

Kuhakantojen geneettinen rakenne Pirkanmaan järvissä

Kuhaistutusten vaikutus geneettisen tutkimuksen perusteella



Ismo Kolari, Marja-Liisa Koljonen ja Pirjo Tanhuanpää 2019



Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja nro 67.

Kuhakantojen geneettinen rakenne Pirkanmaan järvissä

Ismo Kolari, Pirkanmaan Kalatalouskeskus

Marja-Liisa Koljonen, Luonnonvarakeskus

Pirjo Tanhuanpää, Luonnonvarakeskus

Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja nro 67.

ISBN 978-952-9856-59-6

ISSN 0789-9750

Tampere 2019

Pirkanmaan Kalatalouskeskus ry

Viinikankatu 55

33800 Tampere

www.kalatalo.fi

Kansi: Pirkanmaan järvien kuhakannat poikkeavat geneettisesti toisistaan. Kuva Ismo Kolari.

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| Tiivistelmä | 4 |
| 1. Johdanto..... | 5 |
| 2. Tavoitteet | 7 |
| 3. Vesistöt ja näytteet | 8 |
| 4. DNA-analyysit | 10 |
| 5. Tilastolliset menetelmät..... | 10 |
| 6. Tulokset..... | 11 |
| 6.1. Kuhapopulaatioiden sisäisen diversiteetin määrä | 11 |
| 6.2. Kuhapopulaatioiden välisen diversiteetin määrä | 13 |
| 6.3. Sukupuuanalyysi..... | 14 |
| 6.4. Yksilöntunnistusanalyysit | 17 |
| 6.5. Kuhakantojen alkuperäanalyysi..... | 18 |
| 6.6. Kuhien sukukypsyys..... | 20 |
| 6.7. Kuhien kasvu..... | 22 |
| 6.8. Kuhien kuntokerroin..... | 25 |
| 6.9. Kuhavuosisluokat | 27 |
| 6.10. Kesänvanhojen kuhien istutusten vaikutus | 27 |
| 6.11. 1900-luvun mäti-istutusten vaikutus..... | 29 |
| 7. Pohdinta | 31 |
| 7.1. Kuhakantojen geneettinen rakenne | 31 |
| 7.2. Pyhäjärven kuhakanta | 32 |
| 7.3. Kuhien kasvu, kunto ja sukukypsyys | 33 |
| 7.4. Istutukset ja luontainen lisääntyminen..... | 33 |
| 8. Suosituksia..... | 36 |
| Lähteet | 37 |
| Liitteet..... | 40 |

Tiivistelmä

Kahdeksalla Pirkanmaan järvellä selvitetiin kuhakantojen geneettistä monimuotoisuutta ja kantojen välisiä eroja mikrosatelliitti-DNA-analyysillä. Aineistona käytettiin pääasiassa suomunäytteitä vuosilta 2015–2016, jotka oli kerätty aiemmassa selvityksessä kuhakantojen lisääntymisestä ja -koosta (Kolari ja Westermarck 2017). Pyhäjärven Hahkalanvuolteen kuhakannan vertailuaineisto koostui rysillä mädinhankintaa varten pyydystettyjen emokuhien suomunäytteistä vuosilta 1996–1997 ja 2018. Aineistona oli myös mukana Näsijärven Näsinselältä aiemman erillisselvityksen yhteydessä vuonna 2017 analysoidut näytteet. Aineistossa oli kaikkiaan 1 218 kuhanäytettä.

Hahkalanvuolteen istutetun kuhakannan ohella vertailuaineistona käytettiin Lohjanjärveltä, Vanajanselältä ja Saaristomereltä aiemmin analysoituja näytteitä.

Eri pinnan tasossa olevilla järvillä kuhakannat erosivat toisistaan tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Selvimmin muista vesistöistä erottui Mouhijärven kanta. Näsijärven Koljonselän ja Näsiselän kuhanäytteet eivät erottuneet lainkaan toisistaan, kuten eivät myöskään vierekkäisten samassa pinnan tasossa olevien järvi-altaiden Roineen ja Mallasveden kuhanäytteet. Pyhäjärven kolmen eri osa-alueen näytteet olivat geneettisesti hyvin samanlaisia. Kuhapopulaatioiden sisäinen geneettinen monimuotoisuus oli suhteellisen hyvällä tasolla.

Saalisnäytteiden alkuperäanalyyysissä järvien omiin kuhakantoihin luokittui kaikilla järvillä vähintään puolet saalisnäytteistä. Mouhijärvellä, Pyhäjärvellä ja Roineella yli 70 % kuhista oli peräisin oman järven kuhakannasta. Kesänvanhojen kuhien istutuksissa Pirkanmaalla eniten käytetty Hahkalanvuolteen kuha oli yleisin näytteissä esiintynyt vieras kanta.

Vieraiden kantojen kuhat kasvoivat keskimäärin samaa vauhtia kuin järvien omien kantojen kuhat. Kasvunopeuteen vaikutti enemmänkin elinympäristö ja ravintotilanne kuin kuhakanta. Kyrösjärvellä oman kannan kuhien kuntokerroin oli kuitenkin keskimäärin suurempi, eli niillä painon kertyminen oli nopeampaa kuin samassa vesistöissä elävien vieraiden kantojen kuhilla.

Pyhäjärven pohjoisosassa muihin kuin oman järven kuhakantoihin luokittuneiden 7-vuotiaiden kuhien joukossa oli poikkeuksellisen paljon yksilöitä, jotka eivät olleet sukukypsiä. Kyrösjärvellä 5–6-vuotiaiden oman kannan yksilöiden sukukypsyyssaste oli korkeampi kuin muiden kantojen samanikäisillä kuhilla. Muilla järvillä sukukypsyyden saavuttamisessa ei havaittu merkittäviä eroja oman ja vieraiden kantojen välillä.

Kesänvanhojen kuhien istutusten vaikutusta on havaittavissa kuhakantojen perimässä ja kuhakannat ovat nykyisin osittain sekoittuneet. Myös 1900-luvun mäti- ja emokalaistutukset ovat luultavasti vaikuttaneet kuhakantojen nykyiseen geneettiseen rakenteeseen. Pyhäjärven Hahkalanvuolteen vahva kuhakanta näyttäisi pysyneen 1980-luvulta 2010-luvulle perimältään melko muuttumattomana reittiveteen tehdyistä massaistutuksista huolimatta. Istutusten merkitystä on yliarvioitu kuhakantojen elpymisen vaikuttavana tekijänä. Istutusten geneettinen vaikutus oli selvimmin nähtävissä Näsijärvellä ja Kyrösjärvellä, joiden kuhakannat romahtivat 1960- ja 1980-lukujen välisenä aikana. Kuitenkin myös näillä järvillä järven oman kannan kuhat olivat edelleen yleisimpiä saaliskaloja.

Pirkanmaan järvien kuhasaaliit ovat jo pitkään perustuneet pääasiassa luonnolliseen lisääntymiseen, joka on tehostunut entisestään 2010-luvulla lämpimien kesien ansiosta. Istutusten jatkaminen ei ole ekologisesti ja taloudellisesti järkevää nykytilanteessa, kun kuhakannat ovat vahvat ja luonnollinen lisääntyminen toimii. Istutusten haittavaikutuksia ovat geneettisen monimuotoisuuden aleneminen, luonnontilaisten kantojen sekoittuminen ja ravintokilpailun lisääntyminen luonnostaan tiheissä kuhakannoissa. Tämän lisäksi istutuksiin käytetyt varat menevät hukkaan. Tulevissa kalatalousalueiden käyttö- ja hoitosuunnitelmissa tulisi kuhaistutuksia välttää luontaisilla kuhavesillä.

1. Johdanto

Kuha on merkittävin saalislaji sekä vapaa-ajankalastuksessa että kaupallisessa kalastuksessa useimmilla Pirkanmaan isoilla järvillä. Tämän vuoksi kuha on ollut kalastuksen järjestämisen ja kalavesien hoidon kannalta keskeisessä asemassa. Kuhaa esiintyy maakunnan vesistöissä sekä alkuperäisinä luontaisina kantoina että istutusten avulla kotiutettuina populaatioina, jotka nykyään myös lisääntyvät luonnollisesti. Kuhan tuki-istutuksia on tehty pitkään myös sellaisiin vesistöihin, jotka tunnetaan perinteisesti hyvinä luontaisina kuhavesinä.

Kuhanviljelyllä ja -istutuksilla on Pirkanmaan alueella pitkä historia. 1920-luvulla käynnistyivät laajamittaiset kuhan mäti-istutukset alueen järvillä. Hämeen-Satakunnan maanviljelysseuran pitkäaikainen kalatalousneuvoja Toivo Hakola oli valtakunnallinen kuhanviljelyn ja istutusten uranuurtaja, jonka laatima opas ”Kuhanviljely” julkaistiin Suomen Kalastusyhdistyksen julkaisusarjassa vuonna 1930. Kututuroihin kiinnittynyttä hedelmöittynyttä kuhan mätiä istutettiin vuosikymmenien ajan mm. Längelmäveen, Näsijärveen, Mallasveeten, Roineeseen sekä muihin alueen vesistöihin. Istutuksia tehtiin 1900-luvulla myös siirtämällä emokuhia alueen järvistä toisiin. Pyhäjärven Hahkalanvuolteen ohella Kulovesi oli merkittävä emokuhien ja mädin hankintapaikka. Lisäksi siirtoistutuksiin käytettiin erityisesti 1960–1980-luvuilla merialueelta Turun saaristosta pyydystettyjä kuhia 1950-luvulla alkaneen järviolueen kuhakantojen taantuman ja istukasmateriaalin saatavuuden heikentymisen vuoksi. Jatkokasvatettuja kesänvanhoja kuhanpoikasia istutettiin Pirkanmaalla pieniä määriä 1920–1970-luvuilla. Varsinaiset massaistutukset käynnistyivät 1980-luvulla, laajassa mittakaavassa sen loppupuolella oman maakunnan luonnonravintolammikkoviljelyn laajenemisen myötä. (Hakola 1930, Anon. 1954, Hakola ja Juvonen 1964, Kolari 2015).

Kuten koko maassa, myös Pirkanmaalla kesänvanhojen kuhien istutuksiin on käytetty merkittävässä määrin vain muutamaa kuhakantaa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos tuotti valtaosan vastakuoriutuneista kuhanpoikasista viljelyn lähtömateriaaliksi 1980-luvulla. Poikastuotantoon käytettiin Averiajärven ja Vanajaveden kantoja (Ruuhijärvi ja Salminen 1992). Vastakuoriutuneiden poikasten tuotanto alkoi siirtyä yksityisten tuottajien vastuulle 1990-luvun alkupuolelta lähtien. Tämän jälkeen Pirkanmaan istutuksiin on käytetty runsaimmin Pyhäjärven kuhakannan istukkaita, jotka ovat olleet peräisin Lempäälän Hahkalanvuolteen mädinhankintapyyntistä. Painionjärven ja Lohjanjärven kannan istukkaita on tuotu alueen vesiin kohtalaisen paljon. Painion kuhakanta on alun perin Lohjanjärvestä kotiutettu (Halme 1962), ja myös Averian kanta lienee lähtöisin Lohjanjärvestä tai Hiidenvedestä. Mikrosatelliitti-DNA-analyysin perusteella Lohjanjärven, Averian ja Painion kannat ryhmittäytyvätkin geneettisesti hyvin lähelle toisiaan (Säisä ym. 2008). Lisäksi Pirkanmaalle on istutettu vähäisempiä määriä Näsijärven, Kymijoen vesistöalueen Lanneveden ja Päijänteen sekä eräiden muiden kantojen kuhia. Pirkanmaalla harjoitettavassa kuhan mädinhankinnassa painopiste alkoi siirtyä 2010-luvun puolivälissä Hahkalanvuolteelta Längelmäveden Enonselälle.

Kuhakantojen ja kuhaistutusten osalta perinnölliseen monimuotoisuuteen ja alkuperäisten kantojen suojeluun on kiinnitetty varsin vähän huomiota. Kuhakantojen välillä voi olla merkittäviä perinnöllisiä eroja myös paikallisiin oloihin sopeutumisen kautta kehittyneissä ja lisääntymismenestyksen kannalta tärkeissä kvantitatiivisissa ominaisuuksissa, kuten kasvussa, sukukypsyydessä ja kudun ajoittumisessa. Vierasperäisten kuhien laaja istuttaminen on vaarantanut alkuperäisten, luonnonvaraisten kuhakantojen perinnöllisen monimuotoisuuden. (Säisä ym. 2008, 2010)

Vaikka kuha on Pirkanmaalla kalastuksen ehdoton päälaji, kuhakantojen geneettisiä selvityksiä ei ole tehty aiemmin tämän alueen vesistöissä, lukuun ottamatta Pirkanmaan ja Kanta-Hämeen rajalla sijaitsevaa Vanajanselkää (Säisä ym. 2008) ja Näsijärven Näsiselkää (Koskiniemi ja Koljonen 2017, Kolari 2018a).

Pyhäjärvellä tehtiin 1990-luvun lopulla mädinhankintaa varten pyydystettyjen kuhien Carlin-merkintätutkimus, jossa todennettiin Pyhäjärven Hahkalanvuolletta kutualueenaan käyttävän populaation laajat vaellukset Pyhäjärvellä (Kolari 1999). Kuhat levittäytyivät kudun jälkeen pääasiassa vesireittiä alavirtaan. Viidennes merkkipalautuksista saatiin kutualueelta noin 15–20 km päässä sijaitsevalta Sorvanselältä, jonne osa kuhista siirtyi kasvukauden aikaan ja osa viimeistään talvehtimaan. Pyhäjärven kuhakannassa Hahkalanvuolletta kutupaikkanaan ja Sorvanselkää talvehtimisalueenaan käyttävät kuhat kuuluvat näin ollen yhteen ja samaan osakantaan. Pyhäjärven pohjoisosasta merkkipalautuksia saatiin vähän, ja vain yksi merkkikuha kalastettiin yläpuoliselta Vanajanselältä saakka.

Vuosina 2014–2017 läpiviedyssä Kuhan sukukypsyyksiä ja -koon selvittämishankkeessa havaittiin, että Pirkanmaan järvissä kuhan lisääntymisikä ja -koko sekä kuhien kasvunopeus vaihtelevat merkittävästi eri järvien välillä. Mm. sellaisissa järvissä, joihin on vuosikausia istutettu pääasiassa Pyhäjärven Hahkalanvuolteelta hankitusta kuhanmädistä tuotettuja istukkaita, kuhat kasvoivat joko merkittävästi hitaammin tai nopeammin kuin Pyhäjärven Sorvanselän kuhat. Pääosin juuri tästä syystä kuhat tulivat eri kokoisina ja ikäisinä sukukypsiksi (Kolari ja Westermarck 2017).

Koska tiedossa ei ole, miten istukkaat ovat menestyneet eri järvissä ja millaisen osan kuhakantaa ne kullakin järvellä muodostavat, mahdollisia geneettisten tai vesistövaikutuksien osuutta kuhien kasvuun ja sukukypsyyteen ei voida tietää ilman geneettisiä selvityksiä. Erityisesti Kyrösjärven kalastajat ovat esittäneet epäilyjä, että järven alkuperäistä kantaa olevat kuhat kasvaisivat nopeammin ja olisivat tukevakuontoisempia kuin istukkaat.

Kuha on ollut planktonsiian ohella määrällisesti merkittävin istutuksiin käytetty kalalaji Pirkanmaalla 1980-luvun loppupuolelta 2010-luvulle. Runsaita yksikesäisten kuhanpoikasten istutuksia on tehty kaikkiin reittivesiin ja myös moniin keskikokoisiin ja pieniin vesistöihin. Istutusten rahallinen arvo on ollut suuri; toimintaan on käytetty Pirkanmaalla viimeisten 30 vuoden aikana useita miljoonia euroja. Yksistään vuosina 2005–2014 Kuhan sukukypsyyksiä ja -koon selvittämishankkeessa mukana olleisiin 12 järveen istutettiin yhteensä noin 3,5 miljoonaa kesänvanhaa kuhanpoikasta yhteisarvoltaan noin miljoona euroa. 1980-luvun lopulla ja 1990-luvulla kuhaistutukset olivat suurimmillaan isojen istutusvelvoitteiden takia.

Näytöt istutusten tuloksellisuudesta luontaisissa kuhavesissä ovat olleet puutteellisia, koska istutusten vaikutusta on ollut vaikea erottaa luonnollisen lisääntymisen tuotosta. Pirkanmaan järvien kuhaistutusten tuloksellisuutta on seurattu mm. istutus- ja saalistilastoja vertaamalla. Pyhäjärvellä ja Kulo-Rautavedellä saaliskehityksen havaittiin olleen epätydyttävä ensimmäisten massaistutusvuosien jälkeen, sillä kuhasaaliit kääntyivät laskuun (Kolari 1998). Pyhäjärvellä vuosituhannen vaihteessa toteutettu kuhaistukkaiden polttomerkintä- ja nuottaustutkimus paljasti, että istukkaiden määrä oli mitätön suhteessa luonnossa syntyneiden poikasten määrään (Karjalainen 2000, Kolari 2001). Tämän jälkeen kuhaistutukset lopetettiin kokonaan Pyhäjärven pohjoisosassa. Mittavat taloudelliset panostukset eivät olleet tuottaneet toivottua tulosta.

2010-luvulla kuhasaaliit ovat edelleen kasvaneet ja kuhaistutuksia on vähennetty monin paikoin. Istutuksissa on pidetty myös välivuotia luonnollisen lisääntymisen merkityksen selvittämiseksi. Näsijärvellä vuosien 2001–2002 istutustauon aikaan luonnossa syntyneiden kuhien osuus oli huomattava 2000-luvun

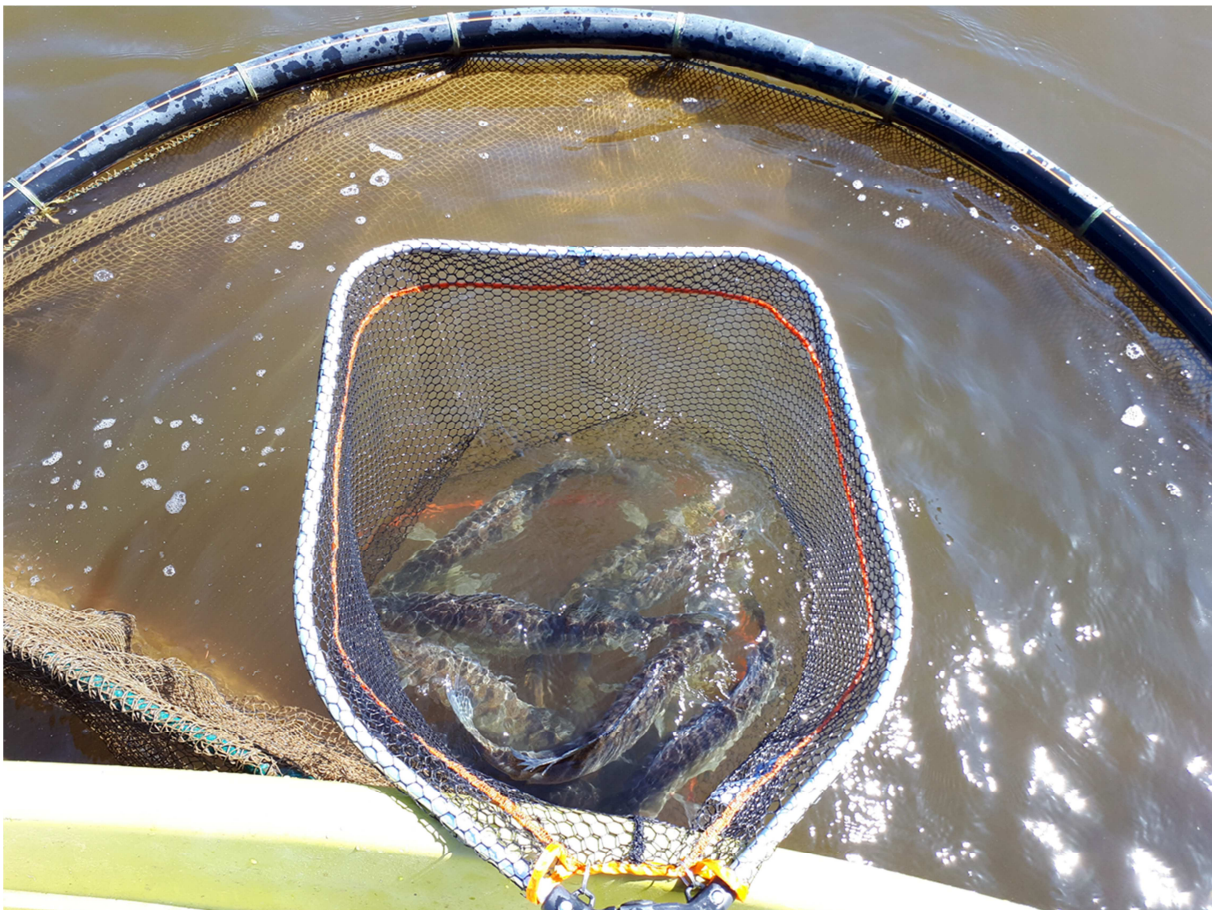
loppupuolen saalisnäytteissä (Nieminen 2010). Roineella ja Mallasvedellä luonnossa syntyneet vuosiluokat 2011–2012 muodostivat enemmistön kuhanäytteissä 2010-luvun puolivälissä (Kolari ja Westermarck 2017).

2. Tavoitteet

Tämän hankkeen tavoitteena oli kartoittaa kuhakantojen geneettinen rakenne ja monimuotoisuus Pirkanmaan keskeisillä kuhajärvillä sekä selvittää istutusten geneettisiä vaikutuksia, istutettujen kuhien selviytymistä ja mahdollista kuhakantojen sekoittumista. Tarkoituksena oli myös selvittää kantojen välisiä perinnöllisiä eroja ja tarkastella perintötekijöiden ja kasvuympäristön mahdollista vaikutusta kuhan sukukypsyyssyköön ja -ikään sekä kasvuun.

Selvitys toteutettiin Kyrösjärven, Näsijärven, Pirkkalan, Roineen-Mallasveden-Pälkäneveden, Ruoveden-Kuoreveden, Suodenniemen ja Vammalan seudun kalastusalueiden tilaamana ja rahoittamana yhteishankkeena. Pohjois-Savon ELY-keskus rahoitti hanketta kalastonhoitomaksuvaroista.

Hankkeen toteutuksesta vastasivat Pirkanmaan Kalatalouskeskus ja Luonnonvarakeskus (Luke).



Kuva 1. Pyhäjärven Hahkalanvuolteen kuhien vertailunäytteet otettiin DNA-analyysiä ja iänmäärittystä varten mädinhankintapyyntiin yhteydessä sumputetuista kaloista 29.5.2018. Poikkeuksellisen lämpimän toukokuun takia kuhat kutivat vuonna 2018 aikaisemmin kuin normaalisti. Hahkalanvuolle oli 2010-luvulle saakka keskeisin kuhanviljelyn lähtömateriaalin hankintapaikka Pirkanmaalla.

3. Vesistöt ja näytteet

Pirkanmaan Kalatalouskeskus toimitti Luken genotyyppityslaboratorioon keväällä 2018 yhteensä 1 129 näytettä Pirkanmaan alueen kuhakannoista. Näytteet koottiin kahdeksalta järveltä, ja Pyhäjärven Hahkalanvuolteen aineistoa lukuun ottamatta ne olivat aiemman selvityksen (Kuhan lisääntymisikä ja -koko Pirkanmaan järvillä) yhteydessä talviverkkokalastuksesta kerättyjä suomunäytteitä kahdelta pyyntikaudelta 2015–2016 (joitakin näytekuhia oli kalastettu kasvukauden jälkeen loppuvuodesta 2014) (taulukko 1). Edellä mainitussa selvityksessä kalatalouskeskuksen kanssa toisena toteuttajana toiminut Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys (KVVY) luovutti hankkimansa somuaineiston ja kuhien määritystiedot viideltä selkälueelta tätä selvitystä varten. Lisäksi KVVY:ltä saatiin käyttöön kalatalouskeskuksen alun perin hankkima Pyhäjärven Hahkalanvuolteen emokalojen somuaineisto vuosilta 1996–1997. Muu aineisto tuli kalatalouskeskukselta.

Näytekuhista oli tiedossa pyynti-, koko-, ikä-, kasvu- ja sukukypsystiedot. Lukuun ottamatta Mallasvettä, josta lähes kaikki yksilöt (120/125) valittiin DNA-tutkimukseen, järvi-kohtaisesta lähtöaineistosta (179–265 somuerää/järvi) valittiin näytteiksi noin puolet (95–132 kalaa). Näytteet valikoitiin siten, että aineistoon saatiin mukaan useita peräkkäisiä vuosiluokkia ja niiden hidas- ja nopeakasvuisia yksilöitä. Niistä vuosiluokista, joita oli aineistossa vähän, kaikki yksilöt otettiin mukaan DNA-määritykseen. Jos jonkin vuosiluokan yksilöitä oli lähtöaineistossa alle kolme kappaletta, vuosiluokan kuhat jätettiin kokonaan pois valinnasta – tästä oli poikkeuksena vuosiluokka 2008 Rautavedellä.

Aineiston pienin kuha oli pituudeltaan 234 mm (Ruovesi) ja suurin kuha 888 mm (Pyhäjärvi, Hahkala). Eri kokoluokkia, koiraita, naaraita ja raakoja yksilöitä pyrittiin valitsemaan suurin piirtein samassa suhteessa kuin niitä oli aiemman selvityksen 2-vuotisessa lähtöaineistossa. Näin ollen näytteet painottuivat kokoluokkaan 35–50 cm, johon näytteenotto oli keskitetty.

Hahkalanvuolteen näytteet koostuivat osaksi vuosien 1996–1997 Pyhäjärven kuhan Carlinmerkintätutkimuksen yhteydessä taltioidusta somuaineistosta ja osaksi tuoreemmista vuoden 2018 näytteistä. Merkintätutkimuksen somuaineistosta valikoitiin mukaan vanhimmat, ennen vuotta 1990 syntyneet ikäluokat. Nämä näytekuhat kuuluivat vuosiluokkiin 1976–1989, joten ne edustivat lähinnä alkuperäiskantaa. Pyhäjärven kesänvanhojen kuhien massaistutukset käynnistyivät vasta 1980-luvun lopulla, joten istutukset eivät ole voineet vaikuttaa kantaan merkittävästi vielä vuosina 1976–1989. Sekä 1990-luvun suomunäytteet että vuoden 2018 näytteet kerättiin Hahkalanvuolteen lähialueelta loppukevällä ja alkukesällä mädinhankintaa varten suoritetun emokalapyynnin yhteydessä kalanviljelijä Petri Gösmanin avustuksella. Vuoden 2018 näytekuhien ikä määritettiin somuista.

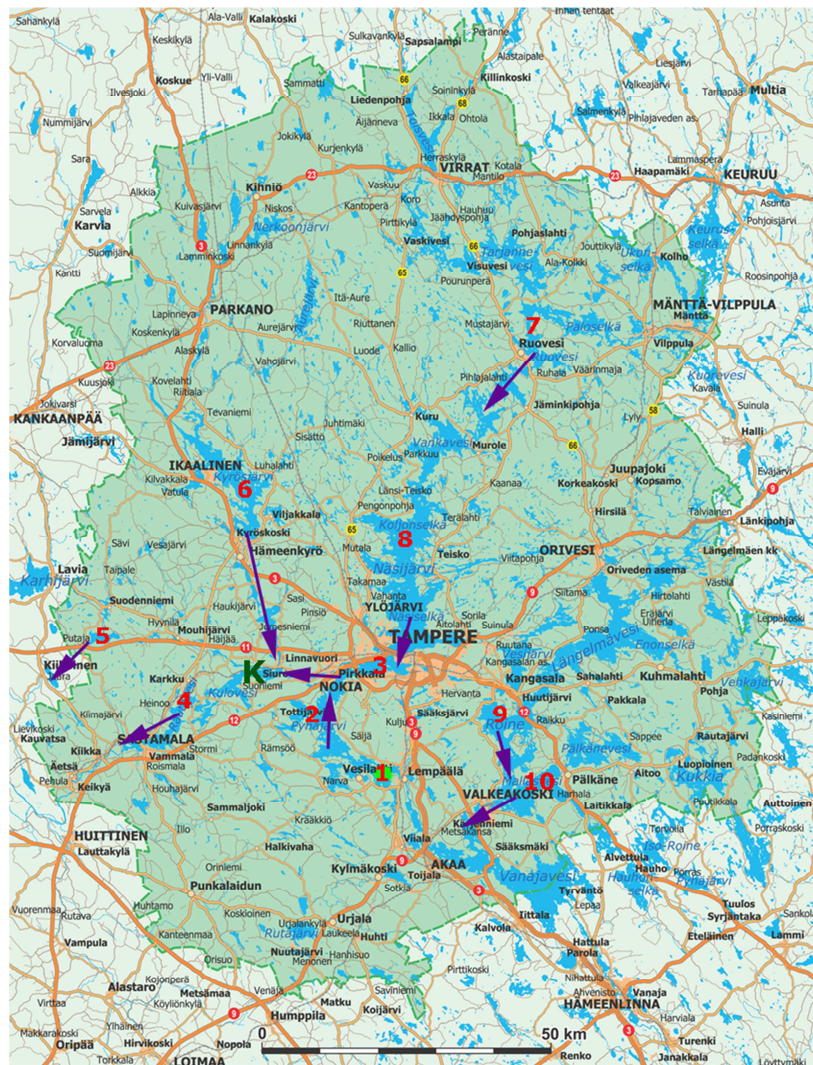
Näisjärven Näisielältä oli käytettävissä aiemmin Hirvenniemen osakaskunnan erilliselvityksen yhteydessä vuonna 2017 tutkittu 114 kuhan näyte. Vertailuanalyysiä varten käytettävissä olivat myös aiemmin analysoidut alkuperäiskantaa edustavat 15 geenilokuksen näytteet Lohjanjärveltä ja Vanajanselältä sekä merialueelta Taivassalosta ja Västanfjärdistä (Säisä ym. 2010).

Pieni osa näytteistä (eniten Sorvanselältä ja Kyrösjärveltä) jouduttiin hylkäämään, koska niissä havaittiin vierasta DNA:ta.

Kuten Kuhan lisääntymisiän ja -koon selvittämishankkeen loppuraportissa (Kolari ja Westermarck 2017), myös tässä selvityksessä termillä ”raaka” tarkoitetaan sellaisia kuhia, joiden sukutuotteet eivät olleet syystä tai toisesta kehittyneet. Nämä yksilöt olivat pääasiassa nuoria kuhia, jotka eivät olleet vielä kokonsa ja ikänsä puolesta saavuttaneet sukukypsyyttä. Tämän lisäksi näytekuhien joukossa saattoi olla myös ns. martoja kaloja, jotka olivat kokonaan lisääntymiskyvyttömiä tai pitivät välivuotta lisääntymisessä.

Taulukko 1. Tutkimusjärvet ja näytekoalojen tiedot. ”Käytetty” tarkoittaa DNA-tutkimukseen hyväksytyjä.

| Vesistö ja sen osa-alue | Pinta-ala ha | Kaikki kpl | Käytetty kpl | Pyyntivuosi | Vuosiluokat | Pituus mm | Paino g |
|------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|
| 1. Pyhäjärvi, Hahkalanvuolle | | 23 | 23 | 1996–1997 | 1976–1989 | 499–888 | 1060–7900 |
| Pyhäjärvi, Hahkalanvuolle | | 37 | 37 | 2018 | 2010–2014 | 372–677 | ei punnittu |
| 2. Pyhäjärvi, Sorvanselkä | 2 450 | 95 | 83 | 2015–2016 | 2008–2013 | 300–557 | 210–1840 |
| 3. Pyhäjärvi, pohjoisosa | 2 051 | 120 | 119 | 2015–2016 | 2008–2011 | 310–590 | 210–1985 |
| 4. Rautavesi | 2 550 | 120 | 120 | 2014–2016 | 2006–2012 | 322–545 | 230–1500 |
| 5. Mouhijärvi | 687 | 121 | 121 | 2015–2016 | 2005–2011 | 310–600 | 250–2180 |
| 6. Kyrösjärvi | 9 607 | 132 | 125 | 2015–2016 | 2006–2013 | 304–528 | 230–1428 |
| 7. Ruovesi | 10 880 | 120 | 117 | 2015–2016 | 2005–2012 | 234–596 | 91–1995 |
| 8. Näsijärvi, Koljonselkä | 11 064 | 120 | 119 | 2015–2016 | 2005–2012 | 300–770 | 200–3490 |
| Näsijärvi, Näsiselkä* | 9 105 | 115 | 114 | 1991, 2017 | 1985, 2006–2013 | 284–881 | 140–7460 |
| 9. Roine | 5 459 | 120 | 120 | 2014–2016 | 2009–2013 | 311–546 | 264–1860 |
| 10. Mallasvesi | 5 571 | 120 | 120 | 2014–2016 | 2010–2013 | 318–542 | 265–1791 |
| Yhteensä | | 1 243 | 1 218 | | | | |



© Maanmittauslaitos 2018, Pirkanmaan Kalatalouskeskus 2018.

