

Martti Rask, Hannu Luotonen ja Veli Lyytikäinen (toim.)

# Kalasto niukkaravinteisen ja kirkasvetisen Karjalan Pyhäjärven ekologisen tilan ilmentäjänä

Rajavesien ekologisen tilan arviointi -hanke





Martti Rask, Hannu Luotonen ja Veli Lyytikäinen (toim.)

Kalasto niukkaravinteisen ja  
kirkasvetisen Karjalan  
Pyhäjärven ekologisen tilan  
ilmentäjänä

Rajavesien ekologisen tilan arviointi -hanke



INTERREG III A KARJALA

JOENSUU 2005

ISBN 952-11-2016-9  
ISBN 952-11-2017-7 (PDF)  
ISSN 1238-8610

Kannen piirros: Hannu Hokkanen  
Taitto: Tuula Ikonen  
Kartat ja grafiikka: Anita Rämö  
Pohjakartta-aineisto © Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/05

Dark Oy  
Vantaa 2005

# Alkusanat

Vuoden 2000 joulukuussa hyväksytty Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivi edellyttää vesien tilan arviointia aikaisempaa enemmän vesistöjen ja niille tyypillisten ominaispiirteiden sekä niissä tapahtuneiden muutosten perusteella. Direktiivi tulee muuttamaan huomattavasti vesistöjen tilan ja tilaan vaikuttavien tekijöiden arviointia sekä vesistöjen tilan seurantaa. Direktiivi korostaa erityisesti vesistöjen ekologisen tilan arviointia ja edellyttää, että kaikissa pintavesimuodostumissa saavutetaan hyvä ekologinen tila vuoteen 2015 mennessä.

Rajavesistöissä vesipolitiikan puitedirektiivi pyritään toteuttamaan valtioiden välisenä yhteistyönä. Osana vesipolitiikan puitedirektiivin käytännön toimeenpanoa ja toteuttamista rajavesistöissä Pohjois-Karjalan ympäristökeskus käynnisti vuonna 2002 EU:n Interreg III A Karjala -ohjelmaan hyväksytyin hankkeen ”Rajavesien ekologisen tilan arviointi – Vesiensuojelun ja vesien tilan seurannan yhteistyön kehittäminen Venäjän Karjalan tasavallan ja Suomen Pohjois-Karjalan välillä kohdealueena Vuoksen vesistöalueeseen kuuluva rajavesistö Karjalan Pyhäjärvi”. Hankkeen rahoituksesta ovat vastanneet Interreg III A Karjala -ohjelman ohella ympäristöministeriö, Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Kiteen kaupunki ja Kesälahden kunta, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos sekä Joensuun yliopiston Karjalan tutkimuslaitoksen ekologian osasto. Hanke on toteutettu tutkimuslaitosten välisenä yhteistyönä. Karjalan tasavallan puolelta hankkeeseen ovat osallistuneet Karjalan tiedekeskuksen Pohjoisten alueiden vesiongelmiin instituutti, Karjalan tasavallan hydrometeorologian ja ympäristön tilan seurannan keskus ja Karjalan tasavallan luonnonvarainkomitea.

Hankkeen keskeinen tavoite on ollut selvittää Karjalan Pyhäjärven ekologista tilaa vesipolitiikan puitedirektiivin sisällytettyjen biologisten indikaattorien, kasviplankton ja periphyton, vesikasvillisuus, pohjaeläimistö ja kalasto perusteella. Tässä tutkimuksessa selvitetään Karjalan Pyhäjärven kalataloudellista tilaa kolmessa erillisartikkelissa, jotka koostuvat vuonna 2002 järven eri osissa tehdyistä koekalastusten tuloksista, vuosina 2003 ja 2004 tehdyistä kalakantojen kaikuluotaintutkimuksista sekä vuoden 2002 koekalastuksiin perustuvasta järven ekologisen tilan arvioinnista.

Tutkimusten suunnittelusta ja toteutuksesta ovat vastanneet Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksessa erikoistutkija Martti Rask sekä tutkijat Ari Westermarck, Tauno Nurmio ja Jouni Tammi. Tutkija Juha Jurvelius on vastannut kaikuluotaintutkimuksista yhdessä tutkijoiden Esa Hirvosen ja Heikki Auvisen kanssa. Ekologisen tilan arvioinnin ovat tehneet Jouni Tammi, Martti Rask ja Ari Westermarck. Käsillä olevan julkaisun toimittamisesta vastasivat Martti Rask RKTL:stä ja tutkimuspäällikkö Hannu Luotonen ja tutkija Veli Lyytikäinen Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksesta. Raportin on taittanut toimistos sihteeri Tuula Ikonen ja graafien ja kuvien käsittelyn on tehnyt metsätalousinsinööri Anita Rämö. Lämpimät kiitokset kaikille työhön osallistuneille.

Joensuussa 10.06.2005

Hannu Luotonen  
Tutkimuspäällikkö, hankevastaava  
Pohjois-Karjalan ympäristökeskus

Martti Rask  
Erikoistutkija  
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos



# Sisällys

<b>Alkusanat</b> .....	<b>3</b>
<b>Karjalan Pyhäjärven kalasto: kesän 2002 verkkokoekalastusten tulokset</b>	
<b>I Johdanto</b> .....	<b>8</b>
1.1 Hankkeen tausta .....	8
1.2 Vesistö tutkimus Pyhäjärvellä vesipuitedirektiivin kannalta .....	8
1.3 Vesipuitedirektiivin mukainen kalastotutkimus .....	9
1.4 Pyhäjärven kalastotutkimus .....	9
1.5 Tutkimuksen tarkoitus .....	9
<b>2 Aineisto ja menetelmät</b> .....	<b>10</b>
2.1 Karjalan Pyhäjärvi .....	10
2.1.1 Järven yleiskuvaus .....	10
2.1.2 Järven hydrologia .....	10
2.1.3 Veden laatu .....	10
2.2 Kalasto .....	11
2.2.1 Lajisto .....	11
2.2.2 Vuotuinen kokonaissaalis .....	11
2.3 Muikku .....	12
2.4 Muita kalaston erityispiirteitä .....	12
2.5 Kalastuspaine .....	12
2.3 Koekalastukset .....	12
2.3.1 Koekalastusalueet ja -menetelmät .....	12
2.3.2 Ahvenen kasvun tutkimus .....	13
2.3.2.1 Ahvenen iän määrittäminen .....	13
2.3.2.2 Ahvenen kasvun määrittäminen takautuvasti .....	14
<b>3 Tulokset</b> .....	<b>17</b>
3.1 Saalislajit ja yksikkösaaliit .....	17
3.2 Ahvenen pituusjakaumat ja kasvu .....	19
3.3 Särjen pituusjakaumat .....	26
<b>4 Tulosten tarkastelu</b> .....	<b>27</b>
4.1 Lajiston rakenne .....	27
4.2 Ahven .....	27
4.3 Muikku .....	28
4.4 Salakka .....	28
4.5 Särki .....	29
4.6 Vertailu muihin järviin .....	29
4.7 Päätelmät .....	30
<b>5 Yhteenveto</b> .....	<b>31</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>32</b>

