

**Pro gradu –tutkielma**

**Heikko ravintotilanne rajoittaa hauen (*Esox lucius*) ja  
kuhan (*Sander lucioperca*) kasvua Suotajärvessä**

**Marko Puranen**



**Jyväskylän yliopisto**

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Akvaattiset tieteet

11.1.2014

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Kalabiologia ja kalatalous

PURANEN MARKO, K.: Heikko ravintotilanne rajoittaa hauen (*Esox lucius*) ja kuhan (*Sander lucioperca*) kasvua Suotajärvässä

Pro gradu: 39 s.

Työn ohjaajat: FT Tapio Keskinen, FT Timo Marjomäki

Tarkastajat: FT Tapio Keskinen, FT Timo Ruokonen

Helmikuu 2014

---

Hakusanat: Fry, Ivlevin valikointi-indeksi, kasvun takautuva määrittäminen, Schoenerin indeksi, von Bertalanffy, vakaat isotoopit

## TIIVISTELMÄ

Hauki ja kuha esiintyvät Suomessa usein samoissa vesistöissä, mutta niiden vuorovaikutuksesta tiedetään vain vähän. Mikäli lajit kilpailevat samoista resursseista, runsaat kuhaistutukset tai kuhan luonnollinen yleistymisen voivat vaikuttaa negatiivisesti hauen menestykseen. Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää hauen ja kuhan kasvua ja ravinnonkäyttöä Suotajärvässä. Kasvua tarkasteltiin myös suhteessa kasvukausien lämpötilaan. Ravinnonkäytössä keskityttiin hauen ja kuhan ravinnon päällekkäisyyteen ja siitä mahdollisesti seuraavaan ravintokilpailuun. Lisäksi verkkokoekalastuksilla selvitettiin järven kalaston yleistä tilaa, erityisesti ajatellen petokalojen ravintotilannetta. Hauki- ja kuha-aineisto kerättiin pääasiassa vapapyynnillä avovesikauden 2012 aikana. Suotajärven verkkokoekalastuksen yksikkösaalis oli alhainen ja petokalojen osuus poikkeuksellisen suuri. Petokalojen tyypillisten ravintokalojen määrä puolestaan oli vähäinen. Sekä hauen että kuhan kasvu oli heikkoa tai keskinkertaista, ja kasvun riippuvuutta lämpötilasta havaittiin lähinnä nuorilla ikäryhmillä. Ahven, erityisesti sen 0+ -ikäryhmä, oli selvästi merkittävin ravintokala molemmilla lajeilla. Lisäksi näyttäisi, että ahven on ratkaisevassa roolissa koko järven saalislaajidynamiikan kannalta. Sopivan ravinnon vähyys ja siitä seuraava ravintokilpailu vaikuttaisi olevan Suotajärvässä merkittävä hauen ja kuhan kasvua rajoittava tekijä. Jatkotutkimuksissa muidenkin petokalojen, erityisesti ahvenen ottaminen mukaan tarkasteluun olisi erittäin oleellista.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Biological and Environmental Science  
Aquatic Sciences

PURANEN MARKO, K.: Low prey fish abundance limits the growth of pike (*Esox lucius*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) in lake Suotajärvi

Master of Science Thesis: 39 p.

Supervisors: PhD Tapio Keskinen, PhD Timo Marjomäki

Inspectors: PhD Tapio Keskinen, PhD Timo Ruukonen

February 2014

---

Key Words: Fry, Growth back calculation, Ivlev's electivity index, Schoener's index, Stable isotopes, von Bertalanffy

## ABSTRACT

Pike and pike perch are often living in same waters in Finland but little is known about the interspecific interactions between the two species. If they compete for same resources, stocking of pike perch or its natural growth in number may have a negative impact on pike. The aim of this study was to examine the growth and foraging of pike and pike perch in Suotajärvi. Growth was also studied with respect to the average temperature of the growing season. The analysis of foraging was mainly concentrated on the possible overlap in prey choice and the following resource competition. Experimental gill net fishing was used to study the overall state of the fish community and more specifically to identify the possible prey species of pike and pike perch. Pike and pike perch data was gathered mostly by trolling during the 2012 open water season. Catch per unit of effort of experimental gill net fishing was low and the share of predatory fish was exceptionally high. In addition the amount of typical prey fish for pike and pike perch was low. The growth of both pike and pike perch was slow or moderate and the correlation between growth and temperature was more apparent for pike perch than pike. Perch, more specifically it's 0+-age group, dominated as prey for both pike and pike perch. Perch also seems pivotal concerning the overall prey species dynamics. Low abundance of suitable prey and the following competition seems to significantly limit the growth of pike and pike perch in Suotajärvi. Including other predatory fish species however, especially perch, in future studies would be essential.

## Sisältö

<b>1. JOHDANTO</b> .....	<b>5</b>
<b>2. TUTKIMUKSEN TAUSTA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Hauen ja kuhan kasvu.....	5
2.2. Hauen ja kuhan elinympäristö ja ravinnonkäyttö.....	6
2.3. Petokalojen ravintokilpailu.....	7
<b>3. AINEISTO JA MENETELMÄT</b> .....	<b>8</b>
3.1. Tutkimusjärvi .....	8
3.2. Aineiston keruu .....	8
3.3. Verkkokoekalastus .....	9
3.4. Hauen ja kuhan ikä ja kasvu.....	9
3.5. Ravintonäytteet.....	12
3.6. Hiilen ja typen vakaat isotoopit.....	13
3.7. Hauen ja kuhan kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus.....	13
3.8. Tilastomenetelmät .....	14
<b>4. TULOKSET</b> .....	<b>14</b>
4.1. Verkkokoekalastus .....	14
4.2. Hauen ja kuhan ikä ja kasvu.....	16
4.3. Ravintonäytteet.....	22
4.4. Hiilen ja typen vakaat isotoopit.....	24
4.5. Hauen ja kuhan kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus.....	26
<b>5. TULOSTEN TARKASTELU</b> .....	<b>27</b>
5.1. Verkkokoekalastus .....	27
5.2. Hauen ja kuhan ikä ja kasvu.....	28
5.3. Ravintonäytteet.....	30
5.4. Hiilen ja typen vakaat isotoopit.....	32
5.5. Hauen ja kuhan kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus.....	33
5.6. Päätelmät .....	33
<b>Kiitokset</b> .....	<b>34</b>
<b>Kirjallisuus</b> .....	<b>34</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>39</b>

## 1. JOHDANTO

Hauki ja kuha ovat Suomessa ahvenen (*Perca fluviatilis*) ohella merkittävimpiä vapaa-ajankalastajien saalislajeja (Anonyymi 2013 a, b). Lisäksi kuhalla on taloudellisesti arvokkaana kalana merkitystä erityisesti sisävesien ammattikalastukselle. Kuha on Suomessa esiintymisalueensa pohjoisrajalla, ja pohjoisimmat kuhakannat löytyvät Lapin eteläosista (Koli 2005). Hauki puolestaan on yleinen koko maassa. Lajit esiintyvätkin usein samoilla vesialueilla, varsinkin Suomen eteläosissa. Lajien välistä vuorovaikutusta tai ravintokilpailua ei ole Suomen vesistöissä kuitenkaan vielä tutkittu.

Ravintokilpailu on kahden saman tai eri lajin yksilön välinen vuorovaikutustilanne, josta on haittaa molemmille (Grover 1997). Ollesaan riittävän voimakasta, ravintokilpailu voi rajoittaa kalojen kasvua (Weatherley & Gill 1987, Ohlson ym. 1995). Jos järvessä on tarjolla paljon erilaista ravintoa, petokalojen kilpailu voi johtaa myös lajien erikoistumiseen eri ravintoon (Winemiller 1988). Vahvan kilpailijan runsas esiintyminen voi myös pakottaa muita lajeja siirtymään eri habitaatteihin. Kalat voivat jakautua ravinnonhankinnassa habitaatin, ravinnon tai ravinnonhankinnan ajankohdan mukaan. Ravinnon erilaisuus vaikuttaisi olevan kaloilla yleisin mekanismi ja ajallinen vaihtelu harvinaisin (Ross 1986).

Hauen ja kuhan ravinnonkäytön päällekkäisyyttä ja lajien välistä kilpailua on tutkittu vain vähän. Schulze ym. (2006) ovat tutkineet kuhaistutusten vaikutusta alkuperäisten petokalojen, hauen ja ahvenen, kantoihin. Negatiivista vaikutusta hauen biomassaan ei havaittu. Lajien havaittiin poikkeavan ravinnonvalinnassaan siten, että hauki valikoi pääasiassa suurempia kohteita kuin kuha. Tämä voi olla keino vähentää lajien välistä nykyistä ravintokilpailua tai merkki lajien erikoistumisesta aiemman kilpailun seurauksena. Lisäksi lajien on havaittu suosivan järvissä eri elinympäristöjä. Erityisesti sopivan ravinnon ollessa vähissä lajit luultavasti kilpailevat samasta ravinnosta. Kilpailutilanteen vaikutukset petokalakantoihin eivät kuitenkaan välttämättä ole yksiselitteiset, vaan esimerkiksi kuhan istutukset voivat aiheuttaa muutoksia ravintolajien tai itse kilpailevien lajien käyttäytymisessä (Schulze ym. 2006, Winemiller 1988).

Ravintotilanteen lisäksi lämpötila voi vaikuttaa lajien välisiin suhteisiin. Kuhan kasvun optimilämpötila on korkeampi kuin hauen (Willemsen 1978, Wang ym. 2009, Casselman 1978). Siksi erityisesti ilmaston lämpenemisen seurauksena näiden kahden lajin välinen suhde voi muuttua kuhan eduksi.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella hauen ja kuhan 1) kasvua ja kasvun riippuvuutta kasvukauden lämpötilasta, 2) ravinnonkäyttöä ja sen päällekkäisyyttä lajien välillä sekä ravinnonkäyttöä suhteessa tarjolla olevaan kalastoon Suotajärvessä. Näkökulmana on näiden kahden lajin yhteiselo samassa järvessä ja erityisesti kahden ympäristökijän, ravintotilanteen ja lämpötilan, vaikutus lajien menestykseen. Lisäksi tutkimus toimii selvityksenä Suotajärven kalastosta ja kuhan ja hauen tilasta, ja tulokset annetaan paikallisten osakaskuntien käyttöön.

## 2. TUTKIMUKSEN TAUSTA

### 2.1. Hauen ja kuhan kasvu

Hauki ja kuha kuuluvat nopeimmin kasvaviin kalalajeihimme (Koli 2005). Kasvu voi kuitenkin vaihdella suuresti eri vesistöjen välillä sekä yksilöiden välillä samassa vesistössä. Kuhan kasvun on todettu korreloivan ainakin veden kokonaisfosforipitoisuuden, värin, järven pinta-alan ja syvyyden kanssa (Keskinen & Marjomäki 2003). Lisäksi huono

ravintotilanne voi ratkaisevasti rajoittaa kuhan kasvua (Vinni ym. 2009). Vinnin ym. tutkimuksen mukaan eläinplanktonin määrä, sen mahdollistama kalaravintoon siirtyminen ja saaliskalojen tiheys ovat vaikuttaneet kuhan kasvuun Sahajärvellä. Sopivien saaliskalojen puuttuessa kuhien siirtyminen kalaravintoon viivästyy, mikä johtaa kuhan kääpiöitymiseen. Sahajärvessä kuha saavuttaa 30 cm pituuden vasta 6. kasvukaudellaan ja suuret yksilöt puuttuvat kokonaan. Mäntsälän Hunttijärvessä kuha on 6. kasvukaudellaan keskimäärin jo 45-50 cm pituinen (Vinni & Malinen 2010). Lisäksi istukaspoikasten on usein havaittu kasvavan hitaammin kuin luonnonpoikasten (Ruuhijärvi ym. 1996). Myös erittäin tiheä kuhakanta saattaa vaikuttaa voimakkaan negatiivisesti kuhan kasvuun (Milardi ym. 2011), mikä on huomattava mm. istutuksia suunniteltaessa tai muun kuhakantojen hoidon yhteydessä.

Kuhan kasvun on havaittu olevan nopeimmillaan yli 20 °C lämpötilassa (Willemsen 1978, Lappalainen ym. 2005, Lappalainen ym. 2007, Wang ym. 2009). Nuoren kuhan kasvu on nopeinta 28 °C lämpötilassa (Willemsen 1978, Wang ym. 2009). Nuoren kuhan optimilämpötilaa ei siis käytännössä Suomen vesistöissä saavuteta. Myös järven rehevyyden on huomattu vaikuttavan positiivisesti kuhan kasvuun (Argillier ym. 2003). Samassa tutkimuksessa havaittiin myös merkittävää kannibalismia, joka voi kompensoida muuten huonon ravintotilanteen negatiivista vaikutusta kasvuun. Lappalainen ym. (2006) totesivat kannibalismia kuitenkin olevan vähäistä Hiidenvedellä. Kannibalismi oli yleisintä, kun 0+-ikäisiä poikasia oli paljon ja kannibalismi kohdistui vain pienimpiin poikasiin.

Hauen kasvuun vaikuttavat samoin monet tekijät. Järven kokonaisfosforin on todettu korreloivan positiivisesti myös hauen kasvun kanssa (Jacobson 1992). Tutkimuksen pienillä, alle 30,5 cm hauilla myös lämpötila korreloi positiivisesti kasvun kanssa. Aikuisen hauen pituuskasvun optimilämpötila on 21 °C ja massan kasvulle optimi on 19 °C (Casselmann 1978). Nuorilla yksilöillä kasvun lämpötilaoptimi voi olla korkeampikin, pienillä poikasilla jopa 26 °C (Hokanson ym. 1973). Aikuisen hauen kasvun optimilämpötila voi siis jopa ylittyä Suomen vesistöissä. Negatiivinen korrelaatio kasvun kanssa on havaittu mm. järven maksimisyyvydellä ja näkösyvydellä, mutta vaikutus oli havaittavissa vain alle 61 cm yksilöillä (Jacobson 1992). Lisäksi myös järven haukien biomassan todettiin korreloivan negatiivisesti pienten haukien kasvun kanssa. Hauen kasvu saattaa siis olla myös tiheysriippuvaista. Kaiken kaikkiaan hauenkin kasvu vaihtelee vesistöjen välillä huomattavasti. Esimerkiksi Evon Maja-, Hoka- ja Haarajärvillä hauet ovat 5-vuotiaina n. 40 cm pituisia (Kotakorpi 2010), kun taas esim. Baikäljässä saman ikäiset hauet ovat jo n. 70 cm pituisia (Owens & Pronin 2000).

## 2.2. Hauen ja kuhan elinympäristö ja ravinnonkäyttö

Hauki suosii yleensä järvien rantavyöhykkeitä (Diana ym. 1977, Voellestad ym. 1986, Schultze ym. 2006) ja erityisesti rantoja, joilla kasvaa runsaasti vesikasvillisuutta (Cook & Bergesen 1988). Toisaalta hauen on myös huomattu liikkuvan tuulien mukaan: tuulisina päivinä hauki liikkuu kauemmas rannasta kuin tyyninä päivinä, mutta ei silti välttämättä syvempään veteen (Chapman & Mackay 1984). Myös pilvisinä päivinä hauki esiintyi kauempana rannasta kuin aurinkoisina päivinä. Kuha puolestaan on yleensä järvien pelagiaalin petokala (van Densen 1994, Schultze ym. 2006).

Kuhan ravinnonkäyttöä on tutkittu monenlaisissa Keski-Suomen järvissä (Keskinen & Marjomäki 2004). Kalaravintoon siirtyneen kuhan tärkeintä ravintoa ovat särkikalat, ahven ja erityisesti kuore (*Osmerus eperlanus*), kun sitä järvessä esiintyy. Pieniä haukia kuha ei ravintonaan vaikuta käyttävän, eikä kuhalla esiintynyt myöskään kannibalismia. Sekä suosituimmat ravintolajit että ravintokohteiden koko kuitenkin muuttuvat kuhan

kasvaessa. Kuoreen ja särjen merkitys on lisääntyy kuhan kasvaessa. Suuremmat kuhat käyttävät myös pienempiä ravintokohteita suhteessa omaan kokoonsa, mikä voi johtua siitä, että suuria ravintokohteita ei ole saatavilla tarpeeksi. Kuha vaikuttaisi olevan hyvin joustava ravinnonhankinnassaan ainakin järvissä. Myös itämerellä kuoreen merkitys oli suuri yli 35 cm kuhilla, mutta erona järviin ravintokohteiden koko suhteessa kuhan kokoon oli vakio (Hansson ym. 1997), mikä voi olla merkki siitä, että suurempia ravintokohteita on Itämerellä enemmän kuin sisävesissä.

Järvissä hauki käyttää ravintonaan paljon eri kalalajeja, erityisesti särkeä, salakkaa ja ahvenia (Koli 2005), sekä isompana myös sammakoita, myyriä ja vesilintujen poikasia (Anonyymi 2013 b). Myös hauki on ravinnonkäytössään joustava (Beaudoin ym. 1999). Yksilöiden välillä voi olla jopa kahden trofiatason ero ravinnonkäytössä saman populaation sisällä. Ravinnonkäyttö vaihtelee saalislajien esiintymisen ja toisaalta yksilöiden erikoistumisen myötä.

### 2.3. Petokalojen ravintokilpailu

Kilpailu on kahden saman tai eri lajin yksilön välinen vuorovaikutustilanne, josta on haittaa molemmille (Grover 1997). Tämä voi vaikuttaa negatiivisesti esimerkiksi yksilöiden kasvuun, kun kilpailu ravinnosta rajoittaa niiden energiansaantia (Weatherley & Gill 1987). Jos järvessä on tarjolla paljon erilaista ravintoa, petokalojen kilpailu voi johtaa myös lajien erikoistumiseen eri ravintoon (Winemiller 1988). Vahvan kilpailijan runsas esiintyminen voi myös pakottaa muita lajeja siirtymään eri habitaatteihin. Ravinto- ja elintilakilpailun on todettu vaikuttavan myös kalojen kasvuun (Ohlson ym. 1995). Kalat voivat jakautua ravinnonhankinnassa habitaatin, itse ravinnon tai ravinnonhankinnan ajankohdan mukaan. Tyypillisin mekanismi on erikoistuminen eri ravintoon (Ross 1986).

Ravinnonkäyttöä ja sen päällekkäisyyttä on tutkittu paljon suoraan ravintonäytteistä (Hodgson ym. 1997, Bachelier 2004, Raborn ym. 2004) tai isotooppimenetelmillä (Vander Zanden ym. 1997, Clarke ym. 2005). Vakaiden isotooppien avulla voidaan selvittää myös lajien trofiatasoja (Beaudoin ym. 1999, Post 2002, Vander Zanden ym. 1997). Ravintonäytteet kertovat kalojen hetkellisestä ravinnonkäytöstä, eikä tieto välttämättä ole yleistettävissä pitkälle aikavälille. Isotooppimenetelmällä voidaan selvittää myös pitemmän aikavälin ravinnonkäyttöä. Ravinnonkäytön päällekkäisyyttä on tutkittu mm. hauen ja isobassin (*Micropterus salmoides*) välillä (Soupir ym. 2000). Lajien havaittiin käyttävän paljon samaa ravintoa, mutta isobassin vaikutus hauen ravinnon käyttöön oli hyvin vähäinen. Liao ym. (2002) havaitsivat valkosilmäkuhan (*Sander vitreus*) ja hauen käyttävän Spirit Lake -järvellä ensisijaisena ravintokohteenaan kelta-ahventa. Hauki valikoi kuitenkin ravinnokseen keskimäärin suurempia yksilöitä kuin valkosilmäkuha, mikä johtui kuitenkin todennäköisesti tutkimuksen haukien kuhia suuremmasta keskipituudesta. Pienillä valkosilmäkuhilla ravinnonkäytössä havaittiin haukea suurempaa vaihtelua vuosien ja vuodenaikojen välillä, mutta suuremmilla yksilöillä yhtä selvää eroa ei havaittu. Vaikka kelta-ahven oli molempien lajien tärkein ravintokohde, muut ravintolajit olivat poikkeavia ja vaihtelivat lajien sisällä vuosien ja vuodenaikojen välillä.

