

Pro gradu -tutkielma

**Särkikalojen paikallisuus, ikä ja kasvu Siuntion-
joen latvajärvillä**

Salla Heikkinen



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

20.12.2023

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Akvaattisten tieteiden maisteriohjelma

Heikkinen, S.: Särkikalojen paikallisuus, ikä ja kasvu Siuntionjoen latvajärvillä

Pro gradu tutkielma: 51 s., 7 liitettä (7 s.)

Työn ohjaajat: FT Jussi Vesterinen ja FT Timo Marjomäki

Tarkastajat: FT Harri Helminen ja FT Timo Marjomäki

Joulukuu 2023

Hakusanat: Ikä, kasvu, kuolleisuuskoe, lahna, merkintä-takaisinpyynti, migraatio, pasuri, rehevöityminen, sukukypsyys, särki

Länsi-Uudellamaalla sijaitsevat Enäjärvi ja Poikkipuoliainen ovat rehevöityneitä järviä, joissa vallitsee runsas särkikalakanta. Järvet ovat yhteydessä toisiinsa 2,3 km pitkän Hulttilanjoen kautta, mikä mahdollistaa kalojen liikkumisen järvien välillä. Työn tarkoituksena oli selvittää särjen (*Rutilus rutilus*), pasurin (*Blicca bjoerkna*) ja lahnan (*Abramis brama*) liikkumista, ikärakennetta, kasvunopeutta sekä sukukypsyysikää ja -kokoja. Vaellus selvitys toteutettiin T-ankkurimerkinnällä merkintä-takaisinpyyntinä ja merkinnän aiheuttamaa kuolleisuutta tutkittiin kuolleisuuskokeella. Iän- ja kasvunmääritykset tehtiin hartialukkoluusta (cleithrum). Vaellustutkimuksessa molempien järvien yhteenlaskettujen merkkipalautuksien (n = 101) osuus oli 4,7 % kaikista merkityistä kaloista (n = 2178). Järvestä toiseen vaeltaneita kaloja havaittiin vain 1,5 % (n = 18) kaikista merkityistä kaloista. Vaeltaneiden kalojen osuus merkkipalautuksista puolestaan oli 17,8 %. Kuolleisuuskokeessa koeryhmässä särjen kuolleisuus oli 2,2 %, mutta pasurilla ja lahnalla ei havaittu kuolleisuutta. Kontrolliryhmässä kaikki kalat selvisivät hengissä. Särjen, pasurin ja lahnan kasvu oli molemmilla järvillä hidasta, mikä on tyypillistä reheville särkikalakannaltaan tiheille järville. Hoitokalastusten havaittiin vaikuttaneen joidenkin lajien vuosiluokkiin, mutta hoitokalastukselle tyypillistä kasvun selkeää paranemista ei havaittu tapahtuneen pitkällä aikavälillä kummallakaan järvellä. Enäjärvellä särkien ja pasureiden havaittiin kasvavan kookkaammiksi ja vanhemmiksi kuin Poikkipuolialaisella, jossa särki- ja pasurikannat koostuivat nuoremista ja pienikokoisemmista yksilöistä ikä-pituus-avaimella muutetun Nordic-verkkokoosaaliin ikä- ja pituusjakaumien mukaan. Lahnojen kasvu molemmilla järvillä on hidastunut tarkastelujakson aikana, etenkin nuoremmista ikäryhmissä. Särkikoiraat saavuttivat sukukypsyyden 2-3-vuotiaina 8-9 cm pituisina ja särkinaaraat 3-4-vuotiaina 10-11 cm pituisina. Koiraspasurit tulivat sukukypsiksi 4-5-vuotiaina 9-12 cm pituisina ja naaraspasurit 6-vuotiaina 10-12 cm pituisina. Sukukypsyyden koiras- ja naaraslahnat saavuttivat 9-10-vuotiaina, jolloin pituutta niillä oli 30-33 cm. Tulokset särkikalojen iästä, kasvusta, sukukypsyydestä sekä liikkumisesta Enäjärvellä ja Poikkipuolialaisella antavat tärkeää lisätietoa järvien ravintoketjukkunnostuksen jatkosuunnitteluun.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science
Department of Biological and Environmental Science
Master's Degree Programme in Aquatic Sciences

Heikkinen, S.: Locality, age and growth of cyprinids in the top
 lakes of river Siuntionjoki

MSci Thesis 51 p., 7 appendices (7 p.)

Supervisors: PhD Jussi Vesterinen, PhD Timo Marjomäki

Tarkastajat: PhD Harri Helminen, PhD Timo Marjomäki

December 2023

Keywords: Age, bream, eutrophication, experimental mortality, growth, mark-recapture, maturity, migration, roach, white bream

Lake Enäjärvi and Lake Poikkipuoliainen, located in Southern Finland, are eutrophicated and dominated by cyprinids. The lakes are connected to each other by a 2,3 km long River Hulttilanjoki, enabling fish to move between the lakes. The aim of this study was to define the age, growth and maturity of roach (*Rutilus rutilus*), white bream (*Blicca bjoerkna*) and bream (*Abramis brama*). Migration of these three species between the lakes was studied as well. Migration study was conducted by T-bar anchor tagging, meanwhile mortality caused by tagging and handling was studied. Age and growth determination were made from the cleithrum bones. In migration study, only 1,5 % (n = 18) out of all tagged individuals (n = 2178) moved from Lake Poikkipuoliainen to Lake Enäjärvi. Instead, the portion of returned tagged fish (n = 101) was 4,7 % out of all tagged fish. No differences in the mortality caused by tagging and handling between experimental and control groups of bream and white bream were discovered. Instead, the mortality rate of roach in experimental group was 2,2 %, but no mortality was noticed in control group. The growth of roach, bream and white bream was slow in case of both lakes, which is often typical for a lake suffering from dense cyprinid stocks. Management fishing had an effect on growth of some year classes, but no typical higher growth rates of management fishing were found in the long term. In Lake Enäjärvi, the growth of roach and white bream was faster than in Lake Poikkipuoliainen, where instead the stocks of roach and white bream was conducted of smaller-sized individuals. Growth of bream in both lakes has been slowed down, especially in younger age groups. Roach and white bream males reached sexual maturity at younger age in Lake Enäjärvi than in Lake Poikkipuoliainen. In Lake Poikkipuoliainen, male and female breams reached sexual maturity a year younger than in Lake Enäjärvi. The results on the age, growth, sexual maturity and movement of roaches in Enäjärvi and Poikkipuolainen provide important additional information for lake restoration and further planning of biomanipulation.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	1
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	3
2.1	Tutkimusjärvet	3
2.2	Vaellustutkimus	4
2.2.1	Kalojen merkintä	4
2.2.2	Kuolleisuuskoe	5
2.2.3	Merkkipalautusten arviointi.....	6
2.3	Kalojen ikä- ja kasvunäytteiden keruu ja pituusjakaumat	6
2.4	län- ja kasvunmäärietykset	9
3	TULOKSET	13
3.1	Vaellustutkimus	13
3.1.1	Kuolleisuuskoe	13
3.1.2	Merkkipalautukset	13
3.2	Ikäryhmäkohtaiset keskipituudet ja kasvu.....	16
3.2.1	Särki.....	16
3.2.2	Pasuri	20
3.2.3	Lahna.....	25
3.3	Nordic-verkkosaaliin pituus- ja ikäjakaumat	30
3.4	Sukukypsyysikä ja -koko	33
3.4.1	Särki.....	33
3.4.2	Pasuri	35
3.4.3	Lahna.....	36
4	TULOSTEN TARKASTELU	39
4.1	Vaellustutkimus	39
4.2	Kalojen ikä ja kasvu	40
4.3	Nordic-verkkokoekalastusten saaliiden ikä- ja pituusjakaumat	42
4.4	Särkikalojen kasvuun vaikuttavat tekijät	42
4.5	Kalojen sukukypsyysikä ja -koko	44
5	PÄÄTELMÄT	45
	KIITOKSET	46
	KIRJALLISUUSLUETTELO	47
	LIITE 1. SÄRJEN TAKAUTUVASTI LASKETTUIHIN IKÄRYHMÄKOHTAIIN KESKIARVOIHIN SOVITETTUIHIN VON BERTALANFFYN KASVUYHTÄLÖIDEN PARAMETRIEN ESTIMAATIT JA NIIDEN 95 % LUOTTAMUSVÄLIT ENÄJÄRVELLÄ JA POIKKIPUOLIAISELLA. 95 % LUOTTAMUSVÄLIT SULKEISSA.	52

LIITE 2. ENÄJÄRVEN VUODEN 2022 NÄYTESÄRJISTÄ TEHTY IKÄ- PITUUS-AVAIN. SÄRKIEN (N = 142) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.....	53
LIITE 3. POIKKIPUOLIAISEN VUODEN 2022 NÄYTESÄRJISTÄ TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. SÄRKIEN (N = 112) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.....	54
LIITE 4. ENÄJÄRVEN VUODEN 2022 NÄYTEPASUREISTA TEHTY IKÄ- PITUUS-AVAIN. PASURIEN (N = 99) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.....	55
LIITE 5. POIKKIPUOLIAISEN VUODEN 2022 NÄYTEPASUREISTA TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. PASURIEN (N = 89) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.....	56
LIITE 6. ENÄJÄRVEN VUODEN 2022 NÄYTELAHNOISTA TEHTY IKÄ- PITUUS-AVAIN. LAHNOJEN (N = 306) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.....	57
LIITE 7. POIKKIPUOLIAISEN VUODEN 2022 NÄYTELAHNOISTA TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. LAHNOJEN (N = 107) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.....	58

1 JOHDANTO

Särki (*Rutilus rutilus*), pasuri (*Blicca bjoerkna*) ja lahna (*Abramis brama*) ovat yleisiä ja runsaslukuisia lajeja Suomessa, erityisesti rehevöityneissä eteläsuomalaisissa järvissä (Tammi ym. 1997, Helminen ym. 2000, Vinni ym. 2000, Olin ym. 2002). Näistä särki on omnivori, joka pystyy hyödyntämään monipuolista ravintoa, kuten eläinplanktonia, kasvimateriaalia, pohjaeläimiä ja detritusta (Persson 1983a, Mattila & Bonsdorff 1988). Lahna ja pasuri käyttävät pienikokoisina ravinnokseen eläinplanktonia ja kasvaessaan siirtyvät pohjaeläimiin (Hansson ym. 1998, Vinni ym. 2000). Särkikannan runsastuessa petoahvenien (> 15 cm) osuus pienenee kovan ravintokilpailun takia, jolloin särkiin kohdistuva saalistuspaine vähenee (Persson 1983b, Persson ym. 1991). Rehevöitymisen ja vähentyneen saalistuspaineen vaikutus näkyvät särkikalojen tehokkaana lisääntymisenä (Persson 1983b, Persson ym. 1991, Helminen ym. 2000, Jeppesen ym. 2000). Lisääntynyt ravinto ja suotuisat olosuhteet nopeuttavat kasvua, mutta särkikalapopulaation kasvaessa tiheäksi kasvu hidastuu ja keskikoko pienenee (Persson 1983b, Persson ym. 1991, Lappalainen ym. 2001, Olin ym. 2006).

Vesistön sisäistä kuormitusta ylläpitää suurikokoisten särkikalojen aiheuttama pohjan pölyäminen, jonka seurauksena sedimenttiin kertyneitä ravinteita, kuten fosforia, vapautuu veteen (Horppila & Kairesalo 1990, 1992, Hansson ym. 1998). Ulkoisista tekijöistä ravinnekuormitusta aiheuttavat muun muassa maa- ja metsätalous sekä haja-asutus. Hoitokalastuksen avulla voidaan tehdä biomanipulaatiota eli järven ravintoverkkokunnostusta, jossa särkikalojen suuren biomassan poiston avulla pyritään vähentämään ravinteita, muuttamaan kalaston rakennetta vähemmän särkikalavaltaiseksi ja vaikuttamaan järven sisäiseen ravinteiden kiertoon sekä ravintoverkon toimintaan (Olin ym. 2006, Søndergaard ym. 2008, Bernes ym. 2015). Järven biomanipulaatiossa on tärkeää saada poistettua riittävän paljon särkikaloja, jotta eläinplanktoniin kohdistuva särkikalojen laidunnuspaine pienenee ja eläinplanktonin keskikoko sekä määrä kasvavat (Hansson ym. 1998, Olin ym. 2006, Bernes ym. 2015). Lisääntynyt eläinplankton laiduntaa tehokkaasti kasviplanktonia, jonka seurauksena sinileväkukinnot pienenevät ja vesi kirkastuu (Hansson ym. 1998, Olin ym. 2006, Bernes ym. 2015). Suuri kalastuspaine pienentää särkikalakantaa vähentäen etenkin suuria yksilöitä, jolloin kalojen kasvu nopeutuu (Horppila ja Peltonen 1994, Hansson ym. 1998, Karjalainen ym. 2023).

Särkikalojen liikkumista ja vaelluskäyttäytymistä järvistä virtavesiin on tutkittu jo vuosikymmenien ajan (esim. L'Abée-Lund & Vøllestad 1985, 1987, Skov ym. 2008, 2010, Brönmark ym. 2013, Skov ym. 2018). Särki, pasuri ja pienikokoinen lahna saattavat siirtyä useita kertoja järvistä virtavesiin talven aikana (Skov ym. 2008, 2010, 2011, 2018) pienentäen riskiään joutua saaliiksi vähäisen kasvun aikana (Brönmark ym. 2008, Skov ym. 2011). Brodersen ym. (2008b) ja Brönmark ym. (2013) ovat havainneet, että ravinnon puutteesta kärsivät särkikalat voivat kuitenkin jäädä predaatiouhasta huolimatta järveen etsien lisäravintoa sen sijaan, että lähtisivät puroon, jossa ravintoa on niukasti tarjolla. Isommilla särkikaloilla energiavarastot ovat suuremmat, joten ne selviytyvät hyvin niukkaravinteisissa ja virtaavissa

vesissä (Brodersen ym. 2008b). Isot lahnat jäävät yleensä järviin talvehtimaan saavutettuaan riittävän suuren koon, jonka jälkeen riski petokalojen saaliiksi joutumisesta vähenee (Skov ym. 2018). Vaikka särkikalojen liikkumista toisiinsa yhteydessä olevien järvien välillä on tutkittu vähemmän, tiedetään särkikalojen kuitenkin liikkuvan järvien välillä (Lilja ym. 2003, Brodersen ym. 2019). Brodersen ym. (2019) tutkivat aikuisten lahnojen liikehdintää kahden toisiinsa yhteydessä olevan järven välillä tullen siihen tulokseen, että lahnat liikkuvat järvien välillä etsien ravintoa. Biomanipulaatiota eli ravintoverkkokunnostusta on kannattavaa tehdä usealla toisiinsa yhteydessä olevalla järvellä samanaikaisesti (Bernes ym. 2015), sillä kalatiheyden vähentyessä ja ympäristöolojen parantuessa kaloja siirtyy tilalle toisesta järvestä (Brodersen ym. 2019, Daniels ym. 2008). Brodersen ym. (2019) tiedon mukaan tällaisia useammalla vierekkäisellä ja toisiinsa yhteydessä olevilla järvillä tehtäviä kunnostuksia ei ole ennen tehty. Särkikalojen poistopyynti puroista voi olla kustannustehokasta verrattuna perinteisiin menetelmiin järvissä (Skov ym. 2018).

Särkikoiras tulee Suomessa sukukypsäksi tavallisimmin 3–4-vuotiaana ja 8–11 cm pituisena (Yrjölä ym. 2015). Naaras puolestaan saavuttaa sukukypsyyden 4–5-vuotiaana, 10–13 cm pituudessa (Yrjölä ym. 2015). Sukukypsyyden pasurit saavuttavat 3–5-vuotiaana niiden ollessa 8–14 cm pituisia (Yrjölä ym. 2015). Lahna tulee tavallisimmin sukukypsäksi 6–9-vuotiaana (Yrjölä ym. 2015). Aiemmissä tutkimuksissa on selvinnyt, että esimerkiksi Keurusselällä lahna tulee sukukypsäksi 34 cm pituisena ja Lohjanjärvessä 30–32 cm pituisena (Salminen 1983).

Tämän työn tarkoituksena oli vertailla särkikalojen liikkumista, ikärakennetta, kasvunopeutta sekä sukukypsyyssikää ja -kokoja Siuntionjoen latvajärvien, Enäjärven ja Poikkipuoliaisen välillä. Iän- ja kasvunmääritysten avulla selvitettiin, eroavatko särkikalapopulaatioiden ikärakenne, kasvu sekä sukukypsyyssikä ja -koko toisistaan. Lisäksi selvitettiin, onko kalaston rakenteessa ja kasvussa tapahtunut muutoksia hoitokalastuksen vaikutuksesta kummallakaan järvellä. Vaellustutkimuksella selvitettiin kalojen liikkumista järvien välillä sekä populaatioiden paikallisuutta kasvuerojen avulla. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry:n koordinoiman Länsi-Uudenmaan hoitokalastuksen tehostamishankkeen (2021–2023) osana tehty pro gradu -tutkielma palvelee meneillään olevaa Siuntionjoen latvajärvien kunnostusta ja toimii jatkossa hoitokalastuksen arvioinnin työkaluna.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusjärvet

Tutkimusjärvet Enäjärvi ja Poikkipuoliainen ovat Vihdissä, Uudellamaalla sijaitsevia latvajärviä, jotka ovat yhteydessä toisiinsa Hultilanjoen kautta. Enäjärveltä Poikkipuoliaiseen laskevalla Hultilanjoella on pituutta 2,3 km. Hultilanjoen uomaa on aikoinaan oikaistu, mikä vähentää pelloilta valuvien ravinteiden pidättymistä (Pellikka ym. 2020). Keskivedenpinnankorkeuden ero järvien välillä on nykyään 0,3 m. Vuonna 1928 Enäjärven luusualta alkavan Hultilanjoen suulle rakennettiin säännöstelypato, joka muutettiin pohjapadoksi vuonna 1993 (Pellikka ym. 2020). Kesäisin joen vedenpinta on niin matalalla, että se todennäköisesti estää suurikokoisten lahnojen ja pasureiden läpikulun.

Enäjärvi on järviyypiltään runsasravinteinen järvi ja sen ekologinen tila on välttävä (taulukko 1). Järvi on ollut eutrofinen syntymästään asti (Salonen ym. 1993). Sinileväkukinnot ovat tavallisia heinä-syyskuun aikana (Pellikka ym. 2020). Kesäisin järveen ei synny lämpötilakerrostuneisuutta sen mataluuden takia (Pellikka ym. 2020), jonka vuoksi tuuli pääsee sekoittamaan järveä myös kesällä. Tämäkin osaltaan aiheuttaa ravinteiden sekoittumista pohjasedimentistä veteen ja ruokkii sisäistä kuormitusta. Voimakasta ulkoista kuormitusta on aiheuttanut jätevesien lasku 1950–1970-luvuilla huonontaan järven veden laatua entisestään (Lempinen 1998, Salonen & Varjo 2000), ja edelleen osa näistä ravinteista on hautautuneena järven sedimenttiin aiheuttaen sisäistä kuormitusta. Särkikalajien tehokalastus aloitettiin Enäjärvellä vuonna 1993, ja sen tarkoituksena oli vähentää järven sisäistä kuormitusta (Lempinen 1998). Tätä aiemmin järvi kärsi mm. kalakuolemista ja sinileväkukinnoista (Lempinen 1998). Järven tila koheni hetkellisesti 2000-luvun vaihteessa, mutta tila on huonontunut samanaikaisesti hoitokalastusmäärien ja -saaliiden vähennyttyä (Pellikka ym. 2020). Keskimäärin Enäjärveltä on poistettu kalaa vuosien 1993–2019 aikana 36 kg/ha/v (min.-maks. 8–127 kg/ha/v) (Pellikka ym. 2020).

Poikkipuoliainen on järviyypiltään runsasravinteinen järvi, jonka ekologinen tila on välttävä (taulukko 1). Vuonna 1928 Poikkipuoliaisen vedenkorkeutta laskettiin n. 1 m (Salonen & Varjo 2000). Ulkoista kuormitusta aiheuttavat Poikkipuoliaisen ympärillä sijaitsevat pellot sekä pohjoispuolella sijaitseva Katinhännänsuon suoalue. Myös Hultilanjoella ja sen lähivaluma-alueella on suuri merkitys kuormituksessa, sillä sitä reunustavat pellot kärsivät ajoittaisista tulvista ja laskevat valumavesien mukana ravinteita jokeen ja sitä kautta Poikkipuoliaiseen. Hoitokalastusta on tehty 1990-luvulta asti ja pisin yhtenäinen hoitokalastusjakso oli vuosina 1997–2005 (Niinimäki 2011). Poikkipuoliaiselta on poistettu kalaa vuosien 1993–2019 aikana keskimäärin 34 kg/ha/v (min-max 2–81 kg/ha/v) (Pellikka ym. 2021). Kuitenkaan yli 30 vuoden seurannan aikana veden laadussa ei ole ollut juurikaan muutosta parempaan, ja järvi kärsii edelleen umpeenkasvusta, särkikalavaltaisesta kalastosta, jokakesäisistä leväkukinnoista, ajoittaisesta hapettomuudesta sekä kalakuolemista.

Taulukko 1. Enäjärven ja Poikkipuoliaisien ekologista tilaa kuvaavat hydrologis-morfologiset ja fysikaalis-kemialliset muuttujat. Hydrologis-morfologisia muuttujia ovat pinta-ala, maksimisyvyys, keskisyvyys, viipymä ja valuma-alue. Fysikaalis-kemiallisia muuttujia puolestaan ovat näkösyvyys, *a*-klorofylli, kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi, jotka ovat vuoden 2020 keskiarvoja. Tiedot SYKE:n Hertta-tietokannasta.

	Enäjärvi	Poikkipuoliasinen
Pinta-ala (km ²)	4,9	1,9
Maksimisyvyys (m)	9,1	5
Keskisyvyys (m)	3,2	1,4
Viipymä (vrk)	436	43
Valuma-alue (km ²)	34	63,7
Näkösyvyys	0,56	0,5
<i>a</i> -klorofylli (µg/l)	79	73
Kokonaisfosfori (µg/l)	127	96
Kokonaistyyppi (µg/l)	1300	1433

2.2 Vaellustutkimus

Vaellustutkimus toteutettiin Enäjärvellä ja Poikkipuoliaisella T-ankkurimerkinnän avulla touko-kesäkuussa 2022. Merkintäeriä oli yhteensä 18 kuolleisuuskokeiden merkinnät mukaan luettuina. Samalla tutkittiin merkinnästä ja käsittelystä johtuvaa kalojen kuolleisuutta. Merkintä-takaisinpyynnissä pyydyksenä käytettiin kahta hoitopyyntirysää (Kivikangas Oy), joista toinen oli Hulttilanjoen luusuassa ja toinen jokisuussa. Hoitokalastuksen yhteydessä havaittujen merkittyjen kalojen merkkitiedot otettiin talteen, jotta kalojen liikkumista järvien välillä voitiin tutkia.

2.2.1 Kalojen merkintä

Merkinnässä käytettiin isoja 45 mm pituisia ja pieniä 36 mm pituisia T-ankkurimerkkejä. Merkittävät kalat pyydystettiin rysillä ja nukutettiin MS-222-nukutusaineella. Nukutusainetta laitettiin 70 ml/10 l vettä. Pituudeltaan > 30 cm kaloja ei nukutettu. Nukutetuista kaloista mitattiin kokonaispituus 1 mm tarkkuudella, tehtiin lajitunnistus ja merkittiin kalaan kokoon nähden sopivan kokoisella merkillä (> 18 cm kalat isoilla merkeillä ja < 18 cm kalat pienillä merkeillä). Yksilöllisen koodin sisältävä merkki ammuttiin merkintäpistoolilla kalan selkäevän juureen. Pistoolin neula desinfiointiin 70 % etanolilla jokaisen merkin laitton välillä. Desinfiointin avulla voitiin vähentää mikrobien kulkeutumista kalasta toiseen. Muutamia (> 18 cm) särkiä merkittiin myös pienellä merkillä. Minimipituus merkittävälle kalalle oli n. 12 cm. Merkittyjä kaloja oli yhteensä 2178. Poikkipuoliaisella merkittyjä kaloja (n = 1194) oli hieman enemmän kuin Enäjärvellä (n = 984) (taulukko 2). Merkinnän jälkeen kalat laitettiin vesiastiaan virkoamaan, jonka jälkeen ne vapautettiin takaisin järveen. Nukutusainetta

sisältävän veden sekä virkoamisastian veden happitilannetta ja lämpötilaa seurattiin merkintöjen ajan ja vesi vaihdettiin hapen laskiessa tai lämpötilan noustessa järvivettä korkeammaksi.

Taulukko 2. Enäjärvellä ja Poikkipuoliaisella touko-kesäkuussa 2022 T-ankkurimerkillä merkittyjen kalojen määrä lajeittain ja merkin pituuden mukaan.

Järvi	Laji	45 mm merkki	36 mm merkki	Yhteensä
Enäjärvi	Lahna	407	164	571
	Pasuri	61	184	245
	Särki	15	153	168
Poikkipuoliainen	Lahna	543	160	703
	Pasuri	62	262	324
	Särki	7	160	167
Yhteensä		1095	1083	2178

2.2.2 Kuolleisuuskoe

Osana merkintätutkimusta toteutettiin kuolleisuuskoe, jolla selvitettiin merkintään liittyvien toimenpiteiden aiheuttamaa kuolleisuutta. Ensimmäinen koe toteutettiin Enäjärvellä toukokuussa 2022. Kuolleisuuskoe kuitenkin epäonnistui, sillä sumpun rakenteet olivat antaneet periksi ja suurin osa kaloista päässyt karkuun. Sumppuun jääneistä kaloista (n = 55) viisi kalaa uivat kyljellään, joten niiden merkit poistettiin ja hyödynnettiin myöhemmin uudestaan. Muut elossa olleet kalat (n = 50) vapautettiin kokeen jälkeen järveen merkkeineen. Sumpusta ei löytynyt kuolleita kaloja.

Kuolleisuuskoe uusittiin Poikkipuoliaisella toukokuun loppupuolella. Koetta varten kalat (särki, lahna ja pasuri) pyydystettiin rysällä. Koeryhmään kuuluvat kalat (n = 131) nukutettiin ja merkittiin. Isoja (> 18 cm) särkiä ei saatu pyydettyä, joten särjille käytettiin vain pieniä merkkejä. Lisäksi merkintäpyynnin yhteydessä särkikaloiden saalismäärät olivat vähäisiä, joten merkittävien kalojen määrä jäi tavoiteltua (n = 150) vähäisemmäksi. Nukutetuista kaloista tehtiin lajimääritys ja mitattiin kokonaispituus 1 mm tarkkuudella, jonka jälkeen ne merkittiin ja siirrettiin sumppuun kahdeksi vuorokaudeksi. Isolla merkillä merkittiin > 18 cm pituisia pasureita (n = 3) ja lahnoja (n = 29). Pienellä merkillä merkittiin < 18 cm pituisia särkiä (n = 45), pasureita (n = 32) ja lahnoja (n = 22). Kontrolliryhmää varten rysästä otettiin satunnaisesti erikokoisia kaloja, jotka lajimäärityksen jälkeen siirrettiin suoraan samaan sumppuun, jossa koeryhmän kalat olivat. Kontrolliryhmässä oli 50 särkeä, 30 pasuria ja 50 lahnaa. Kontrolliryhmän (n = 130) kaloja ei nukutettu ja merkitty. Kahden vuorokauden jälkeen sumppu tyhjennettiin. Kuolleisuuskokeesta selvinneet merkityt kalat vapautettiin järveen vaellustutkimusta varten. Kuolleisuuskokeessa koe- ja kontrolliryhmien lajikohtaiset kuolleisuudet laskettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmassa.