## ***Karjalan Pyhäjärven ulappa-alueen kalatiheydet***

<b><i>1 Johdanto</i></b> .....	<b>34</b>
<b><i>2 Tutkimusalue</i></b> .....	<b>35</b>
<b><i>3 Aineisto ja menetelmät</i></b> .....	<b>36</b>
<b><i>4 Tulokset</i></b> .....	<b>38</b>
4.1 Kalatiheydet .....	38
4.2 Kalojen pituudet .....	40
<b><i>5 Yhteenveto</i></b> .....	<b>41</b>
<b><i>Lähteet</i></b> .....	<b>42</b>

## ***Karjalan Pyhäjärven osa-alueiden ekologinen tila kalayhteisötiedon perusteella arvioituna***

<b><i>1 Johdanto</i></b> .....	<b>44</b>
<b><i>2 Aineisto ja menetelmät</i></b> .....	<b>45</b>
<b><i>3 Tulokset</i></b> .....	<b>46</b>
<b><i>4 Yhteenveto</i></b> .....	<b>47</b>
<b><i>Lähteet</i></b> .....	<b>49</b>
<b><i>Kuvailulehdet</i></b> .....	<b>50</b>



Ari Westermark, Jouni Tammi, Tauno Nurmio ja Martti Rask

# Karjalan Pyhäjärven kalasto: kesän 2002 verkkokoe- kalastusten tulokset

Rajavesien ekologisen tilan arviointi -hanke

Kuva: Pekka Salmi.



# Johdanto

## 1.1 Hankkeen tausta

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos toteutti Karjalan Pyhäjärven koekalastukset elokuussa 2002 (kuva 1) osana Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen koordinoimaa Euroopan unionin Interreg III A Karjala -projektia ”Rajavesien ekologisen tilan arviointi – Vesiensuojelun ja vesien tilan seurannan yhteistyön kehittäminen Venäjän Karjalan tasavallan ja Suomen Pohjois-Karjalan välillä kohdealueena Vuoksen vesistöön kuuluva rajavesistö Karjalan Pyhäjärvi”.

Kalatalous on yksi rajavesihankkeen useista erillisistä tutkimus- ja kehittämisisioista. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ohella hankkeen pääasialliset toimijat ovat olleet Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuun yliopisto/Karjalan tutkimuslaitos, Karjalan Pyhäjärvi ry., Karjalan tasavallan luonnonvarainkomitea, Karjalan tiede-keskuksen pohjoisten vesialueiden on-

gelmien instituutti sekä Karjalan tasavallan hydrometeorologian ja ympäristön tilan seurannan keskus.

## 1.2 Vesistötutkimus Pyhäjärvellä vesipuitte-direktiivin kannalta

Euroopan unionin vesipolitiikan puitte-direktiivin (EU:n direktiivi 2000/60EY) tavoitteena on saavuttaa jäsenvaltioiden alueen pintavesimuodostumissa vähintään hyvä ekologinen tila vuoteen 2015 mennessä. Pintavesimuodostumat tulee puitte-direktiivin edellyttämällä tavalla tyypitellä ominaispiirteidensä mukaisesti ja niille tulee määrittää hydro-morfologisten, fysikaalis-kemiallisten ja biologisten tekijöiden perusteella vertailuolot kuvaamaan kunkin pintavesimuodostuman erinomaista ekologista tilaa.



Kuva 1. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos teki koekalastukset Karjalan Pyhäjärvellä elokuussa 2002. Kuva: Ari Westermark.

Karjalan Pyhäjärvi on vesipolitiikan puitedirektiivin edellyttämän pintavesien tyypittelyn kannalta mielenkiintoinen vesistö. Kahden valtion alueella sijaitsevana Pyhäjärvi käsittää Suomen puoleiset eriasteisen kuormituksen alaiset osat sekä järven verrattain luonnontilaiset eteläosat Karjalan tasavallan alueella. Rajavesistön tutkimus kehittää lisäksi raja-alueyhteistyötä valtioiden välillä.

Kirkasvetinen ja pääosin niukkaravinteinen Pyhäjärvi kuuluu Natura 2000 -suojeluohjelmaan sekä Pohjoismaisen ministerineuvoston suojeluvetsiluetteloon. Karjalan Pyhäjärvi on myös Euroopan talouskomission UN/ECE:n kansainvälisen järvi- ja rajavesiohjelman ainoa pilottialue Suomessa (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2001).

Tärkeimmät perusteet vesistön ekologisen tilan luokittelukselle ovat biologiset laatutekijät; kasviplankton, vesikasvillisuus, pohjaeläimistö ja kalasto. Pyhäjärven osalta tutkimustietoa on hankittu lisäksi mm. kasvi- ja eläinplanktonista (mm. Holopainen ym. 2004 ja Rahkola-Sorsa ym. 2004), vesikasvillisuudesta ja syvänteiden ja rantavyöhykkeen pohjaeläimistöstä, pintasedimentin piilevistä, veden ja kuormituksen laadusta sekä valuma-alueesta.

### **1.3 Vesipuitedirektiivin mukainen kalastotutkimus**

Kalastossa seurattavia biologisia tekijöitä järvissä ja joissa ovat kalaston koostumus, runsaussuhteet ja ikärakenne. Näiden vesistöstä toiseen muuttuvien tekijöiden avulla pyritään luomaan järjestelmä kalastoperusteiseen ekologisen tilan arviointiin. Luokittelun kehitystyö ja tulevat seurannat perustuvat pääasiallisesti koekalastukseen. Muutakin saatavilla olevaa tietoa hyödynnetään tarpeen mukaan. Kunkin yksittäisen kalalajin elinympäristövaatimusten perusteella lajia voidaan käyttää ympäristöolojensa ilmentäjänä. Esimerkiksi särki alhaisen happamuuden

sietokykynsä ansiosta indikoi järven happamoitumista sekä toisaalta ilmentää runsaana esiintyessään korkeaa rehevöitymisen tasoa (Raitaniemi ym. 2001).