Schulze ym. (2006) tutkivat kuhaistutusten vaikutuksia alkuperäisiin petokaloihin: ahvenen ja haukeen. Kaikenkaikkiaan kuhien istutus lisäsi petokalojen biomassaa 1,7-kertaiseksi. Istutukset eivät vaikuttaneet hauen biomassaan tai kasvuun merkittävästi, mutta petokalojen saalistuspaine siirtyi huomattavasti voimakkaammasti ahveniin ja suurten ahventen määrä väheni huomattavasti. Ahvenen ja kuhan välisen kilpailun seurauksena ahven siirtyi järven ranta-alueille kuhan saalistaessa järven selkävessillä. Hauen ja kuhan välillä ei kilpailua havaittu niiden habitaattipreferenssien poikkeavuudesta johtuen. Hauen biomassa jopa kasvoi istutusten jälkeen, mikä saattoi johtua ahvenen ja

särjen siirtymisestä rantavyöhykkeeseen kuhan aiheuttamaan pelagiaalin voimistuneen saalistuspaineen takia. Tällöin hauki pystyi paremmin käyttämään niitä ravintonaan. Schulzen ym. (2006) tutkimuksen perusteella petokalojen vuorovaikutuksia tutkittaessa olisi hyödyllistä ottaa huomioon kaikki vesistössä esiintyvät petokalalajit. Kilpailua voi esiintyä joidenkin, mutta ei välttämättä kaikkien lajien välillä. Hodgson ym. (1997) havaitsivat tutkimuksessaan ahvenen, hauen ja mateen (*Lota lota*) käyttävän samoja elinalueita Pasvikin vesireitillä. Kaikki kolme lajia esiintyivät pääasiassa vesireitin litoraali- ja profundaalivyöhykkeillä. Lajien ravinnonkäytössä oli suurta päällekkäisyyttä ja eroja havaittiin lähinnä ravintokohteiden koossa: hauki valikoi suurempia yksilöitä, minkä syyksi todettiin hauen suurempi koko ja parempi sopeutuminen kalaravinnon käyttöön. Erot olivat myös suurempia lajien sisällä kehitysvaiheiden välillä, kuin itse lajien välillä. Tässä tapauksessa vesireitillä on kolme merkittävää huippupettoa, jotka eivät ole erikoistuneet erilaiseen ravintoon.

### 3. AINEISTO JA MENETELMÄT

#### 3.1. Tutkimusjärvi

Suotajärvi on keskikokoinen, mesotrofinen ja ruskeavetinen (351 ha, pintaveden kokonaisfosfori  $> 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , väriluku  $80 \text{ mg Pt l}^{-1}$ , Ympäristöhallinnon HERTTA-tietokanta, mitattu 10.6.2010.) järvi Viitasaarella. Suurin osa Suotajärvestä on alle 6 m:n aluetta ja järvellä on yksi suurempi syväne, jonka syvin kohta on n. 25 m (Liite 1). Syvyyskarttaa varten järvellä ajettiin veneellä suoria linjoja rannalta vastakkaiselle ja kirjaamalla ylös 3, 6, 10 ja 20 m vyöhykkeiden rajat ja niitä vastaavat koordinaatit. Lisäksi määritettiin yksi 0-piste, johon muut koordinaatit sidottiin kun ne oli muutettu metrisiksi koordinaateiksi. Syvyyskartta ei ole tarkka, vaan piirretyt vyöhykkeiden ääriviivat ovat arvioita paikannettujen pisteiden välillä. Linjoja ajettiin n. 50-200 m välein, käyttäen tiheämpiä välejä erityisesti oletettujen syvänteiden alueilla.

Järvessä on luontaisesti haukea ja kuhaa on ainakin istutuksista (Keski-Suomen Kalatalouskeskuksen istutusrekisteri, taulukko 3). Istutuksia on tehty runsaasti vuosina 1995-2010. Kuhan lisäksi on istutettu myös rapua, siikaa ja taimenta. Järvi jakautuu kolmen osakaskunnan (Mäntylä 47,5 %, Silo-Kemppaala 38,7 % ja Kiminki 13,8 %) hallinnoimiin alueisiin.

#### 3.2. Aineiston keruu

Tutkimuksen aineisto kerättiin avovesikauden 2012 aikana. Haukia saatiin 105 kpl ja kuhia 104 kpl, joista vapavälinein kaikki paitsi 1 hauki ja 21 kuhaa, jotka saatiin verkkokoekalastuksista. Lisäksi paikalliselta kalastajalta saatiin 2 hauen ja 2 kuhan suomunäytteet, jotka on otettu mukaan kasvun tarkasteluun. Kaikilta kaloilta kirjattiin pöytäkirjoihin pyyntiaika ja järjestysnumero välittömästi pyynnin yhteydessä. Kalojen suuhun laitettiin paperinpala, johon kirjattiin kalan järjestyskoodi kalan tunnistamiseksi näytteenotossa. Hauen järjestyskoodit olivat H1, H2, H3 jne. ja kuhalle vastaavasti K1, K2, K3 jne.

Kaikilta haulilta ja kuhilta mitattiin kokonaispituus 1 mm ja tuoremassa 1 g tarkkuudella. Iän ja kasvun määrittämistä varten haulta otettiin suomunäyte selkäevän kohdalta kylkiviivan alapuolelta ja lisäksi operculumit, cleithrumit ja metapterygoideumit, joiden irrottamista ja puhdistamista varten pää keitettiin. Kuhalta otettiin suomunäyte takimmaisesta selkäevän kohdalta kylkiviivan alapuolelta ja otoliitit. Kaikki iän- ja kasvunmäärittämisnäytteet laitettiin suomupusseihin, joihin kirjattiin kalaa vastaava



järjestyskoodi. Ravintonäyte otettiin avaamalla vatsaontelo ja leikkaamalla mahalaukku irti. Tämän jälkeen mahalaukku leikattiin auki ja sen sisältö tyhjennettiin näyteputkeen tai pakasterasiaan riippuen näytteen määrästä. Mikäli mahalaukku todettiin tyhjäksi, merkittiin pöytäkirjoihin ravintonäytteen kohdalle ”T”. Tyhjiksi merkittiin myös ne mahalaukut, joista löytyi muuta ravintoa kuin kalaa. Näytteet säilöttiin 70 % etanolilla, jota laitettiin näytteisiin niin paljon, että ravintokohteet peittyivät. Näytteet säilytettiin huoneenlämmössä määrityksiin asti. Näytteenotto pyrittiin tekemään mahdollisimman nopeasti pyynnin jälkeen (pääasiassa alle 4 h kalan saannista) ravintokohteiden sulamisen välttämiseksi. Toisaalta mahalaukuista, jotka avattiin vasta n. 6 tuntia pyynnin jälkeen, löytyi hyväkuntoisia ravintokohteita, joten näytteiden sulaminen ei osoittautunut ongelmaksi.

Vakaiden isotooppien analyysia varten kuhilta ja haulilta otettiin lihasnäyte keskeltä kylkeä, kylkiviivan yläpuolelta. Irti leikattiin n. 1,5 x 1,5 cm pala, josta poistettiin päällimmäinen n. 0,5 cm. Näytteet laitettiin Eppendorf-näyteputkiin, joihin merkittiin kalan järjestyskoodi ja ne säilytettiin pakkasessa jatkokäsittelyihin asti.

### 3.3. Verkkokoekalastus

Verkkokoekalastukset tehtiin Nordic-yleiskatsausverkoilla 24.-26.7.2012. Verkkoja pidettiin ensimmäisenä yönä 8 ja toisena 7. Matalassa 0-3 m alueella käytettiin 1 pohjaverkkoa per paikka, 3-10 m alueella 2 verkon jatoja, joissa toinen verkko 1 m syvyydessä välipolilla ja toinen pohjassa ja > 10 m alueella 3 verkon jatoja, joissa yksi verkko 1 m syvyydessä, 1 6 m syvyydessä ja 1 pohjassa. Verkot jaettiin syvyysvyöhykkeisiin siten, että jokaiseen syvyysvyöhykkeeseen tuli vähintään 2 koekalastuspaikkaa (Taulukko 1). Verkkopaikkoja ei pystytty arpomaan etukäteen, koska syvyystietoja ei ollut saatavilla. Paikat valittiin ajamalla järvellä satunnaisia linjoja pitkin, kunnes sopiva syvyys löytyi. Verkkoja pyrittiin kuitenkin saamaan koko järven alueelle. Verkot laskettiin illalla ja nostettiin aamulla siten, että pyyntiajaksi muodostui n. 14 h.

Taulukko 1. Verkkomäärät syvyysvyöhykkeittäin ja verkon laskusyvyiden mukaan.

Syvyysvyöhyke (m)	verkoja yht.	Verkon laskusyvyys		
		pinta	6m	pohja
0-3	3	-	-	3
3-10	6	3	-	3
> 10	6	2	2	2

Kaikilta verkoista saaduilta kaloilta mitattiin kokonaispituus 1 mm tarkkuudella jakaen kalat 1 cm pituusluokkiin (1 = 1-1,9 cm; 2 = 2-2,9 cm jne.) ja niiden solmuväli- ja lajikohtainen yhteismassa punnittiin pituusluokittain. Lisäksi verkoista saaduilta haulilta ja kuhilta otettiin tarvittavat näytteet kuten vapapyynnin yhteydessä (kohta 3.2.).

### 3.4. Hauen ja kuhan ikä ja kasvu

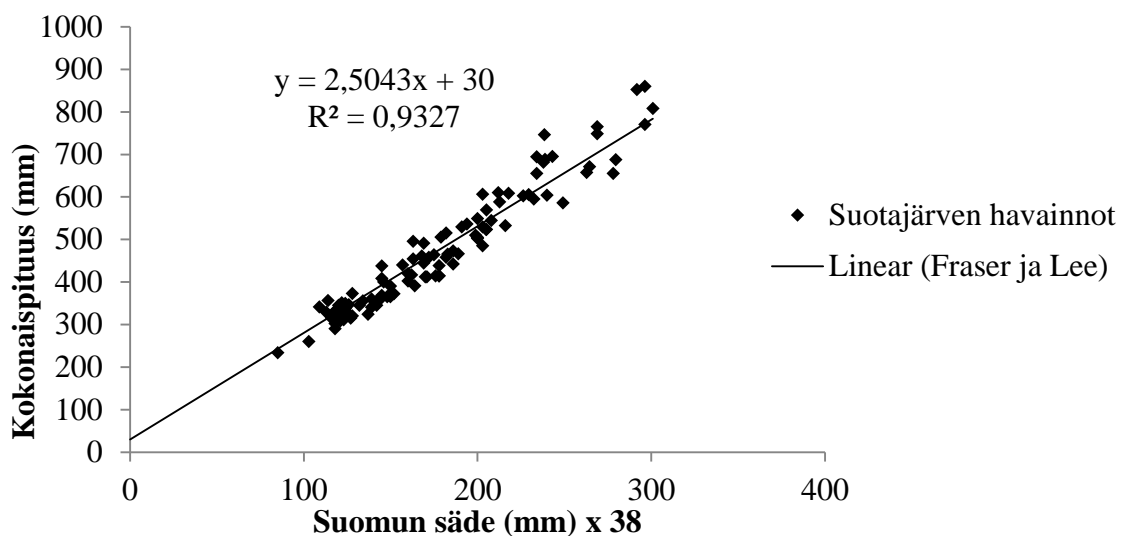
Suomuista tehtiin jäljenteet prässäämällä jokaisen yksilön näytteestä 5-10 suomua polykarbonaattilevylle. Kuhan otoliitit paahdettiin pitämällä niitä n. 4 cm kaasuliekin yläpuolella ohuella metallilla, kunnes ne olivat tummanruskeita. Tämän jälkeen otoliitit halkaistiin painamalla niitä kämmentä vasten skalpellin terällä. Tässä tutkimuksessa kuoriutumispäivänä pidettiin 1.1. kalan kuoriutumiskuuna.

Hauen kasvunmääritys tapahtui sekä prässätyistä suomujäljenteistä että suoraan suomuista. Suomen säde ja vuosirenkaiden välit mitattiin etulohkon keskeltä. Iänmäärityksessä käytettiin apuna kaikkia näytteeksi otettuja luita. Hauen kasvun

takautuvaa määrittystä varten verrattiin Monastyrskyn ja Fraserin ja Leen malleja. Aineistossa suomun säteen ( $S$ ) ja hauen kokonaispituuden ( $L$ ) välinen riippuvuus ( $S = L^b$ ) oli lineaarinen (eksponentti  $b = 0,94$  Monastyrskyn mallille  $L_i = (S_i/S)^b * L$ , ja  $b$ :n 95 % luottamusväli oli 0,94; 1,04). Lisäksi Fraserin ja Leen malli olettaa, että suomun kasvu ei ala kalan pituuden ollessa 0, mikä voi vähentää pituuden aliarvioimista varsinkin 1. kasvukauden lopussa. Tämän vuoksi valittiin Fraserin ja Leen malli:

$$L_i = (L - c) * (S_n / S) + c,$$

jossa  $L_i$  = kalan kokonaispituus iässä  $i$ ,  $L$  = kalan kokonaispituus pyyntihetkellä,  $S_n$  = luutuneen osan säde iässä  $n$ ,  $S$  = luutuneen osan säde pyyntihetkellä  $c$  on vakio (Kuva 1). Vakion arvoksi valittiin  $c = 30$  mm, jolloin suomujen on todettu alkavan muodostua hauella (Shamardina 1957, ref. Urho ym. 1989).



Kuva 1. Suotajärvestä 2012 pyydettyjen haukien suomujen säteen (38-kertainen suurennus) ja kokonaispituuden välinen riippuvuus ja aineistoon sovitettu Fraserin ja Leen malli.

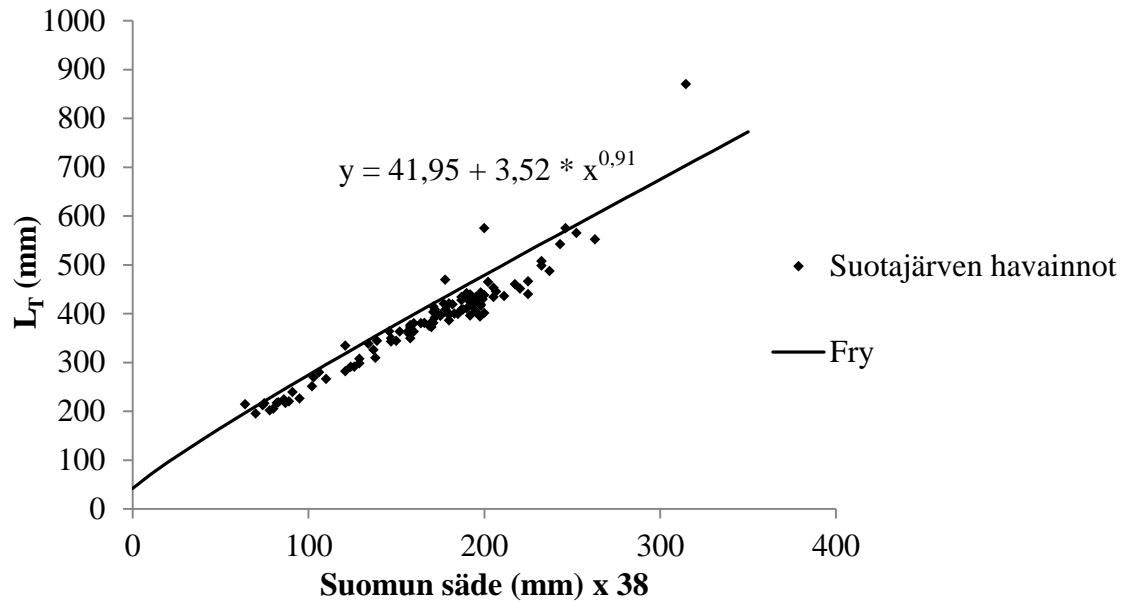
Kuhan ikä ja kasvu määritettiin polykarbonattilevyille prässätyistä suomujäljenteistä. Iän määrittämisessä käytettiin apuna myös halkaistuja otoliitteja, jotka laitettiin petrimaljalle sinitarraan halkaisupinta ylöspäin ja peitettiin vedellä. Suomujäljenteitä tarkasteltiin mikrokortinlukulaitteella 25 x tai 38 x suurennuksella ja lopuksi 25 x suurennuksella saadut mittaustulokset muutettiin vastaamaan 38 x suurennusta. Otoliittien tarkasteluun käytettiin preparointimikroskooppia. Kasvun määrittämisessä suomun säde ja vuosirenkaiden etäisyydet suomun keskuksesta mitattiin etulohkolta etukulman vierestä. Kasvun takautuvaan määrittämiseen käytettiin kuhalla Fryn mallia:

$$L_i = (L - c) * (S_n / S)^b + c,$$

jossa muuttujat ovat samat kuin Fraserin ja Leen mallissa (yllä) ja  $b$  ja  $c$  ovat vakioita (Kuva 2). Vakioiden arvoina käytettiin  $b = 0,91$  ja  $c = 41,95$  (Keskinen & Marjomäki 2003). Lisäksi hauen ja kuhan ikäryhmäkohtaisesti keskipituuksiin sovitettiin von Bertalanffyn kasvuyhtälö:

$$L_i = L_{\max} * (1 - \exp(-K * (i - i_0))),$$

jossa  $L_i$  = kalan kokonaispituus (mm) iässä  $i$ ,  $L_{\max}$  = asymptoottinen kalan maksimikokonaispituus,  $K$  = Brodyn kasvuvakio,  $i$  = kalan ikä ja  $i_0$  = kuvitteellinen hetki, jolloin kalan kokonaispituus  $L = 0$ .



Kuva 2. Suotajärvestä 2012 pyydettyjen kuhien suomujen säteen (38-kertainen suurennus) ja kokonaispituuden välinen riippuvuus ja Fryn malli (Keskinen & Marjomäki 2003).

Kasvun ja lämpötilan välisen riippuvuuden tutkimista varten kasvukauden lämpötilat haettiin Ilmatieteen laitoksen paikkatietoaineistoista (Kuukauden keskilämpötila ja sademäärä 1961-2011, Ilmatieteen laitos, 2012). Lämpötilat perustuvat mittausasemien päivittäisiin keskiarvoihin, joista interpoloimalla on saatu koko maan kattava aineisto. Aineisto oli jaettu 10 x 10 km ruutuihin, joista valittiin ruutu, johon Suotajärvi sisältyi. Tämän ruudun kuukausien keskilämpötiloista laskettiin tarkasteltaville vuosille kasvukauden (kesäkuu-syyskuu) keskilämpötila. Oletuksena oli, että järven pintaveden lämpötila on suoraan verrannollinen ilman lämpötilan kanssa kasvukauden aikana.