2.2.3 Merkkipalautusten arviointi

Merkkipalautuksia saatiin hoitokalastuksen aikana rysillä, katiskoilla ja nuottaamalla sekä vapaa-ajan kalastajien verkkopyynnillä aina marraskuun 2022 lopulle. Hoitokalastusurakoitsijoiden rysiä pyynnissä oli yhteensä 10 ja ne oli sijoitettu eri puolille Enäjärveä. LUVYn omia hoitopyyntirysiä, jotka ovat aitoineen n. 60 m pitkiä, oli Enäjärvellä ja Poikkipuoliaisella molemmilla yhdet. Lisäksi Enäjärvellä oli pyynnissä 6 katiskaa Hulttilanjoen luusuan lähellä. Enäjärvellä luusuan leveys on 20 m ja rysä oli viistosti edessä. Rysän toisella puolella oli kuitenkin n. 15 m leveydeltä tilaa kaloille päästä jokeen. Poikkipuoliaisella Hulttilanjoen jokisuun leveys on n. 130 m, josta rysä peitti n. 46 %. Rysäpyydysten sijoituksella jokisuun ja luusuan lähelle pyrittiin lisäämään merkittyjen järveltä toiselle vaeltavien kalojen takaisinpyyntimahdollisuuksia. Enäjärvellä kalastuspaine tehokalastuksen takia oli suurempi kuin Poikkipuoliaisella.

Merkintätutkimuksesta informoitiin suoraan hoitokalastajia sekä alueen asukkaita, jotta mahdollisimman moni merkkipalautus saataisiin tietoon. Merkintätutkimuksesta viestittiin myös LUVYn viestintäkanavien (tiedotteet, sosiaalinen media) kautta. Hoitokalastajat ja vapaa-ajan kalastajat saivat halutessaan Luonnonvarakeskukselta viiden euron palkkion jokaista merkittyä kalaa kohden. Merkityn kalan sai vapauttaa merkin koodin ylös ottamisen jälkeen tai halutessaan ottaa kalan saaliiksi. LUVYn pyydystämistä merkityistä kaloista merkin tiedot otettiin talteen ja lähetettiin Luonnonvarakeskukselle. Vapaa-ajan kalastajien sekä hoitokalastajien merkkipalautusten tiedot saatiin Luonnonvarakeskukselta Excel-muodossa.

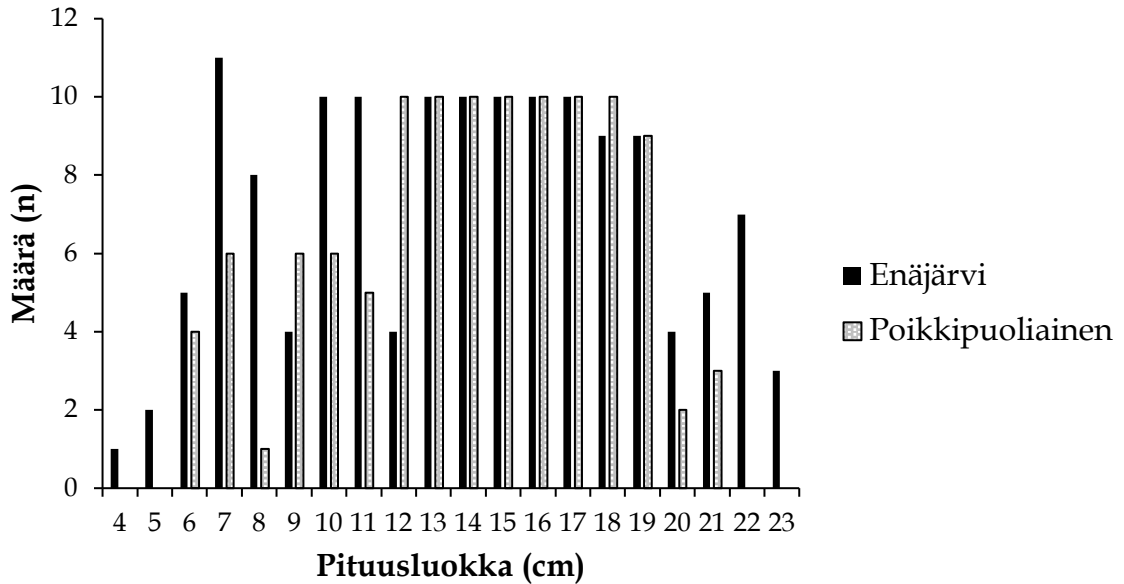
Merkintätutkimuksesta saadun aineiston avulla laskettiin merkkipalautusten ja vaeltaneiden yksilöiden prosentuaalinen osuus kaikista merkinnästä selvinneistä kaloista sekä vaeltaneiden kalojen osuus merkkipalautuksista. Merkintäpalautuksista koostetusta aineistosta selvitettiin, ovatko kalat liikkuneet järvien välillä ja laskettiin lajeittain niiden vaeltaneiden kalojen osuudet, joiden merkki palautettiin. Vaeltaneiden kalojen osuuksia arvioitaessa huomioitiin myös kuolleisuuskokeen tulokset.

2.3 Kalojen ikä- ja kasvunäytteiden keruu ja pituusjakaumat

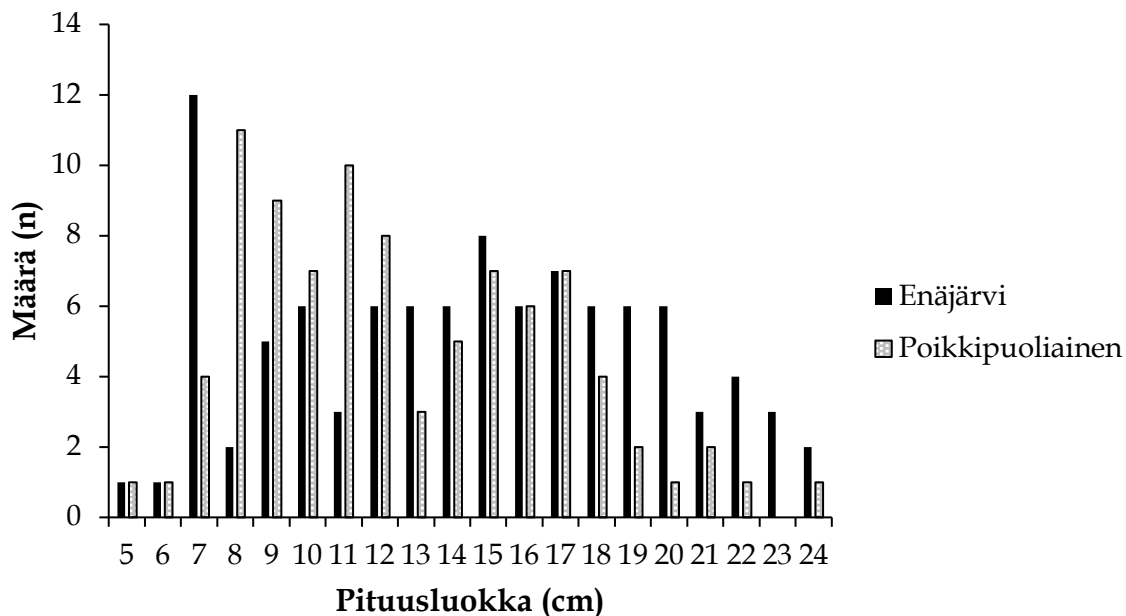
län- ja kasvunmäärittystä varten kaloja pyydettiin vuoden 2022 aikana kevättalvella nuottaamalla sekä avovesikauden aikaan rysillä ja katiskoilla Enäjärvellä ja Poikkipuoliaisella hoitokalastusta toteuttavien urakoitsijoiden toimesta. Jokaisesta pituusluokasta (1 cm välein) pyrittiin saamaan vähintään 10 näytekalaa per laji. Pituusluokat, joissa näytekalaja oli vain muutama tai ei ollenkaan, täydennettiin rysäsaaliista aina syyskuulle asti. Osa pituusluokista jäi täyttämättä ja monista pituusluokista kaloja saatiin vain viisi tai vähemmän (kuvat 1, 2 ja 3). Näytekalat pakastettiin ja käsiteltiin myöhemmin laboratoriossa. Näytekalojen kokonaispituus mitattiin 1 mm tarkkuudella ja tuorepaino punnittiin 1 g tarkkuudella. Lisäksi kaloilta määritettiin sukukypsyyssaste (matuuri/immatuuri) ja maturoituneilta kaloilta sukupuoli. Kaloilta otetut hartialukkoluuat (cleithrum) kiehautettiin vedessä, puhdistettiin ja kuivattiin. Suomunäytteitä (n. 25 suomua/kala) otettiin kylkiviivan alapuolelta peräevän ja vatsaevän väliltä, ja ne pyyhittiin puhtaaksi limasta ja

muista kudoksista. Cleithrumit ja suomut laitettiin suomupusseihin myöhempiä tutkimuksia varten.

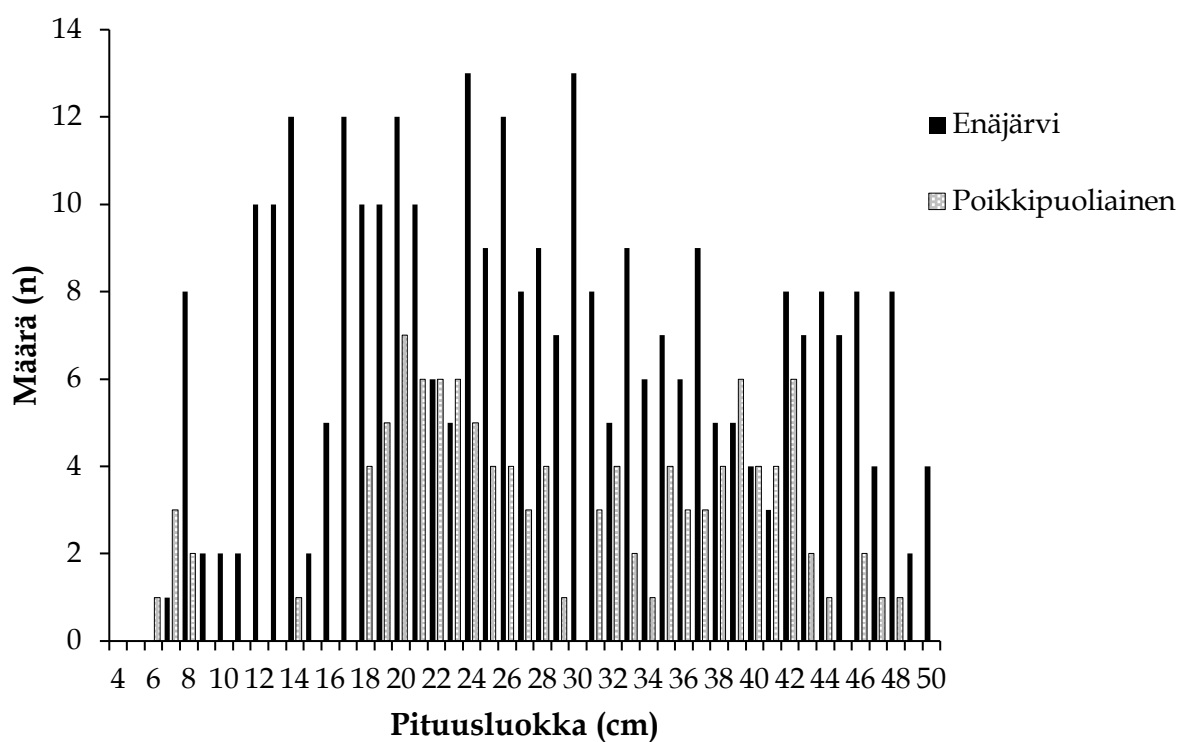
Molempien järvien lajikohtaisten koiraiden, naaraiden ja immatuurien prosenttiosuudet laskettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Lajikohtaisia sukukypsyyksiä tarkasteltiin järvien välillä immatuurien ja matuurien osalta. Lisäksi testattiin matuurien ja immatuurien osuuksia ikäryhmittäin järvien välillä lajikohtaisesti Fisherin eksaktilla testillä Excel-taulukkolaskentaohjelmassa. Fisherin eksaktiin testiin päädyttiin, koska testattavat aineistot olivat pieniä ja yli 20 % odotusfrekvensseistä oli yli viisi jokaisen testattavan ikäryhmän osalta.



Kuva 1. Särkien ikä- ja kasvumäärittäykseen käytetyt näytemäärät eri pituusluokissa Enäjärvellä (n = 142) ja Poikkipuoliaisella (n = 112).



Kuva 2. Pasurin ikä- ja kasvumäärittäisiin käytetyt näytemäärät eri pituusluokissa Enäjärvellä (n = 99) ja Poikkiapuoliaisella (n = 89).



Kuva 3. Lahnojen ikä- ja kasvumäärittäisiin käytetyt näytemäärät eri pituusluokissa Enäjärvellä (n = 313) ja Poikkiapuoliaisella (n = 113).

2.4 Iän- ja kasvunmääritykset

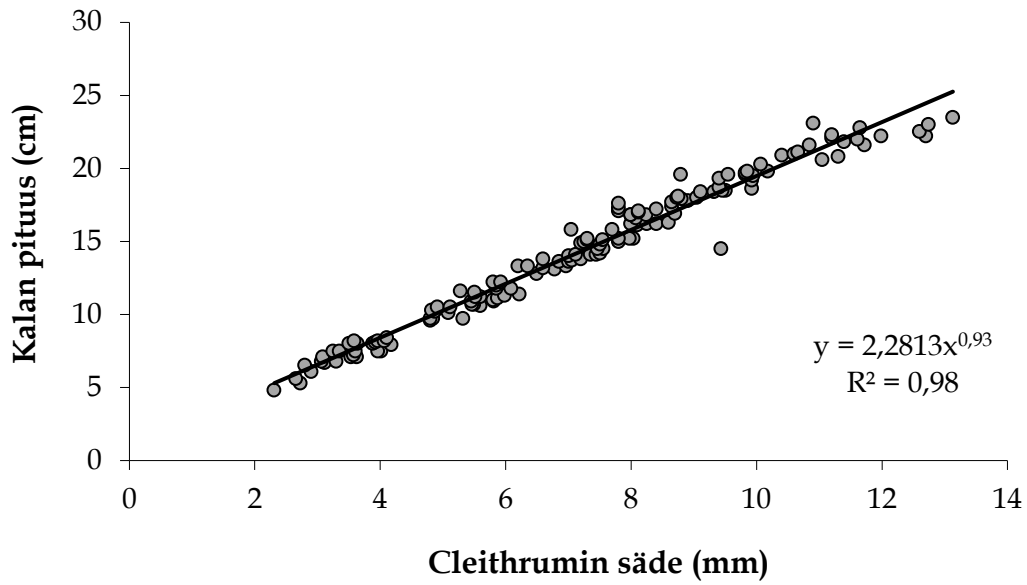
Iän- ja kasvunmääritys tehtiin cleithrumista. Suomuja käytettiin apuna epäselvissä tapauksissa iänmäärityksen apuna. Kasvunmäärityksiä saatiin tehtyä särjen ja lahnan osalta iänmäärityksiä vähemmän, sillä joillain yksilöillä cleithrumit olivat epämuodostuneet tai kaikki vuosirenkaat eivät olleet näkyvissä. Enäjärven saalisnäytteistä ikä määritettiin 142 särjeltä, 99 pasurilta ja 307 lahnalta. Kasvunmääritykset saatiin tehtyä Enäjärven saalisnäytteistä 140 särjeltä, 99 pasurilta ja 294 lahnalta. Poikkipuoliaisen saalisnäytteistä ikä määritettiin 112 särjeltä, 89 pasurilta ja 107 lahnalta. Kasvunmääritykset puolestaan saatiin tehtyä 122 särjeltä, 89 pasurilta ja 106 lahnalta. Cleithrumista iänmääritys tehtiin stereomikroskoopilla 8–80-kertaisella suurennoksella ja kasvunmäärityksen mittaukset stereomikroskooppiin liitetyn kameraohjelmiston (DeltaPix) avulla. Cleithrumien valaisemiseen käytettiin erillistä kaksisarvista kylmävalonlähdettä. Cleithrumin pinnalle laitettiin tippa etanolia, jotta vuosirenkaat tulivat paremmin näkyviin. Suomuja tarkasteltiin mikrokortinlukulaitteella 20-kertaisella suurennuksella.

Takautuvaa kasvunmääritystä varten cleithrumista mitattiin säde keskustasta ulkoreunaan sekä vuosirenkaiden etäisyys keskustasta. Mittauslinja kulki luun keskilinjaa pitkin niin, että vuosirenkaat asettuivat kohtisuoraan mittauslinjaan nähden. Takautuvaan kasvunmääritykseen käytettiin Monastyrskyn kasvuyhtälöä (Bagenal & Tesch 1978):

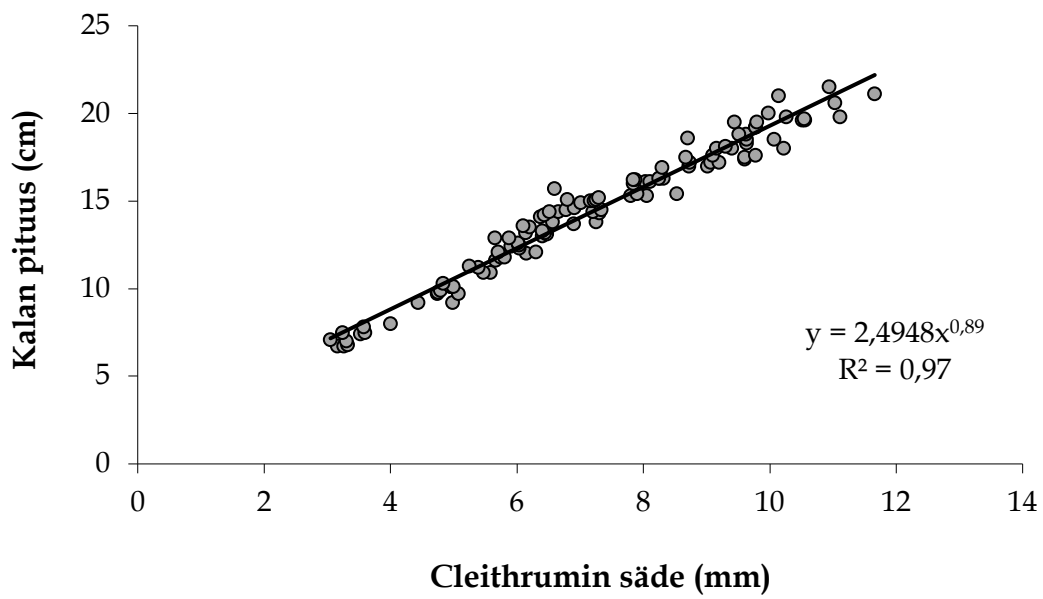
$$L_i = L^*(S_i / S)^b \quad (1)$$

jossa L_i = kalan pituus iässä i (mm), L = kalan pituus pyyntihetkellä (mm), S_i = luun vuosirenkaan (*annulus*) etäisyys keskustasta (*focus*) iässä i (mm), S = luun reunan etäisyys fokuksesta pyyntihetkellä (mm), b = potenssifunktion eksponentti.

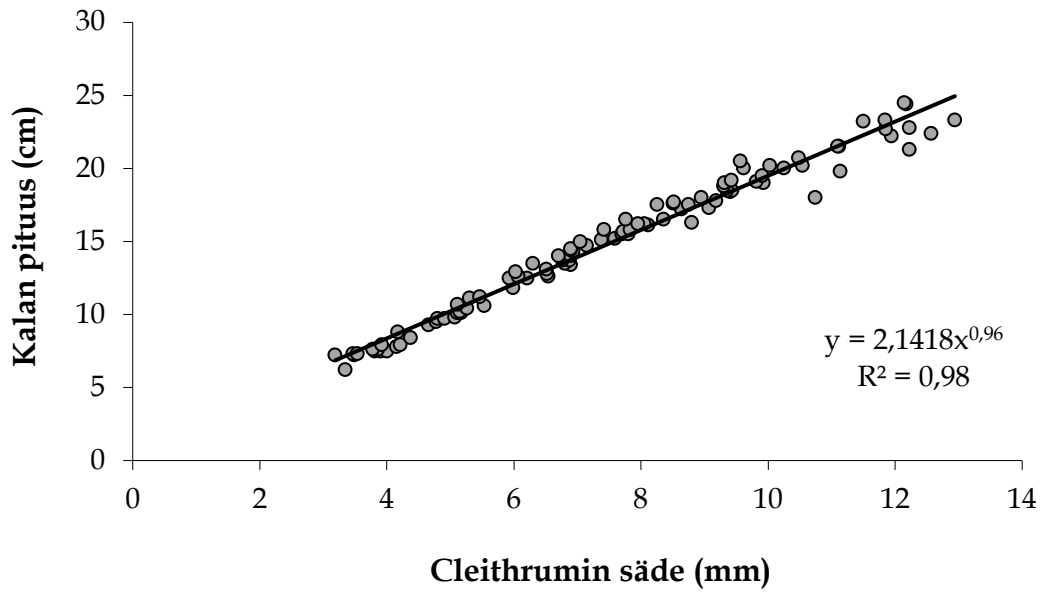
Monastyrskyn kasvuyhtälöä varten tarvittava b :n arvo saatiin laskettua aineistosta siten, että x -akselille sijoitettiin kalan luutuman säde S ja y -akselille kalan pituus L logaritmoituina, joiden lineaarisen regression kulmakerroin = b . SPSS-ohjelmalla estimoitiin laji- ja järvikohtaiset b -arvot kaksisuuntaisella varianssianalyysillä (2-ANOVA), jossa selitettävänä muuttujana oli kalan pituuden logaritmi, faktorina järvi ja kovariaattina suomun säteen logaritmi. Särjellä järven ja luutuman säteen yhdysvaikutus pituuteen oli merkitsevä (2-ANOVA, $p = 0,031$), joten särjellä käytettiin Enäjärvellä arvoa ($b = 0,93$, s.e. $\pm 0,011$) (kuva 4) ja Poikkipuoliaisella arvoa ($b = 0,89$, s.e. $\pm 0,015$) (kuva 5). Myös pasurilla järven ja luutuman säteen yhdysvaikutus oli merkitsevä (2-ANOVA; $p = 0,002$), joten Enäjärvellä käytettiin arvoa ($b = 0,96$, s.e. $\pm 0,012$) (kuva 6) ja Poikkipuoliaisella arvoa ($b = 0,91$, s.e. $\pm 0,013$) (kuva 7). Lahnalla yhdysvaikutusta järven ja luutuman säteen välillä ei ollut (2-ANOVA, $p = 0,942$), joten molemmille järville käytettiin niiden keskiarvosta saatua yhteistä arvoa ($b = 0,91$, s.e. $\pm 0,006$) (kuva 8).



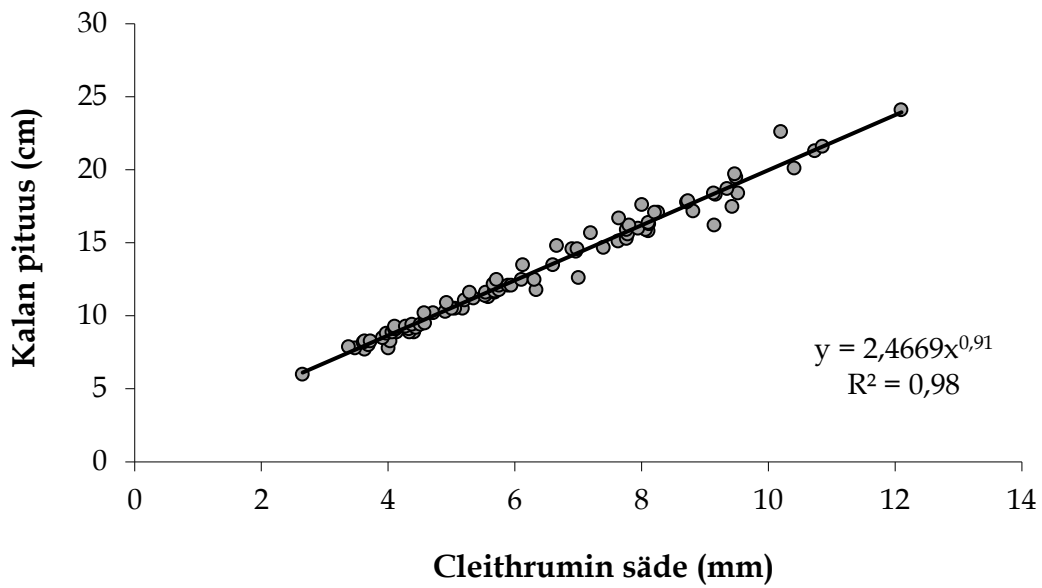
Kuva 4. Enäjärven särjen pituuden ja cleithrumin säteen välinen riippuvuus (n = 141).



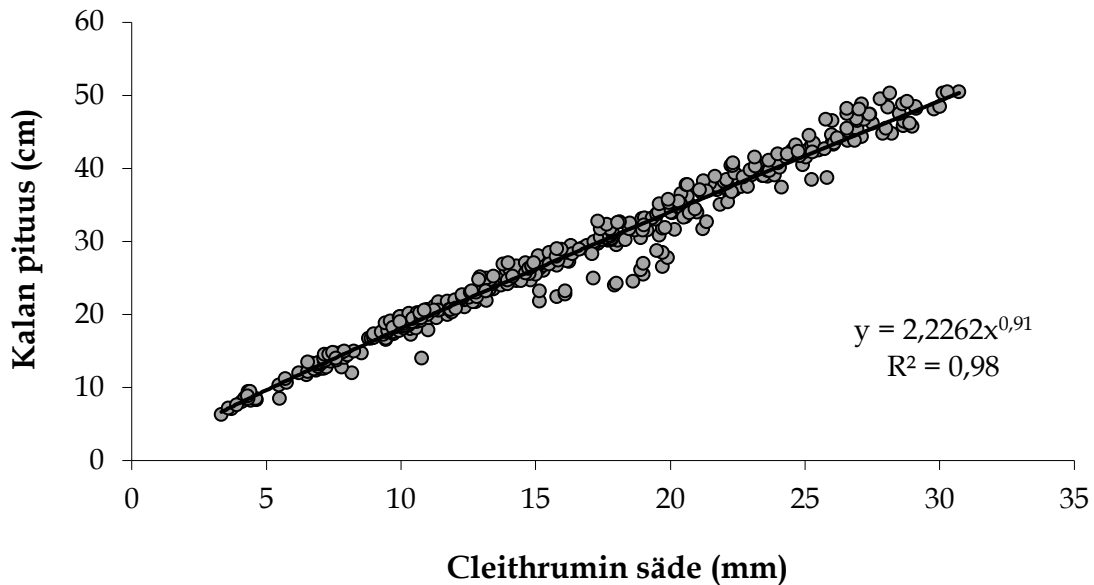
Kuva 5. Poikkipuoliaisen särjen pituuden ja cleithrumin säteen välinen riippuvuus (n = 112).