Kuva 2. Tutkimuskohteet, veden virtaussuunnat ja keskeisimmät istutusmateriaalin (kuhamädin) hankintapaikat 1900–2000-luvuilla (1 = Pyhäjärvi, Hahkalanvuolle, K = Kulovesi).

4. DNA-analyysit

Laboratoriomenetelmät olivat samat kuin Näsijärven Näsiselän kuhan DNA-selvityksessä (Koskiniemi ja Koljonen 2017), ja ne on kuvattu HY:n ja Luken genotyypityslaboratorion tekemiin analyysihin perustuvissa julkaisuissa myös muilla kalalajeilla, esimerkiksi Kauhajoen vesistön taimenkantojen geneettinen rakenne ja hoitosuositus (Eero Jutila, Marja-Liisa Koljonen ja Jarmo Koskiniemi, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2016) sekä Vuoksen vesistön ja Mäntyharjun reitin taimenkantojen geneettinen kartoitus (Jorma Piironen, Marja-Liisa Koljonen ja Jarmo Koskiniemi, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2016).

Genotyypillä tarkoitetaan ns. mikrosatelliittigeenien (eli geenilokusten) geenimuotoja (eli alleeleita). Tässä selvityksessä analysoitiin kuhalla aiemmissakin selvityksissä käytetyt 16 geenilokusta: MSL-1, MSL-2, MSL-3, MSL-4, MSL-6, MSL-7, MSL-8, MSL-9, Pfla-L3, Pfla-L8, Pfla-L9, Svi-4, Svi-6, Svi-L7, Svi-18 ja Svi-33. Genotyypityksen teki Pirjo Tanhuanpää Luken Jokioisten laboratoriossa.

Vertailunäytteiksi käytettiin laboratoriossa aiemmin analysoidut näytteet Lohjanjärveltä ja Vanajanselältä (Säisä ym. 2010). Näissä kuhanäytetiedoissa ei ole Pfla-8 -lokuksen tietoja. Lohjanjärven näyte oli vuosilta 1982–1986 ja Vanajanselän näyte vuosilta 1988–1991.

5. Tilastolliset menetelmät

Perinnöllisen muuntelun määrä kuvattiin keskimääräisenä diversiteettinä (heterotsygotian määränä), havaittuina geenimuoto- eli alleelimäärinä populaatiossa ja pienimmän otoskoon mukaan otoskokostandardoituna alleelimääränä eli alleelirikkkautena. Tässä työssä näytekoot olivat hyvät ja pienin näyte oli Pyhäjärven Hahkalanvuolteen näyte, 60 kuhaa. Populaatioiden yksilöiden välistä pariumin satunnaisuutta mitattiin Fis-indeksillä, joka antaa viitteitä populaatioiden sekoittumisesta tai pariumin yksilöiden sukulaisuuden lisääntymisestä.

Populaatioiden perinnöllistä laajuutta mitattiin niiden geneettisesti tehollisella populaatiokoolla (N_e), tehollisen ja todellisen koon suhteella (N_e/N) ja näytteessä esiintyneiden perheiden määrällä. Muuntelun mitat ja Fis-arvot laskettiin FSTAT-ohjelmalla (versio 2.9.3.2) (Goudet 1995, Goudet 2001) (<http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>). Populaatioiden teholliset koot (N_e) ja täyssiä perheiden määrä laskettiin COLONY-ohjelmalla (Wang 2004, Wang & Santure 2009) ja populaatioiden sisäiset sukulaisuudet COANCESTRY-ohjelmalla (Wang 2007).

Populaatioiden välisiä eroja mittaavat F_{st} -arvot laskettiin FSTAT-ohjelmalla, samoin populaatioiden välisten erojen merkittävyys alleelifrekvensseissä testattiin FSTAT-ohjelmalla, sillä se sisältää Bonferroni-korjauksen useille testeille. Populaatioiden väliset perinnölliset etäisyydet (Nein DA-etäisyys, Nei ym. 1983, Takezaki 1998) laskettiin Populations 1.2.32 -ohjelmalla (<http://www.bioinformatics.org/~tryphon/populations/>). Sukupuurakenne (NJ-tree, Saitou & Nei 1987) piirrettiin Treeview-ohjelmalla (Page 2000). Sukupuiden haarojen vakauden mittaamiseksi tehtiin puurakenteen analyysi 1000 bootstrap-toistolla.

Populaatioiden ja yksilöiden erottumistodennäköisyyttä testattiin maksimitodennäköisyyteen perustuvalla laskennalla ja ONCOR -ohjelmalla (Kalinowski ym. 2007, Anderson ym. 2008). Alkuperäanalyyysiä varten yksilöntunnistus tehtiin GeneClass2-ohjelmalla (Piry ym. 2004). Varsinaista sekoittuneiden ja risteytyneiden kalakantojen alkuperäanalyyysiä ei tässä tutkimuksessa voitu tehdä, koska ei ollut käytettävissä näytteitä kuhakannoista ennen niiden sekoittumista. Suuntaa-antava tulos laskettiin GeneClass-ohjelmalla siten, että kunkin yksittäisen järven kuhanäytteen yksilöt tunnistettiin takaisin vaihtoehtoisesti joko samaan omaan kantaan tai tunnettuihin istutuskantoihin.

6. Tulokset

6.1. Kuhapopulaatioiden sisäisen diversiteetin määrä

Kuhapopulaatioiden geneettinen diversiteetti (Div) oli varsin samanlainen ja suhteellisen korkea; kaikkien arvo oli hieman yli 0,5 (taulukko 2). Populaatioissa havaittu erilaisten geenimuotojen määrä vaihteli selvästi enemmän eli välillä 87–119. Vähiten erilaisia geenimuotoja oli Mouhijärven kuhalla ja eniten Pyhäjärven pohjoisosan, Ruoveden ja Rautaveden kuhapopulaatioissa. Otokokostandardoitu alleelirikkaus oli myös alhaisin Mouhijärven kuhalla, ja runsaimmat alleelirikkaudet olivat Pyhäjärven pohjoisosan, Rautaveden, Ruoveden ja Näsijärven kuhilla. Satunnaispariutumista mittaava Fis poikkesi odotetusta Rautaveden ja Näsijärven näytteissä siten, että Fis oli suurempi kuin satunnaisesti pariutuvilla populaatioilla, mikä viittaa näissä populaatioissa kohonneeseen sukulaispariutumiseen.

Taulukko 2. Kuhanäytteiden näytekoot (N), keskimääräinen otoskoko tutkittua geenilokusta kohti (N/lokus), keskimääräinen geenidiversiteetti (Div), näytteen havaittu alleelimäärä (N All), alleelirikkaus (All Rikk) ja sukulaisuutta mittaava Fis-indeksi sekä sen erojen merkitsevyys. Taustavärillä korkeimmat ja alhaisimmat arvot sekä merkitsevästi poikkeavat Fis-arvot.

| Näyte | N näyte | N/lokus | Div | N All | All Rikk | Fis | Fis > Obs. | Fis < Obs. |
|----------------------------|---------|---------|------|-------|----------|--------|------------|------------|
| 1 Pyhäjärvi Hahkalanvuolle | 60 | 60,0 | 0,57 | 96 | 96,0 | -0,016 | 0,773 | 0,253 |
| 2 Pyhäjärvi Sorvanselkä | 83 | 82,9 | 0,57 | 104 | 97,3 | 0,005 | 0,375 | 0,625 |
| 3 Pyhäjärvi pohjoisosa | 119 | 118,9 | 0,55 | 119 | 102,7 | 0,000 | 0,506 | 0,500 |
| 4 Rautavesi | 120 | 119,9 | 0,57 | 117 | 102,6 | 0,036 | 0,0087** | 0,992 |
| 5 Mouhijärvi | 121 | 120,9 | 0,55 | 87 | 81,9 | 0,004 | 0,404 | 0,597 |
| 6 Kyrösjärvi | 125 | 124,7 | 0,57 | 113 | 99,5 | 0,013 | 0,196 | 0,805 |
| 7 Ruovesi | 118 | 117,0 | 0,57 | 118 | 102,7 | 0,022 | 0,084 | 0,925 |
| 8 Näsijärvi Näsiselkä | 114 | 111,7 | 0,55 | 114 | 101,0 | 0,031 | 0,0246** | 0,976 |
| 9 Näsijärvi Koljonselkä | 120 | 120,0 | 0,57 | 115 | 101,0 | 0,030 | 0,0263** | 0,977 |
| 10 Roine | 120 | 119,9 | 0,55 | 97 | 88,0 | 0,026 | 0,051 | 0,950 |
| 11 Mallasvesi | 120 | 120,0 | 0,56 | 105 | 91,6 | -0,005 | 0,637 | 0,386 |
| Yhteensä | 1220 | 1216 | | 172 | 104,8 | | | |
| Ka | | 110,6 | 0,56 | 107,7 | 96,8 | 0,013 | | |
| Min | | 60,0 | 0,55 | 87 | 81,9 | -0,016 | | |
| Max | | 124,7 | 0,57 | 119 | 102,7 | 0,036 | | |

Populaatioiden kykyä ylläpitää perinnöllistä monimuotoisuutta mitataan niiden geneettisesti tehollisella koolla (N_e). Se kuvaa populaation tehollista kokoa, mikäli näyte on ollut kattava. Suojeltavien populaatioiden suositeltava tehollisen koon minimi on 50. Tutkituista näytteistä vain Pyhäjärven Hahkalanvuolteen näytteen N_e oli alle 50, mutta myös näytteen otoskoko oli pienempi kuin muiden (taulukko 3). Kaikkien näytteiden N_e/N oli kuitenkin yli 0,5, mikä viittaa suhteellisen suuriin populaatioihin yleensä. N_e/N voi vaihdella välillä 0–2. Kaikissa kuhapopulaatioissa oli myös yli 50 perhettä, mikä on toivottu minimimäärä perinnöllisen monimuotoisuuden säilyttämiseksi. Sukulaisuus oli sen sijaan hieman kohonnut kaikissa populaatioissa, mikä myös kertoo siitä, että ne eivät ole kuitenkaan kovin suuria. Korkein sukulaisuus oli Mouhijärven kuhapopulaatioissa.

Taulukko 3. Populaatioiden geneettisesti tehollinen koko, perheiden lukumäärä, sisarusten määrä ja sukulaisuusaste. Taulukossa N = otoskoko, Ne = tehollinen populaatiokoko ja 95 % CI sen luottamusväli sekä Ne/N = tehollisen ja todellisen otoskoon suhde. Lisäksi esitetään perheiden lukumäärä (kpl), sisarusten määrä näytteessä ja populaation yksilöiden parittaisten sukulaisuuksien keskiarvo eli populaation keskimääräinen sukulaisuus (%) sekä sukulaisuusmittareiden suositetut viitearvot.

| Viitearvot | | >50 | | >0,5 | >50 | < 3% | |
|----------------------------|-------|------|--------|------|----------|------------|-------------|
| Kuhanäyte | N | Ne | 95% CI | Ne/N | Perheitä | Sisaruksia | Sukulaisuus |
| 1 Pyhäjärvi Hahkalanvuolle | 60 | 35 | 23–56 | 0,58 | 55 | 5 | 5,24 |
| 2 Pyhäjärvi Sorvanselkä | 83 | 57 | 40–85 | 0,69 | 78 | 5 | 4,99 |
| 3 Pyhäjärvi Pohjoisosa | 119 | 72 | 52–102 | 0,61 | 110 | 9 | 5,12 |
| 4 Rautavesi | 120 | 91 | 67–123 | 0,76 | 119 | 1 | 4,99 |
| 5 Mouhijärvi | 121 | 76 | 57–107 | 0,63 | 112 | 9 | 6,36 |
| 6 Kyrösjärvi | 125 | 78 | 57–107 | 0,62 | 119 | 6 | 5,04 |
| 7 Ruovesi | 117 | 81 | 59–112 | 0,69 | 113 | 4 | 4,92 |
| 8 Näsijärvi Näsiselkä | 113 | 71 | 51–100 | 0,63 | 95 | 18 | 5,40 |
| 9 Näsijärvi Koljonselkä | 120 | 69 | 50–98 | 0,58 | 113 | 7 | 5,19 |
| 10 Roine | 120 | 78 | 56–109 | 0,65 | 116 | 4 | 5,58 |
| 11 Mallasjärvi | 120 | 71 | 53–101 | 0,59 | 113 | 7 | 5,53 |
| Keskiarvo | 110,7 | 70,8 | | 0,64 | 103,9 | 6,8 | 5,30 |
| Min | 60 | 35 | | 0,58 | 55 | 1 | 4,92 |
| Max | 125 | 91 | | 0,76 | 119 | 18 | 6,36 |

6.2. Kuhapopulaatioiden välisen diversiteetin määrä

Kuhapopulaatiot erosivat toisistaan tilastollisesti erittäin merkitsevästi muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta (taulukko 4). Näsijärven kuhanäytteet Näsiselkä ja Koljonselkä eivät eronneet toisistaan lainkaan eivätkä myöskään Roineen ja Mallasveden kuhanäytteet. Kaikki kolme Pyhäjärven näytettä olivat hyvin samanlaisia, ja vain Sorvanselän ja pohjoisosan näytteiden välillä oli pieni ero.

Pyhäjärven Hahkalanvuolteen emokalanäytteet ajalta ennen kesänvanhojen kuhien massaistutuksia (vuosiluokat 1976–1989) ja 2010-luvulta eivät eronneet toisistaan. Tämä kertoo siitä, että istutukset eivät ole sekoittaneet vahvaa luontaista kuhakantaa.

*Taulukko 4. Pirkanmaan kuhakantojen välisten geneettisten erojen tilastollinen merkitsevyys. NS = ei tilastollisesti merkitsevää eroa, * ero on merkitsevää $P > 5\%$ riskitasolla, ** merkitsevää 1% riskitasolla ja *** merkitsevää $0,1\%$ riskitasolla.*

| Geneettisten erojen merkitsevyys | Pyhäjärvi Sorvanselkä | | Rautavesi | Mouhijärvi | Kyrösjärvi | Ruovesi | Näsij. Näsiselkä | Näsij. Koljonselkä | Roine | Mallasvesi |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------|------------|------------|---------|------------------|--------------------|-------|------------|
| | Pyhäjärvi Sorvanselkä | Pyhäjärvi pohjoisosa | | | | | | | | |
| Pyhäjärvi Hahkalanv. | NS | NS | ** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Pyhäjärvi Sorvanselkä | | * | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Pyhäjärvi pohjoisosa | | | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Rautavesi | | | | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Mouhijärvi | | | | | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Kyrösjärvi | | | | | | *** | *** | *** | *** | *** |
| Ruovesi | | | | | | | *** | *** | *** | *** |
| Näsij. Näsiselkä | | | | | | | | NS | *** | *** |
| Näsij. Koljonselkä | | | | | | | | | *** | *** |
| Roine | | | | | | | | | | NS |

Taulukko 5. Pirkanmaan kuhakantojen perinnöllinen erilaistuminen Fst-arvojen avulla mitattuna. Suurimmat ja pienimmät arvot on merkitty eri värein.

| Fst | Pyhäjärvi Hahkalanv. | Pyhäjärvi Sorvanselkä | Pyhäjärvi pohjoisosaa | Rautavesi | Mouhijärvi | Kyrösjärvi | Ruovesi | Näsi. Näsiselkä | Näsi. Koljonselkä | Roine | Mallasvesi |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|------------|------------|---------|-----------------|-------------------|-------|------------|
| Pyhäjärvi Hahkalanv. | --- | 0,005 | 0,001 | 0,006 | 0,037 | 0,006 | 0,005 | 0,021 | 0,009 | 0,009 | 0,012 |
| Pyhäjärvi Sorvanselkä | 0,005 | --- | 0,005 | 0,009 | 0,045 | 0,016 | 0,010 | 0,034 | 0,021 | 0,015 | 0,017 |
| Pyhäjärvi pohjoisosaa | 0,001 | 0,005 | --- | 0,004 | 0,041 | 0,007 | 0,006 | 0,016 | 0,007 | 0,008 | 0,008 |
| Rautavesi | 0,006 | 0,009 | 0,004 | --- | 0,031 | 0,003 | 0,008 | 0,015 | 0,007 | 0,011 | 0,011 |
| Mouhijärvi | 0,037 | 0,045 | 0,041 | 0,031 | --- | 0,034 | 0,043 | 0,047 | 0,042 | 0,038 | 0,044 |
| Kyrösjärvi | 0,006 | 0,016 | 0,007 | 0,003 | 0,034 | --- | 0,011 | 0,013 | 0,007 | 0,018 | 0,016 |
| Ruovesi | 0,005 | 0,010 | 0,006 | 0,008 | 0,043 | 0,011 | --- | 0,018 | 0,008 | 0,010 | 0,009 |
| Näsi. Näsiselkä | 0,021 | 0,034 | 0,016 | 0,015 | 0,047 | 0,013 | 0,018 | --- | 0,001 | 0,025 | 0,013 |
| Näsi. Koljonselkä | 0,009 | 0,021 | 0,007 | 0,007 | 0,042 | 0,007 | 0,008 | 0,001 | --- | 0,015 | 0,008 |
| Roine | 0,009 | 0,015 | 0,008 | 0,011 | 0,038 | 0,018 | 0,010 | 0,025 | 0,015 | --- | 0,004 |
| Mallasvesi | 0,012 | 0,017 | 0,008 | 0,011 | 0,044 | 0,016 | 0,009 | 0,013 | 0,008 | 0,004 | --- |

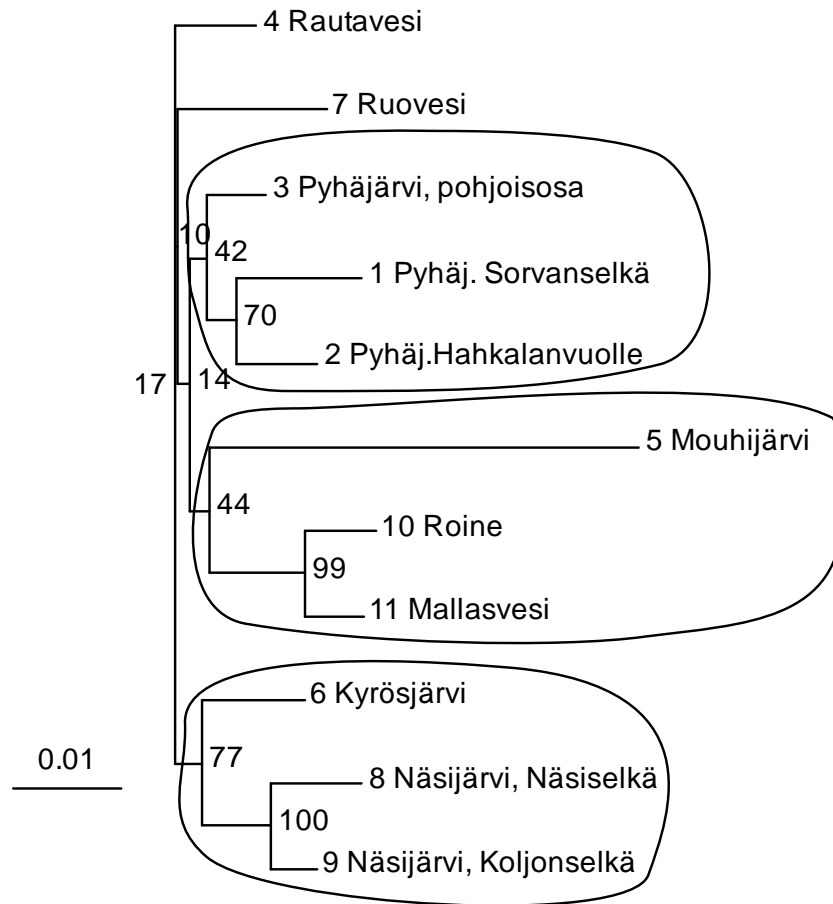
Kuhanäytteiden väliset erot vaihtelivat suuresti. Kaikkein eniten muista poikkesi Mouhijärven kuha. Tämä voi olla osin seurausta kohonneesta sukulaisuudesta (taulukko 5).

6.3. Sukupuuanalyysi

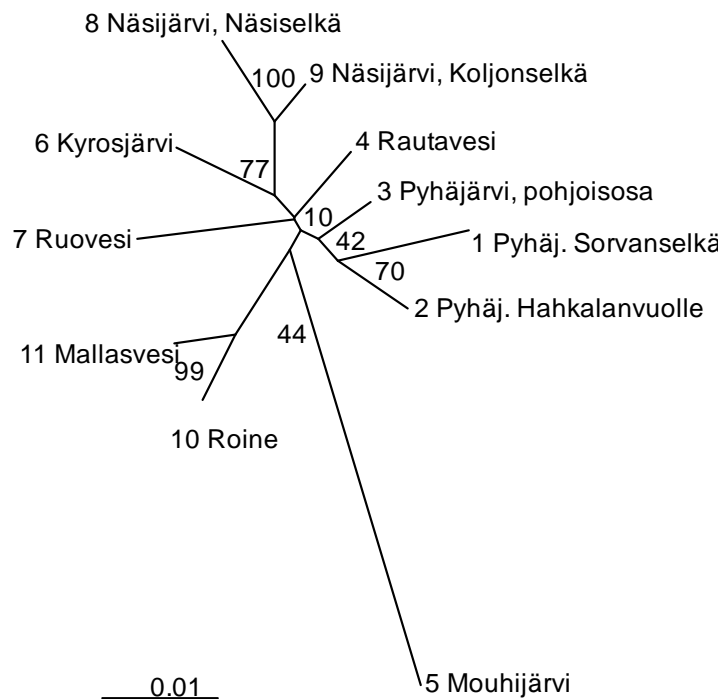
Sukupuuanalyysillä kuvataan näytteiden välisiä geneettisiä etäisyyksiä. Pirkanmaan alueen kuhapopulaatioiden joukosta voitiin havaita kolme kuhakantaryhmää sekä näiden lisäksi muista kaikista selvästi eniten poikkeavat Rautaveden ja Ruoveden kuhat (kuva 3). Kaikki kolme Pyhäjärven näytettä ryhmittivät yhteen ryhmään. Selvästi hyvin samanlaiset olivat Hahkalanvuolteen ja Sorvanselän näytteet, joiden bootstrap arvo oli yli 50, (70). Hieman kauemmaksi niistä, mutta edelleen samaan ryhmään, kuului Pyhäjärven pohjoisosan näyte.

Roineen ja Mallasveden kuhat eivät eronneet tilastollisesti lainkaan, ja sukupuussa ne myös ryhmittivät tiukasti samaan ryhmään. Tähän ryhmään kuului myös Mouhijärven kuha, mutta se poikkesi muista jo selvemmin. Kolmanteen ryhmään kuuluivat identtiset Näsijärven näytteet ja lisäksi kolmantena Kyrösjärven kuha.

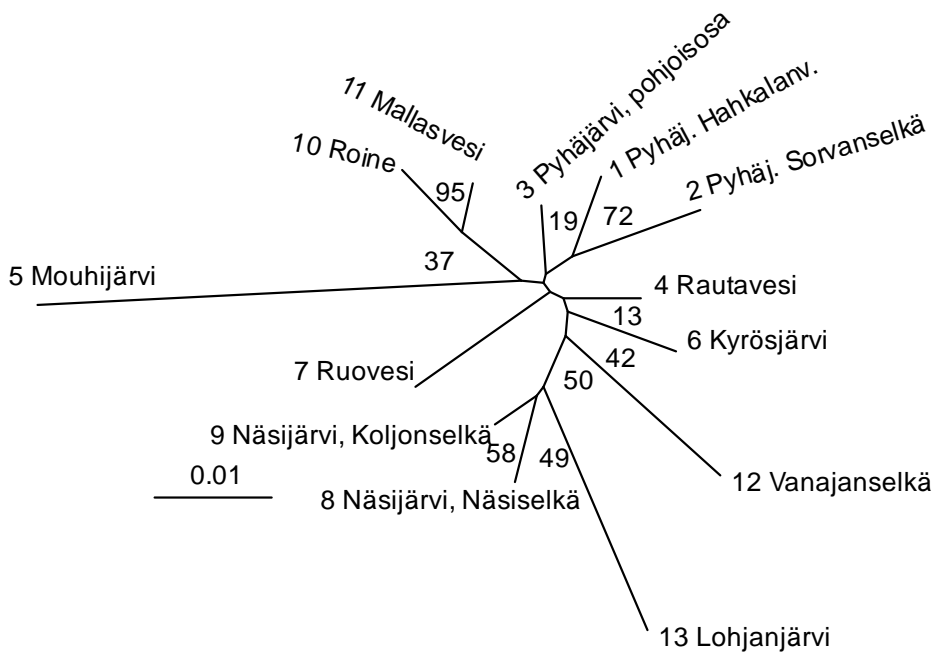
Juurettoman sukupuun avulla kuvattuna Pirkanmaan kuhanäytteiden tilanne on hyvin samanlainen (kuva 4). Mouhijärven kuhan poikkeavuus näkyy selvemmin kokonaisuudessa. Voimakas poikkeaminen ja pitkä puunhaara kertovat usein pienestä ja eristyneestä populaatiosta.



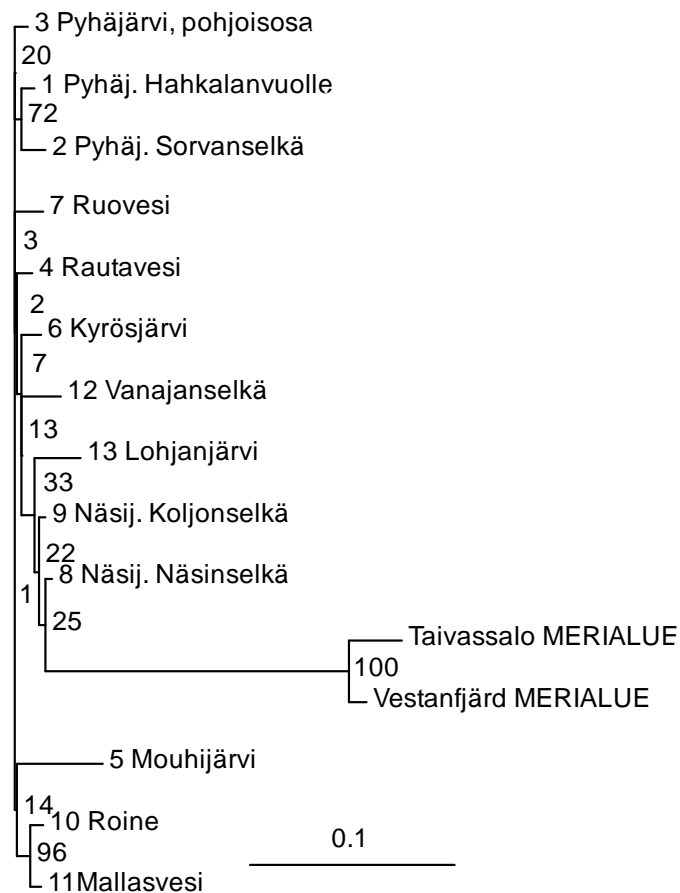
Kuva 3. Kuhanäytteiden väliset perinnölliset erot juurellisen sukupuun avulla kuvattuna. Puunhaarojen luvut ovat prosentteja tuhannesta toistosta, joissa tämä puun haara esiintyi todennäköisimpänä ratkaisussa.



Kuva 4. Pirkanmaan alueen kuhakantojen geneettinen rakenne 16 geenilokuksen juurettoman sukupuun avulla kuvattuna.



Kuva 5. Pirkanmaan alueen kuhakannat ja tunnetut istutuskannat Vanajanselältä ja Lohjanjärveltä mukana 15 geenilokuksen avulla piirretyssä juurettomassa sukupuussa.



Kuva 6. Pirkanmaan kuhakantojen perinnölliset etäisyydet Vanajanselän, Lohjanjärven ja merialueen kuhakantoihin kuvattuna 15 geenilokuksen juurellisen sukupuun avulla.

6.4. Yksilöntunnistusanalyysit

Kuhakantojen perinnöllistä erilaisuutta voidaan tutkia myös sellaisella testillä, joka mittaa kuinka hyvin kukin populaatio tai sen yksilöt voidaan luokitella takaisin omaan populaatioon. Mitä voimakkaammin populaatio poikkeaa toisesta, sitä varmempi on populaatioiden ja myös yksittäisten yksilöiden tunnistus ja luokittelu omaan populaatioon. Populaatioiden perinnöllinen samankaltaisuus voi johtua joko historiallisista evolutiivisista syistä tai geenivirrasta populaatiosta toiseen joko luontaisesti tai ihmisen vaikutuksesta.

Tehtäessä kannantunnistus ns. 100 % testillä kukin yksittäinen populaatio erotetaan muista vuorotellen ja verrataan sitä sitten takaisin kaikkiin muihin populaatioihin ja lasketaan kuinka suuri osuus prosentteina tunnistettaisiin takaisin omaan kantaan. Jos koko näyte tunnistetaan oikein, on tulos 100 % oikein. Tätä testausta varten yhdistettiin jo aiemmin aivan samanlaisiksi havaitut kuhanäytteet samoista järivistä ja myös merialueelta.

Kuhanäytteiden 100 % testin perusteella 75 % todennäköisyydellä oikein luokitteisivat Pyhäjärven, Mouhijärven, Ruoveden, Näsijärven, Lohjanjärven ja merialueen kuhanäytteet (taulukko 6). Merialueen näyte tunnistettiin 100 % oikein ja Mouhijärven kuhakin 99 % oikein. Roineen ja Mallasveden näytteet sekoittuisivat keskenään niiden nykyisen suuren samankaltaisuuden vuoksi.

Taulukko 6. Kuhanäytteiden alkuperäntunnistus ONCOR-ohjelman 100 %:n testillä. Kuhanäyte, oikein tunnistetun näytteen osuus prosentteina, sen hajonta ja 95 % todennäköisyyden alaraja ja yläraja.

| Kuhanäyte | Oikein % | ST DEV | 95% a | 95% y |
|-----------------------|----------|--------|-------|-------|
| Pyhäjärvi | 76,0 | 5,5 | 63,1 | 84,9 |
| Rautavesi | 58,2 | 5,9 | 48,0 | 69,4 |
| Mouhijärvi | 99,3 | 0,7 | 97,2 | 100,0 |
| Kyrösjärvi | 74,1 | 5,7 | 63,6 | 85,3 |
| Ruovesi | 75,0 | 4,4 | 66,5 | 81,9 |
| Näsijärvi | 85,0 | 4,9 | 74,5 | 93,3 |
| Roine | 70,7 | 5,6 | 60,1 | 83,1 |
| Mallasvesi | 53,8 | 6,2 | 40,9 | 64,4 |
| Vanajanselkä | 69,6 | 5,2 | 59,7 | 79,1 |
| Lohjanjärvi | 94,8 | 2,2 | 90,7 | 98,2 |
| Taivassalo_Vest._MERI | 100,0 | 0,0 | 100,0 | 100,0 |

Yksilöntunnistus voidaan testata myös aivan yksittäisinä kaloina, jolloin tunnistus on vielä vaikeampaa kuin populaationäytteenä. ONCOR-ohjelmassa on ns. Leave-one-out testi, jossa kustakin populaatiosta poistetaan yksi yksilö kerrallaan ja analysoidaan tämän yksilön alkuperä. Yksilöittäin tunnistettuna yli 75 % oikein luokiteltiin vain Mouhijärven ja merialueen kuhanäytteistä. Korkeimmat, yli 20 % sekoittumisprosentit olivat edelleen Roineen ja Mallasveden näytteiden välillä.

