (Colesante ym. 1986). Osa kaloista lienee synnynnäisesti kannibaaleja ja uusia kannibaaleja kehittyä niiden tilalle harvoin. Kannibalismiongelman ehkäisemiseksi poikasia voitaisiin jätellä samankokoisiin ryhmiin, jottei kannibalismille tyypillistä kaksijakoista kokojakaamaa pääsisi syntymään (Klein Breteler 1989).

Myös kalatiheys vaikuttaa kannibalismiin (kts. kappale 4.2.). Ravintotiheyden vaikutuksia kannibalismiin ei ole havaittu, mutta tarjoamalla riittävästi ravintoa ja ehkäisemällä nälkiintyminen voitiin kannibalismia vähentää, joskaan ei kokonaan poistaa (Li ja Mathias 1982).

Kannibalismien esiintymiseen vaikuttavat myös ympäristötekijät, kuten veden sameus (kts. Veden sameus 4.1.5.), lämpötila ja altaan koko. Ahvenen poikasilla kannibaalien lukumäärä ja koko olivat sitä suuremmat mitä korkeampi oli veden lämpötila (Kestemont ym. 2003). Myös kuolleisuus ja kasvu olivat suurempaa korkeammassa lämpötilassa. Kannibalismi saattaa lisääntyä myös kuhalla korkeammassa lämpötilassa nopeamman kasvun synnyttämien kokoerojen myötä. Pienissä altaissa kannibalismien on esitetty olevan yleisempää kuin suuremmissa altaissa (Moore ym. 1994a).

Pian kuoriutumisen jälkeen tapahtuvan kohorttikannibalismien poistaminen lienee mahdollista, mutta keinoja sen vähentämiseen on löydetty useita. Tärkeimpiä kannibalismia ehkäiseviä keinoja ravinnon riittävä ja oikea-aikainen tarjonta sekä kokoerojen ehkäiseminen kuoriutumisaikajankohdan yhtäaikaaisuudella, poikasten kokojaottelulla ja todennäköisten kannibaalien poistamisella.

4.4 Poikasten hoito

Kuhan poikaset ovat hyvin arkoja käsittelylle. Haavittaessa 30 vuorokauden ikäisiä valkosilmäkuhan poikasia useimmat kalat joutuvat välittömästi sokkiin ja kuolevat (Colesante 1996b). Yleensä 40 vuorokauden ikään mennessä käsittelylle herkkä vaihe on mennyt ohi ja poikasten normaali käsittely on mahdollista. Alkukasvatuskokeissa on havaittu, että noin 30 vuorokauden ikäiset luonnonravintolammikossa kasvaneet poikaset kestävät hyvin sumpituksen, varo-

vaisen haavinnan sekä siirtämisen sisätiloihin (Jokelainen, T. ja Koskela, J., julkaisematon). Kokeissa havaittiin, että parin viikon ikäiset poikaset ovat herkkiä loisia vastaan hoitona annetulle suolakylvyllä. Suolapitoisuuksissa 0–1,25 % kuolleisuus vaihteli 8–60 % välillä ollen suurin 1 % suolapitoisuudessa. Suolapitoisuus ei todennäköisesti yksistään aiheuttanut kuolleisuutta, vaan kylpy yhdessä kalojen käsittelyn kanssa aiheutti liian suuren stressin poikasille. Nykytietämyksen mukaan kuhan poikasten hoitaminen loisten ja tautien nujertamiseksi on erittäin vaikeaa ennen kuin poikaset ovat noin kuukauden ikäisiä.

4.5 Ravinto ja ruokinta

4.5.1 Alkukasvatuksen ruokintamenetelmät

Siirtyminen ruskuaispussin ravinnosta ulkopuoliseen ravinnon käyttöön on yksi kriittisimpiä vaiheita kuhan poikasten kasvatuksessa. Poikaset aloittavat ruokailun alle 5 vuorokauden ikäisinä 20 °C lämpötilassa (Ljunggren 2002). Poikaset voivat kuitenkin elää myös nälkiintyneinä kuoriutumisen jälkeen 250–300 päiväästeen ajan (Mani-Ponset ym. 1994). Valkosilmäkuhan poikasten viljelyssä uimarakon täytön onnistumista on saatu parannettua viivyttämällä ruokinnan aloitusta siihen asti, kunnes poikasista 80 % on täyttänyt uimarakkonsa (Moodie ja Mathias 1996).

Intensiivisessä kasvatuksessa kuhan poikasten ensiravintona on yleisesti käytetty joko luonnosta pyydettyä eläinplanktonia tai kasvatettua artemiaa (Klein Breteler 1989, Ruuhijärvi ym. 1991, Steffens ym. 1996, Xu ym. 2003, Kalatietokeskus 2004, Ostaszewska ym. 2005), mutta myös erilaisia kuivarehujä on kokeiltu (Ruuhijärvi ym. 1991, Xu ym. 2003, Ostaszewska ym. 2005, Jokelainen ja Koskela 2007). Klein Breteler (1989) kokeissa elävällä artemialla ruokitut poikaset kasvoivat hyvin. Kokeen loputtua poikasista oli kuitenkin elossa reilun kahden viikon kuluttua vain 26,7 % ja usealla poikasella havaittiin notkoselkäisyyttä. Kannibalismi oli kokeen suurin kuolleisuuden aiheuttaja. Ruuhijärvi ym. (1991) tutkivat kuhan poikasten kasvatuksessa kuivarehujen käyttöä, mutta kuolleisuus oli edellistäkin koetta suurempaa ja osa kaloista oli notkoselkäisiä. Koe kuitenkin viittasi siihen, että kuivarehut kelpaavat kuhan poikasille intensiivisessä kasvatuksessa. Notkoselkäisyyden syyksi epäiltiin C-vitamiinin puutetta.

Poikasten ruokailun on havaittu alkavan aikaisemmin rataseläimillä ruokituilla poikasilla, kuin artemiaa saaneilla poikasilla (Kalatietokeskus 2004). Kokeiden mukaan artemia on starttiravintona koon puolesta ääri rajoilla ja pienimmän mahdollisen artemia-kannan käyttö olisi ruokailun aloituksen kannalta välttämätöntä. Kuitenkin artemialla ruokitut poikaset ryhtyivät syömään hyvin ja kasvoivat jopa paremmin kuin rataseläimillä ruokitut poikaset. Rataseläinten ruokinnassa ongelmana oli niiden laskeutuminen pohjalle, jolloin ravinto ei ollut yhtä hyvin saatavilla kuin artemia-ruokinnassa. Johtopäätös oli, että tulevaisuudessa kuhan alku-ruokinnassa kannattaa keskittyä elävän ravinnon osalta artemian käyttöön.

Xu ym. (2003) kokeen mukaan optimaalinen vieroitus aika elävästä artemiasta kuivarehuravintoon on 19 vuorokauden ikäisenä. Kokeesta elossa selvinneillä kaloilla havaittiin epämuodostumia, joita oli eniten koko ajan artemiaa saaneilla kaloilla. Epämuodostumien runsaus viittaa jonkin oleellisen ravintoaineen puuttumiseen artemiasta, ja pitkäaikaisen artemia-ruokinnan haitallisiin vaikutuksiin kuhan poikasiin. Poikaset kasvoivat parhaiten 19 vuorokauden ikäisinä vieroitettuna ja huonoiten heti 12 vuorokauden ikäisinä vieroitettuna. Tutkijat päättelivät, että 12 vuorokauden ikäisillä poikasilla ruuansulatus ei ole vielä kehittynyt kuivarehulle

sopivaksi, toisin kuin myöhemmin (19 vrk) vieroitetuilla poikasilla. Hamza ym. (2005) mukaan kuhan poikasten ruuansulatuselimistö on entsyymaattisesti ja rakenteellisesti kypsä vasta 21 vuorokauden ikäisenä (Hamza ym. 2005).

C-vitamiinin ja monitydyttymättömien rasvahappojen puutetta on epäilty poikasten selkärankojen kehitysvikojen aiheuttajaksi (Ruuhijärvi ym. 1991, Xu ym. 2003, Kowalska ym. 2005). Xu ym. (2003) tutkivat neljän kaupallisen rehun ja tavallisen C-vitamiinilla ja monitydyttymättömällä rasvahapoilla (HUFA) rikastetun artemian vaikutuksia 19 vuorokauden ikäisillä kuhan poikasilla. Rikastettua artemiaa syöneet poikaset kasvoivat parhaiten eikä selkärankavikoja havaittu. Eniten kehitysvikoja löytyi tavallista artemiaa saaneilla poikasilla. Rikastettua artemiaa syöneiden poikasten stressinsietokyky ja eloonjäänti olivat myös muilla ravinnoilla ruokittuja paremmat.

Myös kaupallisia rehuja voidaan käyttää kuhan poikasten ensiravintona. Viiden viikon kasvatuksen jälkeen kahdella kaupallisella rehulla (Aglonorse, Larvae Feed Ewos, Bergen, Norja ja BioKyowa, Kyowa Hakko Koygo, Tokio, Japani) ja artemialla ruokituista poikasista oli elossa yli 50 %, kun kahdella kokeellisella rehulla ruokituista poikasista oli elossa alle 30 %. Kaupallisilla rehuilla ja artemialla poikaset myös kasvoivat paremmin ja niiden ruumiin painot olivat merkitsevästi suurempia kuin kokeellisilla rehuilla ruokituilla. Kokeessa ei raportoitu muissa tutkimuksissa usein havaittua kannibalismia tai poikasten kehityshäiriöitä.

Alkukasvatuskokeissa tutkittiin aikaisemmin hyväksi havaitun kaupallisen kuivarehun (Ostaszewska ym. 2005), artemian sekä näiden ravintojen yhteisruokinnan vaikutusta alkukasvatuksen onnistumiseen (Jokelainen ja Koskela 2007). Paras tulos saatiin, kun kuhan poikasille annettiin samanaikaisesti elävää artemiaa ja kuivarehua. Riittävä yhteisruokintajakson pituus oli 2–3 viikkoa, jonka jälkeen poikasten siirtyminen pelkkään rehuruokintaan onnistui parhaiten. Toisin kuin Ostaszewska ym. (2005) havaitsivat, sama kaupallinen kuivarehuravinto ei kokeen perusteella soveltunut kuhan poikasten ensiravinnoksi. Kuivarehua saaneet poikaset söivät muita ryhmiä huonommin, kasvoivat hitaammin, pysyivät huonommin elossa ja niillä havaittiin jonkin verran muita ryhmiä enemmän kehityshäiriöitä. Tulos pelkällä artemia-ruokinnalla oli tyydyttävä, mutta kalojen eloonjäänti oli heikompi kuin yhteisruokinnassa. Lisää tietoa tarvitaan kuhan poikasten ravitsemuksesta, jotta kuolleisuutta, kehitysvikoja ja kannibalismia saataisiin vähennettyä.

4.5.2 Ravintotiheys

Viljelyolosuhteissa ravintotiheyttä on helppo säädellä, mutta ruokinnan avuksi tarvitaan tietoa eri ravintotiheyksien vaikutuksista poikasten kasvuun. Ravintotiheys vaikuttaa myös altaiden hygieniaan ja sitä kautta poikasten hyvinvointiin ja ruokintakustannuksiin, joten ravintotiheys kannattaa optimoida kasvatusympäristöön sopivaksi.

Ljunggren (2002) on tutkinut, kuinka eläinplanktonitiheys vaikuttaa erikokoisten kuhan poikasten kasvuun. Poikasten tiheys kokeissa oli 1 poikanen litrassa. Ensimmäistä kertaa ruokailevat 5 vuorokauden ikäiset ja 6,5 mm pituiset poikaset kasvoivat sitä paremmin, mitä suurempi saalistitiheys altaissa oli. Ne tarvitsivat yli 585 saaliseläintä/l säilyttääkseen jo hankitun massansa ja suurin käytetty tiheys 1000 saalisyksilöä/l oli alle optimaalisen tiheyden. Pienen poikasen uintikyky on heikko. Tämän vuoksi ravintokohteen tulee olla lähellä poikasta, mikä turvataan suurella ravintoeläintiheydellä alkuvaiheessa.