Kuva 6. Enäjärven pasurin pituuden ja cleithrumin säteen välinen riippuvuus (n = 99).



Kuva 7. Poikkipuoliaisen pasurin pituuden ja cleithrumin säteen välinen riippuvuus (n = 89).



Kuva 8. Lahnan pituuden ja cleithrumin säteen välinen riippuvuus yhdistetystä järviaineistosta (n = 399).

Aineistosta laskettiin takautuvasti ikäryhmäkohtaiset keskipituudet vuosiluokittain jokaiselle lajille ja molemmille järville. Ikäryhmäkohtaiset keskipituudet laskettiin takautuvasti myös vuosiluokittain laji- ja järvikohtaisesti. Muutoksia kalojen takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa tarkastelujaksojen aikana testattiin lineaarisella regressioanalyysillä, jossa selittävänä muuttujana oli vuosi ja selitettävänä muuttujana keskipituus tietyn ikäisenä. Lajikohtaisesti takautuvasti laskettujen ikäryhmäkohtaisten keskipituuksien eroja järvien välillä testattiin *t*-testillä ja sen parametrittömällä vastineella Mann-Whitneyn *U*-testillä. Takautuvasti laskettujen ikäryhmäkohtaisten keskipituuksien eroja vuosiluokkien välillä järvikohtaisesti testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA) ja parittaiset vertailut tehtiin Tukeyn post hoc -testillä sekä sen parametrittömällä vastineella Kruskal-Wallis *H* -testillä. Takautuvasta kasvunmäärityksestä saatuihin ikäryhmäkohtaisiin keskipituuksiin sovitettiin von Bertalanffyn kasvuyhtälö:

$$L_i = L_{max}(1 - \exp(-K(i - t_0))) \quad (1)$$

jossa L_i = kalan pituus iässä i (mm), L_{max} = kalan maksimipituus (mm), K = Brodyn kasvukerroin, i = kalan ikä, t_0 = laskennallinen ikä, jolloin kalan pituus on 0 (mm).

Enäjärvellä ja Poikkipuoliaisella tehtiin vuonna 2019 verkkokoekalastuksia (Valjus 2019a, Valjus 2019b). Koekalastuksessa oli käytössä Nordicyleiskatsausverkot. Enäjärvellä verkkoöiden määrä oli 30 ja Poikkipuoliaisella 26. Ikä- ja kasvuaineistosta koostettiin ikä-pituus-avaimet jokaiselle lajille ja molemmille järville (liitteet 2-7). Ikä-pituus-avainten avulla muutettiin koekalastussaaliista saadut pituusjakaumat ikäjakaumaksi.

Aineistoja käsiteltiin Excel-taulukkolaskentaohjelmassa. Tilastollisten testien tekoon käytettiin IBM SPSS (versio 28.0.0.0) -ohjelmaa. Tilastollisen merkitsevyyden rajana pidettiin arvoa 0,05.

3 TULOKSET

3.1 Vaellustutkimus

3.1.1 Kuolleisuuskoe

Kuolleisuuskokeessa kahden vuorokauden jälkeen koeryhmän isolla merkillä merkityistä kaloista (n = 32) kaikki kalat olivat elossa (taulukko 3). Pienellä merkillä merkityistä kaloista (n = 99) ainoastaan yksi särki oli kuollut, minkä lisäksi yksi pasuri ja kolme särkeä olivat karanneet. Koeryhmässä lahnalla ja pasurilla ei havaittu kuolleisuutta. Särjellä lajikohtainen kuolleisuus oli yhteensä 2,2 %. Kontrolliryhmän kaloista (n = 130) kuusi kalaa oli karannut, mutta loput kaloista (n = 124) säilyivät hengissä. Kontrolliryhmässä ei havaittu kuolleisuutta.

Taulukko 3. Kuolleisuuskokeen koeryhmän merkityt (n = 131) ja kuolleet kalat sekä lajikohtaiset kuolleisuusprosentit. Mukaan ei otettu karanneita yksilöitä (n = 4), joiden kuolleisuudesta ei ollut varmuutta. Suluissa 95 % luotettavuusvälit kuolleisuuksille.

Laji	Määrä (kpl)	Kuolleet (kpl)	Kuolleisuus (%)
Lahna	51	0	0 (0,930; 1,000)
Särki	45	1	2,2 (0,882; 0,999)
Pasuri	35	0	0 (0,900; 1,000)

3.1.2 Merkkipalautukset

Merkittyjä kaloja oli 2178 kpl, joista merkkipalautuksia kertyi yhteensä 115 kpl. Osa vaeltaneista kaloista saatiin pyydystetyksi useampaan otteeseen, minkä takia todellisten merkkipalautusmäärien arvioimiseksi otettiin ainoastaan yhden kerran havaittujen yksilöiden (n = 101) määrät huomioon lopullisissa laskelmissa. Kuolleisuuskokeen tulokset huomioiden merkinnästä selviytyi hengissä 2170 kalaa ja palautusprosentit laskettiin hengissä selviytyneiden määrän mukaan. Enäjärvellä palautusprosentti oli 3,7 % ja Poikkipuoliaisella 5,5 % (taulukot 4 ja 5). Molemmilla järvillä merkittyjen pasureiden ja särkien palautusprosentit olivat samansuuruisia. Sen sijaan lahnojen osalta palautusprosentti Poikkipuoliaisella oli kaksinkertainen Enäjärven palautusprosenttiin verrattuna. Kokonaispalautusprosentti molempien järvien merkkipalautukset (n = 101) huomioituina oli 4,7 %.

Suurin osa merkkipalautuksista (85 %) saatiin LUVYn omilla pyydyksillä. Poikkipuoliaiselta hoitopyyntirysällä saatiin n. 46 % (n = 46) ja Enäjärveltä palautuksia saatiin rysällä n. 40 % (n = 40), katiskalla 10 % (n = 10) ja sulkuverkolla 1 % (n = 1). Enäjärveltä hoitokalastusurakoitsijoiden rysillä ja nuotilla

merkkipalautuksista saatiin yhteensä 3 % (n = 3) ja Poikkipuoliaiselta vapaaajankalastajan verkoilla 1 % (n = 1).

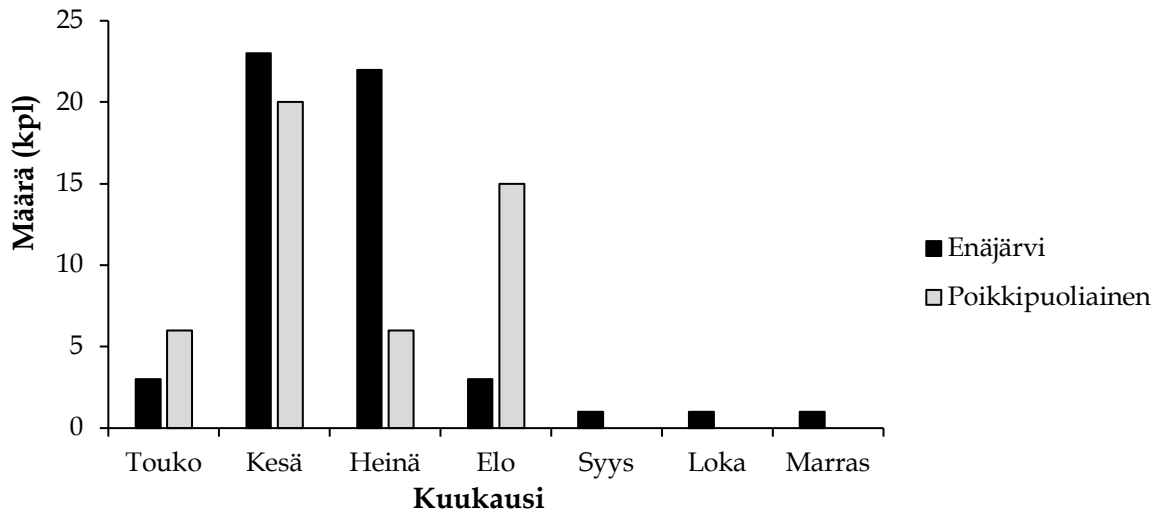
Taulukko 4. Enäjärvellä merkittyjen kalojen lajikohtaiset määrät (kpl), merkinnästä selviytyneiden määrät (kpl), merkkipalautukset (kpl) sekä merkkipalautusten osuus merkinnästä hengissä selvinneistä kaloista (%).

Laji	Merkityt	Merkinnästä selviytyneet	Merkkipalautukset	Merkkipalautusten osuus
Särki	168	164	4	2,4
Pasuri	245	245	18	7,3
Lahna	571	571	14	2,5
Yhteensä	984	980	36	3,7

Taulukko 5. Poikkipuoliaisella merkittyjen kalojen lajikohtaiset määrät (kpl), merkinnästä selviytyneiden määrät (kpl), merkkipalautukset (kpl) sekä merkkipalautusten osuus merkinnästä hengissä selvinneistä kaloista (%).

Laji	Merkityt	Merkinnästä selviytyneet	Merkkipalautukset	Merkkipalautusten osuus
Särki	167	163	4	2,4
Pasuri	324	324	25	7,7
Lahna	703	703	36	5,1
Yhteensä	1194	1190	65	5,5

Suurin osa (79 %) merkkipalautuksista kertyi heinäkuun loppuun mennessä (kuva 9) siitä huolimatta, että vielä loppusyksystä hoitokalastusta tehtiin rysillä ja nuottaus oli käynnissä. Vähäisiin syksyn merkkipalautuksiin vaikutti merkkien värjäytyminen leväkasvun seurauksena heinäkuun jälkeen, mikä vaikeutti huomattavasti merkkien havaitsemista. Kuitenkin vielä elokuussa havaittujen merkkien osuus oli 18 % (18 kpl) merkkihavainnoista. Elokuun jälkeen sen sijaan saatiin vain kolme merkkipalautusta. Kesäkuussa merkkipalautuksia kertyi molemmilla järvillä melkein yhtä paljon. Elokuussa merkkipalautuksien määrä oli Enäjärvellä yli nelinkertainen Poikkipuoliaisen merkkipalautuksiin verrattuna, mutta elokuussa palautusmäärät olivat Poikkipuoliaisella reilusti suuremmat. Syksyllä palautuksia tuli Enäjärveltä vain 3 kpl. Merkkipalautuksista suurin osa saatiin LUVVYn omilla rysillä samana vuonna niiltä paikoilta, joissa kalat merkittiin.



Kuva 9. Takaisinpyyntikuukaudet ja takaisin pyydettyjen kalojen määrät Enäjärvellä (n = 54) ja Poikkipuoliaisella (n = 47) vuonna 2022.

Merkkipalautuksista 17,8 % kaloista (n = 18) havaittiin vaeltavan Poikkipuoliaiselta Enäjärvelle (taulukko 6). Sen sijaan yhtään merkittyä kalaa ei havaittu merkintätakaisinpyyntijakson aikana vaeltavan Enäjärveltä sen alapuoliseen vesistöön Poikkipuoliaiseen. Kaikki merkityt toiselle järvelle vaeltaneet kalat saatiin pyydetyksi LUVYn omilla pyydyksillä. Vaeltaneiden kalojen palautusprosentti oli 1,5 % kaikista merkinnästä hengissä selvinneistä kaloista. Suurin osa Enäjärvelle vaeltaneista merkityistä kaloista saatiin pyydettyä kesä-heinäkuun aikana. Merkintätutkimuksessa pasureiden osuus (72 %) vaeltaneissa kaloissa oli suurempi kuin särjellä (11 %) ja lahnalla (17 %).

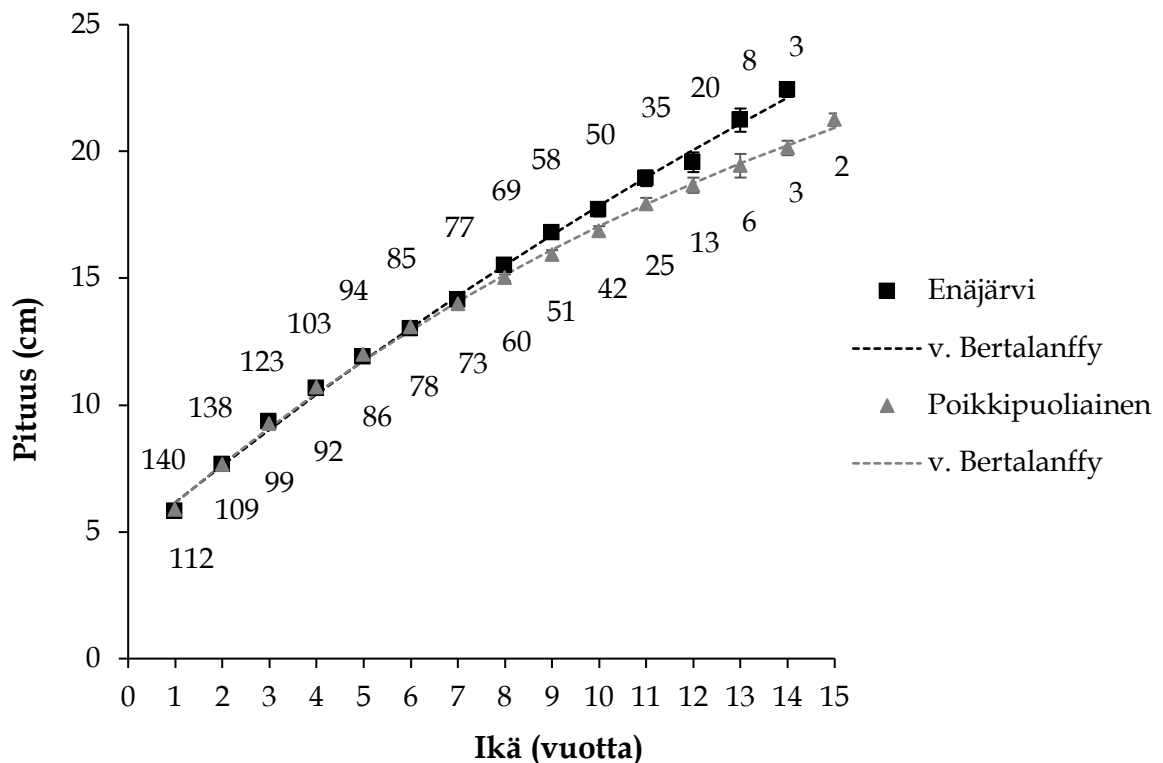
Taulukko 6. Poikkipuoliaisella merkinnästä selviytyneiden määrät (kpl), järvestä toiseen vaeltaneiden määrät (kpl), vaeltaneiden osuus merkinnästä hengissä selvinneistä kaloista (%) sekä järvestä toiseen vaeltaneiden osuus merkkipalautuksista (%).

Laji	Merkinnästä selviytyneet	Järvestä toiseen vaeltaneet	Vaeltaneiden osuus merkinnästä selviytyneistä	Vaeltaneiden osuus merkkipalautuksista
Särki	163	2	1,2	2,0
Pasuri	324	13	4,0	12,9
Lahna	703	3	0,4	3,0
Yhteensä	1190	18	1,5	17,8

3.2 Ikäryhmäkohtaiset keskipituudet ja kasvu

3.2.1 Särki

Järvien väliset erot särjen kasvussa ilmenivät seitsemän ikävuoden jälkeen (kuva 10), jolloin Enäjärven särjet olivat Poikkipuoliaisen särkiä kookkaampia ja erot olivat tilastollisesti merkitseviä (taulukko 7). 1-7-vuotiaiden särkien takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa järvien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (taulukko 7). 5-vuotiaana särkien takautuvasti lasketut yksilöpituudet molemmilla järvillä vaihtelivat 10–15 cm välillä keskimääräisen pituuden ollessa n. 12 cm. 8–10-vuotiaiden särkien takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa oli tilastollisesti merkitsevä ero (taulukko 7). 10-vuotiaana Enäjärven särkien takautuvasti lasketut yksilöpituudet vaihtelivat 15–22 cm välillä ja Poikkipuoliaisella 14–19 cm välillä. Keskimäärin 10-vuotiaat särjet olivat tutkimusjärvissä 17 cm pitkiä. Poikkipuoliaisella 11–14-vuotiaat särjet olivat huomattavasti Enäjärven yksilöitä lyhyempiä, ja takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa ero oli järvien välillä tilastollisesti merkitsevä 11–12-vuotiailla ja tilastollisesti melkein merkitsevä 13–14-vuotiailla (taulukko 7). 20 cm pituuden särki saavuttaa nopeimmillaan Enäjärvellä jo 10-vuotiaana, mutta Poikkipuoliaisella vasta 13-vuotiaana.

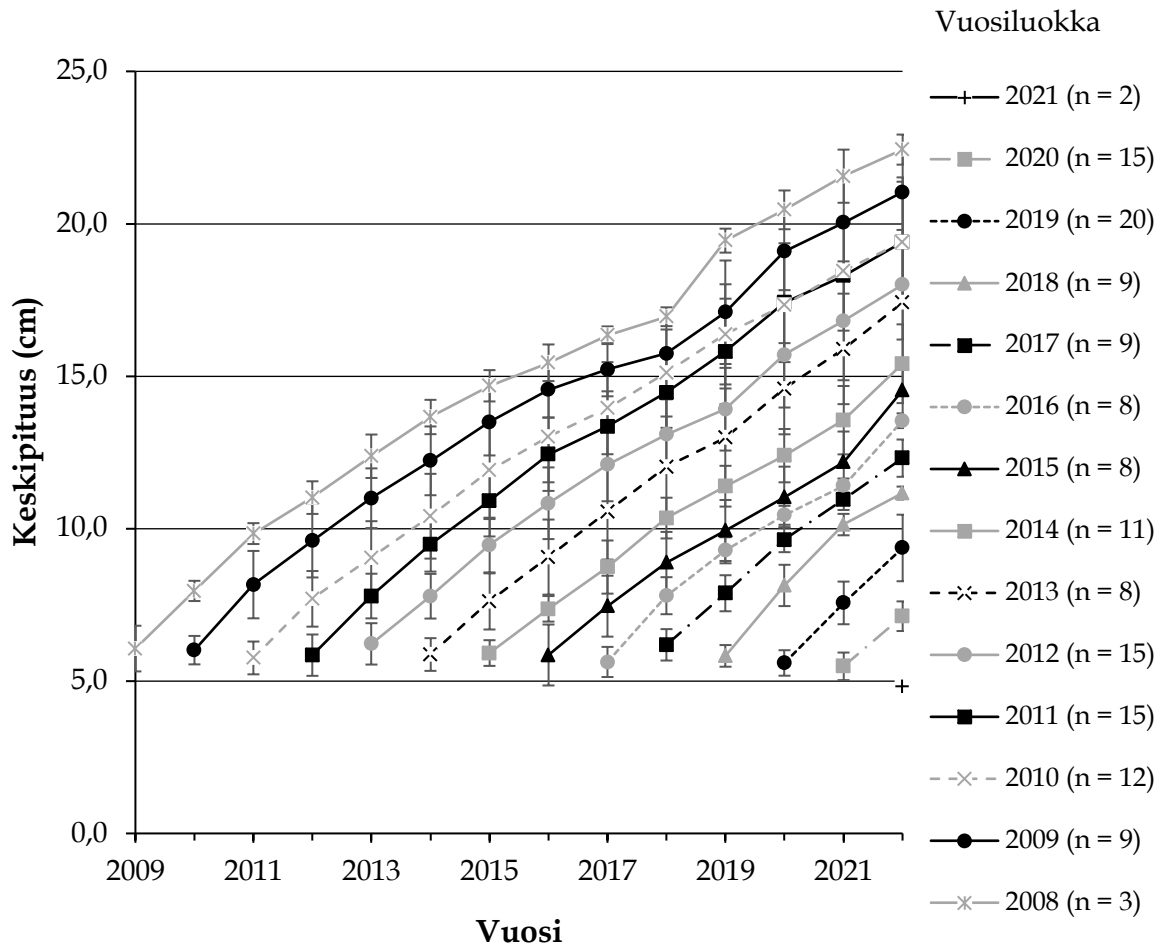


Kuva 10. Särjen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Enäjärvellä (n = 140) ja Poikkipuoliaisella (n = 112), \pm keskiarvon keskivirhe, havaintojen lukumäärät sekä aineistoihin sovitetut von Bertalanffyn kasvumallit, von Bertalanffyn kasvuyhtälön parametrien arvot ja niiden 95 % luotettavuusvälit (liite 1).

Taulukko 7. Särjen järvien välisille ikäryhmäkohtaisille keskipituuksien eroille lasketut tunnusluvut. Normaalijakautuneelle perusjoukolle käytettiin parametrista testiä (*t*-testi) ja sen vastineena ei-parametrista testiä (Mann-Whitneyn *U*-testi). Testisuureet (*t*, *U*), vapausasteet (*df*) ja merkitsevyydet (*p*). Tilastollisesti merkitsevät erot lihavoitu.

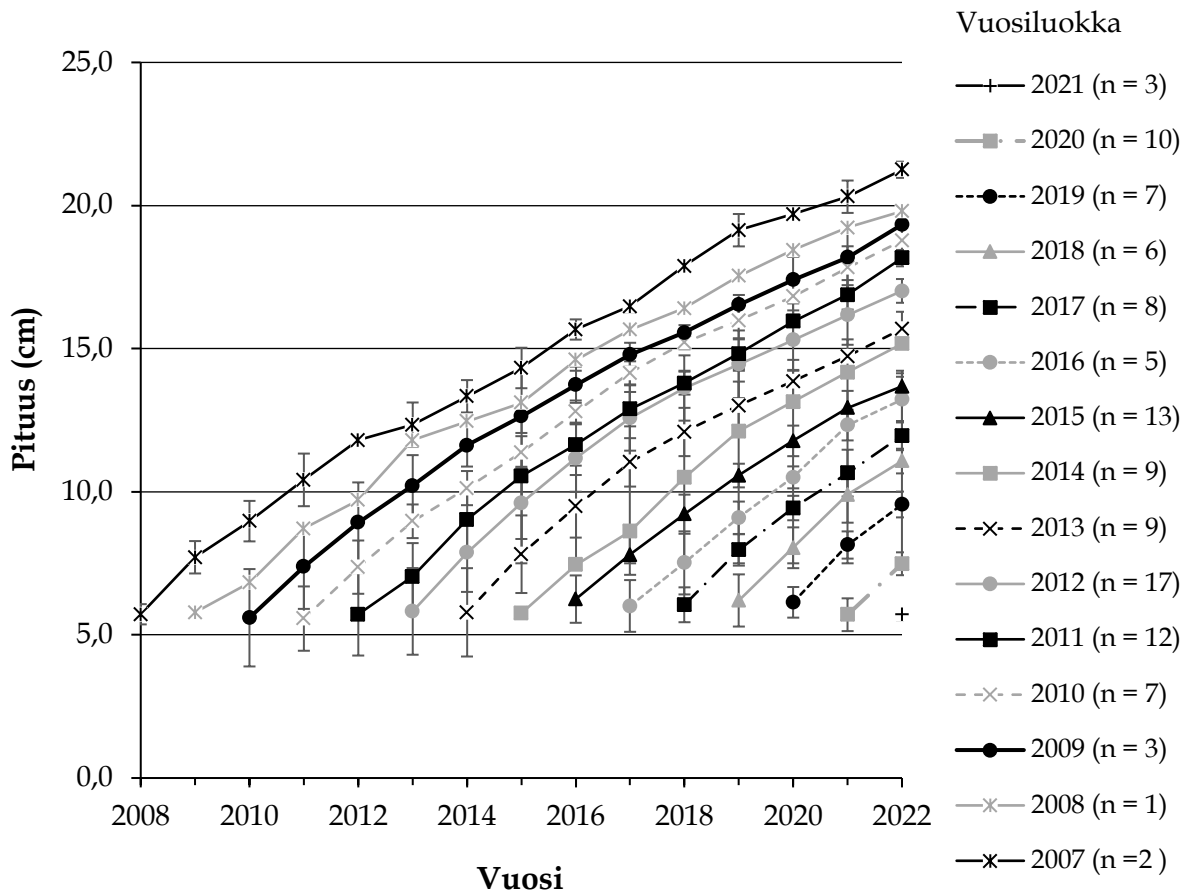
Ikäryhmä	<i>t</i> -testi		Mann-Whitneyn <i>U</i> -testi	
	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>U</i>	<i>p</i>
1	-1,037	250	-	0,301
2	-0,062	245	-	0,951
3	0,581	219	-	0,562
4	-0,282	187	-	0,778
5	-0,644	163	-	0,520
6	-0,552	147	-	0,582
7	0,867	136	-	0,388
8	2,004	116	-	0,047
9	2,940	99	-	0,004
10	2,605	84	-	0,011
11	-	-	303,0	0,044
12	-	-	93,0	0,024
13	-	-	6,5	0,050
14	-	-	0	0,050

Särjen kasvu eri ikäryhmissä vuosiluokkien välillä on ollut melko samankaltaista vuosien 2009–2022 aikana Enäjärvellä (kuva 11). Tarkasteltaessa takautuvasti laskettuja ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia tarkastelujakson aikana ainoastaan 1-vuotiaiden särkien keskipituuksissa havaittiin tilastollisesti merkitsevä laskeva trendi (regressioanalyysi: $df = 13$, $t = -2,946$, $b = -0,055$, $r^2 = 0,42$, $p = 0,012$). Lisäksi 1-vuotiailla särjillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa vuosiluokkien välillä (ANOVA: $F = 2,860$, $df = 13$, $p = 0,001$). Vuosiluokan 2012 keskipituus oli merkitsevästi suurempi kuin vuosiluokilla 2019, 2020 ja 2021 (Tukey: $p = 0,025$, $p = 0,007$ ja $p = 0,020$). Myös vuosiluokan 2017 keskipituus oli merkitsevästi suurempi kuin vuosiluokalla 2021 ($p = 0,039$). Sen sijaan särjillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa vuosiluokkien välillä 2-vuotiaina (Kruskal-Wallis: $H = 20,191$, $n = 138$, $p = 0,064$) eikä 3-vuotiaina (Kruskal-Wallis: $H = 19,401$, $n = 123$, $p = 0,054$), vaikkakin erot keskipituuksissa vuosiluokkien välillä ($p = 0,054$) olivat tilastollisesti suuntaa antavia. Tilastollisesti merkitseviä eroja takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa ei havaittu myöskään 4-vuotiaina (Kruskal-Wallis: $H = 17,510$, $n = 103$, $p = 0,064$).



Kuva 11. Särjen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet vuosiluokittain Enäjärvellä (n = 140), ± keskiarvon keskivirhe sekä havaintojen lukumäärät vuosiluokittain.