Taulukko 7. Kuhanäytteiden yksilöntunnistustestin tulos. Taulukossa on ilmoitettu myös mihin muuhun populaatioon testatun populaation yksilöitä eniten luokiteltiin virheellisesti näillä näytteillä.

| Näyte | N | % Oikein | Kanta johon sekoittui eniten | Suurin virhe % |
|---------------------------|----------|-----------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Pyhäjärvi | 260 | 32,7 % | Kyrösjärvi | 10,8 % |
| Rautavesi | 119 | 19,3 % | Kyrösjärvi | 15,1 % |
| Mouhijärvi | 120 | 77,5 % | Pyhäjärvi | 4,2 % |
| Kyrösjärvi | 120 | 39,2 % | Näsijärvi | 10,8 % |
| Ruovesi | 117 | 41,0 % | Pyhäjärvi | 10,3 % |
| Näsijärvi | 223 | 31,4 % | Lohjanjärvi | 11,2 % |
| Roine | 119 | 46,2 % | Mallasvesi | 23,5 % |
| Mallasvesi | 120 | 24,2 % | Roine | 28,3 % |
| Vanajanselkä | 60 | 41,7 % | Rautavesi | 10,0 % |
| Lohjanjärvi | 120 | 60,8 % | Näsijärvi | 13,3 % |
| Taivassalo_Vest._Merialue | 76 | 97,4 % | Näsijärvi | 1,3 % |

6.5. Kuhakantojen alkuperäanalyysi

Kun GeneClass2-ohjelmalla kunkin yksittäisen järven kuhanäytteen yksilöt tunnistettiin takaisin vaihtoehtoisesti joko samaan omaan kantaan tai tunnettuihin istutuskantoihin, osa kuhista luokiteltiin istutuskantoihin, mikä viittaa siihen, että järvien kuhakannat ovat sekoittuneet istutusten vaikutuksesta.

Kuhien luokittumisen todennäköisyys tiettyyn kantaan vaihteli yksilöittäin 28–100 % välillä. Jos luokittumisprosentti oman järven kantaan on pieni, kyseisen kuhayksilön perimässä on paljon samankaltaisuutta myös toisiin kuhakantoihin. Esimerkiksi Mallasvedellä eräs kuhayksilö oli geneettisen analyysin perusteella lähes yhtä suurella todennäköisyydellä Mallasveden kantaan, Pyhäjärven kantaan tai Vanajanselän kantaan. Yksilöt voidaan kuitenkin luokitella siihen kuhakantaan, johon luokitusprosentti on suurin eli mihin kuhakantaan ne suurimmalla todennäköisyydellä kuuluvat. Näin analysoitiin kaikkien järvien kuhat vertaamalla niitä istutuskantoihin ja oman järven kantaan.

Taulukossa 8 on esitetty yhteenveto kaikkien järvien kuhakantojen vertailusta sekä oman järven kuhiin että istutettuihin kuhiin. Liitteessä 1 on kuvattu vastaava jakauma graafisesti koko aineistossa ja erikseen vielä niiden näytekuhien osalta, jotka sijoittuivat johonkin kantaan yli 70 % todennäköisyydellä. Viime mainittua ryhmää kutsutaan jatkossa eri yhteyksissä rajausjoukoksi.

Eniten oman järven kuhia oli Mouhijärvessä, jossa järven omaan kantaan luokiteltiin 80 % saaliista (yli 70 % todennäköisyydellä jopa 90 % näytteistä oli oman järven kuhia). Suuri osa Mouhijärven kuhista (n=121) sijoittui omaan kantaan erittäin suurella varmuudella (35 kpl 100 % ja 55 kpl yli 99 % todennäköisyydellä).

Myös Pyhäjärven Sorvanselän kuhista pääosa (85 %) luokiteltiin järven omaan kantaan (= Sorvanselkä 57 % ja Hahkalanvuolle 28 %) sekä koko aineistossa että yli 70 % todennäköisyyden rajausjoukoksi. Sorvanselän näytekuhista (n=83) merkittävä osa (33 kpl ja 40 %) sijoittui järven omaan kantaan hyvin varmasti eli yli 99 % todennäköisyydellä.

Roineen näytekuhista (n=120) 72 % sijoittui oman järven kantaan (rajausjoukoksi 81 %). Yhteensä 15 kuhaa (13 %) luokiteltiin omaan kantaan yli 99 % todennäköisyydellä.

Pyhäjärven pohjoisosan kuhista yli kaksi kolmasosaa luokiteltiin Pyhäjärven kuhakantoihin (= pohjoisosa 35 %, Sorvanselkä 23 % ja Hahkalanvuolle 14 %).

Taulukko 8. Prosenttiosuudet Pirkanmaan kuhakantojen luokittumisesta järven omaan kuhakantaan ja istutuskantoihin. Kunkin järven oman kannan osuusprosentti on reunustettu.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | | | | | | |
|-------------------|----|---------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|-----------|-----|-------------|-----|---------|-----|--------------|
| | | Sorvanselkä % | | Pyhäjärvi % | | Rautavesi % | | Mouhijärvi % | | Kyrösjärvi % | | Ruovesi % | | Näsijärvi % | | Roine % | | Mallasvesi % |
| Kuhakanta | N | | N | | N | | N | | N | | N | | N | | N | | N | |
| Järven oma kanta | 47 | 57 | 50 | 42 | 70 | 58 | 97 | 80 | 69 | 55 | 69 | 59 | 123 | 53 | 86 | 72 | 81 | 68 |
| Pyhäj. Hahkalanv. | 23 | 28 | 33 | 28 | 23 | 19 | 19 | 16 | 29 | 23 | 29 | 25 | 42 | 18 | 17 | 14 | 14 | 12 |
| Vanajanselkä | 7 | 8 | 26 | 22 | 19 | 16 | 3 | 2 | 14 | 11 | 10 | 9 | 34 | 15 | 11 | 9 | 14 | 12 |
| Lohjanjärvi | 6 | 7 | 10 | 8 | 8 | 7 | 2 | 2 | 13 | 10 | 9 | 8 | 29 | 12 | 6 | 5 | 10 | 8 |
| Merialue | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Yhteensä | 83 | 100 | 119 | 100 | 120 | 100 | 121 | 100 | 125 | 100 | 117 | 100 | 233 | 100 | 120 | 100 | 120 | 100 |

Mallasvedellä (67 % koko aineistossa), Ruovedellä (59 %), Rautavedellä (58 %) ja Kyrösjärvellä (55 %) enemmistö kuhista luokitui geneettisesti oman järven kuhakantaan. Rajausjoukossa Mallasvedellä ja Ruovedellä omaan kantaan luokitui kolme neljäsosaa. Näsijärven Koljonselällä omaan kantaan luokituneiden osuus oli pienin tutkimusjärvistä. Koljonselälläkin kuitenkin puolet näytekuhista (rajausjoukossa 56 %) sijoittui todennäköisimmin järven omaan kuhakantaan.

Kaikilla muilla järvillä paitsi Pyhäjärven pohjoisosassa omaan kantaan luokituneiden määrä kasvoi rajausjoukossa koko aineistoon verrattuna. Istutuskantojen luokitukset olivat yleensä epävarmempia.

Pyhäjärven Hahkalanvuolteen kantaan sijoittuminen oli yleisintä vertailuissa mukana olleista kolmesta istutuskannasta. Kun Pyhäjärven muut osa-alueet Sorvanselkä ja Pyhäjärven pohjoisosa jätetään pois laskuista, Pyhäjärven kantaan luokitui eniten Ruoveden (25 %) ja Kyrösjärven (23 %) kuhanäytteitä. Näsijärven Koljonselän ja Rautaveden saaliskuhista Hahkalanvuolteen istutuskantaan määrittyi vajaa viidennes saaliskuhista ja muilla järvillä 12–16 % näiden järvien saaliskuhista.

Vanajanselän istutuskantaan luokituneiden yksilöiden osuus oli suurin Pyhäjärven pohjoisosassa (20 %). Näsijärven Koljonselällä Vanajanselän kuhakanta oli toiseksi yleisin vieras kanta Lohjanjärven kuhakannan jälkeen 14 % osuudella. Mallasvedellä Vanajanselän kanta oli yhtä yleinen kuin Hahkalanvuolteen kanta (12 %). Vanajanselän istutuskannan osuus kuhanäytteissä oli melko suuri myös Rautavedessä (16 %) ja Kyrösjärvessä (11 %). Vanajanselältä alavirtaan saman vesistöreitillä varrella sijaitsevalla Sorvanselällä ja Näsijärvestä ylävirtaan sijaitsevalla Ruovedellä vain 8 % kuhista luokitui Vanajanselän kuhaksi.

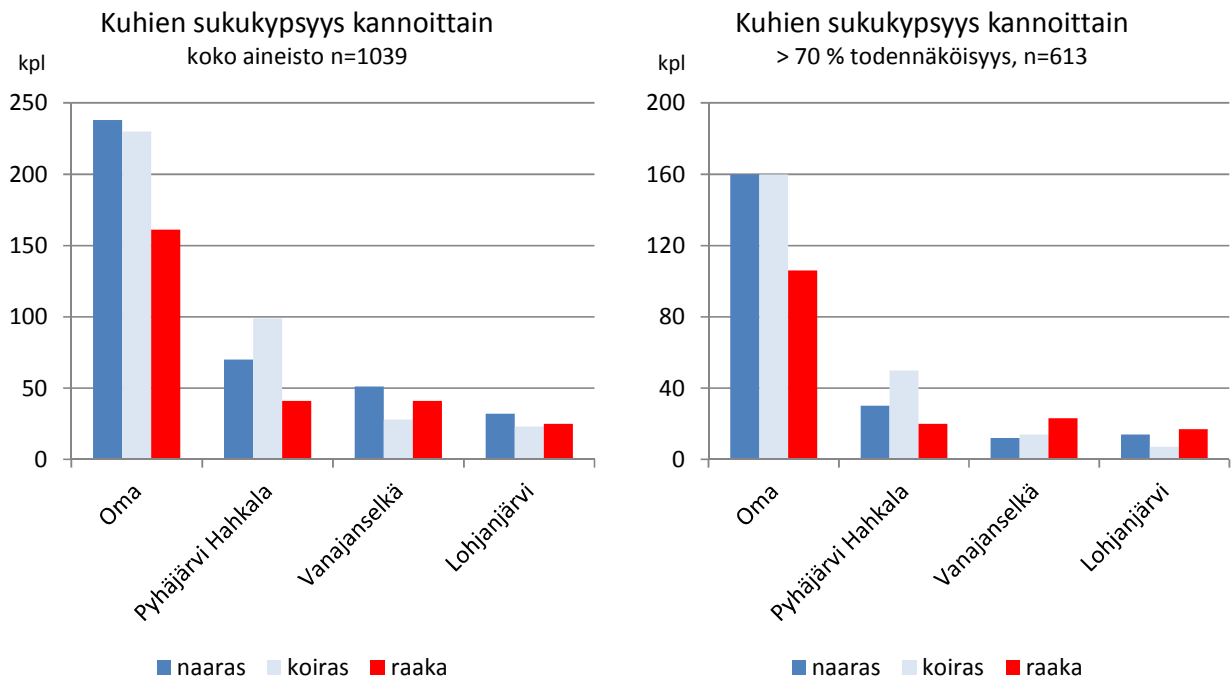
Lohjanjärven kuhakannan geeniperimä näkyi Näsijärvellä selvästi ja muita järviä yleisemmin. Koljonselän näytekuhista 14 % oli peräisin Lohjanjärven kuhakannasta. Kyrösjärven kuhanäytteistä joka kymmenes sijoittui todennäköisimmin Lohjanjärven kuhakantaan. Pyhäjärven pohjoisosassa, Sorvanselällä, Rautavedellä, Ruovedellä ja Mallasvedellä Lohjanjärven kannan osuus oli alle 10 % (5–9 %).

Merikuhat erottautuvat geneettisesti selvästi järvialueen kuhakannoista. Pirkanmaan järvillä merialueen mahdollinen geeniperimä ei juuri näkynyt. Saaristomeren kantaan sijoittui vain neljä Näsijärven Koljonselän kuhaa ja yksi Mallasveden kuha. Myös yksi Näsijärven vuoden 2017 aineiston kuha luokitui alun perin merialueen kuhaksi. Näistä kuhista neljä yksilöä luokitui merikantaan yli 90 % varmuudella. Kaksi

Koljonselän kuhista oli geneettisesti yhtä suurella todennäköisyydellä Näsijärven omaa kantaa kuin merialueen kuhakantaa.

6.6. Kuhien sukukypsyys

Yhdeksän vesialueen yhdistetyssä aineistossa kunkin järven oman kannan sukukypsien kuhien osuus oli keskimäärin 74 %. Hahkalanvuolteen kantaan sijoittuneiden kuhien ryhmässä oli eniten sukukypsiä kuhia (80 %). Vanajanselän kannan kuhista sukukypsiä oli vähiten (66 %). Tutkimusjärvien kokonaisaineistossa omien kantojen naaraskuhien osuus oli aavistuksen verran koiraskuhien osuutta suurempi. Rajausjoukossa sukupuolisuhde meni täsmälleen puoliksi. Hahkalanvuolteen istutuskannassa oli sen sijaan selvä koirasenemmistö sekä koko aineistossa että rajausjoukossa (kuva 7). Vanajanselän kuhakannan koko aineistossa sukukypsistä kuhista enemmistö oli naaraita, mutta rajausjoukossa koiraita oli hieman naaraita enemmän. Lohjanjärven kuhissa oli naarasenemmistö molemmissa ryhmissä.



Kuva 7. Sukukypsien ja raakojen (= nuoria tai martoja) kuhien määrä kannoittain koko aineistossa ja rajausjoukossa (ilman Hahkalanvuolteen kuhanäytteitä). Kuvasta puuttuvat merikantaan sijoittuneet kuhat (n=5), jotka olivat kaikki sukukypsiä.

Liitteessä 2 on esitetty sukukypsien ja raakojen kuhien osuudet kannoittain eri järvillä. Tuloksissa on epävarmuutta, sillä ns. istutuskantojen näytemäärä oli melko vähäinen.

Sukukypsien kalojen suhteellisissa osuuksissa ei havaittu samalla järvellä yleensä kovin merkittäviä eroja kuhakantojen välillä. Enemmistö sekä järven omaan kantaan että muihin kantaihin luokituneista näytekuhista oli saavuttanut sukukypsyyden.

Koko aineiston 5–7-vuotiailla oman kannan kuhilla sukukypsien osuus vaihteli järvittäin 71–92 % välillä (kuva 8). Kaikki istutuskantoihin luokittuneet kuhat olivat sukukypsiä Sorvanselällä ja yhtä yksilöä lukuun ottamatta myös Mallasvedellä. Vain Pyhäjärven pohjoisosassa, Kyrösjärvellä ja Roineella oman kannan 5–7-vuotiailla kuhilla sukukypsien suhteellinen osuus oli suurempi kuin istutettujen kantojen kuhilla.

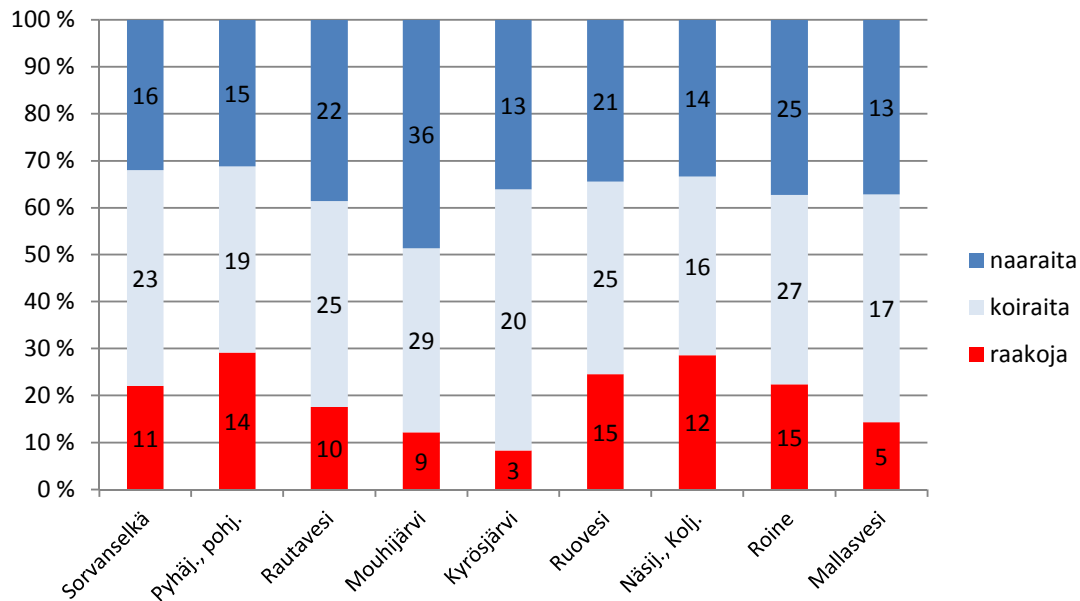
Kyrösjärvellä kaikki 7-vuotiaat kuhat olivat sukukypsiä kannasta riippumatta. Kyrösjärven 5–6-vuotiailla oman kannan kuhilla (keskipituus 399 mm, n=26) sukukypsien osuus oli 88 % ja istutuskantojen kuhilla (keskipituus 404 mm, n=23) 70 %.

Pyhäjärven pohjoisosassa 7-vuotiaat oman kannan kuhat (n=10) olivat yhtä yksilöä lukuun ottamatta sukukypsiä. Muiden kantojen 7-vuotiaiden kuhien (n=24) joukossa oli peräti kuusi marttoa yksilöä.

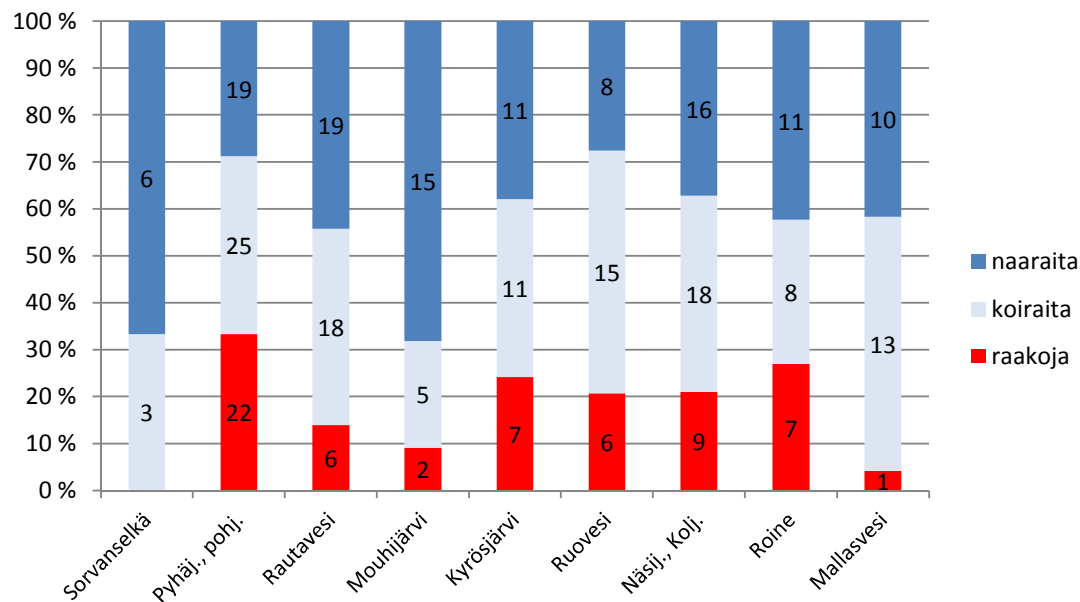
Rajausjoukossa 64 % Pyhäjärven oman kannan 6-vuotiaista kuhista (keskipituus 424 mm, n=13) oli sukukypsiä ja samoin kaikki kolme 7-vuotiaista kuhaa (keskipituus 423 mm). Muiden kantojen 6-vuotiaista kuhista (keskipituus 437 mm, n=12) ja 7-vuotiaista kuhista (keskipituus 461 mm, n=8) vain puolet oli sukukypsiä. Niistä 6-vuotiaista kuhista, joiden sukutuotteet eivät olleet kehittyneet, yksi sijoittui Lohjanjärven, kaksi Hahkalanvuolteen ja kolme Vanajanselän istutuskantaan. Vastaavasti 7-vuotiaista kaksi oli Vanajanselän kantaan ja kaksi Hahkalanvuolteen kantaan. Nämä 7-vuotiaat kuhat olivat kasvaneet takautuvan kasvunmäärityksen perusteella nopeammin kuin Pyhäjärven pohjoisosan kantaan luokittuneet kuhat. Ne olivatkin selvästi kookkaampia (keskipituus 474 mm) kuin oman ikäluokkansa sukukypsät kuhat (keskipituus 449 mm).

Liitteessä 3 on esitetty järven oman kannan ja muiden kantojen sukukypsien kuhien osuudet ikäluokittain. Kantavertailussa joidenkin ikäluokkien näytemäärät jäivät pieneksi, mikä heikentää sukukypsyyksiä tarkastelun luotettavuutta.

5–7-vuotiaiden kuhien sukukypsyys, oman järven kanta



5–7-vuotiaiden kuhien sukukypsyys, muut kannat

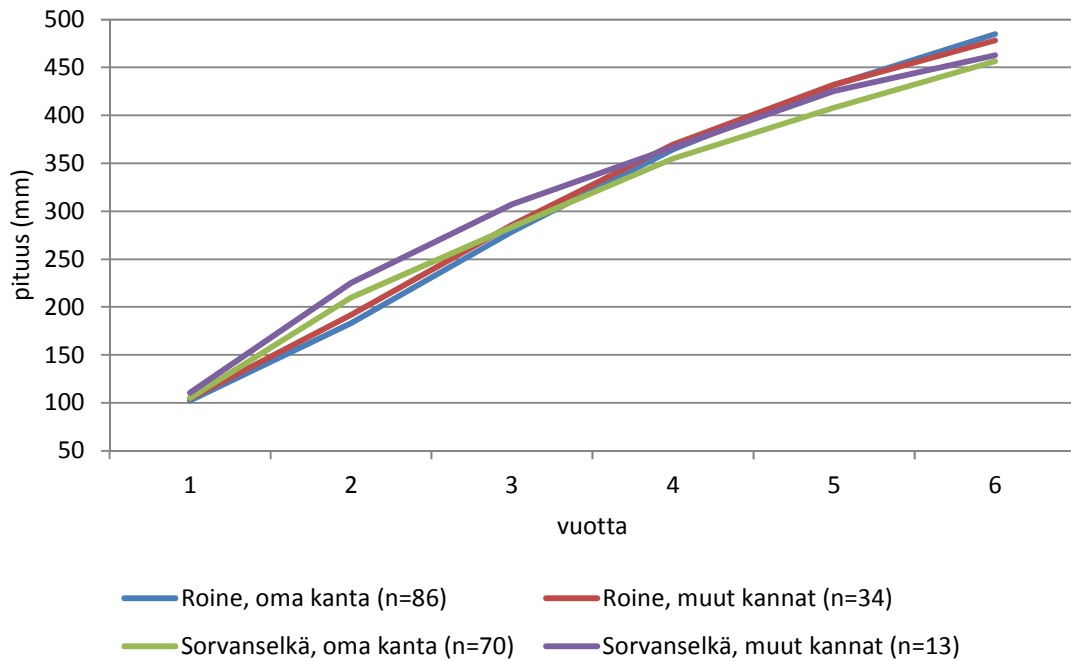


Kuva 8. Omaan kantaan ja muihin kantoihin luokitettuneiden 5–7-vuotiaiden kuhien sukukypsyys yhdeksällä järvellä koko aineiston perusteella. Numerot kertovat näytteiden lukumäärän.

6.7. Kuhien kasvu

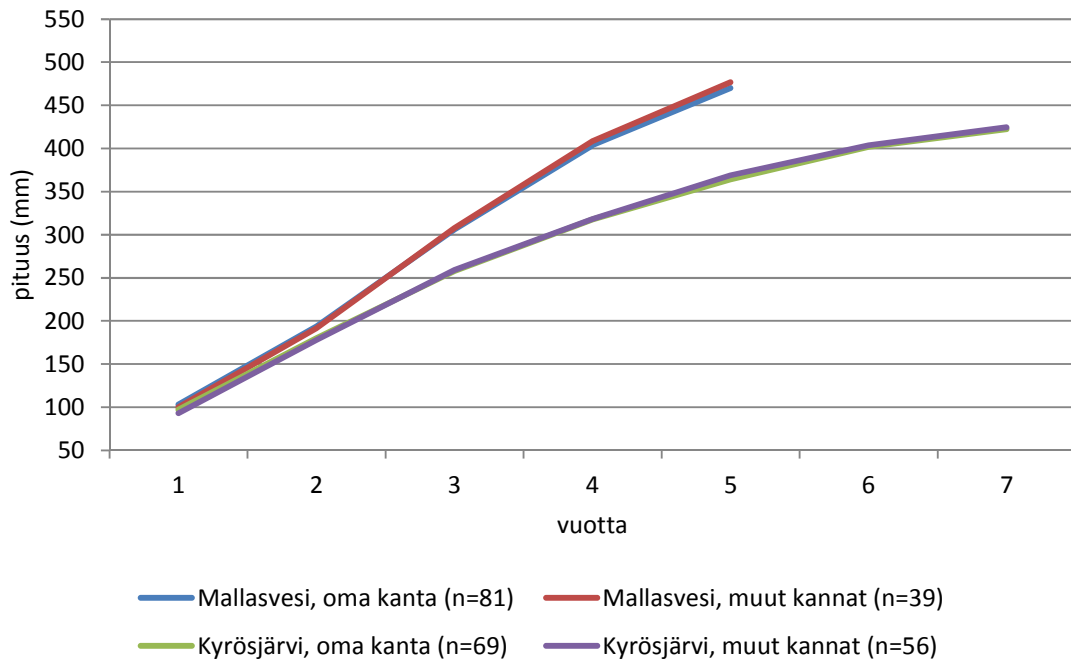
Samassa järvestä sen omaan kantaan tai istutuskantoihin luokitettuneiden kuhien kasvussa ei havaittu juuri mitään eroja (kuvat 9–10, liite 4). Kuvasta 10 näkyy, miten samassa vesistössä (Mallasvesi ja Kyrösjärvi) järven oman kannan ja muiden kantojen kuhat kasvoivat yhtä nopeasti. Järvien välillä oli kuitenkin suuria eroja kuhien kasvunopeudessa.

Kuhan kasvu Roineella ja Sorvanselällä



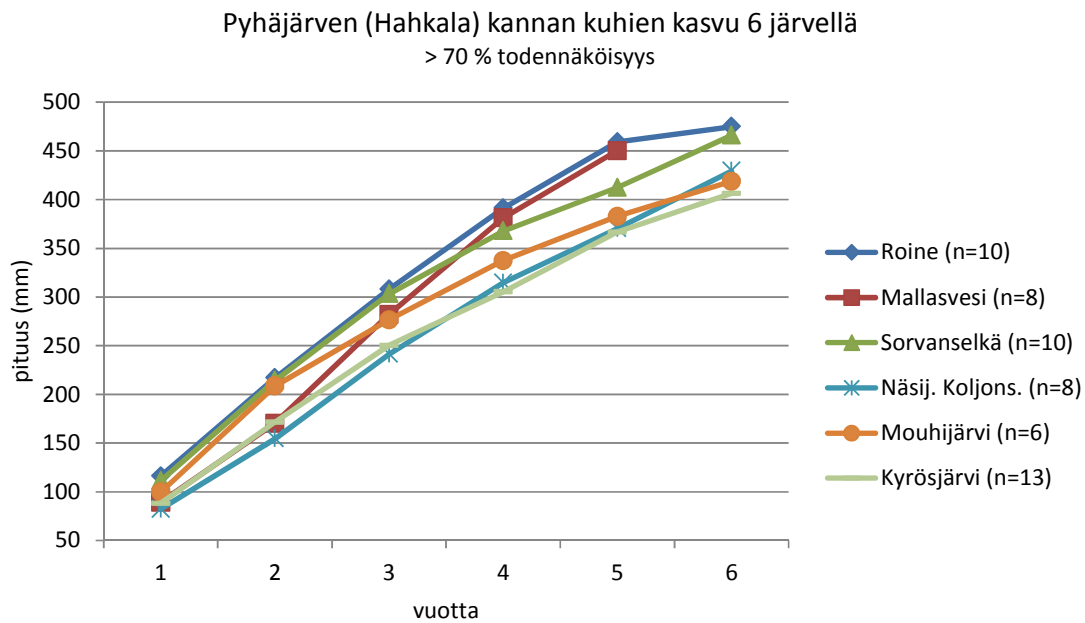
Kuva 9. Kuhan kasvu Roineella ja Sorvanselällä koko aineiston ja takautuvan kasvunmäärityksen perusteella. Järven omaan kantaan ja istutuskantoihin geneettisesti lähimmäksi sijoittuneet kuhat olivat kasvaneet Roineella yhtä nopeasti. Sorvanselällä järven oman kannan kuhien ja istutuskantojen kuhien kasvukäyrä on hieman erilainen, mutta 6-vuotiaina kuhat ovat jo keskimäärin samanpituisia.

Kuhan kasvu Mallasvedellä ja Kyrösjärvellä

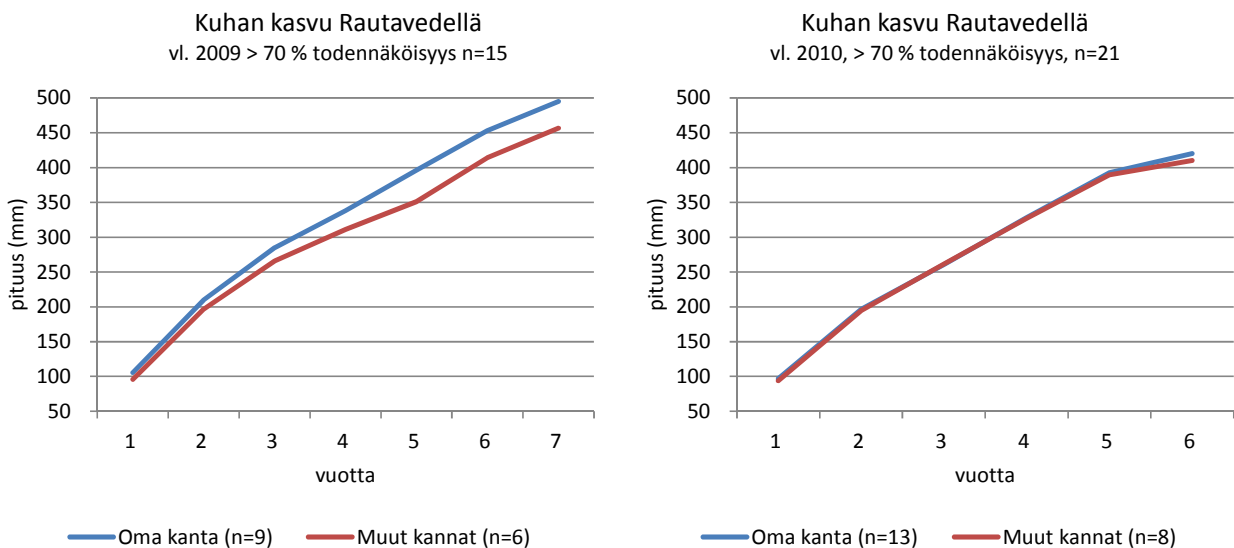


Kuva 10. Kuhien kasvu Mallasvedellä ja Kyrösjärvellä koko aineiston perusteella. Kuhan kasvussa alkaa syntyä huomattava ero järvien välillä 2. ikävuodesta eteenpäin. Samalla järvellä oman kannan ja istutuskantojen kuhien kasvunopeudessa ei kuitenkaan ole mitään eroa.

Kuvassa 11 on vertailtu Pyhäjärven kannan kuhien kasvua kuudella järvellä. Hahkalanvuolteen kannan kuhat kasvoivat nopeasti Roineella, Mallasvedellä ja Sorvanselällä. Kasvu oli selvästi hitaampaa Kyrösjärvellä, Mouhijärvellä ja Näsijärvellä.



Kuva 11. Pyhäjärven Hahkalanvuolteen kuhien (rajausjoukko eli alkuperämääritys yli 70 % todennäköisyydellä) kasvu kuudella järvellä. Samaan istutuskantaan luokitettujen kuhien kasvunopeudessa oli huomattavia eroja järvien välillä.



Kuva 12. Järven oman kannan ja istutuskantojen kuhavuosisiluokkien 2009 ja 2010 kasvu Rautavedellä (rajausjoukko).

Kuvassa 12 esitetään kuhavuosiluokkien 2009 ja 2010 kasvu Rautavedellä. Oman kannan kuhilla kasvu oli vuosiluokassa 2009 selvästi nopeampaa kuin muiden kantojen kuhilla. Vuosiluokan 2009 poikkeavat kasvukäyrät johtuvat siitä, että muiden kantojen kuhanäytteissä oli useita hidaskasvuisia kuhia, kun taas oman kannan kuhien ryhmään kuului keskimääräistä nopeakasvuisempia yksilöitä. Vuosiluokan 2009 muiden kantojen kuhilla kasvu oli hitaampaa jo ensimmäisestä kasvukaudesta alkaen. Tämä voi viitata siihen, että niiden joukossa oli vuonna 2009 istutettuja kuhia, jotka olivat kasvaneet luonnonpoikasia hitaammin. Rautavedellä kuhien istutusmäärä oli melko suuri vuonna 2009. Vuosiluokan 2010 kuhien kasvussa ei kuitenkaan havaittu käytännössä mitään eroa omaan tai istutuskantoihin sijoittuneiden kuhien välillä. Pieni aineisto ja sattuma voivat myös olla osaltaan näiden hieman ristiriitaisten tulosten taustalla.