Vanhemmilla poikasilla saalistihyden ja kasvunopeuden välinen riippuvuus ei ollut lineaarinen vaan hiipui huomattavasti jo 300 saalisyksilöä/l ja sitä suuremmissa tiheyksissä. Viisi vuorokautta vanhemmat ja 7 mm pituiset poikaset tarvitsivat tiheydeksi 55 saalisyksilöä/l säilyttääkseen jo hankitun massansa. Näitä 15 vuorokautta vanhemmat ja 11 mm pituiset poikaset tarvitsivat alle 10 saalisyksilöä/l säilyttääkseen massansa. Suurimmat kasvunopeudet havaittiin kuitenkin 1 000 saalisyksilöä/l tiheydessä.

4.5.3 Ravinnon tarjoaminen

Kasvatuksen onnistumisen kannalta on tärkeää, että ravintoa on jatkuvasti sekoittuneena altaan veteen (Moodie ja Mathias 1996). Elävä- ja kuivarehuravinto tarvitsevat erilaiset jakelujärjestelmät. Saksassa kuhan poikasina on ruokittu lammista ja järvistä pyydystetyllä eläinplanktonilla 0,5–1 ml/l annoksin kaksi kertaa vuorokaudessa (Steffens ym. 1996).

Valkosilmäkuhan viljelyssä ruokinta tapahtuu jatkuvassa valaistuksessa vuorokauden ympäri ja on automaattisesti ohjattua (Colesante 1996a, Moodie ja Mathias 1996, Moore ym. 1996). Haudottu artemia on ohjattu altaisiin letkujen avulla erityisistä ruokintalaitteista, joissa haudottua artemiaa on säilytetty veteen sekoitettuna vuorokauden ajan (Colesante 1996a). Kuivarehun ruokintalaitteet on asetettu suoraan altaiden yläpuolelle ja rehu on annosteltu veden pinnalle (Moodie ja Mathias 1996).

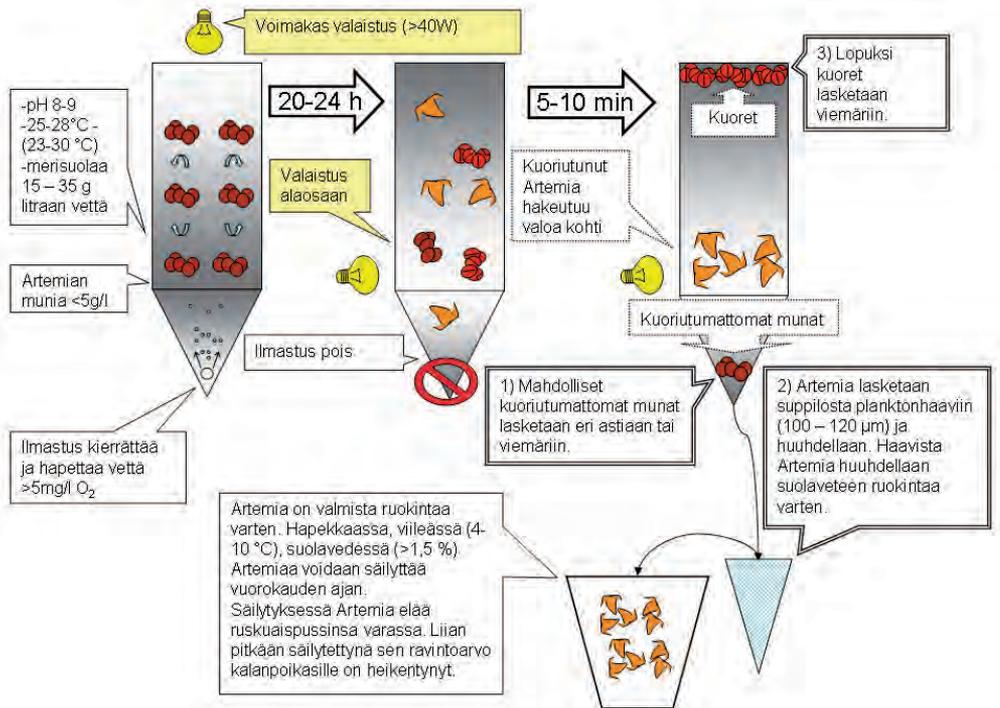
Alkukasvatuskokeessa (Jokelainen ja Koskela 2007) artemia ja kuivarehu annosteltiin automaattisesti ohjatuilla ruokintalaitteilla. Vastakuoriutuneet artemiat siirrettiin altaiden vierellä sijainneeseen annostelusäiliöön, jossa niitä säilytettiin vuorokauden ajan 1,5 % suolaliuoksessa. Annostelusäiliöistä artemia pumpattiin akvaariopumppujen avulla suppiloihin, joista artemian ja suolaveden seos valui letkuja pitkin altaisiin. Hienojakoisen kuivarehun ruokinnassa käytettiin altaiden yläpuolelle asennettuja hihnaruokkimia. Akvaariopumppujen ja hihnaruokkimien toimintaa ohjattiin tietokoneen ja elektronisen ohjauslaitteen avulla siten, että uutta ravintoa oli ympäri vuorokauden tarjolla.

4.5.4 Artemian tuotanto

Pienten kalanpoikasten ravintona käytetty artemia on suolaisissa vesistöissä elävä planktonnäyriäinen. Lajilla on kaksi eri tapaa lisääntyä. Uintikykyinen naupliustoukka voi kuoriutua suoraan naaraan munapussista, mutta vesistön kuivuessa ja suolapitoisuuden noustessa naaraat voivat tuottaa kystejä. Nämä ovat kuivuessaan äärimmäisen kestäviä lepomunia, joista suotuisissa olosuhteissa kuoriutuu naupliustoukkia (Treece 2000). Näitä lepomunia on saatavilla erikokoisina ja laatusina kaupallisina tuotteina. Artemian lepomonat tarvitsevat kuoriutuakseen riittävästi happea ja suolaista vettä, mutta lämpö (>25 °C) ja kirkas valo parantavat kuoriutumista (Treece 2000) (kuva 7).

Ravinto ja ruokinta lyhyesti:

- kuhan poikaset aloittavat ruokailun 4–5 vrk ikäisenä 20 asteen lämpötilassa
- alkuravintona käytetään artemiaa tai artemiaa sekä kuivarehua yhdessä
- ruokailun alkaessa ravintotiheyden tulisi olla yli 1 000 saaliseläintä/litra vettä ja ravintoa tulee olla jatkuvasti tarjolla
- vieroitus pelkkään kuivarehuravintoon onnistuu 2–3 viikon ikäisenä



Kuva 7. Riittävä suola- ja happipitoisuus sekä lämpö ja valo takaavat suotuisat olosuhteet artemian kuoriutumiselle. Veteen lisätty merisuola soveltuu artemian haudontaan, mutta jodipitoinen ruokasuola ei. Sopiva veden pH-arvo on 8–9. Tarvittaessa veden pH voidaan muuttaa sopivaksi natriumbikarbonaatilla (natriumvetykarbonaatti, ruokasooda), jonka sopiva annostus on usein 1–2 g/l vettä.

5. Jatkokasvatus

Jatkokasvatusvaiheella tarkoitetaan tässä yhteydessä alkukasvatusvaihetta seuraavaa jaksoa, jolloin kuhan poikaset ovat kehittyneet niin, että erityiset kasvatusmenetelmät eivät enää ole välttämättömiä.

5.1 Viljelytekniikka

5.1.1 Valohakuisuus muuttuu valopakoisuudeksi

Valkosilmäkuhan poikasten valohakuisuus häviää, kun poikaset kasvavat yli 3 cm pituisiksi (Bulgowski ja Meade 1983). Tutkittuaan valkosilmäkuhan poikasia kuoriutumisen 11 viikon ajan, Bulgowski ja Meade (1983) havaitsivat, että poikasten käyttäytyminen valon suhteen muuttuu kahdeksan viikon jälkeen, kun poikaset olivat saavuttaneet 32 mm pituuden. Kokeissa 8 viikon ikäiset ja sitä vanhemmat (32–40 mm) poikaset hakeutuivat heikoimman valaistuksen (2 ja 4 luksia) alle, kun tätä nuoremmat (9–32 mm) hakeutuivat kirkkaimman valaistuksen (7 800 luksia) alle. Tutkijoiden mukaan käyttäytymisen muutos oli enemmän yhteydessä poikasten saavuttamaan kokoon kuin ikään, joskaan valaistuksen vaikutuksia kalojen ruokailuun ei tunneta.

Myös kuhan 0+ ja 1+ -ikäisten poikasten on havaittu suosivan hyvin hämärää ympäristöä (Luchiari ym. 2006). Kuhan 0+ -ikäiset ($8,75 \pm 0,41$ cm) ja 1+ -ikäiset ($14,95 \pm 1,59$ cm) poikaset valitsivat neljästä valaistusolosuhteiltaan erilaisesta ympäristöstä hämärimmän. Kahdessa erillisessä kokeessa käytetyt valaistukset olivat 25–300 luksia ja 1–50 luksia. Suosimalla heikoiten valaistua ympäristöä kuhat voivat välttää valon haitallisia vaikutuksia valoherkille silmille. Tulosten pohjalta Luchiari ym. (2006) totesivat, että kuhaa tulisi kasvattaa hyvin hämärissä olosuhteissa.

5.1.2 Valaistus altaissa

Fysiologisesti kuhan näköaisti on erikoistunut vihreän ja punaisen valon aistimiseen (Luchiari ym. 2009). Valintakokeissa 1+ -ikäisten kuhien ei havaittu suosivan mitään tietyllä värivalolla valaistua ympäristöä (sininen, vihreä, keltainen, punainen ja kirkas valkoinen, Luchiari ym. 2009). Kasvatuskokeessa, jossa nuoria kuhia (1+) kasvatettiin 42 vuorokauden ajan edellä mainitun värisissä altaissa, havaittiin että punaisessa ympäristössä kuhien painon kasvu ja spesifinen kasvunopeus (engl. specific growth rate, SGR) oli kuitenkin valkoista ja sinistä ympäristöä suurempi. Keltainen ja vihreä ympäristö eivät eronneet merkittävästi muista. Tulosten perusteella pääteltiin, että silmissä havaitut keskipitkälle ja pitkälle aallonpituudelle herkäät tappisolut parantavat näön herkkyyttä punaisessa ympäristössä edesauttaen kasvatettavien kalojen hyvinvointia ja kasvua sekä parantaen rehukerrointia (Luchiari ym. 2009).

Valkosilmäkuhat ovat arkoja ja säikkyvät helposti ympärillä tapahtuvia liikkeitä. Valkosilmäkuhat eivät myöskään sopeudu viljelylaitoksen työskentelijöiden läsnäoloon niin hyvin kuin muut viljellyt lajit. Ongelmaa voidaan lieventää valaisemalla vain altaiden sisäosaa ja pimentämällä muu osa viljelytilasta (Horner 1996). Toinen vaihtoehto on peittää altaat niiltä sivuilta, joilla ihmisten toimintaa tapahtuu (Horner 1996).

5.1.3 Altaiden valaistusolosuhteet vaikuttavat saalistuskäyttäytymiseen ja kasvuun

Kuhan ja ahvenen poikasten saalistuskäyttäytyminen eroaa veden sameuden ja vuorokauden ajan mukaan (Ljunggren ja Sandström 2007). Kuhat ovat sopeutuneet valon vähyyteen. Päivällä kuhien saalistus on tehokkaampaa samennetussa vedessä, kun taas ahvenet saalistavat tehokkaammin kirkkaassa vedessä. Yöllä pimeässä kuhien saalistus on heikompaa sameassa kuin kirkkaassa vedessä. Veden sameudesta tai kasvatustilan hämärtämisestä olisi siis etua kuhan kasvatuksessa.