Kasvua tarkasteltiin kasvukausittain kasvukausille 2-5 vertaamalla yksilön havaittua kasvua vastaavan pituisen yksilön odotettuun kasvuun. Odotettu pituus kasvukauden lopussa laskettiin käyttämällä Walfordin kuvaajaa, jossa x-akselilla on kalojen keskimääräinen pituus iässä  $i$  ja y-akselilla pituus iässä  $i+1$  (Kuva 3). Aineistoon sovitettun suoran yhtälö oli hauelle

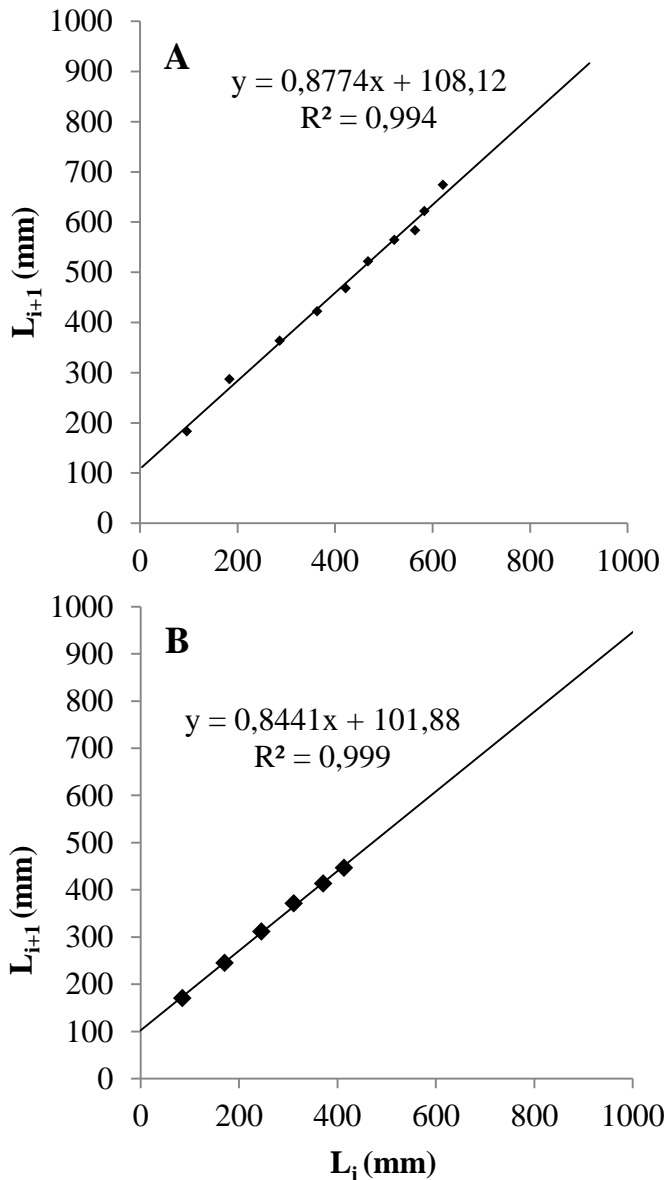
$$L_{i+1} = 0,8774 * L_i + 108,12$$

ja kuhalle

$$L_{i+1} = 0,8441 * L_i + 101,88,$$

joissa  $L_i$  on kalan kokonaispituus (mm) iässä  $i$  ja  $L_{i+1}$  odotettu pituus iässä  $i+1$ . Kasvukauden alun pituutena käytettiin takautuvasti määritettyjä pituuksia. Vähentämällä odotetusta pituudesta  $L_{i+1}$  kasvukauden alun pituus  $L_i$  saatiin odotettu kasvu  $K_o$ . Havaittu kasvu  $K_h$  saatiin kahden peräkkäisen kasvukauden takautuvasti lasketun pituuden erotuksesta. Suhteellinen kasvu  $K_s$  voitiin sitten laskea seuraavasti:

$$K_s = K_h / K_o.$$



Kuva 3. Walfordin kuvaajat ja mallien yhtälöt ja selityksasteet (A) hauelle ja (B) kuhalle, joissa  $L_i$  = kalan kokonaispituus iässä  $i$  ja  $L_{i+1}$  = kalan kokonaispituus iässä  $i + 1$ .

### 3.5. Ravintonäytteet

Ravintonäytteet käytiin läpi marraskuussa 2012. Näytteistä poimittiin kalat, tai näyte kaadettiin kokonaisuudessaan tarjottimelle, mikäli kokonaisia kohteita ei muuten erotettu. Löydetyistä ravintokaloista määritettiin laji ja kokonaispituus. Kalat jaettiin pituuden mukaan pituusluokkiin (1,0 – 1,9 cm, 2,0 – 2,9 cm jne.). Lajintunnistuksessa käytettiin myös löytyneitä luita (Knollseisen 1996, Libois ym. 1987), jos ravintokohteet olivat pitkälle sulaneita. Särkikalojen nieluhampaista pystyttiin päättelemään kohteen laji ja kokonaispituus. Kaikkia kaloja ei pystytty tunnistamaan ja nämä yksilöt merkittiin tunnistamattomiksi. Muita ravintokohteita kuin kaloja ei määritetty, ja siksi mahalaukut, jotka eivät sisältäneet kalaa, luokiteltiin tyhjiksi. Muita ravintokohteita oli runsaasti erityisesti kuhalla.

Ravinnonkäytön päällekkäisyyttä tarkasteltiin laskemalla Schoenerin (1970) indeksi sekä hauki-kuha -pareittain että keskimääräisesti kaikki ravintonäytteet yhdistämällä. Parittaisessa vertailussa kaikkia kuhayksilöitä ( $n = 14$ ) verrattiin kaikkiin haukiyksilöihin

(n = 37), jolloin saatiin yhteensä 518 vertailuparia. Lisäksi indeksi laskettiin myös lajien sisällä kuha-kuha- ja hauki-hauki -pareittain, minkä avulla voitiin selvittää, onko ravinnonkäyttö yhtenevämpää lajin sisällä kuin lajien välillä. Jokaiselle parille laskettiin Schoenerin indeksin arvo, joista laskettiin lopuksi keskiarvo ja 95 % luottamusväli. Schoenerin indeksi on muotoa:

$$\alpha = 1 - 0.5(\sum |p_{xi} - p_{yi}|),$$

jossa  $p_{xi}$  = ravintolajin i osuus lajin x ravinnossa ja  $p_{yi}$  = ravintolajin i osuus lajin y ravinnossa. Osuuksina käytettiin lukumääräosuuksia. Indeksi saa arvon 1, kun lajien ravintönäytteet ovat täysin vastaavat ja arvon 0, kun ravintolajeista yksikään ei esiinny molemmilla lajeilla.

Ravinnonkäytön valikoivuutta tarkasteltiin käyttämällä Ivlevin (1961, ref Gélinas ym. 2007) valikointi-indeksiä:

$$E = (s - b) / (s + b),$$

jossa s = ravintolajin osuus ravintönäytteessä, b = ravintolajin osuus ympäristössä. Ravintolajin osuus ympäristössä laskettiin verkkokoekalastusten yksilömääristä lajin osuutena koko saaliista. Indeksi saa arvoja välillä -1 - 1. Positiiviset arvot viittaavat ravintokohteen valikointiin ja negatiiviset välttämiseen.

Lisäksi käytettyjen ravintokohteiden pituutta tarkasteltiin suhteessa petokalan pituuteen sekä saalis-peto -pituussuhteen riippuvuutta pedon pituudesta. Saalis-peto -pituussuhde saatiin jakamalla petokalan ravintönäytteen ravintokohteen kokonaispituus (tai ravintokohteiden keskipituus, jos niitä oli useampia) pedon kokonaispituudella.

### 3.6. Hiilen ja typen vakaat isotoopit

Lihanäytteet puhdistettiin marraskuussa 2012 leikkaamalla niiden joka kantilta pois 1-2 mm. Puhdistetut näytteet laitettiin lasisiin näyteputkiin, jotka suljettiin parafilmillä, johon pistettiin terävällä piikillä muutamia reikiä kuivattamista varten. Näytteitä otettiin puhdistettavaksi pienissä erissä pilaantumisen välttämiseksi ja näytteet pakastettiin uudestaan välittömästi puhdistamisen jälkeen. Joulukuussa näytteitä kuivattiin Christ ALPHA 1-4 LD Plus kylmäkuivurissa 48 h ja heti kuivauksen jälkeen ne jauhettiin näyteputkissa homogeeniseksi. Jauheesta punnittiin 0,5-0,6 mg osanäyte tinakuppiin määrittystä varten. Osanäytteiden painot kirjattiin ylös 0,001 mg tarkkuudella. Tinakupit puristeltiin tiiviiksi palloiksi pinseteillä. Kaikissa näytteiden käsittelyissä käytettiin steriilejä välineitä ja alustana lasi- tai teräslevyä.

Vakaiden isotooppien suhteellisten osuuksien määrittämiseen käytettiin FlashEA 1112 alkuaineanalyysointia yhdistettynä Thermo Finnigan DELTA<sup>plus</sup> Advantage massaspektrometriin. Näytteet analysoitiin 50 kpl sekvensseissä mukaanlukien käytetyt standardit. Laboratoriostandardina käytettiin jauhettua hauen lihasta, jonka hiilen ja typen tarkat isotooppiarvot tiedettiin. Saaduille tuloksille tehtiin korjaukset arvojen ajautumisesta ja näytteiden erisuuruudesta johtuvan virheen poistamiseksi. Korjauksiin käytettiin tunnettuja standardinäytteiden isotooppisuhteita.

### 3.7. Hauen ja kuhan kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus

Kokonaispituuden ja tuoremassa välistä riippuvuutta käytettiin kuvaamaan hauen ja kuhan kuntoa ja mahdollisena ravintotilanteen indikaattorina. Hauen kohdalla Suomesta ei löytynyt tarvittavaa määrää vertailustandardin (Willis 1989) määrittämiseksi, mutta vertailuun käytettiin 3 löytynyttä haukiaineistoa. Lisäksi haulle laskettiin standardimassa:

$$\log w_s = a + b * \log L,$$

jossa  $w_s$  = standardimassa,  $L$  = kokonaispituus ja  $a$  ja  $b$  vakioita. Standardimassan avulla voitiin laskea edelleen suhteellinen massa:

$$w_r = w / w_s * 100,$$

jossa  $w_r$  = suhteellinen massa,  $w$  = kalan todellinen massa ja  $w_s$  kuten yllä. Saatua suhteellisen massan arvoa voitiin sitten verrata Willisin raportoimiin arvoihin, jotka oli rinnastettu hauen kasvunopeuksiin eri populaatioissa.

Kuhalla standardi muodostettiin 13 suomalaisen järven aineiston perusteella (Taulukko 7). Standardi saatiin laskemalla ennustettu kalan massa 50 mm välein kunkin järven pituus-massa -suhteen avulla:

$$w_e = a * L^b,$$

jossa  $w_e$  = kalan ennustettu massa,  $L$  = kalan pituus ja  $a$  ja  $b$  vakioita. Vakiot saatiin laskemalla ne tutkimusten pituus-massa -aineistoista tai suoraan, jos ne oli raportoitu. Lopuksi laskettiin ennustetuista massoista keskiarvot 50 mm välein ja saaduista keskiarvoista muodostettiin standardi pituus-massa -suhde. Kuhalle ei löydy suhteellisen massan ( $w_r$ ) arvoja, joita olisi voitu käyttää vertailussa.

### 3.8. Tilastomenetelmät

Hauen ja kuhan takautuvasti laskettujen kokonaispituuksien keskiarvojen vertailuun kasvukausien 2-4 lopussa vuosiluokkien välillä käytettiin 1-Anovaa ja parittaisiin vertailuihin Tukeyn post-hoc -testiä. Pituuksille tehtiin analysointia varten logaritmuunnokset. Kasvukauden keskilämpötilan ja suhteellisen kasvun välistä korrelaatiota tarkkailtiin Spearmanin korrelaatiolla (1-suuntainen hypoteesi).

Hauen ja kuhan pituuden ja saaliskalojen pituuden ja saalis-peto -pituussuhteen välistä riippuvuutta tarkasteltiin Spearmanin korrelaatiolla (1-suuntainen hypoteesi). Saaliskalojen pituutena käytettiin yksilökohtaisia saaliskalojen keskipituuksia.

Hauen ja kuhan lihasnäytteiden isotooppiarvojen keskiarvojen poikkeavuutta tarkasteltiin riippumattomien otosten t-testillä. Otosvarianssit poikkesivat toisistaan merkittävästi sekä hiilen (Levene:  $F = 8,645$ ,  $p = 0,004$ ) että typen (Levene:  $F = 4,046$ ,  $p = 0,046$ ) kohdalla, mikä otettiin huomioon tulosten tulkinnassa. Isotooppiarvojen riippuvuutta yksilön pituudesta ja riippuvuuden eroa lajien välillä tarkasteltiin kovarianssianalyysillä (ANCOVA), jossa kovariaattina käytettiin kalan pituutta. Analyysia varten kalojen kokonaispituuksille tehtiin logaritmuunnokset. Testin yhteydessä tarkasteltiin myös tulosten jäännösten jakaumaa. Koska jäännökset olivat normaalisti jakautuneet, mallin todettiin sopivan aineiston kuvaamiseen.

## 4. TULOKSET

### 4.1. Verkkokoekalastus

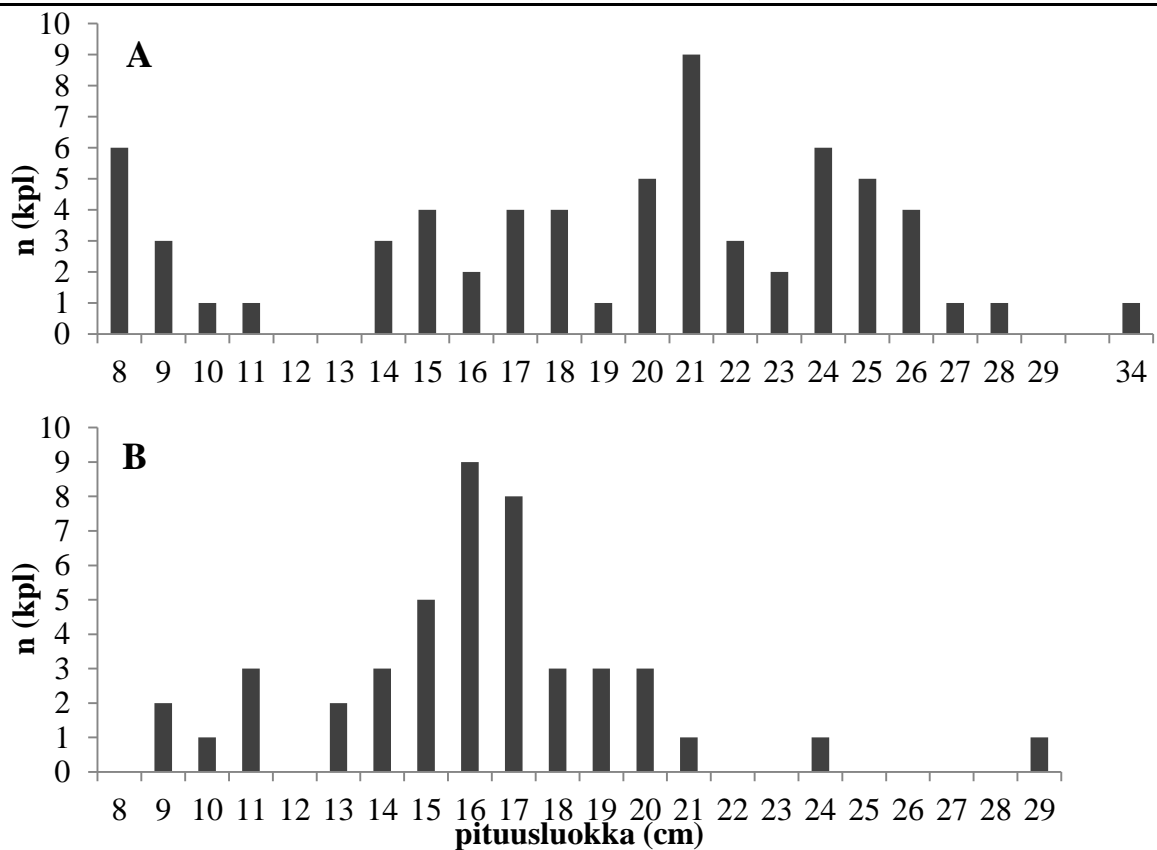
Suotajärven verkkokoekalastuksen yksikkösaalis oli 10 kpl/verkko ja 0,92 kg/verkko. Kalalajeja esiintyi 8 kpl. Runsain laji sekä yksilömäärän että massan suhteen oli ahven (Taulukko 2). Petokalojen osuus biomassasta oli 77 % (95 % luottamusväli 76 % – 78 %) kun petkaloihin luetaan vain yli 15 cm pituiset ahvenet ja kuhat ja 80 % (79 % – 80 %) kun mukaan otetaan saadut mateet ja hauki. Pelkästään yli 15 cm pituisten ahventen osuus

petokalojen biomassasta oli 68 % (67 % - 70 %) Särkikalojen osuus biomassasta oli 19 % (18 % – 20 %).

Verkkokoekalastuksen saaliin ahvenet ja särjet olivat enimmäkseen yli 15 cm pituisia (Kuva 4). Ahvenelta puuttuivat kokonaan 12-14 cm yksilöt ja 10-12 cm pituisia saatiin vain 2. Särjeltä ei saatu lainkaan 12-13 cm yksilöitä.

Taulukko 2. Suotajärven Nordic-verkkokoekalastusten saalis 27.-29.7.2012. Verkkoja pidettiin 2 yönä yhteensä 15 kpl.

Laji	kpl	kg	kpl/ verkko	s.e.	kg/ verkko	s.e.	%-osuus, kpl	%-osuus, massa
Ahven	66	7,805	4,400	1,841	0,520	0,227	44	56
Kiiski	5	0,032	0,333	0,126	0,002	0,001	3	0
Kuha	21	2,971	1,400	0,550	0,198	0,085	14	21
Hauki	1	0,070	0,067	0,067	0,005	0,005	1	1
Särki	45	2,424	3,000	0,594	0,162	0,035	40	18
Salakka	10	0,155	0,667	0,422	0,010	0,006	7	1
Lahna	1	0,030	0,067	0,067	0,002	0,002	1	0
Made	2	0,346	0,133	0,133	0,023	0,023	1	3
Yhteensä	151	13,833	10,067	2,146	0,922	0,220	100	100
Ahven ja kuha > 15 cm	73	10,578	4,867	1,533	0,705	0,312	48	77
Petokalal	76	10,994	5,067	1,538	0,733	0,213	50	80
Särkikalal	56	2,609	3,733	0,897	0,174	0,038	37	19

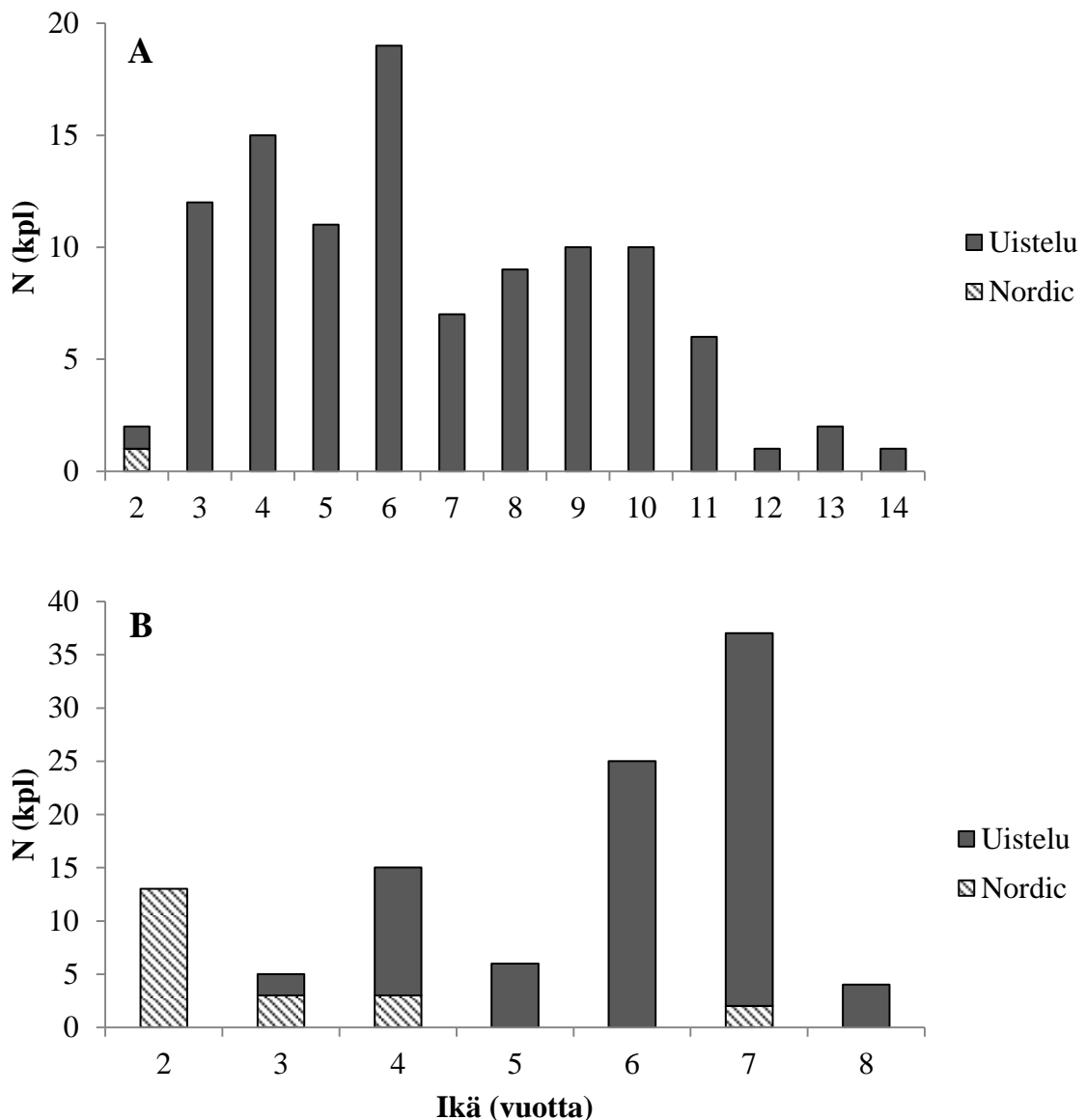


Kuva 4. (A) Ahvenen ja (B) särjen pituusjakauma Suotajärven Nordic-verkkokoekalastuksissa 27.-29.7.2012.