Rajausjoukon kuhien kasvunopeuksia vertailtiin keskenään kaikilla järvillä. Lisäksi tarkasteltiin erikseen yhden tai useamman yleisimmän vuosi- ja ikäluokan kasvua. Järvikohtaiset kasvutulokset on koottu liitteeseen 4.

Samojen ikä- ja vuosiluokkien kasvunopeusvertailu on yleisesti ottaen luotettavampaa, vaikka niiden näytemäärä olisi melko pieni. Esimerkiksi Ruoveden rajausjoukon oman kannan kuhissa oli useita hidaskasvuisia, 10-vuotiaita vuosiluokkien 2005–2006 kuhia. Nämä vuosiluokat puuttuivat kokonaan muiden kantojen näytteistä. Tämän vuoksi Ruoveden oman kannan kuhilla kasvukäyrä laskee yläpäässä nopeammin kuin muiden kantojen kuhilla. Kun Ruoveden kuhan kasvuvertailuun otettiin mukaan vain kolme yleisintä vuosiluokkaa 2008–2010, oman ja muiden kantojen kuhien kasvukäyrät muodostuivat lähes identtisiksi (liite 4, 6. kuvapari).

6.8. Kuhien kuntokerroin

Kuntokerroin kuvaa kuhien pituuden ja painon suhdetta. Mitä suurempi kuntokerroin on, sitä tukevammassa kunnossa kuhat ovat. Kuntokerroin kasvaa yleisesti kuhan kokoluokan suurentuessa.

Saman järven sisällä keskimääräiset kantakohtaiset erot kuhien kuntokertoimissa olivat rajausjoukossa pienehköjä tai olemattomia lukuun ottamatta Kyrösjärveä (taulukko 9). Nämä pienet erot selittyvät eri kantoihin luokitettujen näytekuhien kokoeroilla. Esimerkiksi Pyhäjärven pohjoisosassa oman kannan näytekuhien keskipituus oli 415 mm. Niiden pienempi kuntokerroin (0,80) verrattuna Hahkalan kannan kuhiin (0,84) johtuu pääosin siitä, että Hahkalan kannan kuhat olivat selvästi isompia (keskipituus 456 mm) eikä Hahkalan kannan näytteissä ollut lainkaan pienimpiä, kokoluokan 33–37 cm kuhia, joita järven oman kannan näytteistä oli reilu kolmannes. Jos tarkastelu rajataan 40–50 cm kokoluokkaan, Pyhäjärven oman kannan kuhien kuntokerroin (0,82) nousee hieman suuremmaksi kuin Hahkalan kannan kuhien kuntokerroin (0,81).

Mouhijärvellä oman kannan kuhien kuntokerroin (0,89) oli suurempi kuin Hahkalanvuolteen istutuskannan hieman pienemmillä kuhilla (0,85). Kuhien 40–50 cm kokoluokassa ero on pienempi. Oman kannan kuhien (n=55, keskipituus 446 mm) kuntokerroin oli 0,88 ja Hahkalanvuolteen kannan kuhien (n=5, keskipituus 441 mm) kuntokerroin 0,86.

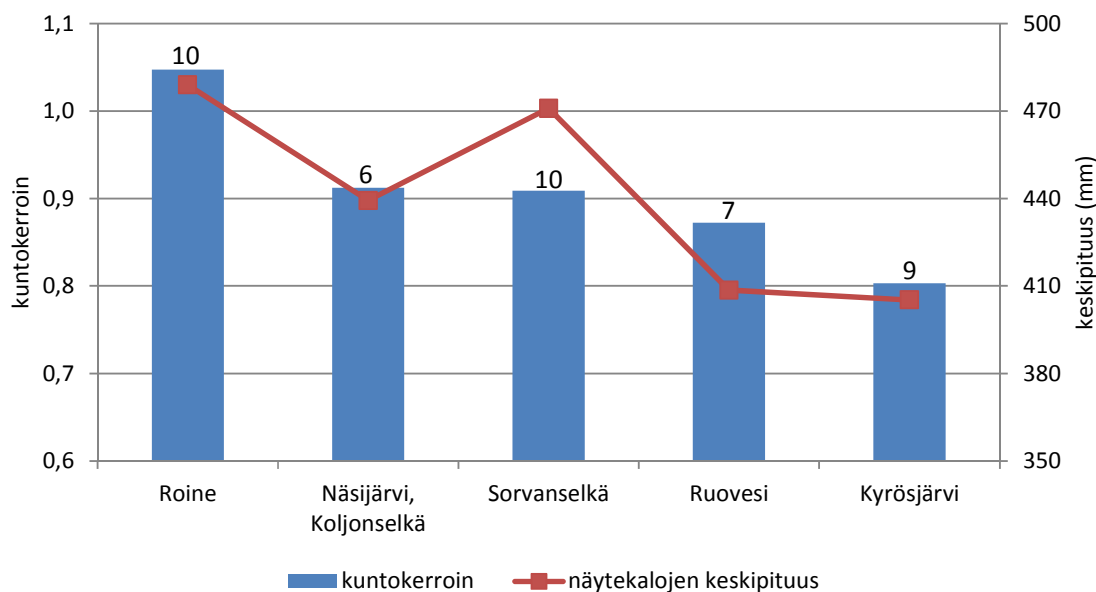
Kyrösjärvellä oman kannan kuhat olivat selvästi tukevammassa kunnossa (kuntokerroin 0,87) kuin istutettujen kantojen kuhat (0,82). Kun tarkastelusta rajattiin pois pienimmät (alle 40 cm) ja suurimmat (yli 50 cm) kokoluokat, oman kannan kuhien (n=17, keskipituus 448 mm) kuntokerroin (0,89) oli edelleen suurempi kuin muiden kantojen kuhien (n=11, keskipituus 452 mm) kuntokerroin (0,85).

Taulukko 9. Järven omaan kantaan, kaikkiin muihin kantoihin ja erikseen yleisimpään istutuskantaan Pyhäjärven Hahkalanvuolteen kantaan > 70 % todennäköisyydellä (rajausjoukko) luokittuneiden kuhien kuntokerroimet.

| | Oma kanta | | | Muut kannat | | | Pyhäjärvi, Hahkala | | | | | |
|------------------------|---------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|--------------------|----|---------------|------------|------------|----|
| | kunto-kerroin | pituus mm | paino g | n | kunto-kerroin | pituus mm | paino g | n | kunto-kerroin | pituus mm | paino g | n |
| Sorvanselkä | 0,87 | 422 | 692 | 30 | 0,89 | 421 | 675 | 17 | 0,89 | 421 | 684 | 10 |
| Pyhäjärvi, pohjoisosa | 0,80 | 415 | 603 | 20 | 0,82 | 445 | 755 | 28 | 0,84 | 456 | 829 | 13 |
| Rautavesi | 0,86 | 435 | 741 | 36 | 0,86 | 414 | 631 | 20 | 0,86 | 427 | 687 | 10 |
| Mouhijärvi | 0,89 | 447 | 856 | 92 | 0,87 | 440 | 781 | 10 | 0,85 | 433 | 703 | 6 |
| Kyrösjärvi | 0,87 | 424 | 707 | 36 | 0,82 | 413 | 614 | 21 | 0,81 | 420 | 631 | 13 |
| Ruovesi | 0,88 | 440 | 784 | 49 | 0,87 | 428 | 736 | 16 | 0,90 | 450 | 846 | 9 |
| Näsijärvi, Koljonselkä | 0,88 | 437 | 790 | 36 | 0,89 | 431 | 768 | 29 | 0,91 | 437 | 771 | 8 |
| Roine | 1,00 | 437 | 894 | 59 | 1,00 | 440 | 928 | 14 | 1,03 | 447 | 991 | 10 |
| Mallasvesi | 0,99 | 443 | 901 | 50 | 1,00 | 458 | 973 | 16 | 1,00 | 448 | 904 | 8 |
| Keskiarvo | 0,89 | 433 | 774 | | 0,89 | 432 | 762 | | 0,90 | 438 | 783 | |

Kyrösjärven kuhien kuntokerroin oli sama kuin vastaavankokoisilla Sorvanselän kuhilla ja myös suurempi kuin Rautaveden hieman kookkaammilla kuhilla (0,86). Näyttää siltä, että vaikka Kyrösjärvellä kuhien pituuskasvu on kannasta riippumatta hidasta, oman kannan kuhilla painon kertyminen on nopeampaa. Kyrösjärven oman kannan kuhista vain pienellä osalla (8 %) sukutuotteet eivät olleet kehittyneet. Istutuskantojen kuhista 20 % ei ollut saavuttanut sukukypsyyttä. Kyrösjärven oman kannan sukukypsillä kuhilla kuntokerroin oli 0,87 ja istutettujen kantojen sukukypsillä kuhilla 0,83.

Pyhäjärven Hahkalanvuolteen kannan kuhien kuntokerroin 5 järvellä vl. 2010 koko aineisto



Kuva 13. Pyhäjärven Hahkalanvuolteen kannan kuhavuosi-alueen 2010 kuntokerroin viidessä eri järvessä. Roineessa kuha kasvaa nopeasti ja siellä kuhat olivat selvästi tukevimmissa kunnossa. Kyrösjärven hidaskasvuilla kuhilla vastaava pituus-painosuhte oli pienin.

6.9. Kuhavuosisiluokat

Kuhavuosisiluokkien kantajakaumat on esitetty liitteessä 5. Tulokset ovat luotettavimpia niiden vuosiluokkien osalta, joissa näytemäärät olivat isoimmat.

Useimmilla järvillä oman ja istutettujen kantojen suhteellisissa prosentuaalisissa osuuksissa ei ollut suuria eroja yleisimpien vuosiluokkien välillä. Esimerkiksi Näsijärven Koljonselän koko aineistossa omaan kantaan sijoittui vuosiluokissa 2009–2011 noin puolet näytteistä. Oman kannan osuus vaihteli eniten Mallasvedellä, Ruovedellä ja Rautavedellä. Lähes kaikki Mallasveden saaliskukat edustivat vuosiluokkia 2010–2012. Niissä oman kannan osuus oli suurimmillaan 81 % vuosiluokassa 2012 ja pienimmillään 62 % vuosiluokassa 2011. Ruoveden runsaimmissa vuosiluokissa järven oman kannan osuus oli suurimmillaan 58 % vuosiluokassa 2010 ja pienimmillään 40 % vuosiluokassa 2009. Rautaveden koko aineiston yleisimmän vuosiluokan 2009 kuhista 52 % sijoittui järven omaan kuhakantaan. Kolmanneksi yleisimmästä vuosiluokasta 2011 omaan kantaan luokitui selvästi suurempi osuus eli 67 %. Pyhäjärven pohjoisosassa runsaimmissa kuhavuosisiluokissa 2009 ja 2010 74 % ja 79 % luokitui Pyhäjärven kuhakantoihin (pohjoisosa, Hahkala tai Sorvanselkä).

6.10. Kesänvanhojen kuhien istutusten vaikutus

Tutkimusjärviin on istutettu yhteensä noin 10 miljoonaa kesänvanhaa kuhanpoikasta 1980-luvun lopulta lähtien. ELY-keskuksen istutustilastojen mukaan vuosina 1989–2015 kuhia istutettiin kappalemääräisesti eniten Näsijärveen (3,01 milj.), Kyrösjärveen (1,89 milj.), Pyhäjärveen (1,89 milj.), Mallasveteen (0,95 milj.) ja Rautaveteen (0,74 milj.). Pinta-alaan suhteutettuna eniten kuhia on istutettu Rautaveteen (9,1 kpl/ha), Kyrösjärveen (7,3 kpl/ha), Mallasveteen (6,3 kpl/ha) ja Pyhäjärveen (5,8 kpl/ha).

Useimmilla järvillä istutukset olivat runsaimmillaan 1980-luvun lopulta 1990-luvun lopulle. Pyhäjärven pohjoisosan kuhaistutukset lopetettiin käytännössä kokonaan vuosituhannen vaihteessa. Mallasvedellä ja Roineella istutukset olivat suurimmillaan 2000-luvulla, Kyrösjärvellä ja Mouhijärvellä 2010-luvulla. Vesipinta-alaan suhteutetut kuhaistutukset ovat olleet 2010-luvulla Roineella (0,5 kpl/ha/vuosi), Ruovedellä (0,6) ja Pyhäjärvellä (1,6) marginaalisia. Myös Näsijärvellä (2,1) ja Rautavedellä (3,3) istutukset ovat olleet aiempiin vuosikymmeniin nähden selvästi maltillisempia.

Kesänvanhojen kuhien istutusmääriä ja järven oman kuhakannan esiintymistä kyseisissä vuosiluokissa verrattiin järvittäin. Vertailutulokset on esitetty graafisesti liitteessä 6. Niilläkään järvillä, joissa istutukset ovat olleet runsaita, vuosittaisilla istutustiheyksillä ja istutuskantojen suhteellisilla osuuksilla vastaavien vuosiluokkien tuloksissa ei ole havaittavissa selvää loogista yhteyttä paria poikkeusta lukuun ottamatta.

Seuraavassa lyhyt yhteenveto järvikohtaisista havainnoista koko aineiston perusteella.

Sorvanselkä ja Pyhäjärven pohjoisosa

Näytevuosista selvästi merkittävimmät kuhaistutukset tehtiin Sorvanselälle vuosina 2008 (9,7 kpl/ha) ja 2012 (5,7 kpl/ha). Vuosina 2010–2011 istutustiheys oli pieni (3,0 ja 1,1 kpl/ha). Yleisimmissä vuosiluokissa 2010–2011 saaliskukat luokituitivat järven omaan kantaan (Sorvanselkä ja Hahkala) lähes 90 %:sti.

Pyhäjärven pohjoisosaan – Saviselän alue mukaan luettuna – istutettiin pieni määrä kuhia (1 kpl/ha/v) vuosina 2008–2009. Vuosina 2010–2011 istutuksia ei tehty. Yleisimmissä vuosiluokissa 2009 ja 2010

Pyhjärven kuhakantojen (pohjoisosa, Hahkalanvuolle ja Sorvanselkä) osuus oli yli 70 %. Vuosiluokan 2008 kuhanäytteissä Vanajanselän ja Lohjanjärven kantojen osuus oli huomattava (62 %).

Kuhia on istutettu lisäksi Pyhjärven reittiveden eteläosiin. Osa näistä istukkaista on voinut vapaasti vaelttaa Sorvanselän alueelle tai aina Pyhjärven pohjoisosaan saakka. Reittiveden istutuksissa käytettiin vuonna 2008 yksinomaan Averian ja Hahkalanvuolteen kantoja, mutta ei kuitenkaan Vanajanselän kantaan, jota Pyhjärven pohjoisosan vuoden 2008 näytteissä oli eniten. Näytteissä esiintyneet Vanajanselän kantaan sijoittuneet kuhat olivat näin ollen joko Vanajanselältä vaeltaneita yksilöitä, Pyhjärven syntyneitä kuhia, joiden vanhemmilla on Vanajanselän geneettinen tausta tai Pyhjärven oman kannan yksilöitä, jotka geneettisesti muistuttavat Vanajanselän kuhia. Vuosiluokan 2008 näytteissä Lohjanjärven kantaan luokituneet kuhat saattoivat olla Sorvanselältä vaeltaneita Averian kannan istukkaita.

Rautavesi

Rautaveden istutustiheyksissä oli huomattavia eroja vuosina 2006–2012 (2,2–9,1 kpl/ha/v). Yleisimpiin näytevuosiluokkiin suhteutettuna kesänvanhojen kuhien istutustiheys oli selvästi suurin vuonna 2009 (7,4 kpl/ha). Se oli noin kaksinkertainen vuoteen 2010 (3,6 kpl/ha) ja yli kolminkertainen (2,2 kpl/ha) vuoteen 2011 verrattuna. Rautaveden yleisimmistä vuosiluokista 2009–2011 omaan kantaan sijoittui 52 %, 59 % ja 67 % kuhista. Vuoden 2009 isompi istutusmäärä voi olla selityksenä muiden kantojen suuremmalle osuudelle vuosiluokassa 2009.

Mouhijärvi

Mouhijärveen istutettiin pinta-alaan suhteutettuna varsin suuria kuhamääriä vuosina 2009–2010 (6,6 ja 4,9 kpl/ha). Vuosina 2005–2008 istutuksia ei tehty. Yleisimmissä vuosiluokissa 2009–2010 muihin kantoihin luokituneiden kuhien osuus (20–27 %) oli hieman suurempi kuin kolmanneksi yleisimmässä vuosiluokassa 2008 (17 %). Kaikki vuosiluokkien 2005–2006 ja 2011 kuhat sijoituivat järven omaan kantaan.

Kyrösjärvi

Kyrösjärveen istutettiin vuosina 2006–2013 runsaasti kuhia (keskimäärin 9 kpl/ha/vuosi). Suurimmat istutukset ajoittuivat vuosille 2011–2013 (15,4–11,6 kpl/ha). Kyrösjärvellä omaan kantaan luokituneiden kuhien osuus oli noin puolet yleisimmissä vuosiluokissa 2009–2011. Istutuksiin käytettiin Pyhjärven Hahkalan kannan istukkaita. Istutusmäärä oli vuonna 2011 kaksinkertainen edelliseen vuoteen verrattuna. Istutusmäärän huomattavasta lisäyksestä huolimatta vuosiluokassa 2011 omaan kantaan luokituneiden kuhien osuus oli hieman suurempi (54 %) kuin yleisimmässä vuosiluokassa 2010 (52 %). Sekä vuosiluokan 2010 että vuosiluokan 2011 kuhista Hahkalan kantaan sijoittui 29 %. Vanajanselän kantaan luokitui 10 % vuosiluokasta 2010 ja 17 % vuosiluokasta 2011. Loput 10 % vuosiluokan 2010 kuhista oli DNA-analyysin perusteella lähimpänä Lohjanjärven kantaan.

Ruovesi

Ruoveden kuhaistutukset olivat hyvin vähäisiä (keskiarvo 1,1 kpl/ha/v) näytevuosina 2005–2012, joten istutuksilla ei ole voinut olla käytännössä juurikaan merkitystä järven kuhasaaliisiin. Vuosina 2012–2013 istutuksissa pidettiin taukoa luonnollisen lisääntymisen selvittämiseksi. Istutustilastojen mukaan Ruoveteen istutettiin tosin molempina vuosina yksi pieni kuhaerä (2 011 kpl ja 1 832 kpl). Omaan kantaan luokituneiden osuus vaihteli huomattavasti (40–86 %) eri vuosiluokissa. Vuonna 2009 istutustiheys oli 0,9 kpl/ha ja oman kannan osuus kyseisessä vuosiluokassa vain 40 %. Vuonna 2011 istutustiheys oli samaa

tasoa (1,0 kpl/ha), mutta oman kannan osuus vuosiluokassa oli 71 %. Vuosiluokasta 2012 omaan kantaan luokitui 57 %.

Näsijärvi (Näsi- ja Koljonselkä)

Näsijärven kuhaistutuksissa oli laskeva trendi vuosina 2005–2013. Yleisimpien vuosiluokkien syntymävuosina 2008–2012 istutustiheys oli melko pieni, keskimäärin 3,2 kpl/ha. Kyseisissä vuosiluokissa oman kannan osuus oli 61–45 %, eikä vuosittaisella istutustiheydellä ja vieraiden kantojen osuudella ole havaittavissa selkeitä yhtymäkohtia. Näsijärveen istutettiin vuonna 2006 yli 200 000 kesänvanhaa kuhaa (8,1 kpl/ha). Oman kannan osuus (45 %) oli pienimmillään vuosiluokkien 2006 ja 2012 näytteissä. Vuonna 2012 istutustiheys oli jakson toiseksi pienin (2,6 kpl/ha). Vuosina 2008–2009 istutustiheys oli suurempi kuin vuonna 2010. Oman kannan osuus (noin 60 %) oli kuitenkin vuosien 2008–2009 kuhanäytteissä suurempi kuin vuoden 2010 näytteissä.

Roine

Roineelle istutettiin vähäisiä määriä kuhia vuosina 2009–2010 ja 2013. Istutuksissa pidettiin tauko vuosina 2011–2012 luonnollisen lisääntymisen merkityksen selvittämiseksi. Vuosien 2009–2013 kuhanäytteissä oman kannan osuus vaihteli välillä 67–85 %. Oman kannan osuus oli suurin vuosiluokassa 2012 (istutustauko). Vuosiluokassa 2011 (myös istutustauko) oman kannan osuus näytteissä oli sitä vastoin pienin.

Mallasvesi

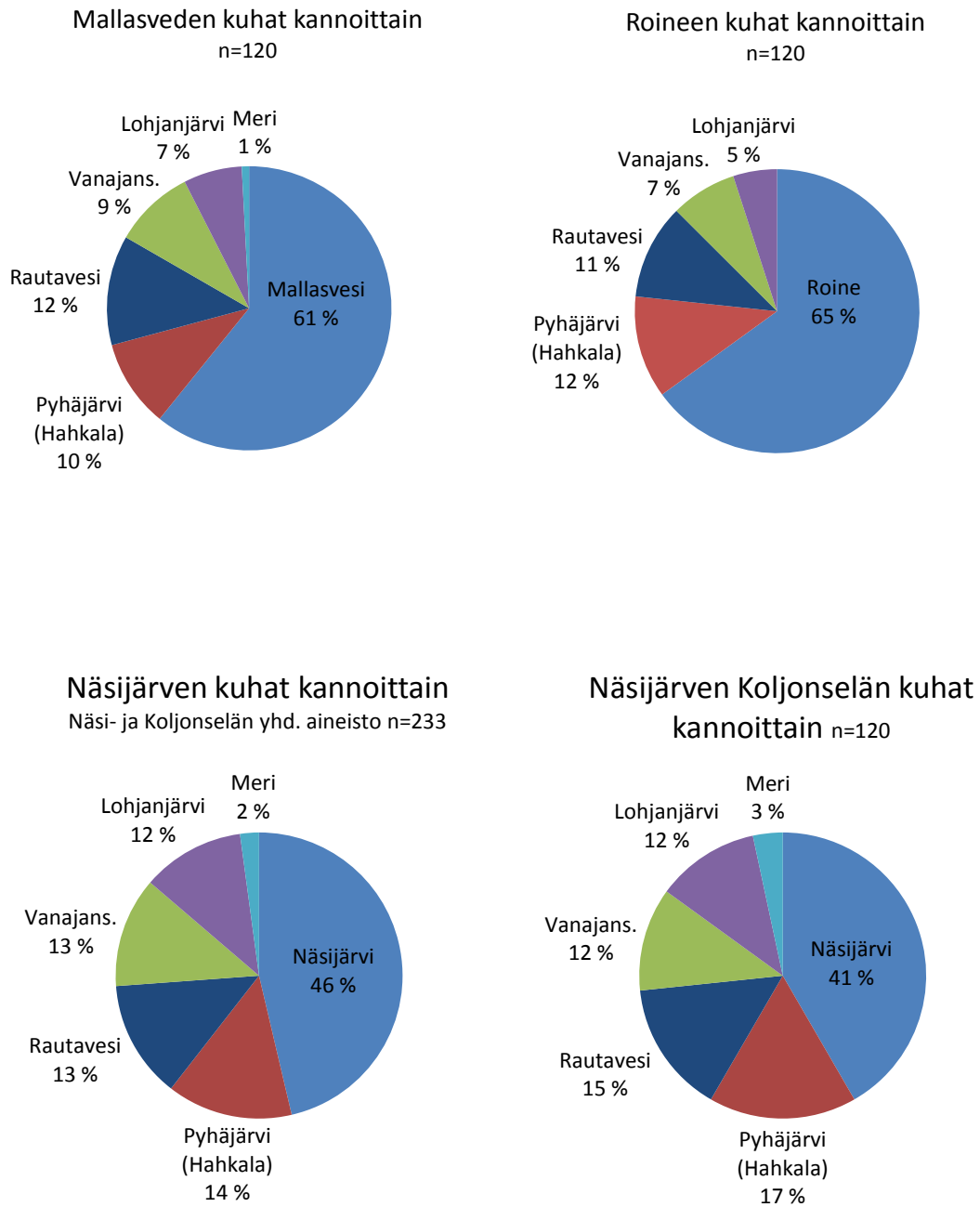
Mallasvedellä oli ohjelmassa istutustauko vuosina 2011–2012 samasta syystä kuin Roineella. Ennen istutustaukoa Mallasveteen istutettiin paljon kuhia vuonna 2009 (10,7 kpl/ha) ja vuonna 2010 (11,4 kpl/ha). Kuten Roineella, myöskään Mallasvedellä ei ole loogista yhteyttä istutusten ja näytteissä esiintyneiden kantojen suhteen. Yleisimmissä istutustauon aikana syntyneissä vuosiluokissa 2011–2012 oman kannan osuus oli sekä suurin (vl. 2012; 81 %) että pienin (vl. 2011; 62 %). Vaikka Mallasveteen tehtiin merkittävä kuhaistutus vuonna 2010, oman kannan osuus vuosiluokan 2010 näytteissä (72 %) oli suurempi kuin vuonna 2011, jolloin istutuksia ei lainkaan tehty.

6.11. 1900-luvun mäti-istutusten vaikutus

Kuvassa 14 on esitetty Näsijärven, Roineen ja Mallasveden kuhanäytteiden sijoittuminen eri kantoihin, kun yhtenä vertailukantana on Rautaveden kuhakanta. Edellä mainittuihin järviin tehtiin runsaasti mäti-istutuksia 1920-luvulta eteenpäin (Anon. 1954, Halme 1961, 1962). Kulovesi, joka on Rautaveden yläpuolinen, samassa pinnan tasossa oleva järvi, toimi toisena keskeisenä kuhan mädinhankintapaikkana. Voidaan olettaa, että Kuloveden kanta ei ainakaan kovin paljoa eroa geneettisesti Rautaveden kannasta, koska nämä peräkkäiset järvet muodostavat kapeiden vuolteiden yhdistämänä yhden vesistökokonaisuuden.

Näsijärven Koljonselällä Rautaveden kantaan luokitui 15 % kuhista. Mallasveden näytteissä Rautaveden kanta oli toiseksi yleisin (12 %) oman kannan jälkeen. Siihen sijoittui enemmän kuhia kuin Hahkalanvuolteen kantaan, jota on käytetty paljon kesänvanhojen kuhien istutuksiin. Myös Roineen kuhanäytteistä suhteellisen iso osa (11 %) sijoittui lähimmäksi Rautaveden kantaan. Tulokset voivat viitata

siihen, että Kulovedestä hankitun kuhanmädin vanhat istutukset näkyvät edelleen näiden järvien kuhakantojen perimässä.



Kuva 14. Mallasveden, Roineen ja Näsijärven kuha-näytteiden luokittuminen oman järven kantaan tai istutuskantoihin. Viidentenä vertailukantana on tässä Rautaveden kanta.

7. Pohdinta

7.1. Kuhakantojen geneettinen rakenne

Pirkanmaan kuhakantojen geneettiseen perimään ovat vaikuttaneet erityisesti kuhan levittäytymishistoria jääkauden jälkeen, kylmien ja lämpimien ajanjaksojen esiintyminen, kuhien luontaiset vaellukset, vaellusesteet, kalastus, istutustoiminta ja ympäristöolosuhteiden muutokset.

Lähihistoriassa kuhakantoihin vaikutti merkittävästi 1940-luvun lopulla alkanut pitkäkestoinen viileiden kesien kausi. Aina 1980-luvun puoliväliin jatkuneen ajanjakson aikana hellekesät olivat harvinaisia (Ilmatieteen laitos) ja monet kuhakannat taantuivat. Samoihin aikoihin paikallisia negatiivisia vaikutuksia Pirkanmaan kuhavesillä aiheutti veden laadun heikkeneminen lisääntyneen teollisuuden jätevesikuormituksen ja metsäojitusten takia (Kolari 2017). Kuhakantojen tilan vaihtelu oli järvikohtaista. Kun monilla järvillä kannat romahtivat murto-osaan entisestään, parhailla kuhavesillä, kuten Pyhäjärvellä ja Kulo-Rautavedellä kuhasaaliit pysyivät verrattain hyvinä. Kesälämpötilojen pudotuksen ohella kuhakantojen romahdukseen on arveltu vaikuttaneen 1950-luvulla tapahtunut nailonverkkojen käyttöönotto ja sen myötä huomattavasti tehostunut kalastus (Lehtonen ja Colby 1994). Kun kutukanta alenee pitkäaikaisesti esimerkiksi ympäristöolosuhteiden muuttuessa, kalastuksen vaikutus voi hidastaa kannan elpymistä. Ääritapauksessa populaatio voi kokonaan hävitä.

Suomen ilmastovyöhykkeellä on esiintynyt ennen 1900-lukua pitkällisiä hyvin viileitä ajanjaksoja. 1550-luvun puolivälissä alkoi jääkauden jälkeisen ajan kylmin ajanjakso, joka tunnetaan ns. pikku jääkautena. Se oli kylmimmillään 1600-luvun lopulla, jolloin oli useita ankaria katovuosia (Saarnisto 2009). 1700-luvun puolivälistä 1800-luvun alkuun oli lämmin jakso, kunnes ilmasto viileni uudestaan (Ympäristöhallinto 2019). Viileiden jaksojen sisällä on ollut välillä lämpimämpiäkin vuosia. Luultavasti useita kannan romahduksia on tapahtunut ennenkin, ja ne ovat muokanneet kuhakantojen geneettistä perimää Pirkanmaan järvillä.

Kylmienkään kausien aikana kuha ei kokonaan hävinnyt Pirkanmaan kuhavesistä, vaan pitkäikäinen laji selviytyi lisääntymiselle epäedullisten vuosien yli. Alun perin hyvin karuina ja kirkasvetisinä tunnetuilla Roineella ja Mallasvedellä kuhan häviäminen lajistosta kokonaan on ollut tosiasia tai ainakin ilmeisen lähellä, sillä 1800-luvun lopulla ja vielä 1900-luvun alkupuolella järviä pidettiin täysin kuhattomina (Nordqvist 1896, Hakola 1936). Ilmeisesti Mallasveden kuhakanta elpyi kuitenkin luontaisesti jo 1930-luvun alkupuolella, ja kuhanpyynti tuotti saalista. Kuhan menestymistä edesauttoi veden läpinäkyvyyden pieneneminen (Hakola 1936).

Tämän selvityksen kuhajärvet sijaitsevat lähellä toisiaan; etäisyys on linnuntietä enimmilläänkin alle 100 km. Isot järvet kuuluvat reittivesiin, joita pitkin kuhilla ja niiden geeniperimällä on ollut mahdollista siirtyä järvestä toiseen. Monin paikoin voimalaitospadot ja järvien väliset isot kosket (mm. Kyröskoski, Nokiankoski, Tammerkoski ja Valkeakoski) ovat rajoittaneet kuhien vaelluksia ylävirran suuntaan, mikä on vaikuttanut kantojen eriytymiseen.

Samassa pinnan tasossa olevilla vierekkäisillä selkä-alueilla Näsijärven Näsi- ja Koljonselällä, Roine-Mallasvedellä ja Pyhäjärven osa-alueilla kuhakannat olivat perinnöllisesti samanlaisia. Kun vaellusesteitä ei ole, vahva kuhapopulaatio levittäytyy samassa vesistössä hyödyntämään elinympäristönään laajoja alueita.

Vaikka kuhakantojen geneettiset erot ovat yleisesti ottaen pienemmät kuin esimerkiksi eri taimenkantojen väliset erot, Pirkanmaan kuhapopulaatiot erosivat toisistaan erittäin merkittävästi – edellä mainittua kolmea tapausta lukuun ottamatta. Tämä kertoo siitä, että perinnöllinen monimuotoisuus on säilynyt alueella mittavista istutuksista huolimatta. Erot yleisimpiin istutuksissa käytettyihin Pyhäjärven

Hahkalanvuolteen, Vanajanselän ja Lohjanjärven (Averia, Painio) kantoihin ovat melko suuret. Rannikon vertailukannat ovat geneettisesti vielä kauempana.

Pirkanmaan lounaisrajoilla sijaitsevan Mouhijärven kuhakanta erottautui selvimmin muista alueen kuhakannoista. Mouhijärvi on alueen reittivesistä erillään sijaitseva pienehkö järvi, joka laskee vetensä Kiikois-, Sääks- ja Puurijärven kautta Kokemäenjokeen. Tämä maantieteellinen sijoittuminen ja kuhan leviämishistoria lienevät Mouhijärven kuhakannan geneettisen erilaistumisen taustalla. Mouhijärnessä on luontainen kuhakanta (Toivonen ym. 1981), jota on tuettu jo vuosikymmenien ajan istutuksin. Yleisimpien istutuskantojen geneettistä vaikutusta ei ole juuri havaittavissa Mouhijärvellä. Oma vahva kanta on onnistunut suojaamaan itseään vieraan geeniperimän juurtumiselta.