Pohjois-Amerikassa ja Ruotsissa on käytetty erilaisia kalastoindeksejä vesistöjen ekologisen tilan määrittämiseksi. Indeksit perustuvat mm. kalalajien ja lajiryhmien välisiin suhteisiin sekä indikaattorilajeihin. Suomen oloihin on kehitetty alustava kalayhteisöperusteinen luokittelumenetelmä (Tammi ym. 2005). Menetelmää arvioidaan ja tarkennetaan sitä mukaa kun eri järvityyppistä saadaan lisää kalayhteisöjä kuvaavaa vertailuaineistoa.

### **1.4 Pyhäjärven kalastotutkimus**

Karjalan Pyhäjärvi jakaantuu kahteen osaan, jotka eroavat toisistaan ihmisen toiminnan vaikutuksen osalta. Näin ollen se tarjoaa kiinnostavan tutkimusmahdollisuuden vesipolitiikan puitedirektiivin kalastoa koskevien laatutekijöiden soveltamisen kannalta. Venäjän alueella kalastus on ollut hyvin vähäistä kun toisaalta Suomen puoleisella alueella kalastuspaine on selvästi suurempi. Näiden osien kalayhteisörakenteiden vertaaminen tarjoaa siten mahdollisuuden arvioida kalastuksen vaikutusta. Lähes luonnontilaisena säilyneestä järvestä saatava kalayhteisötieto on lisäksi hyödyksi kyseisen järvityypin (suuret kirkasvetiset järvet) vertailuolosten määrittämisessä. Pyhäjärvestä on saatavilla runsaasti tutkimustietoa kaloista edellisten vuosikymmenten ajalta.

### **1.5 Tutkimuksen tarkoitus**

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää verkkokoekalastuksen avulla millainen kalaston rakenne on järven eri alueilla sekä tutkia ahvenen kasvunopeuden mahdollisia vaihteluita pohjoisimpien ja eteläisimpien pyyntialueiden välillä.

# 2

## Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Karjalan Pyhäjärvi

#### 2.1.1 Järven yleiskuvaus

Karjalan Pyhäjärvi on Suomen ja Venäjän välinen rajavesistö Vuoksen vesistöalueella. Järven 248 km<sup>2</sup> pinta-alasta 201 km<sup>2</sup> on Suomen puolella Itä- ja Etelä-Suomen läänien alueella, Pohjois-

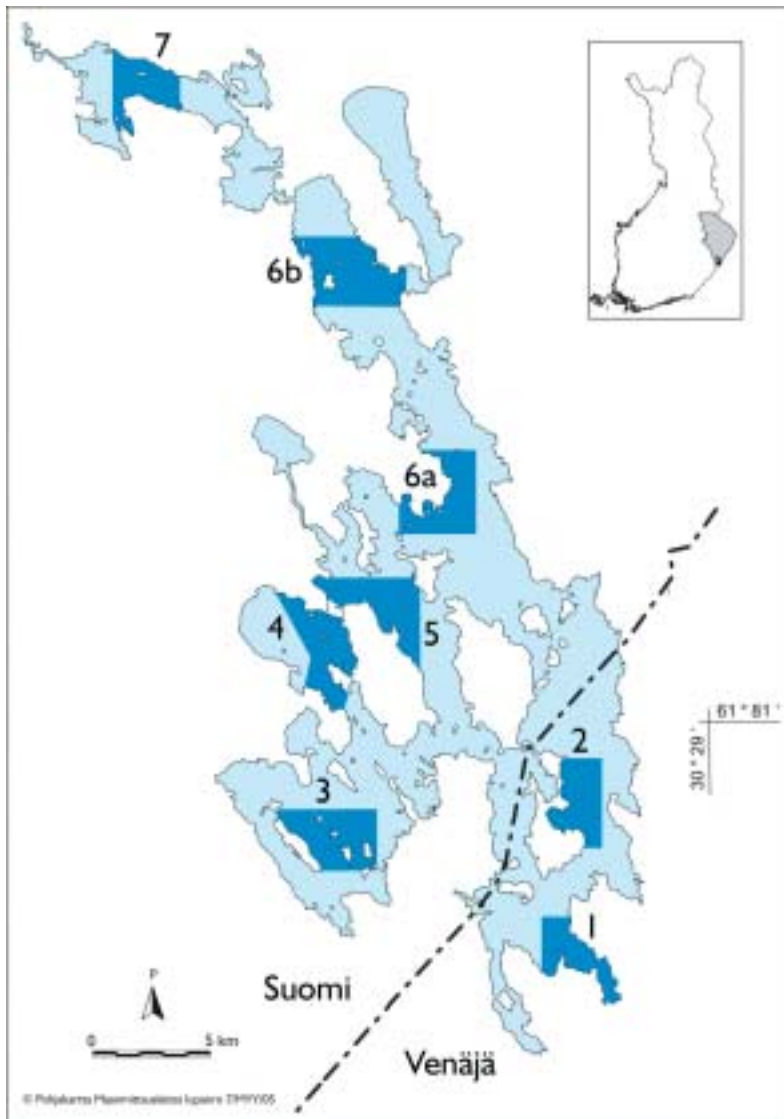
Karjalan ja Kymen maakunnissa. Pyhäjärven rantaviiva kulkee Kiteen, Kesälahden ja Parikkalan (Uukuniemen kk) kuntien alueella. Viidennes järven pinta-alasta sijaitsee Venäjällä, Karjalan tasavallan alueella. Pyhäjärvi on muodoltaan hyvin rikkonainen. Varsinaisen pääaltaan jakavat vaihteleviin selkävesiin ja lahtialueisiin suuret saaret; Sarvisalo, Suitsansaari ja Martinsaari (kuva 2). Karjalan Pyhäjärven metsämaavaltaisen valuma-alueen pinta-ala on kokonaisuudessaan 1 019 km<sup>2</sup>. Karjalan Pyhäjärvi ja sen valuma-alue on kuvattu tarkemmin Järven vesien ja vesiluonnon suojelusuunnitelmassa (Kukkonen ym. 2003).