Tarkasteltaessa särjen takautuvasti laskettuja ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia regressioanalyysillä Poikkipuoliaisella vuosien 2008–2022 aikana havaittiin tietyn ikäisten kalojen keskipituuksissa tilastollisesti merkitsevä nouseva trendi (kuva 12, taulukko 8). 2–4-vuotiailla särjillä takautuvasti lasketun ikäryhmäkohtaisen keskipituuden kasvu ajan suhteen oli merkitsevää (taulukko 8). Myös 6- ja 10-vuotiailla särjillä takautuvasti laskettu ikäryhmäkohtainen keskipituus kasvoi tarkastelujakson aikana merkitsevästi (taulukko 8). Särjillä ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja pituudessa vuosiluokkien välillä 1-vuotiaana (Kruskal-Wallis: $H = 19,057$, $n = 112$, $p = 0,163$), 2-vuotiaana (Kruskal-Wallis: $H = 20,647$, $n = 109$, $p = 0,080$), 3-vuotiaana (Kruskal-Wallis: $H = 18,954$, $n = 99$, $p = 0,090$) eikä 4-vuotiaana (Kruskal-Wallis: $H = 15,213$, $n = 92$, $p = 0,173$).



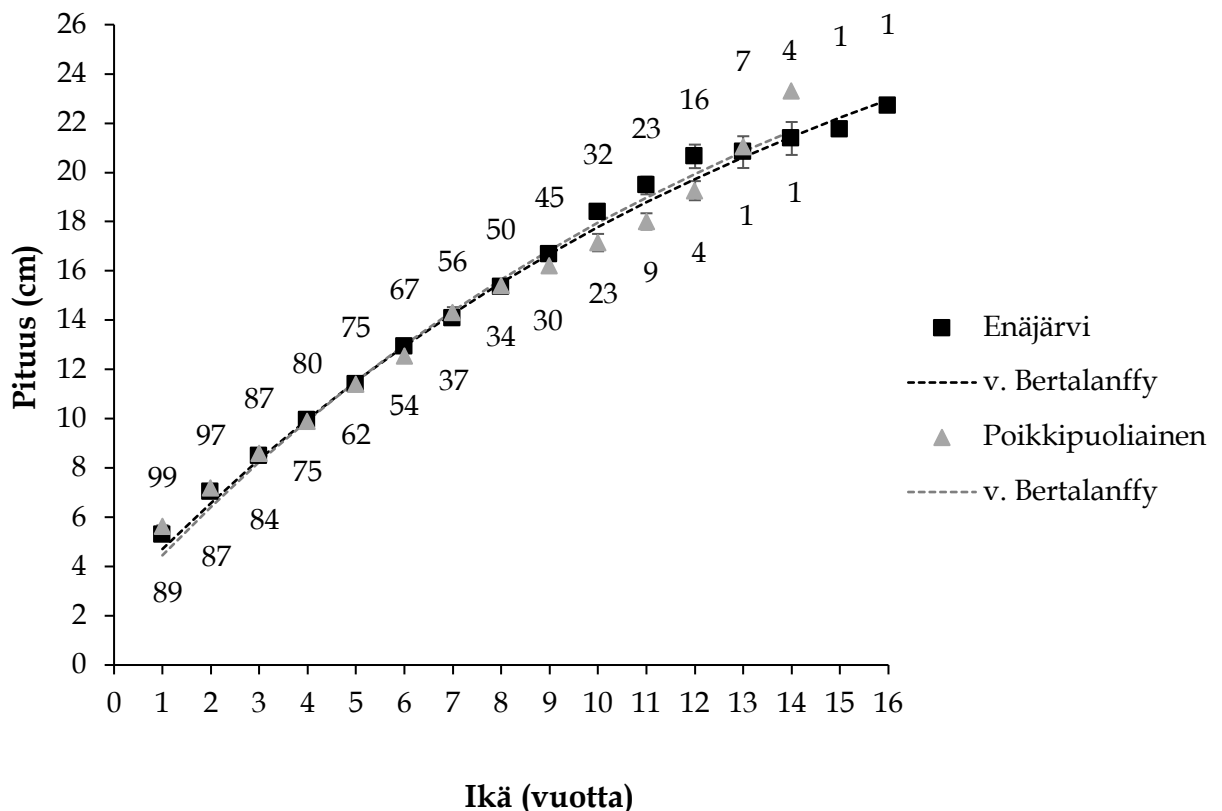
Kuva 12. Särjen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet vuosiluokittain Poikkipuoliaisella (n = 112), ± keskiarvon keskivirhe sekä havaintojen lukumäärät vuosiluokittain.

Taulukko 8. Poikkipuoliaisen särkien keskipituuksien ja vuosien välisten regressioanalyysien parametriestimaatit. Vapausasteet (df), testisuureet (t), kulmakertoimet (b), selitysasteet (r²) ja merkitsevyydet (p). Tilastollisesti merkitsevät trendit lihavoitu.

Ikäryhmä	df	t	b	r ²	p
1	14	1,860	0,02	0,21	0,086
2	13	2,324	0,05	0,31	0,038
3	12	2,689	0,06	0,40	0,021
4	11	2,495	0,07	0,38	0,032
5	10	1,639	0,05	0,23	0,136
6	9	2,969	0,09	0,52	0,018
7	8	1,864	0,09	0,33	0,105
8	7	2,184	0,09	0,44	0,072
9	6	1,241	0,05	0,24	0,270
10	5	4,890	0,12	0,86	0,008
11	4	0,857	0,09	0,20	0,455
12	3	-0,532	-0,11	0,12	0,648
13	2	-1,155	-0,20	0,57	0,454

3.2.2 Pasuri

Enäjärvellä ja PoikkipuoliAISella pasurien keskipituuden kasvu 8-vuotiaiksi asti on ollut melko samankaltaista (kuva 13). 10–11-vuotiaat pasurit olivat Enäjärvellä kookkaampia kuin PoikkipuoliAISella. Molemmilla järvilla 10 cm pituuden pasuri saavutti keskimäärin 4–5 vuoden iässä, 15 cm pituuden keskimäärin 7–8 vuoden iässä ja 20 cm pituuden puolestaan 12–14 vuoden iässä. Pasurien takautuvasti lasketuissa keskipituuksissa 1 vuoden iässä oli järvien välillä tilastollisesti merkitsevä ero (taulukko 9). 1-vuotiaiden pasurien yksilöpituudet vaihtelivat 4,3–6,7 cm välillä, mutta PoikkipuoliAISella yksilöiden keskipituus oli hieman suurempi kuin Enäjärvellä. 2–9-vuotiaiden keskipituuksissa ei puolestaan havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa järvien välillä lukuun ottamatta 6-vuotiaita, joiden keskipituuksissa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero (taulukko 9). 6-vuotiaiden pasurien yksilöpituus Enäjärvellä oli 11–15 cm, kun taas PoikkipuoliAISella yksilöpituus vaihteli 10–16 cm välillä. Ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa järvien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevät erot myös 10–11-vuotiailla pasureilla, jolloin pituutta Enäjärven pasureilla oli keskimäärin 18–19 cm ja PoikkipuoliAISella 17–18 cm (taulukko 9). Järvien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa 12-vuotiailla yksilöillä.

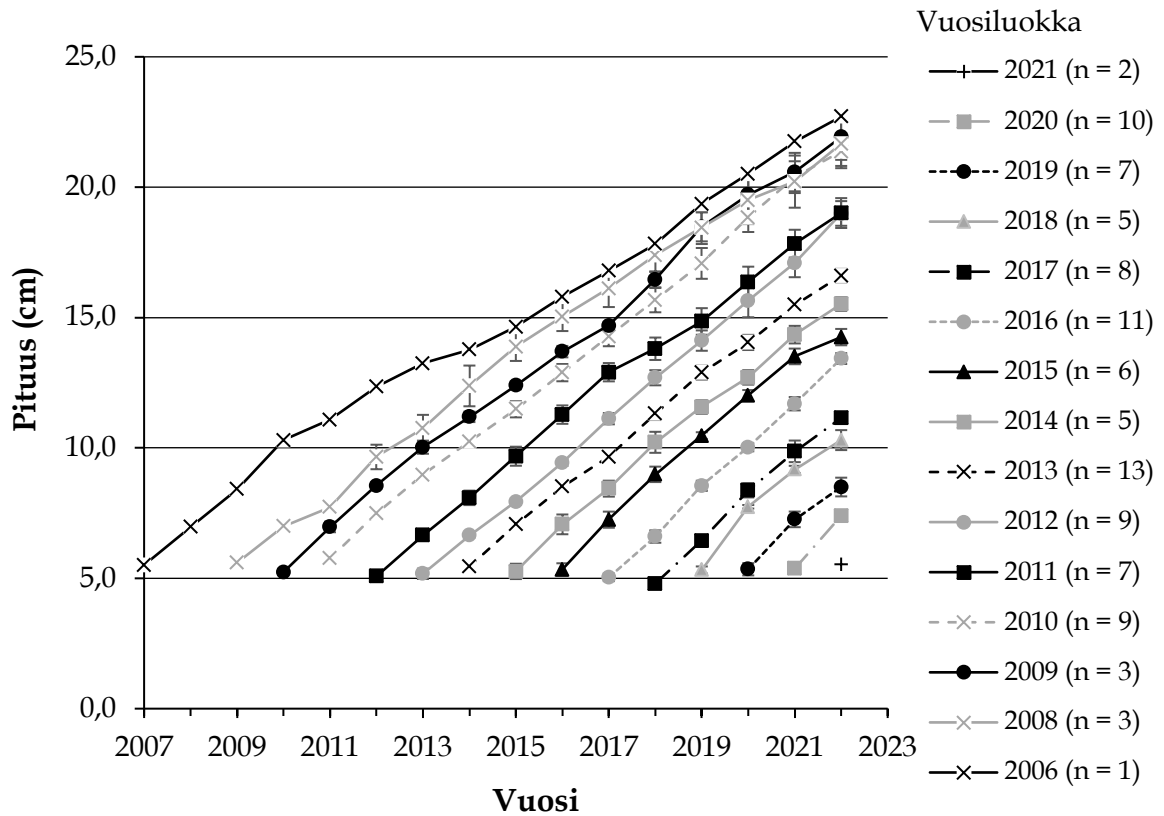


Kuva 13. Pasurien takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Enäjärvellä (n = 99) ja PoikkipuoliAISella (n = 89), ± keskiarvon keskivirhe, havaintojen lukumäärät sekä aineistoihin sovitettujen von Bertalanffyn kasvumallien, von Bertalanffyn kasvuyhtälön parametrien arvot ja niiden 95 % luotettavuusvälit (liite 1).

Taulukko 9. Pasurin järvien välisille ikäryhmäkohtaisille keskipituuksien eroille lasketut tunnusluvut. Normaalijakautuneelle perusjoukolle käytettiin parametrista testiä (*t*-testi) ja sen vastineena ei-parametrista testiä (Mann-Whitneyn *U*-testi). Testisuureet (*t*, *U*), vapausasteet (*df*) ja merkitsevyydet (*p*). Tilastollisesti merkitsevät erot lihavoitu.

Ikäryhmä	<i>t</i> -testi		Mann-Whitneyn <i>U</i> -testi	
	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>U</i>	<i>p</i>
1	-4,744	186	-	<0,001
2	-1,944	180	-	0,053
3	-0,844	169	-	0,400
4	0,324	153	-	0,746
5	0,032	135	-	0,975
6	2,009	95	-	0,047
7	-1,028	91	-	0,307
8	-0,179	82	-	0,858
9	1,42	73	-	0,160
10	-	-	182,0	0,001
11	2,384	30	-	0,024
12	-	-	15,0	0,108

Enäjärvellä 2-5-vuotiailla pasureilla takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet eivät kasvaneet tilastollisesti merkitsevästi ajan suhteen vuosina 2007–2022 (kuva 14, taulukko 10). Pasureilla havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa vuosiluokkien välillä 1-vuotiaana (Kruskal-Wallis: $H = 23,849$, $n = 98$, $p = 0,033$), 2-vuotiaana (Kruskal-Wallis: $H = 36,112$, $n = 96$, $p = < 0,001$) ja 3-vuotiaana (Kruskal-Wallis: $H = 26,375$, $n = 86$, $p = 0,006$). Sen sijaan 6–10- ja 12-vuotiaiden pasurien takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet kasvoivat lineaarisesti ajan suhteen tilastollisesti merkitsevästi (taulukko 10). Esimerkiksi 8-vuotiaan pasurin takautuvasti laskettu ikäryhmäkohtainen keskipituus kasvoi tarkastelujakson aikana noin 2 cm ja 10-vuotiaan 3 cm.



Kuva 14. Pasurin takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet vuosiluokittain Enäjärvellä (n = 99), ± keskiarvon keskivirhe sekä havaintojen lukumäärät vuosiluokittain.

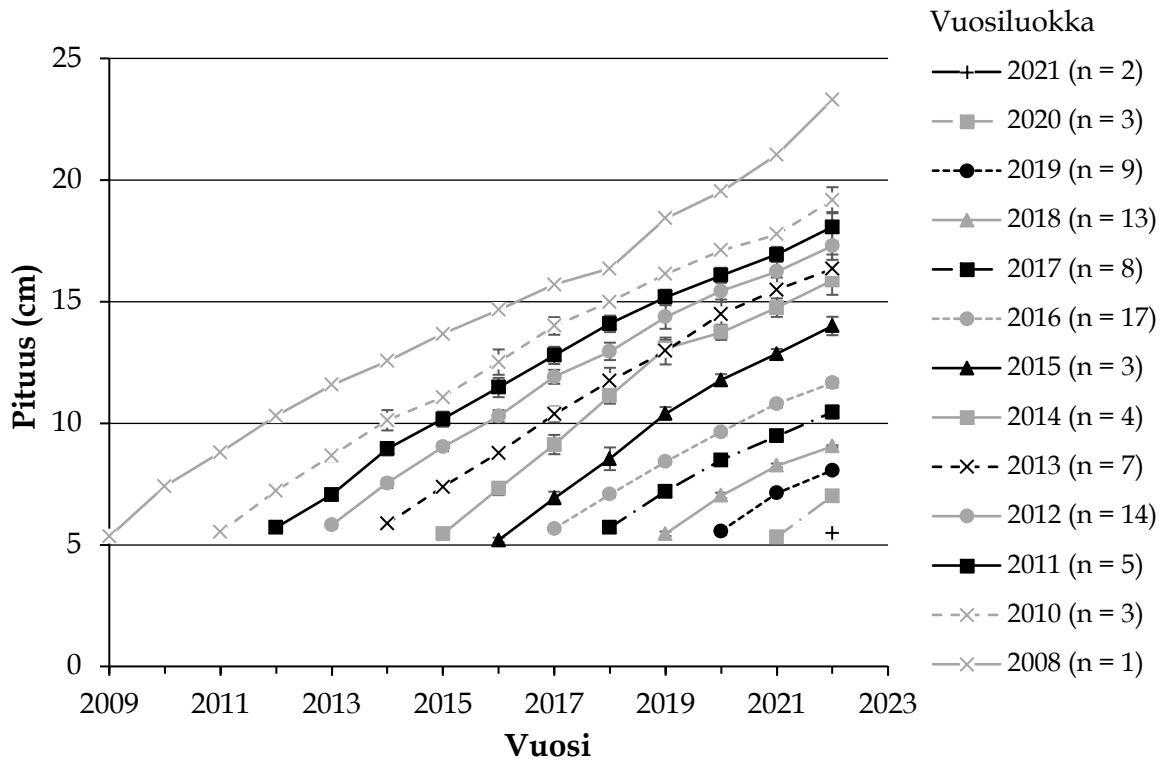
Taulukko 10. Enäjärven pasurien keskipituuksien ja vuosien välisten regressioanalyysien parametriestimaatit. Vapausasteet (df), testisuureet (t), kulmakertoimet (b), selitysasteet (r²) ja merkitsevyydet (p). Tilastollisesti merkitsevät trendit lihavoitu.

Ikäryhmä	df	t	b	r ²	p
1	14	-1,022	-0,02	0,07	0,325
2	13	0,748	0,02	0,05	0,469
3	12	1,521	0,04	0,17	0,156
4	11	0,539	0,01	0,03	0,602
5	10	2,252	0,06	0,36	0,051
6	9	4,299	0,10	0,70	0,003
7	8	3,495	0,10	0,64	0,010
8	7	3,205	0,19	0,63	0,018
9	6	2,826	0,28	0,62	0,037
10	5	3,157	0,46	0,71	0,034
11	4	2,311	0,57	0,64	0,104
12	3	27,765	0,91	1,00	0,001
13	2	2,398	0,77	0,85	0,251

Tarkasteltaessa pasurin takautuvasti laskettuja ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia vuosiluokittain vuosien 2009–2022 aikana Poikkipuoliaisella havaittiin tietyn ikäisillä pasureilla merkitsevä lineaarinen trendi (kuva 15, taulukko 11). 2–3-vuotiaiden pasureiden takautuvasti laskettu ikäryhmäkohtainen keksipituus laski merkitsevästi tarkastelujakson aikana (taulukko 11).

1- ja 2-vuotiailla pasureilla vuosiluokkien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa (ANOVA: $F = 1,015$, $df = 11$, $p = 0,441$ ja $F = 1,143$, $df = 10$, $p = 0,343$). Myöskään 4-vuotiailla pasureilla keskipituuksissa ei havaittu eroja vuosiluokkien välillä (Kruskal-Wallis: $F = 35,739$, $n = 64$, $p = < 0,001$) Sen sijaan 3-vuotiailla pasureilla havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa vuosiluokkien välillä (Kruskal-Wallis: $F = 24,226$, $df = 9$, $p = 0,004$). Keskipituudet 3-vuotiaana vuosiluokan 2019 ja vuosiluokkien 2011, 2012, 2013 ja 2014 välillä erosivat tilastollisesti merkitsevästi (Kruskal-Wallis: $p = 0,007$, $p = < 0,001$, $p = 0,007$ ja $p = 0,006$). 5-vuotiailla pasureilla havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa vuosiluokkien välillä (ANOVA: $F = 5,141$, $df = 7$, $p = < 0,001$).

Vuosiluokan 2016 keskipituus oli merkitsevästi pienempi, kuin vuosiluokilla 2012 (Tukey: $p = 0,026$) ja 2014 (Tukey: $p = < 0,001$). Myös 6-vuotiailla pasureilla vuosiluokkien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa (ANOVA: $F = 3,557$, $df = 6$, $p = 0,006$). Vuosiluokan 2016 keskipituus oli 6-vuotiailla merkitsevästi pienempi, kuin vuosiluokilla 2012 (Tukey: $p = 0,019$) ja 2014 (Tukey: $p = 0,013$). Tämän perusteella 5- ja 6-vuotiaiden pasureiden ikäryhmäkohtaiset keskipituudet pienenevät vuodesta 2012 vuoteen 2016 saakka. Tilastollisesti merkitsevä ero keskipituuksissa huomattiin 8–9-vuotiailla pasureilla, joilla ikäryhmäkohtainen koko kasvoi tarkastelujakson aikana (taulukko 11).



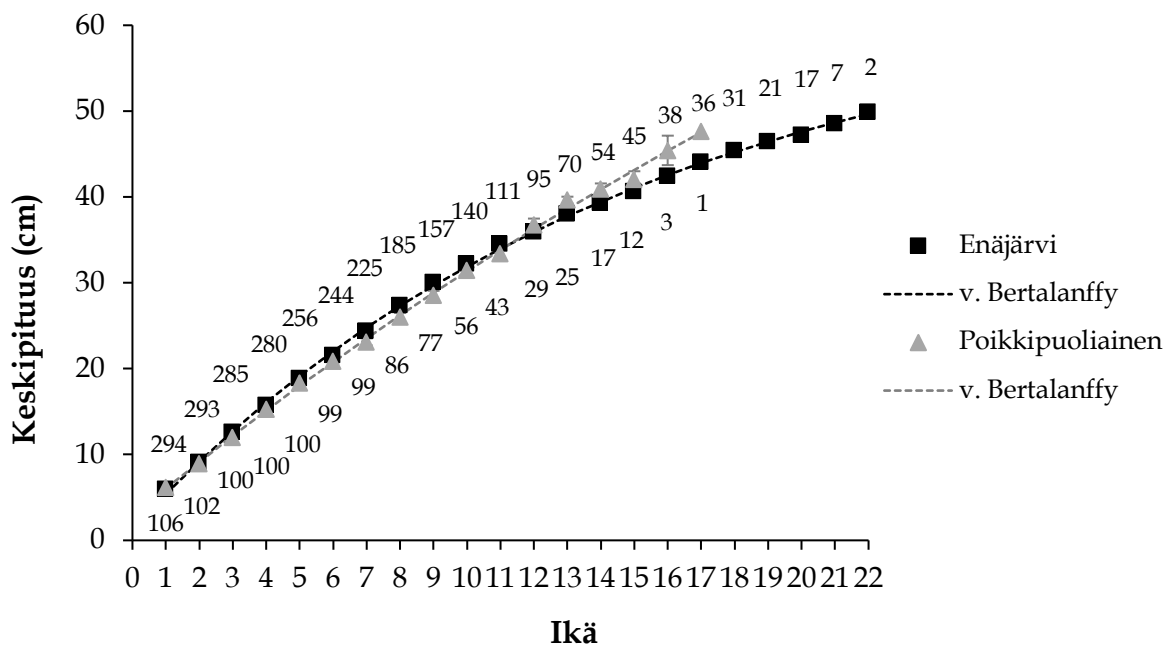
Kuva 15. Pasurin takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Poikkipuolaisella ($n = 89$), \pm keskiarvon keskivirhe sekä havaintojen lukumäärät vuosiluokittain.

Taulukko 11. Poikkipuolaisen pasurien keskipituuksien ja vuosien välisten regressioanalyysin parametriesiimaatit. Vapausasteet (df), testisuureet (t), kulmakertoimet (b), selitysasteet (r^2) ja merkitsevyydet (p). Tilastollisesti merkitsevät trendit lihavoitu.

Ikäryhmä	df	t	b	r^2	p
1	12	-0,349	-0,01	0,01	0,734
2	11	-2,399	-0,03	0,37	0,037
3	10	-3,257	-0,07	0,54	0,010
4	9	-1,825	-0,10	0,29	0,105
5	8	-0,545	-0,05	0,04	0,603
6	7	-0,145	-0,01	0,00	0,889
7	6	1,84	0,10	0,40	0,125
8	5	11,384	0,19	0,97	<0,001
9	4	5,751	0,11	0,92	0,010
10	3	2,870	0,20	0,81	0,103
11	2	-0,866	-0,13	0,43	0,546

3.2.3 Lahna

Lahnalla eroja järvien välillä takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa havaittiin erityisesti 12 ikävuoden jälkeen (kuva 16): Poikkipuoliaisen lahnat olivat kookkaampia kuin Enäjärvellä. 1- ja 3-vuotiaiden lahnojen takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa oli tilastollisesti merkitsevät erot järvien välillä (taulukko 12). Molemmilla järvillä eri vuosiluokkien tarkastelussa lahna saavutti parhaimmillaan 7,5 cm pituuden ensimmäisen vuoden aikana, mutta Enäjärvellä takautuvasti laskettu ikäryhmäkohtainen keskipituus 1-vuotiaana oli hieman pienempi kuin Poikkipuoliaisella. 3-vuotiaana lahnojen takautuvasti laskettu pituus oli keskimäärin 12 cm ja kasvu siihen asti samanlaista molemmilla järvillä. Parhaimmillaan 3-vuotiaat lahnat kasvoivat Enäjärvellä jopa 19 cm pituisiksi, kun Poikkipuoliaisella pisimmät 3-vuotiaat yksilöt olivat vain 16 cm pitkiä. 7-9-vuotiaiden kohdalla takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa ero oli tilastollisesti merkitsevä, jolloin lahnat kuuluivat pituusluokkiin 23-30 cm. 7-9-vuotiailla lahnoilla havaittiin takautuvasti laskettujen ikäryhmäkohtaisten keskipituuksien olevan suurempia Enäjärvellä kuin Poikkipuoliaisella. Myös 13-vuotiaiden kohdalla ero takautuvasti lasketuissa ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa oli merkitsevä. 13-vuotiaiden lahnojen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Enäjärvellä vaihtelivat 28-49 cm välillä ja Poikkipuoliaisella 36-44 cm välillä. 30 cm pituuden lahnat saavuttivat nopeimmillaan jo 6-vuotiaana molemmilla järvillä.



Kuva 16. Lahnan takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet Enäjärvellä (n = 294) ja Poikkipuoliaisella (n = 106), ± keskiarvon keskivirhe, havaintojen lukumäärät sekä aineistoihin sovitetut von Bertalanffyn kasvumallit. von Bertalanffyn kasvuyhtälön parametrien arvot ja niiden 95 % luotettavuusvälit (liite 1).

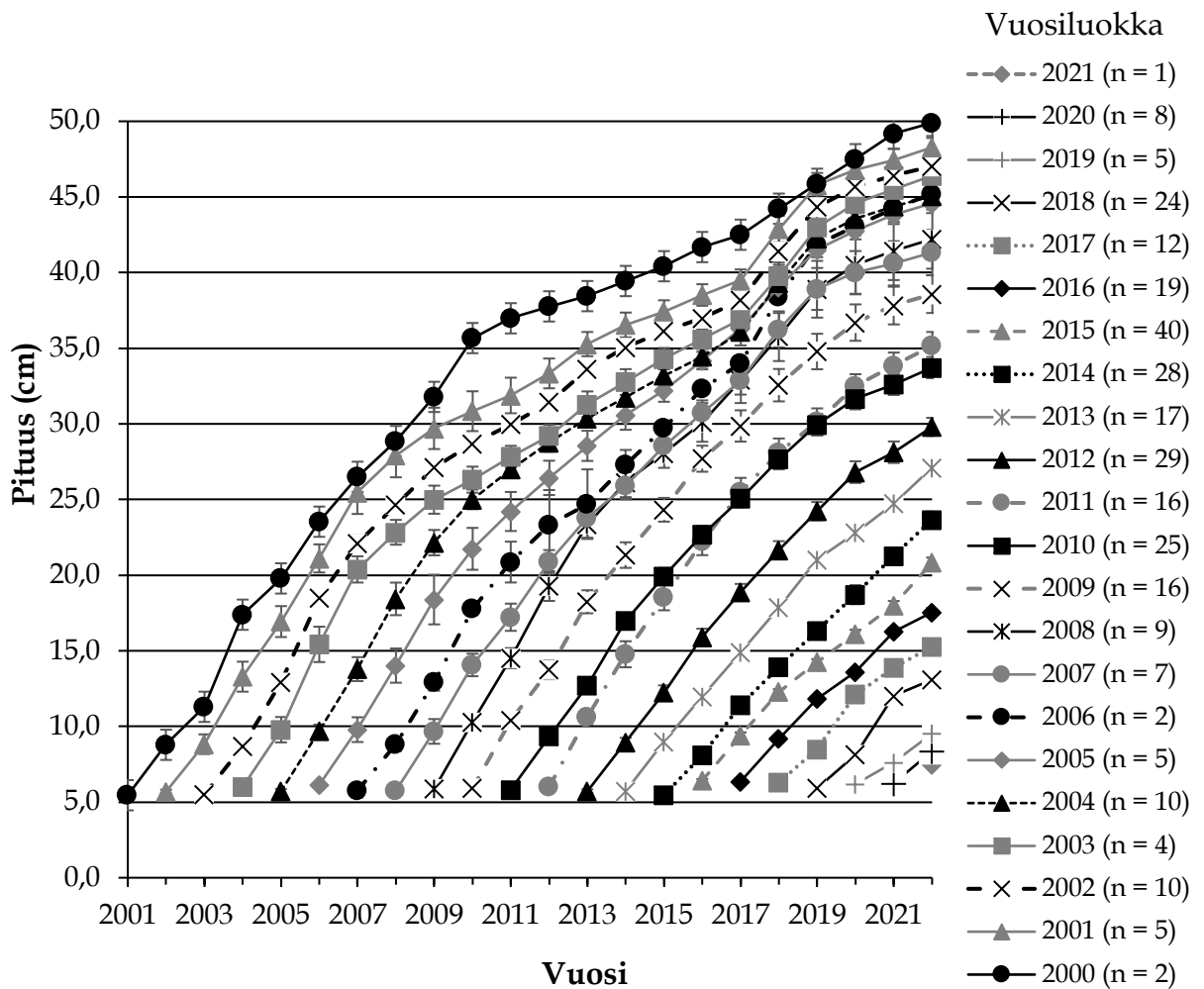
Taulukko 12. Lahnan järvien välisille ikäryhmäkohtaisille keskipituuksien eroille lasketut tunnusluvut. Normaalijakautuneelle perusjoukolle käytettiin parametrista testiä (*t*-testi) ja sen vastineena ei-parametrista testiä (Mann-Whitneyn *U*-testi). Testisuureet (*t*, *U*), vapausasteet (df) ja merkitsevyydet (*p*). Tilastollisesti merkitsevät erot lihavoitu.