## 4.2. Hauen ja kuhan ikä ja kasvu

Aineiston hauet olivat iältään 2-14-vuotiaita (Kuva 5 A). Eniten yksilöitä saatiin ikäryhmistä 3-6, jotka vastaavat vuosiluokkia 2006-2009. Lisäksi paikalliselta kalastajalta saatujen haukien ikäarviot olivat 8 ja 11 vuotta. Nämä yksilöt eivät ole mukana ikäjakaumassa. Saadut kuhat olivat iältään 2-8-vuotiaita (Kuva 5 B). Suurimmat yksilömäärät saatiin ikäryhmistä 6 ja 7, jotka vastaavat vuosiluokkia 2005 ja 2006. Verkkokoekalastuksissa saadut kuhan olivat lähinnä nuoria, suurin osa 2-vuotiaita.

Vuosina 2005-2007 (vastaa vuosiluokkia 2004-2006) Suotajärveen ei ole istutettu kuhaa (Keski-Suomen Kalatalouskeskuksen istutusrekisteri), joten aineiston perusteella näinä vuosina järvessä on tapahtunut kuhan luontaista lisääntymistä (Taulukko 3). Samoin 2-vuotiaat (vuosiluokka 2010) ovat peräisin luonnollisesta lisääntymisestä, koska vuonna 2011 istutuksia ei tehty.



Kuva 5. Suotajärvestä vuonna 2012 pyydettyjen (A) haukien ja (B) kuhien ikäjakauma pyyntitavoittain. Kuvaajissa on mukana vain itse pyydetyt yksilöt.

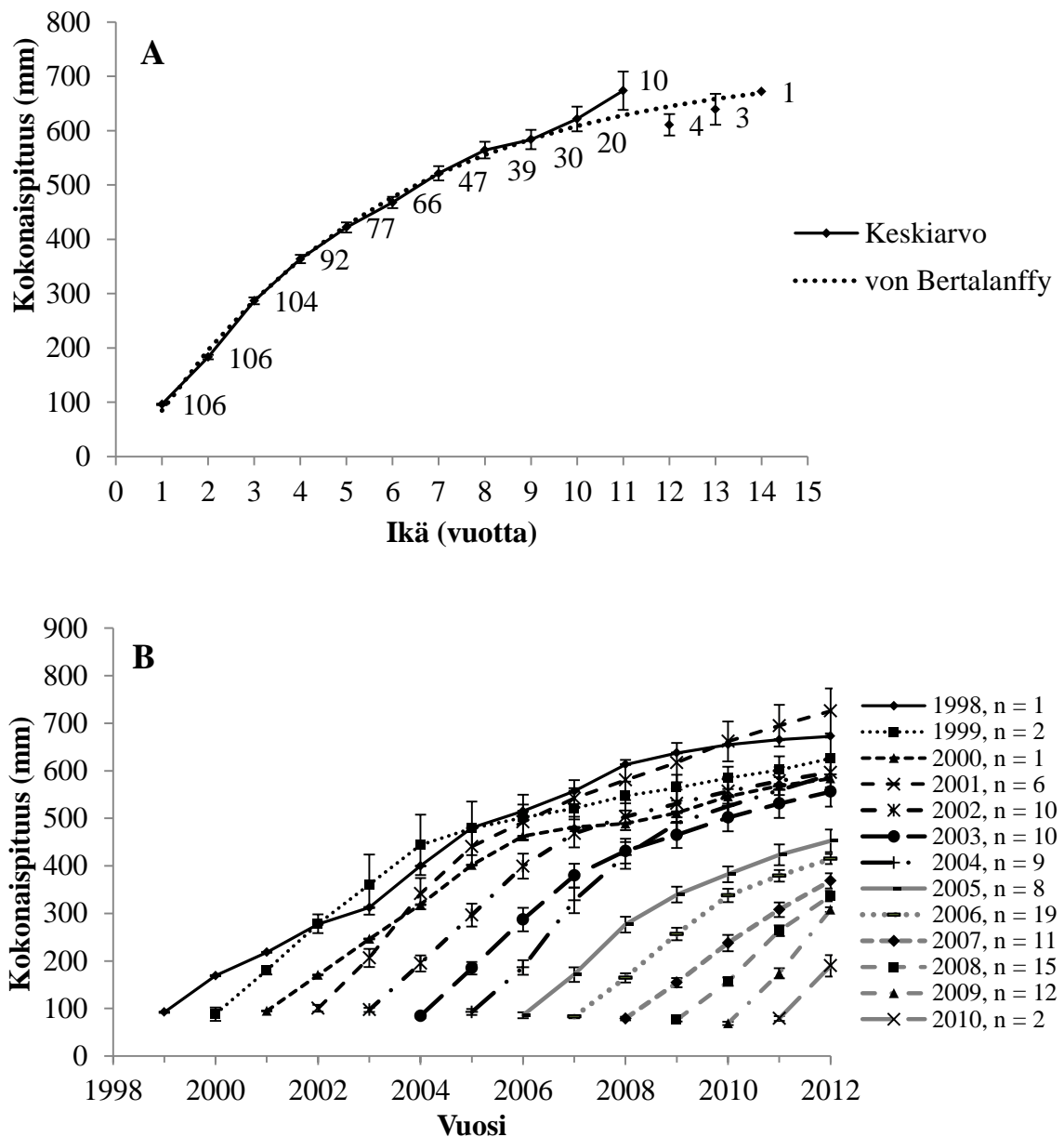


Taulukko 3. Suotajärveen istutetut kuhat istukkaiden vuosiluokkien perusteella (istutettu 1-vuotiaana, joten vuosiluokka on istutusvuosi - 1, Keski-Suomen Kalatalouskeskuksen istutusrekisteri) ja kuhien vuosiluokkakohtainen saalis tutkimuksen aineistossa, sekä istutettujen kuhien keskipituus ja vuosiluokkien takautuvasti määritetty pituus 1-vuotiaana. Suluissa lisätyt saaliit ovat paikalliselta kalastajalta saadut kuhat.

Vuosiluokka	istutettu (kpl)	tutkimuksen saalis	keskimääräinen istutuspituus	määritetty pituus 1-v
1994	3112	-	68	-
1995	500	-	64	-
1996	-	-	-	-
1997	-	-	-	-
1998	-	(+1)	-	75
1999	2000	-	72	-
2000	1870	-	67	-
2001	558	-	70	-
2002	1164	-	78	-
2003	1500	-	67	-
2004	-	4	-	104
2005	-	36 (+1)	-	71
2006	-	25	-	87
2007	1250	6	68	80
2008	2000	15	75	97
2009	5100	5	74	106
2010	-	13	-	101

Hauki saavutti Suotajärvestä vuosina 1998-2010 ensimmäisellä kasvukaudellaan keskimäärin 96 mm pituuden, ja 40 cm pituus ylittyi keskimäärin 5. kasvukaudella (Kuva 6 A). Hauen takautuvasti laskettujen ikäryhmäkohtaisten kokonaispituuksien keskiarvoihin sovitettun von Bertalanffyn kasvuyhtälön vakioiden arvot ja niiden sulkeissa esitetyt 95 % luottamusvälit ovat  $L_{max} = 723$  (670; 775),  $K = 0,191$  (0,149; 0,234),  $t_0 = 0,346$  (-0,020; 0,713).

Hauen vuosiluokkien välillä ei ollut merkitseviä eroja pituudessa 2. kasvukauden lopussa (1-Anova:  $F = 1,604$ ,  $df = 9$ ,  $p = 0,126$ ) (Kuva 6 B). 3. kasvukauden lopussa vuosiluokkien välillä havaittiin merkitseviä eroja (1-Anova:  $F = 2,986$ ,  $df = 8$ ,  $p = 0,005$ ). Vuosiluokan 2007 keskipituus oli merkitsevästi lyhyempi, kuin vuosiluokilla 2001 (Tukey:  $p = 0,033$ ) ja 2004 (Tukey:  $p = 0,040$ ) ja ero vuosiluokkaan 2009 oli tilastollisesti suuntaantava (Tukey:  $p = 0,053$ ). Myös pituudessa 4. kasvukauden jälkeen havaittiin merkitseviä eroja (1-Anova:  $F = 4,411$ ,  $df = 7$ ,  $p < 0,001$ ). Vuosiluokan 2007 keskipituus oli merkitsevästi lyhyempi, kuin vuosiluokilla 2001 (Tukey:  $p = 0,005$ ), 2002 (Tukey:  $p = 0,036$ ) ja 2004 (Tukey:  $p = 0,005$ ). Lisäksi vuosiluokan 2006 keskipituus oli merkitsevästi lyhyempi kuin vuosiluokan 2001 (Tukey:  $p = 0,049$ ).

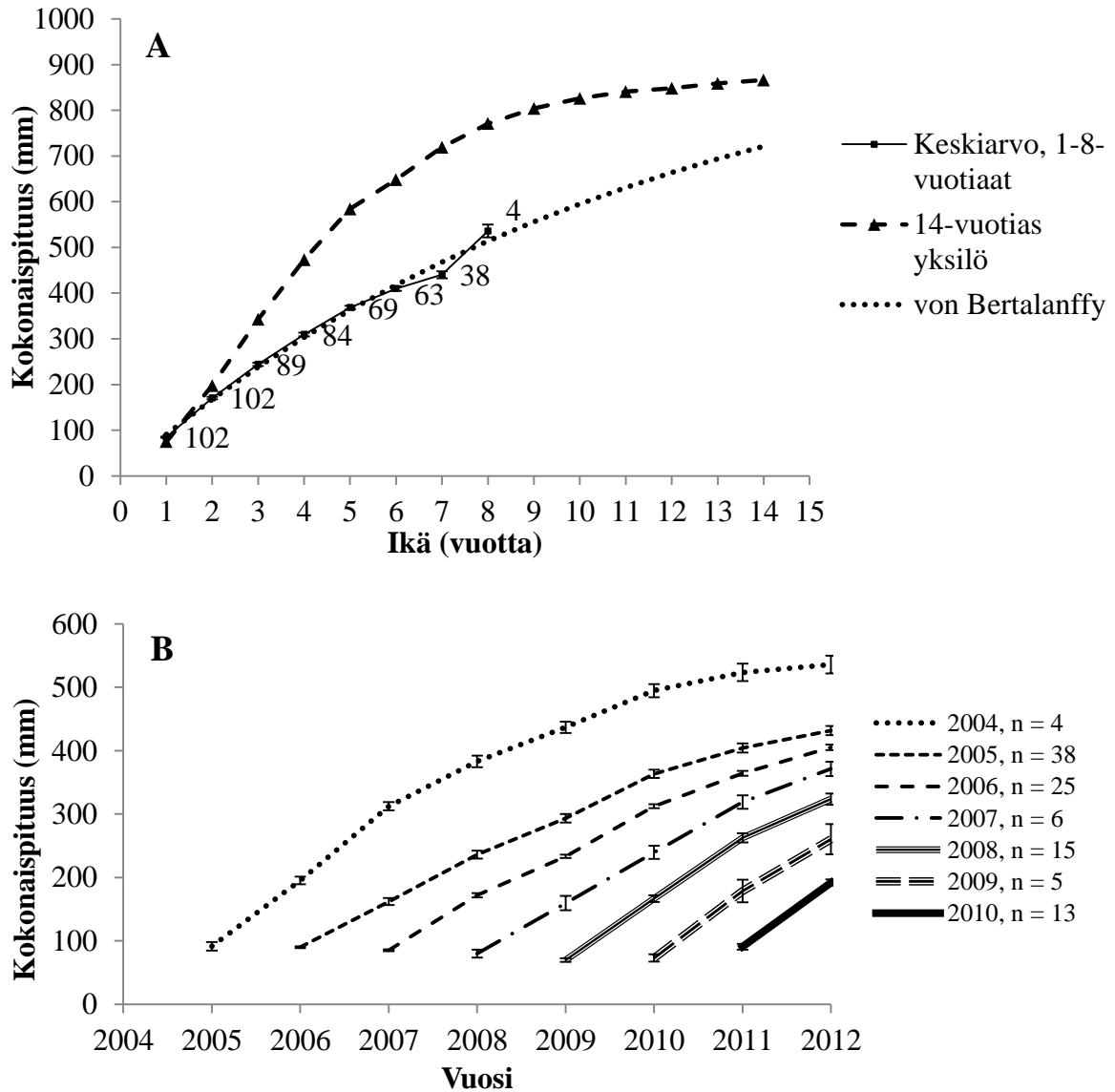


Kuva 6. Suotajärvestä vuonna 2012 pyydettyjen haukien (A) takautuvasti määritetty kokonaispituus ikäryhmittäin ja kasvuun sovitettu von Bertalanffyn kasvuyhtälö ja (B) ikäryhmäkohtaiset keskipituudet vuosiluokittain  $\pm$  keskivirheet. Kuvan A luvut ovat ikäryhmäkohtaiset havaintojen lukumäärät. Kuvan B symbolien selitteen luvut ovat vuosiluokkia.

Kuhan vuosiluokat 2004-2010 ovat saavuttaneet Suotajärvestä ensimmäisellä kasvukaudella keskimäärin 85 mm pituuden ja 40 cm pituus ylittyi keskimäärin 6. kasvukaudella (Kuva 7 A). Aineiston vanhin kuhayksilö on kasvanut muuhun kuha-aineistoon verrattuna nopeammin 40 cm pituuden ylittyessä jo 4. kasvukaudella, ja 6. kasvukauden lopussa pituutta oli jo 65 cm. Kuhan kasvuun sovitetun von Bertalanffyn kasvuyhtälön vakioiden arvot ja niiden 95 % luottamusvälit ovat  $L_{max} = 1031$  (92; 1970),  $K = 0,085$  (-0,28; 0,199),  $t = -0,081$ (-0,911; 0,750).

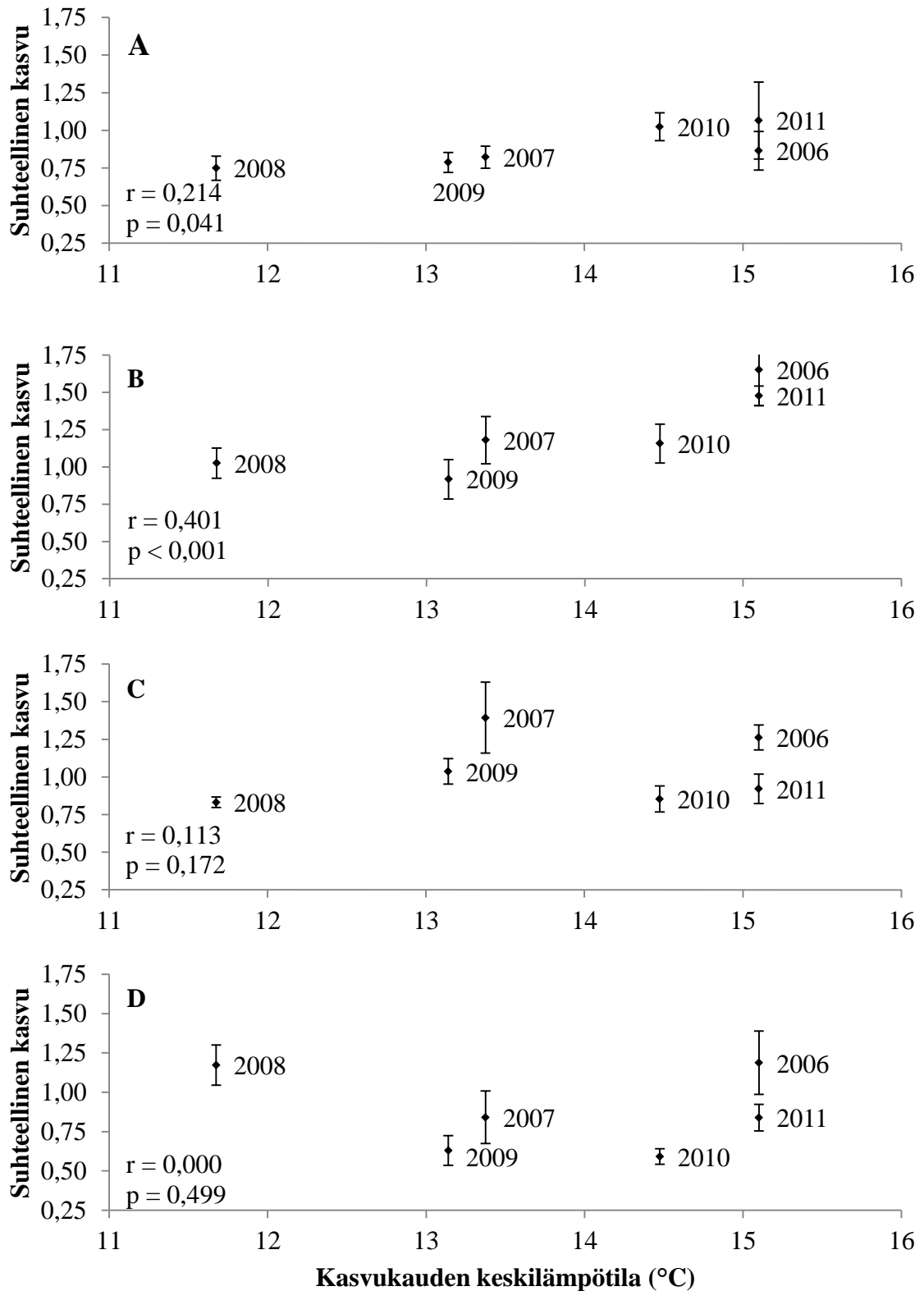
Kuhan vuosiluokkien välillä havaittiin merkitseviä eroja pituudessa 2. (1-Anova:  $F = 3,159$ ,  $df = 6$ ,  $p = 0,007$ ), 3. ( $F = 5,313$ ,  $df = 5$ ,  $p < 0,001$ ) ja 4. kasvukauden ( $F = 7,948$ ,  $df = 4$ ,  $p < 0,001$ ) lopussa (Kuva 7 B). Vuosiluokka 2010 oli 2. kasvukauden lopussa

merkitsevästi pidempi kuin vuosiluokka 2005 (Tukey:  $p = 0,007$ ) ja 3. kasvukauden lopussa vuosiluokka 2004 oli merkitsevästi pidempi kuin vuosiluokat 2005, 2006 ja 2007 (Tukey:  $p = 0,001$ ,  $p = 0,001$  ja  $p = 0,023$ ). Vuosiluokka 2004 oli 4. kasvukauden lopussa merkitsevästi pidempi kuin vuosiluokat 2005, 2006 ja 2008 (Tukey:  $p < 0,001$ ,  $p = 0,005$  ja  $p = 0,036$ ) ja ero vuosiluokkaan 2007 oli tilastollisesti suuntaa-antava (Tukey:  $p = 0,060$ ). Lisäksi vuosiluokka 2008 oli 4. kasvukauden lopussa merkitsevästi pidempi kuin vuosiluokka 2005 (Tukey:  $p = 0,018$ ).

