

Mudun (*Phoxinus phoxinus*) sijoittuminen pohjan värin mukaan

Johanna Karhu 2003
Oulun Lyseon lukio

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkielman aiheena oli selvittää, vaikuttaako mudun (*Phoxinus phoxinus*) oma suojaväri siihen, minkä väriselle pohjalle se sijoittuu; aihe sai alkunsa tutkimuksen tekijän satunnaisista havainnoista. Kokeessa käytetyt mudut pyydystettiin Kiiminkijoen Koirakoskesta. Mutujen annettiin värinvaihtokykyään käyttäen esivärjäytyä tummassa tai valkeassa astiassa. Koetilanteessa mudut sijoitettiin astiaan, jossa niillä oli valittavana musta tai valkea pohja. Yhteensä 100 tummasta mudusta 74 valitsi mustan pohjan, 22 kpl ei valinnut kumpaakaan väriä ja 4 kpl valitsi valkean pohjan. Yhteensä 12 vaaleasta mudusta 8 ei valinnut kumpakaan väriä, 2 mutua valitsi valkean ja 2 mutua mustan pohjan. Tulokset osoittavat, että suojaväri ja mudun valitseman pohjan väri riippuvat toisistaan. Värinvalinta on osa kalalajin keinovalikoimaa sen joutuessa selviytymään monien petojen uhan alla. Tutkimus antoi myös viitteitä siitä, että mudun värinvalinta saattaa olla musta-valko –asetelmaa monipuolisempi. Osaltaan tämä tutkimus osoittaa sen, että väritekijällä on huomattava merkitys kalojen käyttäytymiselle.

SISÄLLYS:

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
3. TULOKSET	9
4. POHDINTA	11
5. KIITOKSET	14
6. LÄHTEET	15

Liite

1. JOHDANTO

Tuomikarissa, perheeni kesämökillä Kiiminkijoella, huomasin, että koskessa liikkui mutuja. Niiden runsauden tajusin vasta, kun opin erottamaan ne tummaa pohjaa vasten. Samassa koskessa asuu, joka kesä tukkakoskeloperhe. Aina mökillä käydessäni saatoin nähdä koskeloiden liikkuvan koskessa (olisiko nimi koskelo peräisin lajin taitavasta koskessa liikkumisesta) ja saalistavan mutuja. – Nämä asiat saivat minut pohtimaan mudun suojaväriä. Ajattelin, että suojaväri olisi mutuparkojen ainoa kunnollinen puolustuskeino koskeloita – myös muita saalistajia – vastaan. Koska asia kiinnosti minua, päätin tutkia mudun suojavärikysymystä osana lukion biologian opiskeluni.

Suojaväri on useilla eläimillä peruskeinoja suojautumisessa saaliseläimiä vastaan. Periaatteessa eläinlaji voi käyttää suojaväriä kahdella tavalla: sijoittumalla tai muuntumalla. Sijoittumista on esimerkiksi se, että eläin valitsee sellaisen oleskelupaikan luonnossa, jossa sen senhetkinen väriytyminen sulautuu taustaan mahdollisimman hyvin; monet pesässä hautovat linnut ovat esimerkkejä tästä. Muuntumista on se, että eläin muuttaa fysiologisesti omaa väriytystään ympäristön mukaan. Sijoittuminen on yleensä nopeampi keino kuin muuntuminen.

Suojaväriytyminen on kaloille vähintään yhtä tärkeä kuin nisäkkäille. Väriensä puolesta kalat tavallisesti sulautuvat erinomaisesti ympäristöönsä, jossa liikkuvat. Useimmat kalat ovat selkäpuolelta tummempia kuin vatsapuolelta. Näin ne eivät erotu kovin hyvin pohjaa tai taivasta vasten katsottuna. Mm. salakka, muikku ja silakka sopeutuvat varsin tumman selkäpuolensa ansiosta veden tummaan syvyyteen. Kalojen tiedetään välttävän ympäristöä, jossa ne erottuvat liian selvästi. (Valle 1934)

Kalojen suojaväri voi vaihdella pohjan laadun ja veden mukaan. Kirkasvetisissä järvissä ahvenet ovat vaaleita, tummavetisissä lammissa tummia. Myös muilla kalalajeilla on vastaavia värieroja veden tai pohjan mukaan. Kutuaikaväriytyminen on monilla lajeilla poikkeus: silloin lajille saattaa olla eduksi erottua on eduksi erottua. (Valle 1934).

