

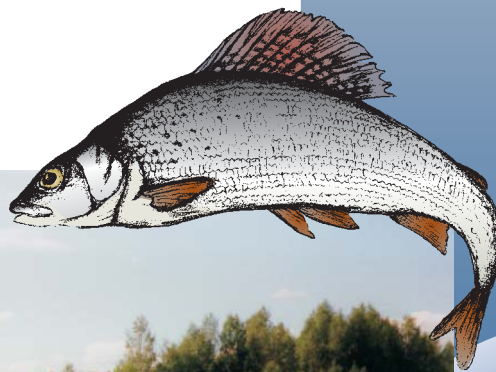


Jyväskylän yliopisto
YMPÄRISTÖNTUTKIMUSKESKUS
Tiedonantoja 154

Harjusistukkaiden luonnon- ravintolammikkoviljelyn kehittäminen

Yhteenvedo tutkimuksista vuosilta 1997-99

Pekka Sundell



Jyväskylä 2002

Reports of the Institute
for Environmental Research
no. 154

Ympäristöntutkimuskeskuksen
tiedonantoja
no. 154

**HARJUSISTUKKAIDEN LUONNONRAVINTO-
LAMMIKKOVILJELYN KEHITTÄMINEN**
Yhteenveto tutkimuksista vuosilta 1997-99

Development of the culture of grayling stockings in fish ponds
Summary of studies in 1997-1999.

Pekka Sundell

Jyväskylän yliopisto
2002

Jyväskylän yliopisto
Ympäristöntutkimuskeskus
PL 35 (yad)
40351 Jyväskylä
www.jyu.fi/ymtk

University of Jyväskylä
Institute for Environmental Research
P.O.BOX 35 (yad)
FIN - 40351 Jyväskylä

Kansi: Taina Pipinen ja Pekka Sundell

ISBN 951-39-1172-1
Jyväskylän yliopistopaino
2002

TIIVISTELMÄ

Harjusistukkaat kasvatetaan lähes täysin luonnonravintolammikoissa. Vaikka luonnonravintolammikkokasvatuksen tuloksellisuus onkin harjuksen kohdalla melko heikko, muutosta tähän ei ole lähitulevaisuudessa odotettavissa. Harjusistukkaiden hyvä kysyntä on siksi tuonut paineita harjuksen luonnonravintolammikkokasvatuksen kehittämiseen. Toiminnan taloudellista kannattavuutta on pyrittävä parantamaan. Ensisijaista on toiminnan epävarmuuden vähentäminen, kasvatustuloksen nykyistä parempi ennustettavuus.

Luonnonravintolammikoiden elinolosuhteet ovat yleensä kaukana harjuksen luontaisten elinalueiden olosuhteista. Etenkin kasvatuslammikoiden veden lämpiäminen lämpimänä kesänä ja suurikokoisten petohyönteisten poikasiin kohdistama saalistus ovat tekijöitä, joita ei harjuksen luontaisilla elinalueilla läheskään samassa mitassa esiinny.

Hyvä harjusallas on kooltaan melko pieni ja jyrkkäpenkkainen. Pohja on mineraaliainesta eikä vesikasvillisuutta ole kovin paljoa. Allas on helposti tyhjennettävissä, eikä pohjalle jää lammi-koita. Vesi on puhdasta, kirkasta ja viileää. Happipitoisuuden on pysyttävä hyvänä läpi kesän. Tämä merkitsee, että vesi ei saa lämmitä liikaa, mutta ei saa myöskään olla liian kylmää. Optimi kasvatuksen kannalta on 15-20°C. Veden hyvä vaihtuvuus on eduksi.

Sopiva istutusajankohta luonnonravintolammikkoon on 4-5 päivää kuoriutumisen jälkeen. Poikasilla on vielä vähän ruskeaista jäljellä, mutta uintikyky on jo hyvä. Poikasten huolellinen sopeuttaminen hautomon ja kasvatusaltaan olosuhteiden väliseen eroon (veden laatu ja lämpötila) on tärkeää. Poikaset kannattaa sopeuttamisen jälkeen levittää tasaisesti eri puolille kasvatusallasta. Istutustiheys määräytyy valitun kasvatusstrategian ja altaan tuotantokyvyn mukaan. Jos on kyseessä harjuksen kannalta uusi allas ja harjukset on tarkoitus kasvattaa istukaskokoon saakka samassa altaassa, suositellaan istutustiheydeksi 15000 poikasta hehtaarille.

Luonnonravintolammikoiden veden lämpötilan liiallista kohoamista pidetään ehkä merkittävimpänä kasvatustulokseen ja sen vuosien väliseen vaihteluun vaikuttavana tekijänä. Monet nykyisin käytössä olevista harjuslammikoista lämpiävät herkästi liikaa jo suhteellisen lyhyenkin lämpimän jakson aikana. Veden lämpötilan kohoaminen 25°C:een tai jopa sen yli on kasvaville harjusistukkaille kohtalokasta. Kuolleisuus saattaa nousta jopa 100 %:iin. Useimmissa nykyisin käytössä olevissa altaissa ei ole mahdollista kesällä vaikuttaa veden lämpötilaan. Harjuksen kannalta olisi kuitenkin eduksi, jos veden lämpötilan liiallinen kohoaminen voitaisiin estää esimerkiksi pumppaamalla altaaseen viileää vettä.

Veden lämpötilan lisäksi kasvatustulokseen vaikuttaa petohyönteisten (sukeltajat, sudenkorennon toukat, malluaiset) poikasiin kohdistama saalistus sekä vesikasvillisuuden määrä kasvatuslammikossa. Petohyönteisten saalistuksen vaikutusta voidaan vähentää mm. kasvattamalla harjuksen poikaset 35-40 mm:n kokoisiksi ennen istuttamista lammikkoon. Tärkeää on myös lammikon hoito. Se kannattaa puhdistaa vuosittain poistamalla pohjalle kertynyt löysä aines sekä vesikasvillisuus. Helpointa tämä on tehdä altaan ollessa tyhjillään. Altaan talvisella tyhjänä pidolla voidaan lisäksi vähentää etenkin sudenkorennon toukkien, mutta myös muiden petohyönteisten, määrää.

SUMMARY

Grayling stockings are almost entirely reared in fish ponds using natural food but results has not been satisfactory. Therefore, an increasing demand of grayling stockings has brought pressure to develop their rearing. The economical profitability of the activity should be improved. It is essential to reduce the uncertainty of the activity and to improve predictability of growing results.

Living conditions in fish ponds are usually very far from those in graylings natural environment. Especially warming of fish ponds during summer and predation of large-sized aquatic predator insects are factors, which do not occur in lakes or in fast-flowing parts of rivers in the same extent.

A suitable pond for grayling is quite small with steep banks. A bottom should be consisted mainly inorganic substrate and there should not be very much aquatic vegetation in the pond. A pond should be easy to drain. Water is clean, clear and cool and oxygen concentration must be good enough through the whole summer. Optimum for the growth is 15-20°C. A good turnover of water reaps the benefit.

A suitable time to stock grayling fry to the pond is 4-5 days after hatching. Graylings still have a small amount of yolk left but their swimming ability is already good. A careful adaptation of fry from the hatchery to the growing pond (water quality and temperature) is important. After adaptation it is better to stock fry smoothly to the different parts of the growing pond. Stocking density depends on the growing strategy and the production capacity of the pond. If the pond is new for the grayling in question and the idea is to grow graylings up to stocking size in the same pond, the stocking density of 15000 grayling fry per hectare is recommended.

The excessive rise in the water temperature is considered perhaps the most significant factor, which influences to growing results and their yearly fluctuations in the fish ponds. Many of present grayling ponds warm easily too much after a relatively short warm period. The rise of the water temperature over 25°C is fatal to young graylings, and mortality may rise up to 100 %. In most of recent fish ponds it is not possible to control the temperature of the water. It would anyway be good for grayling if the excessive warming of water could be stopped by pumping cool water to the pond for example.

In addition to water temperature the growing results are influenced both by the predation of the predator insects (water beetles, larvae of dragonflies, aquatic bugs) and the amount of aquatic vegetation in the pond. The effects of insect predation can be reduced by rearing grayling fry to the size of 35-40 mm before stocking to the pond. It is also important to clean the pond every year by removing aquatic vegetation and all soft material accumulated to the bottom. It is easy to do this when the pond is empty. When the pond is kept empty over the winter, the amount of dragonfly larvae and other harmful insects can be reduced to a large extent.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
2. HARJUKSEN MÄDIN JA POIKASTEN KEHITYS	2
2.1. Mäti ja sen kehittyminen (sikiövaihe)	2
2.2. Poikasen kehityksen eri vaiheet	4
2.2.1. Sikiö- ja toukkavaihe	4
2.2.2. Poikasvaihe	4
2.3. Harjuksen poikasen kasvu ja elinvaatimukset	7
2.3.1. Pituuden ja painon kasvu sikiö- ja toukkavaiheessa	7
2.3.2. Kuoriutumisen jälkeinen sorapohjavaihe	8
2.3.3. Poikasten liikkeellelähtö pohjalta	9
2.3.4. Harjuksen käyttäytyminen toukka- ja poikasvaiheen aikana	9
2.3.5. Harjuksen elinympäristön valinta toukka- ja poikasvaiheen aikana ...	10
2.3.6. Harjuksen ruokailu ja ravinnon valinta toukka- ja poikasvaiheessa ...	11
Ruokailukäyttäytyminen	11
Ravinnon valinta	12
Ravintokilpailu ja ravinnon riittävyys	16
2.3.7. Harjuksen kasvuun vaikuttavat tekijät	16
3. ISTUKKAIDEN ELINOLOSUHTEET LUONNONRAVINTOLAMMIKOISSA	17
3.1. Luonnonravintolammikon ominaisuudet	17
3.1.1. Altaan ominaisuudet	17
3.1.2. Veden laatu	18
3.1.3. Veden alkuperä, määrä ja laatu	19
3.2. Lammikoiden ravintotuotanto ja siihen vaikuttavat tekijät	20
3.2.1. Lammikoiden eläimistö	21
3.2.2. Eläimistön alkuperä	21
3.2.3. Ravintoeläimistön määrä ja laatu	22
3.2.4. Ravintoeläinten tärkeimmät ryhmät lammikoissa	23
3.3. Harjuksen poikasiin kohdistuva saalistus	23
4. ISTUKKAIDEN KASVATTAMINEN	26
4.1. Luonnonravintolammikkoviljelijöiden käsitykset harjuksesta ja sen viljelystä .	26
4.2. Harjusistukkaiden kasvattamisen edellytykset	27
4.3. Kasvatuksen eri vaihtoehdot	28
4.3.1. Kasvatustiheyden maksimointi	29
4.3.2. Istukkaiden koon maksimointi	30
4.3.3. Eri kasvatustrategioiden arviointia	30
4.4. Poikasten istuttaminen kasvatusaltaaseen	31
4.5. Harjuksen poikasen ravinto luonnonravintolammikossa	32
4.5.1. Ravinnon valinta eri kokoisilla harjuksilla	32
4.5.2. Elinolosuhteiden vaikutus ravinnon valintaan	34
4.6. Lammikon tyhjentäminen	37

5. LUONNONRAVINTOLAMMIKOIDEN TUOTTO	38
6. KASVATUSTULOSTA HEIKENTÄVÄT TEKIJÄT	39
6.1. Kalan poikasiin kohdistuva saalistus	40
6.2. Veden lämpötila kasvatuslammikossa	40
6.3. Vesikasvillisuuden määrä kasvatuslammikoissa	41
7. LUONNONRAVINTOLAMMIKOIDEN ISTUKASTUOTANNON TEHOSTAMIS- MAHDOLLISUUDET	41
7.1. Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden säätely	41
7.1.1. Veden lämpötila ja sen säätelymahdollisuudet	41
7.2. Biologiset keinot lisätä lammikoiden tuotantoa	43
7.2.1. Kasvatustiheys	43
7.2.2. Poikasten esikasvatus	44
7.2.3. Eri lajien tai ikäryhmien kasvattaminen samassa altaassa	44
7.3. Kasvatusaltaiden kunnossapito ja kehittäminen	45
7.3.1. Altain valinta ja kunnostus	45
7.3.2. Altain käyttö	46
7.3.3. Poikasiin kohdistuvan saalituksen vähentäminen	47
8. HARJUSISTUKKAIDEN VILJELYN KEHITYSNÄKYMÄ	47
LÄHTEET	51

1. JOHDANTO

Harjuksen suosio hoitokalana on viime vuosiin saakka jatkuvasti lisääntynyt. Kantojen taantuminen monilla sen luontaisilla elinalueilla, mm. suurimmassa osassa Saimaata, on lisännyt harjusistukkaiden kysyntää. Harjusta istutetaan nykyisin myös monille sellaisille alueille, missä sitä ei ole aiemmin esiintynyt. Istukkaisiin kohdistuvan kysynnän lisääntyminen on lisännyt viljelijöiden mielenkiintoa etenkin järvikutuista harjusta kohtaan. Harjuksen suosion kasvuun lienee monin paikoin vaikuttanut myös siikaistukkaiden kysynnän väheneminen.

Harjusistukkaat kasvatetaan lähes täysin luonnonravintolammikoissa. Vaikka vaihtoehtoisistakin menetelmistä on ollut puhetta, tulevat luonnonravintolammikot olemaan vielä pitkään harjusistukkaiden merkittävin kasvatustapa. Harjuksen viljelyn lisääntyminen on kuitenkin tuonut esille ongelman, jota ei aiemmin, viljelyn ollessa vähäisempää, ole niin laajalti tiedostettu. Kasvatusalaiden keskimääräinen takaisinsaantiprosentti on harjuksella selvästi pienempi kuin siialla. Yleensä luonnonravintolammikkoon kasvamaan pannuista poikasista saadaan istukaskokoisina takaisin vain 20-30 %. Harvinainen ei myöskään ole lähes täydellinen nollatulok. Nämä tuotannon heikot tulokset ovatkin vähentäneet monien viljelijöiden halukkuutta harjuksen viljelyyn.

Se, että harjusistukkaiden kysyntä on selvästi tarjontaa suurempaa, on tuonut paineita harjusistukkaiden viljelyn kehittämiseen. Jotta viljely toimisi, on sen taloudellista kannattavuutta pyrittävä parantamaan. Ensisijaista on toiminnan epävarmuuden vähentäminen, kasvatustuloksen nykyistä parempi ennustettavuus. Ongelmana tällöin on se, että ei tunneta heikon kasvatustuloksen aiheuttavia tekijöitä. Paljolti vain arvailtaan, mistä voisi olla kysymys.

Vuonna 1997 aloitettiin projekti, jonka tavoitteena oli selvittää harjusistukkaiden viljelyyn liittyviä keskeisiä kysymyksiä. Lopullisen kimmokkeen projektin aloittamiselle antoi Etelä-Saimaan harjuskannan kehittämiseen tähtäävä projekti, jossa on useana keväänä hankittu kutupyynnin avulla mätiä istukkaiden kasvattamista varten. Yleensä mätiä saatiin kovan työn jälkeen muutamia litroja. Mädin hautominen ja poikasten kuoriutuminen onnistuivat yleensä hyvin. Poikasten kasvattaminen istukaskokoon epäonnistui kuitenkin useana vuonna lähes täysin. Tämä oli varsin turhauttavaa. Siksi päätettiin lähteä kehittämään istukkaiden viljelyä nykyistä varmemmalle pohjalle. Tämän projektin tavoitteena oli selvittää, mitkä tekijät heikentävät harjuksen kasvatustulosta luonnonravintolammikoissa. Vasta sen jälkeen on mahdollista kehittää toimenpiteitä tilanteen parantamiseksi.

Tämä raportti on yhteenveto vuosina 1997-99 tehdyistä tutkimuksista. Projektin rahoituksesta vastasivat Kaakkois-Suomen ja Etelä-Savon TE-keskukset.

2. HARJUKSEN MÄDIN JA POIKASTEN KEHITYS

2.1. Mäti ja sen kehittyminen (sikiövaihe)

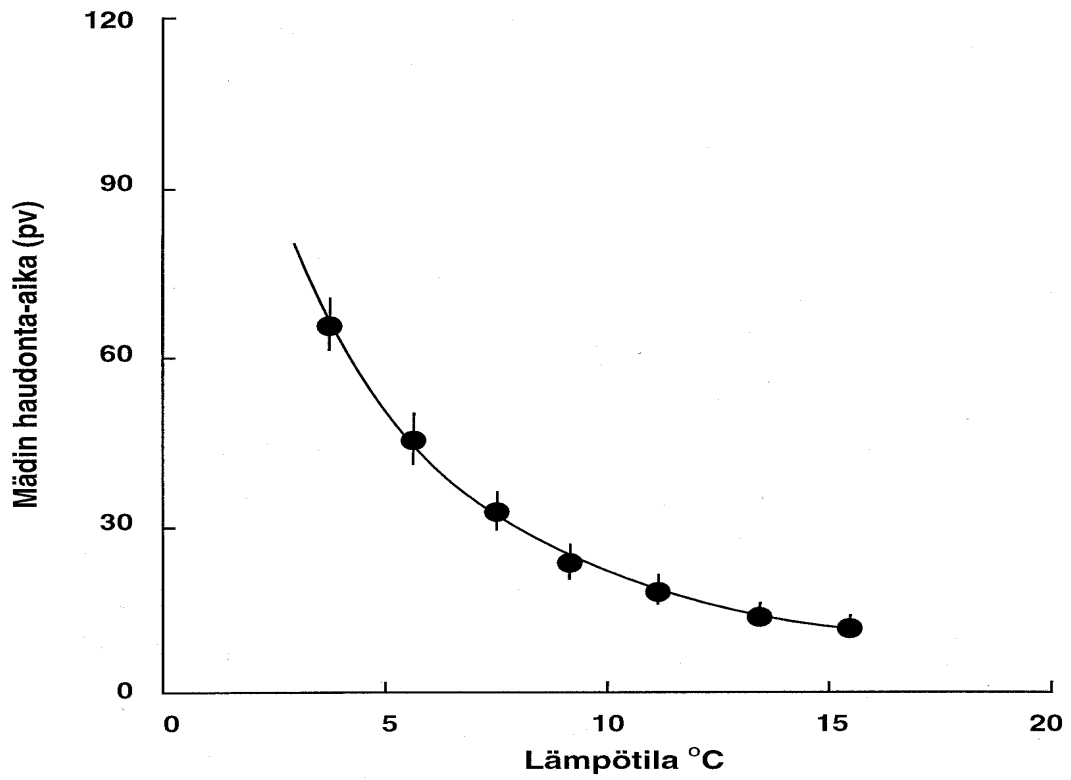
Harjuksen hedelmöittymättömän mätimunun keskikoko on Peñázin (1975) mukaan noin 2.5 mm. Etelä-Saimaalla tehdyissä mittauksissa mätimunun koko vaihteli 2.2 ja 2.4 mm:n välillä. Mätimunun koko oli suorassa suhteessa emokalan kokoon. Pienimmät mätimunat saatiin 32 cm:n (275 g) ja suurimmat 40 cm:n (595 g) pituiselta harjukselta (Sundell 1986). Mädin väri vaihtelee kellertävästä oranssiin. Hedelmöittymisen jälkeen mätimunat kovettuvat melko nopeasti ja tällöin ne ovat erityisen läpikuultavia. Harjuksen mäti on vain lievästi tahmeaa. Puutteellisesti kehittyneet tai vahingoittuneet mätimunat muuttuvat valkoisiksi pian hedelmöittymisen jälkeen. Usein näitä valkoisia mätimunia on virheellisesti luultu hedelmöittymättömiksi (Peñáz 1975).

Harjuksen sikiövaihe kestää hedelmöittymisestä aina ulkoisen ravinnon käytön alkamiseen saakka. Sikiövaihe siis jatkuu vielä muutamia päiviä kuoriutumisen jälkeen. Veden lämpötila vaikuttaa huomattavasti siihen, kuinka pitkä sikiövaihe on. Peñáz (1975) hautoi harjuksen mätiä tasaisessa 10°C:n lämpötilassa. Hän havaitsi, että ensimmäiset poikaset alkoivat kuoriutua 14. haudontapäivänä, 50 % oli kuoriutunut 16 päivän kuluttua ja viimeiset kuoriutuivat 21. haudontapäivänä. Petersonin (1968) mukaan mädin kehittyminen kestää 5-12°C:n lämpötilassa noin kolme viikkoa.

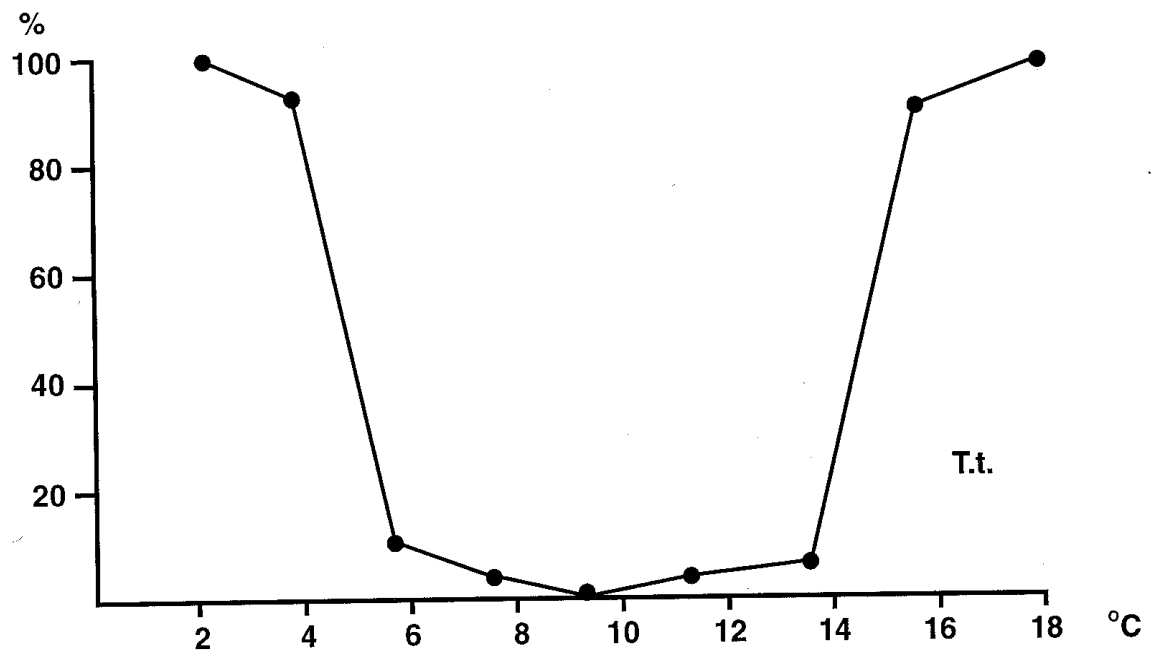
Harjuksen mädin haudonta-aika pitenee veden lämpötilan laskiessa (Peñáz 1975). Lämpötila vaikuttaa siis selvästi mädin ja poikasen kehitysnopeuteen (kuva 1) (Jungwirth & Winkler 1984, Humbesch 1985). On kuitenkin huomattava, että haudonnan kesto on melko vaihtelevaa, ja että siihen ei vaikuta ainoastaan haudonta-ajan keskilämpötila, vaan myös veden lämpötila viimeisten kehitysvaiheiden aikana ennen kuoriutumista (Peñáz 1975). Mädin kehitysnopeuden hidastuminen kylmässä vedessä varmistaa sen, että poikasille on tarjolla tarpeeksi ruokaa kuoriutumisen jälkeen (Jungwirth & Winkler 1984).

Kuoriutumisen onnistumiseen vaikuttavat useat tekijät. Vaikka koirasharjus tuottaakin vain vähän maitia, on mädin hedelmöittyminen luonnossa kuitenkin melko tehokasta. Mätimunien hedelmöittymisprosentti on yleensä yli 90 % (Kruse 1959). Mäidin ja mädin laadussa saattaa kuitenkin olla huomattavaa vaihtelua riippuen emokalan iästä ja maturiteetin tasosta (Kamler & Zuromska 1979, Buyukhatipoglu & Holtz 1984).

Kuoriutuvien poikasten määrä riippuu lämpötilasta. Optimilämpötilassa, joka kevätkutuisilla kaloilla on 7-12°C, se on ainakin 80 % (Humbesch 1985). Harjuksen poikasia kuoriutui parhaiten 6-13.5°C:n lämpötilassa (kuva 2). Mädin kuolleisuus oli tällöin alle 10 %. Näiden optimiar-



Kuva 1. Veden lämpötilan ja harjuksen mädin haudonta-ajan välinen suhde (Jungwirth & Winkler 1984).



Kuva 2. Harjuksen mädin kuolleisuus eri haudontalämpötiloissa (Jungwirth & Winkler 1984).

vojen ulkopuolella harjuksen mädin kuolleisuus lisääntyi erittäin nopeasti. 2°C:ssa ja 16°C:ssa se oli jo 100 % (Jungwirth & Winkler 1984). Kuoriutumistuloksen heikkeneminen optimaalisen lämpötila-alueen ulkopuolella voi johtua bioenergeettisistä reaktioista (Kamler & Kato 1983). Mädin kuolevuuteen saattavat vaikuttaa myös valon voimakkuus ja veden happamuus (Kwain 1975, Carrick 1979), jotka osaltaan lisäävät lämpötilan vaikutusta.

Gustafson (1949) ja Kruse (1959) ovat tutkineet, miten suuri osa mädistä kehittyy poikasiksi, jotka lähtevät liikkeelle lisääntymisalueelta. Gustafsonin mukaan määrä on 2.6 ja Krusen mukaan 2.4-5.7 %. Harjuksen kuolleisuus on siis luonnossa selvästi yli 90 % mädinkehityksen ja varhaisen poikasvaiheen aikana. Syytä tähän suureen kuolleisuuteen luonnossa ei voida varmuudella sanoa. Suuri osa siitä johtuu luultavasti mädin siirtymisestä pois paikoiltaan lisääntymistoimintojen ja virtausten vaikutuksesta. Kovetuttuaan mätimunat menettävät tahmeutensa ja lähtevät helposti liikkeelle. Turbulenssivirtaukset saattavat iskeä mätijyvän nopeasti pohjaan, jolloin se voi vahingoittua. Virtaukset voivat myös kuljettaa mädin kehityksen kannalta epäsuotuisaan ympäristöön. Lisäksi saalistuspaine kohdistuu pääosin pohjan pinnalle jääviin ja virtausten mukana kulkeutuviin mätimuniin (Kruse 1959).