5.2 Kannibalismi

Kuoriutumisesta asti intensiivisessä viljelyssä olleiden poikasten välisen kannibalismien on usein havaittu häviävän 2–3 kuukauden iässä (Li ja Mathias 1982, Hilge ja Steffens 1996, Kestemont ym. 2007). Sen sijaan vanhemmilla lammikoista otetuilla poikasilla kannibalismi on aiheuttanut kuolleisuutta jatkokasvatuksessa altaissa vietettyjen ensimmäisten 2–3 viikon aikana, minkä jälkeen sen on havaittu vähentyvän (Zakes 1997a, Molnár ym. 2004). On siten mahdollista, että kannibalismia ei esiinny alusta lähtien intensiivisesti viljellyillä kuhilla enää varhaisten poikasvaiheiden jälkeen, etenkin jos kannibaalit poistetaan kasvatusaltaista, kun niitä havaitaan. Molnár ym. (2004) mukaan 2–3 viikon ajan esiintynyt kannibalismi ei ollut riippuvainen käytetystä viljelytiheydestä toisin kuin pienpoikasilla (Li ja Mathias 1982).

Kannibalismien vähentämisessä tärkein tekijä lienee ravinnon riittävä tarjonta. Kannibaalien on havaittu syövän nälkiintyneitä lajitovereitaan (Molnár ym. 2004). Tällöin ne mahdollisesti kasvavat muita nopeammin, mikä johtaa altaan sisäisiin kokoeroihin. Yksilöiden välisten kokoerojen on todettu olevan syy kannibalismiin (Kestemont ym. 2003).

5.3 Kalojen hoito

Poikasvaiheiden jälkeen jatkokasvatettavien kuhien käsittelystä ja hoidosta ei ole julkaistua tietoa. Tiedetään, että kuha on herkimmillään poikasvaiheessa ja jo 30 vuorokauden ikäisten poikasten on havaittu kestävän haavintaa ja siirtelyä. Yleisesti kuhaa ja muita ahvenkaloja pidetään hyvin herkkinä käsittelylle. Ahvenkaloille käsittelystä ja kuljettamisesta aiheutuvan stressin lievittämiseksi suositellaan mietoa 0,3 % suolakylpyä (3 g NaCl/l vettä, Craig 2000). Myöskään tautien hoito- ja ehkäisy menetelmistä, kuten kylvetyksistä, ei tiedetä paljoa.

Laukaan kalanviljelylaitoksella suoritetuissa kokeissa kuhia on kylvetetty suolavedessä, kloramiinissa sekä formaliinissa (Kannel, R., julkaisematon). Alustavien tulosten mukaan reilun kuukauden ikäiset poikaset kestivät ns. lyhyenä kylpynä (20 min) suoritetut 0–2,5 % suolakylvyt ilman kuolleisuutta. Kloramiinikylvyssä (30 min) 0–8 mg/l pitoisuuksilla (0–2 mg/l aktiivista klooria) kuolleisuus oli merkityksettömän pieni. Sen sijaan formaliinikylvyissä (25 min) pitoisuuksilla 1:4000, 1:5000 ja 1:6000 reilun kuukauden ikäisten poikasten kuolleisuus oli lähes 100 %. Myöhemmin noin kolmen kuukauden ikäisillä poikasilla suoritetuissa formaliinikylvyissä (15 min) pitoisuuksilla 1:10 000, 1: 8000 ja 1: 6000 ei havaittu kuolleisuutta.

5.4 Kasvu ja ruokinta

5.4.1 Lämpötilan vaikutus kasvuun

Kuhan kasvun optimilämpötila on 24–30 °C välillä (Hilge ja Steffens 1996). Koskela ym. (2005) mukaan pohjoismaisen kuhan kasvun alarajalämpötila on 8 °C, mikä on pari astetta alhaisempi kuin kirjallisuudessa esitetty keskieurooppalaisen kuhan alarajalämpötila. Veden lämpötilan ja kalan painon vaikutus kuhan kasvunopeuteen on kuvattu taulukossa 3. Suomessa luonnonlämpötiloissa kuhan kasvukausi jää lyhyeksi. Saaristomerellä kasvukausi olisi keskimäärin 24 viikon pituinen (Koskela ym. 2005).

Taulukko 3. Veden lämpötilan ja kalan painon vaikutus kuhan kasvuun (%/vrk) (Koskela ym. 2005).

Lämpötila °C	Kalan paino				
	40 g	80 g	160 g	300 g	600 g
10	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
12	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
14	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3
16	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
18	1,2	0,9	0,8	0,6	0,5
20	1,5	1,3	1,0	0,8	0,7
22	2,1	1,7	1,4	1,1	0,9

5.4.2 Ruokinta

Kukat pystyvät hyödyntämään rehuravintoa yhtä hyvin kuin lohikalat, mikä on paremmin kuin ahvenkalat yleensä (Zakes ym. 2003). Zakes ym. (2003) tutkivat kolmen eri ruokintasuhteen (1,2 %, 1,6 % ja 2,0 %) vaikutuksia 25 g:n painoisilla kuhilla. Kokeessa kalat käyttivät ravinnon parhaiten hyväkseen 1,6 % ruokintatasolla. Tässä ryhmässä rehuravinto (0,75) ja proteiinien hyödyntämisaste olivat parhaimmat. Vähiten ruokaa saaneessa ryhmässä kalojen kunto, joka mitattiin ruumiin rasvapitoisuutena, oli heikoin. Samassa ryhmässä myös kalojen koon vaihtelu oli kasvanut kokeen lopussa, kun kahdessa muussa ryhmässä koon vaihtelu pienentyi. Tutkijat päättelivät, että 25–70 g painoisille kuhille sopivin kuivarehun ruokintasuhte on 1,6 % painosta päivittäin.

5.4.3 Ravinto

Kuhan ravinnon tulee sisältää runsaasti proteiinia ja vähän rasvaa. Nyina-wamwiza ym. (2005) tutkivat kuhilla (51,1 ± 2,4 g) ravinnon koostumuksen vaikutuksia kasvuun ja rehun käytön hyötysuhteeseen (engl. feed efficiency, FE=[loppupaino–alkupaino] / rehun kulutus). Kokeessa käytettiin kolmea eri proteiini-, lipidi- sekä hiilihydraattipitoisuutta yhteensä yhdeksässä

kuivarehussa, joita ruokittiin kaloille 10 viikon ajan. Kalojen kasvu ja niiden ruokailun hyötysuhde oli suhteellisen heikko rehuilla, jotka sisälsivät 34 % proteiinia (FE = 0,56–0,62) verrattuna rehuihin, jotka sisälsivät 43–50 % proteiinia (FE = 0,88–1,03). 34 % proteiinipitoisuus on luultavasti liian alhainen kuhan kasvua ajatellen ja ravinnon tulisi sisältää noin 43–50 % proteiineja, 10–16 % lipidejä ja 15–20 % hiilihydraatteja (Nyina-wamwiza ym. 2005). Proteiinin vähimmäispitoisuutta noudattaen Nyina-wamwiza ym. (2005) suosittelivat kuhan rehuun ravintoaineiden suhteeksi 43 % proteiineja, 10 % lipidejä ja 15 % hiilihydraatteja.

5.5 Lammikkopoikasten totuttaminen keinoravintoon

Kuhan poikasia kasvatetaan perinteisesti luonnonravintolammikoissa. Suomessa poikasistutuksia varten kasvatetut poikaset on usein kerätty lammikoista vasta syksyllä, usein syyskuussa, ennen veden jäähtymistä. Intensiivistä jatkokasvatusta varten poikaset voidaan kerätä lammikoista aikaisemmin, esimerkiksi kuukauden ikäisinä. Lammikoissa poikaset ovat tottuneet syömään elävää ravintoa, kuten planktonäyriäisiä ja surviaissääsken toukkia, joten altaisiin siirretyt poikaset täytyy totuttaa syömään keinotekoista ravintoa.

Lammikoista altaisiin siirretyillä poikasilla kuluu rehuun totuttautumisessa viikosta kuukauteen käytetystä ravinnosta riippuen (Wedekind, H., Zienert, P., Wolf, P., ja Knoesche, R., julkaisematon; Beyerle 1975, Nagel 1996, Zakes 1997b, Bódis ym. 2007, Marttinen ja Menna 2007). Totuttamisvaiheessa poikasille voidaan tarjota elävää ravintoa, rehuja tai näitä yhdessä. Valkosilmäkuhan viljelyssä totuttamisen ajan poikasille tarjotaan yleensä kuivarehuja tai kosteampia ns. semimoist-rehuja (Nagel 1996). Kuhan totuttamisessa on käytetty usein elävän ja rehuravinnon yhteisruokintaa (Wedekind, H., Zienert, P., Wolf, P., ja Knoesche, R., julkaisematon; Bódis ym. 2007, Marttinen ja Menna 2007), mutta myös pelkällä kuivarehulla on onnistuttu (Ljunggren ym. 2003).

Bódis ym. (2007) vertailivat 12 vuorokauden mittaisella totuttamisjaksolla kolmen erilaisen elävän ravinnon sekä kuivarehun eroa poikasten eloonjäantiin, kasvuun ja kuntokertoimiin. Poikaset kasvoivat ja selviytyivät elossa parhaiten surviaissääsken toukkia ja kuivarehua sisältäneellä ravinnolla, kun pelkällä kuivarehulla tulos oli heikoin. Muut käytetyt ravinnot sisälsivät harvasukasmatoja ja vesikirppuja yhdessä kuivarehun kanssa ja niillä tulos ei aivan yltänyt surviaissääskiä sisältäneen ravinnon tasolle, mutta oli kuitenkin pelkkää kuivarehua parempi.

Ljunggren ym. (2003) tutkivat lammikossa kasvatettujen kuhan poikasten ($51 \pm 3,1$ mm) kasvua, vatsan täyteisyyttä ja eloonjäantiä altaisiin siirron jälkeen tarjoten poikasille eläinplanktonia, kuivarehua ja jauhettua kanamunan valkuaista. Parhaiten kuhat menestyivät kuivarehulla.

Marttinen ja Menna (2007) kokemusten mukaan lammikosta altaisiin siirretyt kuhat totuttuvat kuivarehuun paremmin ns. opettajien avulla. Opettajat olivat samanikäisiä kuhia, jotka oli totutettu pelkkään kuivarehuun jo aiemmin. Eloonjäännin kannalta parhaimman tuloksen antoi ruokintatapa, jossa kuhille tarjottiin jatkokasvatettua artemiaa yhdessä kuivarehun kanssa. Paras ruokailuaktiivisuus saavutettiin 22 °C lämpötilassa. Luonnonlämpötilassa kuhien eloonjäanti oli heikko (Marttinen ja Menna 2007).

Ympäristötekijöillä on suuri vaikutus poikasten syömään oppimisessa. Nälkiintymiseen vaikuttavat usein ympäristön epäsuotuisat olosuhteet. Veden lämpötila on yksi tärkeimmis-

tä ympäristötekijöistä. Kukat tottuivat rehuruokintaan kuukauden pituisessa ruokintakokeessa parhaiten 22 °C lämpötilassa, kun 18, 20 ja 24 °C lämpötiloissa kasvu ja eloonjäanti olivat heikommat (Zakes 1997b). Muiden ympäristötekijöiden, kuten valaistuksen tai veden sameuden, merkityksestä syömään oppimiseen ei ole tietoa.

Molnár ym. (2004) tutkivat istutustiheyden vaikutuksia lammikkokasvatettujen 35 vrk ikäisten poikasten kasvuun sekä eloonjäämiseen. Kokeen alkaessa poikaset (0,91 g) siirrettiin sisätiloihin ja laitettiin kasvatusaltauksiin kolmeen eri tiheyteen (1,25 g/l, 1,66 g/l ja 2,08 g/l). Tiheydellä ei ollut vaikutusta kannibalismiin, kasvuun, ravinnon käyttöön tai rehukertoimeen. Kokeessa kannibalismi aiheutti suurimman osan havaitusta kuolleisuudesta, kun luonnollinen kuolleisuus oli tästä vain murto-osa. Kannibalismin ja luonnollisen kuolleisuuden suhde selittyi Molnár ym. (2004) mukaan sillä, että nälkiintyneet poikaset joutuivat helposti lajitovereidensa saaliiksi, eivätkä siten näkyneet luonnollisena kuolleisuutena. Lisäksi kokeessa havaittiin, että luonnollinen kuolleisuus vähentyi korkeammassa istutustiheydessä, jossa myös eloonjääminen oli suurinta (Molnár ym. 2004).