Monet kalalajit pystyvät nopeisiin väriin vaihdoksiin ja myös mudut kuuluvat tähän joukkoon (Waring 1963). Biologi Pertti Tikkanen (kirj. ilmoitus 11.9.2003) kuvailee mudun väri vaihtokykyä näin: ”Kun elävän mudun nostaa vaaleaan astiaan, kalan väri vaalenee muutamassa minuutissa. Samaten, jos tällaisen kalan palauttaa tummapohjaiseen puroon, erottuu vaalea kala jonkin aikaa hyvin tummaa pohjaa vasten.”

Kalojen väri vaihtomekanismeja on tutkittu varsin paljon. Väri vaihdos saattaa aiheutua monestakin syystä. Tietävästi kalojen väriä on kahta päälaatua. Ensiksikin orvaskeden värisoluissa on erityistä väriainetta pigmenttiä, mikä aiheuttaa kalojen selkäpuolen tumman väriyksen sekä punaiset, keltaiset ja vihertävät värit. Toiseksi kaloilla voi esiintyä heijastus- eli inferenssiväriä, joka voi saada kalan kyljen hohtamaan helmiäisen tavoin (vivahtuksia eri väreistä). Fysiologisesti vaihtoehtoina on väriaineen lisääntyminen tai vähentyminen ihon värisoluissa lisääntyessä tai sitten värimolekyylien sijainnin muuttuminen. Jotkut kalalajit pystyvät nopeaan väri muu tukseen. Tietävästi nopeimmin sen tekevät kampelat. Kampelat voivat ikään kuin valokuvata pohjan väri yksen ja muuttaa oman väri nsä sen mukaiseksi. (Waring 1963)

Mudun väri vaihtomekanismia ei ole selitetty aukottomasti, mutta lajin väri vaihtokyky tiedetään monipuoliseksi (Waring 1963) - on esitetty, että se ehkä on samantapainen kuin kampelalla. Koirakoskella kuitenkin havaitsin, että yrittäessään suojautua lähestyvältä ihmiseltä mudut käyttivät pakoa ja piiloutumista. Piiloutumisessa mudut näyttivät luottavan varsin paljon suojaväri insä, mikä herätti kiinnostukseni tähän tutkimusaiheeseen.

Päädyin siihen, että muttu voisi käyttää väri suojausta joko väri vaihdolla tai sijoittumalla. Suojautumismonipuolisuus on kovasti tarpeen koskessa, jossa pohjan väri ol osuhteet vaihtelevat pienialaisesti ja koskelot saalistavat jatkuvasti. Kuitenkin oletin, että nopeassa tilanteessa pako ja sijoittuminen mudun sen hetkisen väri n ja pohjan väri n mukaan on paras keino. Lisäksi väri vaihto saattaa olla fysiologisesti niin rasittavaa, ettei sitä ”kannata” käyttää usein. Pertti Tikkanen (2003) luonnehti asiaa näin: ”...lienee selvää, että kuten kaikesta aineiden siirtämisestä – väri nmuutos on väri pigmenttien siirtämistä paikasta toiseen solun sisällä – tästäkin seuraa yksilölle

kustannuksia. Evolutiivisessa mielessä voi ajatella kyseessä olevan edun ja haittojen tasapainottumisen luonnonvalinnan tuloksena.”

Hypoteesini oli, että **lyhyellä aikavälillä muttu valitsee sen hetkistä suojaväriään parhaiten vastaavan pohjan värin**. Päätin tutkia tätä yksinkertaisella kokeella, jossa käytettäisiin tummaksi ja vaaleaksi muuntuneita mutuja ja mustaa ja valkeaa pohjaa. Ennusteena oli, että tummat mudut pyrkivät mustalle alustalle. Vaaleiden mutujen ennusteena oli, etteivät ne pyrkisi samassa määrin mustalle alustalle kuin tummat mudut.