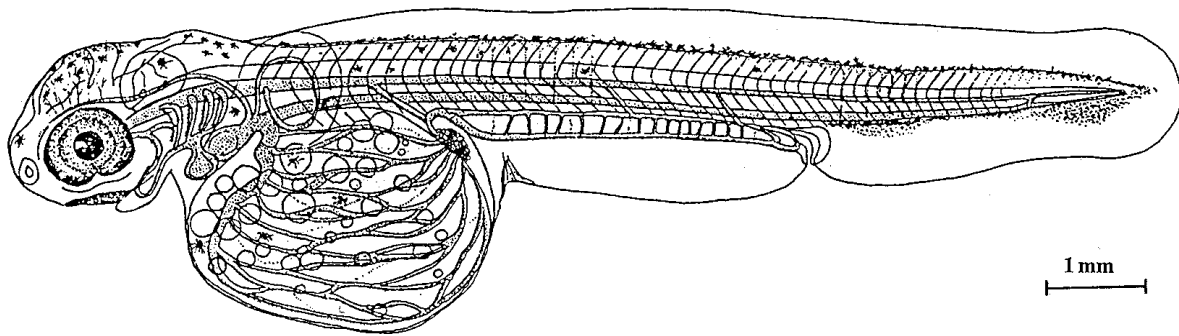
2.2. Poikasen kehityksen eri vaiheet

2.2.1. Sikiö- ja toukkavaihe

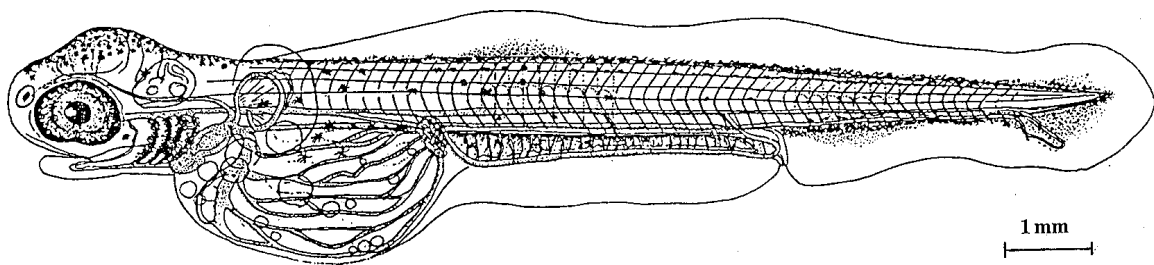
Sikiövaihe jatkuu vielä muutamia päiviä kuoriutumisen jälkeen (kuva 3). Sen katsotaan päättyvän ja toukkavaiheen alkavan, kun poikanen aloittaa ulkoisen ravinnon käytön. 10°C:n lämpötilassa kasvatetut poikaset olivat tällöin 27 päivän ikäisiä (mädin hedelmöitymisestä alkaen) ja 14.9-18 mm:n pituisia. Ruskuaista oli jäljellä vielä vähän. Peñáz (1975) jakaa toukkavaiheen neljään osaan (kuva 4). Ensimmäiselle toukkavaiheelle on tyypillistä sekä ruskuaisen että ulkoisen ravinnon käyttö. Evät kehittyvät voimakkaasti ja toukkien liikkumisaktiivisuus lisääntyy. Toisessa toukkavaiheessa ne ovat jo täysin ulkoisen ravinnon varassa. Kolmannessa toukkavaiheessa tukirangan luutuminen on nopeaa. Myös evät ja eväruodot kehittyvät edelleen voimakkaasti. Neljännessä toukkavaiheessa pigmenttitäplät kehittyvät toukan kylkiin. Ensimmäiset suomut kehittyvät noin 66 päivän iässä, jolloin toukkavaihe päättyy.

2.2.2. Poikasvaihe

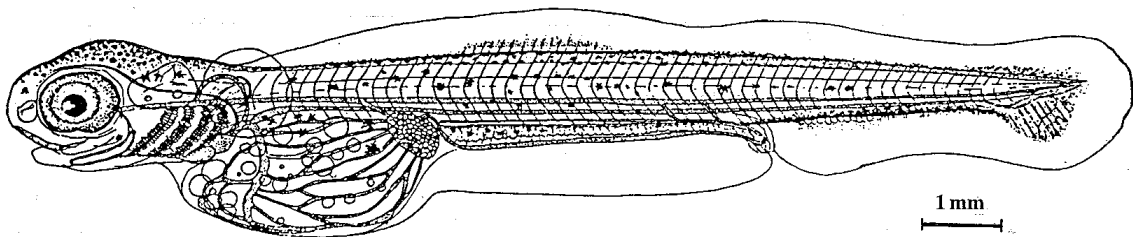
Ensimmäisen poikasvaiheen alussa poikaset ovat 66-78 päivän ikäisiä ja 29.6-38 mm:n pituisia (kuva 5). Ensimmäiset suomut ilmestyvät kylkiviivalle peräevän kohdalle, mutta niissä ei ole vielä limittäisyyttä. Tukirangan ja evien luutuminen on päättynyt. Toisen poikasvaiheen aikana suomupeite kehittyy koko ruumiiseen (kuva 5). Sikiön eväreunuksen viimeisetkin rippeet häviävät ja pigmenttaatio lisääntyy voimakkaasti. Poikanen on täysin kehittynyt (Peñáz 1975). Petersenin (1968) mukaan sukupuolen määrittäminen on alle 1-vuotiailla harjuksilla mahdollista 50 mm:n pituudesta lähtien. Poikasten sukupuolisuhde on tässä vaiheessa noin 1:1.



a.

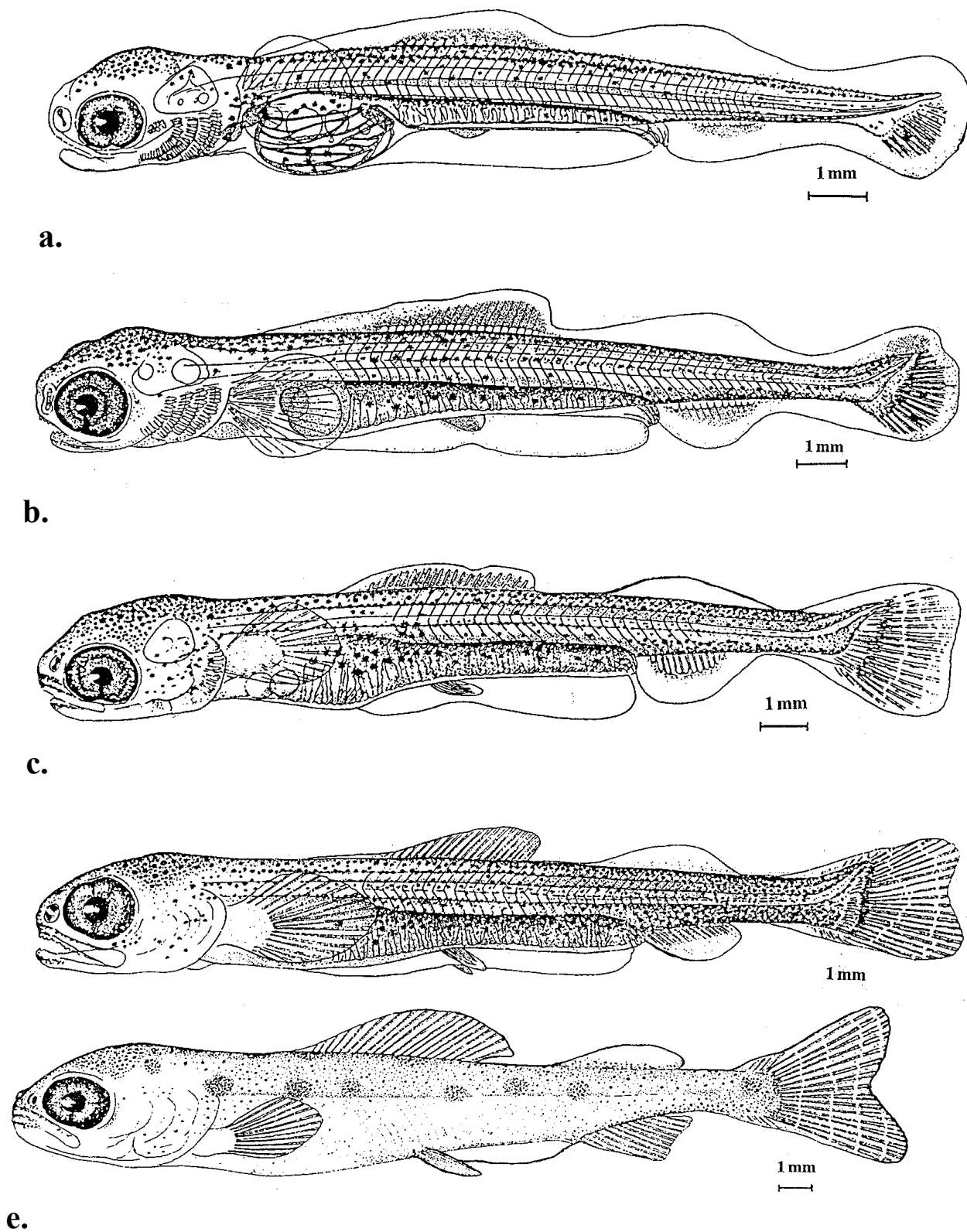


b.

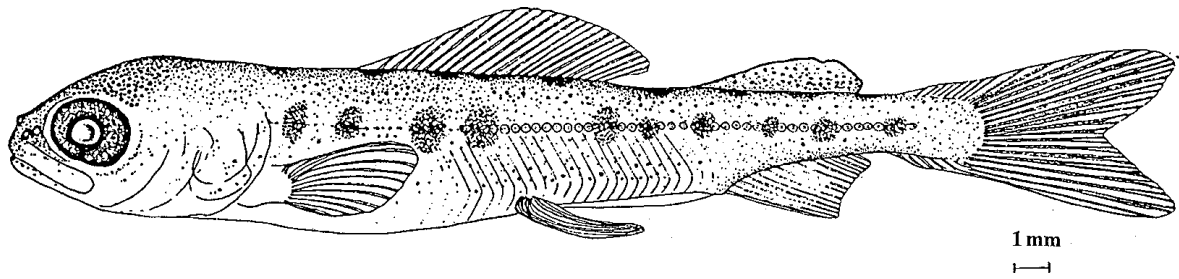


c.

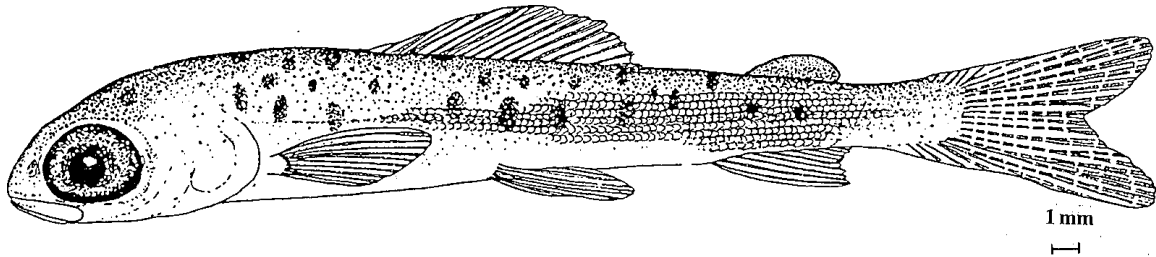
Kuva 3. Harjuksen kehitys sikiövaiheissa 8 ja 9. a. Ruumiin pinnan pigmentaatio kehittyy voimakkaasti, pituus 12.2 mm. b. Eväreunuksen erilaistuminen alkaa parittomien evien alueella, pituus 13.3 mm. c. Kidusten toiminta alkaa, pituus 14.5 mm (Peñáz 1975).



Kuva 4. Harjuksen kehitys toukkavaiheissa 1, 2, 3 ja 4. a. Ulkoisen ravinnon käyttö alkaa, pituus 16.0 mm. b. Siirtyminen täysin ulkoiseen ravintoon, pituus 18.7 mm. c. Eväreunus häviää selkäpuolelta, pituus 20.7 mm. d. Homokerkaalinen pyrstöevä alkaa kehittyä, pituus 22.1 mm. e. Toukan pigmenttitäplät ilmaantuvat, pituus 27.0 mm (Peñáz 1975).



a.



b.

Kuva 5. Harjuksen kehitys poikasvaiheen aikana. a. Ensimmäiset suomut kehittyvät kylkiviivan kohdalle, pituus 35.2 mm. b. Suomujen kehittyminen joka puolelle ruumista, pituus 42.0 mm (Peñáz 1975).

2.3. Harjuksen poikasen kasvu ja elinvaatimukset

2.3.1. Pituuden ja painon kasvu sikiö- ja toukkavaiheessa

Sikiön muodostumisen jälkeen on kehittyvän yksilön pituuskasvu nopeaa ja se jatkuu koko sikiövaiheen ajan. Ulkoiseen ravintoon siirtymisen jälkeen pituuskasvussa on joitakin taantumajaksoja. Huomattava taantuma, joka tapahtuu aikaisessa toukkavaiheessa, johtuu luultavasti kehitysvaiheen voimakkaista fysiologisista muutoksista. Muut toukkavaiheen taantumajaksot johtunevat ulkoisista vaikutteista. Kyseessä voivat olla esimerkiksi jaksot, jolloin veden lämpötila laskee huonojen sääolojen takia Peñáz 1975).

Harjuksen poikasen painon ja iän välinen korrelaatio voidaan esittää seuraavalla kaavalla:

$$w = 0.920 * t^{0.893},$$

missä w on yksilön paino mg:na ja t ikä päivinä kehityksen alusta lähtien. Esitetty korrelaatio kuvaa tuorepainon nousua, joka johtuu kudosten vesipitoisuuden lisääntymisestä sekä ruskuaisen sisältämien rasvojen ja proteiinien assimilaatiosta. Regression sijaintia y-akselilla voidaan tietyn rajoituksen pitää mätimunien laadun kriteerinä (ruskuaisen määrä ja paino) ja kulmakerrointa haudontaolosuhteiden indikaattorina (veden lämpötila) (Peñáz 1975).

Ulkoisen ravinnon käyttö alkaa ensimmäisen toukkavaiheen aikana. Toukkavaiheen aikana on sekä painon että pituuden kehityksessä lyhyt taantumavaihe. Tyypillistä toukkavaiheelle on kuitenkin erittäin voimakas kasvu (Peñáz 1975). Scott'n (1985) mukaan toukkien paino lisääntyi 4-5 -kertaiseksi pintavaiheen aikana, jolloin ne käyttivät vain ulkoista ravintoa. Tämän kehitysvaiheen kasvua kuvaa yhtälö

$$w = 0.055 * t^{2.808},$$

jonka kulmakerroin on hyvin lähellä populaation nuorten ja aikuisten kalojen pituus-paino suhdetta (Peñáz 1975).

2.3.2. Kuoriutumisen jälkeinen sorapohjavaihe

Harjuksen vastakuoriutunut poikanen eroaa selvästi muiden lohikalojen poikasista. Se on pienempi ja kaikkia sukulaisiaan varhaisemmalla kehitysasteella. Tämä johtunee etupäässä muita lohikaloja lyhyemmästä mädin hautumisajasta (Seppovaara 1982). Jääskeläisen (1940) mukaan se on harjuksella enintään 200 päiväastetta, kun se esimerkiksi järvilohella on yli 300 päiväastetta.

Kuoriutumisen jälkeen poikaset pysyvät paikoillaan sorapohjalla 3-5 päivää ja liikkuvat vain horisontaalisesti lyhyitä matkoja (Jääskeläinen 1940, Kratt & Smith 1977, Scott 1985). Enimmäkseen ne makaavat toisella kyljellään. Silloin tällöin toukka saattaa uida pois pohjalta, jopa pintaan saakka, mutta vajoaa sitten takaisin pohjalle (Peñáz 1975).

Vastakuoriutuneella toukalla on suuri ruskuaispussi. Suuri osa sen sisällöstä kuluu pohjalla viipymisen aikana (Kratt & Smith 1977). Jääskeläisen (1940) mukaan ruskuaispussi kuluu loppuun 5-9 päivän kuluttua kuoriutumisesta. Nelson (1954) havaitsi, että sorapohjalta liikkeelle lähteneillä, pintaan nousevilla toukilla oli ruskuaista jäljellä hyvin vähän tai ei lainkaan. Scott'n (1985) mukaan kalan uintikyky lisääntyy sen pituuden kasvaessa ja ruskuaispussin pienetessä. Peñáz (1975) havaitsikin sorapohjalla viipyvien toukkien liikkuvuuden ja pinnassa käyntien määrän lisääntyvän koko ajan. Vastakuoriutuneet poikaset eivät Peñáz'n (1975) mukaan osoittaneet valonarkuutta eivätkä merkkejä parveutumisesta. Niiden liikkuvuus kuitenkin parani nopeasti. Poikaset alkoivat suosia virtaavia alueita ja osoittaa valopakaisuutta sekä huomattavaa taipumusta etsiä suoja.

Tämä sorapohjalla viivyttävä aika on tärkeä harjuksen poikasen kehitykselle, jotta se pystyisi fyysisesti selviytymään virtauksissa ja aallokossa. Jos poikaset lähtisivät liikkeelle aikaisemmin, monet niistä luultavasti huuhtoutuisivat virtausten mukana alavirtaan ja ehkä huonompiin olosuhteisiin (Kratt & Smith 1977).

2.3.3. Poikasten liikkeellelähtö pohjalta

Peñáz'n (1975) ja Scott'n (1985) mukaan liikkeellelähtö kutualueelta tapahtuu toukkavaiheen alussa ennen ruskuaispussin loppumista. Toukat ovat tällöin 15-19 mm:n pituisia. Liikkeellelähtöön on ainakin kaksi syytä. Ensiksikin, ruskuaispussin pienetessä ja poikasen pituuden kasvaessa sen uintikyky paranee ja tekee liikkeellelähdön mahdolliseksi. Toiseksi, ruskuaisravinnon vähetessä poikasen on lähdettävä liikkeelle etsimään ravintoa eli siirryttävä ulkoisen ravinnon käyttöön. 22 mm:n pituiselta toukalta on ruskuainen jo kokonaan loppunut ja se ruokailee pinnassa. Peñáz'n (1975) mukaan ruskuainen loppuu toisen toukkavaiheen aikana, jonka jälkeen toukka on täysin ulkoisen ravinnon varassa. Toukkien liikkumisaktiivisuus on tässä kehitysvaiheessa huomattavasti lisääntynyt ja ne muodostavat eri kokoisia parvia etsiessään ravintoa. Valopakaisuus on hävinnyt kokonaan.

Harjuksen toukkien liikkeellelähtö oli aluksi voimakkainta päivänvalon aikana, erityisesti aamulla. Myös vaellus alavirtaan avovedessä oli aluksi voimakkainta päivällä. Myöhemmin tämä vaellus muuttui epäsäännöllisemmäksi ja tapahtui pääasiassa öisin (Kruse 1959, Gaudin & Persat 1985). Tätä liikkeellelähtöä kutualueelta kestää Scott'n (1985) mukaan 10-12 päivää.

2.3.4. Harjuksen käyttäytyminen toukka- ja poikasvaiheen aikana

Lähtiessään liikkeelle pohjalta muodostivat toukat aluksi suuria parvia. Ne ruokailivat aktiivisesti tyynillä ja suojaisilla alueilla, eivätkä osoittaneet lainkaan aggressiivisuutta toisiaan kohtaan. Kolme viikkoa liikkeellelähdön jälkeen pohjanharjuksen toukat alkoivat osoittaa aggressiivista käyttäytymistä, joka voimistui koko ajan seuraavien päivien aikana. Neljä viikkoa liikkeellelähdön jälkeen kaikilla kaloilla näytti olevan pieni reviiri. Reviirit eivät kuitenkaan olleet pysyviä, vaan poistumista niiltä alkoi tapahtua välittömästi. Aggressiivinen käyttäytyminen toisia poikasia kohtaan kuitenkin säilyi (Kratt & Smith 1979).

Scott'n (1978) mukaan eurooppalaisella harjuksella esiintyy parveutumista ensimmäisen kesän aikana. Kratt ja Smith (1977) havaitsivat pohjanharjuksen poikasilla tilapäistä uhkailevaa käyttäytymistä pian liikkeelle lähdön jälkeen. Nuoret pohjanharjukset ovat territoriaalisia. Suurikokoiset, reviirin omistavat yksilöt olivat selvästi dominoivia niitä pienempiin uusiin tulokkaisiin nähden kaikissa tilanteissa. Pienikokoinen reviirin omistava kala voitti kuitenkin itseään suuremman tunkeilijan kahdessa tapauksessa neljästä. Pienikokoiset kalat olivat aggressiivisempia, kun niillä oli reviiri ja suuret kalat alistuvaisempia tullessaan uudelle alueelle (Kratt & Smith 1979).

Kesän ruokailujakson aikana reviirikäyttäytyminen on tyypillistä kaikille ikäryhmille. Aggressiivisuus on tärkeää puolustettaessa hyvää ruokailualueetta, virtausten suhteen (energeettisesti) edullista aluetta tai aluetta, missä saaliiksi joutumisen riski on pieni useimpiin muihin alueisiin verrattuna. Suuri koko, reviirin omistaminen ja urossukupuoli lisäävät kalan taistelumenestystä.

Luonnonoloissa suurikokoiset ja aggressiiviset harjukset näyttävät olevan ylempänä virrassa ja lähempänä uoman keskustaa kuin pienemmät ja vähemmän aggressiiviset kalat. Tällöin ne pääsevät ensimmäisinä hyödyntämään virran mukana tulevaa ravintoa. Suurikokoiset ja voimakkaat kalat pystyvät myös selviytymään paremmin voimakkaassa virrassa (Kratt & Smith 1979).

2.3.5. Harjuksen elinympäristön valinta toukka- ja poikasvaiheen aikana

Harjuksen toukan elinympäristön valintaan vaikuttaa huomattavasti sen uintikyky. Toukan uintikyky paranee pituuden lisääntyessä ja ruskuaispussin pienetessä. 22 mm:n pituisella ja sitä suuremmalla kalalla uintikyky on vakio, koska ruskuaispussi on jo käytetty kokonaan (Scott 1985).

Pohjalta liikkeelle lähtenyt harjuksen poikanen elää hiljaa virtaavilla alueilla. Scott (1985) löysi kaikki alle 25 mm:n pituiset harjukset aivan rannan tuntumasta, alle 1.5 metrin etäisyydeltä rantapenkasta. Ne oleskelivat vesipatsaan ylimmässä kolmanneksessa. Havaittu maksimisyyvyys oli 0.2 metriä. Toukat välttivät turbulenssivirtauksia ja hyvin hitaan virtauksen alueita. Ne näyttivät suosivan kasvillisuusvyöhykkeiden alapuolella olevia alueita, missä ne pysyivät paikoillaan pieninä, tavallisesti alle 15 yksilön parvina. Sempeski ym. (1995) havaitsivat 15-20 mm:n pituisten harjusten oleskelevan päivällä yleensä vesipatsaan yläosassa. Yöllä ne olivat pohjalla ja hyvin matalalla (usein alle 5 cm) alueella aivan rantapenkan läheisyydessä. Eräänä syynä tähän voi olla se, että poikasten uintikyky oli vielä heikko ja siksi alttius kulkeutua virran mukana alavirtaan oli huomattava.

Yleensä nuori harjus pysyttelee virrassa alueella, missä virtausnopeus on noin puolet sen uintikyvystä (Scott 1985). Parvet näyttäisivät pystyvän pysymään paikoillaan virrassa huomattavasti pitempään kuin yksittäiset kalat. Joidenkin suurikokoisten (23-24 mm) kalojen parvia oleskeli jopa virtauksissa, jotka olivat 75 prosenttia niiden uintikyvystä. Kohtuullisissa virtaamuutoksissa nuori harjus pystyy nopeasti paikallistamaan tarjolla olevat ja sopivat elinalueet (Valentin ym. 1994). Heggenes ja Traaen (1988) lisäksi havaitsivat, että neljän lohikalalajin poikasten kriittiset virtaamat tulivat suuremmiksi veden lämpötilan noustessa.

25-28 mm:n pituiset toukat muuttivat pohjahabitaattiin. Siirtyminen pohjahabitaattiin tapahtui suurimmaksi osaksi 20 päivää liikkeellelähdon jälkeen ja ajoittuu aikaan, jolloin toukkavaihe loppuu ja poikasvaihe alkaa (Scott 1985). Poikasilla alkaa tällöin esiintyä territoriaalista käyttäytymistä ja ne siirtyvät elämään pohjan läheisyyteen yksinään ja muuttavat syvemmillä alueille. Tämä viittaa siihen suuntaan, että siirtyminen pohjalle on enemmänkin sidoksissa fysiologiseen muutokseen kuin ympäristön aiheuttamaan stressiin. Vastaava käyttäytymismalli on havaittu myös Dobblon-järven harjuksilla Ruotsissa (Berglund & Persson 1986). Sempeskin ym. (1995) mukaan 20-40 mm:n pituiset harjukset valitsivat päiväsaikaan tietyn alueen pohjalta pääuoman ja rauhallisen ranta-alueen väliseltä alueelta. Ne pystyivät näin hyödyntämään sekä pääuoman että rantavyöhykkeen ravintovaroja ja olivat silti suojassa virtauksilta.

Yli 40 mm:n pituiset harjukset olivat jo saavuttaneet nuoruusasteen ja ne kykenivät elämään pääuoman alueella. Vaikka ne vielä käyttivätkin rauhallista rantavyöhykettä lepoalueena etenkin yöaikaan, yhä suuremman osan harjuksista havaittiin olevan päävirran alueella. Yli 60 mm:n pituisista harjuksista lähes kaikki olivat päivällä päävirran alueella (Sempeski ym. 1995).

Nuoren harjuksen voi löytää kesällä hyvin erilaisista habitaateista. Näyttää siltä, että ne ovat lohta ja taimenta joustavampia biotoopin valinnassa. Useimmiten ne kuitenkin ovat samantapaisella pohja-alueella kuin lohet ja taimenetkin, alueilla, missä on karkeaa soraa, pieniä kiviä ja virtaus on melko voimakas. Mutta jopa ensimmäisen kesän aikana harjuksia voi löytää alueilta, missä on hyvin suuria kiviä ja melko hidas virtaus, kuitenkin hyvin harvoin lähes liikkumattomasta vedestä (Peterson 1968). Müller (1961) havaitsi saman Luleåjoen harjuksilla. Hän löysi poikasia alueilta, missä virtausnopeus oli 0.5 m/s, mutta myös alueilta, missä se oli alle 0.2 m/s, vaikkakin jälkimmäisessä tapauksessa vain kivikkopohjilta.

Nuoren harjuksen habitaattivaatimukset vaihtelevat huomattavasti eri vuorokaudenaikoina, vaikka kysymys yleensä onkin varsin pienistä etäisyyksistä (toukilla muutamia senttimetrejä ja nuorilla kaloilla muutamia metrejä). Nuorilla harjuksilla suurin hyöty hitaasti virtaavien ranta-alueiden käytöstä saattaa olla uintiin kuluvan energian säästö. Toukkien hakeutuminen erittäin matalille alueille yöllä viittaa siihen, että predaatoriski on tärkeä vasta liikkeelle lähteneiden poikasten käyttäytymiseen vaikuttava tekijä (Sempeski & Gaudin 1995).

2.3.6. Harjuksen ruokailu ja ravinnon valinta toukka- ja poikasvaiheessa

Harjuksen poikaset alkoivat käyttää ulkoista ravintoa 25 päivää hedelmöittymisen ja kahdeksan päivää kuoriutumisen jälkeen. Ne olivat tällöin noin 15 mm:n pituisia (Peñáz 1975). Scott'n (1985) mukaan yli 98 prosenttia poikasista, jotka olivat kooltaan yli 15.5 mm ja joilla oli suuri ruskuispussi, oli ruokaillut ennen saaliiksi joutumistaan. Ensimmäisen toukkavaiheen aikana ruskuaispussi pieneni ja ulkoisen ravinnon käyttö lisääntyi. Toisessa toukkavaiheessa ruskuainen loppui ja toukka oli täysin ulkoisen ravinnon varassa (Peñáz 1975).

Ensimmäisillä ruokailualueilla veden virtausnopeus ei ylittänyt 15 m/s. Poikaset söivät veden mukana kulkeutuvaa ravintoa uoman reuna-alueilla alle 10 cm:n etäisyydellä pinnasta. Tämä sijainti oli hyvin vakaa ensimmäisten kasvuviikkojen aikana. 30-35 mm:n pituisina ne siirtyivät pohjalle ja alkoivat käyttää pohjaeläinravintoa (Bardonnat ym. 1991).

Ruokailukäyttäytyminen

Scott (1985) havaitsi ruokailevan nuoren harjuksen pysyttelevän paikoillaan ja saalistuksen tapahtuvan ylävirtaan tästä paikasta. Se teki vain heikkoja sivu- ja pystysuuntaisia liikkeitä ja liikkui vain noin puoli ruumiinmittaa ottaakseen ajelehtivan saaliin. Ruokapaikat olivat tavallisesti korkeintaan viiden cm:n etäisyydellä pinnasta, ja pinnassa ruokaileminen olikin säännöllis-

tä. Näiltä osin harjuksen ruokailukäyttäytyminen eroaa muista lohikaloista, jotka tavallisesti liikkuvat huomattavasti enemmän (yli 10 kertaa ruumiin pituus) ottaessaan ajelehtivaa saalista. Ne sijoittuvat myös lähelle pohjaa (Wankowski 1981).