#### 2.1.2 Järven hydrologia

Karjalan Pyhäjärven Suomen puoleisen osan suurin syvyys on 27 metriä ja keskisyvyys 7,9 metriä. Venäjän puolella keskisyvyys on 7 ja suurin syvyys 20 metriä. Teoreettinen viipymä järven keskivirtaamalla 8,2 m<sup>3</sup>/s on noin 7,5 vuotta. Pyhäjärvi on ollut Puhoksen voimalaitospadon säännöstelyn alainen vuodesta 1961 lähtien. Puhoksen kanavan lisäksi Pyhäjärven vedet purkautuvat korkean vedenpinnan tason aikaan myös Hiiskosken, joka ennen järven pinnan laskua toimi laskujokena, kautta Oriveteen. Pyhäjärveen laskevista virtavesistä virtaamaltaan suurin on Ukonniemenselälle laskeva Mustolanjoki.

#### 2.1.3 Veden laatu

Ympäristöhallinnon käyttökelpoisuusluokittelussa Pyhäjärven veden laatu on luokiteltu tiettyjä kuormitettuja aluei-



Kuva 2. Karjalan Pyhäjärven koekalastusalueet.



ta lukuun ottamatta erinomaiseksi. Kesällä 2002 ravinnepitoisuudet mitattiin Venäjän puoleiselta vesialueelta kolmesta pisteestä: Kalattomanselältä, Martinsaaren lounaispuolelta ja Petolahden edustan selkääalueelta. Kaikissa näistä pisteistä pinnasta mitattu klorofylli-*a* pitoisuus oli elokuun puolivälissä 1 µg/l. Syrjäsalmen mittauspisteessä (alue 6b, kuva 2) klorofylli-*a*:n pitoisuus vaihteli kesän aikana välillä 1–3,5 µg/l. Hummonselällä klorofylli-*a*:n vaihtelu oli 2,1–3,1 µg/l. Kokonaisfosforin pitoisuus oli 15.8.2002 Kalattomanselällä ja Martinsaaren lounaispuolella 1 m pinnasta 4 µg/l. Petolahden edustan selkääalueella kokonaisfosforipitoisuus oli korkeampi, 8 µg/l. Syrjäsalmissa (alue 6b) kokonaisfosforin määrä pintavedessä vaihteli kesän aikana välillä 4–6 µg/l. Hummonselällä vaihteluväli oli 4–7 µg/l.

*lota*), ahven (*Perca fluviatilis*), kiiski (*Gymnocephalus cernuus*), siika (*Coregonus lavaretus*), muikku (*Coregonus alburna*), taimen (*Salmo trutta m. lacustris*), salakka (*Alburnus alburnus*), särki (*Rutilus rutilus*), lahna (*Abramis brama*), pasuri (*Abramis björkna*), säyne (*Leuciscus idus*) ja kolmipiikki (*Gasterosteus aculeatus*) (Ryzkov ym. 1987). Kesän 2002 koekalastuksissa järvestä tavattuja lajeja olivat myös kuore (*Osmerus eperlanus*), nieviä (*Salvelinus alpinus*), kuha (*Sander lucioperca*), kivennuoliainen (*Noemacheilus barbatulus*) ja muttu (*Phoxinus phoxinus*). Kukan lisäksi istutuksista peräisin olevien harjuksen (*Thymallus thymallus*) ja järvilohen (*Salmo salar m. sebago*) tiedetään nykyään esiintyvän järvestä varsin yleisesti (Auvinen ja Nurmio 2001). Rantavedestä koekalastusryhmä tavoitti kivisimppuja (*Cottus gobio*).

## 2.2 Kalasto

### 2.2.1 Lajisto

Karjalan Pyhäjärvestä on todettu luontaisesti esiintyvän seuraavat kalalajit: hauki (*Esox lucius*) (kuva 3), made (*Lota*

### 2.2.2 Vuotuinen kokonaissaalis

Pyhäjärven kalastajille on tehty saalis-tiedustelu vuosina 1979 ja 1999. Karjalan Pyhäjärven kokonaissaalis vuonna 1999 oli yli 230 tonnia. Aikaisemman selvityksen mukaan vuonna 1979 pelkästään muikkusaalis oli saman suuruinen (Auvinen ja Nurmio 2001).



Kuva 3. Hauki kuuluu Karjalan Pyhäjärven luontaiseen lajistoon. Kuva: Juha Taskinen.

## 2.3 Muikku

Muikun tiedetään olevan Karjalan Pyhäjärven vuotuista kokonaissaalista keskeisesti säätelevä tekijä. Myös Pyhäjärven muikulle on tyypillistä kannan voimakkaat runsaudenvaihtelut. Vuonna 1979 muikkusaalis oli yli 230 tonnia ja kanta vahva (kuva 4) (Auvinen 1987). Muikkukanta heikkeni selvästi 1980-luvun puolivälissä ja pysyi heikkona 1990-luvun puoliväliin asti. Jälleen 90-luvun lopulla kanta alkoi elpyä mutta silti vuonna 1999 muikkusaalis jäi alle 100 tonniin (Auvinen ja Nurmio 2001). Viime vuosina kanta on jälleen heikentynyt siinä määrin, että ammattimainen kalastus on käynyt kannattamattomaksi.

## 2.4 Muita kalaston erityispiirteitä

Ahven on ollut Pyhäjärven kalasaaliissa toiseksi runsain laji. Saaliin on todettu entisestään lisääntyneen edellisten kahdenkymmenen vuoden aikana. Vuonna 1979 ahvensaalis oli 45 tonnia ja 1999 se oli 64 tonnia. Kuhasaalis on kahdenkymmenen vuoden aikana noussut noin kaksinkertaiseksi 0,5 tonnista 0,8 tonniin. Järvilohen ja taimenen yhteissaalis on kolminkertaistunut 2,5 tonnista 7,5 tonniin (Auvinen ja Nurmio 2001).

## 2.5 Kalastuspaine

Aikavälillä 1979–1999 ammattikalastajien määrä Pyhäjärvellä on pienentynyt viidesosaan ja vapaa-ajankalastajaruokakuntien määrä kahteen kolmasosaan aikaisemmista määristä. Verkkokalastajat ovat siirtyneet enimmäkseen käyttämään silmäharvuudeltaan aiempaa suurempia pyydyksiä (yli 39 mm) (Auvinen ja Nurmio 2001). Venäjän puolella kalastuspaine on toisen maailmansodan jälkeen ollut olematon. Vasta aivan viime aikoina lähinnä pilkkikalastusta on alettu harjoittaa. Seisovien pyydys-

ten käytössä on maiden välillä merkittävä ero (Auvinen 1987).