7.2. Pyhäjärven kuhakanta

Samalla tavalla kuin Mouhijärven kuhakanta, myös Hahkalanvuolletta kutualueenaan käyttävä vahva Pyhäjärven kuhakanta on säilynyt DNA-analyysin perusteella melko puhtaana mittavista istutuksista huolimatta. Pyhäjärven reittivesi on ollut perinteisesti maamme parhaita kuhavesiä, jossa kuhakanta pysyi suhteellisen hyvänä myös kylmien vuosikymmenien eli 1950–1970-lukujen aikana.

Kuhaistutuksiin on käytetty suurelta osin Pyhäjärven oman kannan istukkaita, joten istutusten mahdolliset geneettiset vaikutukset ovat pienempiä kuin muissa järvissä, joiden istukkaat ovat olleet vierasta kantaa.

Hahkalanvuolteen ohella Pyhäjärvellä on luultavasti useita muitakin hyviä kutualueita. Kuhia kutee mm. Pyhäjärven pohjoisosassa Tammerkosken ja Nokianvirran välisellä alueella (Kivinen 2012). Pohjoisosaan vaeltaa jonkin verran Hahkalanvuolletta kutupaikkanaan käyttäviä kuhia (Kolari 1999) sekä todennäköisesti kuhia läheiseltä rehevämältä Saviselältä, jossa kuhakanta on runsaampi (mm. Westermark 2019). DNA-analyysin tulokset viittaavat siihen, että Pyhäjärven pohjoisosassa talvehtivan populaation lisääntymisalueet sijaitsevat osittain Sorvanselällä, joka sijaitsee vain 10–15 km päässä.

On myös mahdollista, että alueelle vaeltaa vähäisessä määrin kuhia 65–70 km päässä sijaitsevalta Vanajanselältä. Vanajanselän kantaan luokituneiden kuhien osuus oli Pyhäjärven pohjoisosassa kaikista järvistä suurin. Vanajanselän geeniperimän huomattava esilletulo pohjoisosan näytteissä voi olla osittain seurausta 1980-luvun lopun ja vuosituhannen vaihteen välillä tehdyistä massiivisista velvoiteistutuksista. Istutuksiin käytettiin Hahkalan kannan ohella ainakin Vanajanselän, Averian ja Lohjanjärven kantoja.

Pyhäjärven pohjoisosassa 7-vuotiailla muiden kantojen kuhilla sukukypsien osuus oli selvästi pienempi kuin oman kannan kuhilla. Kuhan lisääntymisiän ja -koon selvittämishankkeessa Pyhäjärven kuhanäytteissä havaittiin 46–52 cm kokoluokissa muihin Pirkanmaan järviin verrattuna poikkeuksellisen paljon martoja kuhia, joiden sukutuotteet eivät olleet kehittyneet. Sukukypsien kuhien osuus jäi Pyhäjärven pohjoisosassa näissä kokoluokissa jopa hieman alhaisemmaksi kuin pienemmissä, 34–42 cm kokoluokissa (Kolari ja Westermark 2017).

Saaliskaloja kuhiseviin reheviin ja savisameisiin vesistöihin verrattuna syvempi ja karumpi Pyhäjärven pohjoisosa on hyvin erilainen kasvuympäristö. Tämä voi vaikuttaa toisenlaisiin olosuhteisiin tottuneiden kuhien sukukypsymiseen. Kaikki kalat eivät muodosta sukutuotteita joka vuosi. On mahdollista, että osa Pyhäjärven muiden kantojen nopeakasvuisista kuhista oli tullut sukukypsäksi ensimmäisen kerran jo pyyntiä edeltävänä vuonna, jolloin ne olisivat olleet näytteenottovuonna pitämässä välivuotta kudun suhteen.

Tampereen kaupungin ja ympäristökuntien puhdistetut jätevedet lasketaan Pyhäjärven pohjoisosaan. Vuosina 2020–2022 toteutettavalla hormonitutkimuksella on tarkoitus selvittää, ovatko jätevesien mukana

kulkeutuvat hormonitoimintaa häiritsevät kemikaalit kuhien heikentyneen lisääntymiskyvyn taustalla. Koska DNA-määritysten perusteella myös kuhakannan alkuperällä voi olla jonkinlainen yhteys martojen kuhien poikkeukselliseen osuuteen Pyhäjärven pohjoisosassa, hormonitutkimuksen yhteydessä kannattaisi selvittää tarkemmin mahdollista kuhakannan alkuperän vaikutusta.

7.3. Kuhien kasvu, kunto ja sukukypsyys

Kuhien pituuskasvussa ei havaittu eroja samassa järvessä oman kannan ja muiden kantojen välillä. Sen sijaan Hahkalanvuolteen istutuskantaan sijoittuneiden kuhien kasvunopeus vaihteli huomattavasti järviittäin samoin kuin kuhan kasvu yleensäkin Pirkanmaan kuhajärvillä. Kuhan kasvuun vaikuttaa näin ollen ensisijaisesti vesistö ja sen tarjoama elinympäristö. Ravintotilanne suhteessa kuhakannan tiheyteen ja muut järven olosuhteet määrittelevät kasvun edellytykset. Geneettisellä perimällä voi olla merkitystä kuhan kasvunopeuteen, mutta se näyttäisi olevan toissijainen vesistön vaikutukseen nähden, varsinkin jos kuhakantojen kasvunopeuksissa ei alun perin ole suuria eroja.

Kyrösjärvellä kuhan kasvu on Pirkanmaan järvistä hitainta. Kasvun hidastuminen johtunee ravintoresurssien niukkuudesta aiheutuvasta ravintokilpailusta (Kolari ja Westermarck 2017). Kyrösjärvellä oman järven kannan kuhat keräsivät painoiaan nopeammin kuin istutuskantojen kuhat. Ero painon kasvussa voi kertoa siitä, että vesistöön sopeutuneen järven oman kannan yksilöt pystyvät hyödyntämään ravintovaroja tehokkaammin silloin, kun kilpailu ravinnosta on kovaa. Järvissä, joissa kuhan kasvu on nopeampaa ja kanta suhteessa ravintovaroihin harvempi kuin Kyrösjärvellä, ei oman järven kuhilla havaittu nopeampaa painon lisääntymistä.

Sekä järvien omiin kantoihin että istutettuihin kantoihin luokituneista kuhista valtaosa oli sukukypsiä. Kyrösjärvellä 5–6-vuotiaista oman kannan kuhista suurempi osa oli saavuttanut sukukypsyyden kuin istutetuista kuhista. Tämä johtuu luultavasti oman kannan kuhien paremmasta menestyksestä ravinnon hankinnassa, jolloin sukutuotteiden valmistaminen käynnistyy aiemmin, kun kuhat ovat tarpeeksi hyväkuntoisia. Pirkanmaan järvillä havaittiin, että ne kuhat, joiden sukutuotteet eivät olleet kehittyneet, olivat usein laihempia samanpituisiin sukukypsiin kaloihin verrattuna (Kolari ja Westermarck 2017). Oman kannan kuhien sopeutuminen paikallisiin oloihin mahdollistaa paremman lisääntymismenestyksen, kun ne tuottavat jälkeläisiä vuotta aiemmin kuin osa vieraiden kantojen kuhista.

Sukukypsyysskoon ja -iän luotettavaan kantakohtaiseen tarkasteluun tarvittaisiin huomattavasti suuremmat näytemäärät kuin tämän selvityksen yhteydessä oli mahdollista analysoida.

7.4. Istutukset ja luontainen lisääntyminen

Pirkanmaan järvien kuhakantojen perimässä on havaittavissa vaihtelevasti kesänvanhojen kuhien istutusten vaikutusta. Myös 1900-luvun mäti-istutukset ja emokalasiirrot järvestä toiseen ovat luultavasti vaikuttaneet alueellisesti kuhakantojen perimään. Istutusten vaikutus kuhakantoihin ja niiden geneettiseen rakenteeseen on ollut suurimmillaan heikoimpaan tilaan 1960–1980-luvuilla ajautuneissa kuhakannoissa.

Pirkanmaan järvien kuhasaaliit ovat kasvaneet merkittävästi 2000–2010-luvuilla, kun istutuksia on samaan aikaan huomattavasti vähennetty. Saaliit ovat kasvaneet kalastuksen yleisestä vähenemisestä huolimatta (Kolari 2018b). Esimerkiksi Pyhäjärven pohjoisosassa kirjanpitokalastajien harvojen verkkojen kuhan yksikkösaalis on yli kaksinkertaistunut kuhaistutusten lopettamisen jälkeen. Pyhäjärven Saviselällä, jossa

kuhaistutukset on myös lopetettu, verkkojen yksikkösaaliissa saavutettiin vuonna 2017 seurantahistorian ylivertainen ennätystaso 490 g/pyydysvrk (Westermarck 2019).

Näsijärvellä kuhan istutusmäärät ovat supistuneet 2010-luvulla kolmannekseen 1990-lukuun verrattuna. Samaan aikaan järven kuhakanta on vahvistunut, ja kuha on tällä hetkellä ylivoimaisesti runsain saalislaji. Näsijärven kalastustiedustelun kuhasaalisarvio oli 37 tonnia vuonna 2017 (Westermarck 2018), kun se oli 27 tonnia vuonna 2002 (Kivinen 2004) ja 15 tonnia vuonna 2008 (Holsti 2009). Saalistason nousun lisäksi kuhakannan huomattavaa vahvistumista korostaa se, että Näsijärven tiedustelujen kalastajamäärä ja pyyntiponnistus ovat selvästi vähentyneet 2000-luvun alusta (Kivinen 2004, Westermarck 2018).

Rautavedellä kirjanpitokalastuksen kuhan yksikkösaalis (796 g/pyydysvrk) kasvoi Pirkanmaan velvoitetarkkailujen historian korkeimmaksi vuonna 2016 (Kivinen 2017). Rautaveden kuhaistutukset ovat olleet 2010-luvulla enää murto-osia verrattuna 1990-lukuun. Tuolloin yksikkösaalis vaihteli tyyppillisesti 100 gramman molemmin puolin.

Ruovedellä ja Roineella istutukset ovat olleet marginaalisia jo pitkään. Järvien kuhasaaliit ovat olleet runsaita viime aikoina. Ruovedellä näyttäisi syntyneen vahva vuosiluokka 2013 ja kohtalainen vuosiluokka 2012 vuosien 2012–2013 istutustauon aikaan (Kolari 2019). Mallasveden ja Roineen vuosien 2011–2012 istutustauon aikaan molemmilla järvillä syntyi vahva vuosiluokka 2011 (Kolari ja Westermarck 2017). Varsinkin Mallasvedellä esiintyi melko paljon (27 %) vuosiluokan 2012 kuhia talven 2016 saalisnäytteissä (Kolari 2017). DNA-analyysin perusteella vuosiluokasta 2011 vieraisiin kantoihin sijoittui huomattava osa (38 %), eli jopa enemmän kuin vuosiluokasta 2010 (28 %). Mallasvedellä istutukset olivat mittavia vuonna 2010 (11,4 kpl/ha). Mikäli istutuksilla olisi ollut vaikutusta saaliisiin, istutuskantojen olisi pitänyt näkyä vuosiluokan 2010 näytteissä suuremmalla osuudella. Tulos oli kuitenkin päinvastainen.

Tilanne oli samankaltainen myös muilla tämän selvityksen järvillä; istutusmäärien vuosittainen vaihtelu ei käytännössä korreloinut vieraiden kantojen esiintymisen kanssa. Eri järvillä osa lisääntymiskokoisista yksilöistä voi olla istukkaiden jälkeläisiä esimerkiksi ensimmäisessä tai toisessa sukupolvessa. Luonnossa syntyneiden vuosiluokkien kuhien sijoittuminen vieraisiin kantoihin voi tarkoittaa myös sitä, että kantojen väliset geneettiset eroavaisuudet ovat kaiken kaikkiaan kohtalaisen pieniä. Osa populaation yksilöistä muistuttaa vieraita kantoja, vaikka ne ovatkin itse asiassa järven omaa kantaa.

Mallasvedeen istutettiin vuosina 1989–2015 kolminkertainen määrä kuhaa Roineen istutuksiin verrattuna. Mallasveden kuhakanta oli kuitenkin geneettisesti lähes identtinen Roineen kannan kanssa. Tämä viittaa siihen, että istutusten vaikutus jälkeläistuotantoon ja sitä kautta kannan perimään näyttää jääneen pieneksi. Vaikka Mallasveden kuhien eroavaisuus vieraisiin kantoihin on astetta pienempi kuin Roineella, näillä järvillä on kysymyksessä pitkälti yksi ja sama kuhakanta.

Rautaveden aineistossa oman kannan suhteellinen osuus oli hieman suurempi kuin Kyrösjärvellä, jonka kanta oli kokenut syvän romahduksen 1980-luvulle tultaessa. 1970-luvulla myös Rautaveden kuhakannassa näkyi lisääntymisen kannalta epäedullinen edeltävä viileä jakso. Vuonna 1977 kirjapitokalastuksen yksikkösaalis oli 44 g/pyydysvrk, mikä kuvastaa lähinnä kohtalaista kannan vahvuutta. Vuonna 1979 yksikkösaalis oli kuitenkin jo 182 g/pyydysvrk (Mankki 1985). Rautaveden kuhakanta pysyi tämän jälkeen vankkana läpi 1980-luvun (Valkama 1991). 1980-luvun massaistutukset käynnistettiin siis vahvan luontaisen kannan vallitessa. Mittavat istutukset ovat saattaneet tuoda Rautaveden luontaiseen kuhakantaan ainakin jonkin verran vierasta geeniperimää. Vahvojen kuhavuosisluokkien luontainen levittäytyminen alavirtaan Rautavedelle – aiemmin Nokian Emäkosken ja viime vuosikymmeninä Melon voimalaitoksen kautta – yläpuolisilta Pyhäjärveltä ja Vanajanselältä voi kuitenkin olla osaltaan kannan geneettisen nykytilan taustalla. Koska Rautavesi on vesistöalueen alimmainen järvi ennen Kokemäenjokea, kuhien alasvaellukset ovat olleet periaatteessa mahdollisia esimerkiksi Kyrösjärveltä ja lisäksi kauempaakin Längelmäveden reitiltä ja Näsijärven reitin yläosasta saakka.

Suomessa kuhakanta on kotiutettu istutuksin moniin uusiin järviin tai palautettu sellaisiin vesistöihin, joista kanta on aiemmin kadonnut (mm. Toivonen ym. 1981, Ruuhijärvi ym. 1996, Lappalainen ym. 1998). Esimerkiksi Oulujärvellä 1980-luvulla lähes sukupuuttoon kuollut luontainen kuhakanta on korvautunut kesänvanhojen kuhien istutusten myötä Vanajanselän kuhalla (Salminen ym. 2011).

Tässä selvityksessä istutusten geneettinen vaikutus olikin selvimmin nähtävissä Näsijärvellä ja Kyrösjärvellä, joiden kuhakannat romahtivat vähiin 1960- ja 1980-lukujen välillä. Näsijärvellä ja Kyrösjärvellä ”oma kanta” oli kuitenkin näytteissä yleisin, eli Oulujärven tapaista oman kannan korvautumista istutuskannalla ei ilmeisesti ole tapahtunut. Kyrösjärveltä ja Näsijärveltä – toisin kuin Oulujärveltä – ei ollut käytettävissä vertailuun alkuperäiskantojen DNA:ta ajalta ennen kesänvanhojen kuhien istutuksia. Käsite ”oma kanta” onkin lähinnä suuntaa antava. Havainto viittaa kuitenkin vahvasti siihen, että luonnollinen lisääntyminen on ollut merkittävänä tekijänä kuhakantojen elpymisen taustalla näilläkin järvillä – luultavasti jo 1980-luvulta saakka (mm. vuosiluokka 1988).

1900-luvun toisella puoliskolla tehtyjen Saaristomeren kuhien siirtoistutusten vaikutusta kuhakantojen perimässä esiintyy korkeintaan marginaalisesti jos lainkaan. Näsijärvellä ja Mallasvedellä merikantaan luokittuneiden muutaman yksilön sukujuuret voivat olla rannikolla, tai sitten yksilöt ovat todellisuudessa järvikantaa ja geneettinen luokittuminen selittyy kannan sisäisellä monimuotoisuudella.

Miksi kesänvanhojen kuhien istutusten vaikutus on jäänyt pieneksi luontaisilla kuhavesillä? Kuha on hedelmällisimpiä kalojamme, joka tuottaa vahvoja vuosiluokkia lämpiminä kesinä. Vastakuoriutuneita poikasia syntyy vuosittain valtavia määriä, ja suotuisissa oloissa niistä selviää hengissä iso joukko yli kesän. Yksittäisten vuosiluokkien väliset runsauserot voivat olla yli satakertaisia (Lehtonen ja Colby 1994). Järveen saattaa muodostua runsas ikäluokka, vaikka lisääntymiskokoisten kuhien määrä järvestä olisi suhteellisen pieni. Näin populaatio voi elpyä aallonpohjasta sopivissa olosuhteissa luonnollisen lisääntymisen kautta hyvinkin nopeasti. Vastaava ilmiö on tyypillinen esimerkiksi muikulla.

Suuren kappalemäärän ohella luonnonpoikaset menestyvät paremmin myös siksi, että ne ovat syksyllä isompia kuin istukkaat. Pyhäjärveen vuosina 2000–2015 istutettujen yli puolen miljoonan kesänvanhan kuhaistukkaan keskikoko oli 74 mm (ELY-keskus). Istutukset tehtiin pääasiassa syyskuun 10. päivän jälkeen. Istukkaiden lisäkasvu järvestä ennen talvea jää kohtalaisen pieneksi, koska vedet viilenevät normaalisti alle 10 asteen lokakuun alkupuoliskon aikana. Pyhäjärven Toutosella nuotalla kalastettujen luonnonpoikasten keskipituus oli kylmän kasvukauden 1998 jälkeen loka-marraskuun vaihteessa 94 mm ja lämpimän kasvukauden 1999 jälkeen 109 mm (Kolari 2001). Tämän selvityksen Hahkalanvuolteen vuoden 2018 näytekuhien keskipituus oli ensimmäisen kasvukauden jälkeen 99 mm takautuvasti määritettynä.

Luonnonvalinta vaikuttaa järvestä syntyneisiin poikasiin ensimmäisenä kesänä merkittävästi enemmän kuin suojaisessa luonnonravintolammikossa kasvaviin istukkaisiin, jotka eivät altistu kalojen saalistukselle ja totu petojen olemassaoloon. Pienet istukkaat ovat luonnonpoikasia pidempään optimikoossa ahventen ja isompien kuhien saalistukselle. Vaikka istukkaista osa selviää sukukypsyyssyköön, oman kannan kuhilla lisääntymismenestys on luultavasti niitä parempi. Kotijärvestään syntyneet sukukypsät kuhat osaavat paremmin luonnostaan suunnata oikeaan aikaan hyvälle kutupaikalle. Aikuisiksi kasvaneilla vieraan kannan istukkailla vastaava kyky voi olla puutteellinen.

Kuhakannat alkoivat vahvistua Pirkanmaan vesillä laajalla rintamalla 1980-luvun loppupuolelta lähtien. 2010-luvun puolivälin jälkeen ne ovat saavuttaneet lähihistorian huipputasen. 1980-luvulla käynnistyneet kesänvanhojen kuhien laajamittaiset istutukset nopeuttivat kuhakantojen elpymistä erällä järvillä. Geneettisen analyysin perusteella näyttää kuitenkin siltä, että kuhaistutusten merkitystä on vahvasti yliarvioitu.

8. Suosituksia

Tässä selvityksessä mukana olleilla Pirkanmaan järvillä kuhaistutusten systemaattiselle jatkamiselle on vaikeaa nähdä perusteita nykytilanteessa. Istutusten haittavaikutuksena on jäljellä olevan geneettisen monimuotoisuuden kaventuminen, kantojen sekoittuminen ja ravintokilpailun kiristyminen muutenkin tiheissä kuhakannoissa. Vahva luonnollisesti uusiutuva kanta on tasapainossa suhteessa järven tarjoamiin ravintovaroihin. Istutukset eivät tuota lisäarvoa, vaan saaliit voivat jopa laskea, kun yksilöiden kasvu hidastuu. Tällöin istutuksiin käytetyt varat eivät pelkästään mene hukkaan, vaan ne tuottavat negatiivista tulosta.

Alkuperäisten villien kuhakantojen säilyttäminen ja perinnöllisten sopeutumien turvaaminen tulee olla ensisijaisena lähtökohdana kuhavesien hoidossa. Tuki-istutukset voisivat tulla kysymykseen, jos kannat jossain vaiheessa romahtavat uudestaan kesälämpötilojen pidempiaikaisen viilenemisen takia. Tällöin ennen kaikkea kalastuksensäätelyn merkitys korostuisi.

Jos kuhan tuki-istutuksiin ilmenee tulevaisuudessa todellista tarvetta, luontaisten kuhajärvien istutuksiin tulisi käyttää vain järvien omia kantoja. Mädinhankinta viljelyn lähtömateriaaliksi yhtä aikaa useista järvistä on tosin käytännössä vaikea järjestää taloudellisesti kannattavasti liiketoimintapohjalta. Keskeisimpien vesistöjen osalta se ei liene kuitenkaan täysin mahdotonta. Tällöin toimintaan tulee järjestää riittävät resurssit ja hoitaa organisointi esimerkiksi yksityisten ja julkisten tahojen tiiviinä yhteistyönä.

Tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen ennustetaan kuitenkin pikemminkin nostavan keskilämpötiloja, joten tarpeet kuhaistutuksille saattavat olla jatkossa vähäisiä. Suomalainen kalastuksen hoito on perustunut pitkälti istutustoimintaan ja vankkaan uskoon sen hyödyistä tilanteessa kuin tilanteessa. Vahvojen luonnollisesti lisääntyvien kalakantojen suhteen totuttuja ajatusmalleja olisi syytä tarkastella kriittisesti uudestaan. Kalatalousalueiden käyttö- ja hoitosuunnitelmissa kuhakantojen hoitoa tulisi miettiä ensisijaisesti kalastuksen järjestämisen kautta. Edellä mainittujen haittavaikutusten välttämiseksi suunnitelmiin voidaan kirjata yhtenä kaikkia osapuolia sitovana toimenpiteenä kuhaistutuksista pidättäytyminen hyvillä luontaisilla kuhavesillä.

Lähteet

- Anderson, E. C., Waples, R. S. and Kalinowski, S. T. 2008. An improved method for estimating the accuracy of genetic stock identification. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 65: 1475-1486.
- Anon. 1954. Toiminta kalatalouden edistämiseksi. Hämeen-Satakunnan Maanviljelysseura, vuosikirja 1953.
- ELY-keskus. Kalanistutustilastot 1989–2015.
- Goudet, J. 1995. FSTAT (Version 1.2): A computer program to calculate F-statistics. Journal of Heredity 86: 485–486.
- Goudet, J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3).
- Hakola, T. P. 1930. Kuhanviljelys. Suomen Kalastusyhdistys nro 14.
- Hakola, T. P. 1936: Kuhan edistymisestä Mallasvedessä. Suomen Kalastuslehti 43(2): 63.
- Hakola, T. P. ja Juvonen, O. 1964. Kuhan viljely ja pyynti. Suomen Kalastusyhdistys nro 39.
- Halme, E. 1961. Kalanistutukset Suomessa vuoteen 1958. Osa 3. Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja nro 16.
- Halme, E. 1962. Kalanistutukset Suomessa vuoteen 1958. Osa 4. Maataloushallituksen kalataloudellinen tutkimustoimisto. Monistettuja julkaisuja nro 17.
- Holsti, H. 2009. Näsijärven kalastusalue: Näsiselän, Koljonselän ja Vankaveden kalastustiedustelu 2008. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Kirje nro 688/HH.
- Ilmatieteen laitos. Ilmastotilastot.
- Kalinowski, S. T., Manlove, K. R. and Taper, M. L. 2007. A computer program for genetic stock identification. Manual. Department of Ecology, 310 Lewis Hall, Montana State University. 22 pp.
- Karjalainen, M. 2000. Pyhäjärven kuhaistutusten polttomerkintätutkimus – Yhteenveto vuodelta 1999. Pirkanmaan Kalatalouskeskus.
- Kivinen, S. 2004. M-Real Oyj, Lielahden tehdas. Näsijärven kalataloudellinen velvoitetarkkailu 2002. Näsijärven kalastusalue: Koljonselän ja Vankaveden kalastustiedustelu 2002. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu nro 490.
- Kivinen, S. 2012. Tampereen Pyhäjärven kuhan kutupaikkaselvitys. Loppuraportti. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys. Kirje nro 207/SK.
- Kivinen, S. 2017. Kulo- ja Rautaveden kalataloudellinen tarkkailu vuonna 2016. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu nro 782.
- Kolari, I. 1998. Pohjois-Hämeen kuhavesien kuhaistutukset ovat jäämässä tuloksettomiksi. Suomen Kalastuslehti 105(3): 22–27.
- Kolari, I. 1999. Kuhan vaellukset, kalastus ja kasvu Pyhäjärvellä. Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja nro 31.
- Kolari, I. 2001. Kuhanpoikasvuosiluokkien vaihtelut Pyhäjärven Toutosella ja Säijänselällä vuosina 1996–2000. Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja nro 42.
- Kolari, I. 2015. Kalastuslankaa, katajanhavuja ja kalamarkkinoita – Katkelmia Pirkanmaan kalatalousneuvonnan satavuotiselta taipaleelta. Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja nro 63.
- Kolari, I. 2017. Pirkanmaan kuhatutkimuksen näytevuosikohtaisia (2015 ja 2016) tuloksia Roineen-Mallasveden-Pälkäneveden kalastusalueelle. Pirkanmaan Kalatalouskeskus.

- Kolari, I. 2018a. Näsiselän kuhakantaselvitys. Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja nro 65.
- Kolari, I. 2018b. Pirkanmaan kuhajärvien kalastusselvitys. Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja nro 66.
- Kolari, I. 2019. Kuhan luontainen lisääntyminen Ruovedellä vuosien 2012–2013 istutustauon aikaan. Pirkanmaan Kalatalouskeskus.
- Kolari, I. ja Westermarck, A. 2017. Kuhan lisääntymisikä ja -koko Pirkanmaan järvillä. Pirkanmaan kalatalouskeskuksen tiedonantoja nro 64.
- Koskiniemi, J. ja Koljonen M.-L. 2017. Näsjärven kuhanäytteiden geneettinen DNA-mikrosatelliittianalyysi. Helsingin yliopisto ja Luonnonvarakeskus.
- Lappalainen, J., Lehtonen, H., Tammi, J. ja Lappalainen, S. 1998. "Kuhakantakartoitus 1998 – kyselyn alustavia tuloksia. Suomen Kalastuslehti 105(8): 6–10.
- Lehtonen, H. ja Colby P. J. 1994. Kalastettiin kuhat loppuun pohjoisen vesistä? Suomen Kalastuslehti 101(7): 12–14.
- Mankki, J. 1985. Kulo- ja Rautaveden kalataloudellinen tarkkailu vuosina 1983 ja 1984. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu nro 164.
- Nei, M., Tajima, F. & Tateno, Y. 1983. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. – Journal of Molecular Evolution 19: 153–170.
- Nieminen, M. 2010. Kuhan (*Sander lucioperca*) kasvu ja luontainen lisääntyminen Näsjärvellä. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Kala- ja ympäristötalous.
- Nordqvist, O. 1896: Matkamuistelmia kalastusoloista muutamissa Hämeen järvissä. Suomen Kalastuslehti 5 (4–5): 4-7, 84–86.
- Page, R. D. M. 2000. TreeView program. Version 1.6.1.
- Piry, S., Alapetite A., Cornuet, J.-M., Paetkau, D., Baudouin, L. & Estoup, A. 2004. GeneClass2: A Software for Genetic Assignment and First-Generation Migrant Detection. Journal of Heredity 95: 536–539.
- Ruuhijärvi, J. ja Salminen, M. 1992. Kuhanviljelyn ja kuhaistutusten historiaa ja näkymiä. Suomen Kalatalous 60: 222–233.
- Ruuhijärvi, J., Salminen, M. & Nurmio, T. 1992. Releases of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) fingerlings in lakes with no established pikeperch stock. Ann. Zool. Fennici 33: 553–567.
- Saarnisto, M. 2009. Jääkauden jälkeinen ilmasto. Maan ytimeistä avaruuteen: 127–140.
- Saitou, N. and Nei, M. 1987. The neighbour joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. Molecular and Biological Evolution 4: 406–425.
- Salminen, M., Koljonen, M.-L., Säisä, M. & Ruuhijärvi, J. 2011. Genetic effects of supportive stockings on native pikeperch populations in boreal lakes – three cases, three different outcomes. Hereditas 148: 129–144.
- Säisä, M., Salminen, M., Koljonen, M.-L. & Ruuhijärvi, J. 2010. Coastal and freshwater pikeperch (*Sander lucioperca*) stocks differ genetically in the Baltic Sea basin. Hereditas 147: 205–214.
- Säisä, M., Salminen, M., Koljonen, M.-L., Ruuhijärvi, J. ja Hyvärinen, P. 2008. Kuhakantojen geneettinen kartoitus – kuinka suuret ovat kuhakantojemme väliset perinnölliset erot? Riista- ja kalatalous. Selvityksiä 8/2008. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- Takezaki, N. 1998. NJBAFD: Neighbor-joining tree construction from allele frequency data. National Institute of Genetics, Misima, Sizuoka-ken, Japan.
- Toivonen, J., Antere, I. & Lehtonen, H. 1981. Kuhan esiintyminen Suomessa. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Tiedonantoja 17: 31–50.

Ympäristöhallinto 2019. Ilmastohistoria ja ilmastonmuutos. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/PohjoisPohjanmaan_ymparistohistoria/Ilmastohistoria_ja_ilmastonmuutos. Ladattu 23.8.2019.

Valkama, J. 1991. Kulo-, Rauta- ja Liekoveden kalataloudellinen tarkkailu vv. 1987–1990. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu nro 244.

Wang, J. 2004. Sibship reconstruction from genetic data with typing errors. *Genetics* 166: 1963–1979.

Wang, J. & Santure, A. W. 2009. Parentage and sibship inference from multi-locus genotype data under polygamy. *Genetics* 181: 1579–1594.

Wang, J. 2007. Triadic IBD coefficients and applications to estimating pairwise relatedness. *Genet. Res.* 89: 135–153.

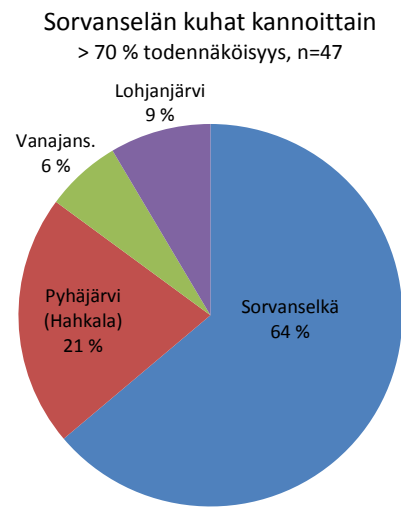
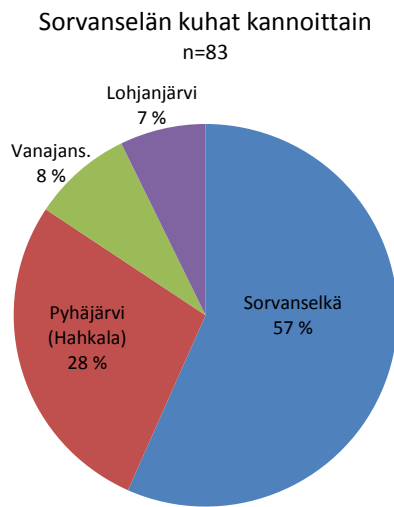
Westermarck, A. 2018. Näsijärven kalastustiedustelu vuonna 2017. KVVY Tutkimus Oy. Tutkimusraportti nro 1104/18.

Westermarck, A. 2019. Pyhäjärven kalataloudellinen yhteistarkkailu vuonna 2017. KVVY Tutkimus Oy. Julkaisu nro 814.