Pohjanharjus luokittelee ruokailupaikat paremmuusjärjestykseen. Eräässä vuoristojoessa oli miltei täydellinen riippuvuus kalan hierarkisen aseman (mitattiin kalan pituutena) ja sen sijaintipaikan haluitumuuden välillä. Tämän mukaan kilpailu määrää eri yksilöiden sijaintipaikat (Hughes 1992). Voimakas yksilö valitsee itselleen ruokailupaikan, joka maksimoi sen nettoenergian saannin. Kalan saamalla nettoenergialla tarkoitetaan sen syömällä saamaa kokonaisenergian määrää, josta on vähennetty uintiin tai asemapaikalla pysymiseen käytetyn energian määrä (Hughes 1990).

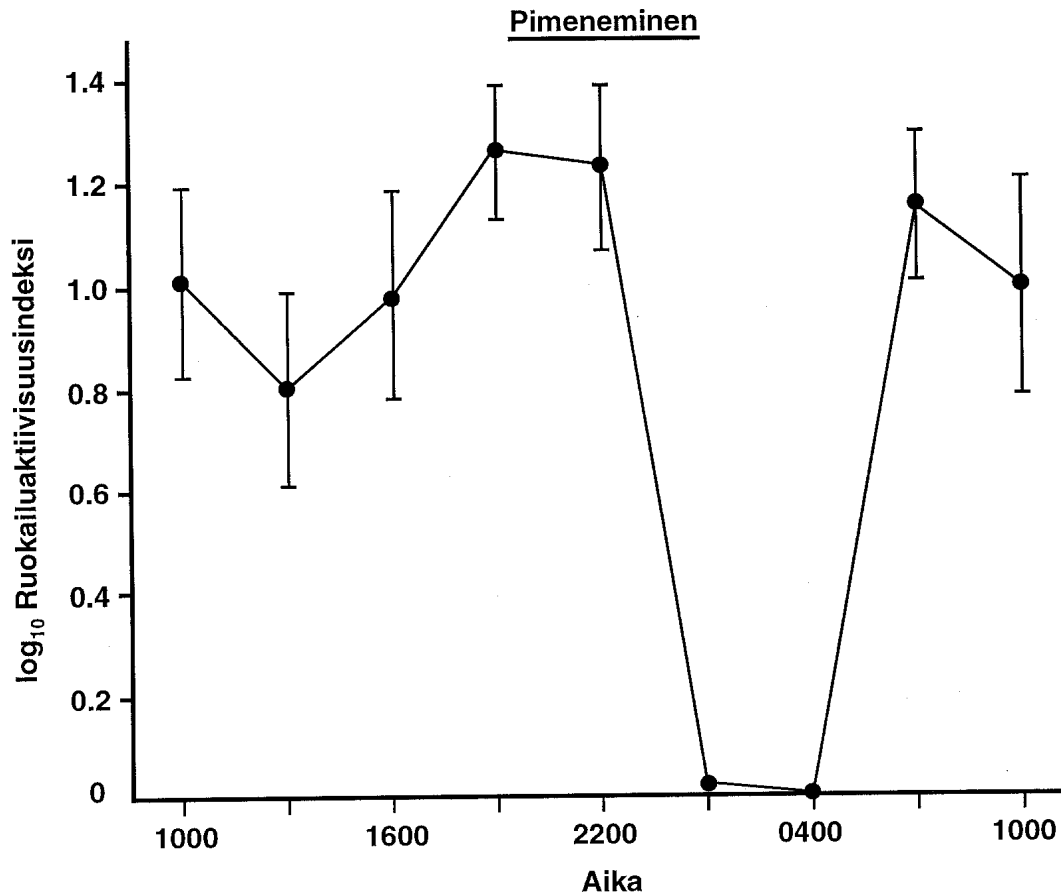
Se, elääkö harjus järvessä vai virtavedessä vaikuttaa sen ruokailukäyttäytymiseen. Harjuksen ruokailukäyttäytyminen näyttäisi olevan tässä suhteessa varsin joustavaa. Alaskassa pohjanharjuksella tehdyissä tutkimuksissa havaittiin, että seisovassa vedessä harjus voi käyttää jaksottaista aktiivista etsintästrategiaa ja etsiä ravintoa 220° laajuiselta alueelta. Virtaavassa vedessä syödessään virran mukana ajelehtivaa ravintoa harjus voi pysyä paikoillaan ja havainnoida ravintokohteita vain 120° alueelta (O'Brien ym. 1993).

Nuoret harjukset eivät ruokaile pimeänä aikana (kuva 6), mutta valoisana aikana ruokailu on tauotonta. Selvät huiput ruokailuaktiivisuudessa pinnan läheisyydessä elävillä toukilla ovat kuitenkin aamu- ja iltahämärissä. Ruokailu jatkuu, kunnes saaliita ei enää pystytä havaitsemaan (Scott 1985). Olifan (1957) havaitsi saman lähisukuisella Baikalin harjuksella. Aamu- ja iltahämärissä kalat myös valikoivat ravintokohteensa tarkemmin kuin päivällä. Näyttää kuitenkin siltä, että harjuksen toukat eivät täysin kyetneet hyödyntämään runsaina esiintyviä päiväankorenon nymfejä mahdollisesti niiden suuren koon takia (Scott 1985).

Ravinnon valinta

Nuori harjus alkaa ottaa ravintoa yhdeksäntenä päivänä kuoriutumisen jälkeen. Luultavasti sen pienikokoinen suu estää ravinto-organismien ottamisen aikaisemmin (Bishop 1971). Hartman (1958) huomasi, että vaikka suun koko kirjolohella aiheuttaa rajoituksia niellyn ravinnon kokoon nähden, myös ravinto-organismien rakenne ja reaktiot aiheuttavat omat rajoituksensa.

Lähellä joen penkkoja oleskeleva pohjalta liikkeelle lähtenyt harjus käyttää ravinnokseen pääasiassa pinnalla tai lähellä pintaa ajelehtivia selkärangattomia. Brownin (1938), Jääskeläisen (1940), Sommanin (1953), Krusen (1959) ja Müllerin (1961) mukaan nuori harjus syö ensimmäisenä kesänään pääasiassa planktonravintoa, erityisesti vesikirppuja ja hankajalkaisia niiden eri kehitysvaiheissa. Planktonravinnon käyttö ei kuitenkaan ole harjuksen poikasen kannalta ongelmattonta. Vovk'n (1984) mukaan harjuksen poikaset eivät pysty sulattamaan erään yleisim-



Kuva 6. Nuoren harjuksen ruokailuaktiivisuuden vuorokautiset vaihtelut (keskiarvot ja -hajonnat) (Scott 1985).

män vesikirpun, *Bosmina coregonin*, kuorta. Kasvatuskokeissa, joissa poikasia ruokittiin eläinplanktonilla, se aiheutti poikasten suolen tukkeutumisen ja kuoleman. Luonnossa harjuksen poikaset voivat valita planktonista itselleen sopivat ravintokohteet. Poikaskuolemat planktonravintoa käytettäessä tapahtuivat aina vaiheissa, jolloin harjuksen poikasille sopivaa hankajalkaisravinto hävisi kerätystä planktonista. Tämä tapahtui aina järven veden ollessa lämpimimmillään.

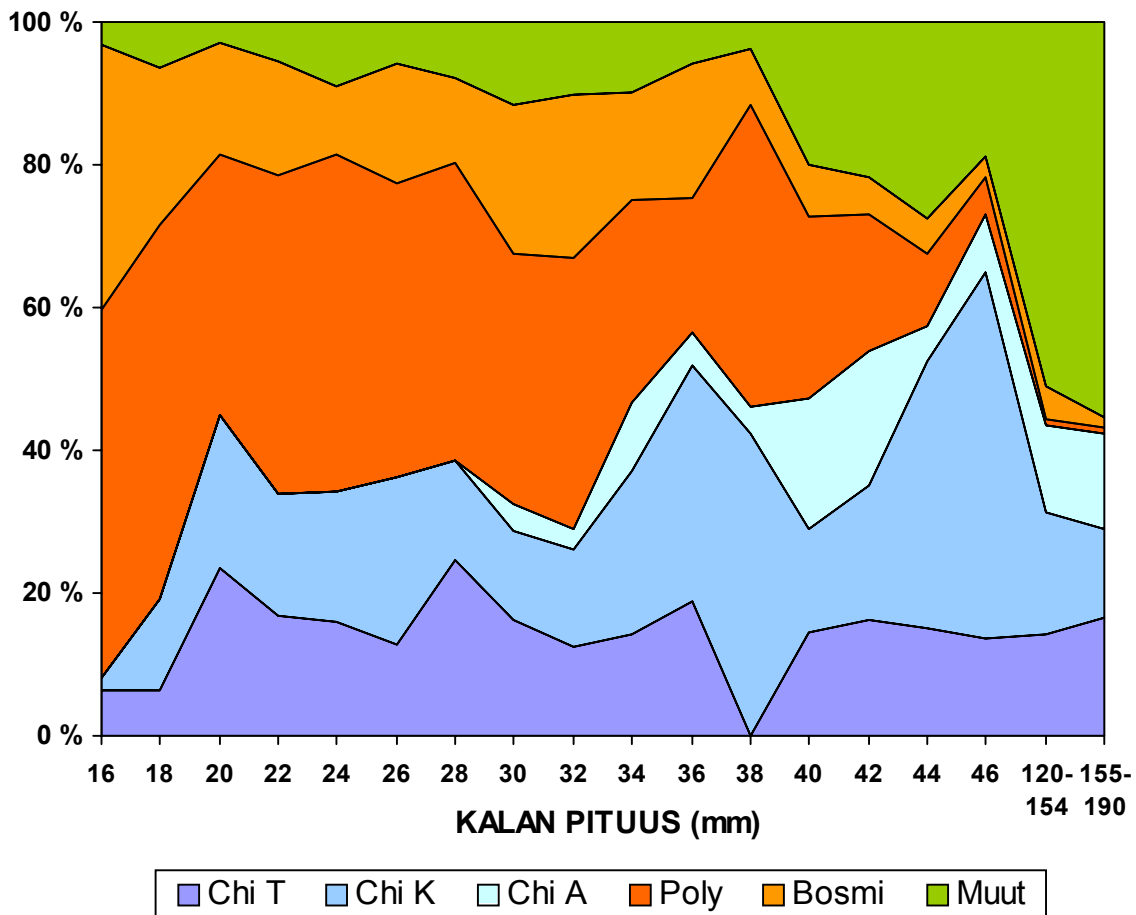
Carmie ja Cuiat (1984) havaitsivat, että surviaissääskien toukat olivat poikasten tärkeintä ravintoa ensimmäisten 15 päivän aikana poikasten alettua käyttämään ulkoista ravintoa, vaikka koealtaissa oli tarjolla myös eläinplanktonia. Myöhemmin hankajalkaiset ja vesikirput olivat kuitenkin suurempien harjusten pääasiallinen ravintokohde. Tämä osoittaa sen, että harjus saattaa joissakin olosuhteissa siirtyä käyttämään eläinplanktonravintoa, esimerkiksi lampien ja järvien kaltaisissa ekosysteemeissä (Müller 1961, Carmie & Cuiat 1984). Tällaisilla alueilla suurikokoista eläinplanktonia on usein runsaasti tarjolla ja siksi saattaa nuoren harjuksen kannattaa erikoistua käyttämään sitä ravinnokseen.

Scott'n (1985) mukaan surviaissääskien toukat, pupat ja aikuiset muodostivat lukumääräisesti 80-90 % harjuksen toukkien ravinnosta niiden pinnan läheisyydessä viettämän kehitysjakson aikana. Toukat lopettivat ruokailun yön ajaksi ja käyttivät päivällä ravinnokseen yli kahden mm:n kokoisia saaliita. Kasvaessaan harjukset alkoivat käyttää yhä enemmän pohjaeläinravintoa (Scott 1985). Itävallassa 0+ ja 1+ harjukset söivät surviaissääskiä, päivänkorentoja ja mäkäröitä (von Gerald ym. 1986). Ruotsin Indals-joessa päivänkorennot ja koskikorennot olivat 0+ harjusten tärkeintä ravintoa (Peterson 1968).

Sempeski ym. (1995) havaitsivat 15-30 ja 30-70 mm:n pituisten harjusten erikoistuneen ravinnonvalinnassaan huomattavassa määrin surviaissääskien toukkiin ja pupiin. Nämä muodostivat usein yli 90 % lukumääräisistä ravintokohteista. Harjuksen toukkien (15-30 mm) ravinnossa pääosan muodostivat surviaissääskien toukkavaiheet (yli 90 % lukumääräisestä ravinnosta). Mitään vaikutusta kasvuun ei havaittu olevan sillä, että surviaissääskien pupien suhteellinen osuus nuorten (30-70 mm) harjusten ravinnossa lisääntyi ja myös muita ravintokohteita syötiin säännöllisesti. Äyriäisplanktonia, etenkin hankajalkaisia, vältettiin tutkituissa joissa syömästä. Surviaissääsket näyttäsivät olevan nuoren harjuksen perusravintoa. Etenkin niiden toukkavaiheet näyttäsivät olevan tärkeä ravintokohde poikasten aloitellessa ulkoisen ravinnon käyttöä.

Sundell (1993) havaitsi Etelä-Saimaan järvikutuisen harjuksen poikasten ravinnon käyttöä tutkiessaan, että ulkoisen ravinnon käytön alkuvaiheessa (16 mm:n pituisena) eläinplankton muodosti noin 90 % toukan ravinnosta. Tämän jälkeen surviaissääskien toukkien ja kotelovaiheiden osuus kuitenkin nopeasti lisääntyi. Poikasten saavuttaessa 20 mm:n pituuden oli eläinplanktonin osuus ravinnosta noin puolet (kuva 7). 46 mm:n pituisen poikasen ravinnosta eläinplankton muodosti enää alle 10 %, surviaissääskien eri kehitysvaiheiden osuuden ollessa noin 70 %. Vuoden vanhan harjuksen ravinnosta surviaissääskien eri kehitysvaiheet muodostivat hieman alle puolet. Eläinplanktonin osuus oli alle viisi prosenttia. Toinen puoli ravinnosta koostui pääosin vesiperhostista, päivänkorennoista ja sekalaisista kaksisiipisistä (Sundell 1994).

Müller (1961) havaitsi, että nuoren harjuksen pääasiallisissa ravintokohteissa voi olla eroja eri alueilla. Yleensä planktonäyriäiset ja surviaissääskien toukat ovat kuitenkin tärkeimmät ravintokohteet. Muun osan ensimmäistä vuottaan elävän harjuksen ruokavaliosta muodostavat mm. päivänkorentojen, vesiperhosten ja koskikorentojen toukkavaiheet (Kruse 1959, Müller 1961, Peterson 1968, Bishop 1971, Scott 1985). Harjuksen koon kasvaessa myös joustavuus ravinnon valinnassa lisääntyy. Yli yksivuotiaiden harjusten ravinto on varsin monipuolista ja vaihtelevaa riippuen elinalueesta, vuodenaikasta ja kalan koosta (Greendale 1975). Aikuinen harjus näyttäisi olevan kaikkiruokainen ja käyttävän ravinnokseen sekä virran mukana kulkeutuvaa että pohjaeläinravintoa (Persat 1976). Ravintoon kuuluu myös maahyönteisiä, nilviäisiä ja kaloja (Peterson 1968).



Kuva 7. Harjuksen poikasten ravinnonvalinnan muutokset kalan koon kasvaessa Etelä-Saimaalla (Chi T = surviaissääski/toukka, Chi K = surviaissääski/kotelovaihe, Chi A = surviaissääski/aikuinen, Poly ja Bosmi = vesikirppuja/*Polyphemus pediculus* ja *Bosmina coregoni*).

Erikoistuminen johonkin ravintokohteeseen on melko yleistä (Peterson 1968). Se, millaiseen ravintokohteeseen kalan kannattaa erikoistua riippuu paitsi ravintopartikkelin koosta myös sen esiintymistiheydestä. Edullisinta on ravinto, jonka kohdalla saadun nettoenergian (ravinnon sisältämä energiamäärä - ravinnon hankkimisen vaatima energiamäärä) määrä on suurimmillaan. Surviaissääsken toukan kohdalla sen morfologiset ominaisuudet (sylinterin muotoinen ravintokohte on helppo syödä) ja kiemurtelevat liikkeet saattavat houkuttaa nuoria harjuksia ottamaan niitä ravinnokseen. Lisäksi ne ovat ravintosisällöltään varsin hyviä saaliseläimiä (5500 kaloria energiaa yhdessä kuivapainogrammassa, Maslin & Pattee 1981). Lopuksi, harjuksen keskittymisen saalistuksessaan yhteen tai kahteen saalistyyppiin saattaa olla keino parantaa saalistustehokkuutta. Joitakin ympäristössä runsaina esiintyviä saalisikohteita, kuten harvasukamatoja Oigninjoella ja eläinplanktonia Pollon- ja Marne-joella, harjukset ilmeisesti välttivät ottamasta ravinnoksi. Syynä tähän saattoi olla se, että ne eivät olleet energeettisesti yhtä hyviä saaliita kuin surviaissääsket (Drenner ym. 1978, Schmidt & O'Brien 1982).

Keskimääräinen ravinnon määrä vatsassa lisääntyy kalan pituuden kasvaessa (Scott 1985). Näyttää siltä, että myös ravintokohteiden koko kasvaa. Scott (1985) havaitsi, että pienen (16-20 mm) kalan ruokavaliassa pienillä äyriäisillä, erityisesti hankajalkaisilla, oli tärkeä osa. Suurikoisemmat ravintokohteet (mm. surviaissääskien pupat, päivänkorentojen nymfit, mäkäräisten toukat) tulevat tärkeämmiksi ruokavaliassa kalan koon kasvaessa. Myös siivellisten hyönteisten osuus kasvaa. Vastaavanlaisia havaintoja ovat tehneet myös Brown (1938), Kruse (1959), Peterson (1968) ja Bishop (1971).

Scott (1985) tutki harjuksen poikasen suolen tyhjenemisnopeutta. Hän havaitsi, että runsaan kertaruokailun jälkeen suoli tyhjeni 9-9.5 tunnissa. Kun ruokailu oli jatkuvaa, tyhjeni suoli 6-6.5 tunnissa. Myös syödyn ravinnon laatu ja veden lämpötila vaikuttavat suolen tyhjenemisnopeuteen.

Ravintokilpailu ja ravinnon riittävyys

Harjuksen toukat valitsivat elinympäristönsä tarkoin lähdettyään liikkeelle pohjalta. Ne uivat pintaveteen ja valitsivat alueen, missä veden virtausnopeus on sopiva. Maitland (1965) havaitsi, että Atlantin lohi ja taimen levittäytyvät alueille, missä oli varjoa ja suojaa, lohi pohja-alueelle ja taimen väliveteen. Tällainen lohikalojen tilan jakaminen saattaa vähentää kilpailua ravinnosta ja reviireistä.

Harjuksen toukka syö ajelehtivia selkärangattomia, kuten muutkin lohikalat, mutta toisin kuin nämä, ne eivät tässä vaiheessa ruokaile pohja-alueella (Maitland 1965). Pintavesissä ravintokilpailu on varsin vähäistä. Muut samalla alueella elävät lajit ruokailevat yleensä välivedessä tai pohjalla (Scott 1985). Lisäksi harjuksen poikasen riski joutua saaliiksi vähenee, kun ne suosivat voimakkaampaa virtausta kuin nuoret hauet ja selkärangattomat saalistajat (mm. malluaiset). Poikasten kasvu onkin varsin nopeaa liikkeellelähdön jälkeisenä aikana ja koko ensimmäisenä vuotena. Miksi siis poikaset siirtyvät pois pinta-alueelta, vaikka kilpailua on vähän ja ravintoa riittävästi? Eräs syy tähän saattaa olla territoriaalisen käyttäytymisen kehittyminen, jonka seurauksena poikaset alkavat siirtyä pohja-alueelle. Siirtyminen pinnasta pohjaan ajoittuu toukka- ja poikasvaiheen vaihteeseen ja on esitetty, että se johtuisi fysiologisista muutoksista, eikä ympäristön aiheuttamasta stressistä (Scott 1985).

2.3.7. Harjuksen kasvuun vaikuttavat tekijät

Kalojen koko kunkin vuoden lopulla ei näyttäisi olevan suoraan suhteessa joen veden lämpötilaan. Myöskään veden kemiallinen koostumus, onko vesi kovaa vai pehmeää, ei näyttäisi vaikuttavan kasvuun. Erot kasvussa ensimmäisen kasvukauden aikana näyttäisivät korreloivan joen koon kanssa. Nuorten harjusten elinympäristöä ovat matalat sorapenkat. Suurissa joissa nämä penkat ovat selvemmin erillään ja ne peittävät suuremman osan pohjasta. Ne tarjoavat suotuisat elinolosuhteet myös siinä mielessä, että tällaisilla alueilla on runsaasti planktisia

selkärangattomia, eli pienille harjuksille sopivaa ravintoa. Toisen kasvukauden aikana joen koolla ei näyttäisi enää olevan paljoakaan merkitystä (Persat & Pattee 1981).

Nuoret harjukset kestävät aikuisia paremmin korkeita lämpötiloja (Eriksen 1975, Sundell 1992). Loue-joella harjukset kasvoivat ensimmäisenä vuotena normaalisti ja kärsivät liiallisesta lämmöstä vasta toisen kasvukauden aikana. Tässä suhteellisen lämpimässä joessa veden lämpötila voi nousta hyvin lähelle harjuksen lämmönsietorajaa ja se näkyi lisääntyneenä kuolleisuutena, kun virtaama oli heikko hyvin lämpimänä päivänä. Harjuksen kasvua ensimmäisen kasvukauden aikana voi heikentää myös veden liiallinen kylmyys (Persat & Pattee 1981).

Veden lämpötila saattaa olla määräävä tekijä harjuksen kasvun kannalta. Sen kasvu näyttää lisääntyvän veden keskilämpötilan noustessa tiettyyn rajaan saakka, joksi voidaan asettaa 17°C:n keskilämpötila kesäkuun puolenvälin ja syyskuun puolenvälin välisenä aikana. Tämän raja-arvon yläpuolella kasvunopeus näyttäisi hidastuvan. Kuitenkin, harjuksen ensimmäisen kasvukauden aikana myös joen koko näyttäisi olevan merkittävä tekijä siten, että joen koon kasvaessa myös kasvunopeus lisääntyy. (Persat & Pattee 1981). Sundellin (1992) mukaan lämpötilan kohoaminen keväällä, kesällä ja syksyllä hidastaa Etelä-Saimaan järvikutuisen harjuksen kasvua toisesta kasvukaudesta eteenpäin. Vaikutus on sitä suurempi, mitä vanhempi ja kookkaampi kala on.

3. ISTUKKAIDEN ELINOLOSUHTEET LUONNONRAVINTO-LAMMIKOISSA

3.1. Luonnonravintolammikon ominaisuudet

3.1.1. Altaan ominaisuudet

Harjusistukkaiden kasvatuksessa käytetyt luonnonravintolammikot ovat ominaisuuksiltaan hyvin erilaisia. Eroja on mm. altaiden muodossa, koossa, syvyydessä, pohjan laadussa ja altaan tyhjennettävyydessä. Myös altaiden veden laatu vaihtelee. Veden laadun määrää yleensä se, millaisella alueella allas sijaitsee ja millaista vettä valuma-alueelta altaaseen tulee. Lohikalat ja ns. kylmän veden lajit tarvitsevat menestyäkseen hapekasta ja hyvälaatuista vettä. Altaan lähteisyydestä voi tällöin olla huomattavaa hyötyä. Merkittävää on myös se, miten nopeasti altaan vesi vaihtuu kasvatuskauden aikana. Veden nopea vaihtuvuus on eduksi etenkin lohikaloja kasvatettaessa.

Suomessa luonnonravintolammikot ovat yleensä suhteellisen matalia. Seurauksena tästä on se, että altaat lämpiävät lämpimänä aikana nopeasti ja veden lämpötila saattaa nousta kasvatettavien kalojen kannalta liian korkeaksi. Liian suuri syvyys taas puolestaan saattaa vaikeuttaa altaan tyhjentämistä. Jos altaat ovat liian laakeita, saattaa ongelmaksi tulla vesikasvien runsastuminen,

mikä heikentää altaiden tuotantokykyä ja vaikeuttaa tyhjentämistä. Siksi on suositeltavaa, että veden syvyys on heti altaan reunalla vähintään 50 cm:ä.

Harjusistukkaiden kasvatuksessa ei kuitenkaan kannata käyttää syvempiä altaita kuin on todella tarpeen. Kasvatusaltaiden syvyystarve vaihtelee kalalajista ja kalojen koosta riippuen. Mitä suurempia kalat ovat, sitä syvemmän altaan ne tarvitsevat. Esimerkiksi Euroopassa taimenen pikkupoikasten kasvatusaltaiden keskisyvyys on noin 0.75 metriä, kun se vuoden ikäisillä ja sitä vanhemmilla on noin 1.5 metriä (Huet 1986).

Luonnonravintolammikot on useimmiten muodostettu nostamalla vesi padon avulla jängälle, heinäsuolle ja eräissä tapauksissa niitylle. Joitakin lampia on perustettu kaivamalla ja välistä on turvauduttu luonnonlampiin. Viimeksi mainittujen pohja on tavallisesti sekalaista materiaalia, ranta-alueella kivikkoa ja moreenia sekä syvemmällä mutaa. Jänkähohjan ohella on tekolammis- sa myös hiesu-, kivi- ja sorapohjia. Poikasten viihtymisen kannalta on viimeksi mainittu pohjamateriaali suositeltava edellyttäen, että ravintotuotanto on riittävä. Toivottavaa on tällöin, että metsä ja pensaikat ulottuvat rantaviivan läheisyyteen, mikä parantaa poikasten mahdollisuuksia käyttää ilmaravintoa (Seppovaara 1985). Myös Kilpisen ym. (1986) mukaan lammikoiden kovapohjaisuus on eduksi.

Muodoltaan altaiden tulisi olla pitkiä ja kapeita (Huet 1986). Lisäksi hyvä lammikko tuottaa riittävästi poikasten varhaisravintoa, eli planktoneliöstöä, ja myöhemmin pohjaeläimistöä huonontamatta silti veden laatua (Seppovaara 1985). Lammikoiden hyvä tyhjennettävyys on etenkin harjusta kasvatettaessa merkittävä tekijä.

3.1.2. Veden laatu

Lohikalojen kasvatuksessa erittäin tärkeä tekijä on veden laatu. On tärkeää, että saatavilla on riittävästi kirkasta ja puhdasta vettä. Tärkeää on myöskin, että vesi ei pääse kesällä lämpenemään liikaa, mikä varmistaa veden riittävän happipitoisuuden. Optimilämpötila lohikalojen kasvulle on 10 ja 20°C välillä. Nämä tekijät rajoittavat huomattavasti alueita, missä menestyksellään lohikalojen viljely on mahdollista. Tärkein biologinen tekijä lohikalojen kohdalla ja mistä koko viljelyn onnistuminen hyvin pitkälle riippuu, on hengityksen vaatimukset. Lohikalat tarvitsevat menestyäkseen ja kasvaakseen runsashappista vettä (> 9 mg O₂/l). Aivan yhtä suuria vaatimukset eivät ole silloin, kun kasvatetaan poikasia istutuksia varten (Huet 1986).

Veden laatua ajatellen tärkeintä siis on, että veden happipitoisuus säilyy kyllin hyvänä, vaikka siinä olisi runsaastikin happea kuluttavaa orgaanista ainesta. Veden happamuuden tulee olla lähellä neutraalia, pH-luku mieluummin yli 6.5. Vesi voi olla melko ruskeaa. Hyviä kasvatustuloksia on saatu lammikoista, joiden veden väriluku on ollut korkea (100-200 mg Pt/l). Melko korkeat rautapitoisuudetkaan eivät näyttäneet eräissä tapauksissa huonontaneen kasvatustulosta. Harjus sietää siis selvästi huonolaatuisempaa vettä kuin on luultu (Myllylä 1982). Eräiden

kokemusten mukaan karut lammikot soveltuvat hyvin harjuksen poikasten luonnonravintolammikkokasvatukseen. Uudet lammikot ovat usein liian reheviä, mutta muutaman vuoden käytön myötä tilanne korjaantuu (Kilpinen ym. 1986).