## 2.3 Koekalastukset

### 2.3.1 Koekalastusalueet ja -menetelmät

Karjalan Pyhäjärven koekalastus suoritettiin kahdeksalla alueella, kuudessa kohteessa Suomen ja kahdessa kohteessa Venäjän vesialueella (kuva 2, taulukko 1).

Koekalastusalueet sijaitsivat hankkeen yleisten näytteenottopisteiden läheisyydessä. Koekalastuksissa sovellettiin RKTL:n tutkimusten mukaisia menetelmiä (kuva 5, Kurkilahti ja Rask 1999). Kullakin näytteenottoalueella suoritettiin kaksi pyyntiä lukuun ottamatta Venäjän puoleisia alueita, joilla kalastus onnistuttiin järjestämään vain yhdeksi yöksi aluetta kohden.

Yhtä pyyntikertaa kohden 13 kpl Nordic -yleiskatsausverkkoja oli pyynnissä keskimäärin klo 18.30–08.30 välisen ajan, noin 14 tuntia. Kukin koekalastusalue jaettiin kolmeen syvyysvyöhykkeeseen: alle 3 metriä, 3–10 metriä ja yli 10 metriä. Alle kolmen metrin vyöhykkeeseen laskettiin pyyntikertaa kohden kolme pohjaverkkoa. 3–10 metrin syvyiseen vyöhykkeeseen laskettiin kaksi pinta- ja pohjaverkon käsittävää jataa, yhteensä neljä verkkoa. Yli kymmenen metrin vyöhykkeelle laskettiin kaksi pinta-, pohja- ja välivesiverkon käsittävää jataa, yhteensä kuusi verkkoa. Näin ollen pyyntialueelle tuli verkkoja kahdella pyyntikerralla yhteensä 26 kpl. Kaiken kaikkiaan kokonaispyyntiaika Pyhäjärvellä oli 182 Nordic -verkko-yötä.

Verkkojen pyyntipaikat valittiin satunnaisesti. Pyyntialueet jaettiin ruutuihin kolmen ja kymmenen metrin syvyyskäyrien mukaisesti. Pyyntiruudun sivun mitaksi tuli keskimäärin 500 metriä. Numeroiduista ruuduista arvottiin pyyntipaikat jokaisen alueen kummallekin pyyntiyölle erikseen niin, että sa-



Kuva 4. Karjalan Pyhäjärvellä on saatu aikaisemmin runsaita muikkusaaliita. Kuva: Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen kuva-arkisto.

Taulukko 1. Karjalan Pyhäjärven koekalastusalueet.

Alue nro	Pyyntialue	Sijainti	Pyynnit
1	Petolahti	Venäjä	16.8.2002
2	Kalattomanselkä	Venäjä	15.8.2002
3	Papinniemenselkä	Suomi	29.–30.8.2002
4	Taipaleenselkä	Suomi	27.–28.8.2002
5	Sarvisalo-Suitsansaari	Suomi	20.–21.8.2002
6a	Kajoonselkä	Suomi	22.–23.8.2002
6b	Hiekanpäänselkä	Suomi	8.–9.8.2002
7	Hummonsella	Suomi	6.–7.8.2002

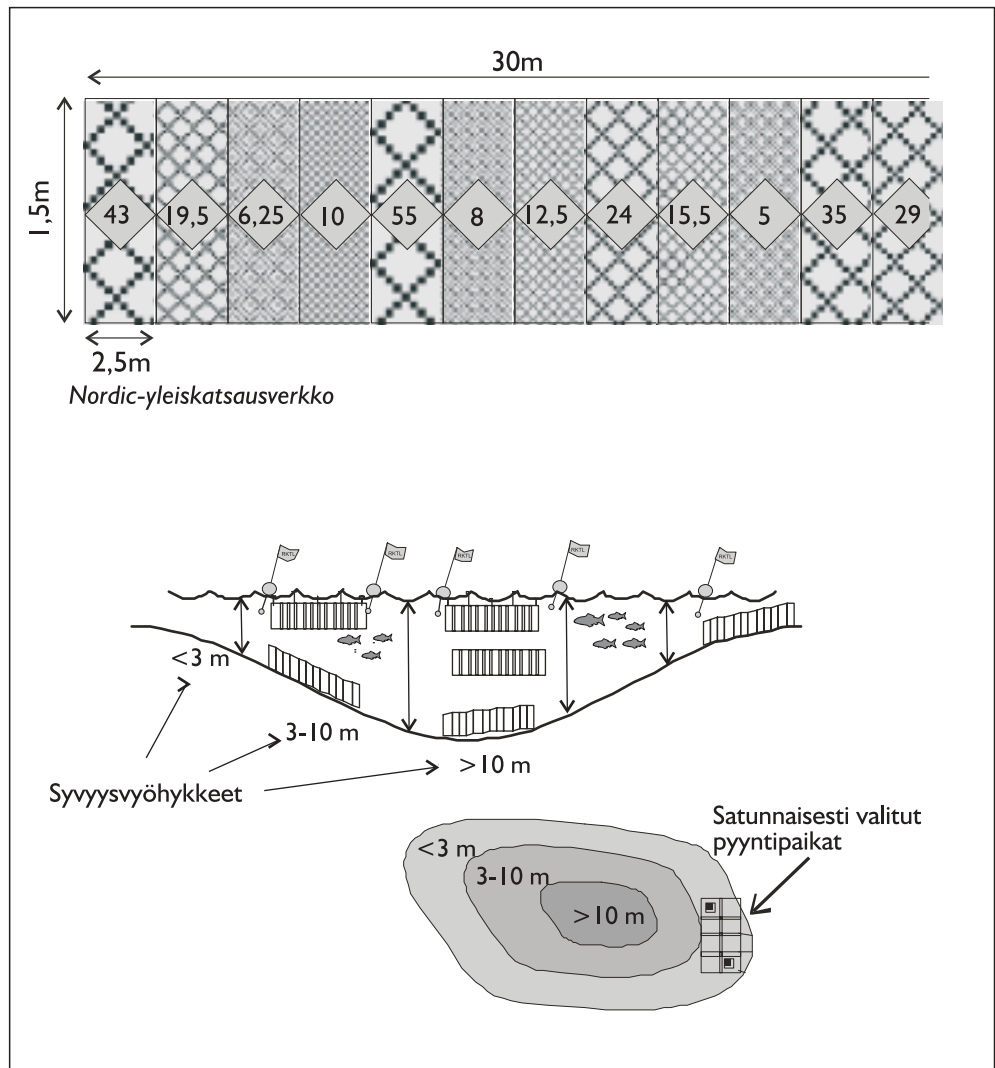
massa ruudussa verkko ei ollut pyynnissä kahta yötä. Pintaverkot viritettiin pyyntiin viidellä pintakoholla 1 m tappsilla. Lämpötilamittauksissa useimmista pyyntialueista ei löydetty selkeää lämpötilan vaihtumisvyöhykettä, joten välivesipyyntiä ei voitu suorittaa harppauskerroksessa. Välivesiverkot viritettiin pyyntiin viidellä koholla 6 m tappsilla.