6. Tuotannon optimointi

6.1 Tuotantomenetelmän valinta

Koskela ym. (2005 ja 2007) selvittivät kolmen tuotantoprosessin vaikutuksia kasvatuksen kannattavuuteen. Tarkastelussa oli mukana luonnonlämmössä tapahtuva verkkoallaskasvatus sekä lämminvesikasvatus kiertovesilaitoksessa ja läpivirtauslaitoksessa. Tällä hetkellä käytännön kokemukset eri tuotantomenetelmistä ovat niukkoja, joten menetelmien kannattavuutta arviointiin laskentamallien avulla.

Kuhan kasvatusta osoittautui tarkastelluilla menetelmillä ja oletuksilla kannattamattomaksi (taulukko 4). Verkkoallaskasvatus tuotti 100 tonnin tuotantomäärällä tappiota 65 senttiä kalakilolta. Vastaavalla tuotantomäärällä tappion suuruus vaihteli kiertovesikasvatuksessa vuotuisten tuotantoerien määrästä riippuen 0,7–1,0 euroon kalakilolta ja lämpöä kierrättävässä läpivirtauslaitoksessa 2,2–2,5 euroon kalakilolta. Tulosten perusteella kuhan kasvatusta voisi olla kannattavaa kiertovesikasvatuksessa ja verkkoallaskasvatuksessa, jos kalasta saataisiin nykyistä luonnonkalaa parempi hinta.

Taulukko 4. Tuotantomenetelmän vaikutus kuhan kasvatuksen kannattavuuteen (Koskela ym. 2007). Laskelmissa on käytetty yhtä tai kuutta kalatuotantoerää vuodessa (vuosituotanto 100 tonnia).

Tuotantomenetelmä	Verkkokassi	Läpivirtaus	Läpivirtaus	Kiertovesi	Kiertovesi
Tuotantoprosessi	1 erä/v	1 erä/v	6 erää/v	1 erä/v	6 erää/v
	Luonnonlämpö	20 °C	20 °C	20 °C	20 °C
Muuttuvat kustannukset €/kg	3,09	4,03	3,98	2,46	2,42
Kiinteät kustannukset €/kg	1,44	2,90	2,83	3,00	2,95
Normaaliomakustannusarvo €/kg	4,53	6,94	6,81	5,46	5,37
Tuotot yhteensä €/kg	3,88	4,36	4,60	4,39	4,64
Voitto/Tappio €/kg	-0,65	-2,58	-2,21	-1,07	-0,73

Tuotantomenetelmien väliset erot omakustannusarvossa muodostuivat pääasiassa erilaisista energia-, poikas- ja investointikustannuksista. Läpivirtauslaitoksen energian kulutus oli yli viisi kertaa suurempi kuin kiertovesikasvatuksessa. Kiertovesiviljelyssä investointikustannukset olivat suurimmat. Verkkoallaskasvatuksessa poikaskustannukset ovat kalojen hitaasta kasvusta ja tämän takia tarvittavasta suuresta yksilömäärästä johtuen yli kaksi kertaa suuremmat kuin muissa kasvatusten menetelmissä.

6.2 Tuottojen lisääminen

Kannattavuustutkimuksessa todettiin, että kuhan myyntihinta oli merkittävin kannattavuuteen vaikuttava tekijä (Koskela ym. 2007). Kun tuotantoa optimoitiin siten, että kala myytiin

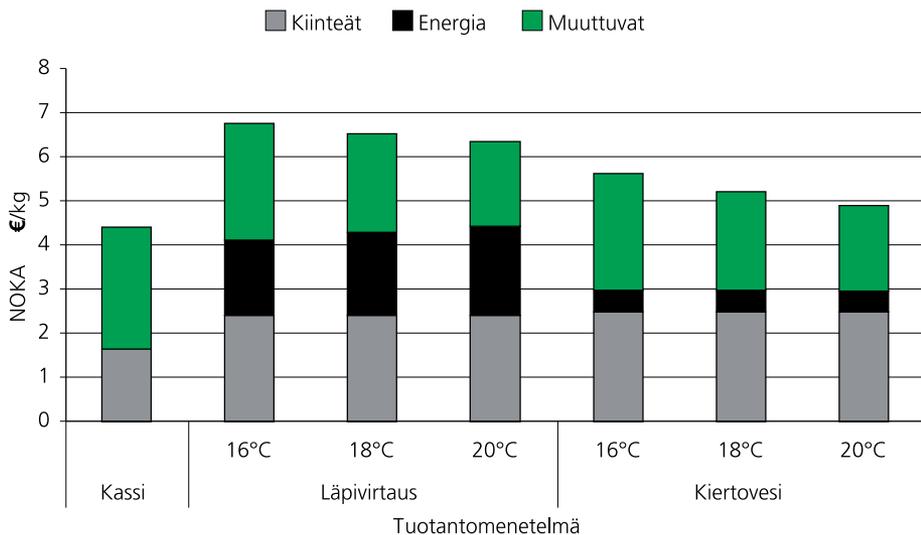
korkeimman vuotuisen markkinahinnan aikana, tappio väheni oleellisesti. Jo noin kymmenen prosenttia oletettua korkeampi myyntihinta (5 €/kg) muuttaisi verkkoallas- ja kiertovesikasvatuksen kannattavaksi. Laskelmissa oletettiin, että kasvattaja saisi kuhastaan vuoden ympäri 25 % korkeampaa hintaa kuin kalastaja. Kasvatetun siian tuottajahinta on ajoittain ollut jopa puolet korkeampi kuin kalastetun siian hinta. Kasvatetun ja kalastetun kuhan hintaeron arveltiin jäävän pienemmäksi, koska tuotu kuhafilee täydentää jo nyt kotimaan tarjontaa.

Rakenne- ja investointituilla on suuri merkitys uuden lajin viljelyä ja erityisesti kiertovesiviljelyä kehitettäessä. Kiertovesilaitoskasvatus olisi kannattavaa, jos tutkimuksessa oletetut investoinnit olisivat puolet pienempiä tai tuen osuus olisi 75 % investoinnin arvosta (Koskela ym. 2007).

6.3 Kustannusten vähentäminen

Tuotantokustannukset laskevat viljelytekniikoiden ja osaamisen kehittyessä. Tuotantokustannukset laskevat, kun kuhan kasvua parannetaan. Kasvua voidaan parantaa kasvatuslämpötilaa nostamalla tai käyttämällä tuotannossa kylmän veden kuhakantaa. Kun kalojen kasvu nopeutuu, samaan tuotantomäärään tarvitaan vähemmän poikasia. Kolmanneksen pienempi poikaskustannus tekisi verkkokassikasvatuksen kannattavaksi. Myös poikasten hinta saattaa laskea, kun poikaskasvattajat oppivat tuotantotekniikan ja tuotanto tehostuu. Kuhan 90 gramman poikasen oletettiin maksavan 8,5 €/kg. Hinta on kaksi kertaa suurempi kuin vastaavan kokoisen kirjolohen poikasen hinta.

Nopeakasvuisella kuhalla voitiin myös parantaa taloudellista tulosta samalla tavalla kuin kasvatuslämpötilaa nostamalla. Kun kuhan kasvunopeus parani kymmenen prosenttia, kalat olivat kasvatusvuoden jälkeen noin kolmanneksen suurempia ja poikasia tarvittiin kasvatuk-



Kuva 8. Kasvatuslämpötilan vaikutus tuotannon omakustannusarvoon.

seen vastaavasti vähemmän. Kassikasvatuksessa kasvunopeuden tulisi parantua noin viidenneksellä ja kiertovesiviljelyssä noin kolmanneksella, jotta päästäisiin kannattavaan tulokseen.

Kasvun tehostaminen vaatii usean viljelytulokseen vaikuttavan tekijän, kuten kuhan geneettisen taustan sekä kasvatustekniikoiden, parantamista. Erityisesti verkkoallaskasvatuksessa kasvun parantaminen on oleellista. Aikaisemman selvityksemme mukaan 2 astetta viileämpään veteen sopeutuneen kylmän veden kuhan käyttö tekisi verkkoallaskasvatuksesta kannattavaa (Koskela ym. 2005). Kemijärven kuhan lämpötilaominaisuudet ovat lähivuosisien tutkimuksien kohteena. Valintajalostuksen avulla voidaan nopeuttaa kasvatukseen valittavan kuhakannan sopeutumista viljelyolosuhteisiin ja parantaa kasvatustulosta.

Kasvatustilanteen nosto tehosti kuhan kasvua ja pienensi omakustannusarvoa sekä läpivirtaus- että kiertovesilaitoksessa (kuva 8). Kasvatustilanteen nosto 18 asteesta 20 asteeseen ei riittänyt tekemään lämminvesikasvatuksesta taloudellisesti kannattavaa. Lämpötilanteen nostosta saatava hyöty oli kiertovesilaitoksessa hieman suurempi kuin läpivirtauslaitoksessa. Saatava hyöty pienenee tätä korkeammilla lämpötiloilla, koska tällöin lähestytään kuhan kasvun optimilämpötilaa.

Kiertovesikasvatuksen ja erityisesti läpivirtauslaitoksen lämmityskustannuksia pystytään laskemaan huomattavasti, jos kasvatuksessa voidaan käyttää esimerkiksi teollisuuden jäähdytysvesien hukkalämpöä. Pienen vedentarpeen takia kiertovesilaitos voidaan sijoittaa toiminnan kannalta edulliseen paikkaan, kuten teollisuuslaitoksen yhteyteen. Tällöin voitaisiin hyödyntää valmiita infrastruktuuria, kuten poistoveden puhdistuslaitteistoja, ja alentaa tuotannon kustannuksia.

Energian hintakehitys on lämminvesiviljelyn riskitekijä. Esimerkiksi sähköverkkojen ja -yhtiöiden yhdistymiset, sademäärien vaihtelut sekä energian kysynnän kasvu aiheuttavat hintapaineita energiamarkkinoille. Näin ollen energian hinta voi nousta lähitulevaisuudessa korkeammaksi kuin mitä laskelmissa on käytetty (0,067 €/kWh). Mikäli hinta nousee 8 senttiin se nostaa kiertovesikasvatuksessa kustannuksia 0,09 €/kg ja läpivirtauskasvatuksessa jo 0,63 €/kg.

6.4 Tuotantomäärän kasvattaminen

Vuosituotannon kasvaessa yksikkökustannukset laskevat, koska kiinteiden kustannusten, kuten investointi- ja palkkakustannusten, osuus kokonaiskustannuksista laskee. Kalankasvatuksen tehokkuutta voidaan näin ollen parantaa tuotantokokoa kasvattamalla (Ionno ym. 2006). Tuotannon kasvattaminen laskee erityisesti kiertovesiviljelyn investointikustannuksia. 200 tonnin tuotannolla kiertovesiviljely olisi jo kannattavaa. Verkkoallaskasvatuksesta runsaan 400 tonnin laitos olisi kannattava (Koskela ym. 2007).