3.1.3. Veden alkuperä, määrä ja laatu

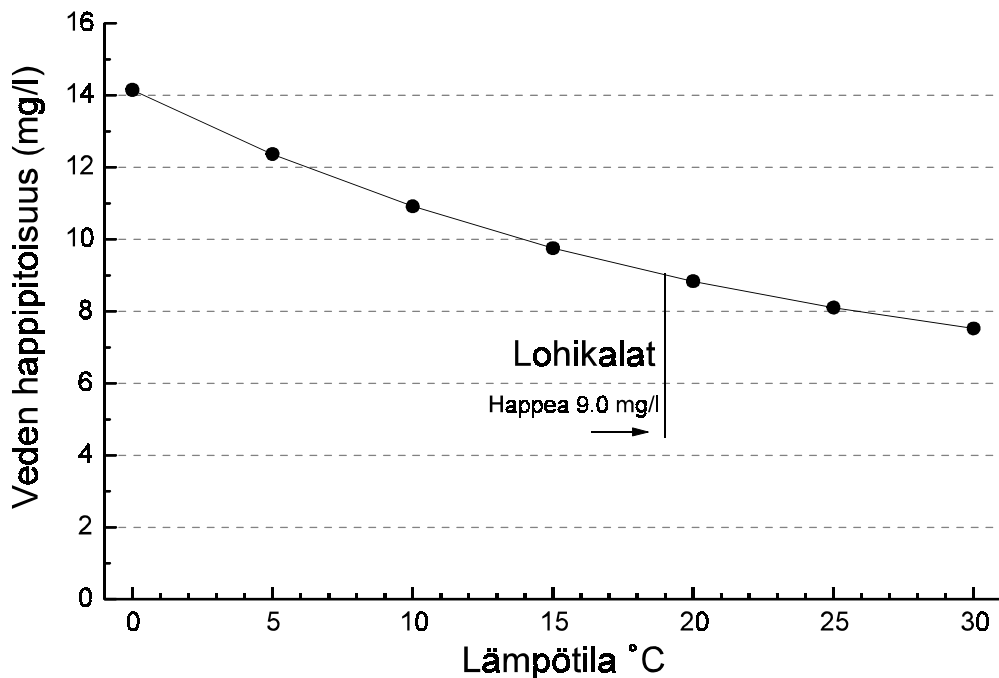
Kasvatuksessa voidaan käyttää sekä valumavesistä, lähteistä että virtavesistä peräisin olevaa vettä. Lähdevesi on kuitenkin usein vähähappista ja siksi sen kannattaa antaa olla jonkin matkaa yhteydessä ilmaan ennen kala-altaaseen tuloa. Virtavaa vettä käytettäessä saattaa sen lämpötila vaihdella, mutta yleensä siinä on runsaasti happea. Ihannetilanne on, jos haudonnassa voidaan käyttää hapekasta lähdevettä ja kasvatuksessa virtavedestä peräisin olevaa vettä. Näitä sekoittamalla voidaan lisäksi säädellä veden lämpötilaa. On tärkeää, että altaaseen tulevan veden laatu on hallinnassa (Huet 1986). Mikäli mahdollista poikaslammikot tulee sijoittaa siten, että jatkuvasti on tarjolla riittävästi raikasta ja puhdasta vettä. Veden riittävä vaihtuminen on tärkeää etenkin lämpimän kesän aikana. Jos vesi ei vaihdu, se lämpiää helposti liikaa etenkin laakeissa altaissa.

Viljelyssä tarvittava vesimäärä riippuu viljeltävästä kalalajista ja siitä kalamäärästä, mikä on tarkoitus tiettyssä vesitilavuudessa kasvattaa. Lohikalat ja ns. kylmän veden lajit tarvitsevat runsaasti hapekasta ja hyvälaatuista vettä. Esimerkiksi taimenen kasvatuksessa veden tarve eri kehitysvaiheissa on seuraava (Huet 1986):

Haudonta	½ litraa / min. / 1000 mätimunaa
Kasvatus 0-3 kk	1-3 litraa / min. / 1000 poikasta
Kasvatus 4-8 kk	4-8 litraa / min. / 1000 poikasta
Kasvatus 6-12 kk	6-12 litraa / min. / 1000 poikasta.

Kalkkipitoinen vesi on parasta, koska siitä on eniten ravintoa ja sen tuotantokyky on suurin. Tämä on erityisen tärkeää niille, jotka tuottavat 1-vuotiaita tai vanhempia kaloja ilman lisäruokintaa tai missä ylläpidetään emokalakantoja. Graniittialueilta tuleva vesi on puhdasta, mutta ei sisällä yhtä paljon luonnollista ravintoa. Suo- ja turvealueilta tuleva vesi on usein hapanta, karua ja heikkotuottoista ja siksi se ei yleensä kovin hyvin sovellu lohikalajien kasvatukseen. Syytä on myös varoa magnesiumia, rautaa ja seleeniä sisältävää vettä, kun se sisältää kalsiumsulfaattia (Huet 1986).

Oleellista on, että vedessä on riittävästi happea aina ja kaikkina vuodenaikoina. Pitoisuus, jonka useimmat lohikalat tarvitsevat on 9 mg O₂/l. Tällainen happipitoisuuden minimitaso on kuitenkin yleensä mahdollista saavuttaa vain altaissa, missä veden vaihtuvuus on hyvä ja lämpötila alle 20°C (kuva 8).



Kuva 8. Veden happipitoisuuden (mg/l) ja lämpötilan välinen suhde, kun hapen kyllästysprosentti on 100.

3.2. Lammikoiden ravintotuotanto ja siihen vaikuttavat tekijät

Lammikoiden biologisen toiminnan tunteminen on viljelytoiminnan perusta, kun kasvatuksessa käytetään yksinomaan tai edes osittain luonnonravintoa. Tämän biologisen kierron alku ovat vedessä olevat liukoiset ravinteet. Auringon valon ja lämmön avulla vihreä kasvillisuus pystyy käyttämään näitä epäorgaanisia ravinteita orgaanisen kasvimassan tuotantoon. Lammikoiden kalatuotannon ravintoketju on kokonaisuudessaan seuraava:

Liukoiset ravinteet \Rightarrow kasvituotanto \Rightarrow eläinplankton ja pohjaeläimet \Rightarrow kalat
 \Rightarrow hajotus (bakteerit ym.).

Kalatuotannon määrä riippuu siis viime kädessä kasvituotannosta, joka puolestaan on riippuvainen fysikaalisista tekijöistä, mm. valosta ja lämmöstä. Myös veden happamuus tai vedessä olevien ravinteiden määrä saattavat olla kalatuotantoa rajoittavia tekijöitä.

Lammikoiden eläimistö koostuu eläinplanktonista, sekä pohjan pinnalla että pohjamateriaalin sisällä elävästä pohjaeläimistöstä. Kalojen kannalta tärkeimpiä ravintokohteita ovat useimmiten pohjaeläimet. Planktonravinto on tärkeää nuorille ja planktonia ravinnokseen käyttäville kaloille.

Jos halutaan parantaa kasvatusaltaan tuotantokykyä, on vahvistettava ravintoketjun heikointa, eniten tuotantoa rajoittavaa osaa. Esimerkiksi kasvit tuotantoa voidaan usein parantaa lisäämällä veteen fosforia.

3.2.1. Lammikoiden eläimistö

Organismit, jotka muodostavat säännöllisesti käytetyissä luonnonravintolammikoissa kalojen ravintoeläimistön, reagoivat altaiden tyhjentämisen ja täyttämisen aiheuttamaan olosuhteiden vaihteluun. Riippuen ajankohdasta sekä siitä, kuinka kauan lammikko on kuiva, saattaa ravintoeläimistö vaihdella huomattavastikin. Siihen vaikuttavat myös veden keskimääräinen lämpötila ja virtaukset. Joka tapauksessa eläimistö on lammissa yleensä melko saman kaltainen ja vaihtelu on vähäisempää kuin järvissä tai joissa (Huet 1986).

Lammikoiden eläimistö voidaan jakaa ryhmiin niiden käyttämän ravinnon pohjalta. Pääasiallisen ravintokohteen voivat muodostaa vesikasvit, kasviplankton, perifytonkasvillisuus tai pohjan kuollut orgaaninen aines, detritus. Osa eläimistä on petoja, joiden ravintoa on plankton sekä pohjan ja kasvillisuuden pinnalla elävät organismit. Näistä sudenkorentojen toukat, vesiluteet ja eräät vedessä elävät kovakuoriaiset saattavat käyttää kalojen poikasia ravinnokseen (Huet 1986). Eroja on myös eri eläinten hapen tarpeessa sekä rehevöitymisen ja happamuuden sietokyvyssä. Altaan elinolosuhteet vaikuttavat siis huomattavassa määrin siihen, millainen on luonnonravintolammikon ravintoeläimistön koostumus ja runsaus.

3.2.2. Eläimistön alkuperä

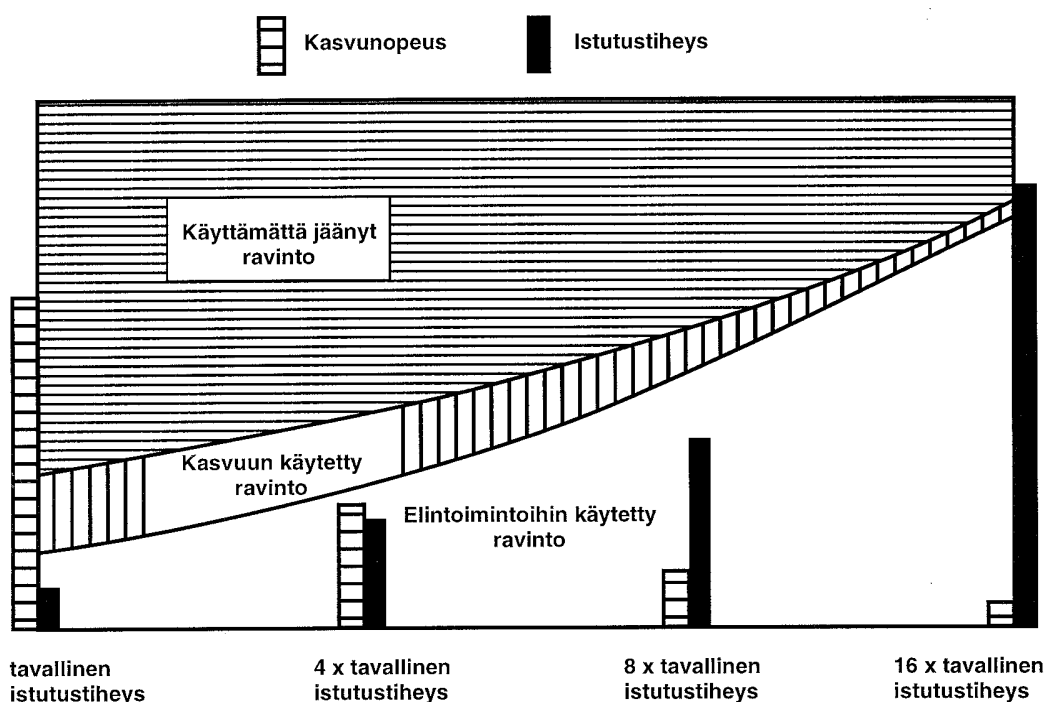
Luonnonravintolammikon tyhjentäminen ja mahdollinen kuivattaminen vaikuttavat eläimistön määrään ja koostumukseen. Eri lajeilla on erilaisia tapoja selviytyä tästä vaiheesta:

- a) Tulevat kasvatusaltaaseen siihen tulevan veden mukana allasta täytettäessä tai ovat säilyneet hengissä siihen jääneissä lammikoissa, jotka eivät ole kuivaneet
- b) Talvehtivat maaperän sisässä horroksessa (nilviäiset, eräät surviaissääskien toukat)
- c) Muodostavat lepovaiheita, jotka kestävät kuivuutta ja kylmää ja ovat horroksessa pohjalla. Voivat kulkeutua alueelle myös tuulen mukana (hankajalkaiset, vesikirput, rataseläimet, juotikkaat)
- d) Aikuiset hyönteiset munivat munat juuri täytettyyn lammikkoon (päivänkorennot, sudenkorennot, kaksisiipiset jne.)
- e) Aikuiset, jotka pystyvät kulkemaan vesialueelta toiselle (vesiluteet, kovakuoriaiset). Ovat lentokykyisiä.

Lammen asuttaminen tapahtuu nopeasti sen jälkeen, kun se on laskettu täyteen vettä. Siksi ei ole syytä olla peloissaan siitä, että lammen kuivaaminen tappaisi kaiken eläimistön. Jos jotain menetetäänkin, se ei ylitä pohjan puhdistamisesta saatavaa hyötyä (Huet 1986).

3.2.3. Ravintoeläimistön määrä ja laatu

Vesieläimistön kehittyminen lammikoihin ja sen vaihtelut riippuvat paitsi lammikon ominaisuuksista myös siinä kasvatettavasta kalamäärästä. Mitä enemmän lammikkoon pannaan kalaa, sitä enemmän ravintoa kulutetaan ja sitä suurempi on ravintoeläimistöön kohdistuva saalistuspaine. Tämä vaikuttaa suoraan kalojen mahdollisuuksiin löytää ja käyttää ravinnokseen sopivia ravintoeläimiä. Silloinkaan, kun kalamäärä on paljon suurempi kuin mitä yleensä pidetään normaalina, ei luonnonravintoa kuitenkaan käytetä likimainkaan loppuun. Tällainen kalatiheys johtaa kuitenkin kasvun pysähtymiseen, koska se rajoittaa kalojen saamaa ravintomäärää (kuva 9) (Huet 1986).



Kuva 9. Kalojen kasvun ja kannan tiheyden välinen suhde. Esimerkkilajina karppi (Schäperclaus 1933).

Vaikka kalojen määrä olisikin liian suuri, ei ole syytä pelätä, että ravintokohteena olevien organismien määrä romahtaisi, sillä useimpien saalislajien luontainen kyky lisääntyä on niin suuri. On havaittu, että altaassa, jossa on runsaasti kalaa, ravintoeläintuotanto on jopa suurempi kuin vastaavan tuoton omaavassa altaassa, jossa on vähemmän kalaa. Kuitenkin, mitä suurempi on kalojen määrä, sitä suurempi osuus ravintoeläimistöä käytetään ravinnoksi, ennenkuin ne saavuttavat täyden koon. Näissä olosuhteissa, tarjolla olevien ravintokohteiden koon pienetessä, ravintoeläinpopulaatioiden tarjoama ravintomäärä vähenee. Ravintokohteiden löytäminen on vaikeampaa ja niistä saatu energiamäärä on riittämätön tai vastaa vain sitä energiamäärää, joka kuluu tällaisten ravintokohteitten etsimiseen. Seurauksena on kasvun pysähtyminen.

3.2.4. Ravintoeläinten tärkeimmät ryhmät lammikoissa

Äyriäiset ovat kalojen kannalta eräs tärkeimmistä eläinryhmistä. Planktonäyriäiset ovat pienten kalan poikasten ja nuorten kalojen tärkeätä ravintoa. Ne ovat myös planktonravintoa käyttävien kalojen tärkein ravintokohde. Yleisimpiä niistä ovat vesikirput. Niiden koko vaihtelee ¼:sta kolmeen mm:iin. Myös hankajalkaiset (yleensä < 5 mm) näyttelevät merkittävää osaa lammikoiden eläimistöissä. Niitä käyttävät ravinnokseen kalojen poikaset ja pienet kalat, mutta ennen muuta monet sellaiset vesieläimet, joita kalat käyttävät ravinnokseen. (Huet 1986).

Hyönteiset muodostavat erään tärkeimmistä luonnonravintolammikoiden ravintoeläinryhmistä. Kalat käyttävät niitä ravinnokseen etenkin niiden toukka- että nymfivaiheessa. Tärkeimpiä ryhmiä kalojen kannalta ovat päivänkorennot ja surviaissääsket. Päivänkorennon nymfit elävät vedenalaisten kasvien joukossa ja pohjalla. Sudenkorennon toukkia elää vesikasvien joukossa, pohjan pinnalla ja mudan sisällä kaikissa lammikoissa. Kalat eivät välitä niistä paljoakaan ja pienimmät niistä ovat jopa kalojen ravintokilpailijoita. Suurimmat taas puolestaan ovat pieniä poikasia saalistavia petoja.

Vesiperhosen toukat ovat melko yleisiä kaikissa lammikoissa. Vesiluteet ovat lammikoissa usein runsaslukuisia, mutta vain harvat ovat kalojen kannalta houkuttelevia ravintokohteita. Jotkut suvut ovat kalojen ravintokilpailijoita tai jopa kalojen poikasia saalistavia petoja. Sekä vesikova-kuoriaisten toukat että aikuiset kuoriaiset ovat yleisiä lammikoissa. Ravintona kalat eivät niitä kovinkaan paljo arvosta, mutta usein ne ovat kalojen ravintokilpailijoita. Monet toukat ja tietyt aikuiset kuoriaiset ovat lisäksi pieniä poikasia saalistavia petoja. Aikuiset ovat lentokykyisiä ja ne pystyvät helposti siirtymään lammikosta toiseen.

Surviaissääsket muodostavat yhden kalojen tärkeimmistä ravintokohteista. Planktonravintoa syöviä kaloja lukuun ottamatta kaikki syövät surviaissääskiä ja monille niistä ne ovat tärkein ravinnon lähde. Surviaissääskiä tavataan kaikissa luonnonravintolammikoissa. Niitä elää kasvillisuuden joukossa ja mudan sisällä. Surviaissääskien lisäksi lammikoissa tavataan toki myös muita kaksisiipisiä (Huet 1986).

3.3. Harjuksen poikasiin kohdistuva saalistus

Petohyönteisten ja eräiden muiden selkärangattomien vesieläinten kalanpoikasiin kohdistamasta saalistuksesta on kirjallisuudessa paljonkin mainintoja (esim. Huet 1986, Jansson 1997, Nilsson 1997, Norling & Sahlén 1997), mutta tuskin lainkaan tutkimuksiin pohjautuvaa tietoa. Petohyönteisten esiintymistiheys vaihtelee todennäköisesti kuitenkin huomattavasti riippuen altaan ominaisuuksista, lähiympäristöstä ja siitä, onko allas talvella tyhjä vai onko siinä vettä. Tämä tiedon puute selittyy sillä, että nämä pedot eivät muodosta siialle samantasoista uhkaa kuin harjukselle. Vasta nyt, kun harjusistutukset ja harjusistukkaiden viljely on voimakkaasti lisääntynyt, on harjuslammikoiden heikko tuottavuus tullut esiin (Sundell ym. 2000). Luon-

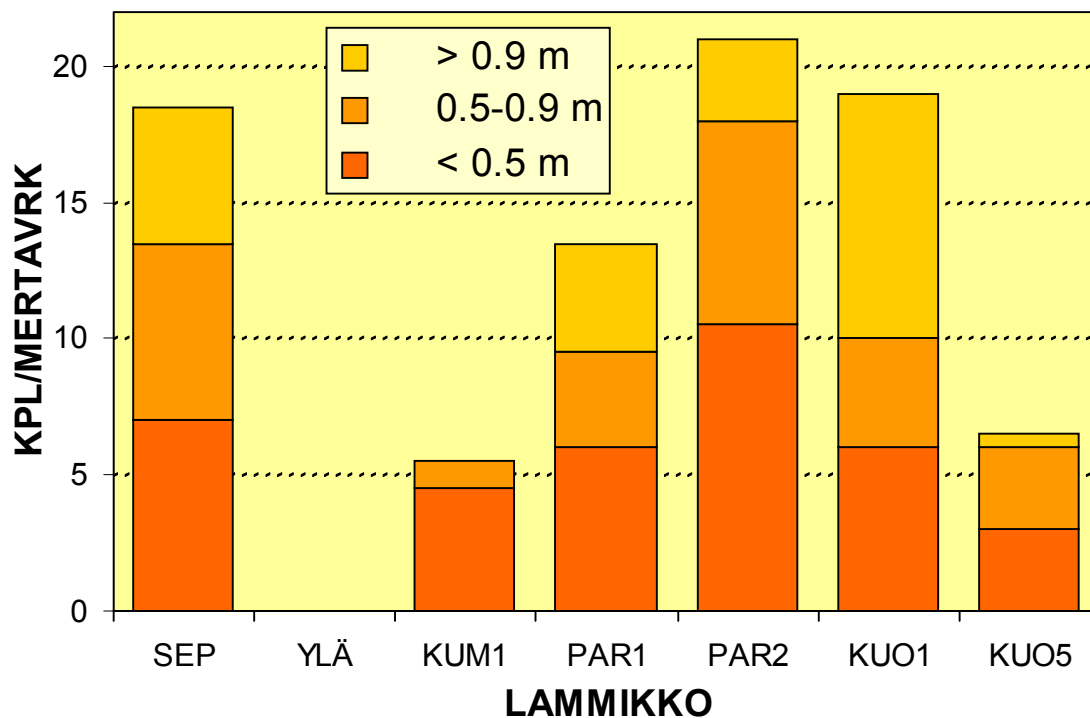
nonoloissa saalistuksen tutkimisen tekee lisäksi ongelmalliseksi sekä saalistavien petohyönteisten että saaliskalojen populaatiotiheyksien luotettava arviointi. Esimerkiksi suurikokoiset sukeltajakuoriaiset voivat lentää aikuisena lammikosta toiseen saalistusmatkoillaan (Nilsson 1997). Toisaalta kalanpoikasten kuolleisuuteen voivat vaikuttaa monet muutkin ympäristötekijät kuin saalistus. Näistä ehkä merkittävimminä voidaan mainita kasvukauden sääolot.

Luonnonravintolammikko on harjukselle elinolosuhteiltaan luonnon elinympäristö. Esimerkiksi veden ja pohjan laatu poikkeavat usein varsin paljon luontaisten elinalueiden olosuhteista. Myöskään monissa lammikoissa runsaina esiintyviä suurikokoisia petohyönteisiä (sudenkorennon toukat, aikuiset sukeltajat ja niiden toukat sekä malluaiset) ei merkittävässä määrin esiinny harjuksen luontaisilla elinalueilla. Näitä petohyönteisiä voi olla lammikoissa huomattavia määriä. Niiden harjuksen poikasiin kohdistama saalistus saattaakin olla yksi merkittävä kasvatustulokseen vaikuttava tekijä (Sundell ym. 2000).

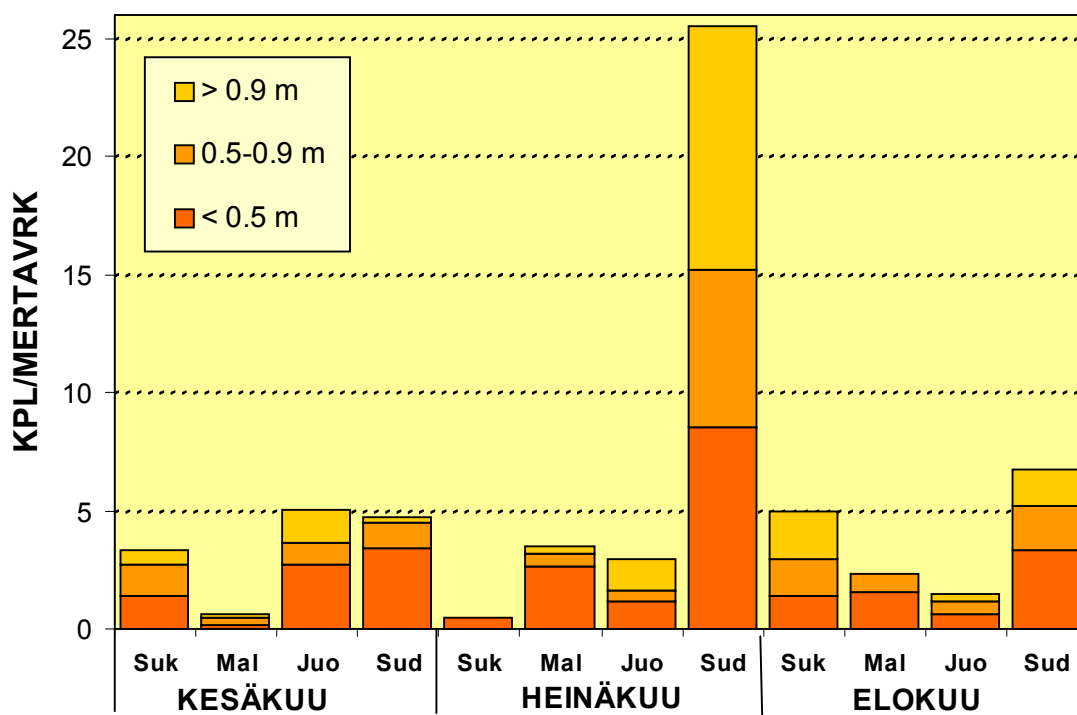
Vuonna 1999 tehdyssä tutkimuksessa (Sundell ym. 2000) pyrittiin selvittämään, miten hyönteismäärät vaihtelevat lammikoiden eri syvyisillä alueilla. Pyynnissä käytettiin erityisesti tätä tutkimusta varten kehitettyjä mertoja. Alle 0.5 metrin syvyisiltä alueilta saalismäärä oli keskimäärin 16 saaliseläintä pyyntivuorokautta kohden. 0.5-0.9 metrin syvyisillä alueilla saalismäärä oli kahdeksan ja yli 0.9 metrin syvyisillä alueilla 10 saaliseläintä pyyntivuorokautta kohden (kuva 10). Saalismäärä oli siis matalimmalla alueella lähes kaksinkertainen kahteen muuhun syvyysvyöhykkeeseen verrattuna. Lammikosta, joka oli kuivillaan suuren osan vuodesta, ei merroilla saatu petohyönteisiä lainkaan. Toiseksi pienimmät yksikkösaaliit saatiin lammikosta, joka oli, sen halki virtaavaa puroa lukuun ottamatta, kuivillaan talvella. Sudenkorentoja lammikossa esiintyi jonkin verran, mutta sukeltajien ja malluaiden määrä oli erittäin pieni.

Eri petohyönteisryhmien esiintyminen luonnonravintolammikoissa vaihteli kesän aikana. Sukeltajia lammikoissa esiintyi alkukesästä ja elokuussa. Heinäkuussa niiden määrä oli erittäin vähäinen (kuvat 11 ja 12). Malluaisia taas oli saaliissa kesäkuussa erittäin vähän. Suurimmillaan niiden määrä oli heinäkuussa. Juotikkaita esiintyi eniten alkukesästä, jonka jälkeen niiden saalismäärä väheni koko ajan loppukesää kohti. Sudenkorentojen kohdalla heinäkuussa oli selvä saalispiikki, jolloin niitä saatiin saaliiksi kaikista syvyyksistä (Sundell ym. 2000).