Tutkimukseni kohteena olivat Kiiminkijoen Koirakosken mudut, siis virtavesimudut. Mutua esiintyy jonkin verran järvissä, mutta etupäässä se on virtavesikala. Kolin (2001) mukaan mudun tyypillinen elinympäristö on hyvin nopean virtauksen alue. Huusko et al. (2003) tutkivat mudun mikrohabitaatin käyttöä ja havaitsivat, että mudut käyttivät lähes kaikkia saatavilla olevia syvyyksiä ja virrannopeuksia. Optimi virrannopeus oli 0 – 20 cm /s ja maksimi 60 m / s. Pohjan kivikoolla ei näyttänyt olevan suurta merkitystä mudulle. Kaiken kaikkiaan muttu on virtaympäristön habitaattivalinnassa generalisti. Happipitoisuuden ja veden laadun suhteen se on kuitenkin melko vaateliias (Koli 2001)

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Koeastiaksi valitsin valkean, laakean astia: l=40 cm, w=25 cm, h=20 cm. Se oli liukasta polyetyleenimuovia, nk. ämpärimuovia. Koejärjestelyn testaamiseksi ja tarkentamiseksi järjestin esikokeen.

Esikokeessa (14.7.2003) peitin puolet altaan pohjasta tummanruskealla tervapaperilla. Ensimmäisen mudun laitoin astiaan klo 11:48. Se asettui välittömästi tummalle alustalle altaan takareunaa vasten. Muttu pysyi täysin paikallaan ja liikkuteli välillä pryrstöä. Toisen mudun laitoin altaaseen klo:11:55. Koe epäonnistui, sillä muttu pääsi liivahtamaan paperin alle – mikä myös osoittanee mudun halua suojaautua.

Kolmas muttu asettui aluksi keskelle koeallasta, ilmeisesti yrittäen päästä paperin alle. Lähestyttäessä allasta muttu lähti liikkeelle ja uiskenteli kiivaasti. Muttu asettui lopuksi tummalle alustalle. Neljäs muttu kiersi koeallasta rauhallisesti viiden minuutin ajan. Pelästytettäessä se luikahti tummalle alustalle mutta jatkoi hetken päästä kiertämistä. Kymmenen minuutin kuluttua muttu oli asettunut tummalle alustalle eikä poistunut edes pelästytettäessä tummalta pohjalta.

Johtopäätökseni esikokeesta olivat:

- koeastia oli kooltaan riittävä kokeen suorittamiseen
- pohjan tumma osuus tuli maalata, eikä käyttää epävarmaa erillistä pinnoitetta
- viiden minuutin seuranta-aika muttua kohden olisi sinänsä riittävä
- ulkonaisia häiriöitä on syytä välttää mudun ollessa koeastiassa

Pääkokeeseen värjäsin puolet astian pohjasta tussivärillä täysin mustaksi. Siten pohjan ala koostui mustasta ja valkeasta ruudusta, molemmat 20 x 25 cm (valokuva 1).

Mudulla oli siis halutessaan valittavissa ääri vaihtoehtot heti mustalle alustalle – heti valkealle alustalle. Esikokeen perusteella tiesin, että ainakin osa muduista käyttäytyisi epämääräisemmin. Päätin luokitella mutujen sijoittumisen seuraavalle viisiluokkaisella asteikolla:

- 1) muttu sijoittuu heti mustalle alustalle
- 2) muttu sijoittuu viimeistään 5 minuutin kuluttua mustalle alustalle
- 3) muttu ei sijoitu
- 4) muttu sijoittuu viimeistään 5 minuutin kuluttua valkoiselle alustalle
- 5) muttu sijoittuu heti valkoiselle alustalle

Kaikki mudut kokeeseen pyydystin (isäni avustuksella) kalanpoikashaavilla (valokuva 2) Kiiminkijoen Koirakoskesta. Lämpiminä, aurinkoisina päivinä mudut oleskelivat lähempänä rantaa, jolloin pyydystyskin oli helpompaa. Viileinä tai ukkostavina päivinä mutuja oli huomattavasti vaikeampi saada haaviin. Lisäksi muttu on säikky ja vikkela kala, joten niiden kalastaminen tuotti aika-ajoin hankaluuksia. Mudut pyydystettiin muutamasta kohdasta yhteensä 100 metrin koskijaksolla (valokuva 3).