Ikäryhmä	<i>t</i> -testi		Mann-Whitneyn <i>U</i> -testi	
	<i>t</i>	df	<i>U</i>	<i>p</i>
1	-2,969	398	-	0,003
2	1,020	223	-	0,309
3	2,546	383	-	0,011
4	1,571	191	-	0,118
5	1,283	198	-	0,201
6	1,471	341	-	0,142
7	2,727	322	-	0,007
8	2,472	138	-	0,015
9	2,477	118	-	0,015
10	1,186	194	-	0,237
11	1,597	152	-	0,112
12	-1,017	122	-	0,311
13	-2,662	82	-	0,009
14	-1,786	69	-	0,079
15	-	-	184,5	0,094
16	-	-	22,0	0,080

Tarkasteltaessa tietyn ikäisten lahnojen ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia vuosien 2001–2022 aikana Enäjärvellä havaittiin keskipituuksien ja vuosien välillä merkitsevä lineaarinen laskeva trendi (kuva 17, taulukko 13). 1-vuotiaiden lahnojen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet nousivat merkitsevästi tarkastelujakson aikana (taulukko 13). Lahnoilla havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa vuosiluokkien välillä 1-vuotiaina (ANOVA: $F = 3,845$, $df = 20$, $p = < 0,001$). Vuosiluokan 2015 keskipituus oli merkitsevästi suurempi kuin vuosiluokilla 2010, 2012, 2013 ja 2014 (Tukey: $p = < 0,05$). Myös vuosiluokan 2016 keskipituus oli merkitsevästi suurempi kuin vuosiluokilla 2002, 2012 ja 2014 (Tukey: $p = < 0,05$).

Vuosiluokkien 2000–2014 takautuvasti laskettu ikäryhmäkohtainen keskipituus 1-vuotiaana oli 5,8 cm, kun se vuosiluokilla 2015–2016 oli keskimäärin 6,4 cm. Sen sijaan 2–8-vuotiaiden lahnojen takautuvasti lasketut ikäryhmäkohtaiset keskipituudet laskivat tilastollisesti merkitsevästi tarkastelujakson aikana (taulukko 13). Erot vuosiluokkien välillä keskipituuksissa 2–8-vuotiailla olivat tilastollisesti merkitseviä (Kruskal-Wallis: $p = < 0,05$). Lahnoilla havaittiin

tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa vuosiluokkien välillä 3-vuotiaina (Kruskal-Wallis: $H = 129,368$, $n = 280$, $p = < 0,001$) ja 4-vuotiaina (Kruskal-Wallis: $H = 68,727$, $n = 285$, $p = < 0,001$). Huolimatta siitä, että 3-vuotiaiden lahnojen keskipituudet laskivat tarkastelujakson aikana, havaittiin vuosiluokkaan 2003 kuuluvilla 3-vuotiailla yksilöillä nopea kasvun vaihe 2000-luvun alkupuolella. Keskipituudet 3-vuotiaina vuosiluokan 2003 ja vuosiluokkien 2000 ja 2010 välillä erosivat tilastollisesti merkitsevästi (Kruskal-Wallis: $p = < 0,05$).

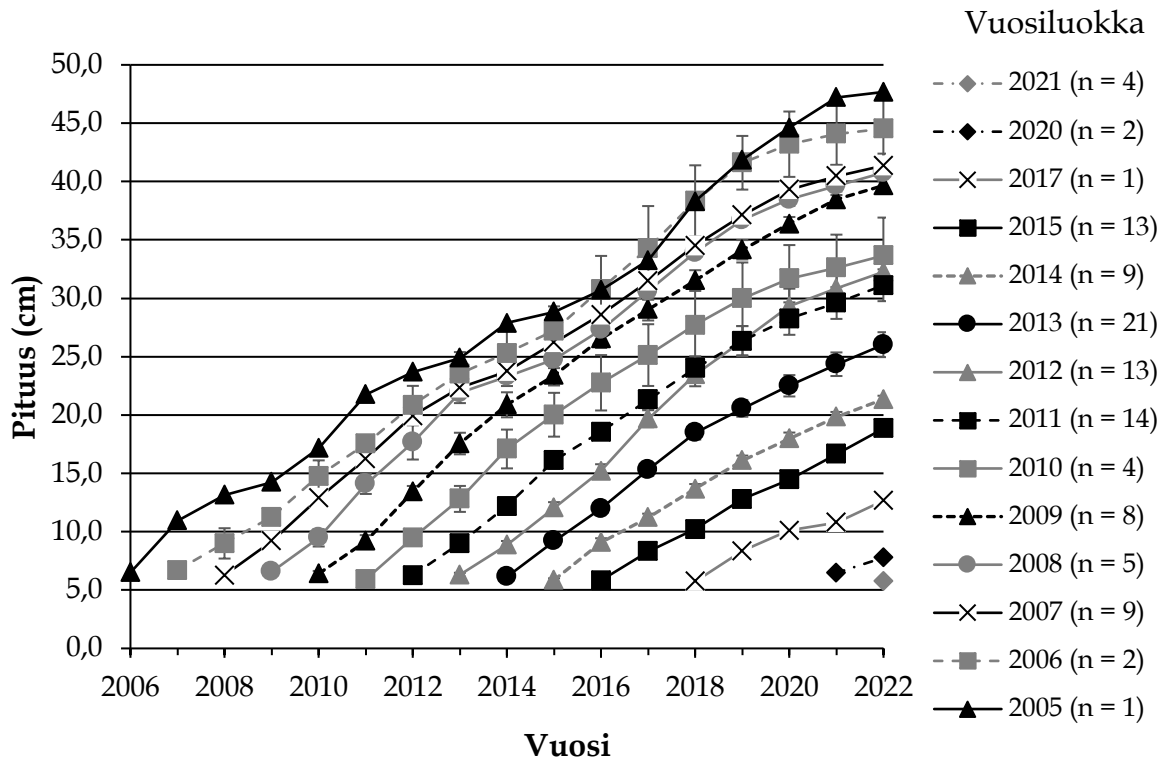


Kuva 17. Lahnan takautuvasti lasketut keskipituudet vuosiluokittain Enäjärvellä ($n = 294$), \pm keskiarvon keskivirhe sekä havaintojen lukumäärät vuosiluokittain.

Taulukko 13. Enäjärven lahnojen keskipituuksien ja vuosien välisten regressioanalyysien parametriestimaatit. Vapausasteet (df), testisuureet (t), kulmakertoimet (b), selityksasteet (r²) ja merkitsevyydet (p). Tilastollisesti merkitsevät trendit lihavoitu.

Ikäryhmä	df	t	b	r ²	p
1	21	3,840	0,04	0,38	0,002
2	20	-2,161	-0,06	0,20	0,044
3	19	-2,921	-0,14	0,32	0,009
4	18	-5,649	-0,32	0,65	<0,001
5	17	-4,814	-0,37	0,59	<0,001
6	16	-4,648	-0,42	0,59	<0,001
7	15	-3,548	-0,34	0,47	0,003
8	14	-2,467	-0,24	0,32	0,028
9	13	-0,973	-0,11	0,07	0,350
10	12	-0,277	-0,04	0,01	0,787
11	11	0,655	0,11	0,04	0,527
12	10	0,742	0,16	0,06	0,477
13	9	2,232	0,46	0,38	0,056
14	8	2,898	0,61	0,55	0,023
15	7	2,376	0,60	0,49	0,055
16	6	3,954	0,74	0,76	0,011
17	5	3,379	0,42	0,74	0,028
18	4	0,62	0,13	0,11	0,579
19	3	0,591	0,11	0,15	0,615
20	2	-2,887	-0,25	0,89	0,212

Tarkasteltaessa tietyn ikäisten lahnojen ikäryhmäkohtaisia keskipituuksia vuosien 2006–2022 aikana Poikkipuoliaisella, havaittiin 1–6-vuotiaiden keskipituuksien ja vuosien välillä merkitsevä lineaarinen laskeva trendi (kuva 18, taulukko 14). Lahnan vuosiluokkien välillä havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja keskipituuksissa 3-vuotiaina (ANOVA: $F = 4,255$, $df = 11$, $p = < 0,001$), 4-vuotiaina (ANOVA: $F = 3,579$, $df = 11$, $p = < 0,001$), 5-vuotiaina (ANOVA: $F = 6,595$, $df = 11$, $p = < 0,001$) ja 6-vuotiaina (ANOVA: $F = 6,107$, $df = 10$, $p = < 0,001$). Poikkipuoliaisella vuoden 2015 jälkeen eri vuosiluokkien ikäryhmäkohtainen keskikoko on pienentynyt. Esimerkiksi 3-vuotiaana vuosiluokan 2015 keskipituus oli merkitsevästi pienempi kuin vuosiluokilla 2007, 2008, 2009, 2011, 2012 ja 2013 (Tukey: $p = < 0,05$). 3-vuotiaan yksilön koko eri vuosiluokissa on laskenut selvästi huippuvuoden 2011 jälkeen, jolloin 3-vuotiaat lahnat saavuttivat parhaimmillaan 14 cm pituuden. Vertailua varten vuonna 2020 3-vuotias lahna oli keskimäärin 10 cm pitkä. Vuosiluokan 2015 keskipituus 4-vuotiaana oli merkitsevästi pienempi kuin vuosiluokilla 2007, 2008, 2009 ja 2011 (Tukey: $p = < 0,05$), 5-vuotiaana merkitsevästi pienempi kuin vuosiluokilla 2007–2013 (Tukey: $p = < 0,05$) ja 6-vuotiaana merkitsevästi pienempi kuin vuosiluokilla 2007, 2008, 2009, 2011, 2012 ja 2013 (Tukey: $p = < 0,05$).



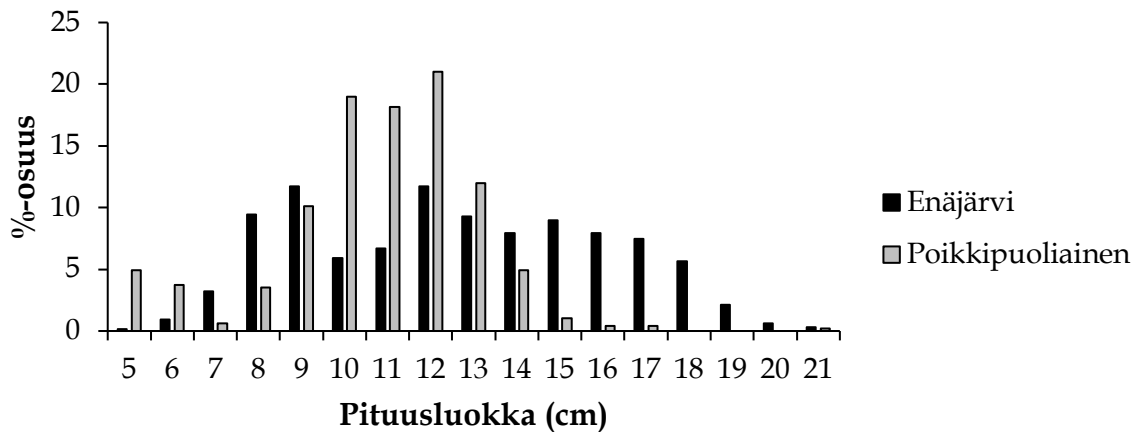
Kuva 18. Lahnan takautuvasti lasketut keskipituudet vuosiluokittain Poikkipuoliaisella (n = 106).

Taulukko 14. Poikkipuoliaisen lahnojen keskipituuksien ja vuosien välisten regressioanalyysien parametriestimaatit. Vapausasteet (df), testisuureet (t), kulmakertoimet (b), selitysasteet (r^2) ja merkitsevyydet (p). Tilastollisesti merkitsevät trendit lihavoitu.

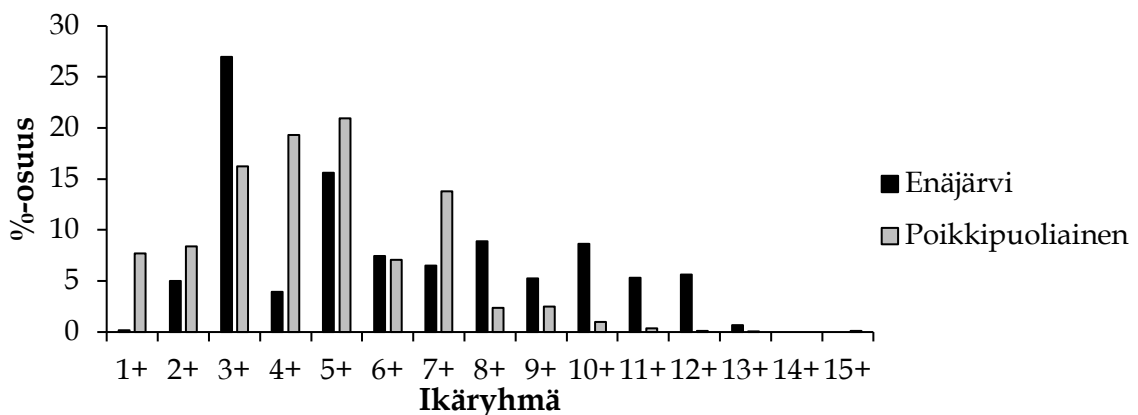
Ikäryhmä	df	t	b	r^2	p
1	13	-3,046	-0,04	0,44	0,010
2	12	-3,866	-0,13	0,58	0,003
3	11	-3,298	-0,24	0,52	0,008
4	11	-2,495	-0,32	0,38	0,032
5	11	-2,455	-0,43	0,38	0,034
6	10	-2,268	-0,40	0,36	0,049
7	10	-1,912	-0,38	0,29	0,088
8	9	-0,669	-0,18	0,05	0,522
9	8	-0,044	-0,01	0,00	0,966
10	7	0,298	0,11	0,02	0,776
11	6	-0,423	-0,25	0,04	0,690
12	5	-0,357	-0,31	0,03	0,739
13	4	0,184	0,08	0,01	0,866
14	3	-1,155	-0,60	0,40	0,368
15	2	-2,519	-1,60	0,86	0,241

3.3 Nordic-verkkosaaliin pituus- ja ikäjakaumat

Enäjärvellä suurin osa Nordic-verkkosaaliin särjistä sijoittui 8–18 cm pituusluokkiin (kuva 19). Enäjärvellä 8 cm pituisia särkiä oli huomattavasti enemmän kuin Poikkipuoliaisella, jossa puolestaan 10–12 cm pituiset särjet dominoivat järvien välisessä vertailussa. Järvien välisessä tarkastelussa pituudet painottuvat Poikkipuoliaisella pienempiin pituusluokkiin, kun taas Enäjärvellä särkiä saatiin myös yli 15 cm pituusluokista suurempia määriä. Enäjärvellä ikäryhmään 3+ kuuluvien särkien osuus saaliista oli huomattavan suuri muihin ikäryhmiin verrattuna (kuva 20). 1-vuotaita tuli saaliiksi verrattain vähän. Pituusluokkiin (10–12 cm) kuuluvat kalat olivat 3–5-vuotiaita. Poikkipuoliaisella särjet olivat pääosin 5–14 cm pituisia ja iältään 1–7-vuotaita. 10–12 cm pituiset särjet olivat 3–7-vuotiaita ja niiden osuus oli yli puolet saaliista. Molempien järvien 2–3-vuotiaat särjet kuuluivat pituusluokkiin 8–9. Vanhimmat yksilöt koekalastuksen saaliissa olivat 15-vuotiaita.

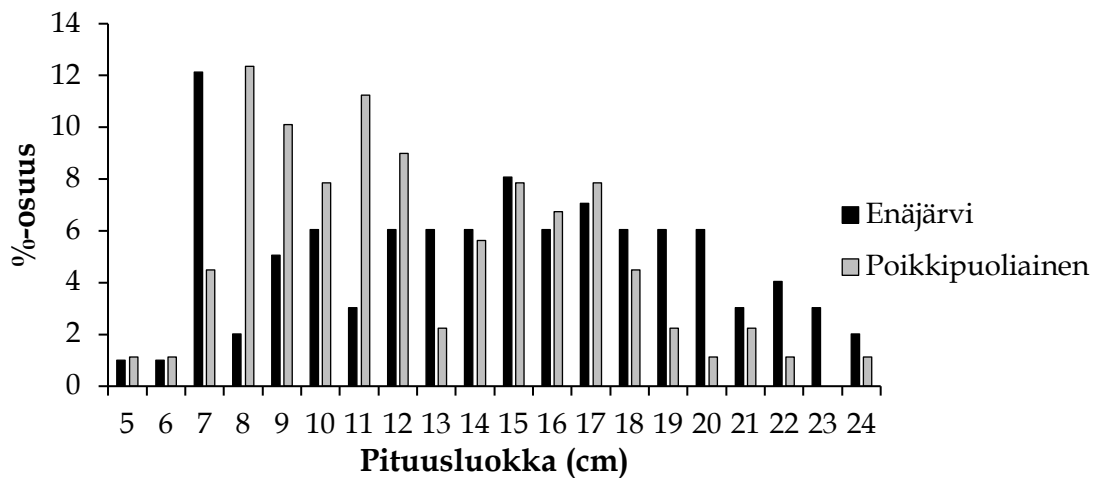


Kuva 19. NORDIC-verkkojen särkisaaliin pituusjakaumat Enäjärvellä (n = 657) ja Poikkipuoliaisella (n = 485) vuonna 2019.

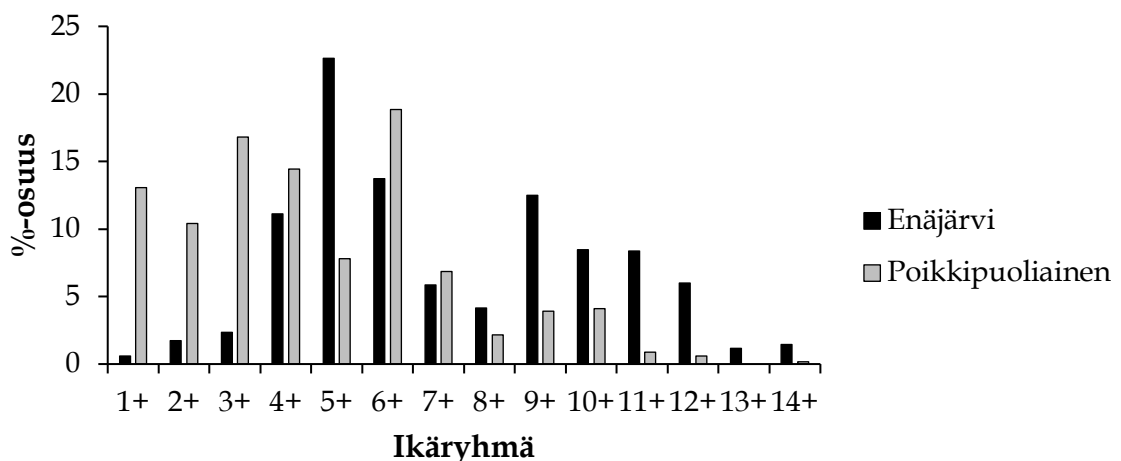


Kuva 20. NORDIC-verkkojen särkisaaliin ikäjakaumat Enäjärvellä (n = 657) ja Poikkipuoliaisella (n = 485) vuonna 2019 ikä-pituus-avaimilla (liitteet 2 ja 3) arvioituina.

Enäjärvellä 7 cm pituisten pasureiden osuus saaliista oli huomattavasti suurempi kuin Poikkipuoliaisella (kuva 21). Myös yli 18 cm pituusluokissa yksilöosuudet olivat Enäjärvellä suurempia. Muutoin yli 12 cm pituusluokissa pasureiden osuudet saaliista olivat melko samanlaisia molemmilla järvillä. 8–12 cm pituisten pasureiden osuus puolestaan oli keskimäärin kaksi kertaa suurempi Poikkipuoliaisella kuin Enäjärvellä. 5–6 cm pitkiä pasureita puolestaan saatiin melko vähän molemmilta järviltä. Enäjärvellä n. 25 % saaliista koostui 5-vuotiaista yksilöitä (kuva 22). Pituusluokkaan (7 cm) kuuluvat pasurit olivat kaikki 2–3-vuotiaita. Poikkipuoliaisella ikäjakauma painottui nuorempiin ikäryhmiin. Poikkipuoliaisella 8–12 cm pituiset yksilöt olivat 2–7-vuotiaita, mutta 1–6-vuotiaat pasurit dominoivat ikäjakauman perusteella järvellä. Molemmilla järvillä 5–6 cm pituiset yksilöt kuuluivat ikäryhmään 1+.

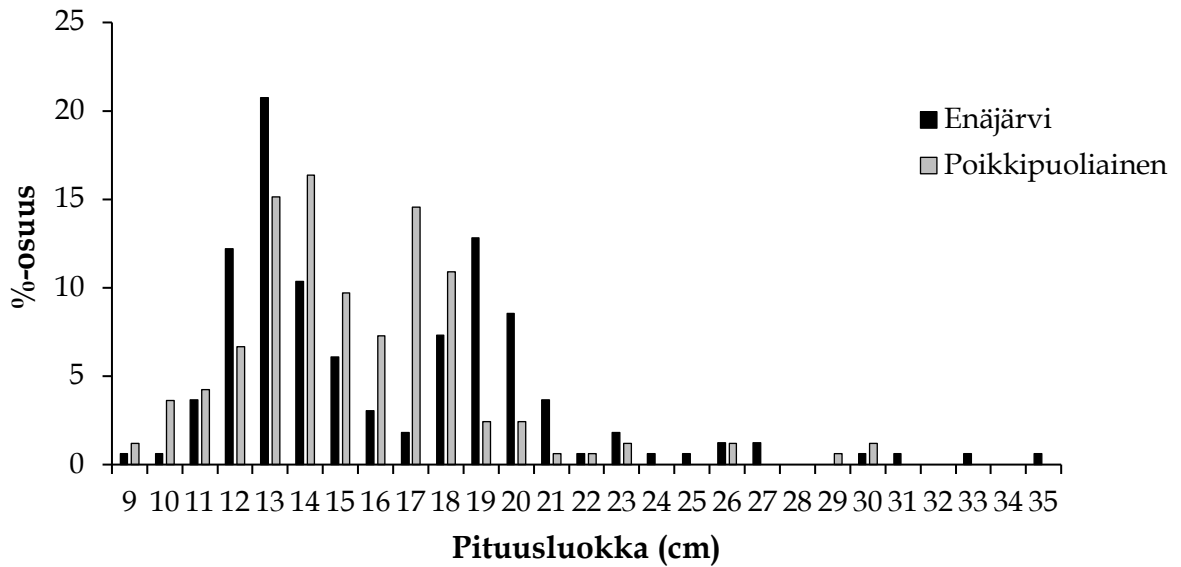


Kuva 21. NORDIC-verkkojen pasurisaaliin pituusjakaumat Enäjärvellä (n = 349) ja Poikkipuoliaisella (n = 689) vuonna 2019.

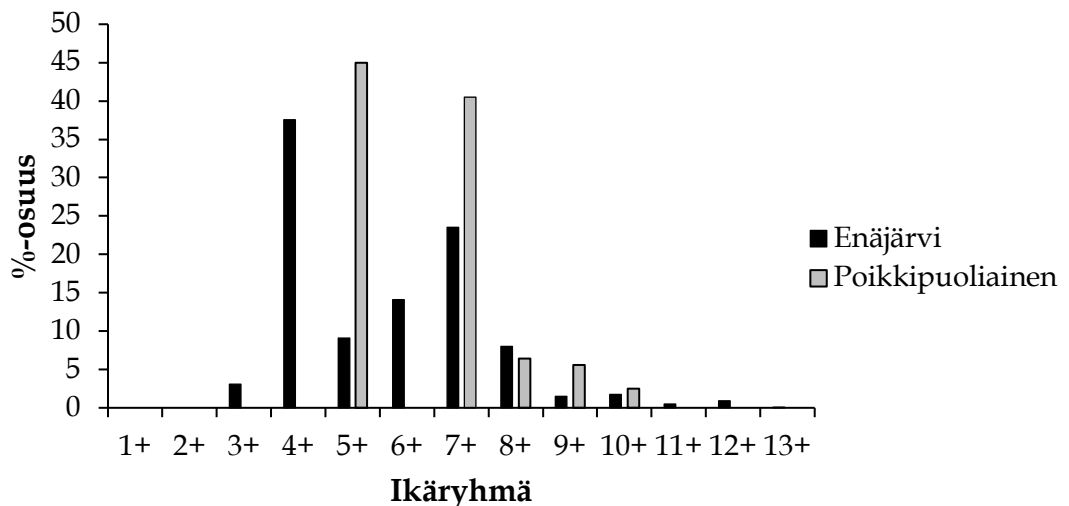


Kuva 22. NORDIC-verkkojen pasurisaaliin ikäjakaumat Enäjärvellä (n = 349) ja Poikkipuoliaisella (n = 689) vuonna 2019 ikä-pituus-avaimilla (liitteet 4 ja 5) arvioituina.

Enäjärvellä koekalastuksen saalis koostui pääosin 12–15 cm ja 18–21 cm pituisista lahnoista (kuva 23). Enäjärvellä saalis koostui pääosin ikäryhmistä 4+ ja 7+, joskin 4-vuotiaiden osuus saaliista oli melkein puolet (kuva 24). Ikäryhmä (4+) koostui 11–14 cm pituisista yksilöistä ja ikäryhmä (7+) puolestaan 17–24 cm pituisista yksilöistä. Nuorimmat saaliiksi tulleet lahnat olivat 3-vuotiaita ja 9–10 cm pituisia. Poikkipuoliaisen saaliissa vallitsivat 12–18 cm pituiset lahnat, joista suurin osa kuului pituusluokkiin 13–14. Vallitsevat ikäryhmät Poikkipuoliaisella olivat 5+ ja 7+, joista 5-vuotiaat koostuivat 14 cm pituisista yksilöistä ja 7-vuotiaat 18–22 cm pituisista yksilöistä.



Kuva 23. NORDIC-verkkojen lahna-saaliin pituusjakaumat Enäjärvellä (n = 164) ja Poikkipuoliaisella (n = 165) vuonna 2019.