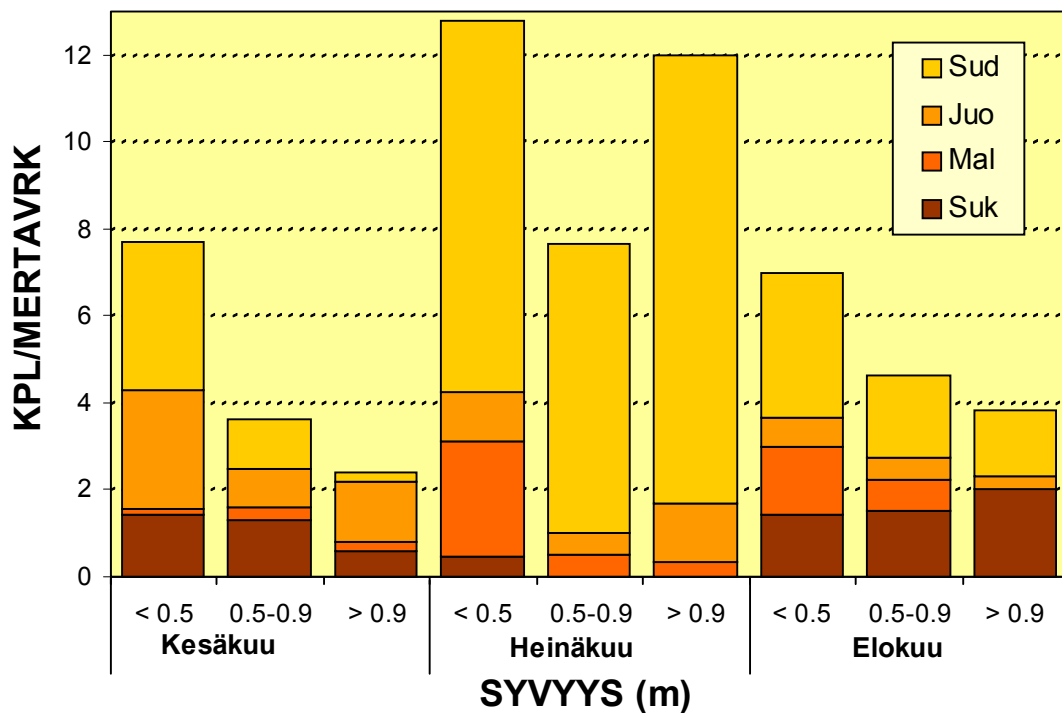
Yleensä harjuksen poikaset istutetaan lammikoihin alle 20 mm:n pituisina, jolloin niiden ruskuaisravinto on loppumaisillaan ja ne ovat aloittelemassa ulkoisen ravinnon käyttöä. Tässä kehitysvaiheessa ne liikkuvat matalilla alueilla ja lähellä pintaa (Penaz 1975, Scott 1985). Tällainen käyttäytyminen jatkuu noin 25 mm:n pituiseksi, eli noin viikon ajan lammikkoon siirtämisen jälkeen. Tämän jälkeenkin on todennäköistä, että harjukset käyvät ruokailemassa näillä matalilla alueilla. Petotiheydet olivat korkeimmillaan matalilla kasvillisuusalueilla. Selvästi eniten petohyönteisiä saatiin saaliiksi alle 0.5 metrin syvyisiltä alueilta. On todennäköistä, että koska petomäärät ovat matalilla alueilla suurimmillaan, myös niiden harjuksiin kohdistama saalistus on näillä alueilla voimakkainta.



Kuva 10. Luonnonravintolammikoista syöttimerroilla saadut petohyönteisten (sukeltajat, malluaiset, sudenkorennot) ja juotikkaiden koko kesäajan yksikkösaaliit (kpl/mertavuorokausi) lammikoittain ja syvyysvyöhykkeittäin vuonna 1999 (Sundell & Hynynen 2000).



Kuva 11. Luonnonravintolammikoiden petohyönteispyynnin yksikkösaaliit (kpl/mertavuorokausi) tärkeimpien petoryhmien osalta (sukeltajat, malluaiset, juotikkaat, sudenkorennot) kuukausittain vuonna 1999 (Sundell & Hynynen 2000).



Kuva 12. Luonnonravintolammikoiden petohyönteispyynnin yksikkösaaliit (kpl/mertavuorokausi) tärkeimpien petoryhmien (sukeltajat, malluaiset, sudenkorennot) ja juotikkaiden osalta kuukausittain ja syvyysvyöhykkeittäin vuonna 1999 (Sundell & Hynynen 2000).

4. ISTUKKAIDEN KASVATTAMINEN

4.1. Luonnonravintolammikkoviljelijöiden käsitykset harjuksesta ja sen viljelystä

Sundellin (1998) tekemän tiedustelun mukaan harjuksen luonnonravintolammikkokasvatus on harjuksia kasvattaneiden viljelijöiden mukaan melko hankalaa ja riskialtista. Kesän sääolot ratkaisevat suurelta osin kasvatustuloksen. Veden lämpötilan katsottiin olevan merkittävin kasvuun ja kuolleisuuteen vaikuttava tekijä. Siksi herkästi lämpiävät altaat (matala, tummavetinen, veden vaihtuvuus vähäistä) eivät sovellu harjuksen kasvatukseen. Lämpimänäkin kesänä harjuksen kasvatus luonnonravintolammikossa voi kuitenkin onnistua. Kasvatustulokset saattavat vaihdella samanakin kesänä huomattavasti altaasta riippuen. 57 % tiedusteluun vastanneista oli sitä mieltä, että karut, kylmävetyiset altaat tarjoavat harjuksen viljelylle parhaat edellytykset. Kasvu on tällaisissa altaissa parempi kuin lämminvetisissä altaissa.

Veden lämpötilan lisäksi altaan pohjan laadun katsottiin vaikuttavan kasvatustulokseen. Muutenkin harjus on lammikon laadun suhteen vaativaisempi kuin siika. Esimerkiksi veden hyvä vaihtuvuus parantaa onnistumismahdollisuuksia harjuksia kasvatettaessa. Siksi monet siian kasvattamiseen sopivat altaat eivät välttämättä sovellu harjukselle. Lisäksi kasvatustiheyden tulee olla harjuksella pienempi kuin siialla.

Tiedusteluun vastanneiden mukaan eläinplanktonravinto on harjuksen tärkeintä ravintoa ensimmäisen kesän aikana. Vaikka 11 cm:n keskimitan saavuttaminen oli useimpien mielestä mahdollista pelkästään luonnonravinnon avulla oltiin kuitenkin sitä mieltä, että on kannattavampaa kasvattaa paljon pienikokoisia istukkaita kuin määrällisesti vähemmän, mutta suurikokoisempia istukkaita. Suurikokoisista istukkaita saatava hieman parempi hinta ei ainakaan vuonna 1997 riittänyt korvaamaan pienempää tuotantomäärää, suurikokoisten istukkaiden kasvattaminen kun edellyttää selvästi pienempää kasvatustiheyttä. Yhdeksän cm:n keskipituutta pidettiin istutusten tuloksellisuutta ajatellen täysin riittävänä. Lähes kaikki järviharjusta kasvattaneet pitivät harjuksen etuna sitä, että istukkaat on helppo saada kaupaksi (Sundell 1998).

Hyvän harjusaltaan tärkeimmät ominaisuudet tiedusteluun vastanneiden mukaan tärkeysjärjestyksessä:

1. Allas pystyttävä tyhjentämään. Kaikki vesi saatava pois.
2. Veden riittävä vaihtuvuus (estää myös lämpötilan liiallista kohoamista)
3. Puhdas, kirkas vesi
4. Kivennäispohja (suuri pohjapinta-ala - hyvä ravintotuotanto)
5. Viileää vettä (pumpulla järvestä, lähteitä tms.)
6. Riittävän syvä
7. Varjoisa
8. Pieni allaskoko
9. Muita: Savipohja hyvä, mutapohja ei käy. Pintakasvillisuutta sopivasti. Paljon hyönteisiä. Vanha lammikko uutta parempi. Pellolle tehty hyvä. Sopivasti ravinteita.

Riskeistä huolimatta suurin osa järviharjusta vuosina 1990-96 kasvattaneista aikoi kasvattaa harjusta myös vuonna 1997. Selvästi suurin syy halukkuuteen jatkaa harjuksen kasvattamista on istukkaiden hyvä menekki ja hintataso. Osalla vaikutti myös mielenkiinto harjuksen viljelyä ja sen kehittämistä kohtaan. Lähes ainoa syy harjuksen viljelyn lopettamiseen oli käytettävissä olevien altaiden sopimattomuus harjuksen viljelyyn (Sundell 1998).

4.2. Harjusistukkaiden kasvattamisen edellytykset

Harjukset, kuten siian sukuiset kalatkin, kuuluvat lohikalojen pienisuiseen ryhmään ja ovat osa Thymallidae-sukua. Thymallus-suvulle on luonteenomaista suurikokoinen ja korkea selkäevä ja suhteellisen suuret suomut (Huet 1986). Kilpisen ym. (1986) mukaan harjuksen luonnonravinto-lammikkokasvatusta pidetään jopa helpompana kuin vastaavaa siian kasvatusta. Harjuksen

poikaset kuoriutuvat myöhemmin kuin siian poikaset, jolloin lammikkoon on jo tavallisesti ehtinyt kehittyä riittävästi ravintoeliöitä.

Yksinkertaisinta on kasvattaa poikasia lammikoissa, joissa on runsaasti luonnollista ravintoa. Tässä suhteessa hyviä ovat kalkkipitoiset alueet. Sopiva kasvatustiheys on 5-10 poikasta/m². Lampeen pantava kalamäärä riippuu viime kädessä lammen tuotantokyvystä ja koosta. Jos ravintoa on riittävästi, kasvaa harjuksen poikanen nopeasti ja saavuttaa syksyyn mennessä 10-12 cm:n pituuden. Jos osa harjuksista halutaan vielä jättää altaaseen kasvamaan, pyydetään tässä vaiheessa harjuksia pois niin paljon, että tiheydeksi jää 1-2 poikasta/m² (Huet 1986).

Seppovaaran (1985) käsityksen mukaan veden pitkäaikainen 20°C:n ylittävä lämpötila muodostuu poikasille turmiolliseksi. Lammikon liiallinen rehevyys ja mataluus saattavat rajoittaa tuotannon mitättömäksi. Heikkoon kasvatustulokseen saattaa lisäksi olla syynä riittämätön veden vaihtuminen, petohyönteiset, loiset tai ravinnon niukkuus. Huet'n (1986) mukaan lammikko, jonka kesälämpötila on noin 20°C, on sopiva lohikalojen kasvatukseen. Tällaisessa lammikossa pitäisi olla mahdollista kasvattaa lohikaloja, ilman ruokintaa, 100 kg/ha.

Eräiden havaintojen mukaan harjuksen poikaset ovat kasvaneet hyvin karuissa lammikoissa. Lammikoiden liiallisesta rehevyydestä on ollut vain haittaa. Yleensä luonnonravintolammikon poikastuotanto on sitä parempi, mitä rehevämpi se on eli mitä tehokkaampaa on ravintoeläintuotanto. Karujen lammikoiden sopivuus harjukselle selittyy ainakin osittain sillä, että harjus jo melko varhaisessa vaiheessa alkaa ottaa ilmaravintoa. Toisaalta tiedetään, että harjuksen kutualueiden tulee olla levistä ja muusta orgaanisesta aineksestä mahdollisimman puhdasta mineraaliainesta. Voi olla, että myös poikasille on eduksi syntymäbiotooppien kaltaiset olosuhteet, kunhan ravintoa on riittävästi. Ilmaravinnon hyödyntämiseksi tulisi lammikon rantamilla olla puita ja muuta kasvustoa, jonka ylläpitämästä hyönteistuotannosta myös kalat saisivat osansa (Kilpinen ym. 1986).

4.3. Kasvatuksen eri vaihtoehdot

Harjuksen luonnonravintolammikkoviljelyssä voidaan käyttää kahta erilaista kasvatustrategiaa. Se, kumpi strategia valitaan, riippuu kasvatustoiminnan tavoitteista ja harjusistukkaiden hintapolitiikasta. Kysymys on ennen kaikkea siitä, kannattaako viljelijän tuottaa määrällisesti paljon vai suurikokoisia istukkaita. Silloin, kun toimitaan luonnonravinnon varassa, nämä tavoitteet eivät voi toteutua samanaikaisesti. Omat rajoitteensa tätä valintaa tehtäessä aiheuttavat myös käytettävissä olevat lammikot. Jokainen lammikko muodostaa oman kokonaisuutensa. Esimerkiksi käytettävissä olevan ravinnon ja petohyönteisten määrä sekä kesäiset lämpöolosuhteet saattavat vaihdella huomattavasti altaittain.

4.3.1. Kasvatustiheyden maksimointi

Pyrittäessä maksimoimaan lammikosta saatava istukasmäärä, kasvatetaan poikasia alkuvaiheessa suuressa tiheydessä. Tällaisissa kasvatusoloissa ei kilpailu ravinnosta vielä kasvatuksen alkuvaiheessa välttämättä ole kovin suuri. Jos poikaset on istutettu altaaseen vaiheessa, jolloin sinne on jo ehtinyt kehittyä ravintoa (mm. eläinplanktonia ja surviaissääsken toukkia), riittää ravintoa ja poikaset pääsevät hyvin kasvun alkuun. Niiden koon kasvaessa ja ravinnontarpeen lisääntyessä kilpailu ravinnosta kuitenkin varsin nopeasti kiristyy, kunnes kysymys on todellisesta eloonjäämistäistelusta. Poikaset hyödyntävät tällöin lammikon ravintovarot hyvin tehokkaasti. Kilpailu ravinnosta on kova. Poikasten on kulutettava paljon energiaa ravinnon etsintään ja mahdollisesti tyydyttävä ainakin osittain laadullisesti sellaiseen ravintoon, mitä ne eivät käyttäisi, jos olisi valinnanvaraa. Mahat ovat tällaisissa olosuhteissa kasvavilla kaloilla yleensä melko tyhjiä. Kasvu on niukan ravintomäärän ja ravinnon hankintaan kuluvan suuren energiamäärän takia heikkoa tai pysähty kokonaan. Saatu energia kuluu lähes kokonaan elossa säilymiseen.

Tällainen kasvattaminen ei suinkaan ole kasvattajan kannalta riskitöntä. On osattava arvioida, kuinka paljon harjuksia altaaseen voidaan laittaa, jotta kuolleisuus pysyisi mahdollisimman pienenä. Käytännössä on käytetty jopa selvästi yli 50000 poikasen kasvatustiheyksiä hehtaaria kohden. Esikasvatettuja poikasia käytettäessä sopiva poikasmäärä riippuu lammikkoon istutettavien poikasten koosta. Toisaalta poikasten hidaskasvu ja suuri kasvatustiheys pitää ne varsin pitkään alttiina petohyönteisten saalistukselle. Siksi on tärkeää, että petohyönteisten määrä pystytään tällaisissa altaissa minimoimaan.

Jotta kasvatuksesta saataisiin hyvä tulos, on istukkaat kyettävä siirtämään tyhjään lammikkoon kasvamaan vähintään viimeisen kasvatuskuukauden ajaksi. Muuten istukkaiden koko voi jäädä hyvinkin pieneksi, jolloin niiden arvo istukkaina ei ole läheskään samaa luokkaa, kuin suurikoisemmilla istukkailla. Saatujen istukkaiden keskikokoon tulee olla yli 90 mm. Tämän viimeisen kuukauden aikana kasvu voi olla hyvin nopeaa. Mikäli käytettävissä ei ole valmiiksi tyhjiä lammikoita merkitsee tämä muun kasvatustoiminnan järjestämistä siten, että esimerkiksi joku siika- tai kuhalammikko voidaan tyhjentää ja ottaa harjusten käyttöön elokuun loppupuolella. Joissakin tapauksissa on tehty myös niin, että suuressa tiheydessä kasvatetut harjukset on otettu pois altaista jo elokuun lopulla ja istutettu saman tien kohdevesistöön. Tällaisen toiminnan tuloksellisuudesta ei kuitenkaan ole olemassa tietoa. Jos istutukset tehdään huolella, istukkaisiin kohdistuva saalistus ei ole kovin suurta ja istutusalue soveltuu hyvin harjuksen elinalueeksi, saattavat tällaiset istutukset antaa hyvänkin tuloksen. Toisaalta vesi on usein elokuun loppupuolella vielä varsin lämmintä, mikä heikentää istukkaiden stressinsietokykyä ja saattaa lisätä kuolleisuutta siirtovaiheessa.

4.3.2. Istukkaiden koon maksimointi

Periaatteessa lammikosta saatujen istukkaiden koko on sitä suurempi, mitä pienemmässä tiheydessä niitä kasvatetaan. Istukkaiden kasvatuksessa kyse on kuitenkin istukkaiden koon maksimoinnista siten, että myös istukasmäärä pysyy vielä kasvattajan kannalta järkevissä puitteissa. Luonnonravintolammikossa kaloilla on käytettävissä tietty määrä tietynlaista ravintoa. Mitä vähemmän kala joutuu käyttämään energiaa ravinnon hankintaan, sitä enemmän energiaa jää kasvuun.

Käytännössä 15000-20000 kalan istutustiheys hehtaarille ei välttämättä tarkoita sitä, että saadut istukkaat ovat merkittävästi kookkaampia tiheässä kasvatettuihin verrattuna. Tämä johtuu siitä, että kalat pidetään koko kasvatusjakson ajan samassa lammikossa. Tällä kasvatustiheydellä, jos kuolleisuus saadaan pidettyä kohtuullisena, ravintokilpailu on kasvatuskauden lopulla jo varsin kova. Tällöin viimeisen kasvatuskuukauden kasvu voi olla selvästi heikompi, kuin istukkaiden määrää maksimoitaessa, jos suuressa tiheydessä kasvaneiden harjusten kasvatustiheyttä on kasvatuksen loppuvaiheessa mahdollista selvästi harventaa. Todella merkittävä ero kasvussa saavutettaneen vasta sitten, kun istutustiheys on selvästi yllä mainittua alhaisempi. Vuosina 1997-98 (Sundell 1998) kaikissa niissä tapauksissa, joissa istukkaiden keskikoko luonnonravinnolla kasvatettaessa oli 110 mm:ä tai suurempi, oli saatujen istukkaiden määrä alle 5000 kappaletta hehtaaria kohden.

Istukkaiden kokoa maksimoitaessa luonnonravintolammikkoviljely ei välttämättä ole paras vaihtoehto. Tällä hetkellä käytössä olevista kasvatusmuodoista istukkaiden kassikasvatus muodostaa tässä mielessä varsin varteenotettavan vaihtoehdon. Syksyllä 1998 Etelä-Saimaaseen istutettiin 3100 kassikasvatettua yksikesäistä harjusta, joiden keskipituus oli 125 mm:ä ja keskipaino 13.5 grammaa. Myös maa-allaskasvatus saattaa olla toimiva vaihtoehto. Siialla on saatu hyviä tuloksia, mutta harjuksella sitä ei ilmeisesti ole vielä kokeiltu. Harjusistukkaiden kokoa maksimoitaessa erilaisissa olosuhteissa tapahtuva intensiiviviljely on siis varsin houkutteleva kasvatusvaihtoehto, koska siinä voidaan suuressa tiheydessä tuottaa suurikokoisia istukkaita.

4.3.3. Eri kasvatusstrategioiden arviointia

Luonnonravintolammikkoviljely on yleensä yritystoimintaa, jonka tavoitteena on toiminnan taloudellinen kannattavuus. Luonnonravintolammikkoviljelyn kohdalla istukkaiden hinnoittelu on pitkään tukenut määrää koon kustannuksella. Tämä on ymmärrettävää, koska istukkaiden koon merkitys istutusten tuloksellisuuteen tunnetaan varsin huonosti. Tämän asian selvittämistä vaikeuttaa huomattavasti se, että istukkaiden koon vaikutus istutusten tuloksellisuuteen saattaa olla hyvin erilainen eri kalalajeilla ja eri tyyppisillä vesialueilla. Viime vuosina on eri kokoisten harjusistukkaiden hintakehitys kuitenkin mennyt oikeaan suuntaan.

Käytettävissä olevat lammikot määräävät usein käytettävän kasvatusstrategian. Ongelman, pyrittäessä suureen istukasmäärään, muodostaa usein se, että kasvattajalla ei ole loppukesästä käytettävissään tyhjiä luonnonravintolammikoita, joihin suuressa tiheydessä kasvatetut, nälkiintyneet ja pienikokoiset harjukset voitaisiin panna kasvamaan. Harjukset on siksi kasvatettava istukaskokoon yhdessä ja samassa lammikossa. Tällöin on pyrittävä löytämään se kasvatustiheys, jolla pystytään tuottamaan mahdollisimman paljon riittävän suurikokoisia (keskikoko yli 90 mm) istukkaita. Kysymys on siis usein kompromissista kahden vaihtoehdon välillä.

Sopiva pienten harjusten istutustiheys saattaa vaihdella huomattavasti luonnonravintolammikosta riippuen. Jos on kysymys lammikosta, jossa ei ole aiemmin harjusta kasvatettu, voidaan ensimmäisenä kasvatusvuotena käyttää alkuvaiheen kasvatustiheytenä 15000 harjuksen poikasta hehtaarille (Sundell 1998). Tämän jälkeen voidaan kasvatustiheyttä muuttaa kasvatuksesta saatujen kokemusten mukaisesti. Se, minkä kokoiseksi lammikon ravintovarot riittävät harjukset kesän aikana kasvattamaan on vaikea arvioida, koska usein kuolleisuus on etenkin kasvatuksen alkuvaiheessa varsin suurta ja vaihtelee altaittain ja vuosittain. Merkittävä kuolleisuutta aiheuttava tekijä saattaa monissa altaissa olla sääolojen lisäksi petohyönteisten kalan poikasiin kohdistama saalistus.

4.4. Poikasten istuttaminen kasvatusaltaaseen

Taimenen kohdalla poikasia ei saa istuttaa liian varhaisessa kehitysvaiheessa, sillä silloin kuolleisuus on suuri. Se ei kuitenkaan saa tapahtua liian myöhäänkään. Paras aika on silloin, kun poikaset, vapautuneena ruskuaispussin painosta, jättävät pohjan, missä ne ovat viipyneet jonkin aikaa. Ne nousevat pintaan, uivat helposti ja käyttäytyvät kuin oikeat kalat. Tässä vaiheessa ruskuaispussin koko on vain 20-25 % siitä, mikä se oli kuoriutumisen jälkeen. Tämä reservi on poikaselle tärkeä sen tutustuessa uuteen ympäristöönsä ja opetellessa ulkoisen ravinnon käyttöön. Vapauttamisen ajankohta on noin 200 päiväastetta kuoriutumisen jälkeen (Huet 1986, Kilpinen ym. 1986). Tämä sama periaate poikasten kotiuttamisessa luonnonravintolammikkoon pätee myös harjuksen kohdalla.

Istutettaessa vastakuoriutuneita poikasia lammikkoon, pitäisi siellä olla riittävästi kyllin pienikokoisia ravintoeläimiä (rataseläimiä, äyriäisplankterien naupliusasteita tai pienikokoisia aikuisia lajeja), koska lämpimässä vedessä ruskuaisravinto kuluu nopeasti loppuun. Olosuhteet saattavat eri kasvatuslammikoissa vaihdella huomattavasti. Vastakuoriutuneet poikaset on siksi saatava lammikkoon mahdollisimman hyväkuntoisina, niin että ne kykenevät hankkimaan ravintonsa epäedullisissakin olosuhteissa (Kilpinen ym. 1986).

Seppovaara (1985) suosittelee vastakuoriutuneiden poikasten istutustiheydeksi 10000-15000 kpl/ha. Tärkeätä on, että poikastiheys vastaa lammikoiden tuotantokykyä. Vasta ensimmäisten vuosien kokemukset kuitenkin paljastavat kullekin lammikolle sopivan poikastiheyden. Korhosen (1978) mukaan vastakuoriutuneita harjuksia on tavallisesti pantu lammikkoon 17000

kappaletta hehtaarille, määrän jonkin verran vaihdellessa lammikon tuotanto-olojen mukaan. Kerättyjen kasvatustietojen perusteella voidaan uuden harjuslammikon istutusmäärän eräänlaiseksi ohjearvoksi antaa 10000 vastakuoriutunutta poikasta hehtaarille.

Jos poikasia kasvatetaan luonnonravintolammikoissa, on syytä varmistaa, että niihin ei jää poikasia syöviä petokaloja. Hyvä keino on laskea lammikkoon vesi vain hieman ennen poikasten laittamista sinne. Jos tavoitteena kuitenkin on, että poikaset tulevat toimeen luonnonravinnon varassa, on ravintoeläimille annettava aikaa kehittyä ennen poikasten laittamista lammikkoon. Tämä saattaa vaatia aikaa useita viikkoja (Huet 1986). Poikaset kannattaa istutusvaiheessa levittää tasaisesti koko lammikkoalalle. Näin voidaan merkittävästi vähentää ravintokilpailua ja vesirajan läheisyydessä elävien petohyönteisten aiheuttamia tappioita (Kilpinen ym. 1986).

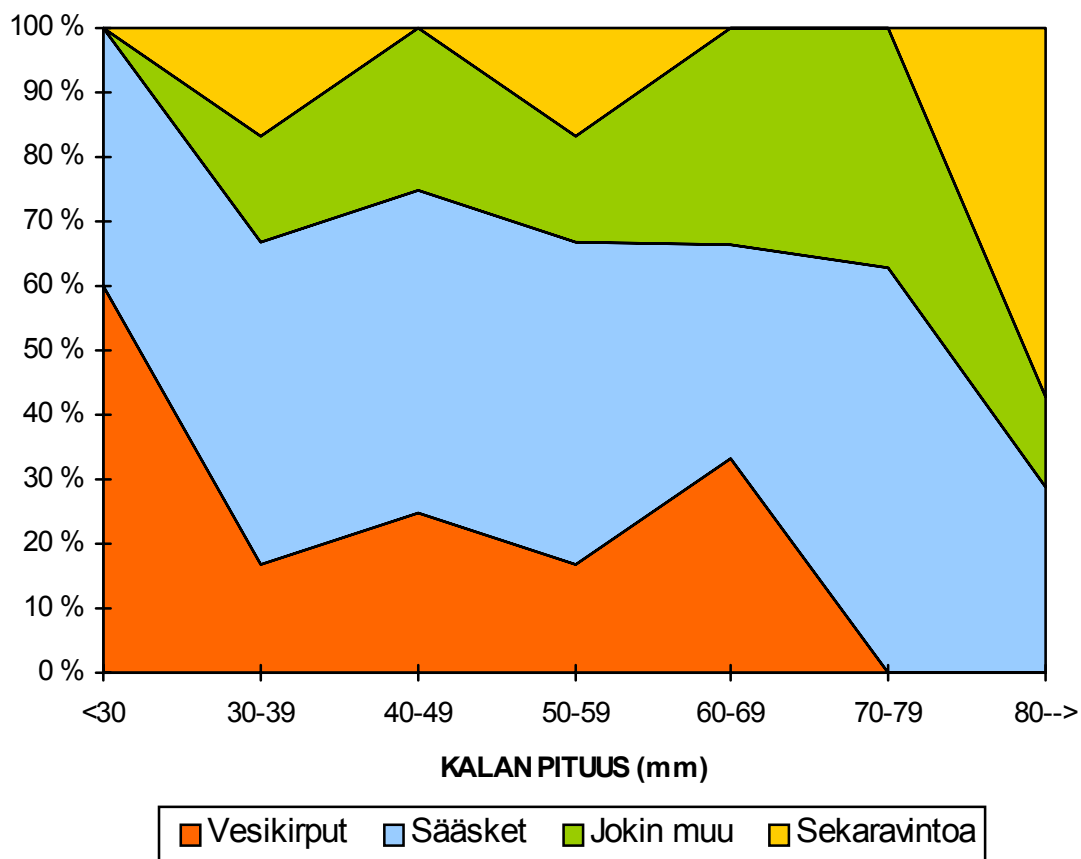
4.5. Harjuksen poikasen ravinto luonnonravintolammikossa

Kalojen käyttämä ravinto vaihtelee huomattavasti riippuen kalan lajista ja iästä. Erot eri kalalajien ravinnonkäytössä tulevat usein esiin vasta iän mukana. Kaloilla voidaan erottaa kolme ravinnonkäyttöön liittyvää kehitysvaihetta (Huet 1986). Eläessään ruskuaisen varassa (1. vaihe) kala ei käytä ulkoista ravintoa. Mitä suurempi ruskuaispussi on, sitä hitaammin se kuluu. Mitä korkeampi lämpötila, sitä nopeammin se kuluu. Kevättalvella kuoriutuvilla lohikalajien poikasilla on suurempi ruskuaispussi kuin särkikalajoilla, jotka kuoriutuvat kevään lopulla. Hieman ennen ruskuaisen loppumista poikaset alkavat käyttää ulkoista ravintoa (2. vaihe, poikasvaihe). Kaikki kalalajit käyttävät tässä vaiheessa enemmän tai vähemmän samanlaista ravintoa, vesikirppuja ja levää. Sitten tulevat kuvaan mukaan muut äyriäiset ja surviaissääsken toukat. Hiljalleen iän kasvaessa ravintovaatimukset tulevat yhä enemmän aikuisen kalan (3. vaihe) ravintovaatimusten kaltaisiksi.