Joen vesi on suhteellisen tummaa, samoin pohja on pääosin tummaa. Koeaineiston pääosana käytin täysin tummassa astiassa esivärjättyneitä mutuja. Astiaksi valitsin

tummanharmaan sangon (valokuva 2). Vertailuryhmänä käytin valkoisessa astiassa vaaleammiksi esivärjäytyneitä mutuja. Molemmissa tapauksissa kalat joutuivat olemaan ”värjäytymissängossa” 20 – 50 minuuttia ennen siirtämistä koeastiaan.

Testasin kunkin mudun koealtaassa yksi kerrallaan. Myös altaan veden vaihdoin joka koekerran jälkeen. Näin altaaseen ei jäisi hajujälkiä muista kaloista. Koli (2001) toteaa, että mutu kuten muutkin särkikalat erittävät feromoneihin kuuluvia kauhuaineita.

Altaaseen laitoin joka kerralla 8 cm vettä merkkiviivan avulla. Allashuoneena palveli loma-asunnon saunatupa. Ikkunat peitin harsoverholla, joten huoneeseen ei tullut räikeää auringonvaloa. Siinä vaiheessa, kun olin sijoittanut mudun altaaseen, ei huoneessa liikuttu lainkaan.

15-17.7 välisenä aikana testasin 100 tummaksi värjättyä mutua. 17.7. – 16.8. testasin 12 vaaleaksi värjättyä mutua. Koe vaati aika lailla työtä, koska jokaiselle mudulle piti vaihtaa oma vesi. Kaikissa kokeen vaiheissa käytin jokivettä.

Kokeen jälkeen palautin mudut takaisin Kiiminkijokeen. Teoriassa olisi ollut mahdollista, että joku mutu kävi kokeessa kahteen kertaan, mutta todennäköisyys siihen on häviävän pieni ottaen huomioon Koirakosken laajuuden ja erittäin runsaan mutukannan,

Käsittelin aineiston taulukoina, ja tilastollisen luotettavuuden testasin χ^2 -testillä.



Valokuva 1. Koeallas.



Valokuva 2. Pyydystämishaavi ja esivärjätymisasiat tummille muduille.



Valokuva 3. Koskijakso, josta mudut pyydystettiin.

3. TULOKSET

Perusaineisto kaikkien mutujen pohjan valinnasta viisiluokkaisen asteikon mukaan on esitetty liitteessä 1.