Kuva 24. NORDIC-verkkojen lahna-saaliin ikäjakaumat Enäjärvellä (n = 164) ja Poikkipuoliaisella (n = 60) vuonna 2019 ikä-pituus-avaimilla (liitteet 6 ja 7) arvioituina.

3.4 Sukukypsyysikä ja -koko

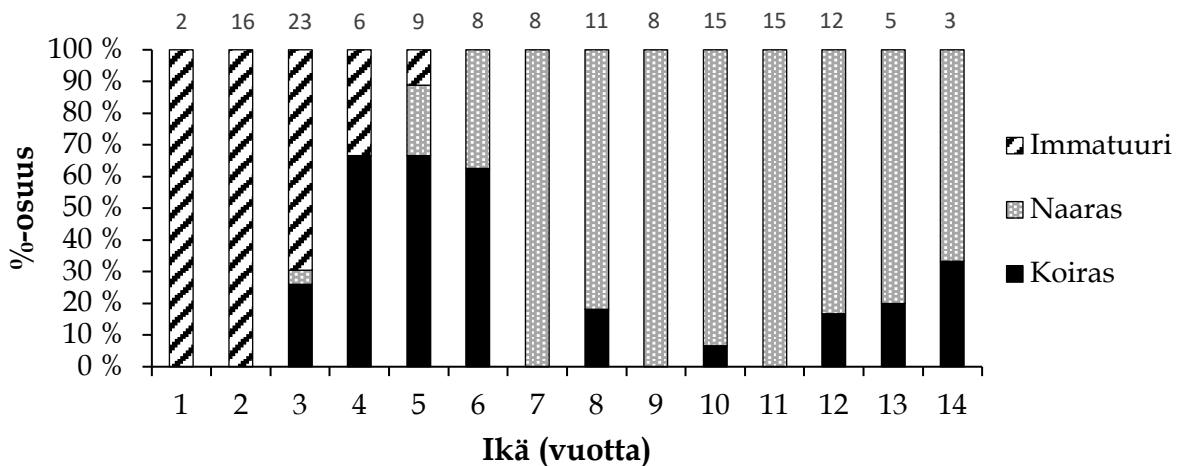
3.4.1 Särki

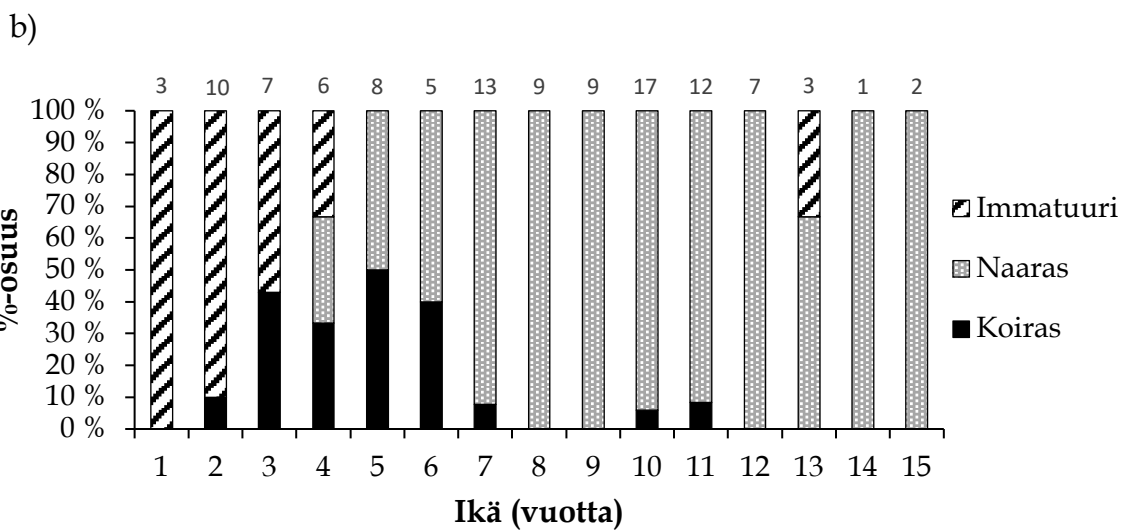
Enäjärvellä koiraat ja naaraat saavuttavat sukukypsyuden nuorimmillaan 3 vuoden iässä (kuva 25). Kaikki yli 5-vuotiaat särjet olivat saavuttaneet sukukypsyuden. Yli 5-vuotiaista särjistä n. 86 % oli naaraita ja vain n. 14 % koiraita. 5-vuotiaista ja sitä nuoremista suurin osa (n. 66 %) oli immatuureja, toiseksi eniten koiraita (29 %) ja vain pieni osa naaraita (5 %). Vanhimmat sukukypsät koiraat olivat Enäjärvellä 14-vuotiaita, jolloin pituutta niille oli kertynyt 23 cm (kuvat 25 ja 26). Enäjärvellä koirassärki saavutti sukukypsyuden pienimmillään 9 cm pituudessa ja naaras 10 cm pituudessa.

Poikkipuoliaisella nuorin sukukypsä koiras oli jo 2-vuotias ja naaras vasta 4-vuotias (kuva 25). Koiraita löytyi vanhemmista ikäryhmistä (8+-15+) vain muutamia. Yli 5-vuotiaista särjistä n. 92 % oli naaraita ja n. 6 % koiraita. Alle 5-vuotiaissa immatuureja (n. 53 %) oli eniten, koiraita oli 29 % ja naaraita vain 18 %. Vanhimmat sukukypsät koiraat olivat 11-vuotiaita, jolloin pituutta niille oli kertynyt 17 cm (kuvat 25 ja 26). Vanhin immatuuri yksilö sen sijaan oli 13-vuotias ja 17 cm pitkä. Poikkipuoliaisella koiraat saavuttivat sukukypsyuden pienimmillään 8 cm pituudessa ja naaraat 11 cm pituudessa (kuva 26).

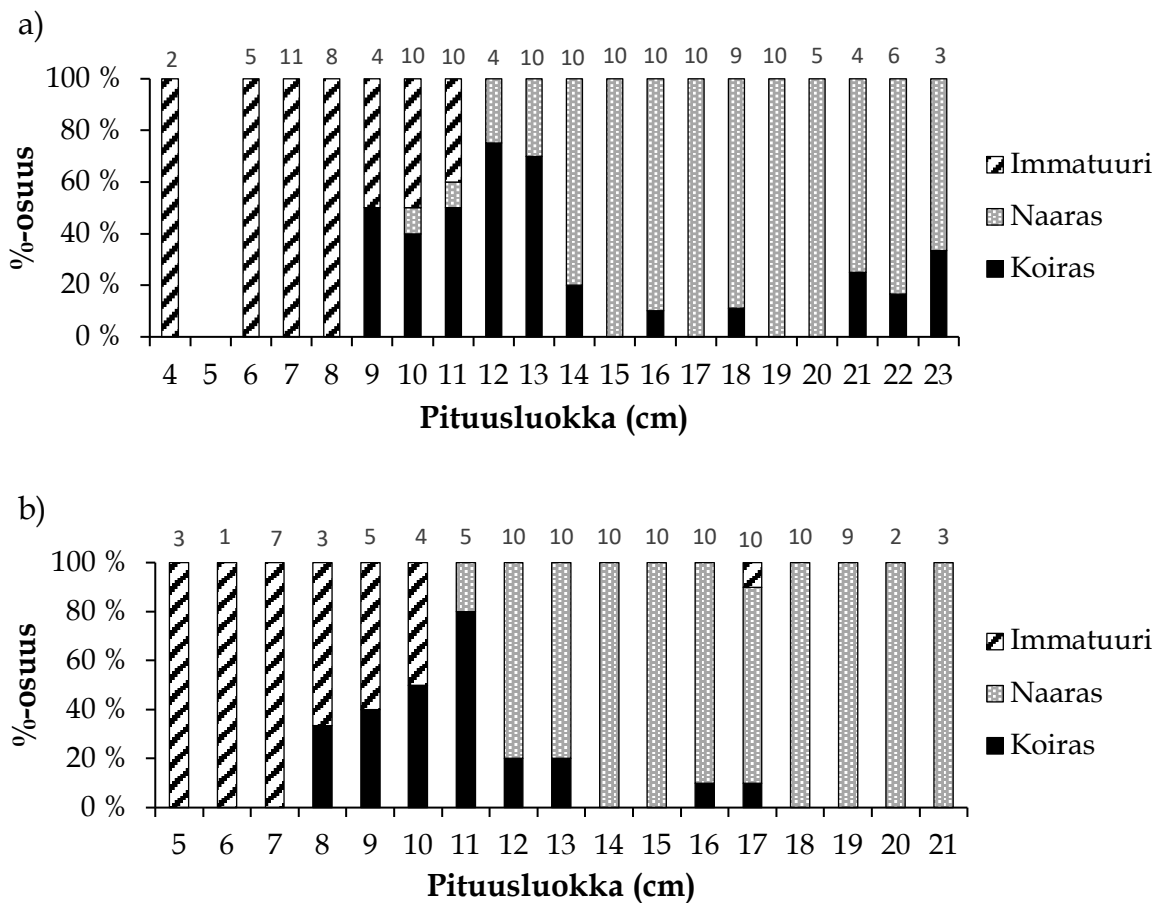
Särjellä sukukypsien osuudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja järvien välillä 2-vuotiailla (Fisherin testi: $p = 0,385$, $n = 1$), 3-vuotiailla (Fisherin testi: $p = 0,657$, $n = 10$) eikä 4-vuotiailla (Fisherin testi: $p = 1$, $n = 8$).

a)





Kuva 25. Sukukypsien ja immatuurien särkien osuudet eri ikäryhmissä a) Enäjärvellä (n = 141) ja b) Poikkiapuoliaisella (n = 112). Ikäryhmäkohtaiset määrät (n) palkkien yllä.



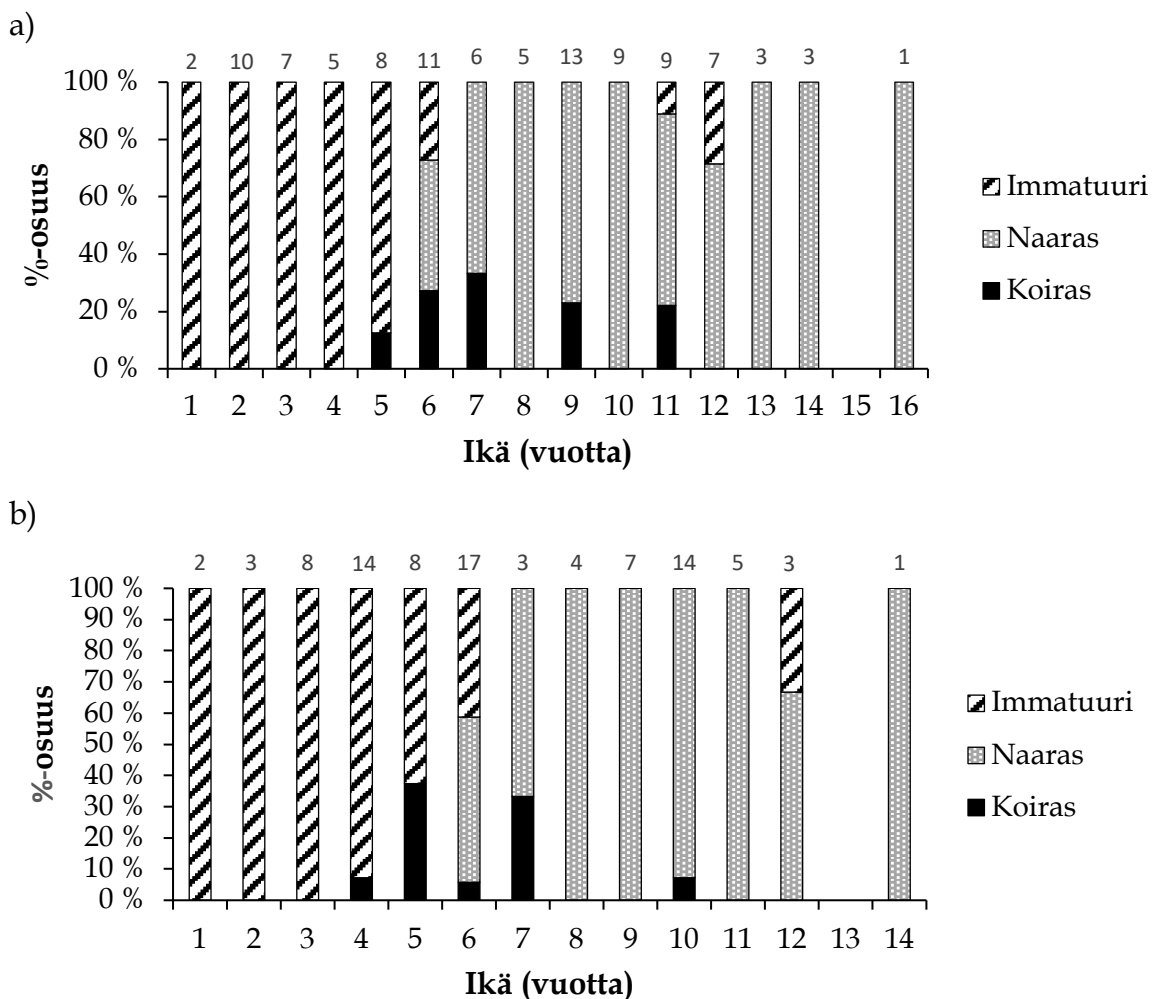
Kuva 26. Sukukypsien ja immatuurien särkien osuudet eri pituusluokissa a) Enäjärvellä (n = 141) ja b) Poikkiapuoliaisella (n = 112). Pituusluokkakohtaiset määrät (n) palkkien yllä.

3.4.2 Pasuri

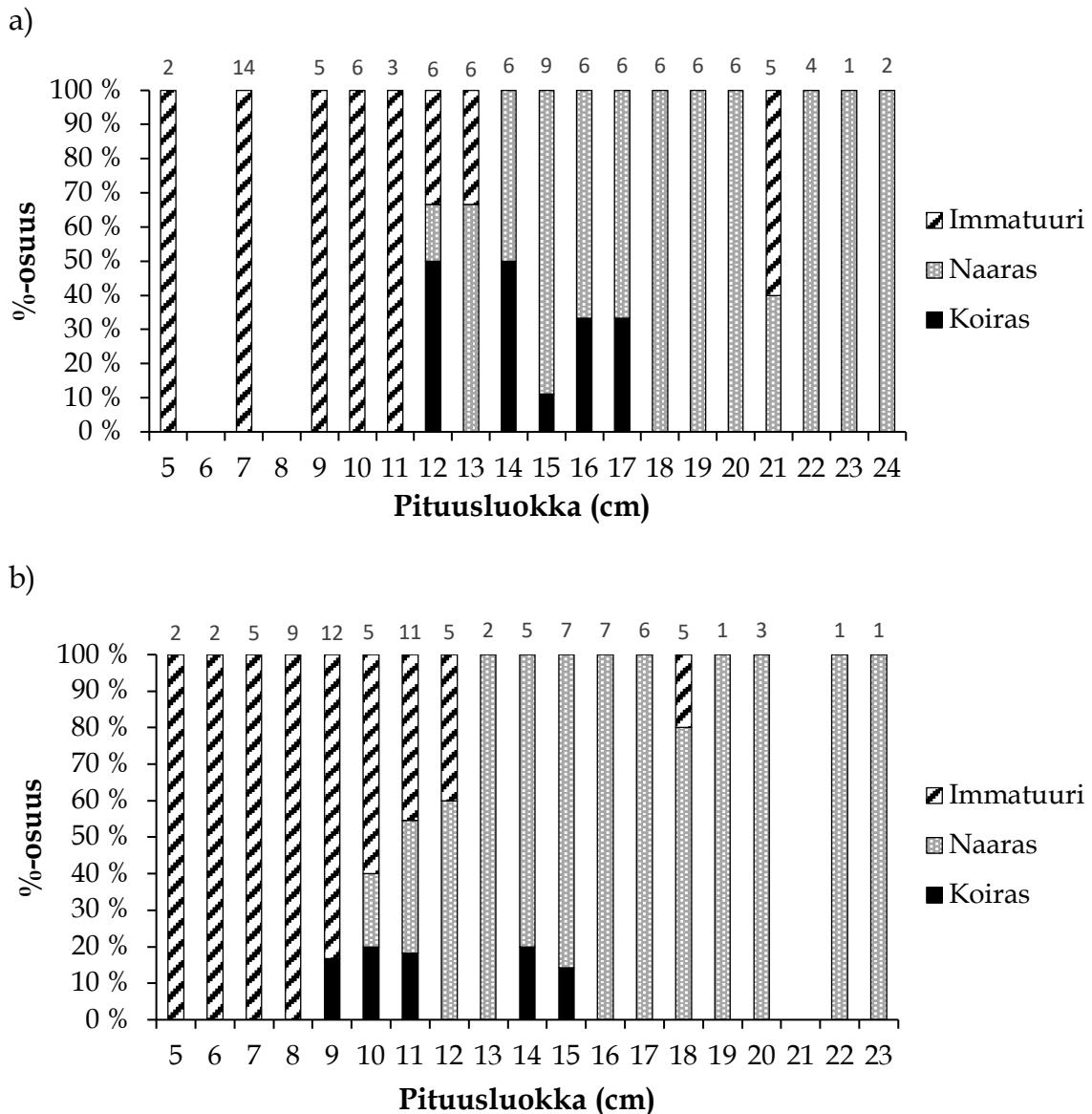
Enäjärvellä koiraspasuri saavuttaa sukukypsyyden nuorimmillaan 5-vuotiaana ja naaras vuoden myöhemmin 6-vuotiaana niiden ollessa 12 cm pituisia (kuvat 27 ja 28). Yli 6-vuotiaista pasureista n. 82 % oli naaraita ja vain n. 13 % koiraita. 6-vuotiaista ja sitä nuoremmista suurin osa (79 %) oli immatuureja, toiseksi eniten naaraita (12 %) ja vain pieni osa koiraita (9 %). Vanhin pyydystetty koiras oli 11-vuotias ja 17 cm pituinen.

Poikkipuolaisella koiraspasuri saavuttaa sukukypsyyden nuorimmillaan 4 vuoden iässä 9 cm pituudessa (kuvat 27 ja 28). Naaraspasuri tulee sukukypsäksi nuorimmillaan 6-vuotiaana ollessaan 10 cm pituinen. Yli 6-vuotiaista pasureista naaraita oli 92 % ja koiraita vain 5 %. 6-vuotiaista ja sitä nuoremmista suurin osa (73 %) oli immatuureja, toiseksi eniten naaraita (17 %) ja vain pieni osa koiraita (10 %). Vanhin pyydystetty koiras oli 10-vuotias ja 15 cm pituinen. Molemmilla järvillä vanhimmat tavatut immatuurit yksilöt olivat 12-vuotiaita.

Pasurilla sukukypsien osuudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja järvien välillä 4-vuotiailla (Fisherin testi: $p = 0,737$, $n = 0$), 5-vuotiailla (Fisherin testi: $p = 0,569$, $n = 1$) eikä 6-vuotiailla (Fisherin testi: $p = 0,689$, $n = 4$).



Kuva 27. Sukukypsien ja immatuurien pasurien osuudet eri ikäryhmissä a) Enäjärvellä (n = 99) ja b) Poikkipuolaisella (n = 89). Ikäryhmäkohtaiset määrät (n) palkkien yllä.



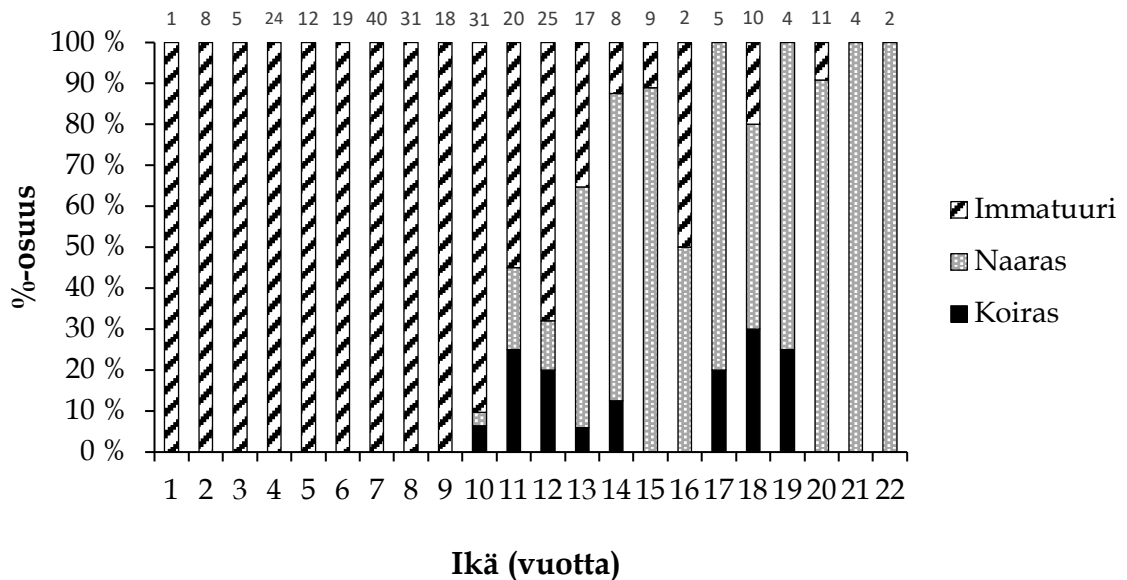
Kuva 28. Sukukypsien ja immatuurien pasurien osuudet eri pituusluokissa a) Enäjärvellä (n = 99) ja b) Poikkipuoliaisella (n = 89). Pituusluokkakohtaiset määrät (n) palkkien yllä.

3.4.3 Lahna

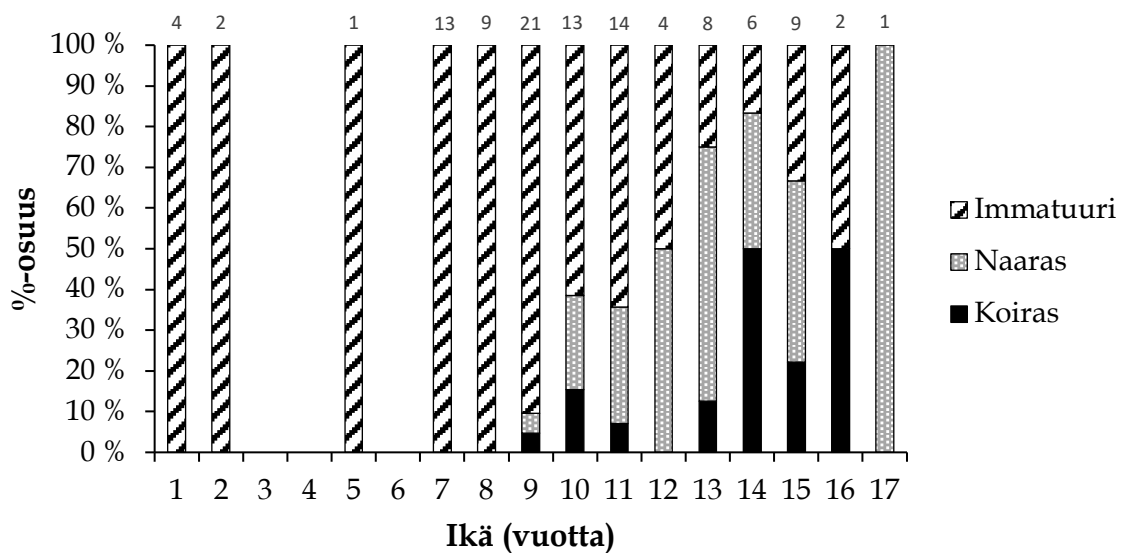
Enäjärvellä lahna tulee sukukypsäksi nuorimmillaan 10-vuotiaana (kuva 29). Sukukypsyyden aikaisimmillaan saavuttaneet koiraat olivat 30 cm pitkiä ja naaraat 33 cm pitkiä (kuva 30). Enäjärvellä vasta kaikki yli 20-vuotiaat ja 44 cm pituuden saavuttaneet yksilöt olivat sukukypsiä. Poikkipuoliaisella sekä koiraiden että naaraiden kohdalla nuorimmat sukukypsät yksilöt olivat 9-vuotiaita (kuva 29). Sukukypsyyden naaraat saavuttivat aikaisintaan 31 cm pituudessa ja koiraat 33 cm pituudessa (kuva 30). Vanhin pyydystetty immatuuri yksilö Poikkipuoliaisella oli 16-vuotias ja 47 cm pitkä.