Koekalastussaa-liin perusmuuttujana käytettiin Nordic -verkon aluekohtaista keskimääräistä yksikkösaalista (yksilöä tai g/1 verkko/1 yö). Kokonaisyksikkösaaliiden erojen merkitsevyyttä pyyntialueiden välillä sekä runsaimpien saalislajien yksikkösaaliiden eroja tutkittiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA, Ranta ym. 1989).

## 2.3.2 Ahvenen kasvun tutkimus

### 2.3.2.1 Ahvenen iän määrittäminen

Iän määrittämistä varten suoritettua näytteenotossa pyrittiin siihen, että kunkin pyyntialueen koekalastussaa-liista otettaisiin jokaista senttiluokkaa edustavan kokoisia ahvenia vähintään 5 kpl. Tämän lisäksi kaikki 17 cm pitkät ja sitä suuremmat saadut ahvenet otettiin näytteiksi. Näin näyteahvenia kerätyi kaikkiaan 918 kpl. Iänmäärittämistä varten näyteahvenilta irrotettiin *operculum*. Luu käytettiin kiehuvaassa vedessä ja puhdistettiin huolellisesti. Suurimmilta ahvenilta sekä osalta keskikokoisia



Kuva 5. Nordic -yleiskatsausverkon rakenne sekä syvyyvyöhykkeittäin ositetun satunnaisotannon periaate. Kuva: Mikko Olin.

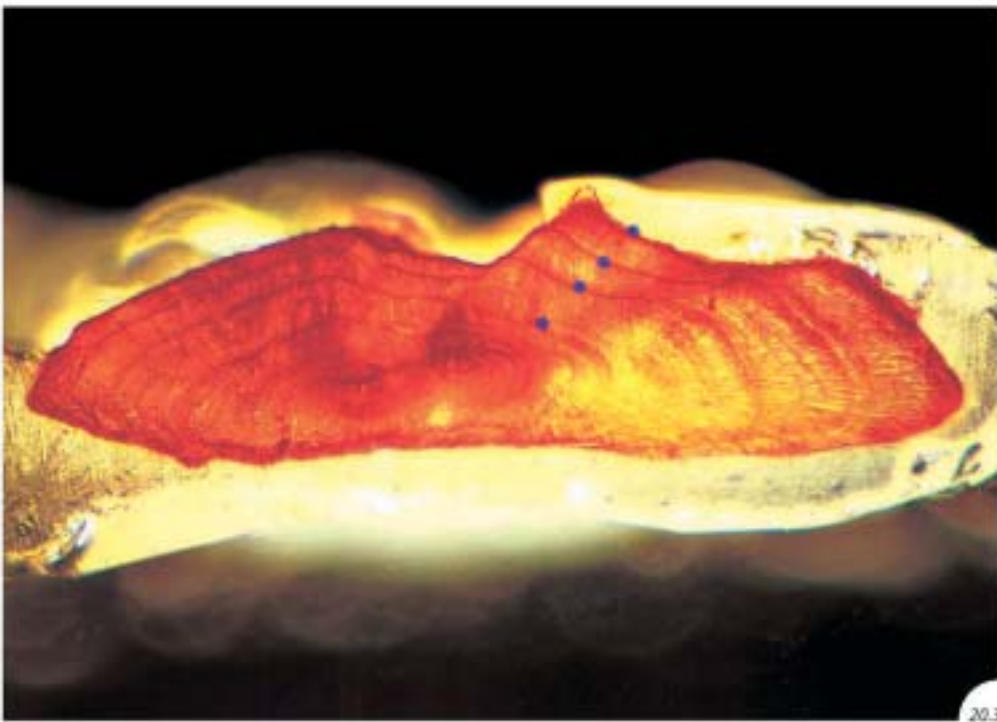
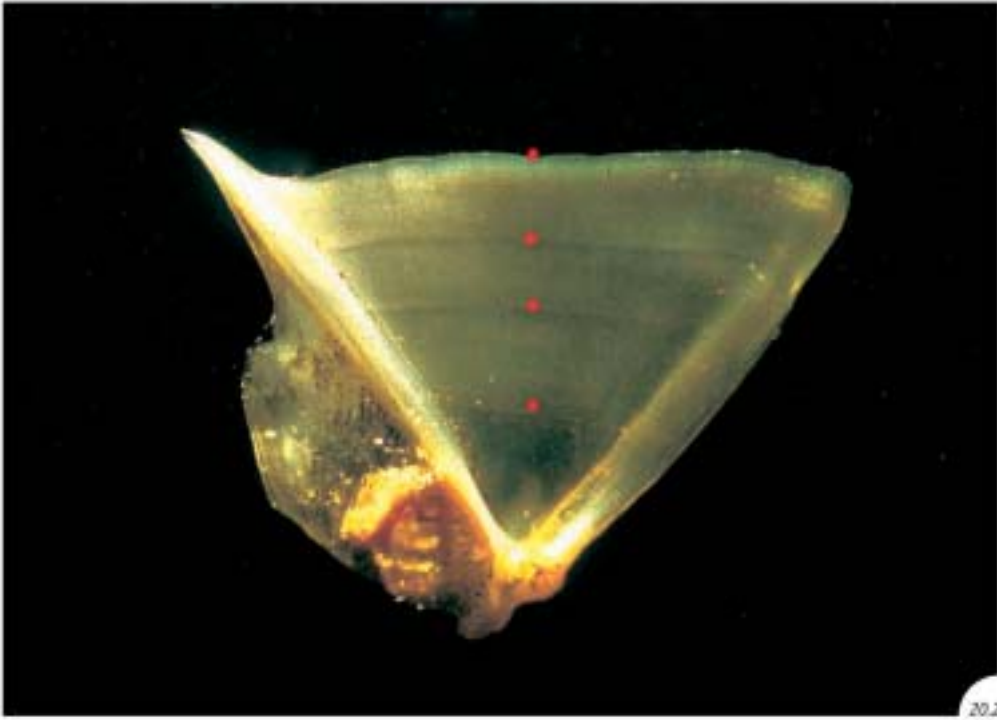
otettiin lisäksi otoliitit iänmäärityksen varmistamiseksi (kuvat kuva 6a ja b). Pyyntialuetta kohden otoliitit otettiin n. 15–25 ahvenesta. Näyteahvenilta määritettiin gonadien perusteella sukupuoli mahdollisten sukupuolten välisen kasvueron havaitsemiseksi.