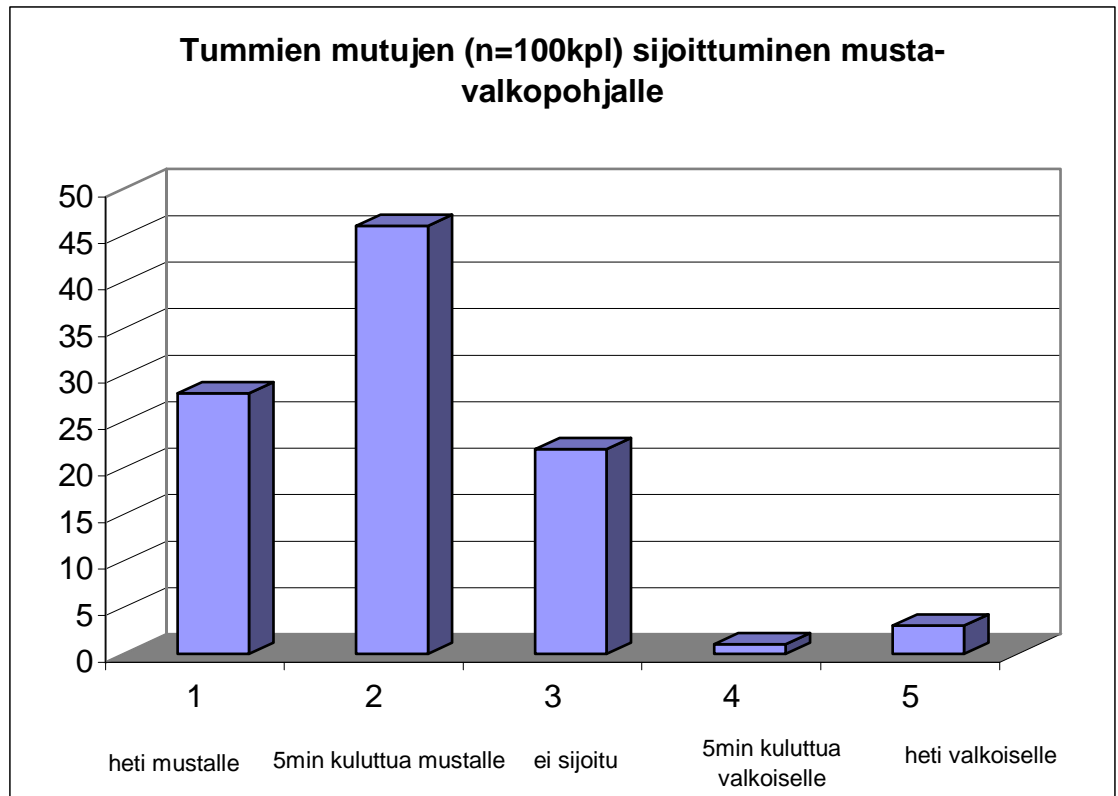
Yhteensä sadasta tummasta mudusta 74 % sijoittui tummalle alustalle: 28 % heti ja 46 % 5 min tarkastelujakson kuluessa. 22 mutua ei valinnut alustaa vaan jatkoi liikkumista ympäri allasta. Vain 4 tummaa mutua valitsi valkoisen alustan. (Kuva 1)

Vaaleita mutuja kokeessa oli 12 kpl. Niistä ainoastaan 4 kpl valitsi pohjan värin (2 mustan ja 2 valkean). Sen sijaan 8 mutua ei valinnut kumpaakaan ruutua vaan jatkoi epämääräistä vaeltelua koeastiassa. (Kuva 2)