Lahnalla sukukypsien osuudessa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja järvien välillä 9-vuotiailla (Fisherin testi: $p = 0,499$, $n = 2$). Sen sijaan Fisherin testin mukaan sukukypsien osuudessa oli tilastollisesti merkitsevä ero järvien välillä 10-vuotiailla ($p = 0,038$, $n = 8$). Enäjärven näytekaloista nuorimmat matuurit lahnat olivat 10-vuotiaita ja Poikkipuoliaisen näytekaloista 9-vuotiaita, mikä viittaa siihen, että Poikkipuoliaisella lahnat maturoituvat nuorempina.

a)

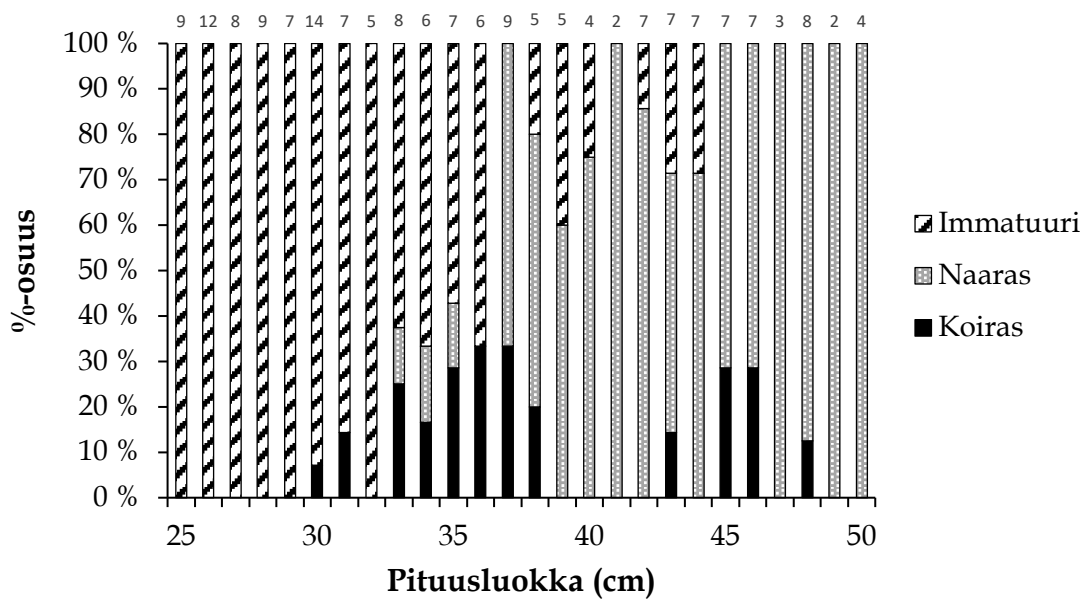


b)

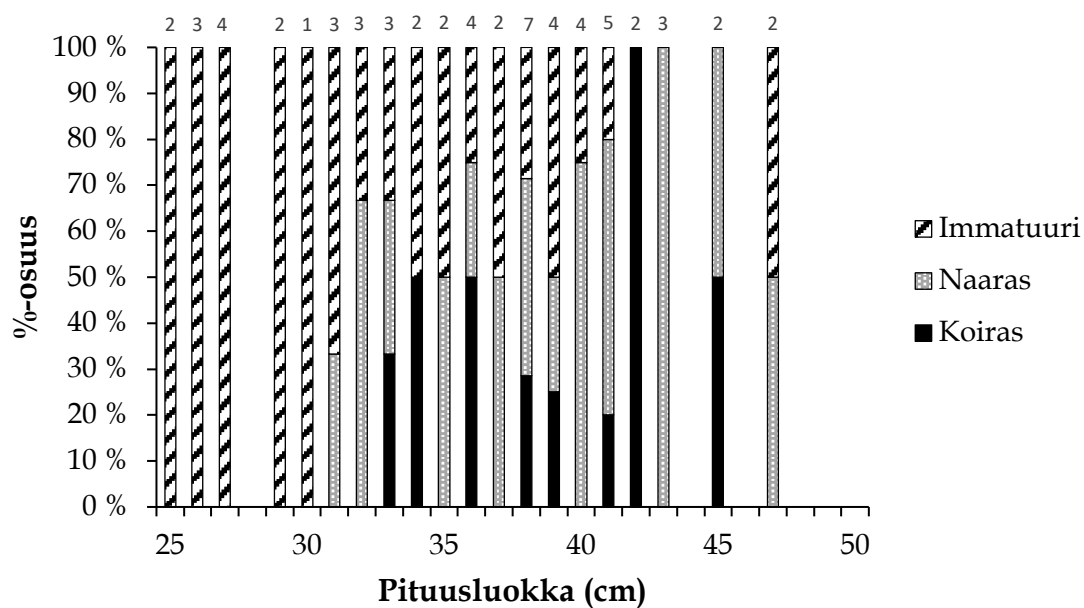


Kuva 29. Sukukypsien ja immatuurien lahnojen osuudet eri ikäryhmissä a) Enäjärvellä ($n = 306$) ja b) Poikkipuoliaisella ($n = 107$). Ikäryhmäkohtaiset määrät (n) palkkien yllä.

a)



b)



Kuva 30. Sukukypsien ja immatuurien lahnojen osuudet eri pituusluokissa a) Enäjärvellä (n = 175) ja b) Poikkipuoliaisella (n = 60). Alle 25 cm pituiset yksilöt jätetty pois, sillä ovat kaikki immatuureja. Pituusluokkakokohtaiset määrät (n) palkkien yllä.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Vaellustutkimus

Merkintä-takaisinpyynnissä merkkipalautuksia saatiin merkintämäärään nähden tavanomaisesti, sillä merkkipalautusten osuudet merkintämäärästä ovat olleet Suomessa T-ankkurimerkinnällä toteutetussa merkintätutkimuksissa samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa (Veneranta ym. 2020, Kotakorpi & Lönnfors 2019, Pohjola 2009). Venerannan ym. (2020) toteuttamassa merkintätutkimuksessa ahvenilla palautusprosentti oli 5,4 %. Lahden Vesijärvellä Kotakorven & Lönnforsin (2019) toteuttamassa merkintätutkimuksessa lahnojen palautusprosentti oli (1,8 %), mutta särkien palautusprosentti (6 %) oli hieman korkeampi. Siitä huolimatta, että kalastuspaine ja merkittyjen kalojen havaitsemistodennäköisyydet olivat paljon suurempia Enäjärvellä kuin Poikkipuoliaisella, olivat merkkipalautusten määrät molemmilla järvillä melko samansuuruisia. Poikkipuoliaisen vähäinen kalastuspaine ei kuitenkaan selitä merkkipalautusten vähäistä havaintomäärää.

Vaellustutkimus osoitti, että särkikalat liikkuvat järvien välillä. Kaikki pyydetyksi joutuneet vaeltaneet kalat liikkuvat Poikkipuoliaiselta ylävirtaan Enäjärvelle. Sen sijaan Poikkipuoliaiselta ei saatu yhtään Enäjärvellä merkittyä kalaa, vaikka myös Hulttilanjoen jokisuistossa Poikkipuoliaisella oli rysäpyydys. Kutuajankohta on voinut vaikuttaa merkintä-takaisinpyynti-tuloksiin, sillä monien särkikalojen vaeltamiseen liittyvien tutkimusten mukaan särkikalat nousevat kohti ylävirtaa tai yläpuoliseen vesistöön kutemaan (Brodersen ym. 2019, L'Abée-Lund & Vøllestad 1987). Särkikalat vaihtavat habitaattia myös ravinnonsaannin ja muuttuvien ympäristöolosuhteiden vuoksi (Brodersen ym. 2019, Brodersen ym. 2008a). Kalat liikkuvat alapuoliseen vesistöön tasaisesti ympäri vuoden, kun ylöspäin ne vaeltavat pääosin keväällä (Brodersen ym. 2019). Brodersen ym. (2019) havaitsi jopa 15 % merkityistä lahnoista liikkuvan järvien välillä vuoden sisällä merkinnästä. Toisin kuin tässä vaellustutkimuksessa, käyttivät Brodersen ym. (2019) tutkimuksessaan PIT-merkkejä, jotka antavat ajantasaisempaa ja varmempaa tietoa kuin T-ankkurimerkinnällä toteutettu merkintä-takaisinpyynti.

Vaeltaneiden kalojen määrä on todennäköisesti ollut paljon suurempi kuin havaitut 18 yksilöä, sillä kaikkia vaeltaneita merkittyjä kaloja ei saatu saaliiksi tai vaihtoehtoisesti merkkejä ei vain havaittu. Palautusten määrään on voinut vaikuttaa merkin irtoaminen, vesihomeen muodostuminen pistokohtaan ja siitä johtunut kuolema, predaatio sekä merkkien värjäytyminen ruskeaksi loppukesästä leväkukinnoista johtuen. Myös kalastuspaineella on vaikutusta siihen, miten suuri osuus merkityistä saadaan saaliiksi. Poikkipuoliaisella merkkien takaisinpyyntiä tehtiin vain yhdellä rysällä, kun Enäjärvellä rysiä oli huomattavasti enemmän tehokalastuksen vuoksi. Enäjärvellä oleva rysäpyydys myös peitti Hulttilanjoen suusta suuremman osuuden kuin Poikkipuoliaisella, joten Enäjärvelle vaeltaneita merkittyjä kaloja on saatu suuremmalla todennäköisyydellä saaliiksi. Merkkien värjäytymisen vuoksi heinäkuun jälkeen merkkien havaitsemistodennäköisyys

tippui lähes nolnaan, mikä voi osittain selittää vähäisten merkkipalautuksien määrän syksyllä. Myös irronneita merkkejä havaittiin rysäpyydyksissä, ja myöhemmin saatiin saaliiksi lahnoja, joille oli jäänyt merkistä jälki selkäevän tyveen. Lisäksi vaeltaminen järvestä toiseen oli estynyt vähäisen veden määrän takia Hulttilanjoessa erityisesti suurten lahnojen kohdalla. Kevättulvien aikaan lumien sullettua vedenpinnan taso Hulttilanjoessa on korkealla, mutta keskikesää kohden veden määrä vähenee niin, että se estää enimpien kalojen liikkumisen järvien välillä. Jotta tutkimuksesta saisi luotettavamman, tulisi helposti värjäntyviä T-ankkurimerkkejä välttää ja hyödyntää jotain toista seurantamenetelmää, kuten PIT-merkintää. Tietysti epävarmuustekijöitä on jokaisen merkintätyypin kohdalla, mutta riskejä ja vähäisiä palautusmääriä välttääkseen, on hyvä selvittää sopivin ja luotettavin seurantamenetelmä.

Kuolleisuuskokeen tulokset olivat lupaavia, sillä lahnalla ja pasurilla ei havaittu koeryhmässä kuolleisuutta. Särjellä kuolleisuus oli 2,2 %, mutta ottaessa huomioon kuolleiden kalojen määrän ($n = 1$), oli kuolleisuus pientä. Kontrolliryhmässä sen sijaan kaikki selvisivät hengissä. Kokeen tulokset osoittavat sen, ettei kalojen käsittely, nukutus ja merkintä aiheuta merkittävää kuolleisuutta. Myöhemmin samana vuonna merkintäpalautuksia on tullut myös kuolleisuuskokeista vapautetuilta kaloilta, mikä puoltaa vähäistä kuolleisuutta merkinnästä johtuen pidemmällä aikavälillä. Samanlaisiin tuloksiin päätyi Bolland ym. (2009): 23 mm PIT-merkillä merkityillä särjillä kuolleisuus oli 1,2 % n. kuukausi merkinnän jälkeen ja 1,6 % puolen vuoden jälkeen. 12 mm PIT-merkillä merkityillä särjillä sekä kontrolliryhmän särjillä ei havaittu tuolloin kuolleisuutta johtuen merkinnästä, käsittelystä ja nukutuksesta (Bolland ym. 2009). Merkinnän ja pyynnin vaikutusta ahventen kuolleisuuteen on tutkittu Suomessa (Veneranta ym. 2020), mutta T-ankkurilla merkittyjen ja merkinnän yhteydessä nukutettujen särkikalojen (särki, pasuri ja lahna) kuolleisuutta ei ole aikaisemmin tutkittu nykytiedon valossa. Pienestä kuolleisuudesta huolimatta olisi hyvä tehdä lisäkokeita suuremmalla kalamäärällä, jotta tuloksia voitaisiin testata tilastollisesti riittävällä varmuudella.

4.2 Kalojen ikä ja kasvu

Särkien kasvu Enäjärvellä ja Poikkipuoliaisella muistuttaa särkien hidasta kasvua eteläsuomalaisissa järvissä, kuten Vähä-Tiilijärvellä ja Hiidenvedellä, jotka kärsivät rehevöitymisestä ja tiheästä kalakannasta (Malinen & Vinni 2020, Vinni ym. 2000). Samanlaista kasvu 1-10-vuotiailla särjillä on ollut mesotrofisessa Pääjärvessä (Sairanen 2006). Kasvu puolestaan on ollut hieman nopeampaa Lahden Vesijärvellä, jossa 5-vuotiaat särjet ovat melkein 16 cm pituisia (Horppila 1994) ja Tuusulanjärvellä, jossa 7-vuotiaat ovat saavuttaneet 16 cm pituuden (Olin & Rask 2000). Vertailun vuoksi Enäjärvellä ja Poikkipuoliaisella 5-vuotiaat olivat 12 cm pituisia ja 7-vuotiaat 14 cm pituisia. Nopeakasvuiset särjet saavuttavat 18 cm pituuden jo 5-vuotiaina oligotrofisessa Karjalan Pyhäjärvessä (Auvinen 1987). Tulokset Enäjärveltä ja Poikkipuoliaiselta kertovat särkien hitaasta kasvusta, kovasta ravintokilpailusta ja tiheästä särkikannasta. Horppilan (1994) mukaan vanhempien särkien kasvun hidastuminen johtuu usein vähäisestä eläinravinnosta ja korkeasta kasvien osuudesta ravinnossa. Nuoret 1-3-vuotiaat särjet sen sijaan pystyvät hyödyntämään eläinplanktonia ja kasvamaan nopeammin (Horppila 1994), mikäli oikeanlaista ravintoa on tarpeeksi tarjolla eikä ravintokilpailu ole

kovaa. Särjet kasvavat Enäjärvellä kookkaammiksi kuin Poikkiapuoliaisella, mihin voi vaikuttaa mm. erikoistuminen johonkin tiettyyn ravintoon tai sen monipuolinen käyttö, jolloin eri kokoisilla särjillä on tarpeeksi ravintoa kasvuun (Horppila 1994). Vuosien 2008–2022 aikana Poikkiapuoliaisella 2–4-vuotiaiden sekä 6- ja 10-vuotiaiden särkien keskikoko kasvoi tarkastelujakson loppua kohden. Enäjärvellä sen sijaan 1-vuotiaiden keskikoko laski, mutta muissa ikäryhmissä eri vuosiluokissa ei havaittu suuria muutoksia tarkastelujakson aikana.

Kasvuselvitysten perusteella molempien järvien pasurit ovat hidaskasvuisia, sillä hidaskasvuisissa kannoissa pasuri kasvaa 10 cm pituiseksi vasta 4-vuotiaana (Vinni ym. 2000), kun nopeakasvuisessa kannassa se olisi jo 2-vuotiaana 10 cm pituinen (Yrjölä ym. 2015, Koli 1990). Pasurien kasvu tutkimusjärvillä on verrattain samanlaista kuin Hiidenvedellä tehdyssä kasvututkimuksessa, jossa pasurin kasvu oli määritelty hitaaksi (Vinni ym. 2000). Enäjärvellä pasureilla on suotuisimmat olosuhteet nopeampaan kasvuun kuin Poikkiapuoliaisella, sillä 6–10-vuotiaiden pasureiden kasvun eri vuosiluokissa havaittiin paranevan tarkastelujakson aikana, mikä kertoo ravintotilanteen paranemisesta tai ravinnon käyttökohteen muutoksista. Tähän voi vaikuttaa pasurien määrän väheneminen, sillä yksikkösaalis (g/verkko ja kpl/verkko) koekalastuksessa on puolittunut vuodesta 2014 vuoteen 2019 (Valjus 2019a). Lisäksi Enäjärvellä pasurit ovat olleet koekalastusten mukaan keskimäärin neljä kertaa painavampia kuin Poikkiapuoliaisella (Valjus 2019a), mikä kertoo kokorakenteen eroista järvien välillä. Poikkiapuoliaisella vanhempien pasurien kasvu nopeutui, mutta alle 6-vuotiaiden pasurien kasvu hidastui tarkastelujakson aikana. Koon pienentymiseen vaikuttaa erityisesti kova ravintokilpailu tihenevän pasurikannan takia, mutta myös samasta ravinnosta taisteleva tiheä särkikanta vaikuttaa kasvun hitauteen Poikkiapuoliaisella. Poikkiapuoliaisella nimenomaan pasuri ja särki ovat selvästi runsaimmat lajit (Valjus 2019b).

Lahnojen kasvu tutkimusjärvillä on hieman nopeampaa kuin Hiidenvedellä, jossa 5-vuotiaiden lahnojen keskikoko oli n. 15 cm ja 9-vuotiaiden lahnojen keskikoko vasta 20 cm (Vinni ym. 2000), mutta hitaampaa kuin Keuruselällä (Salminen 1983) ja Lahden Vesijärvellä (Toivonen 2013) ennen vuonna 1989 aloitettua hoitokalastusta (Horppila ym. 1997). Lahnojen kasvu on ollut nopeampaa myös Jyväsjärvellä ja Tuomiojärvellä (Leminen 2008) verrattaessa tutkimusjärvien, Enäjärven ja Poikkiapuoliaisen lahnojen kasvuun. Vertailujen perusteella lahnojen kasvu tutkimusjärvillä on hidasta. Enäjärvellä 1-vuotiailla havaittiin keskikoon kasvua, mutta muissa ikäryhmissä molempien järvien osalta keskikoko eri vuosiluokissa pieneni. On varsin tavallista, että kannan ollessa ylitiheä ja ravintokilpailun kiristyessä kasvu hidastuu (Horppila 1994, Olin ym. 2002). Enäjärvellä kasvu oli useimmissa ikäryhmissä nopeampaa kuin Poikkiapuoliaisella, mutta suurempia eroja voitiin nähdä vasta 12 ikävuoden jälkeen, jolloin Poikkiapuoliaisen lahnojen keskikoko oli suurempi. On kuitenkin otettava huomioon havaintojen alhainen määrä Poikkiapuoliaisella, jolloin virheen mahdollisuus kasvaa. Enäjärvellä havaintoja oli runsaasti 22 ikävuoteen asti, mutta Poikkiapuoliaisella 16-vuotiaiden ikäryhmässä oli enää 3 havaintoa ja 17-vuotiaiden ryhmässä vain yksi havainto. On hyvinkin mahdollista, että Poikkiapuoliaisen aineistoon on valikoitunut nopeakasvuisia lahnoja, jolloin erot kasvussa eivät ole täysin valideja. Toisaalta lahnojen tiedetään liikkuvan järvien välillä etsimässä ravintoa (Brodersen ym. 2019), joten Poikkiapuoliaisen aineistoon on voinut

valikoitua myös Enäjärveltä kotoisin olevia nopeakasvuisia yksilöitä. 2000-luvun alkupuolella tehdyt hoitokalastukset yhdessä vuonna 2003 talviaikaisen heikon happitilanteen ja siitä johtuvien kalakuolemien (Loman 2014) kanssa ovat voineet vaikuttaa nuorten, erityisesti 3-vuotiaiden lahnojen nopeutuneeseen kasvuun Enäjärvellä. Lahnoilla kasvu oli nopeaa verrattaessa vuosiluokkaan 2003 kuuluvien 3-vuotiaiden lahnojen keskipituuksia vuosiluokkiin 2000 ja 2010.

4.3 Nordic-verkkokalastusten saaliiden ikä- ja pituusjakaumat

Enäjärvellä Nordic-verkkokalastusten saaliissa särkien pituusjakauman skaala oli laaja, mikä Hoppilan (1994) mukaan kertoo erikoistumisesta tiettyyn ravintoon, jota on hyvin tarjolla. Pituusjakaumassa 15 cm pituisia yksilöitä, jotka ovat yli 7-vuotiaita, on Enäjärvellä selvästi suurempi osuus. Tämä tukee sitä havaintoa, että Poikkipuoliaisella vallitsee runsas ja nuori särkikanta, mutta särjen vanhetessa kasvu hiipuu selvästi ja vanhempien kalojen määrä myös vähenee. Vuoden 2019 koekalastusten perusteella särkien keskipaino Enäjärvellä oli melkein kaksinkertainen Poikkipuoliaiseseen verrattuna, mikä tukee väitettä särkien pienestä keskikoosta.

Pasurikanta Poikkipuolaisella koostuu nuorista yksilöistä, kun taas Enäjärvellä vanhempia yksilöitä on enemmän. Nuorten, alle kolmevuotiaiden pasureiden osuus saaliista oli huomattavan suuri Enäjärven saaliiseen verrattuna. Mainittakoon, että Poikkipuoliaisella nimenomaan 2–3-vuotiaiden pasureiden koko laski tarkastelujakson aikana, mikä viittaa runsastumiseen. Vanhempien pasureiden määrät ovat Poikkipuoliaisella pienemmät, mitä tukee koekalastussaaliin tulokset, jossa 8-vuotiaiden ja sitä vanhempien pasureiden sekä yli 17 cm pituisten pasureiden osuudet ovat vähäisiä. Täten vanhoja pasureita on Poikkipuoliaisella todella vähän verrattuna Enäjärveen. Tulokset tukevat sitä teoriaa, että järvillä on omat pasuripopulaatiot. Toki on huomioitavaa, että kalat liikkuvat järvien välillä ja voivat näin sekoittaa populaatioita keskenään tai tehdä omia osapopulaatioita, jotka ovat joko paikallisista tai vaeltavista yksilöistä koostuvia (Brodersen ym. 2019).

Lahnan ikä-pituus-avain jäi Poikkipuoliaisesta osalta hieman vajaaksi syystä, että omasta aineistosta jäivät puuttumaan kokonaan pituusluokat 9–13 ja koekalastussaaliissa ei ollut alle 9 cm pituisia lahnoja, joita omasta aineistosta löytyi. Enäjärven osalta koekalastussaaliissa pienimmät lahnat olivat 9 cm pituisia. Lisäksi koekalastusaineistossa suurimmat lahnat olivat 31 cm pituisia, eikä saalista tullut kaikista pituusluokista. Erityisesti ikäjakauman kohdalla koekalastuksen saalisaineisto on niin vajanainen, ettei tuloksista voi tehdä selkeitä päätelmiä, mikäli haluaa tukea iän- ja kasvunmäärityksistä saatuihin tuloksiin. Jotta ikä-pituus-avaimesta saataisiin kattava, pitäisi aineistoa eri pituusluokista kerätä huomattava määrä lisää.

4.4 Särkikalojen kasvuun vaikuttavat tekijät

Särkikalojen kasvu on hidastunut 2000-luvun jälkeen huolimatta siitä, että hoitokalastuksia on tehty molemmilla järvillä. Jokaisella lajilla kasvu oli useimmissa ikäryhmissä hieman parempaa Enäjärvellä kuin Poikkipuoliaisella. Tähän

eroavaisuuteen voi vaikuttaa mm. erikoistuminen johonkin tiettyyn ravintoon tai sen monipuolinen käyttö, jolloin erikokoisilla kaloilla ravintoa on riittävästi kasvuun (Horppila 1994). Hidastuneeseen kasvuun puolestaan voivat vaikuttaa tiukentunut ravintokilpailu eri lajien välillä tai eläinplanktonin ja pohjaeläinten vähäinen saatavuus, jolloin kookkaammat särjet hyödyntävät ravinnokseen debristä ja kasvinosia enenevässä määrin (Vinni ym. 2000, Horppila 1994). Toisaalta Enäjärvässä ravinteita on enemmän, mikä takaa kaloille enemmän ravintoa ja vaikuttaa kasvuun positiivisesti. Vähäinen särkien poistopyyntimäärä vaikuttaa siihen, että ravinteiden kierto järven sisällä pysyy samana ja sedimentistä vapautuu ravinteita kalojen pölyttäessä pohjaa etsiessään ravintoa (Horppila & Kairesalo 1990, Horppila & Kairesalo 1992, Hansson ym. 1998).

Vuonna 2013 Poikkipuoliaisella havaittiin kalakuolemia lämpimän kesän ja runsaan levätuotannon seurauksena, jolloin happitilanne järvässä oli heikko (Miettinen 2019). Veden pH oli yli 9, mistä kärsivät eniten ahvenen ja kiiskan poikaset. Poikkipuoliaisella havaittiinkin, että kuolleet kalat koostuivat pääosin kiiskan poikasista. Kalakuolemista kalatiheyden vähentyessä ravintokilpailu yleisesti pienenee ja kalojen kasvu paranee (Horppila 1994, Olin ym. 2002), jollaista ei ollut selkeästi havaittavissa.

Särjillä nimenomaan 2–4-vuotiaiden keskikoon kasvu eri vuosiluokissa Poikkipuoliaisella on voinut johtua vuonna 2011 jatkettua hoitokalastuksesta, mutta myös vuoden 2013 kalakuolemilla on voinut ollut vaikutusta, jolloin kalamäärä on ainakin hetkellisesti vähentynyt ja kasvu nuoremmilla yksilöillä nopeutunut. Myös kesän aikaisilla lämpötiloilla on vaikutusta kalojen kasvuun. Esimerkiksi vuosina 2010, 2011 ja 2013 kesä oli lämmin, mikä on hetkellisesti voinut lisätä kasvua, kun oikeanlaista ravintoa on ollut enemmän tarjolla eri ikäisille kaloille. Täyttä varmuutta ei kuitenkaan ole siitä, mikä nimenomaan on aiheuttanut kasvun nopeutumisen.

Särjen yksikkösaalis (g/verkko ja kpl/verkko) on laskenut koekalastuksissa vuosien 2014–2019 aikana ainakin Enäjärvellä (Valjus 2019a), mikä viittaa särkikannan pienentymiseen. Enäjärvellä hoitokalastukset ovat saattaneet vähentää särkien määrää, jolloin kalojen keskikoko poistosaaliissa on suurentunut. Ravintokilpailu on siitä huolimatta niin suurta eri lajien välillä, ettei särjellä uusilla vuosiluokilla kasvu ole nopeutunut. Poikkipuoliaiselta on voinut myös siirtyä kaloja Enäjärvelle, jolloin särkipopulaatiot ovat sekoittuneet johtaen siihen, etteivät muutokset kasvussa ole havaittavissa. Lilja ym. (2003) mukaan särkikalat tekevät kutu- ja syönnösvaelluksia keväällä yläpuoliseen järveeseen, jolloin kookkaammat ja paremmin ravintoa saaneet särkikalat vaeltavat heikompia kaloja herkemmin (Brodersen ym. 2008b). Järvillä voikin olla omat osapopulaatiot, jotka koostuvat paikallisista ja vaeltavista särjistä.

Pasurilla havaittiin kasvun paranemista vanhemmissa ikäryhmissä eri vuosiluokissa molemmilla järvillä, mutta Poikkipuoliaisella nuorempien pasurien kasvu hidastui merkittävästi. Enäjärvellä pasurin yksikkösaalis puolittui vuosien 2014–2019 aikana, mikä on voinut johtua hoitokalastuksesta aiheuttaen ravintokilpailun vähenemistä ja kasvun paranemista. Poikkipuoliaisella vanhempien pasurien määrät ovat voineet vähentyä hieman vuonna 2011 jatkettujen hoitokalastusten ja vuoden 2013 kalakuolemien takia, jolloin pasureilla on ollut paremmin ravintoa tarjolla ja kasvu parantunut vuoden 2013 jälkeisinä vuosina. Nuorempien, eri ikäisten pasurien kasvu eri vuosiluokissa oli nopeaa

vuoden 2013 jälkeen, mutta on sitten kääntynyt laskuun ja keskipikoko pienentynyt. Pienet (< 12 cm) pasurit käyttävät osittain eri ravintokohteita kuin suurikokoiset (> 12 cm) pasurit (Vinni ym. 2000), joten tiheässä pienikokoisten pasurien dominoivassa kannassa ravintokilpailu nuorien kalojen kesken on kovaa.

Hoitokalastuksen vaikutukset olivat nähtävissä mm. vuosiluokkaan 2003 kuuluvilla lahnoilla Enäjärvellä, joilla kasvu oli erityisen nopeaa. Myös muilla vuosiluokilla 2000-luvun alussa kasvu oli hyvää verrattuna myöhempien vuosiluokkien kasvuun. Tehokasta hoitokalastusta jatkettiin Enäjärvellä aina vuoteen 2001, jonka jälkeen kalastus- ja saalismäärät vähentyivät huomattavasti (Niinimäki 2011). Hoitokalastuksen vaikutuksesta uudet vuosiluokat ovat yleensä runsaita ja nopeakasvuisia (Karjalainen ym. 2023), mutta ainakin Poikkipuoliaisella näyttää siltä, että vuoteen 2021 mennessä hoitokalastus ei ole vaikuttanut merkittävästi lahnakantaan, etenkin nuoriin yksilöihin. Toisaalta lahnan kasvu voi hidastua ja keskipikoko pienentyä hoitokalastuksen seurauksena, kuten Lahden Vesijärvellä on käynyt (Toivonen 2013). Myöskään kalakuolemilla ei ole ollut merkittävää vaikutusta lahnojen kasvuun. Tarkempien ikäryhmäkohtaisten keskipituuksien ja iän arvioimiseksi Poikkipuoliaisen yksilöistä tulisi otoskoon olla reilusti suurempi ja yksilöitä olla lisää erityisesti vanhoista pituusluokista.