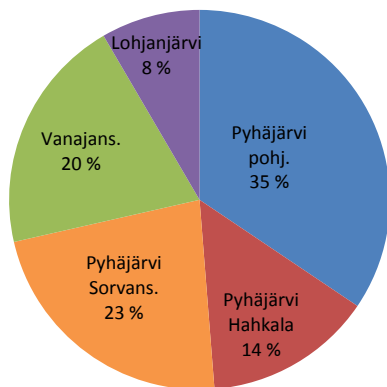
Liitteet

1. Kuhien sijoittuminen lähimmäs omaa tai vertailukantoja.
2. Kuhien sukukypsyys kantakohtaisesti.
3. Järven omaan kantaan ja muihin kantoihin sijoittuneiden kuhien sukukypsyys ikäluokittain.
4. Eri kantoihin > 70 % todennäköisyydellä sijoittuneiden kuhien kasvu.
5. Kuhakannat vuosiluokittain.
6. Kuhaistutukset ja omaan kantaan sijoittuneiden kuhien osuus vuosiluokittain.

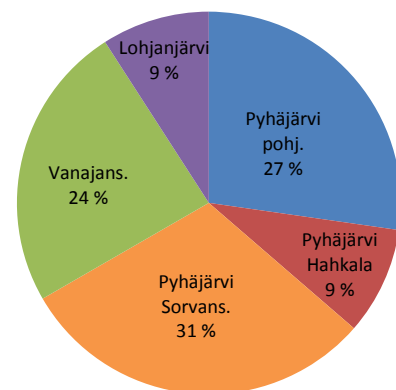
Liite 1. Kuhien sijoittuminen lähimmäs omaa tai vertailukantoja. Vasemmalla koko aineisto, oikealla rajausjoukko (sijoittumisen todennäköisyys tiettyyn kantaan yli 70 %).



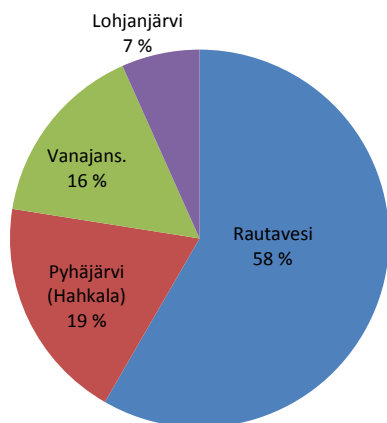
Pyhäjärvi pohj. kuhat kannoittain
vertailussa myös Sorvanselkä, n=119



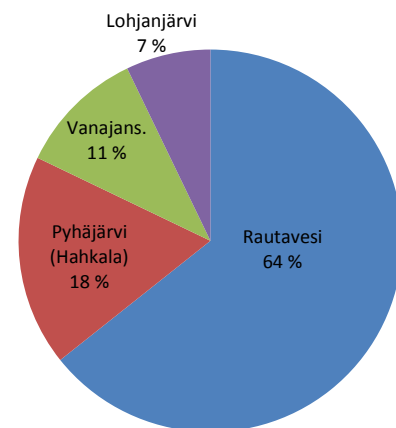
Pyhäjärvi pohj. kuhat kannoittain
vert. myös Sorvanselkä, > 70 % todennäköisyys, n=33



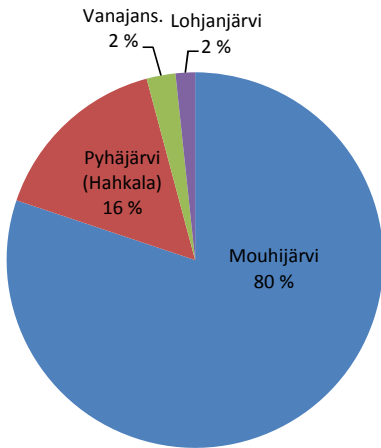
Rautaveden kuhat kannoittain
n=120



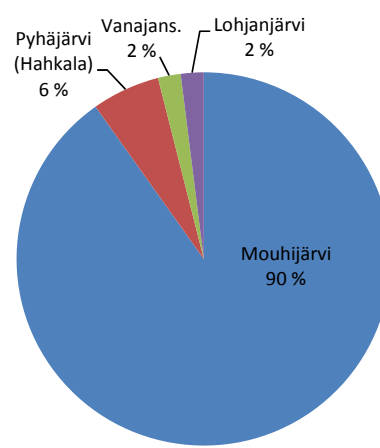
Rautaveden kuhat kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=56



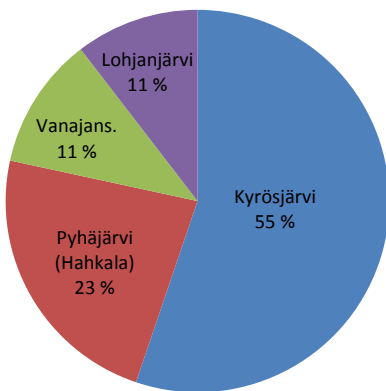
Mouhijärven kuhat kannoittain
n=121



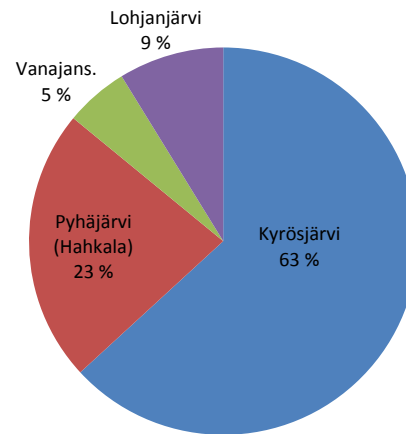
Mouhijärven kuhat kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=102



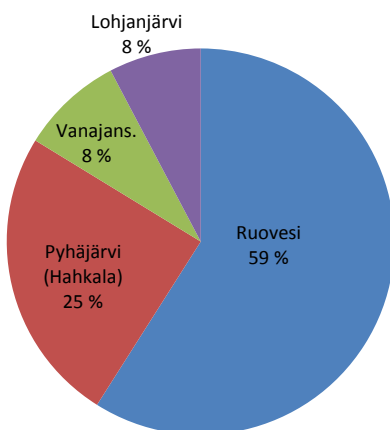
Kyrösjärven kuhat kannoittain
n=125



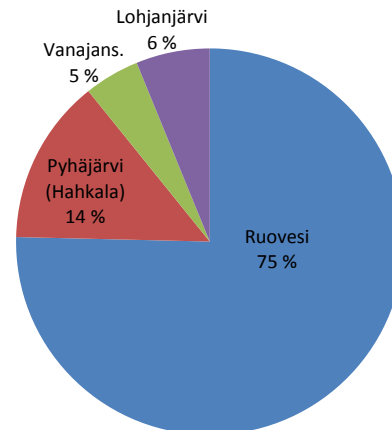
Kyrösjärven kuhat kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=57



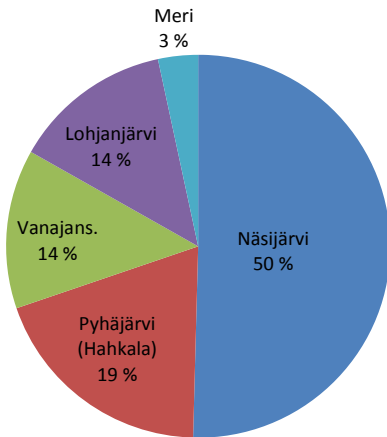
Ruoveden kuhat kannoittain
n=117



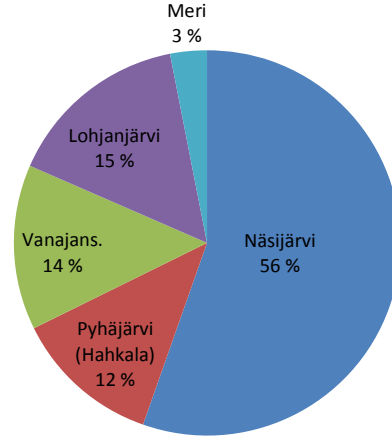
Ruoveden kuhat kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=65



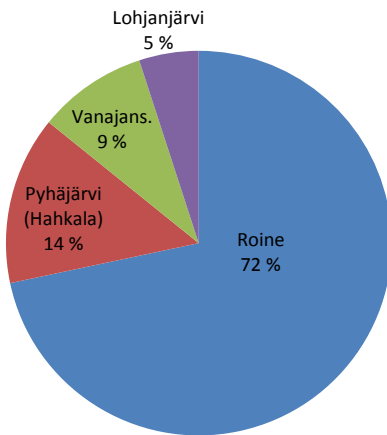
Näsijärven Koljons. kuhat kannoittain
n=119



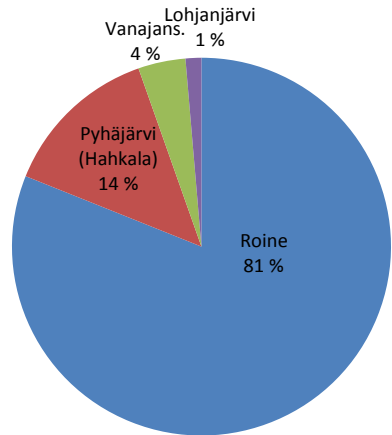
Näsijärven Koljons. kuhat kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=65



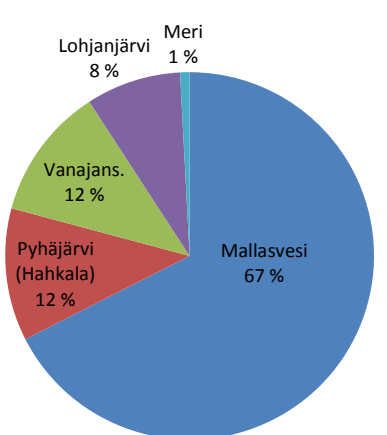
Roineen kuhat kannoittain
n=120



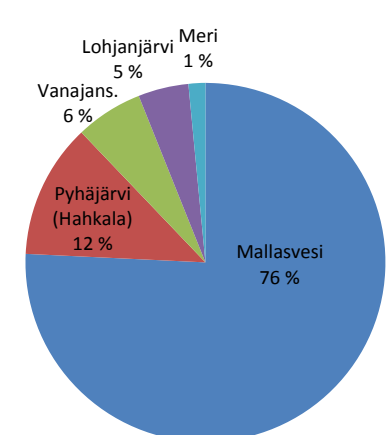
Roineen kuhat kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=74



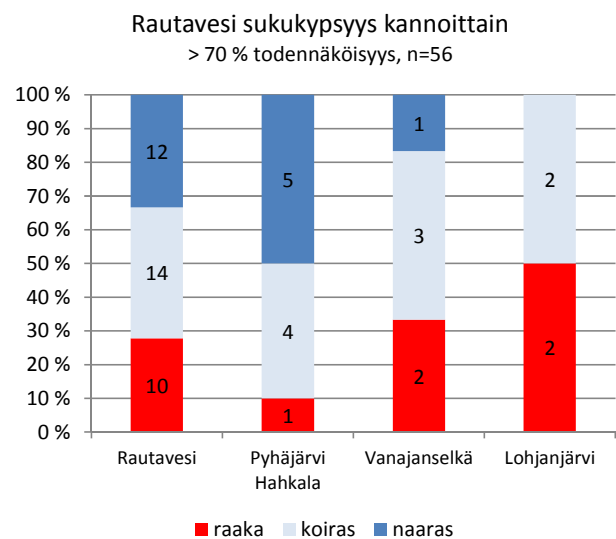
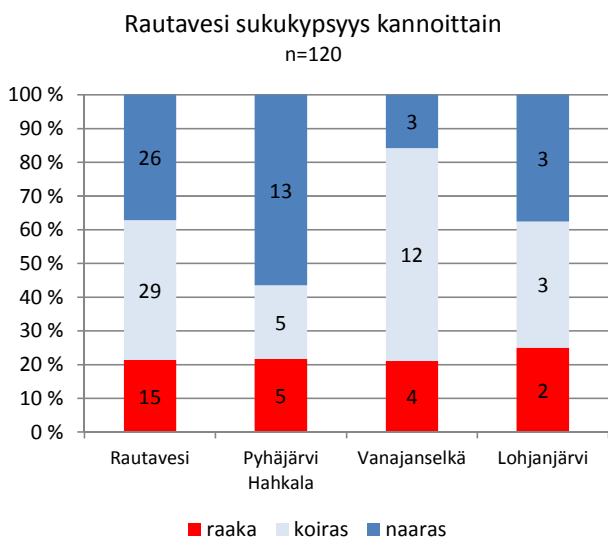
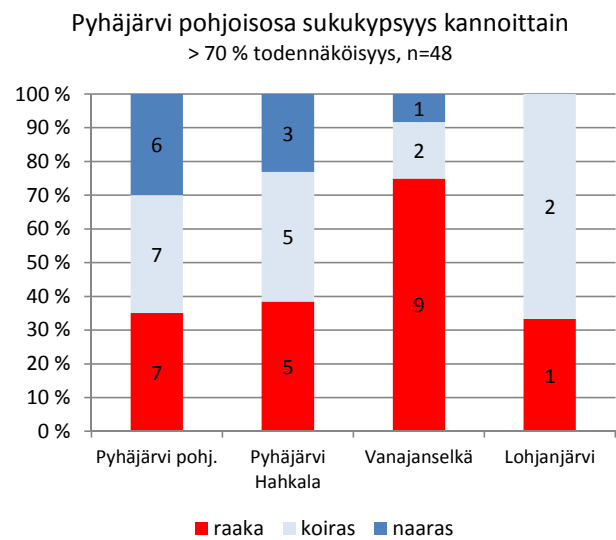
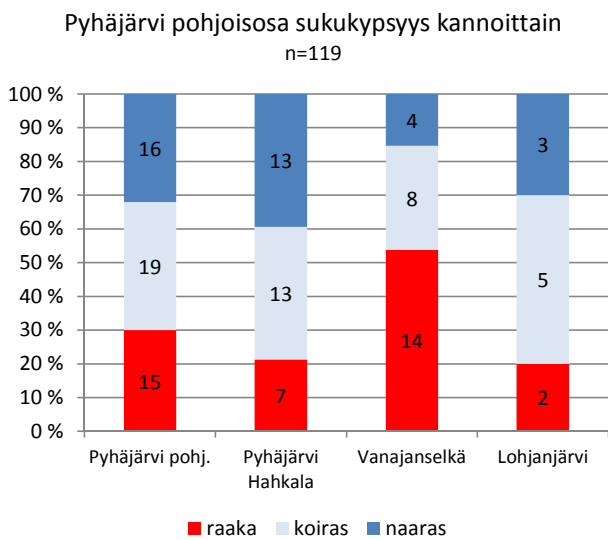
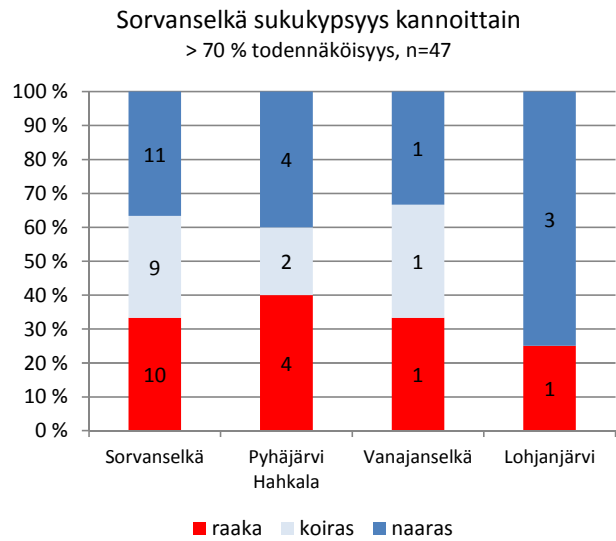
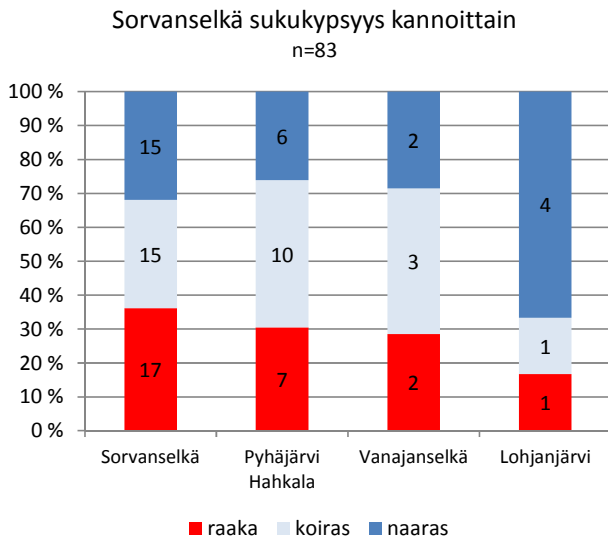
Mallasveden kuhat kannoittain
n=120



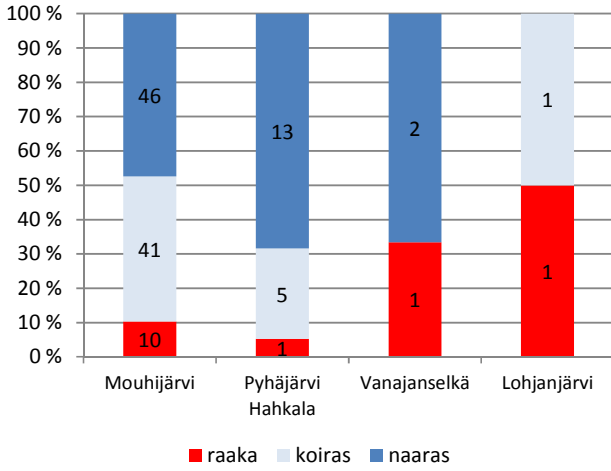
Mallasveden kuhat kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=66



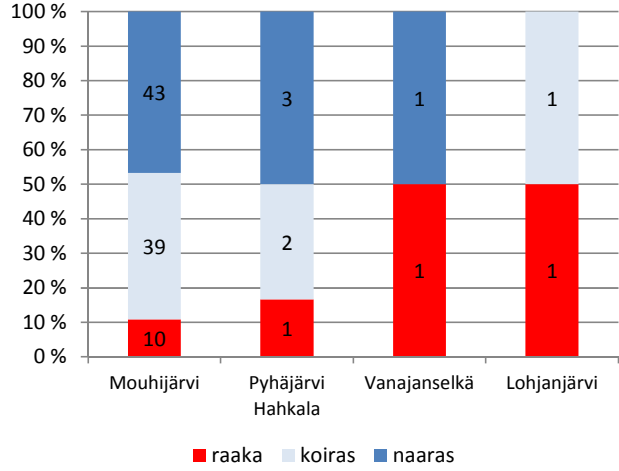
Liite 2. Kuhien sukukypsyys kantakohtaisesti. Vasemmalla koko aineisto, oikealla rajausjoukko (sijoittumisen todennäköisyys kantaan yli 70 %). Kuhanäytteiden kappalemäärä ilmoitettu numeroin.



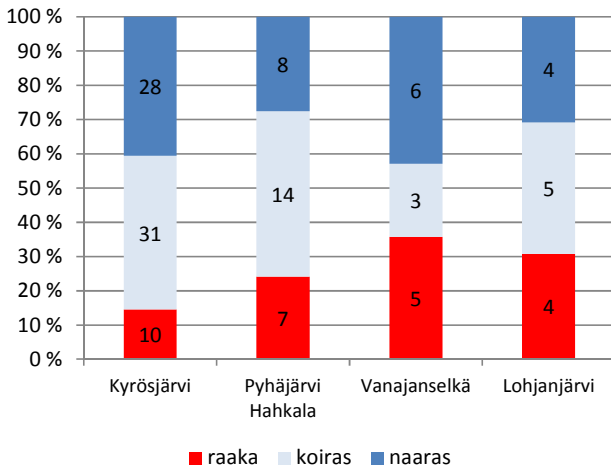
Mouhijärvi sukukypsyyden kannoittain
n=121



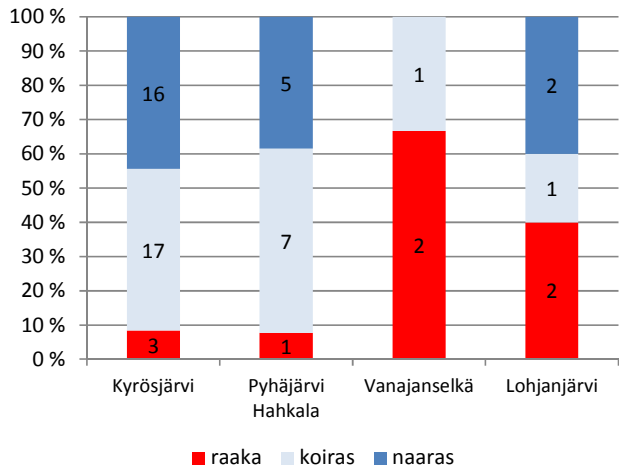
Mouhijärvi sukukypsyyden kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=102



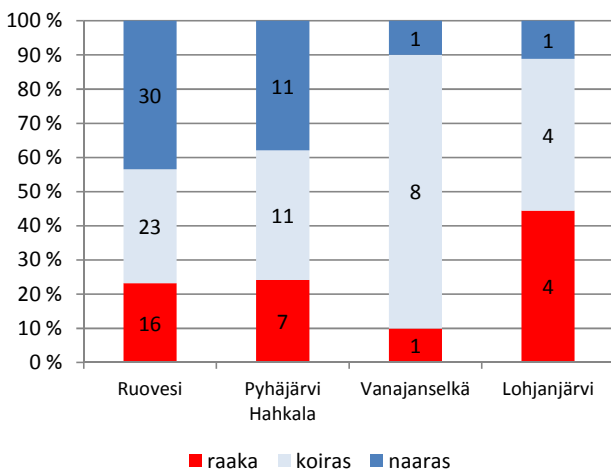
Kyrösjärvi sukukypsyyden kannoittain
n=125



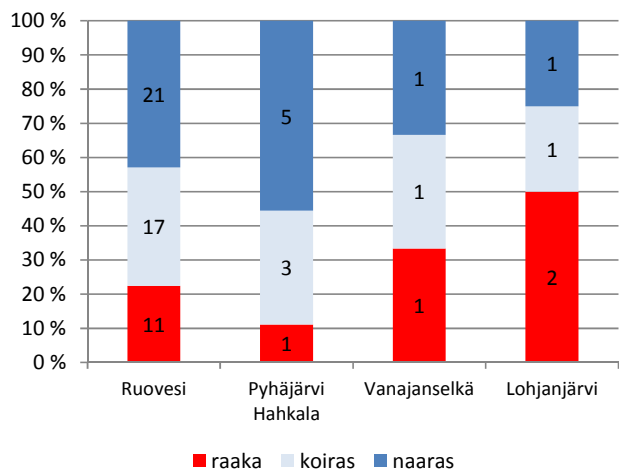
Kyrösjärvi sukukypsyyden kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=57



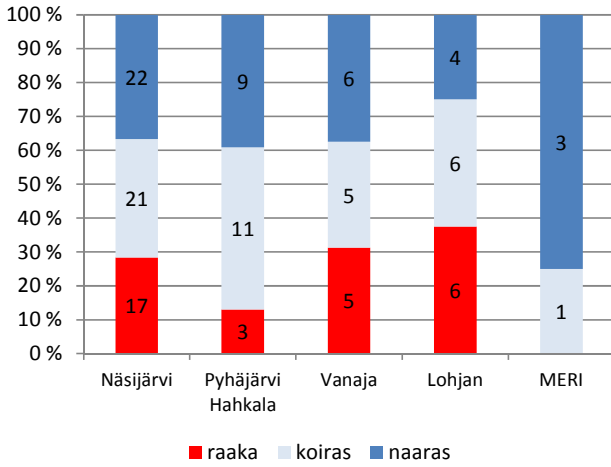
Ruovesi sukukypsyyden kannoittain
n=117



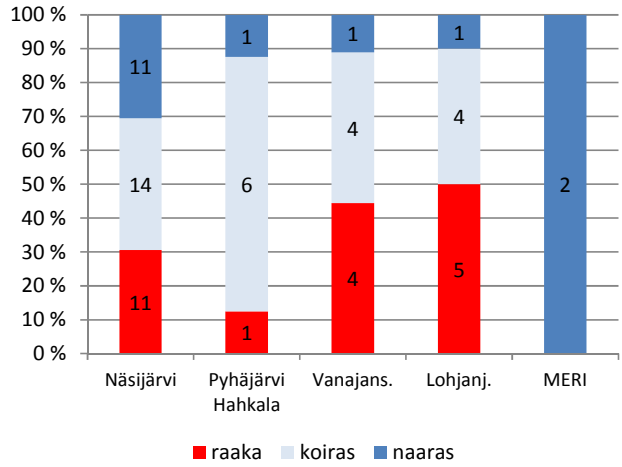
Ruovesi sukukypsyyden kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=65



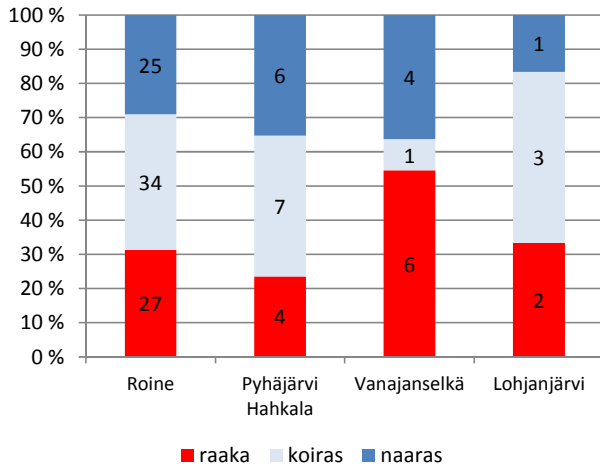
Näsijärvi Koljons. sukukypsyyden kannoittain
n=119



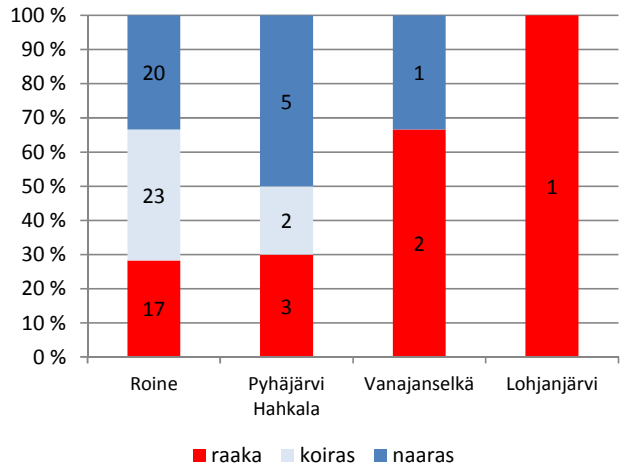
Näsijärvi Koljons. sukukypsyyden kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=65



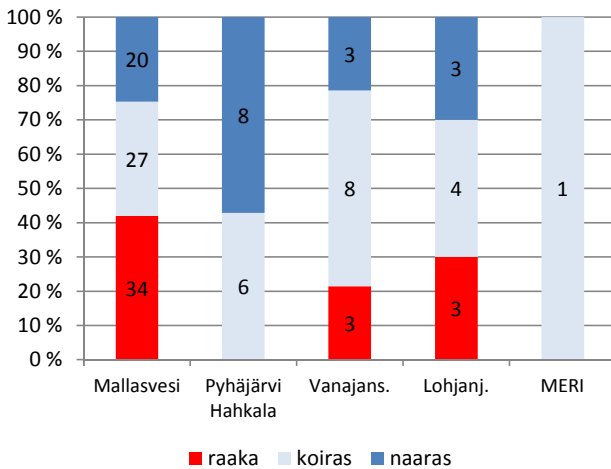
Roine sukukypsyyden kannoittain
n=120



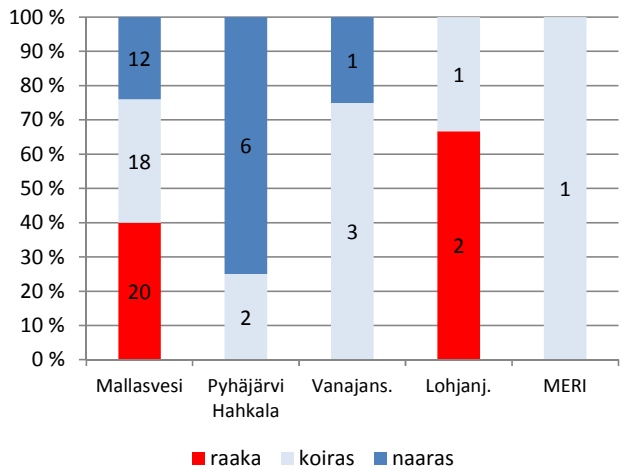
Roine sukukypsyyden kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=74



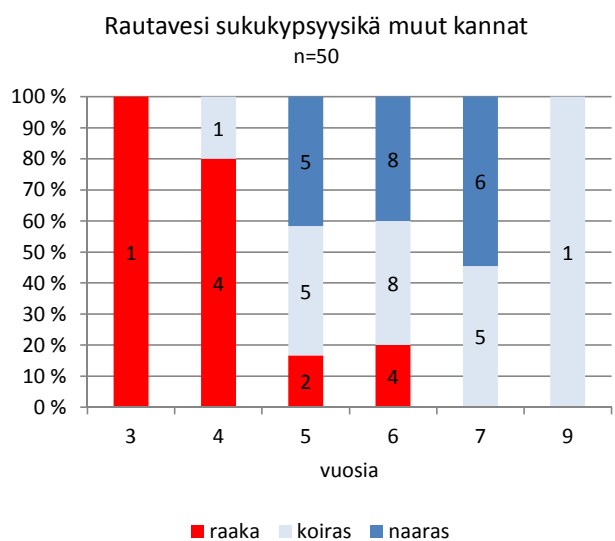
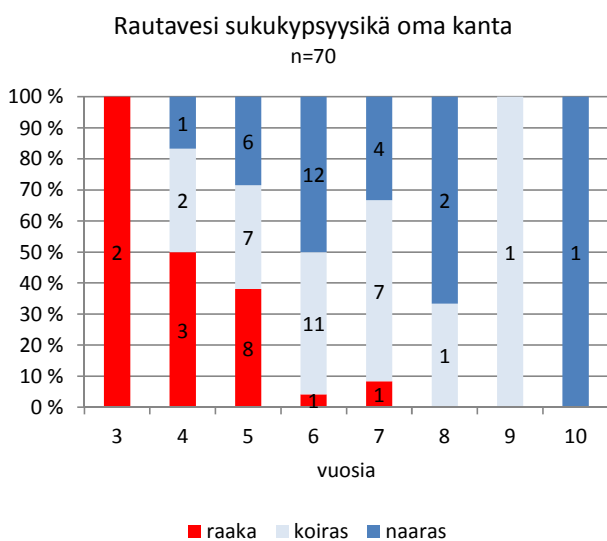
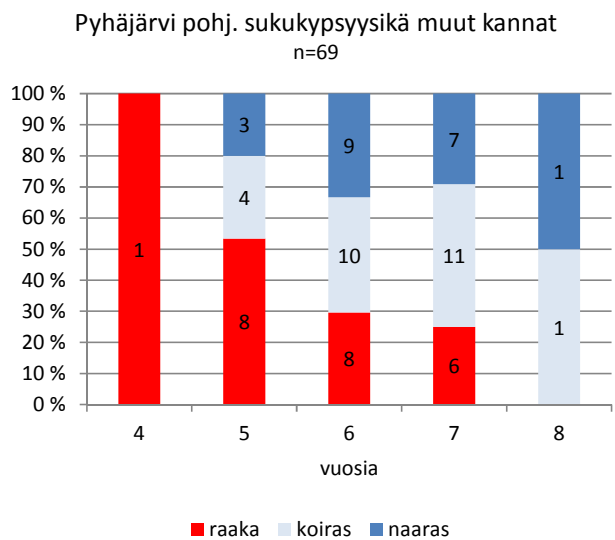
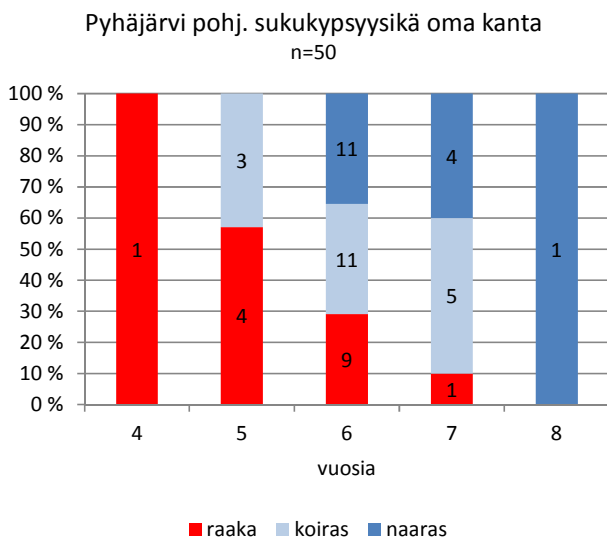
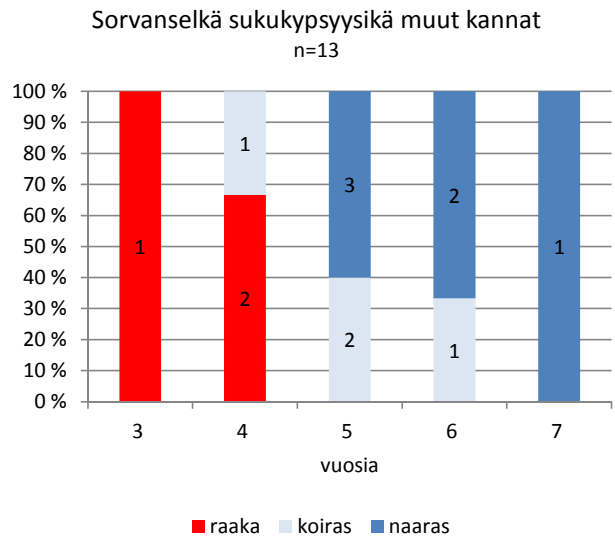
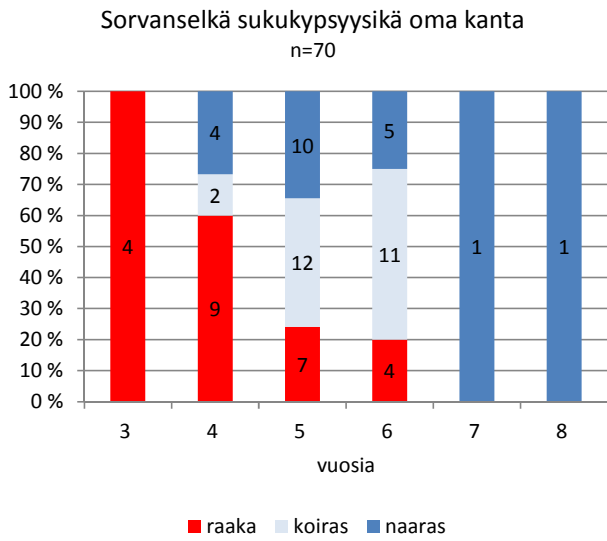
Mallasvesi sukukypsyyden kannoittain
n=120



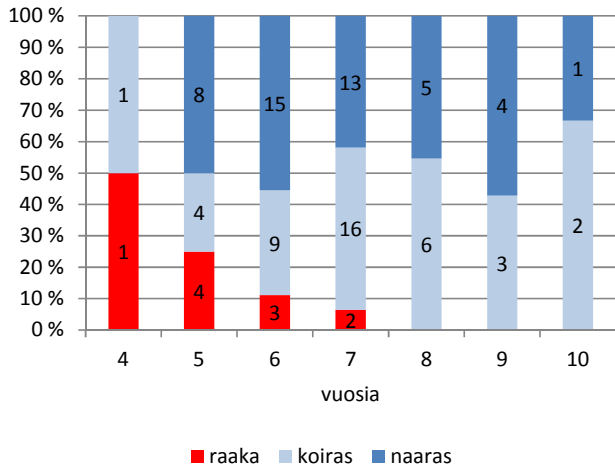
Mallasvesi sukukypsyyden kannoittain
> 70 % todennäköisyys, n=66



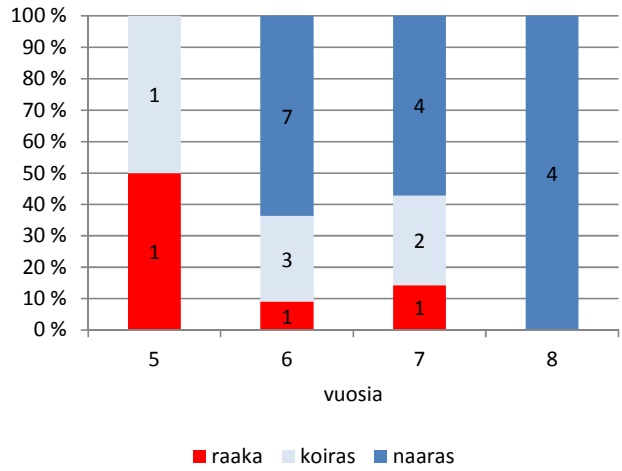
Liite 3. Järven omaan kantaan ja muihin kantoihin sijoittuneiden kuhien sukukypsyyss ikäluokittain. Kuhanäytteiden kappalemäärä ilmoitettu numeroin.