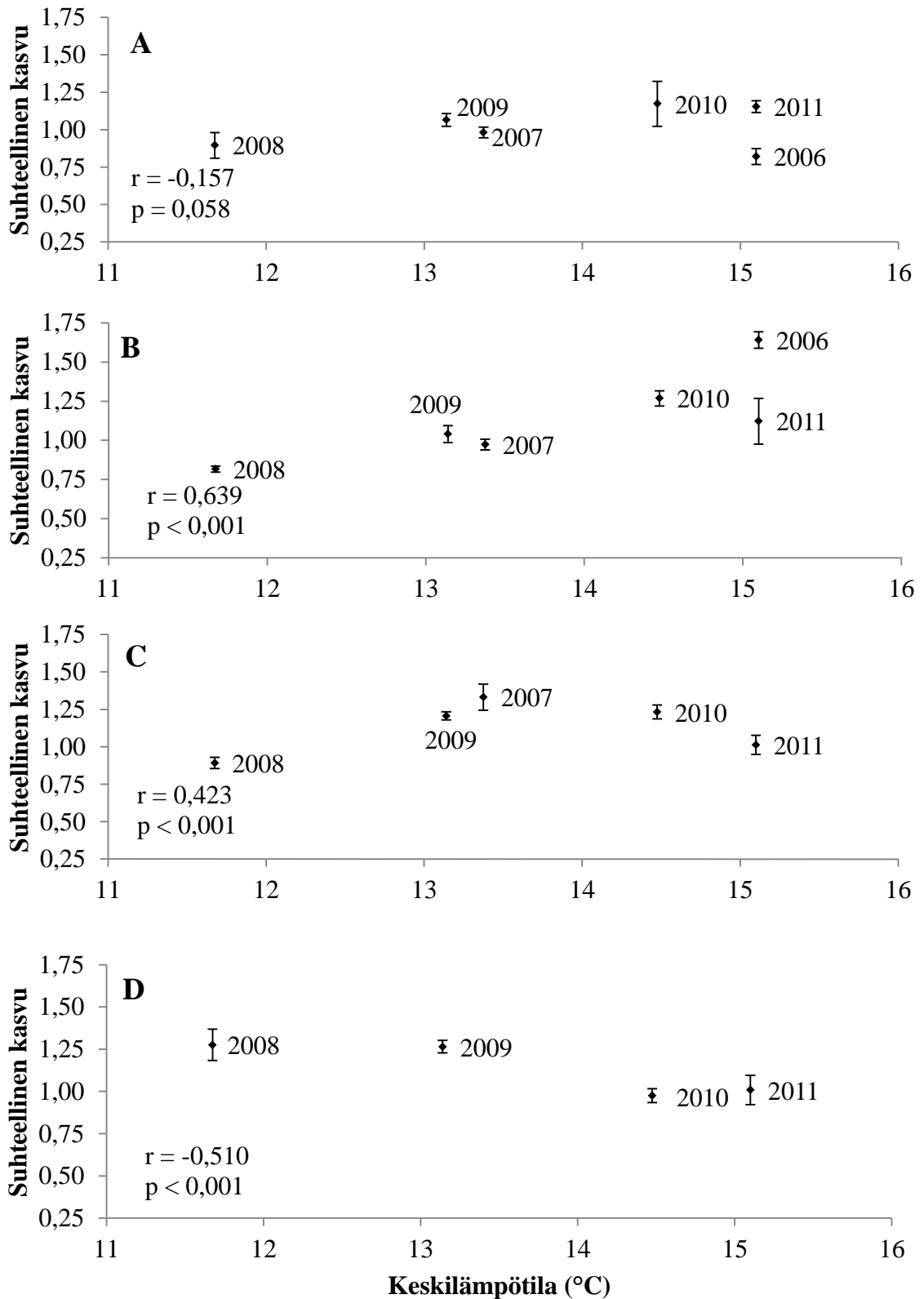


Kuva 7. (A) Suotajärvestä vuonna 2012 pyydettyjen kuhien takautuvasti määritetty keskipituus ikäryhmittäin  $\pm$  keskivirhe ja aineistoon sovitettu von Bertalanffyn kasvuyhtälö. Luvut havaintopisteiden vieressä ovat ikäryhmäkohtaiset havaintomäärät. Ikäarviolta 14-vuotias kuha on esitetty erikseen. (B) Kuhien takautuvasti määritetyt keskipituudet vuosiluokittain  $\pm$  keskivirhe. Kuvan B symbolien selitteen luvut ovat vuosiluokkia.

Hauen 3. kasvukauden suhteellinen kasvu korreloi kasvukauden keskilämpötilan kanssa tilastollisesti erittäin merkittävästi ja 2. kasvukaudella korrelaatio oli tilastollisesti melkein merkitsevä (Kuva 8). Kuhalla korrelaatio oli tilastollisesti erittäin merkitsevä 3., 4. ja 5. kasvukaudella ja 2. kasvukaudella tilastollisesti suuntaa-antava (Kuva 9). Kujan 2. ja 5. kasvukauden korrelaatio oli negatiivinen.



Kuva 8. Hauen suhteellisen kasvun ja kasvukauden (kesäkuu-syyskuu) ilman keskilämpötilan välinen riippuvuus 2.-5. kasvukaudella (A-D vastaavasti)  $\pm$  keskivirheet. Tarkastelussa käytettiin Spearmanin korrelaatiota (1-suuntainen hypoteesi). Kuvien luvut havaintopisteiden vieressä ovat vuosia.



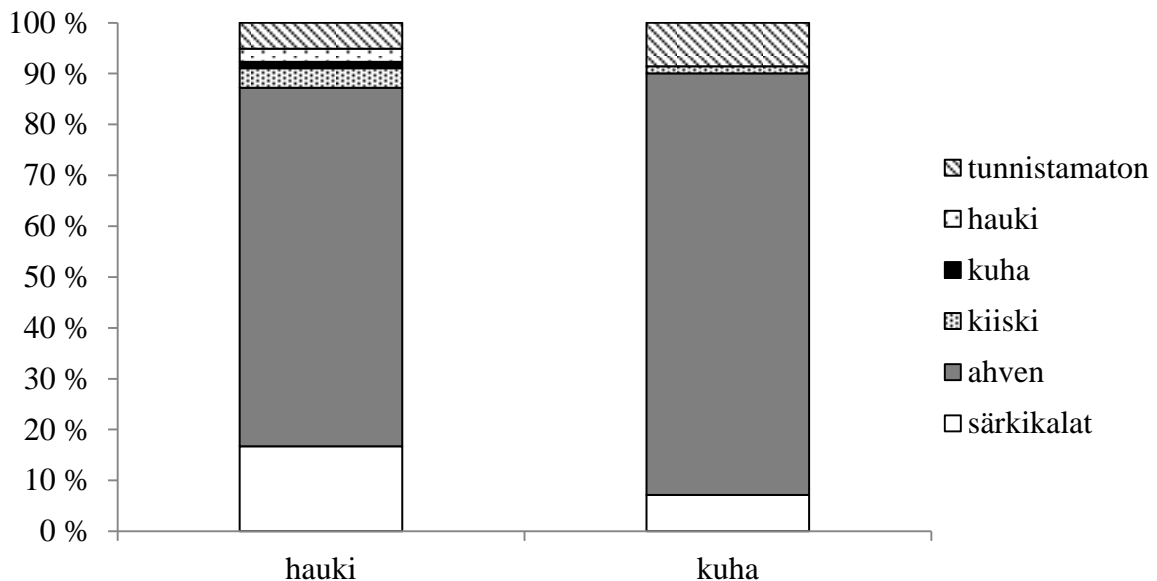
Kuva 9. Kukan suhteellisen kasvun ja kasvukauden (kesäkuu-syyskuu) ilman keskilämpötilan välinen riippuvuus 2.-5. kasvukaudella (A-D vastaavasti)  $\pm$  keskivirhe. Tarkastelussa käytettiin Spearmanin korrelaatiota (1-suuntainen hypoteesi). Kuvien luvut havaintopisteiden vieressä ovat vuosia.

### 4.3. Ravintonäytteet

Ravintonäytteistä löytyi kalaa 37 hauelta ja 18 kuhalta. Molemmilla lajeilla runsain ravintolaji oli ahven (Kuva 10). Yhteensä kaloja löytyi mahalaukuista hauella 78 kpl, joista 4 tunnistamattomia ja kuhalla 70 kpl, joista 6 tunnistamattomia. Kalaa sisältämättömien mahalaukkujen osuus oli hauella 65 % ja kuhalla 83 %. Ravintokalojen määrän vaihteluväli kalaa syöneillä yksilöillä oli hauella 1-8 ja kuhalla 1-24. Suurin osa useita ravintokohteita sisältäneistä näytteistä sisälsi vain 0-vuotiaita ahvenia. Kuhalla 25.6. ja hauella 11.7. jälkeen mahalaukuista löytyi vain ahvenia ja niistä kaikki paitsi 1 olivat 0+ -ikäryhmää.

Hauen ja kuhan ravinnonkäytön päällekkäisyyttä kuvaavan Schoenerin indeksin arvoksi saatiin yksilöiden parittaisilla vertailuilla 0,43 (95 % luottamusväli 0,38; 0,47). Kaikki ravintonäytteet yhdistämällä indeksi sai keskimääräisen arvon 0,85. Lajin sisäinen indeksi oli hauella 0,39 (95 % luottamusväli 0,36; 0,44) ja kuhalla 0,42 (95 % luottamusväli 0,32; 0,52). Molemmat lajit valikoivat ahvenia verkkokoekalastuksen saaliin jakauman perusteella odotettua enemmän (Taulukko 4). Hauen korkea arvo (0,59) ravintokohteena hauen ravinnossa johtuu alhaisesta havaintomäärästä. Haukia oli koekalastusten saaliissa 1 ja ravintonäytteissä 2.

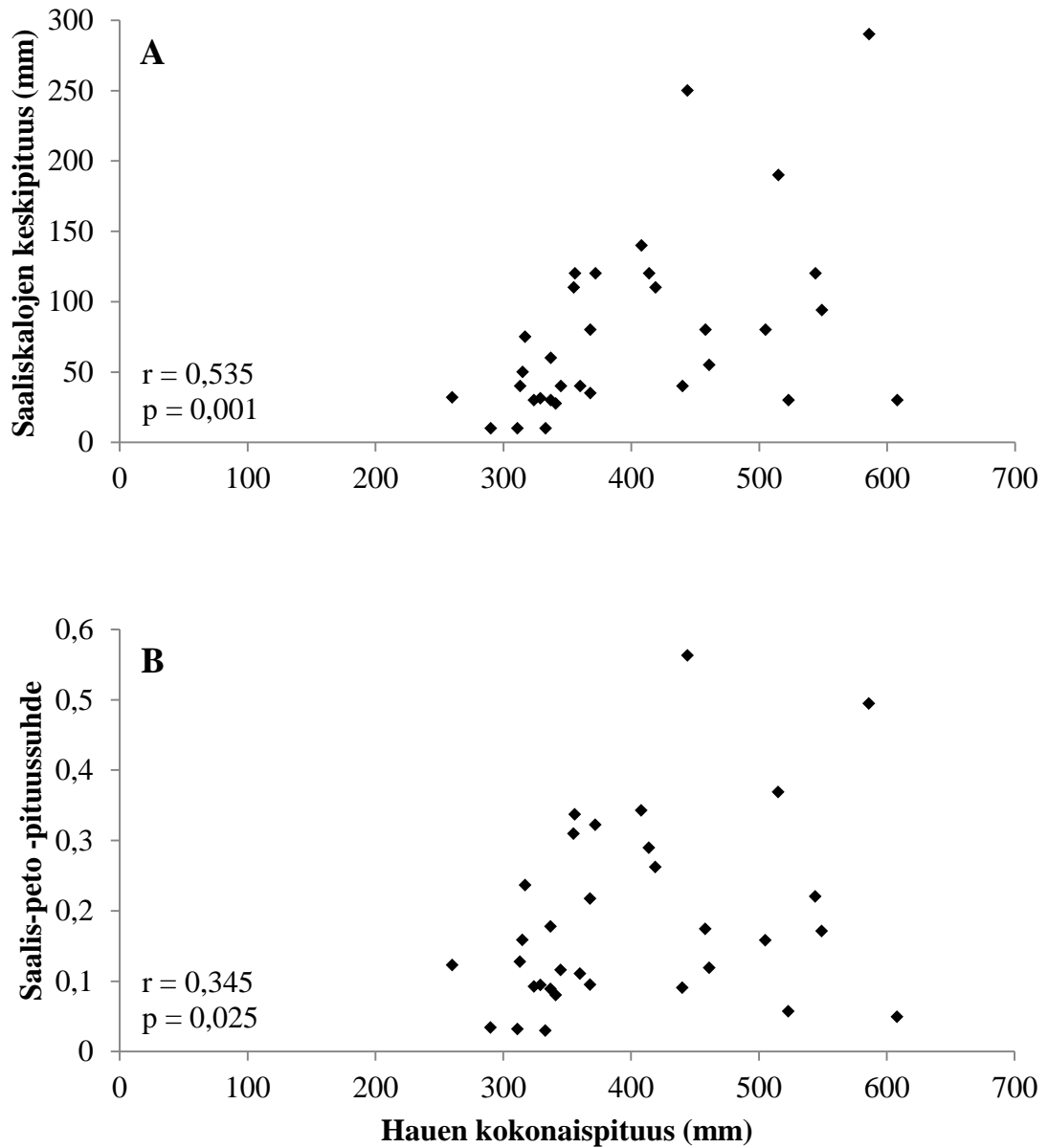
Käytettyjen ravintokalojen koko kasvoi molemmilla lajeilla pedon kasvaessa. Hauella korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä, mutta kuhalla ei (Kuvat 11 A ja 12 A). Ravintokalan ja pedon pituuden suhde vaihteli hauella välillä 0,03–0,56 ja kuhalla välillä 0,05–0,34. Suhde korreloi hauella tilastollisesti melkein merkitsevästi hauen pituuden kanssa, mutta kuhalla korrelaatio ei ollut merkitsevä (Kuvat 11 B ja 12 B).



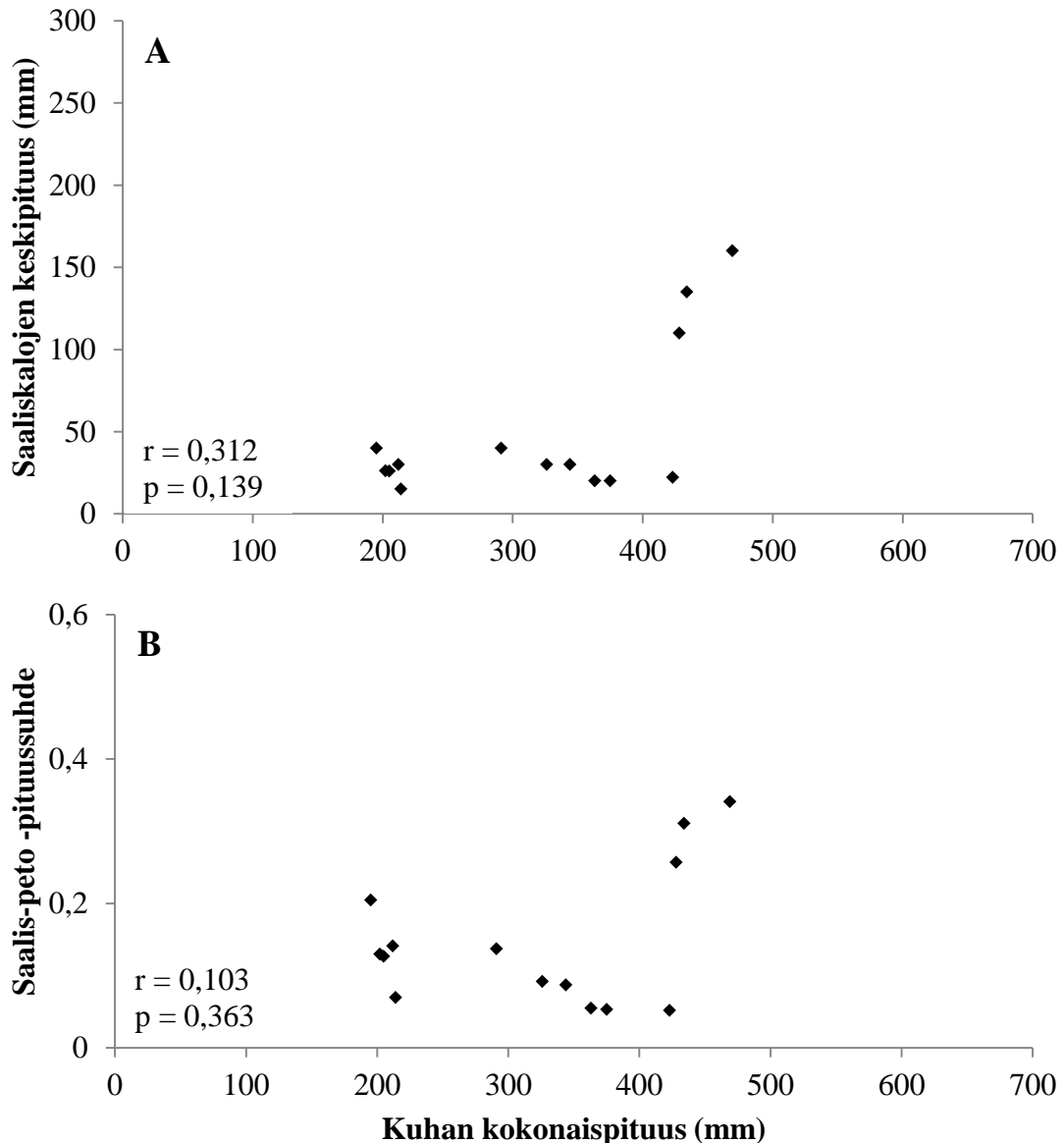
Kuva 10. Ravintokohteiden lukumäärien %-osuudet hauen ja kuhan ravintonäytteissä Suotajärnessä vuonna 2012. Särkikalat olivat hauella särkiä, salakoita ja lahnoja ja kuhalla särkiä ja salakoita.

Taulukko 4. Suotajärven lajikohtaiset Ivlevin valikoivuusindeksin arvot hauelle ja kuhalle 2012.

Saalislaji									
Peto	Ahven	Särki	Salakka	Kiiski	Kuha	Hauki	Lahna	Made	
Kuha	0,31	-0,83	-0,21	-0,40	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	
Hauki	0,23	-0,49	-0,27	0,07	-0,83	0,59	0,59	-1,00	



Kuva 11. Suotajärvestä 2012 pyydettyjen haukien kokonaispituuden ja (A) saaliskalojen keskipituuden ja (B) saalis-peto -pituussuhteen välinen riippuvuus. Tarkastelussa käytettiin Spearman-korrelaatiota (1-suuntainen hypoteesi).

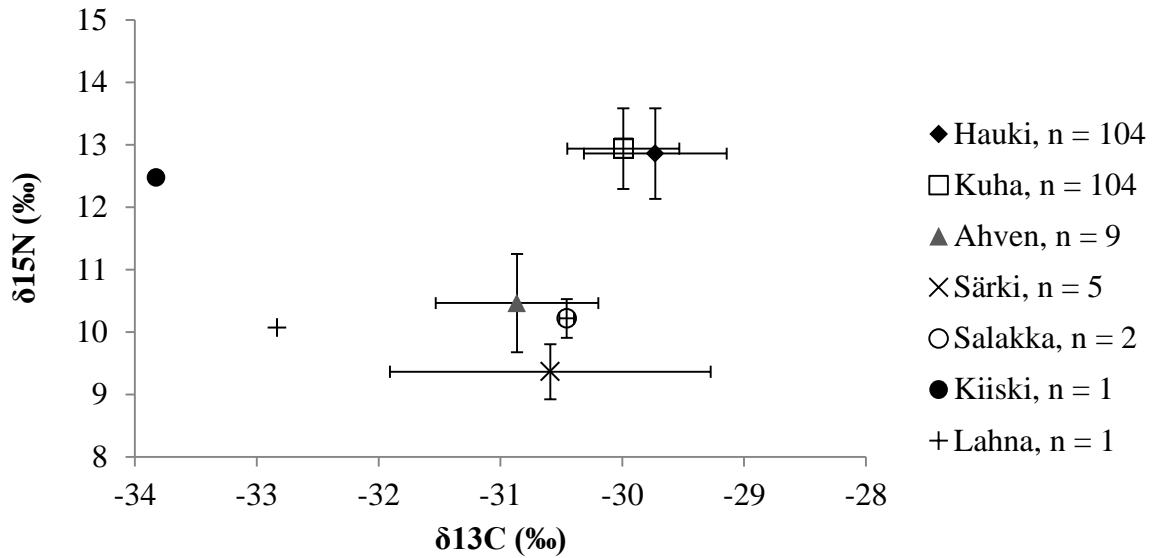


Kuva 12. Suotajärvestä 2012 pyydettyjen kuhien kokonaispituuden ja (A) saalisalojen keskipituuden ja (B) saalis-peto -pituussuhteen välinen riippuvuus. Tarkastelussa käytettiin Spearman-korrelaatiota (1-suuntainen hypoteesi).