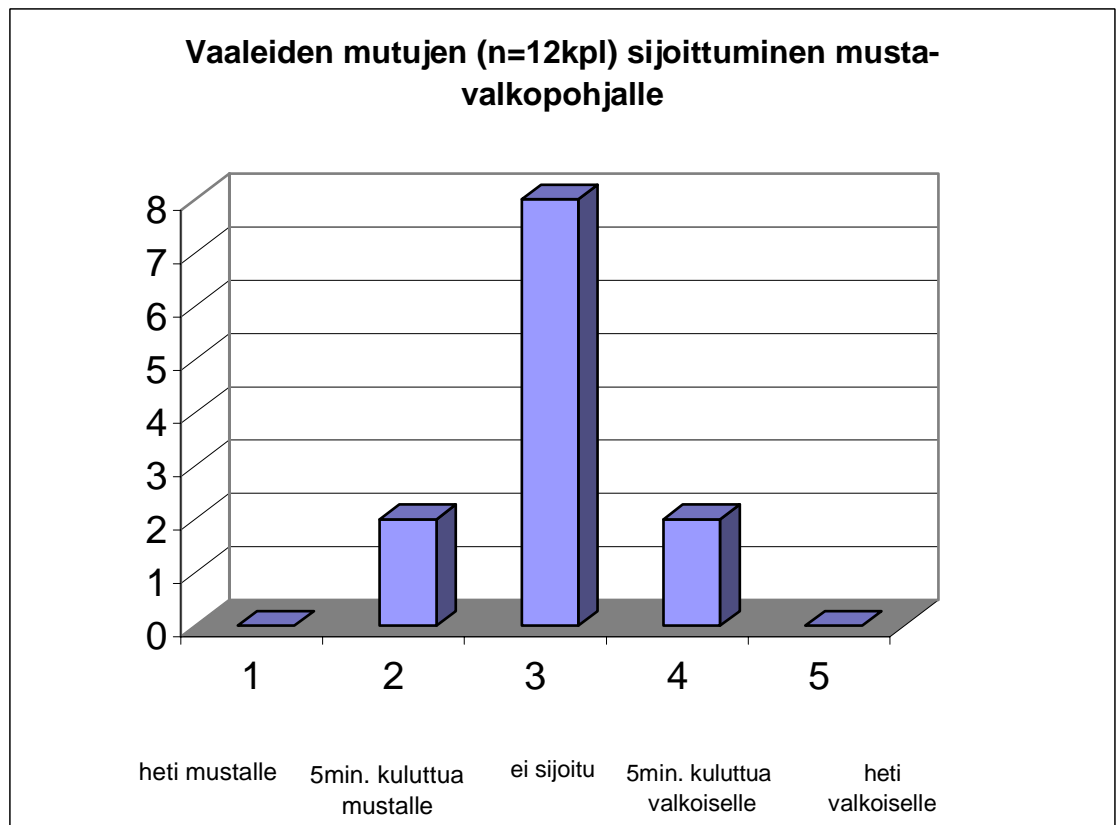
Kuvissa 1 ja 2 ilmenevät jakaumat ovat ennusteen mukaisia, eli tummien mutujen selvästi yleisin valinta oli sijoittua mustalle alustalle. Samoin vaaleiden vertailumutujen valinta jäi ennusteen mukaisesti epävarmaksi, eli mudut eivät osanneet ratkaista pohjanvalintaa tilanteessa, jossa kumpikaan ääriväri ei vastannut niiden valmiina olevaa suojaväriä.

Testasin tuloksen khi-neliö -testillä yksinkertaistaen luokitusta siten, että yhdistin mustalle sijoittumisen luokat 1-2 keskenään ja kaikki muut luokat 3-5 keskenään (taulukko 1).

Kuva 1.



Kuva 2.



Taulukko 1. Mustan pohjan valinta.

	Valitsi mustan pohjan	Ei valinnut mustaa pohjaa	Σ
Tummat mudut	74 67,86	26 32,14	100
Vaaleat mudut	2 8,14	10 3,86	12
Σ	76	36	112

Testisuureen laskenta:

$$\chi^2 = \frac{(74 - 67,86)^2}{67,86} + \frac{(2 - 8,14)^2}{8,14} + \frac{(26 - 32,14)^2}{32,14} + \frac{(10 - 3,86)^2}{3,86}$$

$$= 0,56 + 4,63 + 1,17 + 9,77 = 16,13$$

χ^2 -testisuureen arvo on 16,13 ja vapausasteita on 1, joten vertailuarvo riskitasolla 0,001 on 10,83. Siten khi-neliö -testi osoittaa ennusteen mukaisesti, että mudun värin ja mudun valitseman pohjan värin välillä on vahva riippuvuus. 0 –hypoteesi, jonka mukaan pohjan valinta ei riipu mudun väristä, voidaan hylätä.

4. POHDINTA

Koe tuki varsin selvästi hypoteesia, jonka mukaan tumma muttu valitsee sen hetkistä suojaväriään parhaiten vastaavan pohjan värin. Ne neljä tummaa muttua, jotka valitsivat itselleen erittäin huonosti sopivan valkoisen pohjan värin, tulkitseen joko luonnonvalinnan kannalta tarpeelliseksi vaihteluksi tai koejärjestelyihin liittyväksi häiriökäyttäytymiseksi.