4.5.1. Ravinnon valinta eri kokoisilla harjuksilla

Ulkoisen ravinnon käytön alkuvaiheessa pääosan harjuksen poikasten ravinnosta muodosti eläinplankton, erityisesti vesikirput. Tämä johtui kahdesta syystä. Ensiksi, eläinplanktonista löytyi pienelle poikaselle sopivan kokoisia ravintokohteita. Toiseksi, opetellessaan ulkoisen ravinnon käyttöön poikanen liikkuu lähellä pintaa, jolloin luonnollisen ravinnon muodosti vedessä vapaasti liikkuva eläimistö. Tämä näkyi varsin hyvin myös poikasten käyttämässä ravinnossa. 20 mm:n pituisista harjuksista eläinplankton oli pääravintoa yli 90 %:lla. Kuvassa 13 näkyvä 60 % osuus johtuu siitä, että noin 25 mm:n pituisena harjukset siirtyvät lähemmäs pohjaa ja alkavat käyttää lisääntyvässä määrin pohjaeläimiä ravinnokseen (Sundell 1999).

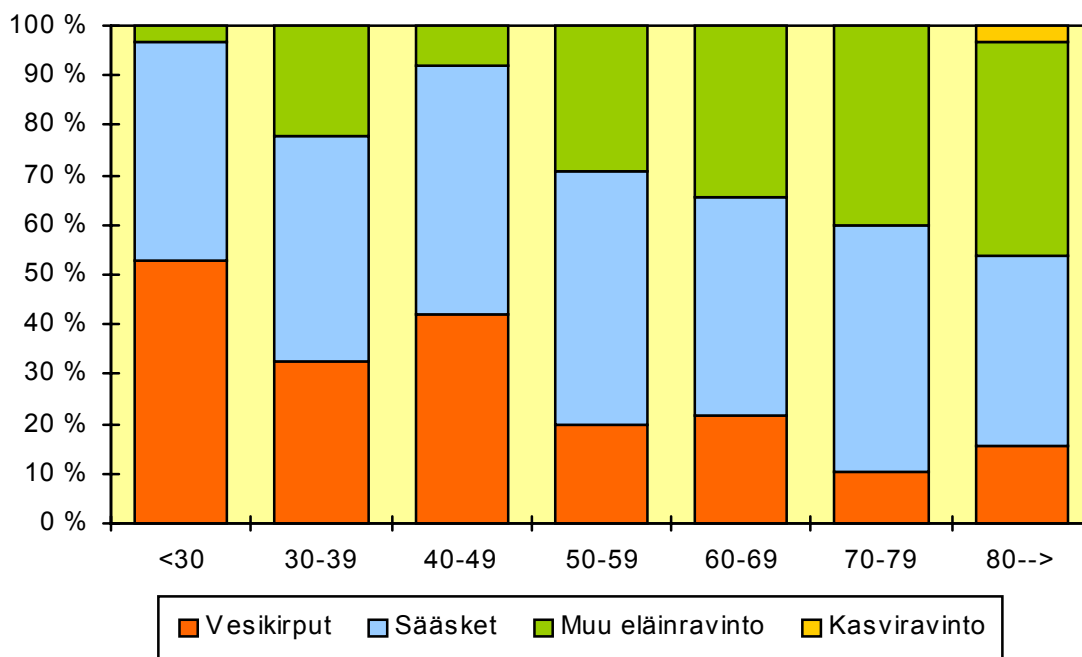
21-30 mm:n pituisista poikasista 60 % käytti pääravintonaan eläinplanktonia (kuva 13), etenkin *Bosmina*-vesikirppuja. 40 %:lla sääskien eri kehitysvaiheet, etenkin surviaissääsken toukat,



Kuva 13. Kuvassa on esitetty, miten suuressa osassa altaita (%) jokin tietty ravintoeläinryhmä on muodostanut pääasiallisen ravintokohteen (osuus vatsassa olleesta ravintomassasta yli 50 %). Kohta “sekaravintoa” merkitsee, että harjuksilla ei ollut selkeää pääravintokohtetta (Sundell 1999).

muodostivat yli 50 % ravinnosta (kuva 14). Yli 30 mm:n pituisista harjuksista sääskien eri kehitysvaiheet muodostivat pääasiallisen ravinnon jo noin 50 %:lla. Koon kasvaessa harjukset alkoivat käyttää yhä suurikokoisempia ravintoeläimiä. Yli 80 mm:n pituisilla harjuksilla sääskien osuus ravinnossa vähenikin selvästi suurikokoisempien ravintoeläinten osuuden vastaavasti lisääntyessä (Sundell 1999).

Kaiken kaikkiaan harjusten ravinto luonnonravintolammikoissa oli varsin monipuolista. Pääasialliset ravintokohteet saattoivat samassakin lammikossa olla erilaisia. Tähän saattoi vaikuttaa se alue, missä kala lammikossa oleskeli. Ravintoeläintarjonta on lammikon eri osissa erilainen. **Alle 50 mm** pituisten harjusten pääasiallisia ravintokohteita (osuus ravinnosta yli 50 %) olivat joko vesikirput tai sääskien eri kehitysvaiheet, etenkin surviaissääskien toukat (kuva 14). Joidenkin yksilöiden havaittiin kuitenkin erikoistuneen vesiperhosen toukkiin, hankajalkaisiin, raakkuäyriäisiin tai sudenkorennon toukkiin (Sundell 1999).



Kuva 14. Eri ravintoeläinryhmien osuus eri kokoisten, luonnonravintolammikoissa eläneiden, harjusten ravinnossa keskimäärin. Ryhmässä “vesikirput” suurin osa on Bosminavesikirppuja (+ Daphnia, Polyphemus). Ryhmässä “sääsket” suurin osa on surviaissääskien toukkia (Sundell 1999).

Yli 50 mm:n pituisilla harjuksilla muodostui pääasiallinen ravinto usein vesikirpuista ja sääskistä, joskin muiden ravintokohteiden merkitys pääasiallisena ravintona lisääntyi selvästi kalan koon kasvaessa (kuva 14). Muita havaittuja pääasiallisia ravintokohteita olivat vesiperhosen toukat, sudenkorennon toukat, vesikovakuoriaiset, pistiäiset, hankajalkaiset, raakkuäyriäiset, vesiluteet ja kotilot. Ravintoeläinvalikoima on siis selvästi monipuolistunut pienempiin harjuksiin verrattuna (Sundell 1999).

Eläinplankton muodostaa siis luonnonravintolammikossa harjuksen poikasen tärkeimmän ravinnon poikasen siirtyessä ruskuaisravinnosta ulkoisen ravinnon käyttöön. Eläinplanktonin merkitys kuitenkin vähenee varsin nopeasti ja merkittävimmäksi yksittäiseksi ravintoeläinryhmäksi tulevat sääskien, etenkin surviaissääskien, eri kehitysvaiheet, varsinkin toukat. Harjuksen poikasen ravinnosta muodosti usein huomattavan osan jokin tietty ravintoeläinryhmä. Suuri osa poikasista oli siis erikoistunut ravinnon käyttöönsä. Ravinnonvalintaan vaikuttavia tekijöitä ovat etenkin ravintokohteiden koko ja esiintymistiheys. Ilmeistä kuitenkin on, että jotkut harjukset olivat erikoistuneet käyttämään ravintoa, joka ei ollut energiataloudellisesti paras vaihtoehto (Sundell 1999).

4.5.2. Elinolosuhteiden vaikutus ravinnon valintaan

Harjuksen elinolosuhteet vaihtelivat selvästi eri luonnonravintolammikoissa. Käytännössä tämä tarkoittaa eroa myös niiden tarjoamissa ravintoeläinvalikoimissa ja saalistusoloissa. Veden ja pohjan laadun lisäksi merkittävä vaikuttava tekijä oli kasvatustiheys, jossa erot altaiden välillä

olivat moninkertaisia. Kasvatustiheyden lisääntyminen lisäsi selvästi kilpailua ravinnosta. Monissa altaissa kasvatustiheys onkin yksi merkittävimmistä etenkin istukkaiden kokoon vaikuttavista tekijöistä. Seuraavassa on esitetty lyhyt yhteenveto eri tyyppisistä altaista saaduista tuloksista. Altaita koskevat tiedot on tässä yhteydessä esitetty lähinnä suhteessa toisiin seurannassa olleisiin altaisiin. Käsite “muu eläinravinto” tarkoittaa jatkossa kaikkea muuta harjusten käyttämää eläinravintoa, paitsi vesikirppuja ja sääskien eri kehitysasteita (Sundell 1999).

Allas 1. Vesi oli altaassa keskimääräistä kirkkaampaa (väri 80 Pt mg/l) ja vähäravinteisempaa (kok.-P 37 µg/l). pH-arvo (7.2) oli seurannassa olleista altaista korkein. Kasvatustiheys (16430 kpl/ha) oli selvästi alle keskitason. Vesikirput olivat 30-49 mm:n pituisten harjusten tärkein ravintokohde (liite 1). Niiden osuus oli noin 56 % käytetyn ravinnon kokonaismäärästä. Loppu koostui lähes kokonaan sääskien eri kehitysasteista. 70-79 mm:n pituisilla harjuksilla eläinplanktonin osuus ravinnossa oli vielä lähes samaa luokkaa. Ns. “muun eläinravinnon” osuus lisääntyi pienempiin kokoluokkiin verrattuna lähinnä sääskien kustannuksella. Yli 80 mm:n pituisilla kaloilla eläinplanktonin osuus ravinnossa pieneni selvästi, muun eläinravinnon, lähinnä muiden hyönteistoukkien, osuuden vastaavasti lisääntyessä (Sundell 1999).

Allas 2. Vesi oli altaassa seurannan kirkkainta (väri 50 Pt mg/l) ja ravinteisuus alle keskitason (kok.-P 23 µg/l). pH-arvo (7.1) oli lähes samaa luokkaa kuin altaassa 1. Kasvatustiheys (17330 kpl/ha) oli selvästi alle keskitason. Sääskien eri kehitysvaiheet olivat yli 40-59 mm:n pituisten harjusten tärkeintä ravintoa (liite 1). Niiden osuus oli yli 2/3 käytetyn ravinnon kokonaismäärästä. Loppu koostui lähes täysin “muusta eläinravinnosta”. 60-69 mm:n pituisilla harjuksilla “muu eläinravinto” muodosti 2/3 ravinnon kokonaismäärästä. Tämä johtui hankajalkaisten suuresta määrästä elokuun lopulla. Yli 70 mm:n pituisilla harjuksilla käytetty ravinto jakaantui tasan sääskien ja “muun eläinravinnon” kesken. Silmiin pistävää oli eläinplanktonin lähes täydellinen puuttuminen ravinnosta (Sundell 1999).

Allas 3. Vesi oli altaassa väriltään lähellä keskitasoa (väri 100 Pt mg/l), mutta selvästi vähäravinteisinta (kok.-P 37 µg/l). pH-arvo (6.6) oli selvästi alle keskitason. Kasvatustiheys (3890 kpl/ha) oli selvästi alhaisin. Kasvatus tapahtui yhdessä kuhien kanssa. Vesikirput olivat alle 40 ja 60-69 mm:n pituisten harjusten selvästi tärkeintä ravintoa (liite 1). Sääskien osuus ravinnossa jäi parhaimmillaankin alle kolmannekseen. Yli 70 mm:n pituisilla harjuksilla muun eläinravinnon, pääasiassa pistiäisten ja vesiluteiden, osuus ravinnossa lisääntyi selvästi aiempaan verrattuna lähinnä vesikirppujen kustannuksella (Sundell 1999).

Allas 4. Vesi oli altaassa väriltään (väri 60 Pt mg/l) ja ravinnepitoisuudeltaan selvästi alle keskitason (kok.-P 27 µg/l). Myös pH-arvo (6.7) oli jonkin verran keskitason alapuolella. Kasvatustiheys (50000 kpl/ha) puolestaan oli varsin suuri, selvästi yli keskitason. Vesikirput olivat kaiken kokoisten (20-70 mm) harjusten ylivoimaisesti tärkeintä ravintoa (liite 1). “Muun eläinravinnon” osuus lisääntyi jonkin verran yli 50 mm:n pituisten harjusten ravinnossa (Sundell 1999).

Allas 5. Vesi oli altaassa väriltään (väri 60 Pt mg/l) ja ravinnepitoisuudeltaan (kok.-P 31 µg/l) selvästi alle keskitason. pH-arvo (7.1) oli hieman yli keskitason. Kasvatustiheys on suuri, selvästi yli keskitason (50000 kpl/ha). 30-39 mm:n pituisten harjuksien tärkeintä ravintoa olivat sääskien eri kehitysasteet (liite 1). Yli 50 mm:n kokoisilla kaloilla vesikirppujen, sääskien ja “muun eläinravinnon” osuus ravinnossa vaihteli jonkin verran. 60-69 mm:n pituisilla kaloilla eläinplanktonin osuus oli suurimmillaan, kun taas 70-79 mm:n kokoluokassa sääsket muodostivat selvästi tärkeimmän ravintokohteen (Sundell 1999).

Allas 6. Vesi oli altaassa väriltään selvästi keskimääräistä tummempaa (väri 170 Pt mg/l). Ravinnepitoisuus oli selvästi keskimääräistä korkeampi (kok.-P 50 µg/l). pH-arvo (6.5) oli alempi kuin yhdessäkään muussa altaassa. Kasvatustiheys (23750 kpl/ha) on selvästi alle keskitason. Alle 40 mm:n pituisia näytekaloja oli vain yksi. Sen ravinto koostui lähes yksinomaan sääskistä (liite 1). 40-59 mm:n kokoluokassa vesikirput olivat selvästi tärkein ravintokohde. Yli 80 mm:n pituiset harjukset eivät enää juurikaan eläinplanktonia syöneet, vaan niiden ravinto koostui sääskistä ja “muusta eläinravinnosta” (Sundell 1999).

Allas 7. Vesi oli altaassa väriltään tummaa (väri 120 Pt mg/l) ja ravinnepitoisuus (kok.-P 57 µg/l) korkea muihin altaisiin verrattuna. pH-arvo (7.2) oli selvästi keskitason yläpuolella. Kasvatustiheys oli varsin suuri, selvästi keskitason yläpuolella (45000 kpl/ha). Alle 30mm:n pituiset harjukset käyttivät ravintonaan yksinomaan vesikirppuja (liite 1). 70-79 mm:n pituisten harjusten pääravintoa olivat puolestaan sääskien eri kehitysasteet. Yli 80 mm:n pituisilla kaloilla ravinto oli varsin monipuolista ja koostui sekä vesikirpuista, sääskistä että muusta eläinravinnosta. Myös kasviravinnon osuus oli varsin suuri (Sundell 1999).

Allas 8. Vesi oli altaassa väriltään melko tummaa (väri 120 Pt mg/l) ja sen ravinnepitoisuus (kok.-P 48 µg/l) keskimääräistä korkeampi. pH-arvo (6.6) oli jonkin verran keskitason alapuolella. Kasvatustiheys oli seurannassa olleista lammikoista selvästi korkein (83330 kpl/ha). Sääsket olivat 50-79 mm:n pituisten harjusten selvästi tärkein ravintokohde (liite 1). Vesikirppujen määrä ravinnossa väheni ja “muun eläinravinnon” lisääntyi kalojen koon kasvaessa. Yli 80 mm:n kokoluokassa ei voitu havaita mitään pääasiallista ravintokohdetta, vaan harjukset käyttivät tasapuolisesti kaikkia ravintoeläinryhmiä ravinnokseen (Sundell 1999).

Allas 9. Vesi oli altaassa väriltään varsin tummaa (väri 140 Pt mg/l) ja runsasravinteista (kok.-P 51 µg/l) muihin altaisiin verrattuna. pH-arvo (7.0) oli hieman keskiarvon yläpuolella. Kasvatustiheys oli varsin korkea (57500 kpl/ha). Vesikirput olivat pienten, alle 30 mm pituisten, poikasten tärkeintä ravintoa (liite 1). 30-39 mm:n pituiset poikaset olivat jo siirtyneet suurelta osin syömään sääskien eri kehitysasteita, erityisesti surviaissääskien toukkia. Sääsket muodostivat vielä yli kolmanneksen yli 50 mm:n pituisten harjusten ravinnosta. Pääosan muodosti kuitenkin “muu eläinravinto”, mikä tässä tapauksessa tarkoittaa pääasiassa päivänkorennon toukkia (Sundell 1999).

Allas 10. Vesi oli altaassa väriltään tummahkoa (väri 100 Pt mg/l), muihin altaisiin verrattuna väriltään keskitasoa. Veden ravinnepitoisuus (kok.-P 58 µg/l) oli korkeimmillaan ja pH-arvo (7.1) keskitason yläpuolella. Kasvatustiheys oli varsin alhainen (12500 kpl/ha). Vesikirput olivat alle 30 mm:n pituisten harjusten tärkein ravintokohde (liite 1). Yli 70 mm:n pituisilla kaloilla “muu eläinravinto”, tässä tapauksessa suurelta osin päivänkorenon toukat, muodosti ravinnosta selvästi yli puolet. Loppu koostui pääosin sääskien eri kehitysvaiheista.

Olemassa olevan aineiston pohjalta on mahdotonta luotettavasti vertailla altaiden välisiä eroja ravinnon valinnassa. Tämä johtuu useista eri tekijöistä. Kasvatettu kanta vaihteli eri altaissa. Eri kannoista peräisin olevien mätimunien kuoriutumisasajankohdassa oli parhaimmillaan eroa lähes kaksi viikkoa. Käytännössä tämä merkitsi sitä, että poikasten kehitysvaiheissa oli merkittäviä eroja, etenkin kasvatuksen alkuvaiheessa, kaikissa altaissa samanaikaisesti toteutetun näytteenoton aikaan. Lammikoista otettiin näytteet vain kolme kertaa kasvatuskauden aikana. Tämä aiheutti sen, että yhdenkään lammikon kohdalla kaikki kokoluokat eivät olleet näytteissä edustettuina. Joidenkin kohdalla puutteet olivat tältä osin jopa varsin suuria (liite 1). Myös kasvatustiheyksissä erot olivat todella suuria. Kasvatustiheys itsessään on merkittävä tarjolla olevaan ravintoon ja ravinnon valintaan vaikuttava tekijä (Sundell 1999).

Vesikirput olivat aivan kasvatuksen alkuvaiheessa pienten poikasten tärkeintä ravintoa kaikissa altaissa. Osassa altaita niiden merkitys ravintokohteena pysyi tämänkin jälkeen varsin suurena. Useimmissa altaissa kuitenkin sääsket, etenkin surviaissääskien toukkavaiheet, muodostivat pääosan jo 30 mm:n pituisten poikasten ravinnosta. Muun eläinravinnon, etenkin hyönteistoukkien, osuus ravinnossa lisääntyi merkittävässä määrin vasta harjusten koon ylittäessä 50 mm:ä. Harjusten käyttämä ravinto vaihteli jonkin verran eri altaissa. Kysymys todennäköisesti oli enemmän tarjolla olevan ravintoeläinvalikoiman eroista kuin harjuksen ravinnon valinnasta (Sundell 1999).

4.6. Lammikon tyhjentäminen

Erääksi harjuksen luonnonravintolammikkokasvatuksen suurimmaksi vaikeudeksi on osoittautunut poikasten kiinniotto. Tyhjennettävästä lammikosta saadaan poikaset hyvin kerättyä pyyntilaitteella, jos lammikon kanavointi on toimiva. Usein muodostuu kuitenkin lätäköitä, varsinkin pehmeäpohjaisissa lammikoissa, joihin lammikoissa pysyttelevät poikaset jäävät. Lätäkkövesien happitilanne on usein huono ja vaarana on poikasten menehtyminen hapen puutteeseen. Turman välttämiseksi tulee tyhjennyksen loppuvaiheessa varautua lammikon huuhtelemiseen puhtaalla lisävedellä, jos se vain on mahdollista. Tilannetta tosin hieman helpottaa se, että kesänvanha harjus kestää vastaavan ikäistä siikaa paremmin huonolaatuista vettä (Kilpinen ym. 1986).

Paunettipyyntiä on käytetty vaihtelevalla menestyksellä. Joskus lähes kaikki lammikon harjukset ovat menneet paunettiin, mutta toisinaan on tuotosta saatu vain murto-osa talteen. Eräissä tapauksissa paunetin pyytävyyttä on tehostettu juoksuttamalla valoisana aikana vähän vettä pois

lammikosta. On myös huomattu, että paunetin nielu on viritettävä ahtaammaksi kuin siian poikasia pyydetessä, jotta harjukset eivät pääse pois paunetista. Jos lammikko on pieni ja uomatyypinen, saadaan nuottaamalla hyvä tulos (Kilpinen ym. 1986).

Varmimmin kesänvanhat harjukset saadaan talteen tyhjennettävistä luonnonravintolammikoista. Lammikoiden tulisi rakenteellisesti olla sellaisia, että niistä voidaan kaikki vesi laskea pois. Luonnollisesti on myös huolehdittava siitä, että lammikkoon ei pääse petokaloja (Kilpinen ym. 1986).

5. LUONNONRAVINTOLAMMIKOIDEN TUOTTO

Luonnonravintolammikoiden tuotto on Seppovaaran (1985) mukaan Lapissa yleensä ollut 6000-10000 kesänvanhaa poikasta hehtaarilta. Pohjois-Suomessa sijaitsevaan Ahvenlampeen istutettiin vuosina 1982-84 harjuksia 8750 kpl/ha/v (Aho 1985). Vuoden 1982 tuotosta ei ole tarkkaa tietoa poikasten kiinniottovaikeuksien takia. Vuonna 1983 tuotto oli noin 5000 kpl/ha (noin 30 kg/ha). Vuonna 1984 lammikkoon pantiin kalkkia 1000 kg/ha ilman lannoitusta. Tuotoksi saatiin noin 5000 kpl/ha (noin 25 kg/ha). Keskikoko oli 93 mm/5.1 grammaa. Lammikkoa oli aiemmin käytetty siian viljelyyn. Tuotto oli tällöin keskimäärin 3000 kpl/ha (noin 25 kg/ha). Harjus siis tuotti Ahvenlammessa saman kuin siika, vaikka sen kasvu-aika myöhäisen kuoriutumisen takia jäi 2-3 viikkoa lyhyemmäksi kuin siialla. Syynä alhaiseen siikatuohtoon on ilmeisesti ollut alkukesän huonon ravintotilanteen aiheuttama kuolleisuus.

Eräissä tarkasti inventoidussa Etelä-Suomen lammessa tuotto oli 9350 poikasta hehtaarilta. Keskipituus oli tutkituissa lammissa Lapissa 7.0-11.8 ja Etelä-Suomessa 10.5-12.0 cm:ä. Tappiot yksikesäisiä harjuksia kasvatettaessa ovat vaihdelleet 7-53 prosenttiin. Parhaat tulokset saatiin sorapohjaisista uomalammikoista, joissa virtaama oli 6-33 litraa sekunnissa (Seppovaara 1985). Kasvattajilta kerättyjen tietojen mukaan eri puolilla Suomea sijaitsevien harjuslammikoiden keskimääräinen kasvatustulos vuonna 1984 oli 2300 kappaletta hehtaarilta (takaisinsaanti 24 %). Heikko tulos ei johdu pelkästään harjuksen kasvuolosuhteista, vaan osaltaan myös vaikeuksista poikasten keruussa syksyllä (Kilpinen ym. 1986).

Vuonna 1998 harjusistukkaiden viljelyn tuloksellisuutta seurattiin 14 luonnonravintolammikossa. Lammikoiden pinta-alat vaihtelivat 0.2:sta 2.0 hehtaariin ja alkuvaiheen kasvatustiheys 16000:sta 83000:een poikaseen hehtaarilla. Altaissa, joissa harjusta kasvatettiin yhdessä kuhan kanssa, tiheydet olivat alhaisempia. Erot olivat yhtä suuria myös poikasten takaisin saannissa. Eri altaista saadut istukasmäärät vaihtelivat muutamasta tuhannesta lähes 27000 harjuksen hehtaarilta. Pelkkien harjusaltaiden takaisinsaantiprosentti oli 8-40. Myös saatujen istukkaiden keskikoko oli varsin vaihteleva, 65-113 mm:ä. Vaihtelua oli siis varsin paljon sekä toteutetussa kasvatuksessa että saaduissa tuloksissa (Sundell 1999).

Kasvatusaltaaseen istutettu poikasmäärä oli vuonna 1998 merkittävin takaisin saatavaan istukasmäärään vaikuttava tekijä. Regressioanalyysin mukaan istutettu poikasmäärä selitti 74 % seurannassa olleiden harjusaltaiden istukastuotannosta. Tätä suhdetta kuvaa seuraava regressioyhtälö:

$$Y \text{ (saatu istukasmäärä)} = -1504.598 + 0.348 * X \text{ (istutettu poikasmäärä)}.$$

Saatujen tulosten valossa näyttää siltä, että suuri istutustiheys ei välttämättä merkitse tavonomaista suurempaa kuolleisuutta, vaan ylisuuri tiheys näkyy ensisijaisesti istukkaiden kasvussa. Etenkin kasvatusjakson loppuvaiheessa kasvatustiheys on merkittävä istukkaiden kokoon vaikuttava tekijä. Mitä suurempi tiheys, sitä voimakkaampaa on kilpailu ravinnosta. Tämä näkyi myös vuonna 1998 saaduissa tuloksissa. Altaissa, joista istukkaita saatiin takaisin yli 18000 kappaletta hehtaarilta, istukkaiden koko oli 65-76 mm:ä. Istukkaat olivat siis hyvin pienikokoisia, mikä on osoitus ylisuuren kasvatustiheyden aiheuttamasta ravinnon puutteesta. Suoraa johtopäätöstä loppuvaiheen kasvatustiheyden ja saadun istukaskoon välille ei kuitenkaan voida tehdä, koska kasvatusaltaiden ravintotuotantokyky saattoi vaihdella huomattavasti. Tästä osoituksena oli allas, josta saatiin takaisin 16000 keskimäärin 106 mm:n pituista istukasta hehtaarilta (Sundell 1999).

Vuonna 1999 harjusistukkaiden luonnonravintolammikkokasvatuksen onnistumista seurattiin 11 lammikossa. Kasvatus epäonnistui täysin seitsemässä (63.6 %) ja tulos oli huono kolmessa (27.3 %) lammikossa. Vain yhdessä lammikossa (9.1 %) kasvatus onnistui. Syynä huonoihin kasvatus-tuloksiin oli kuiva ja lämmin keskikesä. Veden lämpötila kohosi useimmissa altaissa 25 ja 30°C:n välille, mikä on liikaa harjukselle. Seurauksena oli usein lähes täydellinen kuolleisuus. Vain yhdessä altaassa kasvatus onnistui. Tietoja tämän altaan veden lämpötilasta ei ole vuoden 1999 osalta käytettävissä. Myöskään mahdollisten lähteiden olemassa olosta ei ole tietoa. Aiempiin vuosiin verrattuna tässä altaassa oli vuonna 1999 poikkeuksellisen vähän kasvillisuutta. Kasvattajan mukaan jäät repivät kasvit irti keväällä ja kuljettivat kasvimassan rannoille (Sundell & Hynynen 2000).

6. KASVATUSTULOSTA HEIKENTÄVÄT TEKIJÄT

Suurin osa siika-, kuha- ja harjusistukkaista kasvatetaan istukaskokoon luonnonravintolammikoissa. Kasvatuksen tulokset vaihtelevat kuitenkin huomattavasti lammikoittain ja vuosittain. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat mm. kalalaji, altaan maantieteellinen sijainti, altaan ominaisuudet, veden laatu, vesitys ja kasvatusjakson sääolot. Se, mitkä tekijät vaikuttavat ja missä määrin kalan poikasten kasvuun ja kuolleisuuteen luonnonravintolammikoissa, riippuu paljolti kasvatetavan kalalajin elinvaatimuksista ja elintavoista. Tässä tilannetta tarkastellaan harjuksen näkökulmasta.