7. Taudit ja loiset kuhanviljelyssä

Tautien esiintyminen kalanviljelyolosuhteissa on yleistä. Luonnontilaan verrattuna suuret kalatiheydet viljelyaltaissa ja hoitotoimenpiteisiin liittyvät stressitekijät edesauttavat tautien leviämistä kalaparvessa (Sniezko 1974, Rintamäki-Kinnunen 1997). Massaesiintymisien vuoksi sellaisetkin mikrobit ja loiset voivat aiheuttaa kalanviljelylaitoksilla ongelmia, jotka normaalisti eivät ole kaloille haitallisia (Rintamäki-Kinnunen 1997). Bakteerit ja alkueläinloiset lisääntyvät nopeasti jakautumalla, ja kesäisin korkea veden lämpötila nopeuttaa niiden lisääntymistä ja tautien leviämistä. Monisoluisien loisten lisääntyminen on hitaampaa ja ne eivät yleensä aiheuta kalakuolemia.

Kalojen tilaa ja loisten esiintymistä tulee tarkkailla viljely-ympäristössä säännöllisesti ja kuolleet kalat poistaa. Sairaavat kalat syövät huonosti, uivat pintavedessä tai aivan poistoputken suulla ja niiden väritys voi poiketa terveestä kalasta. Alkueläinloisinfektiot lisäävät usein ihon liman tuotantoa, jolloin kalojen iho näyttää harmahtavalta. Bakteeri-infektiot voivat aiheuttaa ihon tummumista tai läiskiiä ja syöpymiä.

Yleisimmät loistartunnat on helppo tunnistaa itse. Kalatautitarkkailussa tärkeimpiä työvälineitä ovat mikroskooppi, pinsetit, sakset ja objektilasit. Kalan iholta raapaistaan limaa objektilasille, jonka päälle asetetaan peitinlasi ja näyte tutkitaan mikroskoopilla välittömästi elävien loisten löytämiseksi. Myös kiduksilta otetaan näyte. Elävät loiset yleensä liikkuvat näytteessä ja ne on helppo tunnistaa. Bakteerien tunnistamiseksi täytyy tehdä bakteeriviljely. Vuonna 2000 julkaistussa ”Terve kala” -kirjassa (Rahkonen ym. 2000) on kerrottu kalanäytteiden tutkimisesta ja niiden lähettämisestä eteenpäin tutkittavaksi.

Vuosina 1990 ja 1991 luonnonravintolammikoissa viljellyillä tutkituilla kuhilla ei esiintynyt bakteeri- tai virustauteja (Rahkonen 1993). Kuhat ovat todennäköisesti kuitenkin alttiita kaikille Suomen kalanviljelylaitoksilla esiintyville virus-, bakteeri- ja loistaudeille, mutta kuhan taudinsietokyky voi olla erilainen verrattuna muihin viljeltyihin kalalajeihin. Myös luonnonravintolammikkokasvatus voi asettaa erityispiirteitä esiintyville taudeille. Luonnonravintolammikoiden säännöllinen kuivatus pitää vesieliöstön lajikoostumuksen alhaisena, jolloin joidenkin monisoluisien loisten tarvitsemien väli-isäntien määrä on pieni tai ne puuttuvat kokonaan. Silloin loisinfektiot rajoittuvat lähinnä suoran elinkierron omaaviin loisiin (ei väliisäntiä). Loisien toukkavaiheita voi tulla lammikoihin kuitenkin tuloveden mukana.

Eurooppalaista kuhaa on tutkittu melko vähän, minkä takia tähän selvitykseen on otettu mukaan myös lähisukuisella valkosilmäkuhalla raportoituja tai diagnosoituja tauteja. Tärkeimmät taudit on luokiteltu niiden aiheuttajan mukaan.

7.1 Bakteeritaudit

7.1.1 Paisetauti

Kuhan on havaittu sairastuvan kokeellisissa olosuhteissa paisetautiin, jota aiheuttaa *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* -bakteeri (Siwicki ym. 2005). Kalojen kuolleisuus nousi jopa 80 %:iin kaksi viikkoa bakteeritautuksen jälkeen. Suomessa paisetauti tavattiin ensimmäisen kerran 1986 (Rintamäki ja Valtonen 1991), ja se voi tarttua kaikenikäisiin kaloihin,

mutta kuhalla sitä ei ole kalanviljelyssä havaittu. Tautia ennaltaehkäistään mädin siirtorajoituksilla ja kalojen rokotuksilla. Mikäli tauti puhkeaa, hoitona käytetään rehuun sekoitettavaa antibioottia. Paisetauti on valvottava eläintauti, jonka esiintymisestä täytyy ilmoittaa elintarviketurvallisuusvirastolle.

7.1.2 Columnaris-tauti

Columnaris-tautia esiintyy kuhalla kesäaikaan (Suomalainen ym. 2006) ja sen oireet vaihtelevat paljon. Yleisimpiä oireita ovat vaaleat läikät iholla, evien syöpyminen (varsinkin selkä- ja pyrstöevä) sekä kiduskuolio. Tautia aiheuttaa *Flavobacterium columnare* -bakteeri (entinen *Flexibacter*). Columnaris-tauti leviää nopeasti kalapopulaatiossa ja se voi aiheuttaa korkeaa kuolleisuutta, mikäli antibioottihoitoa (tetrasykliini) ei aloiteta heti, kun tauti havaitaan. Tauti leviää kuolleiden kalojen ja veden välityksellä. Korkea veden lämpötila ja suuret kalatiheydet altistavat kaloja columnaris-tartunnalle (Suomalainen ym. 2005).

7.1.3 Yersinoosi

Yersinia ruckeri -bakteerin aiheuttamaa yersinoosia on todettu esiintyvän kuhan viljelyssä Puolassa (Siwicki ym. 2005). Yersinoosin aiheuttama kuolleisuus on ollut siellä pientä, mutta se lisääntyy, mikäli kalat stressaantuvat. Tautia esiintyy veden lämpötilan ollessa yli 14 °C. Yersinoosi leviää kalojen ulosteiden, veden ja kantajakalojen välityksellä, ja bakteeri voi säilyä vedessä useita kuukausia. Tautia hoidetaan antibiootilla (tetrasykliini).

7.1.4 Läikkätauti

Pseudomonas sp. -bakteerin aiheuttamaa läikkätautia on havaittu kuhalla vesien viiletessä (Suomalainen L-R., julkaisematon). Läikkätaudissa kalan iholle ilmaantuu vaaleita läikkiä, jotka ajan myötä voivat kehittyä haavaumiksi. Kuolleisuus ei ole korkeaa ja tautia voidaan hoitaa antibiootilla. Tauti on todennäköisesti stressiperäinen, jolloin opportunistiset bakteerit voivat helpommin aiheuttaa kaloille tauteja.

Muita kalanviljelyssä esiintyviä bakteeritauteja, kuten kylmän veden tautia (*Flavobacterium psychrophilum*), bakteeriperäistä munuaistautia (BKD, *Renibacterium salmoninarum*), ASA-tautia (*Aeromonas salmonicida* subsp. *achromogenes*) ja vibrioosia (*Listonella anguillarum*, entinen *Vibrio anguillarum*) ei ole havaittu kuhalla.

7.2 Virustaudit

7.2.1 Lymphocystis

Lymphocystis-tautia aiheuttaa iridovirus ja tautia tiedetään esiintyvän useilla kalalajeilla, myös valkosilmäkuhalla (Bowser ym. 1988, Bowser ym. 1999, McAllister. 1996). Lymphocystis aiheuttaa halkaisijaltaan 0,3–2 mm punertavia tai harmahtavia kasvaimia kalan eville, iholle tai silmiin (McAllister 1996). Tauti esiintyy monesti yhtäaikaaisesti WDS-infektion kanssa, eikä se yleensä aiheuta kuolleisuutta, mutta voi altistaa bakteeri- ja sieni-infektioille.

7.2.2 Walleye dermal sarcoma (WDS)

WDS on retroviruksen aiheuttama tauti, jota esiintyy aikuisilla valkosilmäkuhilla erittäin yleisesti (Bowser ym. 1988, Martineau ym. 1990, McAllister 1996, Bowser ym. 1999). Taudissa kuhan iholle kasvaa läpimitaltaan 1–10 mm olevia vaaleita kiinteitä kasvaimia. WDS ei ole tappava tauti, mutta se voi altistaa kalan sekundaarisille infektiolle. WDS esiintyy monesti yhtäaikaisesti lymphocystis-infektion kanssa. Tauti leviää veden välityksellä (Martineau ym. 1990).

7.2.3 Walleye diffuse epidermal hyperplasia

USA:ssa ja Kanadassa valkosilmäkuhalla esiintyy herpesviruksen aiheuttamaa diffuusua epidermaalista hyperplasiaa aikaisin keväällä (Bowser ym. 1988, McAllister 1996). Tauti aiheuttaa kalan iholle haavaumia, joiden reunat ovat litteät ja epäsäännölliset. Taudin leviämistapa on epäselvä.

7.2.4 Walleye discrete epidermal hyperplasia

Tämän epidermaalisen hyperplasian aiheuttaja on vielä epäselvä, vaikka aiheuttajaksi epäillään retrovirusta. Tautia on havaittu Pohjois-Amerikassa valkosilmäkuhalla (McAllister 1996). Sairaiden kalojen iholla ja evillä voidaan havaita 0,25–1,5 mm paksuja ja useita senttimetrejä pitkiä kasvaimia.

7.2.5 IPN eli tarttuva haimakuoliotauti

Lohikaloille erittäin haitallista IPN-virusta on eristetty oireettomasta valkosilmäkuhasta Pohjois-Amerikassa. Suomessa IPN on lohikaloilla starttivaiheen poikasia tappava tauti, joka leviää kantajakalojen kautta esim. ulosteissa. Taudin haitallisuus vaihtelee virustyypin ja kalalajien välillä (Rahkonen ym. 2000).

7.2.6 Iridovirus

Oireettomista kuhanpoikasista on Suomessa eristetty iridovirusta (Tapiovaara ym. 1998). Viruksen alkuperä on tuntematon, eikä se aiheuta kuolleisuutta.

7.3 Hometaudit

Homeiden aiheuttamia infektiota ei ole havaittu kuhalla Suomessa. USA:ssa valkosilmäkuhan viljelyssä on tavattu *Saprolegnia*-hometta (Kebus 1996) sekä *Branchiomyces sanguinis* –hometta, jota esiintyy kalojen kiduksilla (Horner 1996).

7.4 Alkueläinloiset

Alkueläinloiset ovat pieniä yksisoluisia loisia, joiden havaitsemiseen tarvitaan mikroskooppi. Luonnonravintolammikoissa viljellyillä kuhilla on Suomessa tavattu viittä erilaista alkueläinloislajia: *Ichthyobodo necator* (entinen *Costia necatrix*), *Amphibrya ameiuri*, *Trichophrya piscium*, *Trichodina* sp. ja *Cryptobia* sp. (Rahkonen 1993, Kalatietokeskus 2004). Näistä ainoastaan *I. necator* ja *A. ameiuri* ovat kaloille haitallisia ja *Trichodina* sp. jossain määrin hai-

tallinen. Valkosilmäkuhalla esiintyy lisäksi valkopilkkutautia, joka on Suomessakin erittäin yleinen maa-altaissa esiintyvä haitallinen loinen. Erästä kalanviljelyssä tärkeää ripsieläinloista, *Chilodonella*, ei kirjallisuuden mukaan ole kuhilla havaittu. *Chilodonella*-tartuntoja esiintyy laitoksilla yleisesti kesäaikaan ja ne ovat ainakin lohikalojen poikasille erittäin haitallisia. Hoitona käytetään suolakylpyjä.

7.4.1 *Ichthyobodo necator*

I. necator on pienikokoinen (10–12 µm) siimaeliö, joka syö kalan lima- ja epiteelisoluja. Kalan iholla esiintyy yleensä harmahtavia läikkiä, mutta kuhalla läikkiä ei *I. necator* –tartunnan aikana esiintynyt (Rahkonen 1993). Loinen on haitallisin starttivaiheen kalanpoikasille ja Rahkonen (1993) mukaan voimakkaita tartuntoja esiintyy kuhalla heinä-elokuussa. Lohikalojen viljelyssä *I. necator* –tartuntoja hoidetaan formaliinikylvetyksillä.

7.4.2 *Trichodina* sp.