Pohjan värin valinta on osa mudun monipuolista keinovalikoimaa selvittää useiden saalistajien ahdistuessa sitä. Tutkimuspaikalla, Koirakoskessa, mutuja saalistavat koskeloiden lisäksi ainakin hauki, ahven, taimen ja harjus. Luonnossa muttu käyttää

värin valinnan lisäksi myös muita keinoja. Ahvenen saalistusuhan alla mudut voivat siirtyä niin matalaan rantaveteen (alle 10 cm), etteivät ahvenet pysty seuraamaan niitä (Huusko ym. 2003). Esikokeessa tuli ilmi mudun voimakas pyrkimys piiloutumiseen esteiden taakse. Haavittaessa mutuja koskesta havaitsin mutujen suuren nopeuden ja vikkelyyden niiden lähtiessä pakoon. ”Esivärjättäessä” mutuja ilmeni, että niiden värinvaihto oli varsin nopea ja voimakas: muttu vaalensi itsensä alle kymmenessä minuutissa. Lisäksi mudut kykenevät oppimaan käyttäytymistä vaaratilanteista: haukipitoisissa vesissä mudut reagoivat kokemattomia lajikumppaneita voimakkaammin pedon läsnäoloon (Levesley ja Magurran 1988).

Itse koetilanteen pyrin järjestämään niin, ettei läsnä olisi mitään ”kauhutekijöitä”. Toisaalta mutuja käsiteltiin useassa vaiheessa ennen koeastiaan siirtämistä, mikä saattoi aiheuttaa muduille pidempiaikaisen järkytyksen. Jää epäselväksi, kuinka ”kauhea” koetilanne loppujen lopuksi oli mutujen kannalta. Koetulokset sekä se, että mudut liikkuvat aluksi hyvin nopeasti koealtaassa – osa valiten heti tietyn paikan – viittaavat siihen, että mudut kokivat voimakkaan suojautumistarpeen. Näin tilanne ehkä oli niiden kannalta vastaava kuin pedon lähestyessä. Kuitenkin sellaisia mutuja, jotka tekivät heti sijoittumisratkaisun, oli vain 31 % tummien mutujen ryhmässä ja vaaleilla muduilla ei lainkaan. Tämä saattaa liittyä Levesleyn ja Magurranin (1988) esille tuomaan seikkaan siitä, että mudut vaaratilanteessakin, kauhuaineen hälyttäessä, tekevät tarkistusmatkan oletettua petoa kohti; ilmeisesti tunnistaakseen pedon ja saadakseen informaatiota sen viretilasta. Ilmeisesti tietynasteinen uhkarohkeus on osoittautunut muttu-lajille paremmaksi kuin välitön pako kauhun vallassa. Pelkoaineen lisämerkitystä pohjan värin valintaan olisi mielenkiintoista tutkia.

Väri vaihtoehdot kokeessa olivat pelkistetyt mustaan tai valkoiseen. Tulokset jättävät avoimeksi sen, kuinka hienosyiseen väritulkintaan ja –valintaan muttu pystyisi. Kuitenkin se, etteivät vaaleat mudut osanneet valita väriä, viittaisi siihen, että mutujen väritulkintakyky on huomattavasti musta–valkea -asetelmaa monipuolisempi. Vaaleat mudut ilmeisesti tajusivat sen, että ne vaalenruskealla värityksellään erottuisivat sekä mustasta että valkeasta pohjasta, ja jatkoivat uiskentelua koeastiassa toivoen että löytäisivät suojautumiselle paremman ympäristön – ainakin ihmissilmälle vaaleiden mutujen suojaus kummallakin väri vaihtoehdolla oli huonompi kuin tumman mudun suojaus mustalla alustalla. Asiaan saattaa liittyä myös se, että mudulla on yllä

todettu tarve hankkia informaatiota vaaratilanteessa; paikalleen asettumattomuus joka suhteessa vaarallisessa väriympäristössä saattoi olla tällaista käyttäytymistä.

Tuloksia yleistettäessä on syytä ottaa huomioon vaaleiden mutujen havaintojen pieni määrä, samoin se että vaaleiden mutujen joukossa oli pieniä, saman vuoden mutuja, ks. liite. On myös aihetta panna merkille useiden tutkijoiden esille tuoma seikka siitä, että eri mutupopulaatioilla on käyttäytymiseroja (mm. Levesley ja Magurran 1988). Mahdollisesti Kiiminkijoen mudut eroavat brittiläisistä lajikumppaneistaan.