6.1. Kalan poikasiin kohdistuva saalistus

Petokaloja ei istukkaiden kasvattamiseen tarkoitetuissa luonnonravintolammikoissa yleensä ole. Petohyönteisiä sen sijaan saattaa olla huomattavia määriä etenkin sellaisissa altaissa, joiden pohja ei talvella jäädy kunnolla. Merkittävimpiä näistä pedoista ovat malluaiset, sudenkorenon toukat ja sukeltajat (Sundell 1999).

Malluaiset elävät koko elämänsä vedessä. Munat lasketaan vesikasvien verson sisään tai pinnalle yksittäin tai ryhminä. Toukat muistuttavat aikuisia sekä ulkonäöltään että elintavoiltaan, mutta ovat siivettämiä ja vailla sukuelimiä. Toukalla on yleensä viisi nahanluontia ennen aikuistumista. Aikuiset eivät pysty ottamaan happea vedestä, vaan niiden on käytävä pinnassa täydentämässä ilmavarastonsa, joka on takaruumiin vatsapuolen karvapeitteessä ja peitinsiipien alla. Ravinnokseen toukat ja aikuiset imevät eturaajoillaan alustasta irrottamaansa detritusta ja levää, mutta voivat imeä myös esimerkiksi harvasukamatoja ja hyönteistoukkia. Aikuiset saattavat lentää öisin lammikosta tai järvestä toiseen (Jansson 1997, Paasivirta).

Suurikokoisilla **sudenkorenon** toukilla toukkakehitys kestää 2-4 vuotta. Toukat elävät joko pohjalietteeseen kaivautuneina tai sen pinnalla, vesikasvien versoilla tai rantavedessä uiskennellen. Niiden ravintona ovat toiset vesihyönteiset, vesisiirat, harvasukamadot, vesikirput yms. Täysikasvuinen toukka nousee vedestä vesikasveille, rantakiville tai varpujen ja pikkupuiden latvaan kuoriutumaan. Kuoriutumisen jälkeen sukukypsyuden saavuttaminen kestää 1-2 viikkoa. Koko aikuisvaiheen pituus lienee meikäläisillä lajeilla 3-5 viikkoa (Norling & Sahlén 1997, Paasivirta).

Sukeltajat saattavat olla suurimmillaan useiden cm:en pituisia. Ne parittelevat yleensä alkukesällä. Muninta tapahtuu joko suoraan pohjalle tai vesikasveille. Pienimpiä lajeja lukuun ottamatta toukat hengittävät takaruumiin ilma-aukkojen kautta ilmakehän happea. Toukkakehitys kestää lajista, lämpötilasta ja ravinnosta riippuen kahdesta viikosta useisiin kuukausiin. Koteloituminen tapahtuu rannalla kasvidetrituksen peitossa. Kotelovaihe on lyhyt, vain 5-30 vuorokautta. Sukeltajat talvehtivat yleensä aikuisena. Aikuiset ja toukat ovat petoja, jotka käyttävät ravinnokseen pääasiassa muita vesihyönteisiä. Isot *Dytiscus*-lajit saattavat käydä myös kalanpoikasten kimppuun (Nilsson 1997, Paasivirta).

6.2. Veden lämpötila kasvatuslammikossa

Sekä liian alhainen että liian korkea veden lämpötila voivat vaikuttaa haitallisesti kasvatustulokseen. Altaissa, joihin tulee huomattavan paljon lähdevettä, saattaa veden lämpötila pysyä varsin kylmänä suuren osan kesästä. Matalassakin altaassa tämä voi johtaa veden selvään kerrostumiseen (Porevirta & Silvennoinen 1997). Käytännössä tämä aiheuttaa sen, että vain osa lammikon

vedestä on lämpötilaltaan harjuksen kasvun kannalta sopivaa. Kylmä alusvesi heikentää myös lammikon ravintotuotantoa. Toisaalta se hidastaa myös poikasia saalistavien petojen lisääntymistä.

Huomattavasti edellistä yleisempää on altaiden liiallinen lämpiäminen hellejaksojen aikana. Monissa altaissa saattaa veden lämpötila pitkän hellejakson aikana kohota liian korkeaksi harjuksen sietokykyyn nähden. Seurauksena voi tällöin olla istukastuotannon lähes täydellinen epäonnistuminen. Erityisesti matalat, tummavetiset altaat, joissa veden vaihtuvuus on huono, ovat herkkiä lämpiämään liikaa.

6.3. Vesikasvillisuuden määrä kasvatuslammikoissa

Luonnonravintolammikoiden pohja on kalteva. Kun lammikon syvyys syvemmissä päässä on yleensä parin metrin luokkaa, on syvyys lammikon toisessa päässä vain muutamia kymmeniä senttimetrejä. Käytännössä tämä tarjoaa vesikasveille varsin hyvät kehittymismahdollisuudet, joskin vesikasvillisuuden kehittymiseen vaikuttaa merkittävästi myös altaan pohjan laatu.

Useissa lammikoissa vesikasvillisuus kehittyy kuitenkin ajan mittaan varsin runsaaksi, ellei mitään tehdä (kuvat 15-16). Pohjan kunnollinen jäätyminen talvella saattaa vähentää merkittävästi etenkin monivuotisten kasvien määrää altaassa (Hejný 1978). Varsinkaan suuria altaita ei kuitenkaan ole yleensä mahdollista pitää tyhjänä talvella. Pienten altaiden kohdalla tämä saattaa sen sijaan monissa tapauksissa olla mahdollista. Runsas vesikasvillisuus voi lisäksi vaikeuttaa huomattavasti altaan tyhjentämistä ja parantaa monien petohyönteisten lisääntymis- ja saalistusolosuhteita (Sundell 1999).

7. LUONNONRAVINTOLAMMIKOIDEN ISTUKASTUOTANNON TEHOSTAMISMAHDOLLISUUDET

7.1. Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden säätely

7.1.1. Veden lämpötila ja sen säätelymahdollisuudet

Lohikalojen kasvatusaltaiden veden lämpötilan tulisi vain poikkeustilanteissa ylittää 20°C. Veden happipitoisuus riippuu useista eri tekijöistä, mutta aina se on riippuvainen veden lämpötilasta. Mitä korkeampi on lämpötila, sitä pienempi on siihen liuenneen hapen määrä. Veden lämpötilan ja happipitoisuuden välinen suhde on esitetty kuvassa 10. Kun pidetään huoli siitä, että veden vaihtuminen on riittävän tehokasta, on 15-17°C lämpötila paras useimpien lohikalojen kasvua ajatellen. Poikkeuksen muodostavat pienet poikaset, joiden kohdalla veden tulisi olla kylmempää, 10°C tai vähemmän (Huet 1986).



Kuva 15. Kuvassa luonnonravintolammikko, jossa vesikasvillisuus peittää huomattavan osan altaan vesipinta-alasta sekä pinnalla että pinnan alla.



Kuva 16. Kuvassa luonnonravintolammikko, jossa vesikasvillisuus (pääosin uistinvitaa) peittää huomattavan osan pinnasta, mutta ei pinnan alaista aluetta.

Lohikalat ovat erityisen vaateliaita liuennun hapen suhteen. Ne tarvitsevat tavallisesti happea 9 mg/l, mikä vastaa suunnilleen 20°C lämpötilaa puhtaassa vedessä. Useimmat lohikalat voivat kestää yli 20°C lämpötiloja vain lyhyitä aikoja. Jos vesi on poikkeuksellisen hapekasta ne kuolevat vasta, kun lämpötila nousee yli 22-25°C lajista riippuen (Huet 1986).

Kaloja kannattaa istuttaa olosuhteisiin, jotka mahdollisimman hyvin vastaavat niiden tarpeita hengitystä ja kasvua ajatellen. On huomattavasti vaikeampaa vaikuttaa altaan veden lämpötilaan, kuin esimerkiksi parantaa ravinto-oloja keinoruokinnan avulla. Vaikka mahdollisuudet ovatkin rajalliset, ovat ne kuitenkin olemassa. On mahdollista vaikuttaa altaan veden lämpötilaan säätelemällä altaaseen tulevan veden määrää. Jos veden tuloa vähennetään lämpimänä aikana, lämpötila nousee. Jos veden tuloa sen sijaan lisätään, pysyy lämpötila melko alhaisena, mikä on hyvä lohikalojen kannalta (Huet 1986).

7.2. Biologiset keinot lisätä lammikoiden tuotantoa

Jos kesä on märkä, saattaa tuotanto olla suhteellisen hyvä, vaikka lämpötilat olisivatkin alhaisia. Tämä johtuu luultavasti siitä, että sateiden vaikutuksesta lisääntyneiden valumavesien mukana tulee lampeen ravinteita ympäröiviltä alueilta. Myös veden pinta pysyy korkealla, jolloin lammen matalatkin alueet ovat tuotannossa. Syvyyden lisääntyminen lisää kalojen käytettävissä olevaa tilaa altaassa. Kuiva sää saattaa aiheuttaa veden pinnan laskua. Veden pintaa ei kuitenkaan kannata nostaa korkeammalle, kuin on tarpeen, koska jos allas on liian syvä, se ei lämpiä kunnolla, jolloin sillä saattaa olla kielteisiä vaikutuksia kasvatuksen kannalta (Sundell 1999).

7.2.1. Kasvatustiheys

Kasvatustilamikon tuotantoa voidaan säädellä istutustiheyden avulla. Suuri istukasmäärä hyödyntää tehokkaammin lammen luontaiset ravintoresurssit kuin pieni istukasmäärä. Tästä on seurauksena suurempi määrällinen tuotto. Suuren istukasmäärän seurauksena kokonaistuotannon määrä kasvaa, mutta tuotettujen kalojen koko jää pieneksi. Harvan istukasmäärän seurauksena kalojen yksilöllinen kasvu lisääntyy. Useissa tapauksissa tämä on melko tärkeää. Altaan kokonaistuotanto jää kuitenkin vähäiseksi, koska tuotettujen kalojen määrä on vähäinen. Altaan tuotanto lisääntyy siis käänteisessä suhteessa istutettujen ja kasvatettujen kalojen kokoon (harva tiheys - suuri koko, suuri tiheys - pieni koko). Käytännössä yleensä halutaan käyttää melko suurta kasvatustiheyttä, jolloin kalojen keskikoko jää pienemmäksi (Huet 1986).

Myös Walters & Post:n (1993) mukaan suuret poikasmäärät voivat johtaa kasvun heikkenemiseen kasvatustilalla. Istukkaiden kasvattajien täytyy siksi valita, tuottaako määrällisesti paljon vai suurikokoista kalaa. Ravintotuotannon, ravinnonkäytön ja kasvuun liittyvien bioenergeettisten tekijöiden analysoinnin pohjalta laadittu malli ennustaa kasvun heikkenevän tiheyden lisääntyessä. Näin etenkin, kun kaikki kalat käyttävät samaa ravintoa.

7.2.2. Poikasten esikasvatus

Harjuksen elintavat tekevät siitä petohyönteisille mm. siikaa helpomman saaliin. Silloin kun harjukset eivät ruokaile, ne "jököttävät" paikoillaan usein pohjan läheisyydessä. Petohyönteiset saattavat saalistaa vielä varsin suurikokoisiakin kaloja. Esimerkiksi suursukeltajan on havaittu parhaimmillaan saalistavan jopa 6-7 cm:n pituisia harjuksia. Mitä suurikokoisemmaksi harjus kasvatetaan ennen laittamista lammikkoon, sitä vaikeampi saalis se on petohyönteisille. Vähintäänkin ruskuaisravinnon pitää olla lähes lopussa siirrettäessä poikasia altaaseen. Jo tällä on huomattava vaikutus poikasen liikkuvuuteen ja uintikykyyn vastakuoriutuneisiin poikasiin verrattuna. Tämä tarkoittaa sitä, että poikaset pidetään kuoriutumisaltaassa muutamia päiviä kuoriutumisen jälkeen, ennen kuin ne kuljetetaan luonnonravintolammikoihin. Kyse ei siis ole vielä varsinaisesta esikasvatuksesta (Sundell 1999).

Esikasvatuksessa poikaset kasvatetaan muovi- tai lasikuitualtaissa rehuruokinnan avulla haluttuun kokoon. Luonnonravintolammikkokasvatuksessa tämä voisi merkitä esimerkiksi poikasten kasvattamista noin 40 mm:n pituisiksi ennen siirtoa lammikoihin. Poikasen koon kasvaessa siitä tulee yhä vaikeampi saalis. Mitä suurikokoisempi harjus on, sitä paremmat mahdollisuudet sillä on päästä saalistavaa petoa pakoon.

Esikasvattaminen vaatii tekijältään investointien lisäksi myös huolellisuutta ja sitoutumista. Starttivaihe, ulkoisen ravinnon käytön opettelu, on herkkä vaihe poikasen elämässä. Jos tässä vaiheessa toimitaan väärin, saattaa kuolleisuus olla varsin suurta. Oikean rehun valinta poikasen eri kehitysvaiheissa on erittäin tärkeää. Erittäin hienojakoisia, rehuruokinnan alkuvaiheessa käytettäviä rehuja pyritään usein välttämään niiden kalliin hinnan takia, mutta tämä saattaa olla säästämistä väärässä paikassa. Tällaista rehuahan ei välttämättä tarvita kuin muutamien ensimmäisten päivien aikana, jolloin poikasia opetetaan käyttämään rehuravintoa. Tämän jälkeen voidaan siirtyä halvempiin rehuihin. Esikasvatus siis vaatii vaivannäköä ja aiheuttaa kustannuksia. Tavoitteena kuitenkin on, että kustannukset saadaan katettua parantuneen kasvatustuloksen kautta. Esikasvatetuista poikasista voidaan odottaa saatavan takaisin yli 50 %, kun takaisinsaanti yleensä on alle 30 % (Sundell 1999).

7.2.3. Eri lajien tai ikäryhmien kasvattaminen samassa altaassa

Eri lajien ja ikäryhmien kasvattamista samassa altaassa on harjoitettu melko yleisesti. Tavoitteena on parantaa altaan määrällistä, laadullista ja taloudellista tuottoa. On havaittu, että kasvattaminen hyvin suunnitellussa yhteisössä on eduksi kaikille osapuolille. Tavoitteena on hyödyntää lammikon tarjoamat resurssit mahdollisimman tehokkaasti. On kuitenkin varottava, ettei sellaisia lajeja, jotka kilpailevat ravinnosta keskenään, panna samaan lammikkoon.

Yksi mahdollisuus on kasvattaa kaloja yhdessä pienikokoisten petojen kanssa (Huet 1986). Joskus on kokeiltu harjuksen kasvatusta luonnonravintolammikoissa yhdessä siian kanssa.

Ainakin joissakin tapauksissa siika on saanut lammikoissa ylivallan supistaen harjustuotannon olemattomaksi (Seppovaara 1985). Kilpisen ym. (1986) mukaan siian ja harjuksen kasvattaminen samassa lammikossa on kuitenkin mahdollista, jos poikaset tuodaan lammikkoon lähes samanaikaisesti.

Eräs yksinkertaisimmista tavoista lisätä altaan tuottoa on kasvattaa samassa lammikossa saman lajin eri ikäryhmiä. Vaikka ne ovatkin samaa lajia, ovat niiden ruokailutavat ja ravintokohteet erilaisia. Siten ne hyödyntävät yhdessä tehokkaammin altaan tarjoamia ravintovaroja ja tuotanto lisääntyy (Huet 1986).

7.3. Kasvatusaltaiden kunnossapito ja kehittäminen

7.3.1. Altainen valinta ja kunnostus

Luonnonravintolammikoiden pohjan laatu määräytyy yleensä paljolti sen mukaan, millaiselle alueelle ne on rakennettu. Vain joissakin harvoissa tapauksissa pohjamateriaaliin on pyritty vaikuttamaan esimerkiksi ajamalla altaaseen kiviä, soraa tai hiekkaa. Pohjamateriaali saattaa kuitenkin vaikuttaa merkittävästi paitsi petojen esiintymiseen myös ravintoeläimistöön. Pehmeä pohja tarjoaa parhaat elinmahdollisuudet sekä petohyönteisille että ravintoeläintuotannolle (Sundell 1999).

Altainen pohjia voidaan kunnostaa siten, että se parantaa altaan hygieenisii olosuhteita ja tarjoaa kalojen ravintoeläimille aiempaa paremmat kasvuolosuhteet. Kuivattamalla allas ja poistamalla

pohjalta ylimääräinen liete saadaan aikaan hyvät hygieeniset olosuhteet (kuva 17). Kaloille tauteja aiheuttavien organismien lepovaiheessa olevien kystien ja väli-isäntien määrä romahtaa. Samalla tuhoutuvat myös kalan poikasille ja kaloille haitallisen hyönteistoukat ja hyönteiset. Hyvät hygieeniset olosuhteet ovat erityisen tärkeitä, kun kasvatetaan lohikaloja. Kuivattamisen tulee olla tehokasta. Tehokasta se voi olla vain, jos altaan pohjalla on sen pinta-alaan nähden riittävästi kuivatusojia (Huet 1986).

Runsas vesikasvillisuus parantaa petohyönteisten elin- ja saalistusmahdollisuuksia. Se saattaa myös allasta tyhjennettäessä vaikeuttaa kalojen kulkeutumista pois altaasta, mikä heikentää altaasta saatavaa tulosta. Siksi vesikasvillisuuden vähentäminen on ajoittain tarpeen. Jotta vaikutus olisi mahdollisimman pitkäaikainen, pitää kasvit poistaa juurineen. Helpointa tämä on tehdä altaan ollessa tyhjillään (Sundell 1999).

Toisinaan muutaman peräkkäisen kesän kasvatus saattaa aiheuttaa lammikon "karuuntumisen". Tällöin voi kysymykseen tulla lannoitus tai lammikon "rauhottaminen" vuoden ajaksi. Veden liiallinen happamuus saattaa joissakin tapauksissa vaatia kalkitsemista (Seppovaara 1985).



Kuva 17. Altaan ollessa tyhjillään voidaan pohjalta poistaa sinne kertynyt ylimääräinen orgaaninen aines sekä vesikasvillisuus.

7.3.2. Altaiden käyttö

Altaiden käytössä keskeisiä tekijöitä ovat altaiden hyvä tyhjennettävyyden, talvehtimistapa ja vesitysjärjestelyt. Harjusaltaan kohdalla erityisen tärkeänä pidetään sitä, että se saadaan tyhjenettyä kunnolla. Tämä tarkoittaa sitä, että pohjalle ei saa jäädä vesialueita, vaan altaan on valuttava kaikilta osin kuivaksi. Pehmeä pohja tai runsas vesikasvillisuuden määrä ovat tekijöitä, jotka saattavat vaikeuttaa muuten hyvän altaan tyhjentymistä. Istukkaita voi altaan tyhjentymässä jäädä huomattaviakin määriä loukkuun pehmeän pohjamateriaalin tai runsaan vesikasvimassan joukkoon. Esimerkiksi Kuokkalammen kuudesta perättäisestä altaasta (yhteensä noin 1.5 ha) saatiin vuonna 1998 harjusistukkaita noin 18000 kappaletta. Altaiden osittaisella täytöllä ja uudella tyhjennyksellä istukkaita saatiin lisää yli 3000 kappaletta (Sundell 1999).

Se, missä kunnossa allas talvehtii, vaikuttaa merkittävästi seuraavan vuoden petohyönteisten ja ravintoeläinten määrään. Jos altaan pohja on talvella kuiva ja jäätyy kunnolla, tuhoutuu huomattava osa altaassa olevista petohyönteisistä. Petohyönteisten vähentämisessä altaiden talvehtiminen kuivana on varmasti hyvä menetelmä. Kun allas vielä täytetään vasta hieman ennen poikasten tuomista altaaseen, eivät petohyönteiset ehdi ainakaan kovin suuressa määrin levittäytyä altaaseen. Pohjan jäätyessä kuitenkin tuhoutuvat suurelta osin myös altaassa olevat ravintoeläimet ja niiden toukat. Kun allas vielä täytetään vasta viime hetkellä, on varsin mahdollista, että lammikossa ei ole kovin runsaasti ravintoeläimiä poikasia siihen tuotaessa. Tällainen menetelmä sopii kuitenkin hyvin lammikolle, johon vesi otetaan suoraan joesta tai järvestä. Tällöin

lammikkoon tulee veden mukana myös ravintoeläimiä ja tuotanto käynnistyy nopeasti. Useissa tapauksissa tämä ei kuitenkaan ole mahdollista (Sundell 1999).

7.3.3. Poikasiin kohdistuvan saalistuksen vähentäminen

Vaikka luonnonravintolammikot useimmiten kuivatetaan, kohdistuu niissä kasvatettaviin poikasiin monenlaista saalistusta. Petohyönteiset ovat tehokkaita levittäytymään täytettyihin altaisiin ja saattavat aiheuttaa alkukesän aikana huomattavia tappioita. Jos altaita ei kuivateta kunnolla, saattaa niihin jäädä myös kaloja, jotka seuraavana kesänä ovat kasvatettavien poikasten saalistajia. Joskus on käynyt myös niin, että pieniä hauen poikasia on päässyt keväällä allasta täyttettäessä altaaseen ja ne ovat kesän aikana käyttäneet kasvatettavia kaloja ravinnokseen. Kesän loppupuolella poikasten jo hieman kasvettua saattavat kaloja ravinnokseen käyttävät linnut (mm. harmaahaikara) ja mahdollisesti myös nisäkkäät aiheuttaa merkittäviä tappioita.

Runsas vesikasvillisuus suosii kalan poikasia saalistavia petohyönteisiä (sukeltajat, sudenkorenon toukat, malluaiset jne.). Näiden hyönteisten määrää altaassa voidaan pohjan puhdistamisen ja kuivattamisen lisäksi vähentää myös estämällä vesikasvien runsastuminen ja poistamalla jo kehittynyttä vesikasvillisuutta. Vesikasvien määrää voidaan vähentää myös sillä, että altaisiin tehdään jyrkät rantapenkat (kuvat 18-19), joissa vesisyvyys on heti rantaviivan jälkeen ainakin 0.5 metriä. Kalojen aiheuttama saalistus vältetään altaiden huolellisella kuivatuksella ja huolehtimalla siitä, että altaan täyttövesiä ei oteta hauen kutualueiden välittömästä läheisyydestä. Lintujen ja nisäkkäiden torjuntaan ei tässä yhteydessä tarkemmin puututa.

8. HARJUSISTUKKAIDEN VILJELYN KEHITYSNÄKYMÄ

Luonnonravintolammikkokasvatus on, ja tulee vielä pitkään olemaan, tärkein harjusistukkaiden kasvatusmenetelmä. Menetelmänä luonnonravintolammikkokasvatus on helppo. Periaatteessa poikaset pannaan alkukesästä lammikkoon ja katsotaan syksyllä, minkä verran istukkaita saadaan. Useimmissa lammikoissa ei paljoakaan ole kasvatusjakson aikana tehtävissä, vaikka ongelmia havaittaisiinkin. Kysymyksiä kuitenkin herättää viljelyn tehottomuus harjuksen kohdalla. Kuolleisuus on harjuksella kasvatusjakson aikana yleensä yli 70 %, kun se esimerkiksi siialla on selvästi alle 50.

Periaatteessa siika ja harjus tulevat toimeen samankaltaisella ravinnolla, joten tässä tuskin on kysymys ravinnon laadusta tai riittävydestä. Kysymys sen sijaan saattaa olla kalalajien elintapojen erojen aiheuttamasta erilaisesta herkkydestä petohyönteisten saalistukselle. Mikäli näin on, voidaan kasvatuksen tuloksellisuutta parantaa joko vähentämällä harjuslammikoiden petohyönteismääriä tai esikasvattamalla harjukset ennen lammikkoon laittamista sen verran isokokoisiksi,



Kuva 18. Luonnonravintolammikko, joka on kuivillaan osan vuodesta. Rantapenkat ovat lisäksi melko jyrkät. Vesikasvillisuutta altaassa on vain vähän.



Kuva 19. Luonnonravintolammikko, joka on kuivillaan osan vuodesta. Rantapenkat ovat lisäksi melko jyrkät. Vesikasvillisuutta altaassa on vain vähän.

että petohyönteisten niihin kohdistama saalistus oleellisesti pienenee. Käyttämällä esikasvatettuja poikasia voitaneen hyvissä, harjuksen kasvattamiseen sopivissa luonnonravintolammikoissa päästä yli 50 % takaisinsaantiin.

Harjusistukkaiden **maa-allaskasvatus** on harjuksen osalta uutta. Ainakaan tämän projektin yhteydessä ei ole tullut esille, että tällaista kasvatusta kukaan harjoittaisi. Siian kohdalla sen sijaan istukkaita on kasvatettu maa-altaissa hyvin tuloksin. Maa-allaskasvatuksella tarkoitetaan sitä, että istukkaat kasvatetaan maa-altaassa suuressa tiheydessä, mutta luonnonravinnon sijaan niiden ravinnonsaanti perustuu rehuruokintaan. Tällaista maa-allaskasvatusta ei voida tehdä seisovavetisessä altaassa, vaan onnistumisen edellytyksenä on veden hyvä vaihtuvuus. Se, mikä on maa-allaskasvatuksen tulevaisuus harjuksen kohdalla, jää nähtäväksi.

Harjusistukkaiden **kassikasvatusta** on kokeiltu eri puolilla vaihtelevin tuloksin. Kassikasvatuksessa harjusistukkaita kasvatetaan järvessä tai lammessa olevissa verkkokasseissa ja niitä ruokitaan rehulla. Kasvatusalueen veden laadun on oltava riittävän hyvä harjuksen elinvaatimuksiin nähden. Kynnys kassikasvatuksen aloittamiseen on luonnonravintolammikkotoimintaa suurempi siksi, että kasvatus vaatii sekä osaamista että investointeja ja teettää kasvattajalla töitä koko kasvatusjakson ajan. Tuloksen kannalta keskeistä lienee, että poikaset siirretään kassiin vasta esikasvatettuina. Esikasvatus tapahtuu muovi- tai lasikuitualtaissa, missä poikasia ruokitaan rehulla. Mitä suurikokoisemmiksi poikaset kasvatetaan ennen siirtämistä kassiin, sitä parempi. 40-50 mm:n kokoa voitaneen pitää kuitenkin riittävänä. Koska poikaset ovat jo esikasvatusvaiheessa tottuneet syömään rehua, ei siirto verkkokasseihin aiheuta ravinnon käytön osalta ongelmia.

Kuten edellä todettiin, luonnonravintolammikot lienevät jatkossakin menetelmä, jolla tuotetaan suurin osa harjusistukkaista. Menetelmän etuna on ennen kaikkea se, että se ei sido kasvattajaa kesäaikana, eikä aiheuta kasvatuksen aikana kustannuksia. Tuloksia ei kuitenkaan voida useimmissa tapauksissa pitää hyvinä. Lammikon kunnostaminen ja esikasvatettujen poikasten käyttäminen ovat harkitsemisen arvoisia toimenpiteitä, jos niiden avulla voidaan lisätä merkittävästi kasvatuksen tehokkuutta. Ainakin esikasvatettujen poikasten käyttäminen on kaikkien altaiden kohdalla mahdollista. Kassikasvatus puolestaan sopii menetelmänä viljelijälle, jolla on aikaa kesällä huolehtia poikasten ruokinnasta ja kassien puhtaanapidosta. Kasvatuksesta aiheutuu lisäksi jonkin verran kustannuksia. Kasseissa voidaan kuitenkin kasvattaa istukkaita varsin suuressa tiheydessä. Suurikokoisten istukkaiden tuottamisessa kassikasvatuksen tapainen intensiiviviljely lienee käytännössä ainoa vaihtoehto.

Poikasten esikasvatus on keino parantaa luonnonravintolammikoiden tuottavuutta ja kassikasvatuksen osalta lähes välttämätöntä. Se, että miten esikasvatus käytännössä järjestetään, on oma kysymyksensä. Yksi mahdollisuus on esikasvattaa poikaset laitoksella. Isojen määrien kasvattaminen vaatii kuitenkin tilaa ja aiheuttaa kustannuksia. Toinen mahdollisuus on, että viljelijät esikasvattavat itse tarvitsemansa poikaset. Tämä vaatii kuitenkin asioihin perehtymistä ja

investointeja. Monet luonnonravintolammikkoviljelijät eivät liene tähän halukkaita. Toimivin vaihtoehto lieneekin se, että ne viljelijät, jotka rakentavat itselleen esikasvatuksen vaatimat tilat, esikasvattavat samalla poikasia myös muille viljelijöille. Samalla he saavat hieman lisätuloa. Muut viljelijät taas saavat poikasista maksamansa korkeamman hinnan aiheuttamat lisämenot katettua lammikoiden aiempaa paremmalla tuotolla.