Trichodina sp. ovat yleisesti kalanviljelylaitoksilla esiintyviä ripsieläinloisia, jotka eivät yleensä aiheuta kalojen kuolleisuutta tai vaadi hoitotoimenpiteitä (Rahkonen ym. 2000). Kuhalla tavatut tartunnat ovat olleet lieviä (Rahkonen 1993). *Trichodina* –loiset ovat muodoltaan kiekkomaisia: litteitä ja pyöreitä. Ruumiissa on hakasrivejä, joilla loinen tarttuu kalan iholle, sekä ripsirivejä, joita loinen käyttää liikkumiseen. Voimakkaita loistartuntoja voidaan tarvittaessa hoitaa formaliinikylvetyksillä.

7.4.3 *Amphibrya ameiuri*

A. ameiuri –ripsieläin kiinnittyy kalan iholle jalkalevynsä avulla ja ottaa ravintonsa ohivirtaavasta vedestä. Vaikka loinen ei syö kalan pintasolukkoa, se ärsyttää kalan ihoa ja kiduksia vaikeuttaen kalan hengitystä lisääntyneen limanerityksen vuoksi. Voimakkaat loisesiintymät voivat aiheuttaa poikaskuolemia (Rahkonen 1993, Woo 1995).

7.4.4 Valkopilkkutauti

Valkopilkkutautia aiheuttava *Ichthyophthirius multifiliis* -loinen on itsepintainen ongelma valkosilmäkuhan kasvatuksessa USA:ssa (Marcino 1996). Valkopilkkutauti on kaloille erittäin haitallinen ja sitä esiintyy lämpimän veden aikaan. Loinen lisääntyy maa-altaiden pohjalla ja tuottaa parveilijoita, jotka tarttuvat kalaan. Loiset kasvavat kalan ihon alla ja ne voidaan havaita paljain silmin valkoisina pilkkuina, joiden läpimitta voi olla jopa 1 mm. Pilkkujen lisäksi kalat oireilevat myös hyppimällä veden pinnan yläpuolelle ja hankaamalla itseään kiviin ja altaan reunoihin. Valkopilkkutaudin hoito on haasteellista, sillä kylvetyshoidot tehoavat vain vapaana eläviin loisiin, mutta eivät tapa kalaan kiinnittyneitä loisia. Lohikaloilla maa-altaissa tehokkain kylvetyshoito on formaliini (Rintamaki-Kinnunen ym. 2005).

7.5 Monisoluiset loiset

7.5.1 *Gyrodactylus*

Gyrodactylus sp. -monogeeniloinen on raportoitu aiheuttaneen valkosilmäkuhien sairastumista Wisconsinissa (Kebus 1996). Loisia esiintyi kalojen iholla ja evillä aiheuttaen ihon vaalene-

mista, verenpurkaumia evien tyvellä ja evien rispaantumista. *Gyrodactylus*-loiset lisääntyvät nopeasti, sillä ne synnyttävät eläviä poikasiasia. Loiset kiinnittyvät kalaan koukkujensa avulla ja syövät kalan pintasolukkoa.

7.5.2 *Diplostomum spathaceum*

D. spathaceum –imumato aiheuttaa kaloissa loiskaihia ja se on erittäin yleinen luonnonkaloilla (Valtonen ja Gibson 1997). Loisella on kaksi väli-isäntää: kotilo ja kala, pääisäntänä toimii kaloja syövä lintu (lokki). Loisen munat tulevat veteen linnun ulosteiden mukana, kehittyvät ripsellisiksi toukiksi ja kulkeutuvat kotiloihin. Kotiloissa loiset kehittyvät kerkarioiksi, jotka vapautuvat veteen ja tunkeutuvat kalan ihon läpi kulkeutuen kalan silmän linssiin. Kerkarioiden tunkeutuminen ihon läpi voi aiheuttaa kalalle verenvuotoja. Voimakkaan loistartunnan vaikutuksesta kalan silmän linssi muuttuu sameaksi ja sen näkökyky heikkenee, johtaen jopa sokeuteen. Sokeat kalat syövät huomattavasti huonommin kuin terveet, mikä voi näkyä kalojen kasvussa. Rahkosen (1993) selvityksessä kuhilla ei havaittu silmien samentumista loisten pienen määrän takia (keskimäärin 1–2/linssi).

7.5.3 Kalatäi

Suomessa tiedetään esiintyvän kahta *Argulus*-suvun kalatäitä: *Argulus coregoni* ja *A. foliaceus*. Näistä *A. foliaceus* –kalatäitä on todettu kuhalla. Kalatäi on kalan pinnalla elävä suurikokoinen (0,5–1 cm) äyriäislöyly. Se kiinnittyy kalan pinnalle imukupeilla ja piikeillä ja imee kalasta verta ja kudostäiteitä ravinnokseen. Loinen voi liikkua iholla, jolloin sen aiheuttamat ihovauriot voivat altistaa kalan bakteeri-infektioille (Bandilla ym. 2006). Aikuistuttuaan loiset parittelevat, irrottautuvat kalasta ja naaras laskee munansa altaan pohjalle kivien tai muun materiaalin päälle. Kuoriutuneet loiset etsivät uuden isännän itselleen. Kalatäitartunta on harvoin niin haitallinen, että kaloja jouduttaisiin lääkitsemään. Emamectin betsoaatti (kauppanimi Slice) on erittäin tehokas lääke *A. coregoni* –loista vastaan kirjolohella (Hakalahti ym. 2004), mutta myös kylvetys organofosfaateilla on tehokas hoitomuoto (Rahkonen ym. 2000). Muita kuhalla esiintyviä (haitattomia) loisia.

Kirjallisuuskatsaus on osa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen koordinoimaa Uuden aallon – kalankasvatushanketta, jonka tarkoituksena on kehittää kuhan viljelyä kokonaisvaltaisesti. Hanke on rahoitettu TE-keskuksen myöntämästä Kalatalouden ohjauksen rahoitusvälineestä (KOR).

Muita kuhalla esiintyviä (haitattomia) loisia.

Pääjakso	Laji	Loisintapaikka	Isäntälaji	Huomioitavaa	Viite
Myxozoa	Henneguya creplini	Kidukset	Kuha		(Molnar 1998)
Microspora	Glugea luciopercae	Suolisto	Kuha	Loisii solujen sisällä.	(Woo 1995)
Apicomplexa	Goussia desseri	Suolisto	Kuha		(Molnar 1996)
Monogenea	Urocleidus aculeatus		Valkosilmäkuha		(Muzzall ym. 1998)
Imumadot (Digenea)	Bunodera luciopercae	Suolisto	Kuha	Loisinta voi olla voimakasta (yli sata yksilöä/kala), mutta ei aiheuta merkittävää haittaa.	(Rahkonen. 1993)
	Tylodelphus cavata	Silmä (lasiainen)	Kuha		(Rahkonen 1993)
	Diplostomum gasterostei	Silmä (lasiainen)	Kuha		(Rahkonen 1993)
Heisimadot (Cestoidea)	Bothriocephalus cuspidatus		Valkosilmäkuha		(Muzzall ym. 1998)
	Eubothrium	Suolisto	Kuha	Voimakas tartunta voi aiheuttaa kasvun heikkenemistä.	(Rahkonen 1993, Rahkonen ym. 2000)
	Diphyllbothrium latum	Lihas	Kuha	Voi tarttua ihmiseen.	(Meyer 1970, Rahkonen. 1993)
	Proteocephalus	Suolisto	Kuha		(Rahkonen 1993)
Sukkulamadot (Nematoda)	Lucionema balatonese	Uimarakko	Kuha		(Moravec ym. 1998).
	Anisakis sp.	Sisäelimet	Kuha		(Feiler ym. 1981)
	Camallanus oxycephalus	Peräsuoli	Valkosilmäkuha		(Woo 1995)
	Raphidascaris acus	Ruumiintontelo	Kuha		(Rahkonen 1993)
Äyriäiset (Crustacea)	Achtheres percarum	Kidukset	Kuha	Voi vaikeuttaa kalan hengitystä.	(Piasecki ym. 2004)
	A. sandrae		Kuha		(Kempton ym. 2006)
	Ergasilus luciopercarum		Valkosilmäkuha		(Muzzall ym. 1998)
	Ergasilus sieboldi		Kuha		(Molnar ja Szekely 1997)
Juotikkaat (Hirunidea)	Piscicola geometra	Iho	Kuha		(Rahkonen 1993)

Viitteet

- Bandilla, M., Valtonen, E.T., Suomalainen, L.R., Aphalo, P.J. & Hakalahti, T. 2006. A link between ectoparasite infection and susceptibility to bacterial disease in rainbow trout. *International Journal for Parasitology* 36: 987–991.
- Barrows, F.T., Lellis, W.A. & Nickum, J.G. 1988. Intensive culture of larval walleyes with dry or formulated feed: note on swim bladder inflation. *The Progressive Fish-Culturist* 50: 160–166.
- Barrows, F.T., Zitzow, R.E. & Kindschi, G.A. 1993. Effects of surface water spray, diet, and phase feeding on swimbladder inflation, survival, and cost of production of intensively reared larval walleyes. *The Progressive Fish-Culturist* 55: 224–228.
- Beyerle, G. B. 1975. Summary of attempts to raise walleye fry and fingerlings on artificial diets, with suggestions on needed research and procedures to be used in future tests. *The Progressive fish-culturist* 37(2): 103–105.
- Björnsson, B., Steinarsson, A. & Oddgeirsson, M., 2001. The optimal temperature for growth and feed consumption of cod (*Gadus morhua*). *ICES Journal of Marine Sciences* 58: 29–38.
- Björnsson, B. & Tryggvadóttir, S.V. 1996. Effects of size on optimal temperature for growth and growth efficiency of immature Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 142: 33–42.
- Bódis, M., Kucska, B. & Bercsényi, M. 2007. The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in the transition from live food to formulated feed. *Aquaculture International* 15(1): 83–90.
- Boggs, C.T. & Summerfelt, R.C. 2003. Enhancing gas bladder inflation in larval walleye: comparison of two methods for removing an oily film from the water surface of culture tanks. Teoksessa: Barry, T.P., Malison, J.A. (toim.): *Proceedings of PERCIS III, the Third International Percid Fish Symposium*. ss. 19–20.
- Bowser, P.R., Wooster, G. A. & Getchell, R.G. 1999. Transmission of Walleye Dermal Sarcoma and Lymphocystis via waterborne exposure. *Journal of Aquatic Animal Health* 11: 158–161.
- Bowser, P.R., Wolfe, M.J., Forney, J.L. & Wooster, G.A. 1988. Seasonal prevalence of skin tumors from walleye (*Stizostedion vitreum*) from Oneida Lake, New York. *Journal of Wildlife Diseases* 24: 292–298.
- Bristow, B.T. & Summerfelt, R.C. 1994. Performance of larval walleye cultured intensively in clear and turbid water. *Journal of the World Aquaculture Society* 25: 454–464.
- Bristow, B.T., Summerfelt, R.C. & Clayton, R.D. 1996. Comparative performance of intensively cultured larval walleye in clear, turbid, and colored water. *The Progressive Fish-Culturist* 58: 1–10.
- Bulkowski, L. & Meade, J.W. 1983. Changes in phototaxis during early development of walleye. *Transactions of American Fisheries Society* 112: 445–447.
- Burel, C., Person-Le Ruyet, J., Gaumet, F., Le Roux, A., Sévère, A. & Boeuf, G. 1996. Effects of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot. *Journal of Fish Biology* 49: 678–692.
- Chapman, D.C., Hubert, W.A. & Jackson, U.T. 1988. Influence of access to air and salinity on gas bladder inflation in striped bass. *The Progressive Fish-Culturist* 50: 23–27.
- Colesante, R.T., Youmans, N.B. & Ziolkoski, B. 1986. Intensive culture of walleye fry with live food and formulated diets. *The Progressive Fish-Culturist* 48: 33–37.
- Colesante, R.T. 1996a. Intensive culture of walleye using brine shrimp and formulated diets. Teoksessa: Summerfelt, R.C (toim.). *Walleye culture manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 191–194.
- Colesante, R.T. 1996b. Transportation and handling of walleye eggs, fry, fingerlings, and broodstock. Teoksessa: Summerfelt, R.C (toim.). *Walleye culture manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 79–83.
- Corazza, L. & Nickum, J.G. 1981. Positive phototaxis during initial feeding stages of walleye larvae. Teoksessa: Sherman, K. & Lasker, R. (toim.). *Rapports et Procès-verbaux des Réunions. Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 178: 492–494.