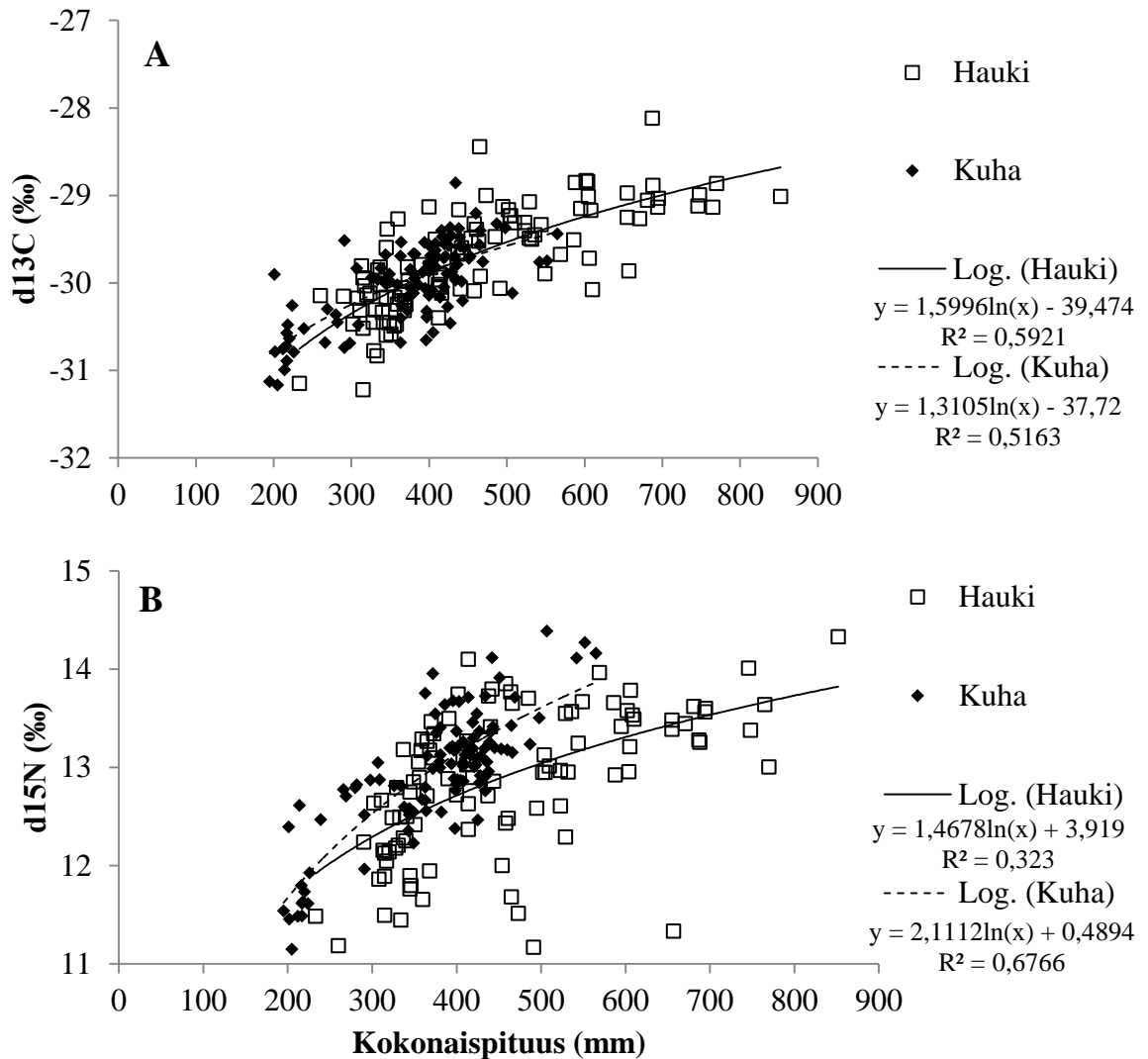
#### 4.4. Hiilen ja typen vakaat isotoopit

Hauen ja kuhan lihasnäytteiden hiilen vakaiden isotooppien suhteen keskiarvot poikkesivat toisistaan merkitsevästi ( $t_{195} = 3,591$ ,  $p < 0,001$ ). Typen arvot eivät poikenneet lajien välillä merkitsevästi ( $t_{203} = -0,829$ ,  $p = 0,408$ ) (Kuva 13). Hiilen isotooppiarvojen riippuvuus kalan pituudesta oli molemmilla lajeilla tilastollisesti merkitsevä (ANCOVA:  $F < 251,950$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,001$ ), mutta ei poikennut lajien välillä merkitsevästi (ANCOVA:  $F = 2,550$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,112$ ) (Kuva 14 A). Myös typen isotooppiarvojen riippuvuus kalan pituudesta oli merkitsevä (ANCOVA:  $F = 187,005$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,001$ ) ja poikkesi lajien välillä merkitsevästi (ANCOVA:  $F = 4,785$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,03$ ) (Kuva 14 B). Kuhalla arvot nousivat nopeammin. Hauella hajonta oli suurempaa erityisesti 300-500 mm yksilöillä. Esimerkiksi 491 mm pituisen yksilön typen vakaiden isototooppien arvo oli 11,2 ‰ ja 414 mm yksilöllä 14,1 ‰. Myös yhdeltä yli 600 mm yksilöltä havaittiin alhainen arvo (11,3 ‰).





Kuva 13. Suotajärven lajikohtaiset lihasnäytteiden isotooppien suhteen ( $\delta^{15}\text{N}$  ja  $\delta^{13}\text{C}$ ) lajikohtaiset keskiarvot ja keskihajonnat 2012.



Kuva 14. Suotajärvestä 2012 pyydettyjen haukien ja kuhien lihasnäytteiden (A) hiilen  $\delta^{13}\text{C}$  ja (B) typen  $\delta^{15}\text{N}$  isotooppiarvojen riippuvuus hauen ja kuhan kokonaispituudesta.

#### 4.5. Hauen ja kuhan kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus

Aineiston (vain itse pyydetyt) hauet olivat kokonaispituudeltaan 233-852 mm ja tuoremassaltaan 68-3963 g (Kuva 15 A). Kokonaispituuden ja tuoremassan välisen riippuvuuden parametrien arvot olivat  $a = 0,0000013$  ja  $b = 3,219$  (Taulukko 5). Kotakorven (2010) tutkimukseen verrattuna hauet olivat keskimäärin kevyempiä alle 600 mm pituisena, mutta painavampia tätä pidempänä. Pelolan (2010) ja Willisin (1989) aineistoon verrattuna hauet olivat keskimäärin kevyempiä koko aineiston kokonaispituusvälillä. Suhteellisen massan arvoksi saatiin  $W_r = 0,81$ . Hauen kokonaispituuden ja tuoremassan välisen riippuvuuden yhtälön eksponentin  $b$  arvo oli tilastollisesti merkitsevästi yli 3 (95 % luottamusväli 3,153; 3,284).

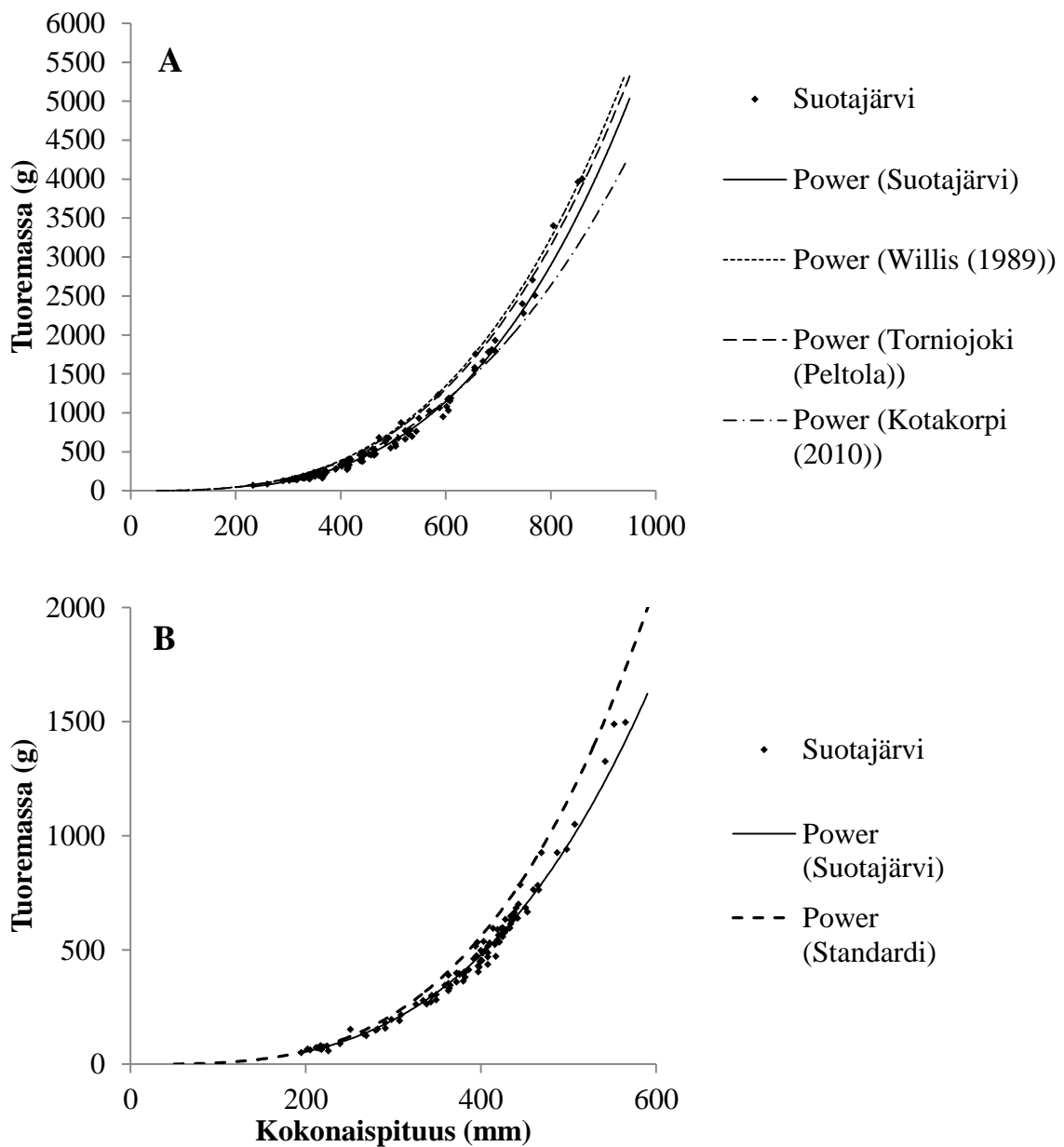
Taulukko 5. Suotajärvestä 2012 pyydettyjen ja vertailuaineistojen haukien kokonaispituuden ja tuoremassan välisen riippuvuuden parametrien arvot ja keskivirhe Suotajärven aineistolle.

Järvi	a	s.e.	b	s.e.	lähde
Suotajärvi	0,0000013	0,00000031	3,219	0,033	-
Evon järvet	0,000013		2,856		Kotakorpi (2010)
Torniojoki	0,0000043		3,052		Peltola (2010)
33 P-Amerikan järveä	0,0000043		3,059		Willis (1989)

Aineiston kuhat (vain itse pyydetyt) olivat kokonaispituudeltaan 195-565 mm ja tuoremassaltaan 50-1497 g (Kuva 15 B). Kokonaispituuden ja tuoremassan välisen riippuvuuden parametrit olivat  $a = 0,0000032$  ja  $b = 3,142$ . Suotajärven kuhat olivat kevyempiä suhteessa pituuteensa kuin 13 vertailujärven (Taulukko 6) aineiston perusteella muodostetun standardikuvaajan taso. Myös kuhalla eksponentin  $b$  arvo oli tilastollisesti merkitsevästi yli 3 (95 % luottamusväli 3,079; 3,206)

Taulukko 6. Suotajärvestä 2012 pyydettyjen ja vertailuaineistojen kuhien kokonaispituuden ja tuoremassan välisen riippuvuuden parametrien arvot ja keskivirhe Suotajärven aineistolle. Salon ja Milardin ym. aineistoissa pituudet ilmoitettu cm:nä (parametrin  $a$  arvo).

Järvi	a	s.e.	b	s.e.	lähde
Suotajärvi	0,0000032	0,00000066	3,142	0,032	-
Puula	0,0000059		3,083		Alaja ym. 2004
Haukivesi	0,0000022		3,243		Alaja ym. 2004
Pihlajavesi	0,0000011		3,350		Alaja ym. 2004
Tuusjärvi	0,000002		3,257		Alaja ym. 2004
Päähkeenselkä	0,0000004		3,516		Alaja ym. 2004
Kangasjärvi	0,0000006		3,446		Alaja ym. 2004
Alanne	0,0000015		3,296		Alaja ym. 2004
Kyyvesi	0,0000003		3,542		Alaja ym. 2004
Vanajanselkä	0,0000069		3,040		Salo 1988
Sahajärvi	0,0000009		3,372		Milardi ym. 2011
Vesijärvi	0,0000013		3,338		Lappalainen ym. 2005
Averia	0,0000011		3,352		Lappalainen ym. 2005
Alvajärvi	0,00001		2,917		Helisevä & Puranen 2010



Kuva 15. (A) Hauen kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus Suotajärnessä 2012 ja vertailujärvissä (Willis 1989, Kotakorpi 2010, Peltola 2010). (B) Kujan kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus Suotajärnessä 2012 ja 13 Suomalaisen järven aineistoista (Salo 1988, Alaja ym. 2004, Lappalainen ym. 2005, Helisevä & Puranen 2010, Milardi ym. 2011) muodostettu standardi. Suotajärven havainnoissa ovat mukana vain itse pyydetty yksilöt.

## 5. TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1. Verkkokoekalastus

Suotajärven yksikkösaaliin yksilömäärä oli huomattavasti rehevydeltään vastaavien järvien tyypillistä tasoa (Tammi ym. 2006) alhaisempi. Tyypillinen yksilömäärä on n. 50 kpl/verkko ja Suotajärven yksilömäärä on vain n. 1/5 tästä. Yksikkösaaliin massa ei poikennut paljoa tyypillisestä tasosta. Tämä ero yksilömäärän ja massan välillä selittyy petokalojen poikkeuksellisen suurella osuudella. Yli 15 cm pituisten ahventen ja kujan

osuus verkkokoekalastusten saaliin biomassasta oli 76,5 %, mikä on ainakin Tammen ym. (2006) rapotoimiin verrattuna hyvin poikkeuksellista. Tammen ym. (2006) raportissa yksikkösaaliiltaan vastaavien kuormitettujen järvien yli 15 cm ahventen ja kuhien osuus oli tyypillisesti n. 15 % ja vertailujärvillä n. 30 %, suurimpienkin yksittäisten havaintojen ollessa alle 70 %. Pääjärnessä petokalojen osuuden on todettu olevan suuri (Sairanen 2006), mutta sielläkin kaikkien petokalojen osuus yksikkösaaliin massasta oli vain 40 %. Ahvenkalavaltaisuus ja petokalojen runsaus sinänsä ovat tyypillisiä piirteitä mesotrofisille järville (Persson ym. 1991). Särkikalajien osuus biomassasta oli vain 18,9 %. Tammen ym. raportin vertailujärvien mediaani oli 46,1 % ja kuormitettujen järvien 61,8 %.

Verkkokoekalastuksissa saatiin sekä yksilömäärän että massan suhteen eniten ahvenia. Yksilömäärältään särki oli 2. runsain, mutta massaltaan kuhaa saatiin enemmän. Ahvenen ja särjen kohdalla mielenkiintoista on suurikokoisten yksilöiden hallitsevuus. Molemmilla lajeilla oli erityisen vähän n. 12 cm yksilöitä. Ahvenen kasvu vaikuttaisi kuitenkin olevan nopeaa: 12 cm pituus ylittyi alustavien määritysten perusteella (Puranen, julkaisematon) jo 2. kasvukaudella. Erityisesti kuhan ravinnonkäyttöä ajatellen huomionarvoista on myös kuoreen puuttuminen järven kalastosta.

Verkkokoekalastus tehtiin heinäkuussa, jolloin 0-vuotias ahvenet olivat luultavasti vielä liian pieniä tarttuakseen Nordic-yleiskatsausverkkoihin. Runsaat havainnot ravintönäytteissä kertovat kuitenkin 0-vuotiaiden ahventen olevan merkittävä ravintokohde hauelle ja kuhalle. Huomattavaa on myös se, että hauen pyydyttävyys Nordic-yleiskatsausverkoilla on alhainen (Tammi ym. 2006), mikä aiheuttaa aliarvion petokalojen määrään ja toisaalta yliarviota kuhan ja ahvenen osuuteen petokalayhteisössä. Tässäkin tutkimuksessa haukia saatiin verkoilla vain 1, vaikka vapapyyntisaaliissa haukia oli enemmän kuin kuhaa.

## 5.2. Hauen ja kuhan ikä ja kasvu

Hauen ja kuhan ikäjakaumista ei ole mielekäästä tehdä kovin pitkälle vietyjä päätelmiä, koska vapapyynti on todennäköisesti hyvin valikoiva pyyntikeino. Tämä näkyi mm. siinä, että verkoilla saadut kuhat olivat pääasiassa 2-4-vuotiaita ja uistelemalla saadut enimmäkseen 6-7-vuotiaita. Siksi vapapyyntin saaliista tehdyt arviot ikäjakaumista aliarvioivat nuorten yksilöiden määrää. Kuhan kohdalla ikäjakauma paljastaa myös sen, että Suotajärnessä tapahtuu kuhan luonnollista lisääntymistä. Suurimmat yksilömäärät saatiin nimenomaan vuosiluokista, joita ei ole istutettu. Tämä on oleellinen tieto myös ajatellen järven petokalojen ja saalislajien dynamiikkaa jatkossa.

Hauen kasvu on Suotajärnessä jonkin verran tyypillistä hitaampaa. Pituus 1. kasvukauden jälkeen on lyhyehkö, mutta sopii kuitenkin tavalliseen 80-150 mm pituusväliin (Anonyymi 2013 b). Pyhäselällä hauki saavuttaa 400 mm pituuden keskimäärin 5. kasvukaudella (Viljanen ym. 1982) ja Suotajärvellä tilanne on sama. Tämän jälkeen kasvu kuitenkin hidastuu, sillä Pyhäselällä 8-vuotiaat hauet ovat keskimäärin yli 650 mm kun Suotajärvellä keskimääräinen pituus 8-vuotiaana on vain 560 mm. Hauen kasvussa ei ole tapahtunut selviä muutoksia ainakaan viimeisten 12 vuoden aikana kun tarkastellaan kasvua vuosiluokittain. Pituuksissa kasvukausien 2.-4. lopussa eri vuosien välillä oli merkitseviä eroja, mutta näyttää siltä, että ensimmäisten kasvukausien kasvu ei ole viime vuosien aikana selkeästi muuttunut suuntaan tai toiseen.

Kuhan kasvu on Suotajärnessä keskinkertaista. Pituus 1. kasvukauden lopussa on kuhalle tyypillinen (Anonyymi 2013 a). Pituus 3. kasvukauden lopussa vaihtelee Keski-Suomen järvissä välillä 18-33 cm (Keskinen & Marjomäki 2003). Suotajärnessä kuha saavuttaa 3. kasvukaudella keskimäärin 24,4 cm pituuden. Kasvu vaikuttaa erityisen

hitaalta 400 mm pituuden jälkeen. Vaikka hitaampaakin kasvua kuhalle on raportoitu (Keskinen ym. 1999, Vinni ym. 2009), myös huomattavasti nopeampia kasvuja on havaittu (Keskinen ym. 1999, Puranen 2012, Puranen 2013). Pienten ravintokalojen vähyys Suotajärvässä voi vaikuttaa negatiivisesti kuhan kasvuun erityisesti, kun se on siirtymässä kalaravinnon käyttöön. Tyypillisesti tämä siirtymä tapahtuu 2. kasvukaudella (Ruuhijärvi ym. 1996, Lappalainen 2001).