Esikasvatuksen osalta on kuitenkin mainittava, että mitään varsinaisia tutkimuksia siitä, miten esikasvatus vaikuttaa luonnonravintolammikon tuottoon, etenkin takaisinsaantiprosenttiin, ei ole olemassa. Harjuksen viljelijöiden kanssa käydyissä keskusteluissa on tullut esiin arvio, että takaisinsaantiprosentti tulisi olemaan yli 50. Varmuutta tähän asiaan saadaan kuitenkin vasta sitten, kun voidaan seurata lammikoita, joissa on kasvamassa esikasvatettuja harjuksia. Toistaiseksi ongelmana on ollut esikasvatettujen harjusten saatavuus.

On esitetty epäilyjä siitä, että rehulla kasvatettu istukas ei sopeudu yhtä helposti luonnonoloihin, kuin luonnonravinnolla kasvatettu, ja että tämä näkyy rehulla kasvatettujen istukkaiden suurempana kuolleisuutena istutusten jälkeen. Tämä vaikuttaa puolestaan istutusten tuloksellisuuteen. Selvityksiä siitä, onko rehulla ja luonnonravinnolla kasvatettujen harjusistukkaiden selviytymisessä eroja, ei ole tehty. Tämä olisi kuitenkin hyvä tietää, ennen kuin lähdetään laajemmassa mitassa siirtämään harjusistukastuotantoa luonnonravintokasvatuksesta rehuruokintaan.

Petohyönteiset ovat hyvin merkittävä osa kalanpoikaslammikoiden eliöstöä. Niiden roolia kalanpoikasten saalistajina kannattaa ilman muuta jatkossa tutkia. Vuonna 1999 (Sundell & Hynynen 2000) tehty esitutkimus toi esiin useita mielenkiintoisia kysymyksiä. Kuinka paljon ja missä vaiheessa petohyönteiset saalistavat harjuksenpoikasia? Tähän liittyviä tutkimuskohteita ovat mm. petohyönteisten populaatiotiheys, saalistustehokkuus, vuorokausirytmikka, veden lämpötilan vaikutus saalistusaktiivisuuteen sekä vaikutus saalispopulaatioihin. Onko lammen väliaikaisella kuivatuksella selvää vaikutusta petohyönteislajien populaatioihin ja sitä kautta kalan poikasiin kohdistuvaan saalistuspaineeseen? Miten eri kalalajien poikaset altistuvat petohyönteisten saalistukselle? Petohyönteisten torjuntamenetelmien kehittäminen on lisäksi merkittävä ja haasteellinen tehtävä.

Selvittämättömiä kysymyksiä on harjusistukkaiden kasvattamisessa vielä varsin paljon, kehitettiin istukastuotantoa sitten luonnonravintolammikkokasvatuksen tai intensiiviviljelyn (kassikasvatus, maa-allaskasvatus) suuntaan. Todennäköistä kuitenkin on, että luonnonravintolammikkoviljely tulee vielä pitkään olemaan ensisijainen harjusistukkaiden kasvatusmuoto. Siksi tärkeintä istukkaiden viljelyn kehittämisessä onkin lammikkoviljelyn riskitekijöiden pienentäminen. Lähes kaikki nykyiset luonnonravintolammikot on rakennettu siian tai kuhan viljelyä varten. Tämä on varmasti yksi syy siihen, että harjuksen viljelyn tulokset näissä altaissa ovat niin sattumanvaraisia. Ehkä olisi jo aika rakentaa lammikoita, joiden suunnittelussa on harjuksen tarpeet otettu huomioon. Jos tähän pyritään vanhoja lammikoita kunnostamalla, on syytä pitää

mielessä, että todennäköisesti vain varsin harvoista lammikoista saadaan kunnostamallaan hyviä harjuslammikoita. Kaikissa niissä voidaan toki kehittää olosuhteita parempaan suuntaan.

Harjusistukkaiden intensiiviviljely, kassi- ja maa-allaskasvatus, tarjoaa mahdollisuuden tuottaa suurikokoisia istukkaita suuressa kasvatustiheydessä. Se ei todennäköisesti tule lähi vuosina kuitenkaan paljoa lisääntymään. Syynä tähän ovat sen vaatimat investoinnit ja toiminnan sitovuus. Lisäksi se vaatii harjoittajaltaan huomattavasti luonnonravintolammikkoviljelyä enemmän tietoa ja osaamista. Suurimmat ongelmat ovat yleensä poikasten startti- ja esikasvatuksessa, jolloin kuolleisuus voi olla varsin suurta. Mädin haudonta ja istukkaiden kasvattaminen kassissa tai maa-altaassa sujuu yleensä melko hyvin. Suurissa tiheyksissä kasvatettaessa taudit ja loiset muodostavat kuitenkin huomattavan riskitekijän, joka viljelijän on toimintaa suunnitlessaan otettava huomioon.

LÄHTEET

- Ahonen, M. 1985: Harjuksen poikasten ravinnosta ja kasvusta luonnonravintolammikossa. - Suomen kalastuslehti 92: 218-220.
- Bardonnet, A., Gaudin, P. & Persat, H. 1991: Microhabitats and diel downstream migration of young grayling (*Thymallus thymallus* L.). - Freshw. Biol. 26: 365-376.
- Berglund, I. & Persson, B.G. 1986: The importance of reproductory strategy for survival among different stocks of grayling in acidified and limed waters. - Mimeographed, Dept. Of Ecol. Zool., University of Umeå, Sweden.
- Bishop, F.G. 1971: Observations on spawning habits and fecundity of the Arctic grayling. - Progressive Fish-Culturist 33(1): 12-19.
- Brown, C.J.D. 1938: The feeding habits of the Montana grayling. - J. Wildl. Mgmt 2: 135-145.
- Buyukhatipoglu, S. & Holtz, W. 1984: Sperm output in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) - effect of age, timing and frequency of stripping and presence of females. - Aquaculture 37: 63-71.
- Carlstein, M. 1993: Natural food and artificial, dry starter diets: effects on growth and survival in intensively reared European grayling. - Aquaculture International 1: 112-123.
- Carmie, H. & Cuinat, R. 1984: Élevage de l'Ombre Commun. Premier résultats obtenus à la salmoniculture du Conseil Supérieur de la Pêche à Augerolles. - Rapp. CSP 6ème Dél. Region (Auvergne Limousin), 19 p.
- Carrick, T.R. 1979: The effect of acid water on the hatching of salmonid eggs. - J. Fish Biol. 14: 165-172.

- Cerný, J. 1992: The influence of water temperature, feed quality and feeding frequency on length-weight growth of grayling (*Thymallus thymallus*) fry. - In Adamek, Z. & Flajshans, M. (eds.): Proceedings of the Scientific Conference of Fish Reproduction '92. Vodnany, 2.-4.3.1992. Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology 1992. p. 149-150.
- Dabrowski, K. & Rusiecki, M. 1983: Content of total and free amino acids in zooplanktonic food of fish larvae. - *Aquaculture* 30: 31-42.
- Drenner, R.W., Strickler, J.R. & O'Brien, W.J. 1978: Capture probability: the role of zooplankton escape in the selective feeding of planktivorous fish. - *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 1370-1373.
- Eriksen, C.H. 1975: Physiological ecology and management of the rare "southern" grayling, *Thymallus arcticus tricolor* COPE. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19: 2448-2455.
- Fenderson, O.C. & Carpenter, M.R. 1971: Effects of crowding on the behaviour of juvenile hatchery and wild Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). - *Animal Behaviour* 19: 439-447.
- Gaudin, P. & Persat, H. 1985: The emergence rates and downstream movement of grayling fry *Thymallus thymallus* (L. 1758): initial observations in a controlled, semi-natural milieu. - *Comptes Rendus des seances de l'Academie des Sciences, Serie III: Sciences de la vie* 301: 843-847.
- Greendale, S.A. 1975: Some investigations into the relationship of grayling (*Thymallus thymallus*) and brown trout (*Salmo trutta*) in the Eden Water, Roxburgshire. - M. Phil. Thesis, Edinburg Univ., 216 p.
- Gustafson, K.-J. 1949: Movements and growth of grayling. - *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm* 29: 35-44.
- Hartman, G.F. 1958: Mouth size and food size in young rainbow trout, *Salmo gairdneri*. - *Copeia* 3/1958: 233-234.
- Heggenes, J. & Traaen, T. 1988: Downstream migration and critical water velocities in stream channels for fry of four salmonid species. - *Journal of Fish Biology* 32: 717-727.
- Hejný 1978: Management Aspects of Fishpond Drainage. - In Dykyjová, D. & Květ, J. (eds.): *Pond Littoral Ecosystems. Structure and Functioning. Ecological Studies* 28: 399-403. Springer-Verlag, Germany. 464 p. ISBN 3-540-08569-6
- Huet, M. 1986 (ed.): *Textbook of Fish Culture. Breeding and Cultivation of Fish.* - Allard & Son Ltd., Surrey, England. 438 pp. ISBN 0-85238-140-9
- Hughes, N.F. 1992: Ranking of feeding positions by drift-feeding arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in dominance hierarchies. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1994-1998.
- Hughes, N.F. & Dill, L.M. 1990: Position choice by drift-feeding Salmonids: Model and test for arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in subarctic mountain streams, interior Alaska. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 2039-2048.

- Humbesch, U.H. 1985: Inter- and intra-specific variation in hatching success and embryonic development of five species of salmonids and *Thymallus thymallus*. - Arch. Hydrobiol. 104(1): 129-144.
- Jansson, A. 1997: Heteroptera Nepomorpha, Aquatic Bugs. - In Anders Nilsson (ed.): Aquatic Insects of North Europe 1: 91-103. Apollo Books, Denmark. ISBN 87-88757-07-2
- Jungwirth, M. & Winkler, H. 1984: The temperature dependence of embryonic development of grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*), Arctic char (*Salvelinus alpinus*) and Brown trout (*Salmo trutta fario*). - Aquaculture 38: 315-327.
- Jääskeläinen, V. 1940: Eräitten kalojemme poikasten nuoruusasteista. - Suomen kalastuslehti 37: 87-89.
- Kamler, E. & Kato, I. 1983: Efficiency of yolk utilization by *Salmo gairdneri* in relation to incubation temperature and egg size. - Polskie Arch. Hydrobiol. 30: 271-306.
- Kamler, E. & Zuromska, H. 1979: Quality of eggs and production of *Coregonus albula* (L.) in three Masurian lakes. - Polskie Arch. Hydrobiol. 26: 595-623.
- Kilpinen, K., Honkanen, M. & Kuoppala, O. 1986: Harjuksen viljely. - Kalatalouden Keskusliitto. Moniste 3/1986: 1-37.
- Knights, B. 1985: Feeding behaviour and fish culture. - In Cowey, C.B., Mackey, A.M. & Bell, J.G. (eds.). Nutrition and feeding in fish. Academic Press, London. Pp. 223-241.
- Korhonen, M. 1978: Kalanpoikasten luonnonravintolammikkoviljely. - Suomen Kalastusyhdistys No. 68: 1-53.
- Kratt, L.F. & Smith, R.J.F. 1979: Agonistic behaviour of age 0, age 1 and non-breeding adult Arctic grayling *Thymallus arcticus* (Pallas). - J. Fish Biol. 15: 389-404.
- Kratt, L.F. & Smith, R.J.F. 1977: A post-hatching sub-gravel stage in the life history of the arctic grayling, *Thymallus arcticus*. - Trans. Am. Fish. Soc. 106: 241-243.
- Kruse 1959: Grayling of Grebe Lake, Yellowstone National Park, Wyoming. - United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service. Fishery Bulletin 59: 307-351.
- Kwain, W. 1975: Effects of temperature on development and survival of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, in acid waters. - J. Fish. Res. Board Can. 32: 493-497.
- Luczynski, M., Zaporowski, R.R. & Golonka, J.S. 1986: Rearing of European grayling, *Thymallus thymallus* L., larvae using dry and live food. - Aquaculture and Fisheries Management 17: 275-280.
- Maitland, P.S. 1965: The feeding relationships of salmon, trout, minnows, stone loach and threespined sticklebacks in the River Endrick, Scotland. - Journal of Animal Ecology 34: 109-133.

- Maslin, J.L. & Pattee, E. 1981: La production du peuplement benthique d'une petite rivière: son évaluation par la méthode de Hynes, Coleman et Hamilton. - Arch. Hydrobiol. 92: 321-345.
- McKinley, T.R. 1994: Some effects of net-pen-rearing methods on feed conversion by age-0 arctic grayling in an interior Alaskan lake. - The Progressive Fish-Culturist 56: 19-24.
- Myllylä, M. 1982: Harjus, *Thymallus thymallus* (L.), Kuusamon ylängöllä Koillis-Suomessa, Koutajoen vesistöalueella. - Laudatur-tutkielma. Oulun yliopisto, eläintieteen laitos. 132 s.
- Müller, K. 1961: Die Biologie der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) im Lule Älv (Schwedisch Lapland). - Z. Fisch. 10: 173-201.
- Nelson, P.H. 1954: Life history and management of the American grayling (*Thymallus signifer tricolor*) in Montana. - J. Wildl. Mgmt. 18: 324-342.
- Nilsson, A. 1997: Coleoptera Dytiscidae, Diving Water Beetles. - In Anders Nilsson (ed.): Aquatic Insects of North Europe 1: 145-172. Apollo Books, Denmark. ISBN 87-88757-07-2
- Norling, U. & Sahlén, G. 1997: Odonata, Dragonflies. - In Anders Nilsson (ed.): Aquatic Insects of North Europe 2: 13-66. Apollo Books, Denmark. 440 p. ISBN 87-88757-15-3
- O'Brien, W.J. & Showalter, J.J. 1993: Effects of current velocity and suspended debris on the drift feeding of arctic grayling. - Trans. Am. Fish. Soc. 122: 609-615.
- Ocvirk, J. & Vovk, J. 1986: The role of live zooplankton in the artificial rearing of the grayling (*Thymallus thymallus* L.). - Ichthyos 3: 8-12.
- Olifan, V. 1957: Daily feeding rhythms in the fry of the Baikal grayling and others. -Compte Rendu de l'Académie des Sciences de l'Union des République Soviétiques Socialistes 114: 591-593.
- Paasivirta, L.: Suomen vesihyönteiset ja punkit. - Jyväskylän yliopisto, Biologian laitos. Kurssimoniste 72 s.
- Peňáz, M. 1975: Early development of the grayling *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758). - Acta Sc. Nat. Brno 9(11): 1-35.
- Persat, H. 1976: Principaux aspects de l'écologie de l'Ombre commun *Thymallus thymallus* (L. 1758) (Poissons Salmonidés). - Thèse 3ème cycle, Univ. Lyon 1, 69 p.
- Persat, H. & Pattee, E. 1981: The growth rate of young grayling in some French rivers. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 21: 1270-1275.
- Peterson, H.H. 1968: The grayling, *Thymallus thymallus* (L.), of the Sundsvall bay area. - Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm 48: 36-56.
- Porevirta, K. & Silvennoinen, P. 1997: Harjuksen luonnonravintolammikkoseuranta -97. - Moniste 9 s.

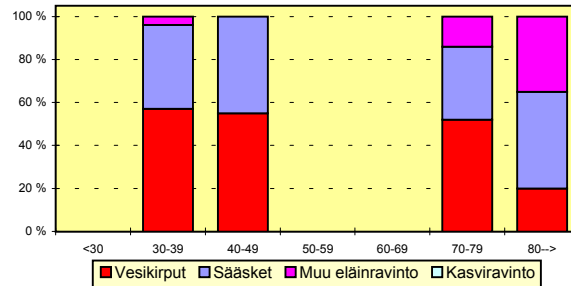
- Schmidt, D. & O'Brien, W.J. 1982: Planktivorous feeding ecology of Arctic grayling (*Thymallus arcticus*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 475-482.
- Schäperclaus, W. 1933: *Lehrbuch der Teichwirtschaft*. Paul Parey, Berlin, 1933.
- Scott, A. 1985: Distribution, growth and feeding of postemergent grayling *Thymallus thymallus* in an English river. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 114: 525-531.
- Scott, A. 1978: Distribution, growth and feeding of post emergent grayling *Thymallus thymallus* in an English river. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 114: 525-531.
- Sempeski, P. & Gaudin, P. 1995: Habitat selection by grayling -I. Spawning habitats. - *J. Fish Biol.* 47: 256-265.
- Sempeski, P. & Gaudin, P. 1995: Habitat selection by grayling - II. Preliminary results on larval and juvenile daytime habitats. - *J. Fish Biol.* 47: 345-349.
- Sempeski, P. & Gaudin, P. 1995: Size-related changes in diel distribution of young grayling (*Thymallus thymallus*). - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 1842-1848.
- Sempeski, P., Gaudin, P., Persat, H. & Grolet, O. 1995b: Diet selection in early-life stages of grayling (*Thymallus thymallus*). - *Arch. Hydrobiol.* 132: 437-452.
- Seppovaara, O. 1982: Harjuksen (*Thymallus thymallus* L.) levinneisyys, biologia, kalastus ja hoitotoimet Suomessa. - Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kalantutkimusosasto. Monistettuja julkaisuja 5: 1-88.
- Seppovaara, O. 1985: Harjuksen viljely ja harjusvesien hoito. - *Suomen kalastuslehti* 92: 214-217.
- Slaney, P.A. & Northcote, T.G. 1974: Effects of prey abundance on density and territorial behavior of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in laboratory stream channels. - *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 31: 1201-1209.
- Sommani, E. 1953: Esperimenti dei allevamento artificiale del temolo (*Thymallus thymallus* L.). - *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, pp. 47-57.
- Sundell, P. & Hynynen J. 2000: Harjusistukkaiden viljelyn kehittäminen. Petohyönteisten vaikutus luonnonravintolammikoiden harjustuotantoon. - Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus. Raportti 117/2000: 1-17 + liitteet.
- Sundell, P. 1999: Harjusistukkaiden viljelyn kehittäminen. Yhteenvedo vuonna 1998 tehdyistä tutkimuksista. - Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus. Raportti 65/1999: 1-20 + liitteet.
- Sundell, P. 1998: Harjuksen poikasen elinvaatimukset ja luonnonravintolammikkoviljelyn kehittäminen. - Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus. Tutkimusraportti 61/1998: 1-58 + liitteet.
- Sundell, P. 1994: Etelä-Saimaan harjusprojekti. Yhteenvedo tutkimuksista vuodelta 1993. - Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Moniste 12 s. + liitteet.

- Sundell, P. 1993: Etelä-Saimaan ja Vuoksen harjustutkimukset vuonna 1992. - Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Moniste 11 s. + liitteet.
- Sundell, P. 1992: Etelä-Saimaan harjus. Yhteenvedo tutkimuksista vuosilta 1985-90. - Jyväskylän yliopisto, Ympäristöntutkimuskeskus. Moniste 34 s. + liitteet.
- Sundell, P. 1986: Etelä-Saimaan harjuksen kutupyynä ja poikasnuottaukset vuonna 1986. - Jyväskylän yliopisto, ympäristöntutkimuskeskus. Moniste 13 s.
- Tabachek, J.-O. L. 1988: The effect of feed particle size on the growth and feed efficiency of Arctic char (*Salvelinus alpinus* (L.)). - *Aquaculture* 71: 319-330.
- Valentin, S., Sempeski, P., Souchon, Y. & Gaudin, P. 1994: Short-term habitat use by young grayling, *Thymallus thymallus* L., under variable flow conditions in an experimental stream. - *Fisheries Management and Ecology* 1: 57-65.
- von Gerald, D., Litschauer, W. & Sackl, P. 1986: Über die Altersstruktur einiger ausgewählter Fischarten und die Nahrungswahl der Äsche (*Thymallus thymallus* L.) am mittleren Kamp (Niederösterreich). - *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 87B: 31-39.
- Vovk, J. 1984: Dietary problems with zooplankton in fry breeding of grayling (*Thymallus thymallus* L.). - *Ichthyos* 1: 2-6.
- Walters, C.J. & Post, J.R. 1993: Density-dependent growth and competitive asymmetries in size-structured fish populations: A theoretical model and recommendations for field experiments. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 122: 34-45.
- Wankowski, J.W.J. 1981: Behavioural aspects of predation by juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on particulate, drifting prey. - *Animal Behaviour* 29: 557-571.
- Wankowski, J.W.J. & Thorpe, J.E. 1979: The role of food particle size in the growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). - *Journal of Fish Biology* 14: 351-370.
- Wissmath, P., Limburg, U. & Zacher, K.-H. 1983: Äschenaufzucht mit lebendplankton und fertigtutter. - *Fisch. Teichwirt* 36(5): 130-133.
- Witkowski, A., Kowalewski, M. & Kokurewicz, P. 1984: Lipien. - *Panstwowe Wydawnictwo Rolnicze i Lesne, Warszawa*, 214 p.

Liite 1. Luonnonravintolammikoissa kasvaneiden harjuksen poikasten ravinnon jakautuminen (%) eri ryhmiin altaittain vuonna 1998 (Sundell 1999).

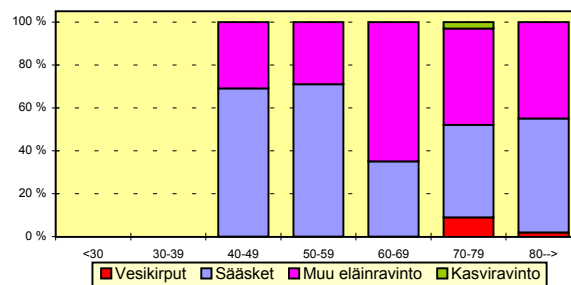
Allas 1

RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	..	57	55	..	..	52	20
Sääsket	..	39	45	..	..	34	45
Muu eläinravinto	..	4	0	..	..	14	35
Kasviravinto	..	0	0	..	..	0	0



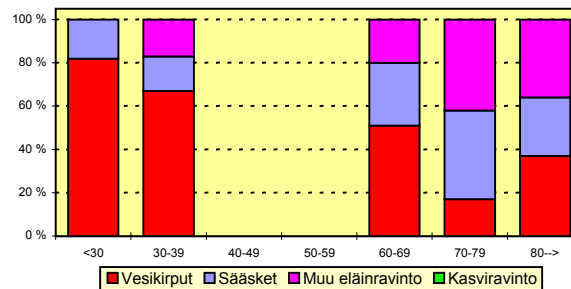
Allas 2

RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	0	0	0	9	2
Sääsket	69	71	35	43	53
Muu eläinravinto	31	29	65	45	45
Kasviravinto	0	0	0	3	0



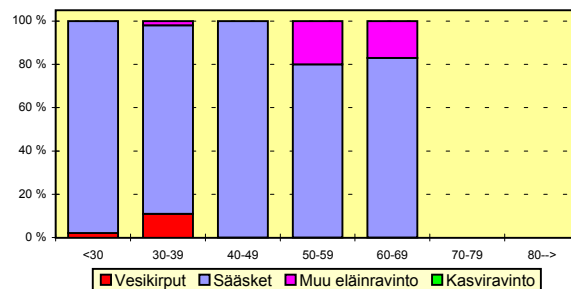
Allas 3

RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	82	67	..	..	51	17	37
Sääsket	18	16	..	..	29	41	27
Muu eläinravinto	0	17	..	..	20	42	36
Kasviravinto	0	0	..	..	0	0	0



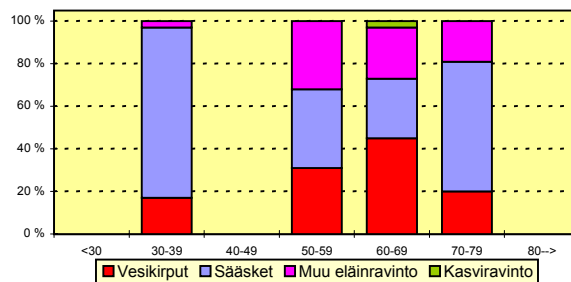
Allas 4

RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	2	11	0	0	0	..	..
Sääsket	98	87	100	80	83	..	..
Muu eläinravinto	0	2	0	20	17	..	..
Kasviravinto	0	0	0	0	0	..	..



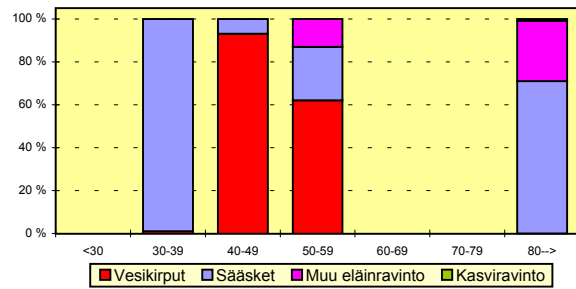
Allas 5

RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	..	17	..	31	45	20	..
Sääsket	..	80	..	37	28	61	..
Muu eläinravinto	..	3	..	32	24	19	..
Kasviravinto	..	0	..	0	3	0	..

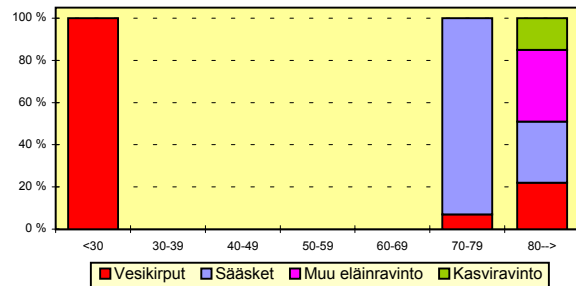


Allas 6

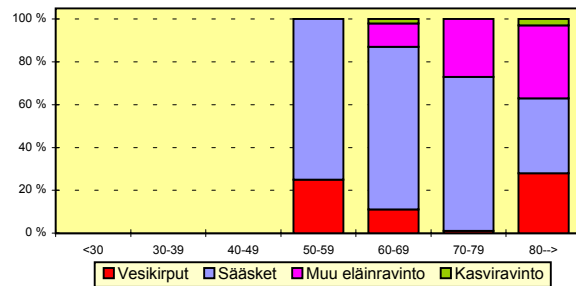
RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	..	1	93	62	..	..	0
Sääsket	..	99	7	25	..	..	71
Muu eläinravinto	..	0	0	13	..	..	28
Kasviravinto	..	0	0	0	..	..	1

**Allas 7**

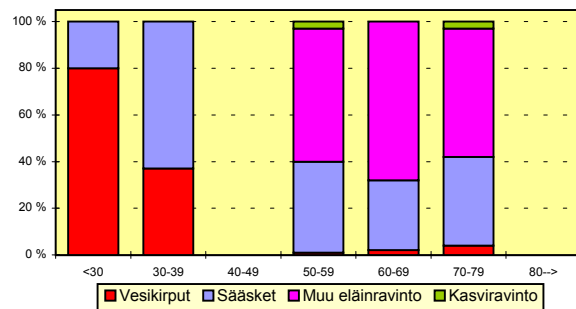
RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	100	..	..	..	..	7	22
Sääsket	0	..	..	..	..	93	29
Muu eläinravinto	0	..	..	..	..	0	34
Kasviravinto	0	..	..	..	..	0	15

**Allas 8**

RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	25	11	1	28
Sääsket	75	76	72	35
Muu eläinravinto	0	11	27	34
Kasviravinto	0	2	0	3

**Allas 9**

RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	80	37	..	1	2	4	..
Sääsket	20	63	..	39	30	38	..
Muu eläinravinto	0	0	..	57	68	55	..
Kasviravinto	0	0	..	3	0	3	..

**Allas 10**

RAVINTOKOHDE	NÄYTEKALOJEN PITUUS (mm)						
	<30	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-->
Vesikirput	4	..	..	..	..	1	11
Sääsket	81	..	..	..	..	29	32
Muu eläinravinto	15	..	..	..	..	70	51
Kasviravinto	0	..	..	..	..	0	6