- Craig, J.F. 2000. *Percid Fishes. Systematics, Ecology and Exploitation*. Blackwell Science, Oxford, Iso-Britannia. ss. 220–222.
- Demska-Zakes, K. & Zakes, Z. 2008. Endocrine sex control strategies of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). Teoksessa: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F. & Wang, N. *Percid fish culture – From research to fish production. Namur (Belgium) 23-24 January 2008. Abstracts and short communications*. ss. 102–103.
- Demska-Zakes, K., Zakes, Z. & Roszuk, J. 2005. The use of tannic acid to remove adhesiveness from pikeperch, *Sander lucioperca*, eggs. *Aquaculture Research* 36: 1458–1464.
- Feiler, K. & Winkler, H.M. 1981. 1st findings of Anisakis larvae in pike perches, *Stizostedion lucioperca*, in coastal waters of the Baltic Sea. *Angewandte Parasitologie* 22: 124–130.
- Fonds, M., Cronie, R., Vethaak, A.D. & van der Puyl, P. 1992. Metabolism, food consumption and growth of plaice (*Pleuronectes platessa*) and flounder (*Platichthys flesus*) in relation to fish size and temperature. *Netherlands Journal of Sea Research* 29: 127–143.
- Gál, D., Lefler, K.K. & Rónyai, A. 2005. Effect of temperature on the sexual maturation of pike-perch (*Sander lucioperca* L.). Teoksessa: Hendry, C.I., Van Stappen, G., Wille, M. & Sorgeloos, P. (toim.). *LARVI '05 – Fish & Shellfish larviculture symposium. Special Publication No. 36*. European Aquaculture Society, Oostende, Belgia. ss. 160–163.
- Gaygalas, K.S. & Gyarulaytis, A.B. 1974. The ecology of the pike-perch (*Lucioperca lucioperca*) in the Kurs-hyu Mares basin, the state of its stocks and fishery regulation measures. *Journal of Ichthyology* 14: 514–525.
- Hakalahti, T., Lankinen, Y. & Valtonen, E. 2004. Efficacy of emamectin benzoate in the control of Argulus coregoni (Crustacea: Branchiura) on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Diseases of Aquatic Organisms* 60: 197–204.
- Hamza, N., El Abed, A. & Kestemont, P. 2005. Effects of weaning age and diets on histological ontogeny and digestive activities of pike-perch larvae. Teoksessa: Hendry, C.I., Van Stappen, G., Wille, M. & Sorgeloos, P. (toim.). *LARVI '05 – Fish & Shellfish larviculture symposium. Special Publication No. 36*. European Aquaculture Society, Oostende, Belgia. ss. 201–204.
- Hilge, V. & Steffens, W. 1996. Aquaculture of fry and fingerling pike-perch (*Stizostedion lucioperca* L.) – a short review. *Journal of Applied Ichthyology* 12: 167–170.
- Horner, R. 1996. Strategies for fish health management of tank-raised walleye. Teoksessa: Summerfelt, R.C. (toim.). *Walleye culture manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 339–341.
- Ionno, P.N.D., Wines, G.L., Jones, P.L. & Collins, R.O. 2006. A bioeconomic evaluation of a commercial scale recirculating finfish growout system – An Australian perspective. *Aquaculture* 259: 315–327.
- Jokelainen, T. & Koskela, J. 2007. Kuhan alkukasvatus onnistuu Artemia-äyriäisen ja rehun yhteisruokinnalla. *Riista- ja kalatalous – Selvityksiä* 4/2007. 16 s.
- Jonassen, T.M., Imsland, A.K. & Stefansson, S.O. 1999. The interaction of temperature and size on growth of juvenile halibut. *Journal of Fish Biology* 54: 556–572.
- Kalatiokeskus. 2004. *Kuhalku – Kuhan alkuruokintamien kehittämisen*. Loppuraportti. www2.fic.fi/tiedostot/File/Kuhalku%20loppuraportti%2016082005.pdf
- Kebus, M.J. 1996. Disease investigation of tank-reared triploid walleye. *Walleye Culture Manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 343–345.
- Kempter, J., Piasecki, W., Wieski, K. & Krawczyk, B. 2006. Systematic position of copepods of the genus Achtheres (Crustacea: Copepoda: Siphonostomatoida) parasitizing perch, *Perca fluviatilis* (L.), and zander, *Sander lucioperca* (L.). *Journal of Fish Diseases* 29: 103–113.
- Kestemont, P., Jourdan, S., Houbart, M., Mélard, C., Paspatis, M., Fontaine, P., Cuvier, A., Kentouri, M. & Baras, E. 2003. Size heterogeneity, cannibalism, and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture* 227: 333–356.
- Kestemont, P., Xueliang, X., Hamza, N., Maboudou, J. & Toko, I.I. 2007. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture* 264: 197–204.

- Kindschi, G.A. & MacConnell, E. 1989. Factors influencing early mortality of walleye fry reared intensively. *The Progressive Fish-Culturist* 51: 220–226.
- Kindschi, G.A. & Barrows, F.T. 1991. Optimal screen mesh size for restraining walleye fry. *The Progressive Fish-Culturist* 53: 53–55.
- Klein Breteler, J.G.P. 1989. Intensive culture of pike-perch fry with live food. Teoksessa: De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H. & Wilkins (toim.). *Aquaculture – a biotechnology in progress*. European Aquaculture Society, Bredene, Belgia. ss. 203–207.
- Koli, L. 1990. *Suomen kalat*. WSOY, Porvoo. 357 s.
- Kolkovski, S. & Dabrowski, K. 1998. Off-season spawning of yellow perch. *The Progressive Fish-Culturist* 60: 133–136.
- Koskela, J., Määttä, V., Vielma, J., Rahkonen, R., Forsman, L., Setälä, J., & Honkanen, A. 2002. *Siian kasvatus ruokakalaksi*. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki, 48 s.
- Koskela, J., Setälä, J., Saarni, K. & Kankainen, M. 2005. Esiselvitys kuhan kasvatuksen mahdollisuuksista. *Kala- ja riistaraportteja* 348. 19 s.
- Koskela, J., Setälä, J., Kankainen, M. & Vielma, J. 2007. Kuhan ruokakalakasvatuksen kannattavuus verkkoallaskasvatuksessa ja lämminvesiviljelyssä. *Kala- ja riistaraportteja* 403. 27 s.
- Kovalev, P.M. 1976. Larval development of the pike-perch *Lucioperca lucioperca* under natural conditions. *Journal of Ichthyology* 16: 606–616.
- Kowalska, A., Zakes, Z. & Szkudlarek, M. 2005. The impact of diet on the effectivity of rearing pike-perch, *Sander lucioperca* (L.) larvae obtained from out-of-season spawning. Teoksessa: Hendry, C.I., Van Stapen, G., Wille, M. & Sorgeloos, P. (toim.). *LARVI '05 – Fish & Shellfish larviculture symposium. Special Publication No. 36*. European Aquaculture Society, Oostende, Belgia. ss. 258–260.
- Kowalska, A., Zakes, Z. & Demska-Zakes, K. 2006. The impact of feeding on the results of rearing larval pike-perch, *Sander lucioperca* (L.), with regard to the development of the digestive tract. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Fisheries*, 9(2) <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue2/art-05.html>
- Krise, W.F. & Meade, J.W. 1986. Review of the intensive culture of walleye fry. *The Progressive Fish-Culturist* 48: 81–89.
- Krise, W.F., Bulkowski-Cummings, L., Shellman, D.A., Kraus, K.A. & Gould, R.W. 1986. Increased walleye egg hatch and larval survival after protease treatment of eggs. *The Progressive Fish-Culturist* 48: 95–100.
- Lappalainen, J., Dörner, H. & Wysujack, K. 2003. Reproduction biology of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) – a review. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 95–106.
- Li, S. & Mathias, J.A. 1982. Causes of high mortality among cultured larval walleyes. *Transactions of the American Fisheries Society* 111: 710–721.
- Linhart, O., Gela, D., Rodina, M. & Kocour, M. 2003. Optimization of artificial propagation in European catfish, *Silurus glanis* L. *Aquaculture* 235: 619–632.
- Ljunggren, L. 2002. Growth response of pikeperch larvae in relation to body size and zooplankton abundance. *Journal of Fish Biology* 60: 405–414.
- Ljunggren, L., Staffan, F., Falk, S., Linden, B. & Mendes, J. 2003. Weaning of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L., and perch, *Perca fluviatilis* L., to formulated feed. *Aquaculture Research* 34: 281–287.
- Ljunggren, L. & Sandström, A. 2007. Influence of visual conditions on foraging and growth of juvenile fishes with dissimilar sensory physiology. *Journal of Fish Biology* 70: 1319–1334.
- Luchiar, A.C., Morais Freire, F.A., Koskela, J. & Pirhonen, J. 2006. Light intensity preference of juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research* 37: 1572–1577.
- Luchiar, A.C., Morais Freire, F.A., Pirhonen, J. & Koskela, J. 2009. Longer wavelengths of light improve growth, intake and feed efficiency of individually reared juvenile pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture Research* (painossa).
- Mani-Ponset, L., Diaz, J-P., Schlumberger, O. & Connes, R. 1994. Development of yolk complex, liver and anterior intestine in pike-perch larvae, *Stizostedion lucioperca* (Percidae), according to the first diet during rearing. *Aquatic Living Resources* 7: 191–202.