### 2.3.2.2 Ahvenen kasvun määrittäminen takautuvasti

Ahvenen pituus kunkin ikävuoden jälkeen voidaan määrittää takautuvasti luutumista. Määrittäminen ahvenella tehdään yleensä kiduskannen luusta, *operculumista*. *Operculumiin* syntyneiden vuosirenkaiden etäisyys luutuman keskipo-

teestä mitataan mikroskoopin mitta-asteikon avulla tiettyä valittua mittaustiljaa noudattaen. Kalan luutumien kasvut keskimäärin samassa suhteessa kalan kokonaispituuden kanssa. Vuosirenkaiden sijaintien perusteella on mahdollista arvioida ahvenen pituus kunkin vuosirenkaan syntymisen aikaan. Käytännössä vuosikasvu ahvenella päättyy vesien kylmetessä ja syntyy selväpiirteinen raja, josta keväällä alkaa voimakas kasvuvaihe. Jotta kasvun takautuvan määrittämisen menetelmää voitaisiin menestyksekkäästi hyödyntää, tulee näytteestä olla riittävästi eri kokoluokkia edustavia kalayksilöitä (Raitaniemi ym. 2000).





Kuva 6a). Nelivuotiaan ahvenen operculum ja b. neutraalipunavärjätty otoliiton poikkileikkaus. Vuosirenkaat merkitty värillisin pistein. Kuva: Jari Raitaniemi.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin ahvenen kasvunopeuden eroja Venäjän puoleisten alueiden (1 ja 2) ja pohjoisimpien Suomen puoleisten pyyntialueiden (6b

ja 7) välillä. Tätä varten määritettiin tarkautuvasti kasvu noin 400 ahvenesta ko. pyyntialueilta.

Kasvun takautuvassa määrittämisessä käytettiin Monastyrskyn kasvuyhtälöä (Bagenal ja Tesch 1978).

$$L_n = L * (S_n/S)^b$$

$L_n$  = ahvenen takautuvasti laskettu pituus vuonna  $n$  (cm).

$L$  = ahvenen mitattu kokonaispituus (cm).

$S_n$  = operculumista mitattu säde vuonna  $n$  (mm).

$S$  = operculumin mitattu kokonaissäde (mm).

$b$  = ahvenen pituuden ja operculumin säteen kasvueron korjauskerroin.

Ahvenen pituuden ja operculumin säteen erilaisen kasvun korjauskertoimenä käytettiin arvoa  $b = 0,88$ . Laajasta aineistosta määritetyn korjauskertoimen on todettu kuvaavan ahvenen operculumin säteen ja kalan kokonaispituuden suhdetta karuissa vesistöissä, kuten Pohjois-Espoon happamoituneissa järvissä (Raitaniemi ym. 1988) sekä Windermere-järvessä Englannissa ja Lievestuoreenjärvessä Keski-Suomessa.

Venäjän puoleisten alueiden ja pohjoisimpien Suomen puoleisten pyyntialueiden ahventen kasvueroja testattiin vertaamalla eri ikäisten ahventen pituuksien keskiarvoa t-testillä (Ranta ym. 1989). Alueiden 1 ja 2 saalisahvenet yhdistettiin yhdeksi näytteeksi ja vastaavasti alueiden 6b ja 7 ahvenet muodostivat yhden näytteen.

## Tulokset

### 3.1 Saalislajit ja yksikkösaaliit

Karjalan Pyhäjärven koekalastusten kokonaissaalis elokuussa 2002 oli noin 167 kg kalaa, yhteensä 7 786 yksilöä. Suurin yksittäisen verkon saalis oli 3 603 grammaa. Eniten yksilöitä yhdessä verkossa oli 665 kpl. Välivedestä koettiin yhteensä neljä täysin kalatonta verkkoa. Suurimmat ja pienimmät yksittäisen verkon saaliit syvyyssyvyöhykkeittäin on esitetty taulukossa 2.

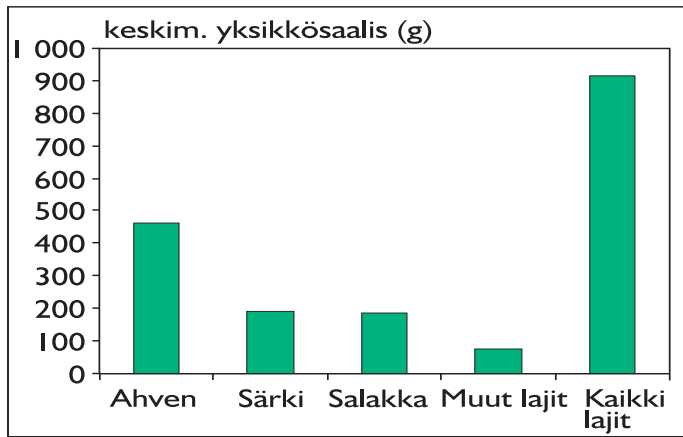
Keskimääräiseksi yksikkösaaliiksi koko järven alueella muodostui 916 g ja 43 yksilöä. Eri lajeja tavattiin yhteensä 16 kpl (taulukko 3). Valtaosan saaliista muodostivat ahven, särki ja salakka, joiden keskimääräiset yksikkösaaliit on esitetty kuvissa 7 ja 8. Ahven oli runsain laji kappalemäärän ja painon suhteen. Särjen paino-osuus oli toiseksi suurin kun toisaalta salakan kappalemäärä oli särkeä suurempi. Muiden lajien keskimääräiset yksikkösaaliit olivat huomattavan vähäiset (kuva 9).