Kuhan vuosiluokkien kasvussa ei ole selviä eroja vuosiluokkien 2005-2010 välillä, mutta vuosiluokka 2004 on kasvanut selvästi nopeammin kuin vuosiluokat sen jälkeen. Myös ikäarvioltaan 14-vuotias yksilö on kasvanut selvästi viime vuosien keskimääräistä vauhtia nopeammin. Mielenkiintoista olisikin saada aineistoon lisää vanhoja, yli 8-vuotiaita yksilöitä, jotta nähtäisiin onko kasvu ollut nopeaa muilla vanhemmilla vuosiluokilla.

Kasvun riippuvuudessa kasvukauden lämpötilasta hauella selvä korrelaatio havaittiin vain 2. kasvukaudella, kun taas kuhalla korrelaatio oli erittäin merkitsevä ja positiivinen 3. ja 4. kasvukaudella. Kuha voisi tämän perusteella pystyä käyttämään kasvupotentiaalia paremmin ensimmäisinä kasvukausinaan. Kuhan 5. kasvukauden negatiivinen korrelaatio saattaa selittyä osin sukukypsyyden saavuttamisella, jolloin pituuskasvu voi hidastua merkittävästikin. Kuhan 2. kasvukauden negatiivinen korrelaatio oli vain suuntaa-antava, joten sen taustalla ei ehkä ole ekologisesti merkitsevää mekanismia. Koska kasvu ei korreloi hauella voimakkaasti kasvukauden lämpötilan kanssa, voisi olettaa, että muut tekijät vaikuttavat lajin kasvuun lämpötilaa enemmän. Lajien välinen ravintokilpailu voi olla yksi merkittävä tekijä. Kilpailun tiedetään rajoittavan kalojen kasvua (Weatherley & Gill 1987, Ohlson ym. 1995). Buijse ja Houthuijzen (1992) toteavat kuhan kasvun olevan nopeampaa lämpimämpinä vuosina vain niissä tapauksissa, kun sopivaa ravintoa on tarjolla. Erityisesti 2. kasvukaudella, kun kuha on siirtymässä kalaravintoon, sopivan ravinnon saatavuus on ratkaisevaa. Tämän perusteella Suotajärvässä kuhalla näyttäisi olevan ainakin 3. ja 4. kasvukaudella sopivaa ravintoa. Myös hauella kasvun on todettu reagoivan lämpötilaan vain ravintotilanteen ollessa riittävän hyvä (Kipling 1983). Windermersissä kaiken kokoisilla hauilla kasvu korreloi lämpötilan kanssa, kun sopivaa ravintoa oli runsaasti. Myös ahvenen kasvu ja ikäjakauma, jotka myös riippuvat osin kasvukausien lämpötiloista, vaikuttivat pienen hauen ravintotilanteeseen ja sen myötä kasvuun. Suotajärvässä pienille hauille vaikuttaisi olevan heikosti sopivaa ravintoa, ja ahvenen kasvu vaikuttaa niin nopealta, että se kasvaa helposti liian suureksi sopiakseen kalaravintoon siirtyvien nuorten haukien ja kuhien ravinnoksi. Kuhan kasvun voimakkaampi riippuvuus lämpötilasta voi viitata myös sen parempaan menestykseen kilpailussa ravinnosta hauen kanssa.

Schulzen ym. (2006) tutkimukseen verrattuna näyttäisi siltä, että kuhan istuttamisella voi olla negatiivisia vaikutuksia hauen menestykseen — ainakin, jos ravintotilanne on huono. Schulze ym. totesivat hauen biomassan jopa lisääntyneen kuhan istuttamisen myötä. Mahdollisena selityksenä pidettiin ahvenen elinpiirin painottumista enemmän rantavyöhykkeen, jossa hauen saalistus on tehokkainta. Suotajärven tapauksessa ahven voi kuitenkin olla tärkein ravintokohde sekä ahvenelle, haulle että kuhalle, jolloin ahvenen tuotanto ei välttämättä riitä kaikille lajeille. Tämä saattaa rajoittaa hauen ja kuhan kasvua. Toisaalta voi olla, että kasvukausien lämpötilan luontainen vaihtelu ei ole ollut niin suurta, että sillä olisi suurta vaikutusta kalojen kasvuun. Suurimmat erot voidaankin havaita, kun optimilämpötilavälin ulkopuolella vietetty aika muuttuu. Esimerkiksi kylmä kevät tai aikainen talvi voi jopa lyhentää varsinaista kasvukautta. Tarkan optimilämpötilan sijaan onkin suositeltu käytettäväksi esim. sitä lämpötilaväliä, missä kala todellisuudessa liikkuu (Jobling 1981). Joblingin mukaan kalat eivät tyypillisesti vain siirry kohti

optimilämpötilaansa tai pysy siinä, vaan liikkuvat koko ajan myös tämän lämpötilan ylä- ja alapuolella. Näiden liikkeiden merkitys luultavasti kasvaa, kun huono ravintotilanne ajaa yksilön etsimään ravintoa laajemmalta alueelta.

Erityisen korkea lämpötila voi vaikuttaa ainakin hauen kasvuun negatiivisesti (Casselman 1978). Pituuskasvun optimilämpötila on aikuisella hauella 21 °C ja erityisen lämpiminä kesinä tämä lämpötila lienee ylitetty ainakin pintavesien osalta selvästikin. Myös Jacobson (1992) havaitsi hauen kasvun riippuvan kasvukauden vedenlämpötilasta. Kasvu kiihtyi nopeasti 10 °C yläpuolella ja kääntyi jyrkkään laskuun 22 °C jälkeen. Tämän perusteella alle 10 °C tai yli 22 °C lämpötilassa vietetty aika voisi vaikuttaa kasvuun ratkaisevasti. Vaikka tässä tutkimuksessa lämpötilan vaikutus hauen kasvuun ei ollut merkittävä, on se osaltaan voinut vaikuttaa viime vuosien heikkoon kasvuun. Hauki suosii yleensä järvien rantavyöhykkeitä (Diana ym. 1977, Voellestad ym. 1986, Scultze ym. 2006), missä sen saalistus on tehokkainta. Veden korkea lämpötila voi pakottaa hauen siirtymään syvälle kylmempään veteen, mikä vähentää lämpimän veden haitallista vaikutusta (Winfield ym. 2008), mutta voi toisaalta heikentää hauen saalistustehokkuutta. Todennäköisesti lämpötila voi vaikuttaa myös epäsuorasti ravintolajien kautta. Suotajärvestä tällä ei todennäköisesti ole suurta merkitystä, koska järvestä ei esiinny kylmää vettä suosivia saalislajeja.

Hauen iän ja kasvun määrittäminen oli hankalaa. Sekä suomissa että tarkastelluissa luissa havaittiin runsaasti todennäköisiä valerenkaita, koska havaittujen renkaiden määrät vaihtelivat eri luiden ja suomujen välillä suuresti. Valerenkaat ovat tyypillisesti peräisin korkeasta veden lämpötilasta tai syömättömyysjaksoista johtuvista kasvun hidastumisista tai pysähtymistä (Raitaniemi ym. 2000). Viime vuosina lämpötila ja heikko ravintotilanne molemmat ovat voineet hidastaa hauen kasvua Suotajärvestä. Tarkan iän ja kasvun määrittämisen vaikeuden vuoksi erityisesti kasvun ja lämpötilan korrelaatio on hauen kohdalla todennäköisesti ainakin jossain määrin virheellinen. Kuhan kohdalla suuria ongelmia määrittämisessä ei ollut ja otoliiteista pystyttiin varmistamaan yksilöiden tarkka ikä. Leen (1912, ref. Fossen ym. 1999) ilmiötä, eli sitä, että pyyntihetkellä vanhempien yksilöiden pituus ensimmäisillä kasvukausilla olisi nuorempia lyhyempi ei tässä tutkimuksessa havaittu. Syynä Leen ilmiöön pidetään valikoivaa luonnollista tai kalastuskuolevuutta, joka poistaa populaatioista nopeakasvuisimpia yksilöitä muita tehokkaammin (Fossen ym. 1999). Tämän seurauksena vanhimmat yksilöt ovat ilmiön vallitessa keskimääräistä hidaskasvuisempia. Koska Suotajärvestä ei tätä havaittu, on todennäköistä, että nopeakasvuisia kaloja valikoiva kalastuskuolevuus on vähäistä.

### 5.3. Ravintonäytteet

Ravintonäytteissä ahvenen määrä oli erittäin suuri. Ahvenen onkin todettu olevan useissa Suomen järvissä kuhan tärkein saaliskala kuoreen jälkeen (Keskinen & Marjomäki 2004). Suotajärvestä ahven on selvästi merkittävin ravintokohde sekä hauella että kuhalla. Selvittämättä jää, onko ahven ollut aina näin tärkeä ravintokohde petokaloille Suotajärvestä, vai onko esim. kuhan istuttaminen muuttanut tilannetta. Schultze ym. (2006) havaitsivat petokalojen saalistuspaineen siirtyneen voimakkaammin ahveniin kuhaistutusten seurauksena. Ahventa on Suotajärvestä koekalastusten perusteella paljon, mutta kokojakauma on painottunut suuriin, yli 15 cm yksilöihin, jotka eivät ole kooltaan ainakaan kuhan yleisesti suosimia (Keskinen & Marjomäki 2004). Myös särkiä saatiin verkkokoekalastuksessa, mutta ravintonäytteissä niiden määrä oli todella alhainen. Särjenkin kohdalla pituusjakauma on selvästi painottunut suuriin yksilöihin. Ravinnonkäyttö hauen ja kuhan välillä on päällekkäistä, vaikka Schoenerin indeksin arvo 0,43 parittaisilla vertailuilla on alle biologisen merkittävyyden rajan 0,6 (Jacobs ym. 2010).

Ahven vallitsee kuitenkin selvästi molempien ravinnossa, mikä antaa viitteitä mahdollisesta ravintokilpailusta. Schoenerin indeksin arvo kaikki ravintönäytteet yhdistämällä olikin korkea (0,85). Huomattavaa on myös se, että indeksin arvo oli samalla tasolla lajien sisällä kuin niiden välillä. Toisinsanottuna ravinnonkäyttö on yhtä samankaltaista saman ja eri lajin yksilöiden välillä.

Erityisen mielenkiintoista on 0-vuotiaan ahvenen valtava merkitys ravintokohteena. Heinäkuun alun jälkeen kummaltakaan lajilta ei löydetty yhtä suurempaa ahventa lukuun ottamatta muita ravintokaloja kuin 0-vuotiaita ahvenia. Ahvenen merkityksestä kertoo myös hauen ja kuhan Ivlevin indeksin positiivnen arvo ahvenelle. Molemmat lajit siis valikoivat ahventa niiden suhteellisesta osuudesta odotettua enemmän. Ravintokilpailua voi vielä voimistaa petoahvenen suuri määrä. Petoahventen on todettu olevan jopa niin voimakkaita kannibaaleja, että ahven voi itse vaikuttaa voimakkaasti omaan populaatiodynamiikkaansa (Persson ym. 2000). Ahvenen on lisäksi aiemminkin havaittu kilpailevan hauen kanssa 0-vuotiaista ahvenista (Kipling 1983). Ahvenen ottaminen mukaan ravintoanalyysiin voisikin varmistaa tämän oletuksen Suotajärvessä. Ahvenen suuri osuus Suotajärven yksilösaaliissa antaa myös viitteitä siitä, että ahven voi olla koko järven kalakantojen dynamiikan kannalta merkittävin petokala. Petoahventen (yli 15 cm pituisten) osuus koko järven petokalabiomassasta oli 68 %. Jos oletetaan, että petokalalajit käyttävät ravintoa omaa massaansa kohti saman verran, 2/3 Suotajärven petokalojen saaliskalojen kulutuksesta olisi ahventen käyttämää. Tässä arviossa on kuitenkin otettava huomioon hauen biomassan huomattava aliarviointi verkkokoekalastuksissa (kohta 5.1.).

Kuhalla ravinnonkäytön on todettu muuttuvan kasvukauden aikana (Vinni ym. 2009). Sahajärvellä kuhan tärkeintä ravintoa heinäkuun aikana oli eläinplankton, erityisesti sulkasääsken (*Chaoborus flavescens*) toukat, joita myös tässä tutkimuksessa havaittiin kuhan ravintönäytteissä. Elo-syyskuussa kuha käytti Sahajärvessä enemmän kalaravintoa. Tämän tutkimuksen ravintönäyteaineisto ei riitä kuukausien välisiin vertailuihin. Myös Vinnin ym. (2009) tutkimuksessa tärkein saaliskala oli pienikokoinen ahven, mutta tähän tutkimukseen verrattuna tyypillinen koko oli silti suurempi.

Ravinnon painottuminen poikkeuksellisen pieniin ravintoyksilöihin johtaa siihen, että kuhan ja ravintokohteen pituuden suhde ja käytettyjen ravintokohteiden koko eivät ole Suotajärvessä lajille tyypillisiä (Keskinen & Marjomäki 2004, Vinni ym. 2009, Specziár 2011). Hauen on puolestaan todettu valikoivan hyvinkin pienikokoista ravintoa, mikäli sitä on saatavilla (Nilsson & Brönmark 2000). Hauen ravintokohteiden maksimikoko näyttäisi olevan huomattavasti suurempi kuin kuhalla. Suurin havaittu ravintokala oli hauella yli 50 % hauen omasta kokonaispituudesta ja kuhalla vastaavasti vain 34 %. Tämän perusteella hauki pystyy käyttämään kalaravintoa monipuolisemmin, mutta mikäli ravintotilanne on kokonaisuudessaan heikko, menestys ravintokilpailussa voi olla ravinnonkäytön joustavuutta merkittävämpi tekijä.

Tulosten luotettavuutta heikentää ravintönäytteiden vähäinen määrä. Kalaa sisältämättömien mahalaukkujen osuus oli erittäin suuri: hauella 65 % ja kuhalla 83 %. Tunnistettavia kaloja löytyi kuhalla vain 14 yksilöltä. Tämä rajoittaa ainakin ravinnonkäytön päällekkäisyyden tulkintaa. Pyynnin ajoittaminen yöhön ja aamuyöhön saattaisi parantaa tilannetta ainakin kuhan kohdalla, mutta käytännön syistä se ei ollut tässä tutkimuksessa mahdollista. Toisaalta tyhjien vatsojen valtava osuus voi viitata myös ravinnon vähyyteen. Ahvenen hallitsevuus oli kuitenkin niin selvä, että sen merkityksen petokalojen ravintokohteena voidaan luotettavasti todeta olevan suuri. Ravintönäytteissä havaittiin paljon muuta ravintoa kuin kalaa, mutta tämän tutkimuksen tarkoitus oli keskittyä haukeen ja kuhaan petokaloina, joten muu ravinto jätettiin huomioimatta.

Arviolta muita ravintokohteita löytyi kuhalta lähes yhtä paljon kuin kalaa, mutta hauella selvästi vähemmän.

#### 5.4. Hiilen ja typen vakaat isotoopit

Isotooppianalyysien perusteella hauki ja kuha käyttävät paljolti samankaltaista ravintoa, mutta hauella hajonta erityisesti typen arvojen suhteen on suurempaa. Käytetyn näytemäärän on todettu vaikuttavan oleellisesti ravinnonkäytön ”laajuuden” tarkasteluun (Syväranta ym. 2013). Tässä tutkimuksessa hauen ja kuhan näytemäärä on kuitenkin huomattavan suuri ( $n > 100$  molemmilla lajeilla), joten tuloksia voidaan pitää luotettavana. Beaudoin ym. (1999) havaitsivat hauella jopa kahden trofiatason eroja saman populaation sisällä. Vaihtelu oli erityisen suurta, kun järvessä esiintyi myös muita petokaloja. Jos trofiatasojen erona pidetään 3,4 ‰ (Minagawa & Wada 1984), tässä tutkimuksessa sekä hauella että kuhalla vaihtelua oli n. 1 trofiatason verran. Myös isotooppiarvojen perusteella hauen ravinnonkäyttö on siis joustavaa. Kuha vaikuttaisi käyttävän ravintoa suppeammin tietyn kokoluokan sisällä. Tämä voi johtua siitä, että kuha on erikoistunut enemmän vain tiettyyn ravintolajiin tai toisaalta siitä, että sillä ei ole vaihtoehtoja sopivien ravintokalojen vähyydestä johtuen. Hauen on todettu käyttävän tyypillisesti suurempia ravintokohteita kuin kuhan (Shulze ym. 2006), ja nytkin hauella havaittiin suurempia ravintokohteita. Hauki pystyneeikin käyttämään kaloja ravintonaan monipuolisemmin, ja siksi sillä havaittiin enemmän hajontaa sekä ravintolajien että ravintokohteiden koon suhteen.

Hiilen ja typen isotooppiarvot olivat selvästi riippuvaisia kalan koosta. Riippuvuutta on havaittu kaloilla aiemminkin, erityisesti typen isotooppiarvoissa (Beaudoin ym. 1999, Reñones ym. 2002, McIntyre ym. 2006), mutta hiilen isotooppiarvojen suhteen riippuvuus ei ole usein ollut yhtä selkeää. Kuhan typen isotooppiarvot nousivat nopeammin kuin hauella yksilön koon kasvaessa. Lisäksi, koska kuhalla vaihtelu oli vähäistä, kuha näyttäisi kasvaessaan siirtyvän nopeasti huippupedoksi. Hauella hajonta on suurta erityisesti alle 500 mm yksilöillä ja arvot nousevat hitaammin kuin kuhalla. Beaudoin ym. (1999) havaitsivat hauella hiilen ja typen isotooppiarvojen korreloivan merkittävästi hauen piteuden kanssa järvissä, joissa ei esiintynyt muita kaloja. Tässä tutkimuksessa riippuvuus oli merkittävää vaikka Suotajärvessä on myös muuta kalaa. Keskimääräinen typen isotooppiarvojen taso on suurinpiirtein sama n. 400 mm kuhalla ja 700 mm hauella. Tämä voi olla merkki siitä, että kuha pärjää ravintokilpailussa paremmin vastaavan kokoisten haukien kanssa. Tilanne helpottuu hauen kohdalla hauen kasvaessa, kun se pystyy käyttämään ravintonaan myös suuria ravintoyksilöitä. Hauen joustavuus ja kyky käyttää laajempaa ravintolajien valikoimaa saattaa lieventää petokalojen ravintokilpailua.

Myös hiilen isotooppiarvot nousivat molemmilla lajeilla yksilön koon kasvaessa. Tämä voi viitata pelagiaalisen ravinnon merkityksen pienenemiseen. Hiilen kohdalla arvot olivat vastaavan kokoisilla hauilla ja kuhilla samalla tasolla ja myös vaihtelu oli arviolta yhtä suurta. Riippuvuus pituudesta ei eronnut lajien välillä, joten molemmilla lajeilla siirtyminen pelagiaalisesta enemmän litoraaliseen ravintoon vaikuttaisi tapahtuvan samaan tahtiin. Saman pituisten yksilöiden suora vertailu lajien välillä ei välttämättä ole mielekäästä, sillä ravinnonkäytössä voi olla lajista riippuvia eroja, jotka vaikuttavat yksilön pituutta enemmän.

Isotooppianalyysien tulokset tukevat ravintönäytteiden tuloksia ainakin siltä osin, että ravinnonkäyttö vaikuttaa olevan hauella ja kuhalla jokseenkin samanlaista. Lisäksi lihaksen isotooppiarvo kertoo pidemmän aikavälin ravinnonkäytöstä, mikä myös vahvistaa tuloksia, koska ravintönäytteiden havainnot kertovat vain viimeisimmän aterian koostumuksen (Vander Zanden ym. 1997). Isotooppiarvojen perusteella ravinnonkäytössä tapahtuu molemmilla lajeilla muutoksia kasvun myötä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita



välttämättä sitä, että muutos olisi käytetyissä ravintokalalajeissa, vaan voi viitata myös siihen, että kasvun myötä ravinto painottuu enemmän kaloihin. Isotooppitulosten perusteella ei voida päätellä sitä, käyttävätkö hauki ja kuha ravintonaan samoja kalalajeja, koska ahvenen, särjen ja salakan isotooppiarvot ovat lähellä toisiaan, ja koska niiden hajonnat ovat suuret. Eroja hauen ja kuhan välillä voitaneenkin olettaa enemmän silloin, kun järvessä esiintyy selvästi pelagiaalisia lajeja, kuten kuoretta tai muikkua.