Kiiminkijoen poikkeuksellisen ruskean värin voi olettaa vähentävän näköetäisyyttä ja petojen mahdollisuutta havaita mudut näköaistillaan.

Kaiken kaikkiaan mudulla on hyvä joukko erilaisia suojautumiskeinoja saalistajia vastaan. Tämä koe ei kerro siitä, miten yleisesti muttu käyttää värin mukaan sijoittumista suhteessa muihin keinoihin; ainoastaan se osoittaa sen, että pelkistetyssä tilanteessa muttu käyttää värin mukaan sijoittumista. Tästä seuraa se johtopäätös, että jollain tapaa kalan täytyy ”tajuta” oma värinsä suhteessa pohjan väriin. Minua jäi kiinnostamaan miten muttu sen tekee, koska sillä ei ole peiliä käytettävissä kuten itselläni. Koska sijoitin mudut koealtaaseen yksitellen, eivät ne voineet päätellä väriään myöskään kumppaneistaan. Vaikka kalojen värimuutokset pääosin perustuvat näköaistiin, muttu kykenee värimuutoksiin jopa sokeutettuna (Parker 1948).

Koska sopiva suojaväri on kalalla tärkeä, voisin olettaa, että se vaikuttaa suuresti kalojen liikkumiseen ja asettumiseen luonnonvesissä. Kaloja istutettaessa olisi niiden kannalta turvallisempaa, jos istutuspaikan värimaailma soveltuisi istukkaiden värikykyyn. Toisaalta asiaa voi jopa hyödyntää toisinpäin: isälläni Ismo Karhulla (suull. ilmoitus 15.11.2003) oli aikoinaan vuokrajärvi, johon hän istutti eri arvokalalajeja, ja hän käytti (kalatalouskonsulentti Seppo Huuskosen neuvosta) valkeaa muovialustaa pohjassa estämään istuskalojen alasvaellusta järvestä lähtevään puroon.

Muttu on monien vihollisten uhkaama, vikkela pieni kala, jossa olisi paljon tutkittavaa. Mielestäni muttu osoittaa, että pienikin voi pärjätä vaarallisessa maailmassa.

5. KIITOKSET

Työni ohjasi lehtori Antti Rönkä. Häneltä sain haasteellisuuden, korvaamattomat neuvot ja kannustuksen tutkielmaani. Myös koulumme rehtori Pekka Sallinen on ilmaissut tukensa minulle. Kieliasusta olen saanut neuvoja isältäni Ismo Karhulta; lisäksi hän auttoi mutujen pyydystämisessä. Suuret kiitokset heille kaikille.

Haluaisin kiittää myös Pertti Tikkasta sekä Aki Mäki-Petäystä; heiltä sain arvokkaita tietoja tutkimusta varten. Lopuksi erityismaininta perheemme pohjanpystykorvalle, ”Pompille”, joka viihdytti minua pitkien kenttätyörupeamien aikana Tuomikarissa. Kaikkea hyvää myös Koirakosken muduille, joita olen vasta nyt oppinut tuntemaan.



Valokuva 4. ”Tutkimusapulaiseni” kenttätyössä.

6. LÄHTEET

- Huusko, A., Kreivi, P., Mäki-Petäys, A., Nykänen, M & Vehanen, T. 2003: Vesivirtakalojen elinympäristövaatimukset. Kala ja riistaraportteja nro 284. Perustietoa elinympäristömallisovelluksiin. Paltamo 2003
- Levesley, P.B. ja Magaurran, A.E 1998. Population differences in the reaction of minnows to alarm substance. J.F Biol. 32, s.699-706
- Koli, L: 1997: Kalakirja. – Otava, Keuruu
- Parker, G.H: 1948: Animal colour changes and their neurohumours. Cambridge university press
- Valle, K. J: 1934: Suomen kalat – Otava. Helsinki
- Waring, H.J: 1963: Color Change Mechanism of Cold-Blooded Vertebrates. Academic press