4.5 Kalojen sukukypsyysikä ja -koko

Poikkipuoliaisella koirassärki saavutti sukukypsyyden nuorempana kuin Enäjärvellä näytekalojen perusteella. Kirjallisuuden mukaan Suomessa koirassärki tulee sukukypsäksi 3-vuotiaana (Yrjölä ym. 2015), mutta Poikkipuoliaisella näytekaloista nuorin sukukypsä koiras oli jo 2-vuotias. Suomessa naarassärki saavuttaa sukukypsyyden tavallisesti 4-vuotiaana (Yrjölä ym. 2015), mutta Enäjärvellä nuorin näytekaloiksi saatu sukukypsä naarassärki oli vasta 3-vuotias. Poikkipuoliaisen näytekaloista naarassärjen havaittiin saavuttavan sukukypsyyden nuorimmillaan vasta 4-vuotiaana. Näytekaloista havaittujen sukukypsyysikäerö erot voivat johtua sattumasta; näytekaloiksi on voinut joutua mm. Poikkipuoliaisen naarassärjistä vasta 4-vuotiaat sukukypsät yksilöt, mutta toisaalta järvien välillä voi olla eroja sukukypsyyden saavuttamisessa. Eroja sukukypsyyksiän saavuttamisessa ei testattu tilastollisesti, sillä immatuureista näytekaloista ei tutkittu sukupuolta.

Nuorimmillaan koiraspasurin havaittiin tulevan sukukypsäksi vuotta nuorempina Poikkipuoliaisella kuin Enäjärvellä näytekalojen perusteella. Lahnoilla sukukypsien osuudessa oli tilastollisesti merkitsevä ero 10-vuotiaana. Näytekalojen perusteella Poikkipuoliaisen lahnat tulivat sukukypsiksi keskimäärin vuoden nuorempina kuin Enäjärvellä. Pienimmillään jo 30 cm pituiset koiras- ja naaraslahnat olivat sukukypsiä. Lahnojen sukukypsyyskoko oli samaa suuruusluokkaa kuin esim. Lohjanjärvellä (Salminen 1983). Poikkipuoliaisella eri lajien koiraiden havaittiin saavuttavan sukukypsyyden nuorempina kuin Enäjärvellä. Tähän voivat vaikuttaa mm. kalaston rakenne, vähäisempi kalatiheys, ravintotilanne sekä osittain erilliset populaatiot järvien välillä, mutta myös näytteiksi sattumalta valikoituneilla kaloilla voi olla vaikutusta. Ikä- ja kasvumäärityksistä saatuja tuloksia on tarkasteltava varauksella, sillä iänmääritystä vaikeuttavat valerenkaat voivat vaikuttaa tulokseen ± 1 vuodella. Kuitenkin hartianlukkoluusta tehty iänmääritys on suomusta tehtyä määritystä luotettavampi, erityisesti vanhempien yksilöiden kohdalla (Raitaniemi ym. 2000).

lännmäärityksestä saadut tulokset vaikuttavat myös eri lajeille saatuihin sukupuolikohtaisiin sukukypsyysikiin.

5 PÄÄTELMÄT

Tutkimuksen ja koekalastusten perusteella sekä Enäjärvellä, että Poikkipuoliaisella vallitsee runsaat ja hidaskasvuiset särki-, pasuri- ja lahnapopulaatiot. Aiempien hoitokalastusvuosien poistosaaliit ovat olleet niin vähäisiä, ettei niillä ole juurikaan ollut merkitystä isossa mittakaavassa särkikalojen määrään ja sitä kautta ravintoverkkoon. Kasvuerot kalojen ikäryhmäkohtaisissa keskipituuksissa vuosiluokittain olivat pieniä, mikä antaa viitteitä siitä, että vuoteen 2022 tehty biomanipulaatio on ollut tehotonta. Sen sijaan tehokalastuksella ja ylläpitävällä hoitokalastuksella on mahdollista kohentaa sisäisestä kuormituksesta kärsivän järven tilaa sekä kalaston rakennetta pidemmällä aikavälillä, mikäli myös ulkoista kuormitusta saadaan vähennettyä, jotta tehokalastuksesta saatu hyöty ei mene hukkaan. Mikäli ravinnekuormitusta ei saada vähennettyä reilusti, voi seurauksena olla särki- ja ahvenkantojen palautuminen entiselle tasolle muutaman vuoden jälkeen tehokalastuksen loppumisesta (Karjalainen ym. 2023). Ulkoisen kuormituksen vähentäminen onkin erityisen tärkeää, jotta saadaan vähennettyä järveen päätyviä ravinteita. Pellikka ym. (2020) mukaan Enäjärven ulkoista fosforikuormitusta tulisi vähentää vähintään 10 %, jotta päästäisiin alle kriittisen raja-arvon. Tällä hetkellä kunnostustoimia tehdään valuma-alueella ulkoisen kuormituksen vähentämiseksi.

Enäjärvellä aloitettiin vuonna 2022 kolmivuotinen tehokalastus osana kunnostushanketta, jonka poistotavoitteena per vuosi on vähintään 150 kg/ha. Tehokalastuksen jälkeen on tärkeää jatkaa ylläpitävää hoitokalastusta, jotta saavutetut hyödyt eivät mene hukkaan. Tämän takia vuosina 2022–2024 tehtävässä kunnostushankkeessa pyritään tehokalastuksen loputtua järjestämään jatkuva ylläpitävä hoitokalastus kunnan ja paikallisen suojeluyhdistyksen (LASY) perusrahoituksen turvin. Mikäli tehokalastuksella ei saavuteta tässä hankkeessa selviä positiivisia vedenlaatuvahteita, on hyvä perusteet olla jatkamatta hoitokalastusta. Jos tehokalastuksesta puolestaan saadaan positiivisia tuloksia järven vedenlaatuun liittyen, on biomanipulaatiota kannattavaa tehdä samanaikaisesti useammalla toisiinsa yhteydessä olevalla järvellä, sillä ravintokilpailun ja kalamäärän vähentyessä toisessa järvessä siirtyy sinne tiheämmän kalakannan omaavasta järvestä kaloja. Ikä- ja kokorakenteen muutoksia Poikkipuoliaisella ja Enäjärvellä on hyvä selvittää jatkossa, sillä tämänhetkisten hoito- ja tehokalastusten vaikutukset nähdään vasta myöhemmin vuosina.

KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajiani Jussi Vesteristä Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry:stä (LUVY) sekä Timo J. Marjomäkeä Jyväskylän yliopistosta arvokkaiden neuvojen antamisesta ja hyvästä ohjauksesta. Kiitokset LUVYlle mahdollisuudesta tehdä pro gradu -tutkielma osana vuosien 2021–2023 aikana toiminutta Länsi-Uudenmaan hoitokalastuksen tehostamishanketta. Suuret kiitokset myös Jari Raitaniemelle, joka antoi hyviä neuvoja koskien kalojen iän- ja kasvunmäärittystä sekä Tiina Tikkaselle, joka auttoi näytekalojen keruussa ja käsittelyssä iän- ja kasvunmäärittäysaineistoa varten sekä kalojen merkinnässä ja merkintä-takaisinpyynnissä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- Auvinen H. 1987. Growth, mortality and management of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.), vendace (*Coregonus albula* L.), roach (*Rutilus rutilus* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.) in Lake Pyhäjärvi (Karelia). *Finn. Fish. Res.* 8: 38–47.
- Bagenal T.B. & Tesch F.W. 1978. Age and growth. Teoksessa: Bagenal T.B. (toim.): *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Blackwell, Oxford, s. 101–136.
- Bernes C., Carpenter S.R., Gårdmark A., Larsson P., Persson L., Skov C., Speed J.D. & van Donk E. 2015. What is the influence of a reduction of planktivorous and benthivorous fish on water quality in temperate eutrophic lakes? A systematic review. *Environ. Evid.* 4: 7.
- Bolland J. D., Cowx I. G., & Lucas M. C. 2009. Evaluation of VIE and PIT tagging methods for juvenile cyprinid fishes. *J. Applied Ichthyology* 25: 381–386.
- Brodersen J., Hansen J.H. & Skov C. 2019. Partial nomadism in large-bodied bream (*Abramis brama*). *Ecol. Freshw. Fish* 28: 650–660.
- Brodersen J., Ådahl E., Brönmark C., & Hansson L.-A. 2008a. Ecosystem effects of partial fish migration in lakes. *Oikos* 117: 40–46.
- Brodersen J., Nilsson P.A., Hansson L.-A., Skov C. & Brönmark C. 2008b. Condition-dependent individual decision-making determines cyprinid partial migration. *Ecology* 89: 1195–1200.
- Brönmark C., Hulthén K., Nilsson P.A., Skov C., Hansson L.-A., Brodersen J. & Chapman B.B. 2014. There and back again: migration in freshwater fishes. *Can. J. Zool.* 92: 467–479.
- Daniels R. A., Morse R. S., Sutherland J. W., Bombard R. T., & Boylen C. W. 2008. Fish movement among lakes: Are lakes isolated. *Northeastern Naturalist* 15: 577–588.
- Hansson L.-A., Annadotter H., Bergman E., Hamrin S.F., Jeppesen E., Kairesalo T., Luokkanen E., Nilsson P.Å., Søndergaard M. & Strand J. 1998. Biomaniipulation as an application of food-chain theory: constraints, synthesis, and recommendations for temperate lakes. *Ecosystems* 1: 558–574.
- Hayden B., Myllykangas J.-P., Rolls R.J. & Kahilainen K.K. 2017. Climate and productivity shape fish and invertebrate community structure in subarctic lakes. *Freshw. Biol.* 62: 990–1003.
- Hellawell J. M. 1972. The growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* (L.), of the River Lugg, Herefordshire. *J. Fish Biology* 4: 469–486.

- Helminen H., Karjalainen J., Kurkilahti M., Rask M. & Sarvala J. 2000. Eutrophication and fish biodiversity in Finnish lakes. *SIL Proceedings, 1922-2010* 27: 194–199.
- Horppila J. & Kairesalo T. 1990. A fading recovery: the role of roach (*Rutilus rutilus* L.) in maintaining high algal productivity and biomass in Lake Vesijärvi, southern Finland. *Hydrobiologia* 200/201: 153–165.
- Horppila J. & Kairesalo T. 1992. Impacts of bleak (*Alburnus alburnus*) and roach (*Rutilus rutilus*) on water quality, sedimentation and internal nutrient loading. *Hydrobiologia* 243/244: 323–331.
- Horppila J. 1994. The diet and growth of roach (*Rutilus rutilus* (L.)) in Lake Vesijärvi and possible changes in the course of biomanipulation. *Hydrobiologia* 294: 35–41.
- Horppila J. & Peltonen H. 1994. The fate of a roach (*Rutilus rutilus*) stock under an extremely strong fishing pressure and its predicted development after the cessation of mass removal. *J. Fish Biol.* 45: 777–786.
- Horppila J., Malinen T., Nyberg K., Peltonen H. & Ruuhijärvi J. 1997. Kalakantojen pysyvyys viisivuotisen koekalastuksen jälkeen. Maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimushanke 309972717. Loppuraportti. Helsingin yliopiston limnologian ja ympäristösuojelun laitos.
- Jeppesen E., Jensen J.P., Søndergaard M., Lauridsen T. & Landkildehus F. 2000. Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient: A detailed study of Danish lakes along a phosphorus gradient. *Freshw. Biol.* 45: 201–218.
- Karjalainen J., Keskinen T., Ruokonen T. & Marjomäki T. 2023. Roach and perch stocks recovered rapidly from 3-year removal fishing: long-term multi-mesh gill net monitoring in small humic lakes. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja. 1/2023. Jyväskylän yliopisto.
- Koli L. Suomen kalat. 1990. WSOY. Helsinki.
- Kotakorpi M. & Lönnfors K. 2019. Kalamerkinnot Vesijärvellä 2016–2018. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö.
- L'Abée-Lund J.H. & Vøllestad L.A. 1987. Feeding migration of roach, *Rutilus rutilus* (L.), in Lake Arungen, Norway. *J. Fish Biol.* 30: 349–355.
- L'Abée-Lund J.H. & Vøllestad L.A. 1985. Homing precision of roach *Rutilus rutilus* in Lake Arungen, Norway. *Environ. Biol. Fish.* 13: 235–239.
- Lappalainen A., Rask M., Koponen H. & Vesala S. 2001. Relative abundance, diet and growth of perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) at Tvärminne, northern Baltic Sea, in 1975 and 1997: responses to eutrophication? *Boreal Environ. Res.* 6: 107–118.

- Leminen M. 2008. Tehokalastuksen vaikutus Jyväsjärven ahven-, särki- ja lahnopopulaatioihin. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Pro gradu -tutkielma, 41 s.
- Lempinen P. 1998. Vihdin Enäjärven kunnostus: Raportti vuosien 1993–1997 toimenpiteistä ja tutkimuksista. Uudenmaan ympäristökeskus.
- Lilja J., Keskinen T., Marjomäki T. J., Valkeajärvi P. & Karjalainen J. 2003. Upstream migration activity of cyprinids and percids in a channel, monitored by a horizontal split-beam echosounder. *Aquat. Living Resour.* 16: 185–190.
- Loman K. (toim.). 2014. Hoitokalastuksen kokemuksia, käytäntöjä ja tuloksia eräiltä suomalaisilta ja ruotsalaisilta järviltä. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö. 102 s. Saatavissa: https://www.hoitokalastus.fi/wp-content/uploads/2020/01/hyvien_kaytantajen_opas_1.0..pdf
- Malinen T. & Vinni M. 2020. Vähä-Tiilijärven särjen kasvu sekä särjen ja ahvenen ravinto kesällä 2020. (In Finnish). University of Helsinki. A study report. 8 s. Saatavissa: <https://www.vesijarvi.fi/wp-content/uploads/Sarjenkasvututkimus-ravinnonkaytto-1.pdf>
- Mattila J. & Bonsdorff E. 1998. A quantitative estimation of fish predation on shallow soft bottom benthos in SW Finland. *Kieler Meeresforsch. Sonderh.* 6: 111–125.
- Miettinen A. 2019. *Poikkipuoliaisen veden laatu 28.8.2013 -kalakuolemaan vaikuttavista tekijöistä*. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti 2019.
- Monastyrsky G.N. 1930. Methods of determining the growth of fish in length by their scales. *Trudy nauch. ryb Khozy.* 5: 5–44. ref. Ricker 1975.
- Niinimäki J. 2011: *Poikkipuoliaisen, Tervalammen ja Huhmarjärven kunnostussuunnitelma*. - PoTeHu ry – Poikkipuoliaisen, Tervalammen ja Huhmarjärven vesien-suojeluyhdistys. 68 s.
- Olin M. & Rask M. (toim.) 2000. Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurinon kalatutkimuksia vuosina 1996–1999. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. *Kala- ja riistaraportteja* 184: 64–69.
- Olin M., Rask M., Ruuhijärvi J., Kurkilahti M., Ala-Opas P. & Ylönen O. 2002: Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. *J. Fish Biol.* 60: 593–612.
- Olin M., Rask M., Ruuhijärvi J., Keskitalo J., Horppila J., Tallberg P., Taponen T., Lehtovaara A. & Sammalkorpi I. 2006. Effects of biomanipulation on fish and plankton communities in ten eutrophic lakes of southern Finland. *Hydrobiologia* 553: 67–88.
- Pellikka K., Sammalkorpi I., Miettinen A. & Valjus J. 2020. *Vihdin Enäjärven kunnostussuunnitelma*. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry.

- Pellikka K., Valjus, J., Mettinen, A., Lukka L. & Vesterinen J. 2021. *Vihdin Poikkipuolisen, Tervalammen ja Huhmarjärven kunnostussuunnitelma*. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry.
- Persson L. 1983a. Food consumption and the significance of detritus and algae to intraspecific competition in roach (*Rutilus rutilus*) in a shallow eutrophic lake. *Oikos* 41: 118–125.
- Persson L. 1983b. Effects of intra- and interspecific competition on dynamics and structure of a perch (*Perca fluviatilis*) and a roach (*Rutilus rutilus*) population. *Oikos* 41: 197–207.
- Persson L., Diehl S., Johansson L., Andersson G. & Hamrin S. 1991. Shifts in fish communities along the productivity gradient of temperate lakes – patterns and the importance of size- structured interactions. *J. Fish Biol.* 38: 281–293.
- Pohjola J.-P. 2010. Vimpan päälle: raportti Vantaanjokeen nousevien kalojen ylisiirtoprosjektista vuonna 2009. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu, 59 s.
- Raitaniemi J., Nyberg K. & Torvi I. 2000. *Kalojen iän ja kasvun määrittäminen*, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.
- Sairanen S. 2006. Pääjärven kalayhteisön rakenne sekä ahvenen (*Perca fluviatilis*), särjen (*Rutilus rutilus*) ja kuhan (*Sander lucioperca*) kasvu. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Pro gradu -tutkielma, 36 s.
- Salminen M. 1983. Lahnan kasvusta ja lisääntymisbiologiasta Lohjanjärvestä (V) ja Keurusselässä (PH). Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta, Pro gradu -tutkielma, 61 s.
- Salonen V. & Varjo E. 2000. Gypsum treatment as a restoration method for sediments of eutrophied lakes - experiments from southern Finland. *Environ. Geol.* 39: 353–359.
- Salonen V., Alhonen P., Itkonen A. & Olander H. 1993. The trophic history of Enäjärvi, SW Finland, with special reference to its restoration problems. *Hydrobiologia* 268: 147–162.
- Skov C., Hansen J.H., Baktoft H., Brodersen J., Brönmark C., Hansson L.-A. & Nilsson P.A. 2018. Biomanipulating streams: a supplementary tool in lake restoration. *Hydrobiologia* 829: 205–216.
- Skov C., Baktoft H., Brodersen J., Bronmark C., Chapman B.B., Hansson L.-A. & Nilsson P.A. 2011. Sizing up your enemy: individual predation vulnerability predicts migratory probability. *Proc. R. Soc. B.* 278: 1414–1418.
- Skov C., Aarestrup K., Baktoft H., Brodersen J., Brönmark C., Hansson L.-A. & Nilsson P.A. 2010. Influences of environmental cues, migration history, and habitat familiarity on partial migration. *Behav. Ecol.* 21: 1140–1146.

- Skov C., Brodersen J., Nilsson P.A., Hansson L.-A. & Brönmark C. 2008. Inter- and size-specific patterns of fish seasonal migration between a shallow lake and its streams. *Ecol. Freshw. Fish* 17: 406–415.
- Søndergaard M., Liboriussen L., Pedersen A.R. & Jeppesen E. 2008. Lake Restoration by Fish Removal: Short- and Long-Term Effects in 36 Danish Lakes. *Ecosystems* 11: 1291–1305.
- Tammi J., Lappalainen A., Mannio J., Rask M. & Vuorenmaa J. 1997. Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa. Otantaan perustuva järvikartoitus. Riista ja kalatalouden tutkimuslaitos. *Kalatumkimuksia* 132: 12–31.
- Toivonen A. 2013. Lahnan kasvu Lahden Vesijärvellä. Turun ammattikorkeakoulu, Kala- ja ympäristötalouden koulutusohjelma, opinnäytetyö, 29 s.
- Tossavainen T. 2023. Rautjärven Purnujärven kalastorakenne loppukesällä 2022 ja kalastonhoidon suositukset. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja. Raportteja, C: 104. Saatavissa: <https://www.karelia.fi/julkaisut-c-sarja/>
- Valjus J. 2019a. *Enäjärven verkkokoekalastus 2019 - HOLA LAKE Länsi-Uusimaa -hanke*. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti 816/2019: 9 s.
- Valjus J. 2019b: *Poikkipuoliaisen verkkokoekalastus 2019*. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti 812/2019: 8 s.
- Veneranta L., Olin M. & Harjunpää H. 2020. Ahventen pyynti- ja syönnösalueet Merenkurkussa T-annkurimerkinnän perusteella. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2020. Luonnonvarakerkus. Helsinki. 20 s.
- Vinni M., Horppila J., Olin M., Ruuhijärvi J. & Nyberg K. 2000. The food, growth and abundance of five co-existing cyprinids in lake basins of different morphology and water quality. *Aquat. Ecol.* 34: 421–431.
- Vøllestad L.A. & L'Abée-Lund J.H. 1987. Reproductive biology of stream-spawning roach (*Rutilus rutilus*). *Environ. Biol. Fishes* 18: 219–227.
- Yrjölä S., Lehtonen, H. & Nyberg, K. 2015. *Suomen kalat*. Helsinki: Nemo.

LIITE 1. SÄRJEN TAKAUTUVASTI LASKETTUIHIN IKÄRYHMÄKOHTAIIN KESKIAARVOIHIN SOVITETTUIHIN VON BERTALANFFYN KASVUYHTÄLÖIDEN PARAMETRIEN ESTIMAATIT JA NIIDEN 95 % LUOTTAMUSVÄLIT ENÄJÄRVELLÄ JA POIKKIPUOLIAISELLA. 95 % LUOTTAMUSVÄLIT SULKEISSA.

Laji	Järvi	Lmax (mm)	K	t0
Särki	Enäjärvi	555,1 (327,816; 782,334)	0,030 (0,013; 0,047)	-2,915 (-3,633; -2,197)
	Poikkipuoliainen	315,3 (279,025; 351,545)	0,062 (0,049; 0,076)	-2,507 (-2,991; -2,024)
Pasuri	Enäjärvi	332,4 (278,741; 386,065)	0,068 (0,047; 0,088)	-1,400 (-2,017; -0,782)
	Poikkipuoliainen	1324,5 (-2130,410; 4779,322)	0,011 (-0,021; 0,042)	-3,240 (-4,827; -1,653)
Lahna	Enäjärvi	642,2 (623,294; 661,089)	0,066 (0,062; 0,070)	-0,320 (-0,465; -0,175)
	Poikkipuoliainen	1350,2 (952,046; 1748,425)	0,024 (0,015; 0,033)	-0,897 (-1,239; -0,555)

**LIITE 2. ENÄJÄRVEN VUODEN 2022 NÄYTESÄRJISTÄ
TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. SÄRKIEN (N = 142) MÄÄRÄT JA
PROSENTTIOSUUEDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUSLUO-
KISSA.**

Pituusluokka (cm)	n	% -osuus/ikäryhmä														
		0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+
4	1	100														
5	2		100													
6	5			100												
7	11			91	9											
8	8			13	88											
9	4				100											
10	10				90	10										
11	10				20	50	30									
12	4						100									
13	10						20	80								
14	10								60	40						
15	10								20	40	10	30				
16	10									10	30	30	30			
17	10									10	20	20	10	40		
18	9									11		22	22	44		
19	9										22	22	33		22	
20	4											50	25		25	
21	5											20	20	40	20	
22	7												43	29		29
23	3													33		33

LIITE 3. POIKKIPUOLIAISEN VUODEN 2022 NÄYTESÄRJISTÄ TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. SÄRKIEN (N = 112) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUEDET IKÄRYHMITTÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.

Pituusluokka (cm)	n	%osuus/ikäryhmä														
		1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+
6	4	75	25													
7	6		100													
8	1		100													
9	6		33	67												
10	6			50	33	17										
11	5				60	40										
12	10				10	50	20	20								
13	10						20	70		10						
14	10						10	20	40	20	10					
15	10							20	30	20	30					
16	10								20	30	40	10				
17	10										10	60	20	10		
18	10									10	70	10	10			
19	9										11	33	44		11	
20	2													100		
21	3											33				67

**LIITE 4. ENÄJÄRVEN VUODEN 2022 NÄYTEPASUREISTA
TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. PASURIEN (N = 99) MÄÄRÄT
JA PROSENTTIOSUUEDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUS-
LUOKISSA.**

Pituusluokka (cm)	n	%osuus/ikäryhmä															
		1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	16+
5	1	100															
6	1	100															
7	12		67	33													
8	2		100														
9	5			60	40												
10	6				33	67											
11	3				33	67											
12	6					33	67										
13	6						67	33									
14	6						50	50									
15	8							13	38	50							
16	6								33	67							
17	7									43	14	43					
18	6									33	33	33					
19	6										50	17	33				
20	6										17	17	33	17	17		
21	3											33	67				
22	4												25	25	50		
23	3										33			33			33
24	2										50	50					

**LIITE 5. POIKKIPUOLIAISEN VUODEN 2022 NÄYTEPASU-
REISTA TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. PASURIEN (N = 89)
MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUEDET IKÄRYHMITÄIN ERI
PITUUSLUOKISSA.**

Pituusluokka (cm)	n	%osuus/ikäryhmä													
		1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+
5	1	100													
6	1	100													
7	4		50	50											
8	11		9	45	45										
9	9			11	89										
10	7				14	57	29								
11	10					30	70								
12	8					13	88								
13	2						50	50							
14	5							40	20	40					
15	7								14	14	71				
16	6								17	33	50				
17	7								14		43	43			
18	4									50		25	25		
19	2										50		50		
20	1											100			
21	2										50		50		
22	1											100			
23	0														
24	1														100

LIITE 6. ENÄJÄRVEN VUODEN 2022 NÄYTELAHNOISTA TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. LAHNOJEN (N = 306) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUEDET IKÄRYHMITTÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.

Pituus- luokka (cm)	n	%osuus/ikäryhmä																					
		1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	16+	17+	18+	19+	20+	21+	22+
7	1	100																					
8	8		100																				
9	2			100																			
10	2				100																		
11	2			50	50																		
12	10					100																	
13	10						100																
14	11				27	73																	
15	2							100															
16	5					40	60																
17	12					17	67	17															
18	10						40	60															
19	10						10	90															
20	12						8	42	50														
21	10							40	60														
22	6								100														
23	5							80	20														
24	13							31	69														
25	9								11	44	44												
26	12								42	33	25												
27	8								13	63	25												
28	9								11	22	44	11		11									
29	7									29	43		14		14								
30	13							8	8	23	15	46											
31	8										38		63										
32	5											80		20									
33	8										25	50	13	13									
34	6										33		50	17									
35	7										57	14	29										
36	6										17		50	33									
37	9											33	11	11	22	22							
38	5											60		20		20							
39	5											40	40	20									
40	4													75	25								
41	2														50	50							
42	7												14	29	14	29				14			
43	7													14				29	43			14	
44	7													14		14	14	14	14			29	
45	7														14	14	14	14	14	29			14
46	7																14	43	14	29			
47	3															33						67	
48	8															25			13	13	25	25	
49	2																50						50
50	4																						50

LIITE 7. POIKKIPUOLIAISEN VUODEN 2022 NÄYTELAHNOISTA TEHTY IKÄ-PITUUS-AVAIN. LAHNOJEN (N = 107) MÄÄRÄT JA PROSENTTIOSUUEDET IKÄRYHMITÄIN ERI PITUUSLUOKISSA.

Pituusluokka (cm)	n	% -osuus/ikäryhmä																
		1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+	14+	15+	16+	17+
14	1				100													
15	0																	
16	0																	
17	0																	
18	4						100											
19	4						100											
20	7						43	57										
21	3						33	67										
22	4						25	25	50									
23	6							33	67									
24	5								100									
25	4								25		50	25						
26	4								75	25								
27	3									33	33	33						
28	4									50	50							
29	1									100								
30	0																	
31	3								67		33							
32	4										75	25						
33	2									50	50							
34	1									100								
35	4									50	50							
36	3									100								
37	3									100								
38	4												50			50		
39	6									33			33	17	17			
40	4											25		25	50			
41	4										50		25	25				
42	6												50	33			17	
43	2														100			
44	1													100				
45	0																	
46	2															100		
47	1																100	
48	1																	100