- Malison, J.A. & Held, J.A. 1996. Reproductive biology and spawning. Teoksessa: Summerfelt, R.C (toim.). *Walleye culture manual NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 11–18.
- Malison, J.A., Procarione, L.S., Kayes, T.B., Hansen, J.F. & Held, J.A. 1998. Induction of out-of-season spawning in walleye (*Stizostedion vitreum*). *Aquaculture* 163: 151–161.
- Marcino, J. 1996. Observed diseases of walleye in Minnesota. *Walleye Culture Manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 369–370.
- Martineau, D., Bowser, P.R., Wooster, G. A. & Armstrong, L.D. 1990. Experimental transmission of a dermal sarcoma in fingerling walleyes (*Stizostedion vitreum vitreum*). *Veterinary pathology* 27: 230–234.
- Marttinen, P. & Menna, T. 2007. *Selvitys lämpimän veden vaikutuksesta ahvenen ja kuhan kasvatuksessa esiintyviin ongelmiin*. Loppuraportti. <http://194.251.35.222/LiiteTiedostoNayta.asb?DokumenttiID=14712&TauluNimi=TiedoteKappale&NakymaID=140&KappaleID=18036>
- Marty, G.D., Hinton, D.E., & Summerfelt, R.C. 1995. Histopathology of swimbladder noninflation in walleye (*Stizostedion vitreum*) larvae: role of development and inflammation. *Aquaculture* 138: 35–48.
- McAllister, P.E. 1996. Viruses associated with diseases of walleye, sauger, and walleye x sauger hybrids. *Walleye Culture Manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 355–367.
- Meyer, M.C. 1970. Cestode zoonoses of aquatic animals. *Journal of Wildlife Diseases* 6: 249–254.
- Migaud, H., Fontaine, P. Sulistyó, I. Kestemont, P. & Gardeur, J-N. 2002. Induction of out-of-season spawning in Eurasian perch *Perca fluviatilis*: effects of rates of cooling and cooling durations on female gametogenesis and spawning. *Aquaculture* 205: 253–267.
- Molnar, K. 1996. Nodular coccidiosis of the pikeperch *Stizostedion lucioperca* and Volga perch *Stizostedion volganensis*. *Diseases of Aquatic Organisms* 27: 35–41.
- Molnar, K. 1998. Taxonomic problems, seasonality and histopathology of *Henneguya creplini* (Myxosporea) infection of the pikeperch *Stizostedion lucioperca* in Lake Balaton. *Folia Parasitologica* 45: 261–269.
- Molnar, K. & Szekely, C. 1997. An unusual location for *Ergasilus sieboldi* Nordmann (Copepoda, Ergasilidae) on the operculum and base of pectoral fins of the pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.). *Acta Veterinaria Hungarica* 45: 165–175.
- Molnár, T., Hancz, Cs., Bódis, M. Müller, T., Bercsényi, M. & Horn, P. 2004. The effect of initial stocking density on growth and survival of pike-perch fingerlings reared under intensive conditions. *Aquaculture International* 12(2): 181–189.
- Moodie, G.E. & Mathias, J.A. 1996. Intensive culture of larval walleye on formulated food. Teoksessa: Summerfelt, R. C (toim.). *Walleye culture manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 187–190.
- Moore, A., Prange, M.A., Bristow, B.T. & Summerfelt, R.C. 1994a. Influence of stocking densities on walleye fry viability in experimental and production tanks. *The Progressive Fish-Culturist* 56: 194–201.
- Moore, A., Prange, M.A., Summerfelt, R.C. & Bushman, R.P. 1994b. Evaluation of tank shape and a surface spray for intensive culture of larval walleyes fed formulated feed. *The Progressive Fish-Culturist* 56: 100–110.
- Moore, A.A. 1996. Intensive culture of walleye fry on formulated feed. Teoksessa: Summerfelt, R.C (toim.). *Walleye culture manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 195–197.
- Moravec, F., Molnar K. & Szekely, C. 1998. *Lucionema balatonense* gen. et sp. n., a new nematode of a new family Lucionematidae fam. n. (Dracunculoidea) from the swimbladder of the European pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (Pisces). *Folia Parasitologica* 45: 57–61.
- Muntyan, S.P. 1977. Effect of constant incubation temperatures on hatching and the morphological characteristics of pike perch embryos. Teoksessa: Karzinkin, G. S. (toim.). *Metabolism and biochemistry of fishes*. Indian National Scientific Documentation Centre, New Delhi, India. ss. 214–221.

- Muzzall, P.M. & Haas, R.C. 1998. Parasites of walleyes, *Stizostedion vitreum*, from Saginav Bay, Lake Huron, and the other Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research* 24: 152–158.
- NACA 1989. *Integrated Fish Farming in China*. NACA Technical Manual 7. A World Food Day Publication of the Network of Aquaculture Centres in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. 278 s. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC264E/AC264E00.HTM>
- Nagel, T. 1996. Intensive culture of fingerling walleye on formulated feeds. Teoksessa: Summerfelt, R.C. (toim.). *Walleye culture manual*. NCRAC Culture Series 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 205–207.
- Nyina-wamwiza, L., Xu, X.L., Blanchard, G. & Kestemont, P. 2005. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings. *Aquaculture Research* 36: 486–492.
- Ostaszewska, T. 2003. Histopathological changes during pikeperch *Sander lucioperca* swimbladder development. Teoksessa: Barry, T. P., Malison, J. A. (toim.). *Proceedings of PERCIS III, the Third International Percid Fish Symposium*. ss. 111–112.
- Ostaszewska, T., Dabrowski, K., Czuminiska, K., Olech, W. & Olejniczak, M. 2005. Rearing of pike-perch larvae using formulated diets – first success with starter feeds. *Aquaculture Research* 36: 1167–1176.
- Phillips, T.A. & Summerfelt, R.C. 2003. An estimate of optimal turbidity to maximize survival and growth rate of larval walleye in intensive culture. Teoksessa: Barry, T. P., Malison, J. A. (toim.). *Proceedings of PERCIS III, the Third International Percid Fish Symposium*. ss. 51–52.
- Piasecki, W., Goodwin, A.E., Eiras, J.C. & Nowak, B. 2004. Importance of copepoda in freshwater aquaculture. *Zoological Studies* 43: 193–205.
- Rahkonen, R. 1993. Kuhanpoikasten loiset kahdessa erityyppisessä luonnonravintolammikossa. *Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos – Kalatutkimuksia* No 68. 22 s.
- Rahkonen, R., Vennerström, P., Rintamäki-Kinnunen, P. & Kannel, R. 2000. *Terve Kala – tautien ennaltaehkäisy, tunnistus ja hoito*. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 140 s.
- Rennert, B., Wirth, M., Günther, S. & Schulz, C. 2005. Effect of feeding under-year zander (*Sander lucioperca*) on size, body mass and body composition before and after wintering. *Journal of Applied Ichthyology* 21: 429–432.
- Rieger, P.W. & Summerfelt, R.C. 1997. The influence of turbidity on larval walleye, *Stizostedion vitreum*, behavior and development in tank culture. *Aquaculture* 159: 19–32.
- Rieger, P.W. & Summerfelt, R.C. 1998. The influence of turbidity on larval walleye, *Stizostedion vitreum*, behavior and development in tank culture. *Aquaculture* 159: 19–32.
- Rintamäki P. & Valtonen E.T. 1991. *Aeromonas salmonicida* in Finland: pathological problems associated with atypical and typical strains. *Journal of Fish Diseases* 14: 323–331.
- Rintamäki-Kinnunen, P. 1997. *Parasitic and bacterial diseases at salmonid fish farms in Northern Finland*. Väitöskirja. Oulun yliopisto. 43 s.
- Rintamäki-Kinnunen, P., Rahkonen, M., Mykra, H. & Valtonen, E.T. 2005. Treatment of ichthyophthiriasis after malachite green. II. Earth ponds at salmonid farms. *Diseases of Aquatic Organisms* 66: 15–20.
- Ruuhijärvi, J., Virtanen, E., Salminen, M. & Muyunda, M. 1991. The growth and survival of pike-perch, *Stizostedion lucioperca* L., larvae fed on formulated feeds. Teoksessa: Lavens, P., Sorgeloos, P., Jaspers, E., Ollivier, F. (toim.). *LARVI '91. Fish & Crustacean larviculture symposium. Special Publication No. 15*. European Aquaculture Society, Gent, Belgium. ss. 154–156.
- Ruuhijärvi, J. & Hyvärinen, P. 1996. The status of pike-perch culture in Finland. *Journal of Applied Ichthyology* 12: 185–188.
- Schlumberger, O. & Proteau, J. P. 1996. Reproduction of pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) in captivity. *Journal of Applied Ichthyology* 12: 149–152.
- Siwicki, A.K., Zakeš, Z., Fuller, Jr J.C., Nissen, S., Trapkowska, S., Głański, E., Kuzuń, K., Kowalska, A. & Terech-Majewska, E. 2005. The effect of feeding the leucine metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) on cell-mediated immunity and protection against *Yersinia ruckeri* in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Research* 36: 16–21.

- Snieszko, S. 1974. The effect of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. *Journal of Fish Biology* 6: 197–208.
- Steffens, W., Geldhauser, F., Gerstner, P. & Hilge, V. 1996. German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Annales Zoologici Fennici* 33: 627–634.
- Summerfelt, R.C. 1996a. Intensive culture of walleye fry. Teoksessa: Summerfelt, R. C (toim.). *Walleye culture manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 161–185.
- Summerfelt, S.T. 1996b. Engineering design of a water reuse system. Teoksessa: Summerfelt, R.C (toim.). *Walleye culture manual. NCRAC Culture Series* 101. North Central Regional Aquaculture Center, Publications office, Iowa State University, Ames. ss. 277–309.
- Suomalainen, L.-R., Tiirola M. & Valtonen E.T. 2005. The influence of rearing conditions on *Flavobacterium columnare* infection of rainbow trout. *Journal of Fish Diseases* 28: 271–277.
- Suomalainen, L.-R., Kunttu, H., Valtonen, E.T., Hirvelä-Koski, V. & Tiirola, M. 2006. Molecular diversity and growth features of *Flavobacterium columnare* -strains isolated in Finland. *Diseases of Aquatic Organisms* 70: 55–61.
- Szkudlarek, M. & Zakes, Z. 2007. Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* L., under controlled conditions. *Aquaculture International* 15: 67–81.
- Tapiovaara, H., Olesen, N.-J., Lindén, J., Rimaila-Pärnänen, E. & von Bonsdorff C.-H. 1998. Isolation of an iridovirus from pike-perch *Stizostedion lucioperca*. *Diseases of Aquatic Organisms* 32:185–193.
- Thompson, D. 1996. Stripping, fertilizing, and incubating walleye eggs at a Minnesota hatchery. Teoksessa: Barry, T. P., Malison, J. A. (toim.). *Proceedings of PERCIS III, the Third International Percid Fish Symposium*. ss. 41–44.
- Treece, G.D. 2000. Artemia production for marine larval fish culture. SRAC Publication No.702. <http://govdocs.aquaculture.org/cgi/reprint/2003/729/7290020.pdf>
- Valtonen, E.T. & Gibson, D. 1997. Aspects of the biology of diplostomid metacercarial (Digenea) populations occurring in fishes in different localities of northern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 34: 37–46.
- Willemsen, J. 1978. Influence of temperature on feeding, growth and mortality of pikeperch and perch. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20: 2127–2133.
- Woo, P.T.K. 1995. *Fish Diseases and disorders*. Volume 1: Protozoan and Metazoan infections. CAB International, Wallingford, Iso-Britannia. 808 s.
- Woyńárovich, E. 1960. Die künstliche Erbrütung des Zanders. *Zeitschrift für Fischerei* X. (N.F.): 677–680.
- Woyńárovich, E. & Horváth, L. 1980. The artificial propagation of warm-water finfishes – a manual for extension. *FAO Fisheries Technical Paper* 201, 183 s. <http://www.fao.org/docrep/005/AC742E/AC742E05.htm#Fig39>
- Xu, X., Maboudou, J., Imorou Toko, I. & Kestemont, P. 2003. Larval study on pikeperch *Stizostedion lucioperca*: Effects of weaning age and diets (live and formulated) on survival, growth, cannibalism, deformity and stress resistance. Teoksessa: Barry, T.P., Malison, J.A. (toim.). *Proceedings of PERCIS III, the Third International Percid Fish Symposium*. ss. 55–56.
- Zakes, Z. 1997a. The effect of stock density on the survival, cannibalism and growth of summer fry of European pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) fed artificial diets in controlled conditions. *Archives of Polish Fisheries* 5(2): 305–311.
- Zakes, Z. 1997b. Converting pond-reared pikeperch fingerlings, *Stizostedion lucioperca* (L.) to artificial food – effect of water temperature. *Archives of Polish Fisheries* 5(2): 313–324.
- Zakes, Z., Szkudlarek, M., Wozniak, M., Demska-Zakes, K. & Czerniak, S. 2003. Effects of feeding regimes on growth, within-group weight variability, and chemical composition of the juvenile zander, *Sander lucioperca* (L.), body. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Fisheries* 6(1) 12 s. <http://www.ejpau.media.pl/series/volume6/issue1/fisheries/art-04.html>
- Zakes, Z. 2007. Out-of-season spawning of cultured pikeperch [*Sander lucioperca* (L.)]. *Aquaculture Research* 38: 1419–1427.
- Zakes, Z. & Szczepkowski, M. 2004. Induction of out-of-season spawning in pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture International* 12: 11–18.

Zienert, S. 1992. *Erfahrungen bei der künstlichen Vermehrung des Zanders (Stizostedion lucioperca) unter den spezifischen Bedingungen der Fisch-zucht Gerstner/Obervolkach*. Fachschulabschlußarbeit Ing. Schule für Binnenfischerei, Storkow-Hubertushöhe.



JULKAISIJA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Viikinkaari 4

PL 2

00791 Helsinki

Puh. 0205 7511, faksi 0205 751 201

www.rktl.fi