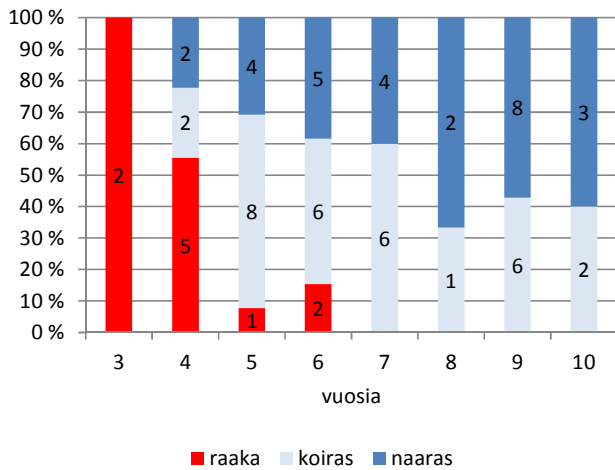
Mouhijärvi sukukypsyyssikä oma kanta
n=97



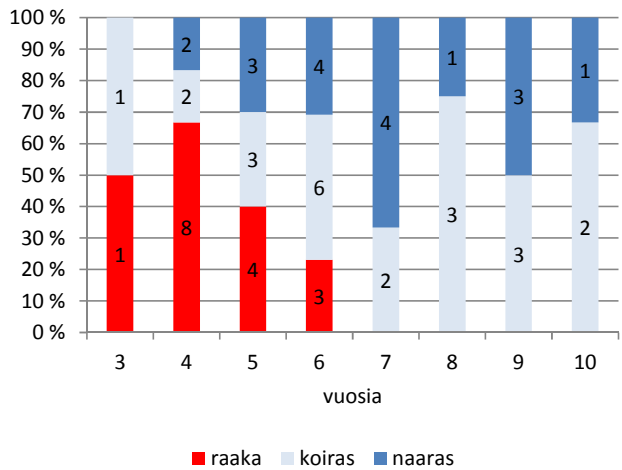
Mouhijärvi sukukypsyyssikä muut kannat
n=24



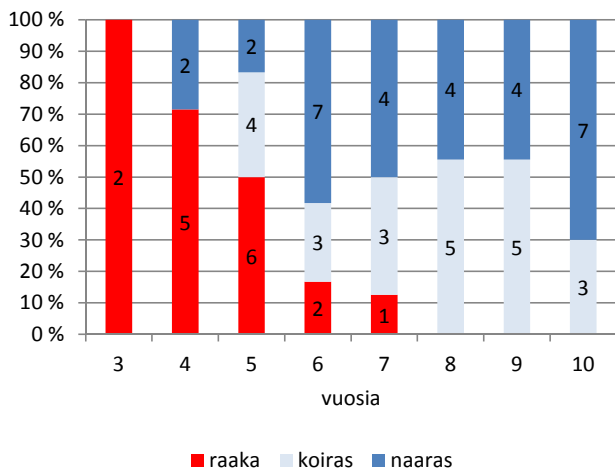
Kyrösjärvi sukukypsyyssikä oma kanta
n=69



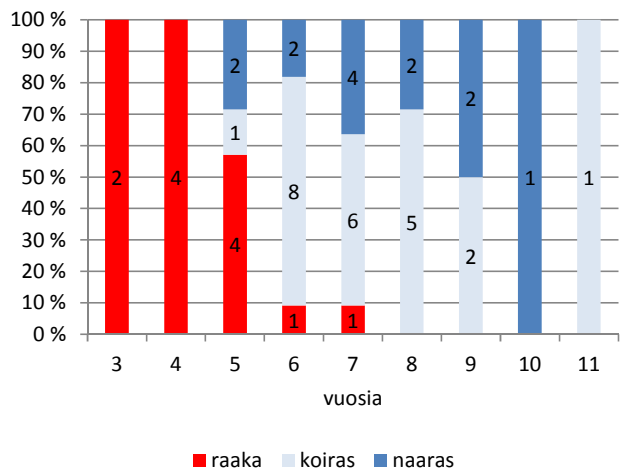
Kyrösjärvi sukukypsyyssikä muut kannat
n=56



Ruovesi sukukypsyyssikä oma kanta
n=69

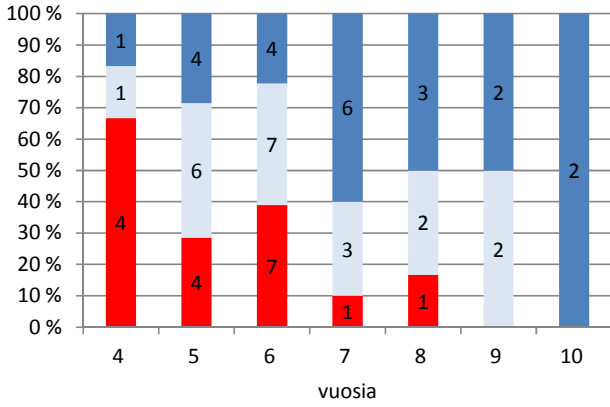


Ruovesi sukukypsyyssikä muut kannat
n=48



Näsij. Koljons. sukukypsyytikä oma kanta

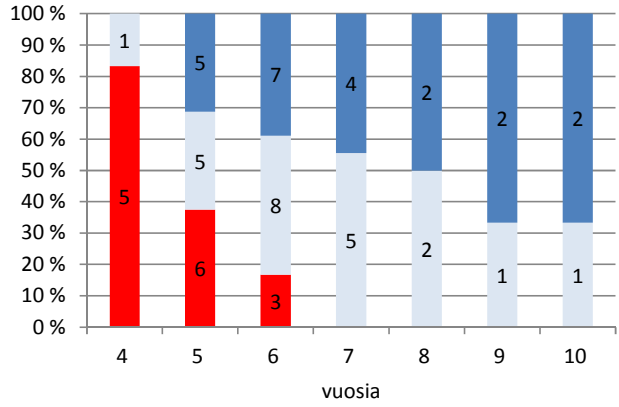
n=60



■ raaka ■ koiras ■ naaras

Näsij. Koljons. sukukypsyytikä muut kannat

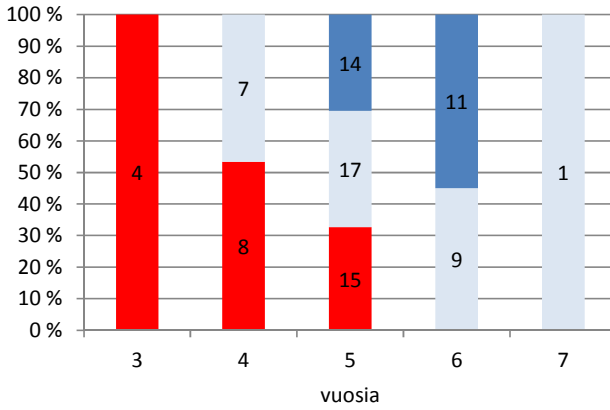
n=59



■ raaka ■ koiras ■ naaras

Roine sukukypsyytikä oma kanta

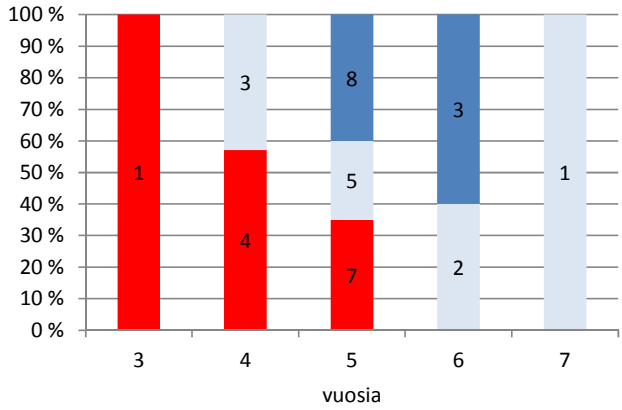
n=86



■ raaka ■ koiras ■ naaras

Roine sukukypsyytikä muut kannat

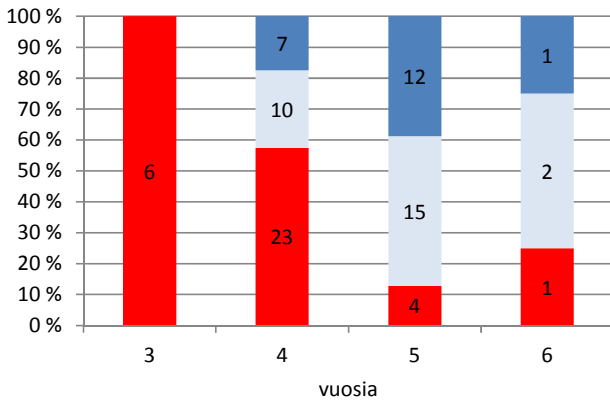
n=34



■ raaka ■ koiras ■ naaras

Mallasvesi sukukypsyytikä oma kanta

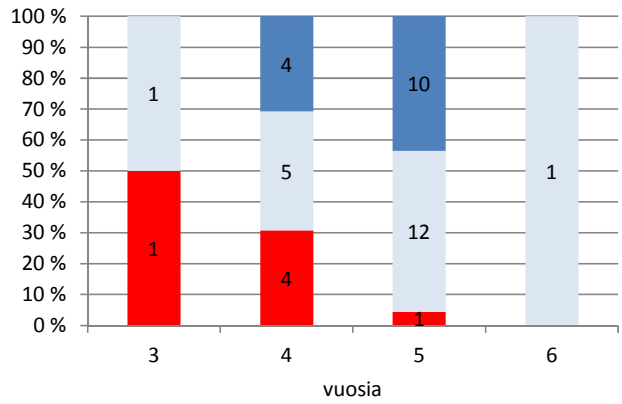
n=81



■ raaka ■ koiras ■ naaras

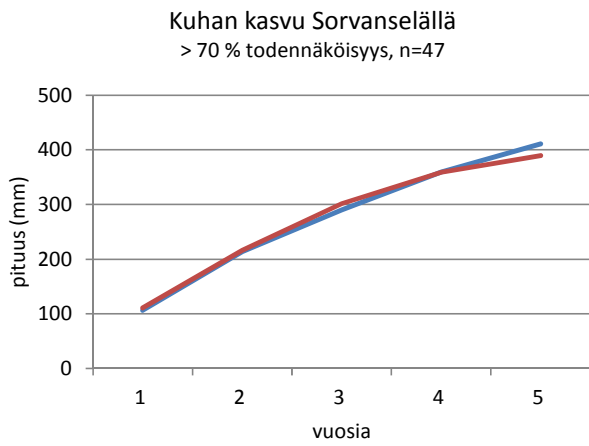
Mallasvesi sukukypsyytikä muut kannat

n=39

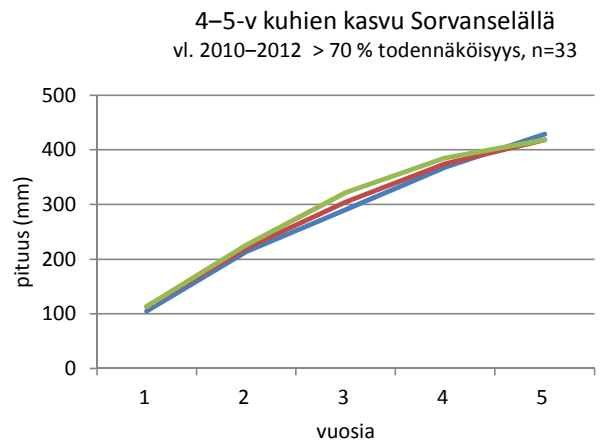


■ raaka ■ koiras ■ naaras

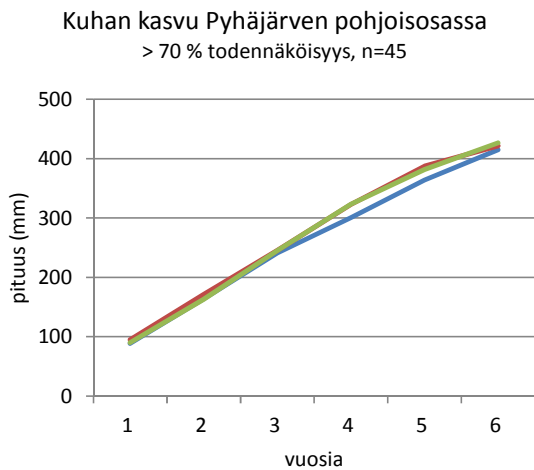
Liite 4. Eri kantoihin > 70 % todennäköisyydellä sijoittuneiden kuhien (rajausjoukko) kasvu. Vasemmalla rajausjoukon koko aineiston tulokset ja oikealla yleisimpien ikä- ja vuosiluokkien tulokset.



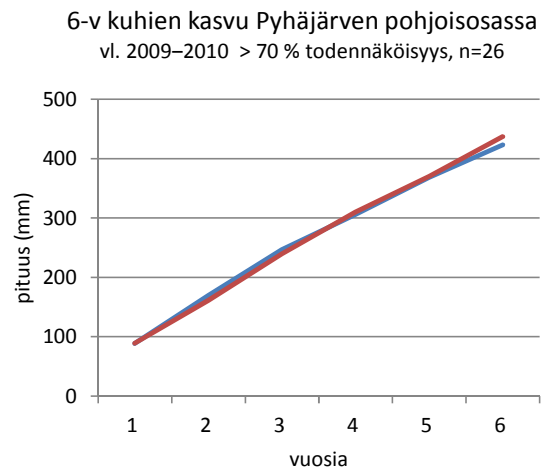
— Oma kanta (Sorvanselkä ja Hahkala) (n=40)
— Muut kannat (n=7)



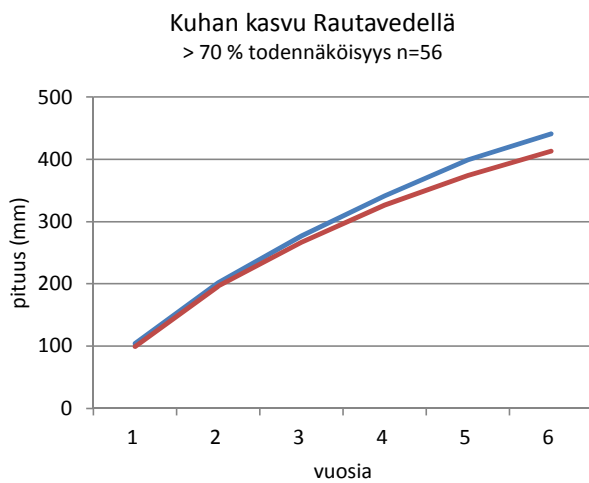
— Sorvanselkä (n=19) — Hahkalanvuolle (n=9)
— Muut kannat (n=5)



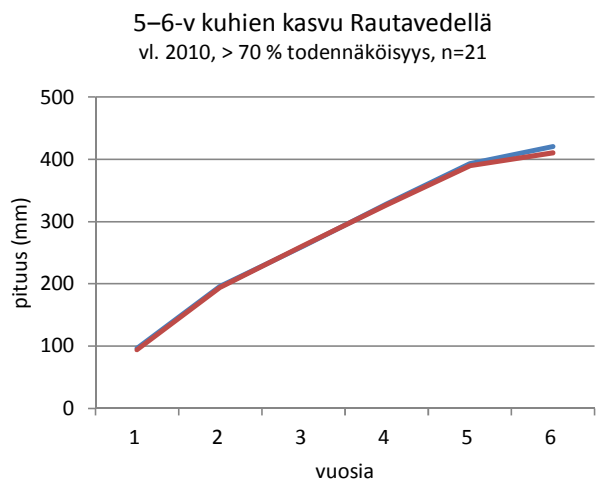
— Oma kanta (n=20) — Hahkalanvuolle (n=13)
— Vanajanselkä (n=12)



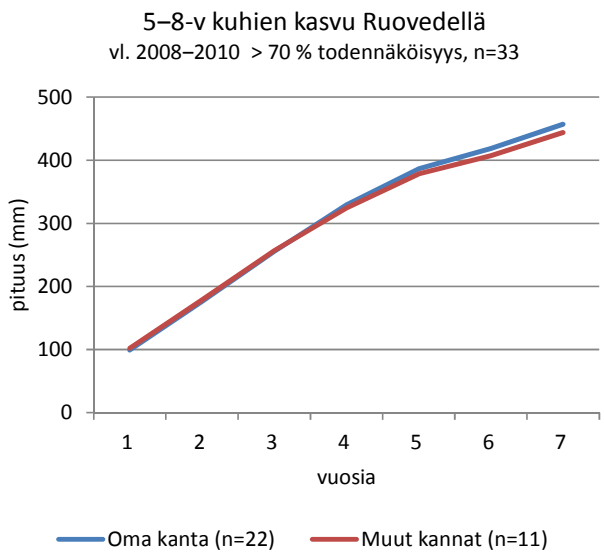
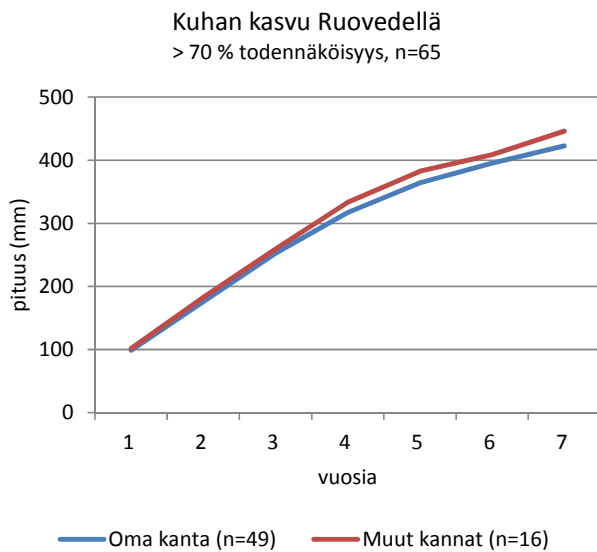
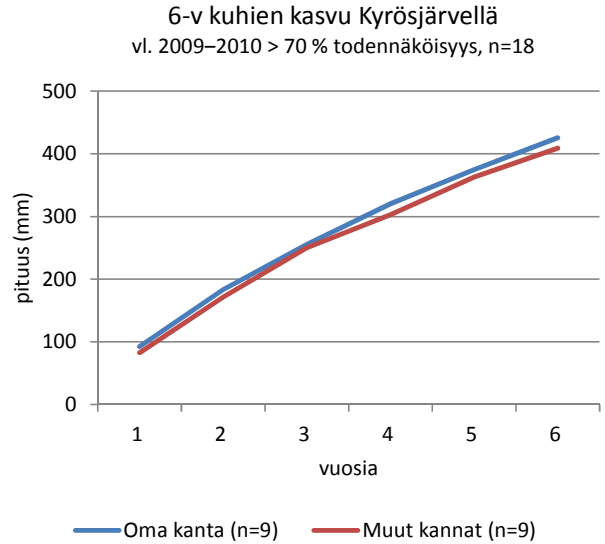
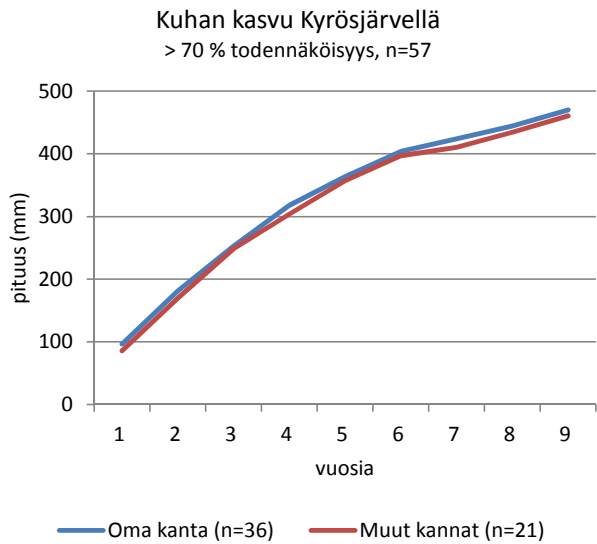
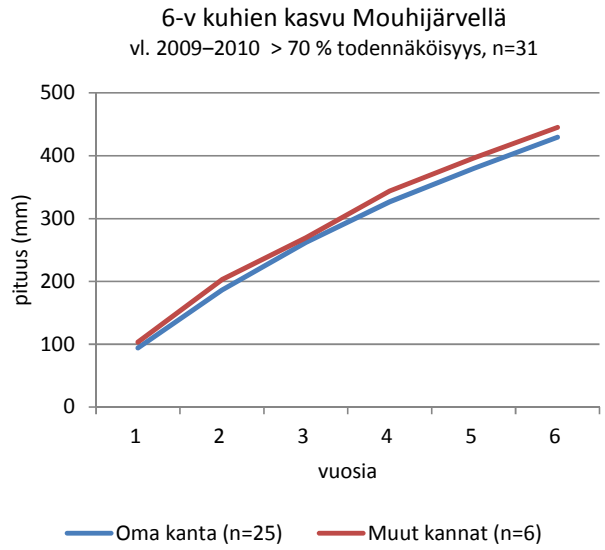
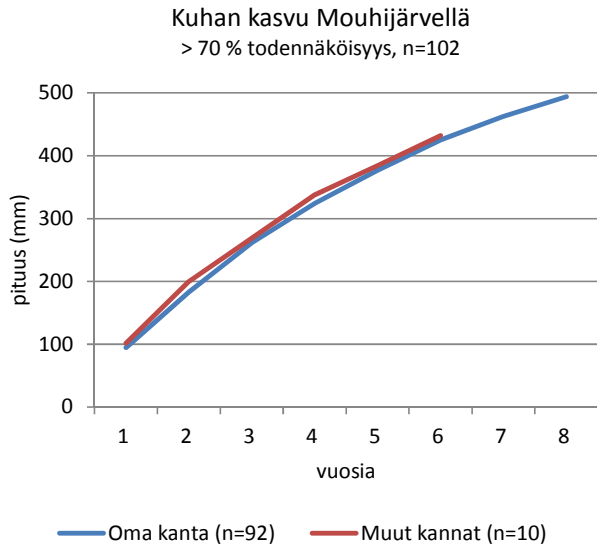
— Oma kanta (n=14) — Muut kannat (n=12)



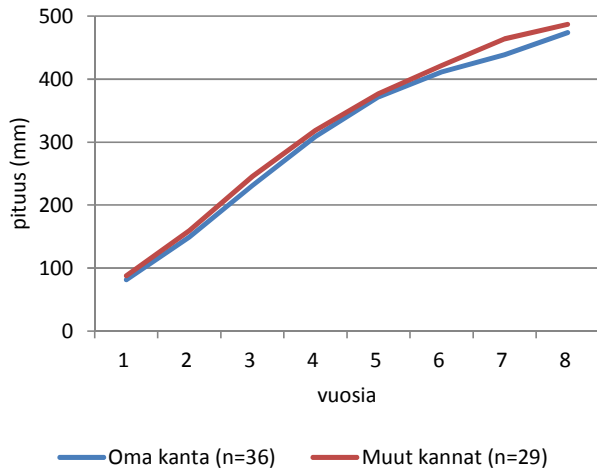
— Oma kanta (n=36) — Muut kannat (n=20)



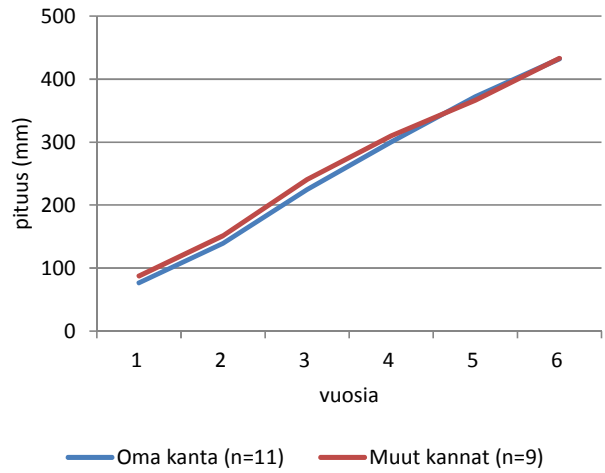
— Oma kanta (n=13) — Muut kannat (n=8)



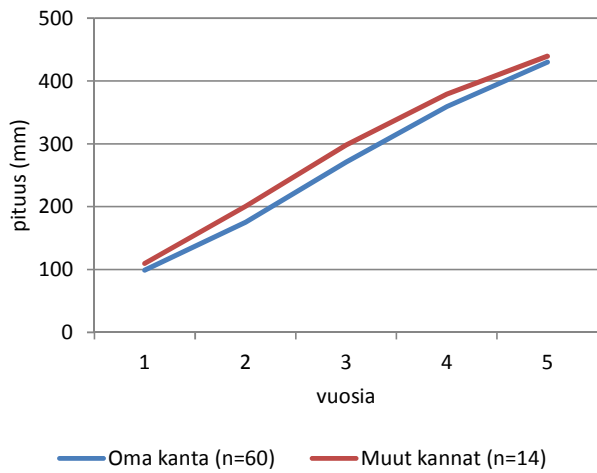
Kuhan kasvu Näsijärven Koljonselällä
> 70 % todennäköisyys, n=65



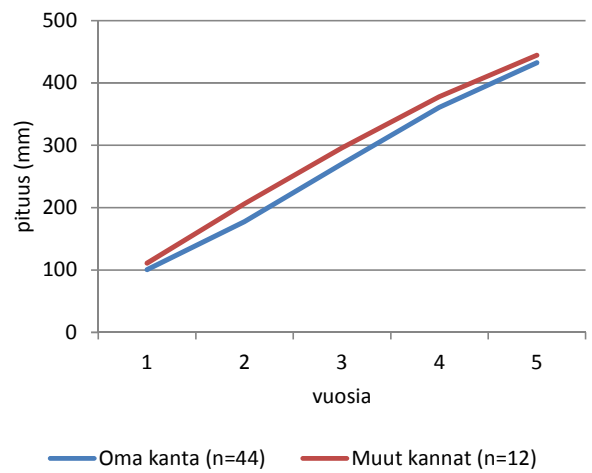
6-v kuhien kasvu Näsijärven Koljonselällä
vl. 2009–2010 > 70 % todennäköisyys, n=20



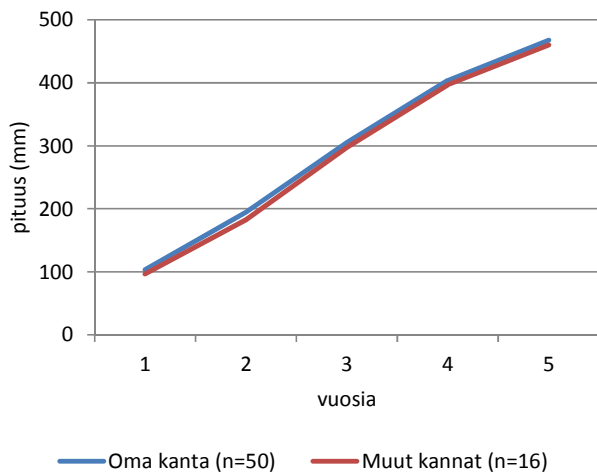
Kuhan kasvu Roineella
> 70 % todennäköisyys, n=76



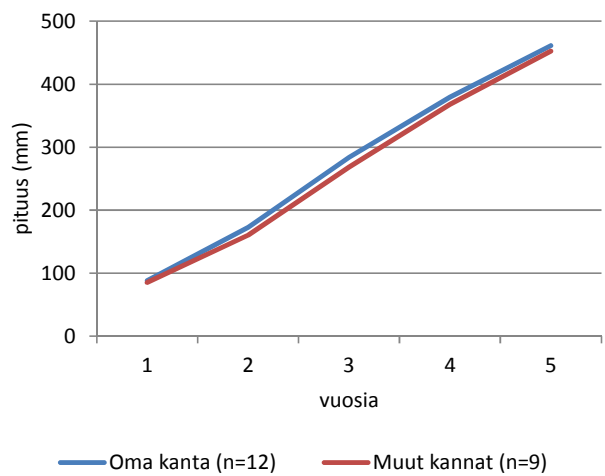
5–6-v kuhien kasvu Roineella
vl. 2010–2011, > 70 % todennäköisyys, n=56



Kuhan kasvu Mallasvedellä
> 70 % todennäköisyys, n=66

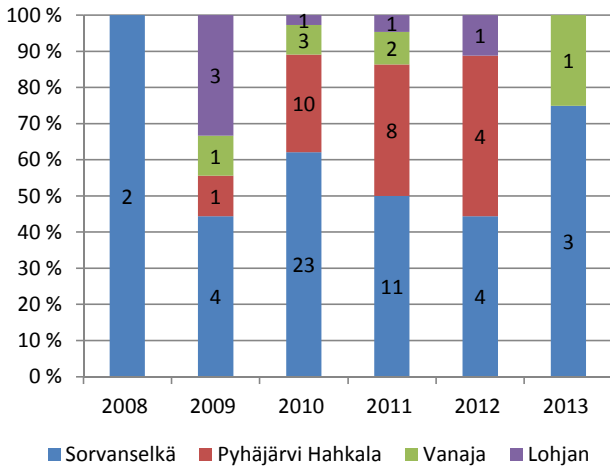


5-v kuhien kasvu Mallasvedellä
vl. 2011 > 70 % todennäköisyys, n=21

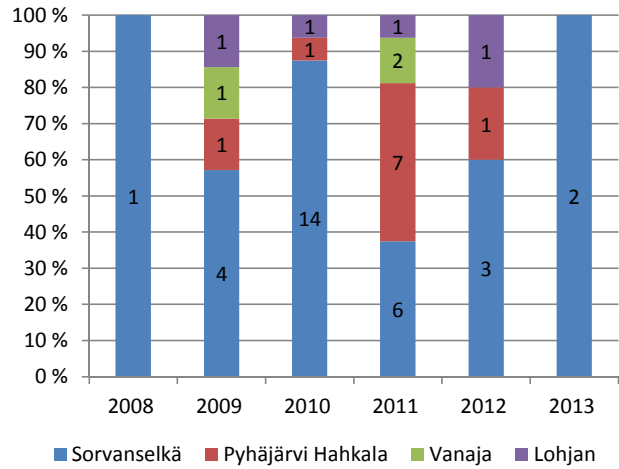


Liite 5. Kuhakannat vuosiluokittain. Vasemmalla koko aineisto, oikealla rajausjoukko (sijoittumisen todennäköisyys tiettyyn kantaan yli 70 %). Numero ilmaisee kantaan luokittuneiden kappalemäärän.