### **5.5. Hauen ja kuhan kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus**

Hauki ja kuha vaikuttavat olevan Suotajärvessä tyypillistä laihempia. Kuhan tapauksessa mielenkiintoista on se, että Suotajärvessä kuhat näyttäisivät olevan jopa kevyempiä suhteessa pituuteensa kuin Sahajärvessä, missä kuhan on todettu olevan kääpiöitynyt erityisen heikon ravintotilanteen takia (Vinni ym. 2009).

Willisin (1989) ehdottamaan suhteellisen massan ja kasvunopeuden yhteyteen nähden hauen kasvu olisi Suotajärvessä erittäin hidasta. Hidaskasvuissillakin populaatioilla suhteellinen paino ( $W_r$ ) oli välillä 86-88, joten Suotajärven arvo  $W_r = 81$  on erityisen alhainen. Huomattavaa kuitenkin on, että Willisin aineisto perustuu 33 pohjois-amerikkalaiseen haukipopulaatioon, joiden pituus-massa -riippuvuus ja kasvu voivat poiketa Suomen haukipopulaatioista.

Sekä hauella että kuhalla kokonaispituuden ja tuoremassan välisen riippuvuuden eksponentti oli merkitsevästi suurempi kuin kolme. Tämä voi tarkoittaa sitä, että suuret yksilöt ovat keskimäärin paremmassa kunnossa kuin pienet, mikä voisi edelleen johtua sopivan pienen ravinnon puutteesta. Tällöin suuremmat kalat pystyvät välttämään nälkiintymisen paremmin, koska ne voivat käyttää ravintonaan myös suurempia ravintokaloja. Tähän onkin tutkimuksessa viitteitä esim. verkkokoekalastusten saaliissa ja hauen ja kuhan pituuden ja niiden käyttämän ravinnon koon ja pedon pituuden välisessä riippuvuudessa (kohdat 5.1. ja 5.3.). Kokonaispituuden ja tuoremassan välinen riippuvuus Suotajärvessä siis edelleen vahvistaa päätelmää järven heikosta ravintotilanteesta.

### **5.5. Päätelmät**

Ravintokilpailu on tämän tutkimuksen perusteella Suotajärvessä todennäköisesti voimakkaasti järven petokalojen menestykseen vaikuttava tekijä. Petokalojen valtava osuus sekä hauen ja kuhan ravinnonkäytön painottuminen ahvenen ja erityisesti tyypillistä pienempään kokoluokkaan viittaavat voimakkaaseen ravintokilpailuun ainakin hauen ja kuhan välillä. Mikäli runsaat kuhan istutukset ja onnistunut luonnollinen lisääntyminen ovat johtaneet runsastuneeseen kuhakantaan, on tämä osaltaan voinut vaikuttaa negatiivisesti hauen menestykseen. Myös kuhan kasvu on Suotajärvessä vain keskinkertaista, mikä entisestään vahvistaa oletusta ravintokilpailun petokaloja rajoittavasta vaikutuksesta. Mikäli ravintokilpailu olisi heikompaa, myös kasvun ja lämpötilan välinen riippuvuus voisi olla selvempää. Järvissä, joissa esiintyy esim. kuoretta, ravintokilpailu voi olla selvästi vähäisempää, koska kuha tyypillisesti suosii kuoretta ravintonaan (Keskinen & Marjomäki 2004). Erityistä huomiota herättää myös ahvenen poikkeuksellisen voimakas asema järven kalastossa. Todennäköisesti koko järven saalisajidynamiikan ja petokalojen kilpailutilanteen kannalta ahven on kaikkein tärkein petokala.

Suotajärveen on istutettu 2000-luvulla runsaasti kuhaa, mutta aineiston perusteella myös luontaista lisääntymistä tapahtuu merkittävästi. Suurimmat yksilömäärät tutkimuksen aineistoon saatiin vuosiluokista 2005 ja 2006, joita ei ole istutettu. Lisäksi, koska järven

ravintokalatilanne vaikuttaa heikolta, kuhan istuttaminen tulevina vuosina ei liene kannattavaa petokalojen kasvua ajatellen.

Ottamalla ahven mukaan ravinnonkäytön tarkasteluun saataisiin ravintokilpailutilanteesta lisää tietoa. Lisäksi koko petokalayhteisön koostumus olisi hyödyllistä selvittää, erityisesti eri petolajien suhteelliset osuudet. Tätä varten myös koekalastukset tulisi tehdä kaikkia lajeja tasaisesti pyytävin menetelmin. Suotajärven tapauksessa selvityksiä voitaisiin tehdä esim. 5 vuoden välein, jotta nähtäisiin miten järven kalakantojen tilanne kehittyy. Petokalalajien ravinnonkulutuksen selvittämiseksi myös bionergeettisten mallien käyttö voisi olla hyödyllistä. Esimerkiksi tämän tutkimuksen yhteydessä kerättyä lämpötila-aineistoa voisi käyttää mallien rakentamisessa. Mikäli ravintokalatilanne on todella heikko ja kehittyy edelleen huonompaan suuntaan, ainakin kasvun voisi olettaa hidastuvan petokaloilla merkittävästikin. Tämän tutkimuksen perusteella jo nyt useat seikat viittaavat heikkoon ravintotilanteeseen ja todennäköiseen petokalojen väliseen ravintokilpailuun: hauen ja kuhan laihuus, suurempien kalojen parempi kunto, hauen ja kuhan heikko kasvu, ahvenen poikkeuksellinen merkitys ravintokohteena sekä saalis-peto -pituussuhteen kasvaminen petojen kasvaessa.

## KIITOKSET

Kiitos ohjaajilleni Timo Marjomäelle ja Tapio Keskiselle asiantuntevasta ohjauksesta. Iso kiitos myös isälleni Veikko Puraselle, jonka apu oli korvaamatonta kesän 2012 aineistonkeruussa, Maiju Partaselle kaikesta avusta ja tuesta, sekä Olli Saarelle neuvoista ja avartavista keskusteluista. Tutkimusta rahoittivat Olvi-säätiö ja Kalatalouden ja merenkulun koulutuksen edistämissäätiö.

## KIRJALLISUUS

- Alaja H., Keskinen T. & Marjomäki T. 2004. Kuhan ja siian viljely sekä hoito ja hyödyntäminen Etelä-Savossa. *Kala- ja riistahallinnon julkaisuja* 71.
- Anonyymi 2013 a. [http://www.rktl.fi/kala/tietoa\\_kalalajeista/kuha/](http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/kuha/) Luettu 15.3.2013
- Anonyymi 2013 b. [http://www.rktl.fi/kala/tietoa\\_kalalajeista/hauki/](http://www.rktl.fi/kala/tietoa_kalalajeista/hauki/) Luettu 15.3.2013
- Argillier C., Barral M. & Irz P. 2003. Growth and diet of the pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in two French reservoirs. *Arch. Pol. Fish.* 11: 99-114.
- Bachelor N. M., Neal J. W. & Noble R. L. 2004. Diet overlap between native bigmouth sleepers (*Gobiomorus dormitor*) and introduced predatory fishes in a Puerto Rico reservoir. *Ecol. Freshw. Fish* 13: 111-118.
- Beaudoin C. P., Tonn W. M. & Prepas E. E. 1999. Individual specialization and trophic adaptability of northern pike (*Esox lucius*): an isotope and dietary analysis. *Oecologia* 120: 386-396.
- Buijse A. D. & Houthuijzen R. P. 1992. Piscivory, Growth, and Size-Selective Mortality of Age 0 Pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 894-902.
- Casselmann J.M. 1978. Effects of environmental factors on growth, survival, activity and exploitation of northern pike. *Am. fish. soc.* 11: 114-128.
- Chapman C. A. & Mackay W. C. 1984. Versatility in habitat use by a top aquatic predator, *Esox Lucius* L. *J. Fish. Biol.* 25: 109-115.
- Clarke L. R., Videgar D. T. & Bennett D. H. 2005. Stable isotopes and gut content show diet overlap among native and introduced piscivores in a large oligotrophic lake. *Ecol. Freshw. Fish* 14: 267-277.

- Cook M. F. & Bergesen E. P. 1988. Movements, Habitat Selection, and Activity Periods of Northern Pike in Eleven Mile Reservoir, Colorado. *T. Am. Fish. Soc.* 117: 495-502.
- van Densen W. L. T. 1994. Predator enhancement in freshwater fish communities. Teoksessa: Cowx I. G. (toim.), *Rehabilitation of Freshwater Fisheries*, 102-119.
- Diana J. S., Mackay W. C. & Ehrman M. 1977. Movements and Habitat Preference of Northern Pike (*Esox lucius*) in Lac Ste. Anne, Alberta. *T. Am. Fish. Soc.* 106: 560-565.
- Fossen I., Albert O. T. & Nilssen E. M. 1999. Back-calculated individual growth of long rough dab (*Hippoglossoides platessoides*) in the Barents Sea. *J. Mar. Sci.* 56: 689-696.
- Gélinas M., Pinel-Alloul B. & Ślusarczyk M. 2007. Alternative antipredator responses of two coexisting *Daphnia* species to negative size selection by YOY perch. *J. Plankton Res.* 29: 775-789.
- Grover J. P. 1997. *Resource Competition*. Chapman & Hall, Lontoo.
- Hansson S., Arrhenius F. & Nellbring S. 1997. Diet and growth of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) in a Baltic Sea area. *Fish. Res.* 31: 163-167.
- Helisevä R. & Puranen M. 2010. Mahalaukun ominaisuudet kuhan (*Sander lucioperca*) ravinnonkäytön ilmentäjinä luonnossa. Akvaattisten tieteiden LuK-tutkielma, Jyväskylän yliopisto. 13 s.
- Hodgson J. R., He X., Schindler D. E. & Kitchell J. F. 1997. Diet overlap in a piscivore community. *Ecol. Freshw. Fish.* 6: 144-149.
- Hokanson K. E. F., McCormick J. H. & Jones B. R. 1973. Temperature Requirements for Embryos and Larvae of the Northern Pike, *Esox Lucius* (Linnaeus). *T. Am. Fish. Soc.* 102: 89-100.
- Jacobs G. R., Madenjian C. P., Bunnell D. B. & Holuszko J. D. 2010. Diet of lake trout and burbot in Northern Lake Michigan during spring: Evidence of ecological interaction. *J. Great. Lakes. Res.* 36: 312-317.
- Jacobson P. C. 1992. Analysis of factors affecting growth of northern pike in Minnesota. Minnesota Department of Natural Resources. Investigational Report 424.
- Jobling M. 1981. Temperature tolerance and the final preferendum - rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. *J. Fish. Biol.* 19: 439-455.
- Keskinen T. & Marjomäki T. J. 2003. Growth of pikeperch in relation to lake characteristics: total phosphorus, water colour, lake area and depth. *J. Fish. Biol.* 63: 1274-1282.
- Keskinen T. & Marjomäki T. J. 2004. Diet and prey size spectrum of pikeperch in lakes in central Finland. *J. Fish. Biol.* 65: 1147-1153.
- Keskinen T., Marjomäki T. J., Valkeajärvi P., Salonen S. & Helminen H. 1999. Kuhakantojen hoito Keski-Suomessa. Nykytila ja kehittämissuunnitelma. *Kala- ja riistahallinnon julkaisuja* 37.
- Kipling C. 1983. Changes in the Growth of Pike (*Esox lucius*) in Windermere. *J. Anim. Ecol.* 52: 647-657.
- Knollseisen M. 1996. *Fischbestimmungatlas. Als Grundlage für nahrungsökologische Untersuchungen*. Boku-Reports on Wildlife Research & Game management. Institut für Wildbiologie and Jagdwirtschaft, Univerität für Bodenkultur, Wien.
- Koli L. 2005. *Otavan kalakirja*. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu.
- Kotakorpi M. 2010. Haukiemon (*Esox lucius* L.) koon vaikutus mädin ja poikasten laatuun. Akvaattisten tieteiden Pro gradu –tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Lappalainen J. 2001. Effects of environmental factors, especially temperature, on the population dynamics of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)). Väitöskirja. Helsinki: Helsingin yliopisto.

- Lappalainen J., Olin M. & Vinni M. 2006. Pikeperch cannibalism: effects of abundance, size and condition. *Ann. Zool. Fennici* 43: 35-44.
- Lappalainen J., Milardi M., Nyberg K. & Venäläinen A. 2007. Effects of water temperature on year-class strengths and growth patterns of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) in the brackish Baltic Sea. *Aquat. Ecol.* 43: 181-191.
- Lappalainen J., Malinen T., Rahikainen M., Vinni M., Nyberg K., Ruuhijärvi J. & Salminen M. 2005. Temperature dependent growth and yield of pikeperch, *Sander lucioperca*, in Finnish lakes. *Fisheries Manag. Ecol.* 12: 27-35.
- Liao H., Pierce C. L. & Larscheid J. G. 2002. Diet dynamics of the adult piscivorous fish community in Spirit Lake, Iowa, USA 1995-1997. *Ecol. Freshw. Fish.* 11: 178-189.
- Libois R. M., Hallet-Libois C. & Rosoux R. 1987. Eléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du Nord de la France. *Fiches d'Ostéologie Animale pour l'Archéologie.* 4: 1-24.
- McIntyre J. K., Beauchamp D. A., Mazur M. M. & Overman N. C. 2006. Ontogenic Trophic Interactions and Benthopelagic Coupling in Lake Washington: Evidence from Stable Isotopes and Diet Analysis. *T. Am. Fish. Soc.* 135: 1312-1328.
- Milardi M., Lappalainen J., Malinen T., Vinni M. & Ruuhijärvi J. 2011. Problems in managing a slow-growing pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) population in Southern Finland. *Knowl. Manag. Aquat. Ec.* 400: 08.
- Minagawa M. & Wada E. 1984. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chains: Further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochim. et. cosmochim. ac.* 48: 1135-1140.
- Nilsson P. A. & Brönmark C. 2000. Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *OIKOS* 88: 539-546.
- Ohlson M. H., Mittelbach G. G. & Osenberg C. W. 1995. Competition between predator and prey: resource-based mechanisms and implications for stage-structured dynamics. *Ecology* 76: 1758-1771.
- Owens R. W. & Pronin N. M. 2000. Age and Growth of Pike (*Esox lucius*) in Chivyrkui Bay, Lake Baikal. *J. Great Lakes Res.* 26: 164-173
- Peltola M. 2010. *Hauen kasvu ja ravinto Torniojoen alajuoksulla*. Kala- ja ympäristötalouden opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu, 31 s.
- Persson L., Byström P. & Wahlström E. 2000. Cannibalism and competition in eurasian perch: population dynamics of an ontogenetic omnivore. *Ecology* 81: 1058-1071.
- Persson L., Diehl S., Johansson L., Andersson G. & Hamrin S. F. 1991. Shifts in fish communities along the productivity gradient of temperate lakes - patterns and the importance of size-structured interactions. *J. Fish. Biol.* 38: 281-293.
- Post D. M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83: 703-718.
- Puranen M. 2012. Kuhan ikä ja kasvu Pihajavedellä, Haukivedellä, Haapaselällä, Sysmäjärvellä, Enonvedellä ja Kyyvedellä. Moniste, 5 s.
- Puranen M. 2013. Kestävän kalastuksen ja luontomatkailun kehittämishankkeen iän- ja kasvunmääritykset 2013. Moniste, 8 s.
- Raborn S. W., Miranda L. E. & Driscoll M. T. 2004. Diet overlap and consumption patterns suggest seasonal flux in the likelihood for exploitative competition among piscivorous fishes. *Ecol. Freshw. Fish* 13: 276-284.
- Raitaniemi J., Nyberg K. & Torvi I. 2000. *Kalojen iän ja kasvun määrittäminen*. F. G. Lönnberg Oy, Helsinki.

- Reñones O., Polunin N. V. C. & Goni R. 2002. Size related dietary shifts of *Epinephelus marginatus* in a western Mediterranean littoral ecosystem: an isotope and stomach content analysis. *J. Fish. Biol.* 61: 122-137.
- Ross S. T. 1986. Recourse Partitioning in Fish Assemblages: A Review of Field Studies. *Copeia* 1986: 352-388.
- Ruuhijärvi J., Salminen M. & Nurmio T. 1996. Releases of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) fingerlings in lakes with no established pikeperch stock. *Ann. Zool. Fennici* 33: 553-567.
- Sairanen S. 2006. *Pääjärven kalayhteisön rakenne sekä ahvenen (Perca fluviatilis), särjen (Rutilus rutilus) ja kuhan (Sander lucioperca) kasvu*. Kalabiologian ja kalatalouden Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Salo H. 1988. *Kuhan kalastus ja saalisvarat Vanajanselällä vuonna 1985*. Kalabiologian ja kalatalouden Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Schoener T W 1970: Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology* 51: 408-418.
- Schulze T., Baade U., Dörner H., Eckmann R., Haertel-Borer S. S., Hölker F. & Mehner T. 2006. Response of the residential piscivorous fish community to introduction of a new predator type in a mesotrophic lake. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63: 2202-2012.
- Soupir C. A, Brown M. L. & Kallemeyn L. W. 2000. Trophic ecology of largemouth bass and northern pike in allopatric and sympatric assemblages in northern boreal lakes. *Can. J. Zool.* 78: 1759-1766.
- Specziár A. 2011. Size-dependent prey selection in piscivorous pikeperch *Sander lucioperca* and Volga pikeperch *Sander volgensis* shaped by bimodal prey size distribution. *J. Fish. Biol.* 79: 1895-1917.
- Syväranta J., Lensu A., Marjomäki T. J., Oksanen S. & Jones R. I. 2013. An Empirical Evaluation of the Utility of Convex Hull and Standard Ellipse Areas for Assessing Population Niche Widths from Stable Isotope Data. *PLoS ONE* 8(2): e56094. doi:10.1371/journal.pone.0056094.
- Tammi J., Rask M. & Olin M. 2006. Kalayhteisöt järvien ekologisen tilan arvonnissa ja seurannassa. Alustavan luokittelujärjestelmän perusteet. *Kala- ja riistaraportteja* 383.
- Urho L., Laurila S. & Hildén M. 1989. Hauen ensimmäinen kesä. *Luonnon tutkija* 93: 130-135.
- Vander Zanden M. J., Gabana G. & Rasmussen J. B. 1996. Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen isotope ratios ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and literature dietary data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 1142-1158.
- Viljanen M., Kokko H. & Kajjoma V. M. 1982. *Pyhäselän kalatalous, kalasto v. 1975-1981 ja niihin vaikuttaneet tekijät*. Publications of Karelian Institute, Joensuun yliopisto 48, 120 s.
- Vinni M. & Malinen T 2010. *Kuhan kasvu Mäntsälän Hunttijärvessä*. Helsingin yliopisto, tutkimusraportti.
- Vinni M., Lappalainen J., Malinen T. & Lehtonen H. 2009. Stunted growth of pikeperch *Sander lucioperca* in Lake Sahajärvi, Finland. *J. Fish. Biol.* 74: 967-972.
- Voellestad L. A., Skurdal J. & Qvenild T. 1986. Habitat use, growth and feeding of pike (*Esox lucius* L.) in four Norwegian lakes. *Arch. Hydrobiol.* 108: 107-117.
- Wang N., Xu X. & Kestemont P. 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture* 289: 70-73.
- Weatherley A. H. & Gill S. H. 1987. *The Biology of Fish Growth*. Academic Press Inc., Lontoo.

- Willemsen J. 1978. Influence of Temperature on Feeding, Growth and Mortality of Pikeperch and perch. *Verh. Internat. Verein. Theor. Angew. Limnol.* 20: 2127-2133.
- Willis D. W. 1989. Proposed Standard Length-Weight Equation for Northern Pike. *N. Am. J. Fish. Manage.* 9: 203-208.
- Winemiller K. O. 1988. Ontogenetic diet shifts and resource partitioning among piscivorous fishes in the Venezuelan llanos. *Env. Biol. Fish.* 26: 177-199.
- Winfield I. J., James J. B. & Fletcher J. M. 2008. Northern pike (*Esox lucius*) in a warming lake: changes in population size and individual condition in relation to prey abundance. *Hydrobiologia* 601: 29-40.

Liite 1. Suotajärven syvyyskartta.