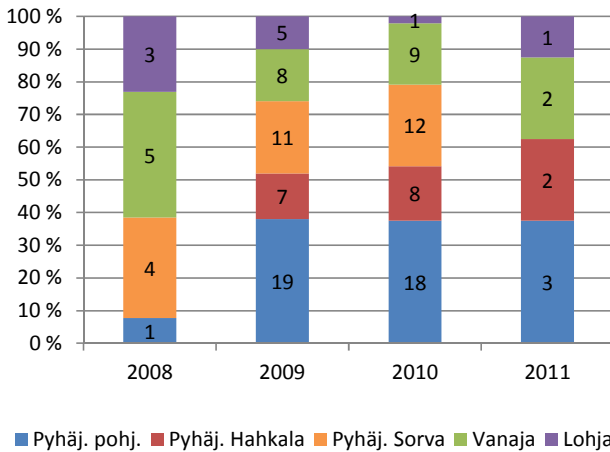
Kuhakannat vuosiluokittain Sorvanselkä
n=83



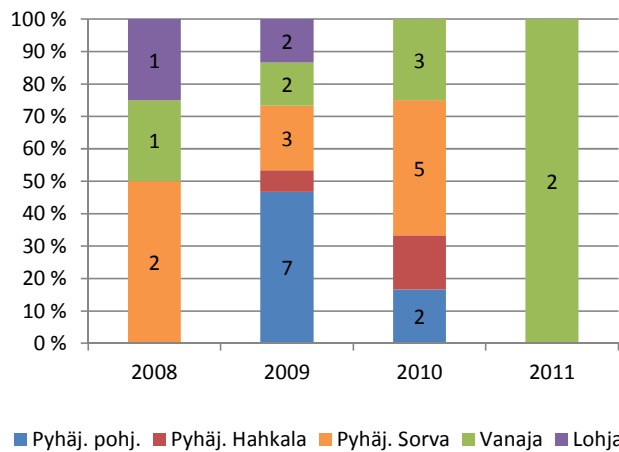
Kuhakannat vuosiluokittain Sorvanselkä
> 70 % todennäköisyys, n=47



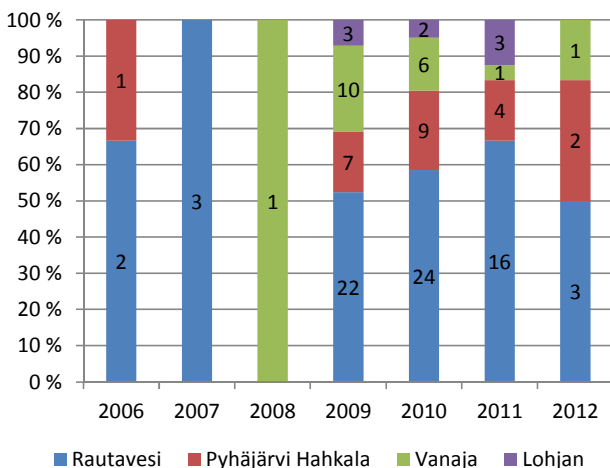
Kuhakannat vuosiluokittain Pyhäjärvi pohjoisosa
n=119



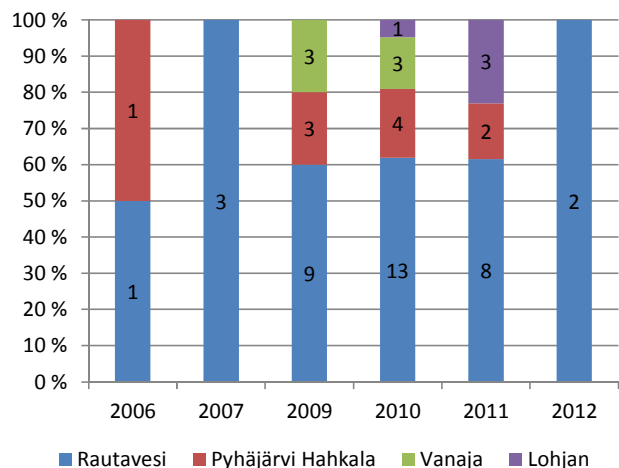
Kuhakannat vuosiluokittain Pyhäjärvi pohjoisosa
> 70 % todennäköisyys, n=33



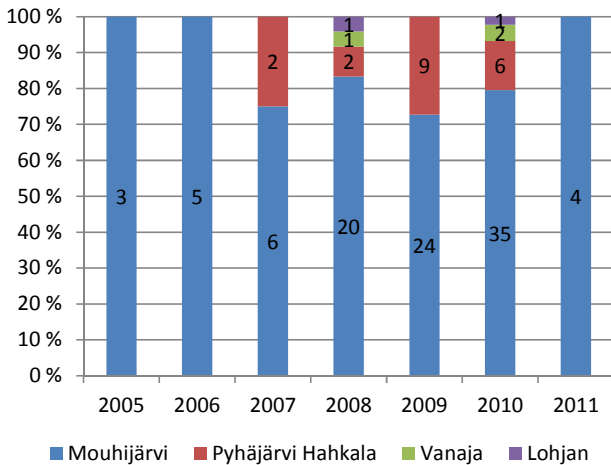
Kuhakannat vuosiluokittain Rautavesi
n=120



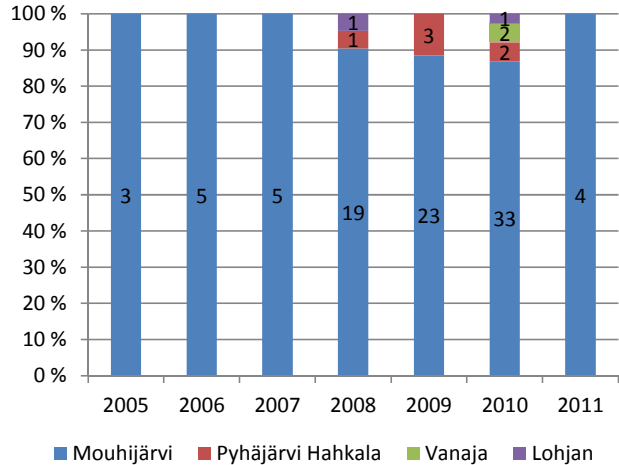
Kuhakannat vuosiluokittain Rautavesi
> 70 % todennäköisyys, n=74



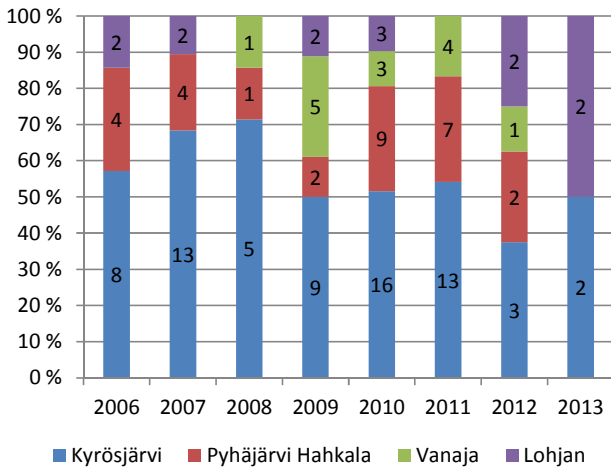
Kuhakannat vuosiluokittain Mouhijärvi
n=121



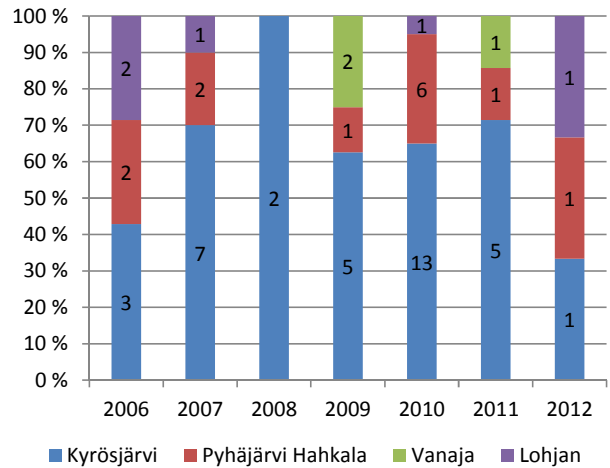
Kuhakannat vuosiluokittain Mouhijärvi
> 70 % todennäköisyys, n=102



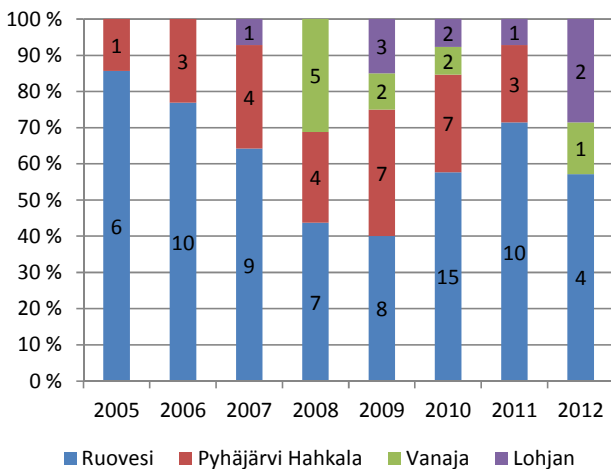
Kuhakannat vuosiluokittain Kyrösjärvi
n=125



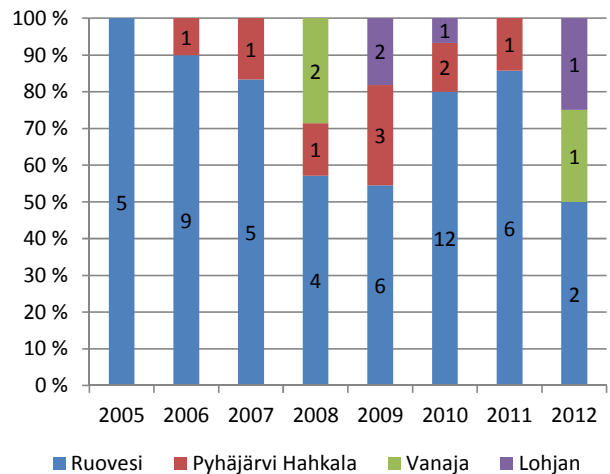
Kuhakannat vuosiluokittain Kyrösjärvi
> 70 % todennäköisyys, n=57



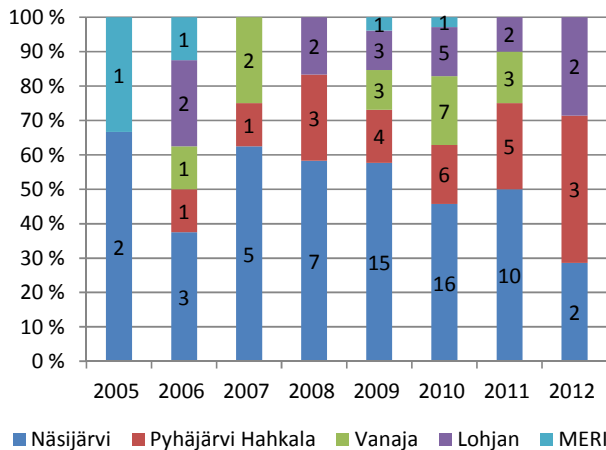
Kuhakannat vuosiluokittain Ruovesi
n=117



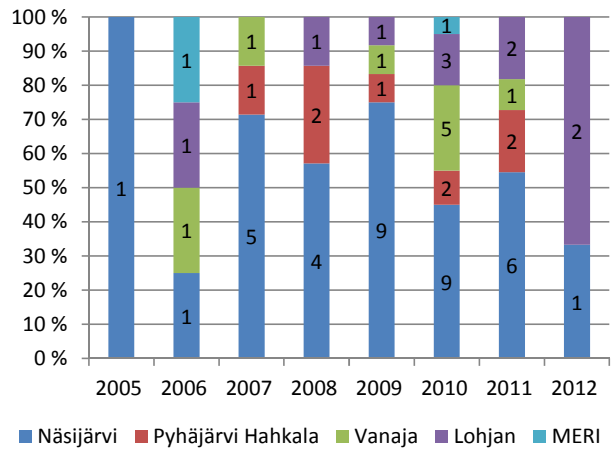
Kuhakannat vuosiluokittain Ruovesi
> 70 % todennäköisyys, n=65



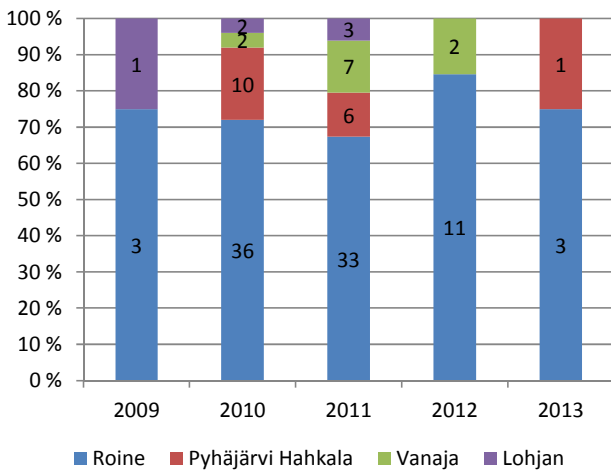
Kuhakannat vuosiluokittain Näsij. Koljonselkä
n=119



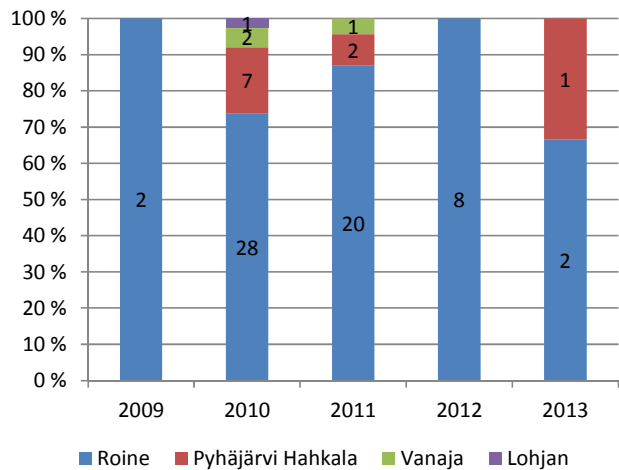
Kuhakannat vuosiluokittain Näsij. Koljonselkä
> 70 % todennäköisyys, n=65



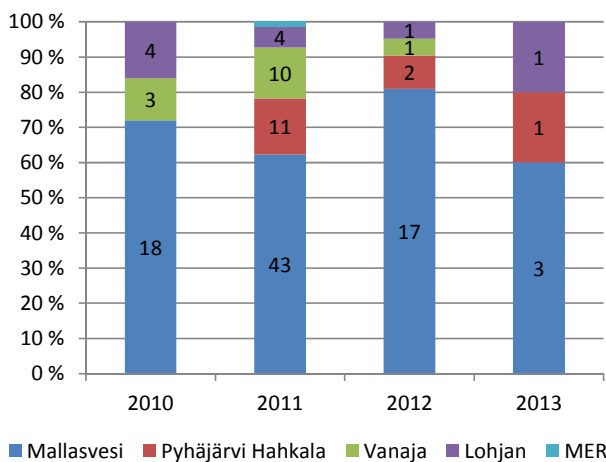
Kuhakannat vuosiluokittain Roine
n=120



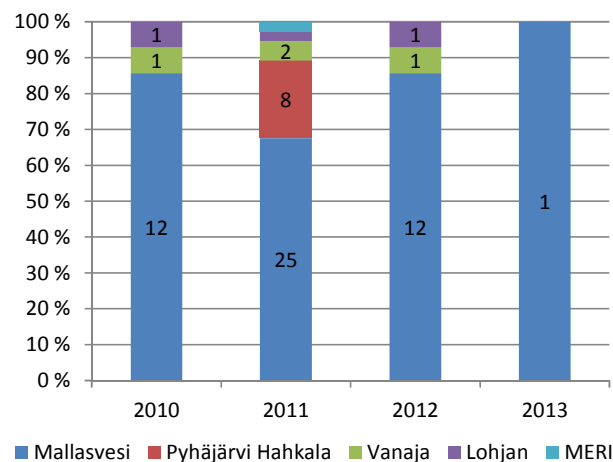
Kuhakannat vuosiluokittain Roine
> 70 % todennäköisyys, n=74



Kuhakannat vuosiluokittain Mallasvesi
n=120

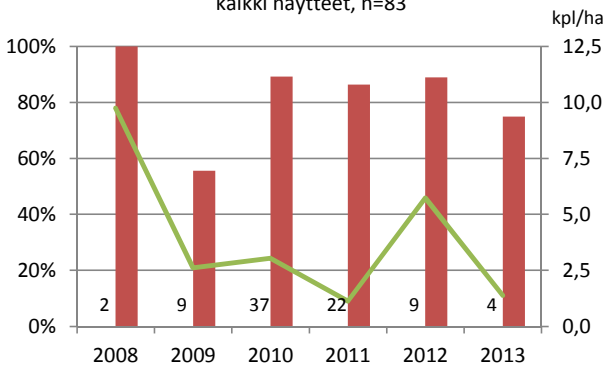


Kuhakannat vuosiluokittain Mallasvesi
> 70 % todennäköisyys, n=66



Liite 6. Kuhaistutukset (lähde: ELY-keskus) ja omaan kantaan sijoittuneiden kuhien osuus vuosiluokittain. Vasemmalla koko aineisto ja oikealla rajausjoukko (sijoittumisen todennäköisyys kantaan yli 70 %). Numero kertoo näytekuhien kokonaismäärän vuosiluokassa.

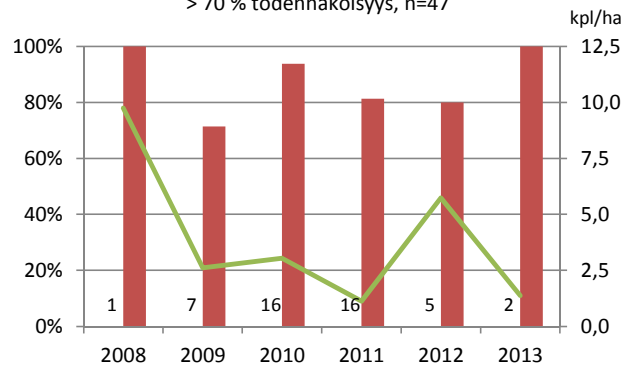
Sorvanselän istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet, n=83



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan (Sorvans. ja Hahkala) % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

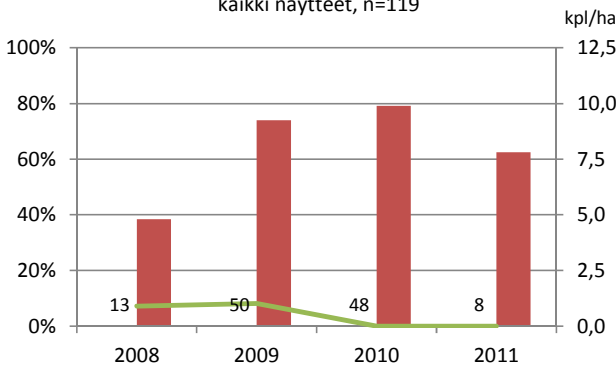
Sorvanselän istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys, n=47



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan (Sorvans. ja Hahkala) % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

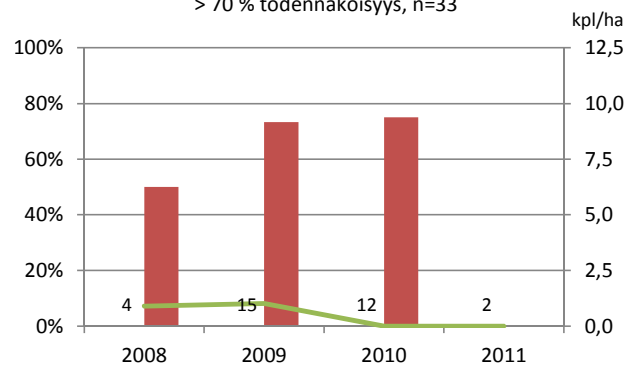
Pyhäj. pohj. istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet, n=119



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan (Hahk., Sorva, Pyhäj.) % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha Savis.-Pyhäjärvi pohj.

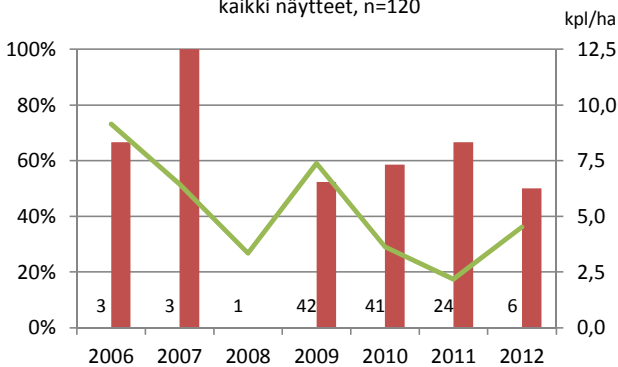
Pyhäj. pohj. istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys, n=33



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan (Hahk., Sorva, Pyhäj.) % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha Savis.-Pyhäjärvi pohj.

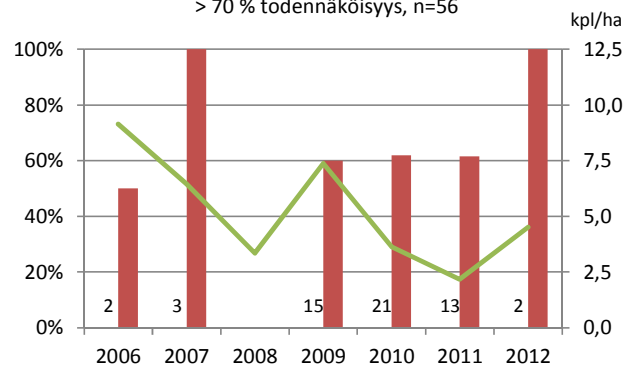
Rautaveden istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet, n=120



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

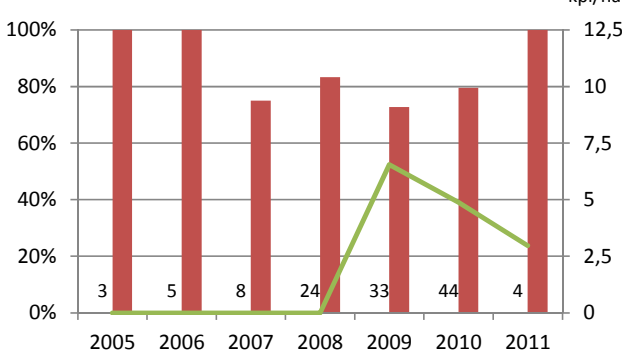
Rautaveden istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys, n=56



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

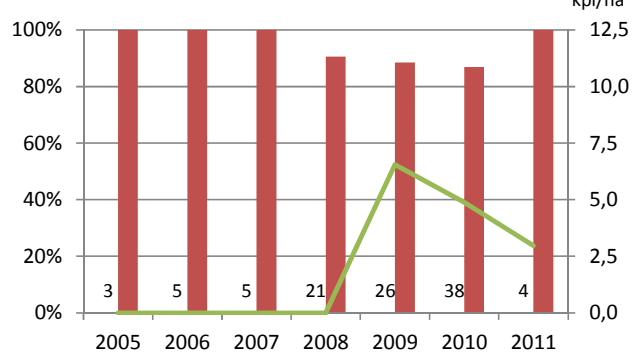
Mouhijärven istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet, n=121



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

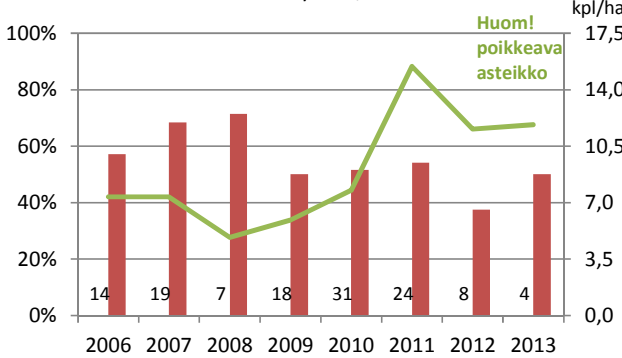
Mouhijärven istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys, n=102



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

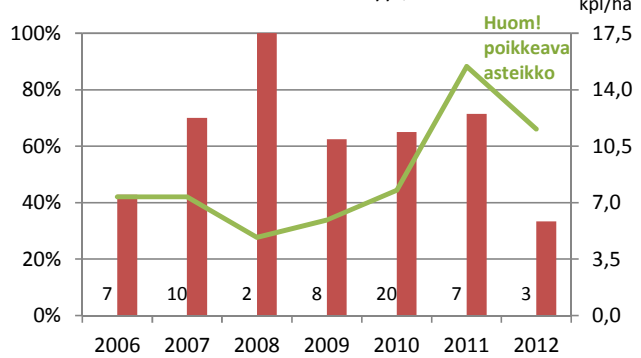
Kyrösjärven istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet, n=125



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

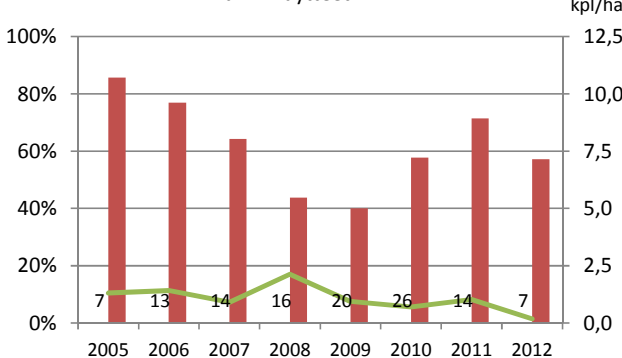
Kyrösjärven istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys, n=57



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

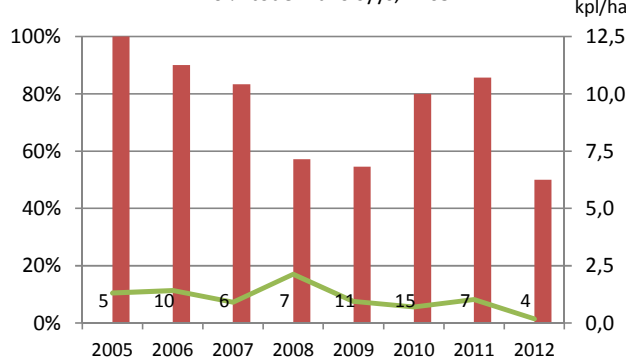
Ruoveden istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet n=117



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

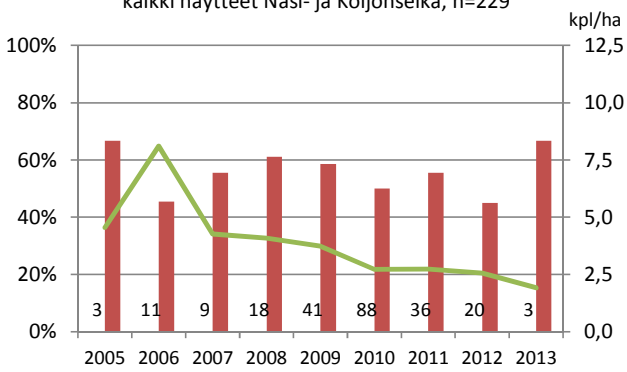
Ruoveden istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys, n=65



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

Näsijärven istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet Näsi- ja Koljonselkä, n=229



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

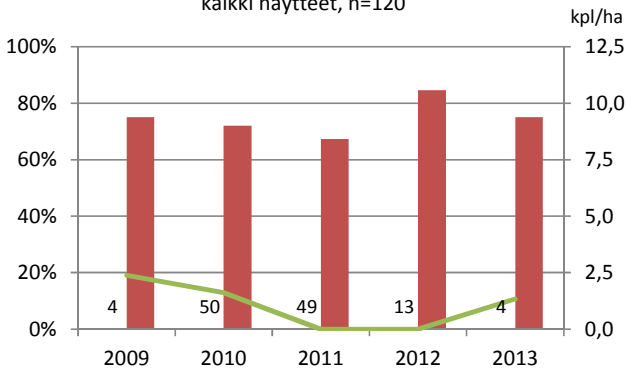
Näsijärven istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys Näsi- ja Koljonselkä, n=117



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

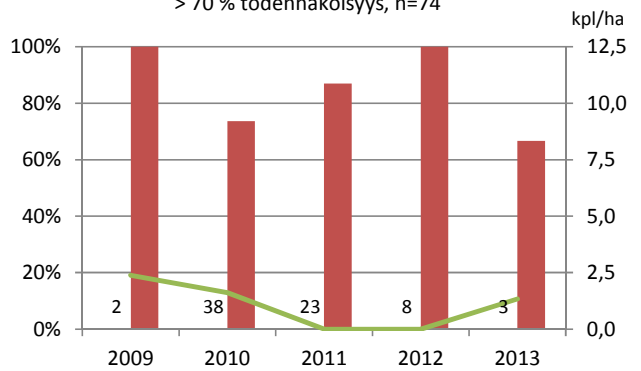
Roineen istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet, n=120



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

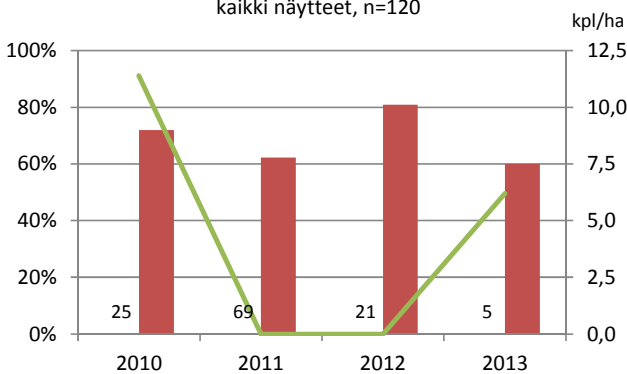
Roineen istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys, n=74



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

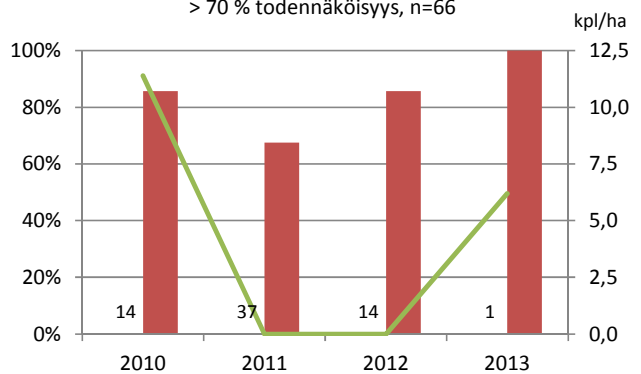
Mallasveden istutukset ja oman kannan osuus
kaikki näytteet, n=120



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha

Mallasveden istutukset ja oman kannan osuus
> 70 % todennäköisyys, n=66



nrot: kaikkiaan kuhanäytteitä / vuosiluokka

■ oman kannan % osuus näytteissä
— kuhaistutukset 1-kesäisiä kpl/ha