Taulukko 2. Karjalan Pyhäjärven vuoden 2002 koekalastusten suurimmat ja pienimmät yksittäisen verkon saaliit syvyyssyvyöhykkeittäin ja pyyntisyvyyksittäin esitettynä.

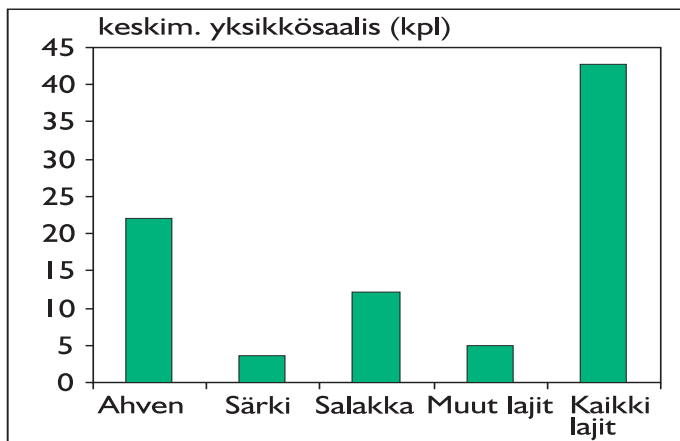
Syvyyssyvyöhyke	Suure	Pyyntisyvyys	Yksikkösaaliiden vaihtelu	
			pienin	suurin
<3 m	g	pohja	420	3 603
<3 m	kpl	pohja	5	665
3–10 m	g	pinta	77	1 772
3–10 m	kpl	pinta	6	98
3–10 m	g	pohja	378	3 259
3–10 m	kpl	pohja	4	147
>10 m	g	pinta	72	3 081
>10 m	kpl	pinta	4	154
>10 m	g	välivesi	0	1 399
>10 m	kpl	välivesi	0	64
>10 m	g	pohja	245	1 911
>10 m	kpl	pohja	10	118

Taulukko 3. Nordic -yleiskatsausverkolla saadut lajit kokonaismäärineen.

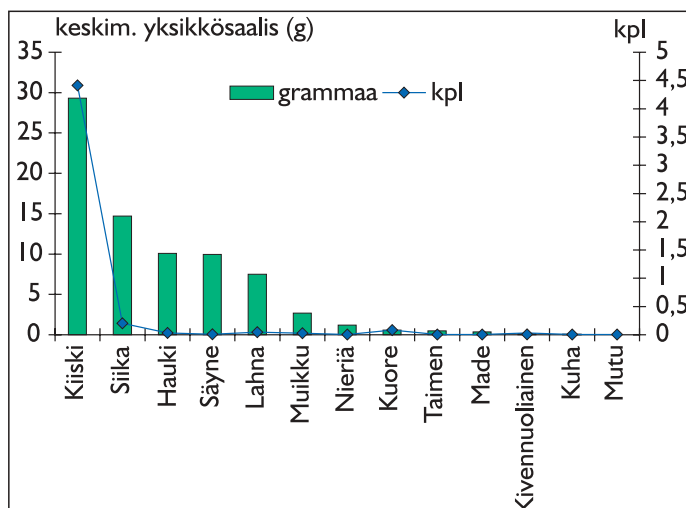
Laji	Massa (kg)	Laji	Massa (kg)
Ahven	83,840	Muikku	0,489
Särki	34,971	Nieriä	0,215
Salakka	34,195	Kuore	0,107
Kiiski	5,336	Taimen	0,088
Siika	2,674	Made	0,064
Hauki	1,837	Kivenuoliainen	0,023
Säyne	1,810	Kuha	0,011
Lahna	1,364	Mutu	0,001



Kuva 7. Pyhäjärven verkkokoekalastuksen keskimääräiset painoyksikkösaaliit.



Kuva 8. Pyhäjärven keskimääräiset yksikkösaaliit (kpl).



Kuva 9. Keskimääräiset yksikkösaaliit (muut lajit).

Lähes kaikilla pyyntialueilla ahvensaalis (massan osalta) oli suurin (kuva 10). Ainoastaan alueella 2 salakan osuus oli ahventa suurempi. Pohjoisimmilla pyyntialueilla särjen osuus saaliista oli lähes ahvenen veroinen (kuva 11). Harvemmin tavattujen lajien yksikkösaaliit on esitetty kuvassa 12.

Keskimääräiset kokonaisyksikkösaaliit vaihtelivat alueittain 30–60 yksilön ja 770–1 150 gramman välillä ja erot eivät olleet alueiden välillä tilastollisesti merkitseviä (kuva 13). Samanlainen tilanne oli pohjaverkkojen keskiyksikkösaaliiden kanssa (35–110 yksilöä ja 740–1 400 g). Pinta- ja välivesiverkkojen keskimääräiset yksikkösaaliit vaihtelivat alueelta toiselle enemmän (20–55 yksilöä ja 250–1 100 g) ja alueiden väliset erot olivat merkitseviä (painoyksikkösaalis:  $F=5,167$ ,  $p<0,001$ ,  $df=7,76$ ; lukumääräsaalis:  $F=2,731$ ,  $p<0,05$ ,  $df=7,76$ ).

Ahvenen keskimääräinen yksikkösaalis oli suurin pyyntialueella 4 ja pienin alueella 2. Eri pyyntialueilla ahvenen keskimääräiset yksikkösaaliit vaihtelivat välillä 15–45 kpl ja 250–600 g (kuva 14), ja alueiden väliset erot eivät olleet merkitseviä.

Särjen yksikkösaaliissa (kuva 15) havaittiin johdonmukainen suureneminen Venäjältä Suomeen päin. Keskimääräinen yksikkösaalis oli 2–8 kpl ja 50–300 g. Ero alueiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä pohjaverkkojen saaliiden tarkastelussa ( $F=3,017$ ,  $p<0,01$ ,  $df=7,90$ ).

Salakan keskimääräiset yksikkösaaliit olivat 5–25 kpl ja 50–450 g. Suurimmat yksikkösaaliit saatiin järven karmmasta eteläpäästä pyyntialueilta 1, 2 ja 3 (kuva 16). Erot alueiden välillä pintavesiverkkojen saaliita tarkasteltuna olivat merkitsevät ( $F=6,916$ ,  $p<0,001$ ,  $df=7,48$ ).



Kuva 10. Ahvensaalis oli massaltaan suurin lähes kaikilla pyyntialueilla. Kuva: Pekka Salmi.

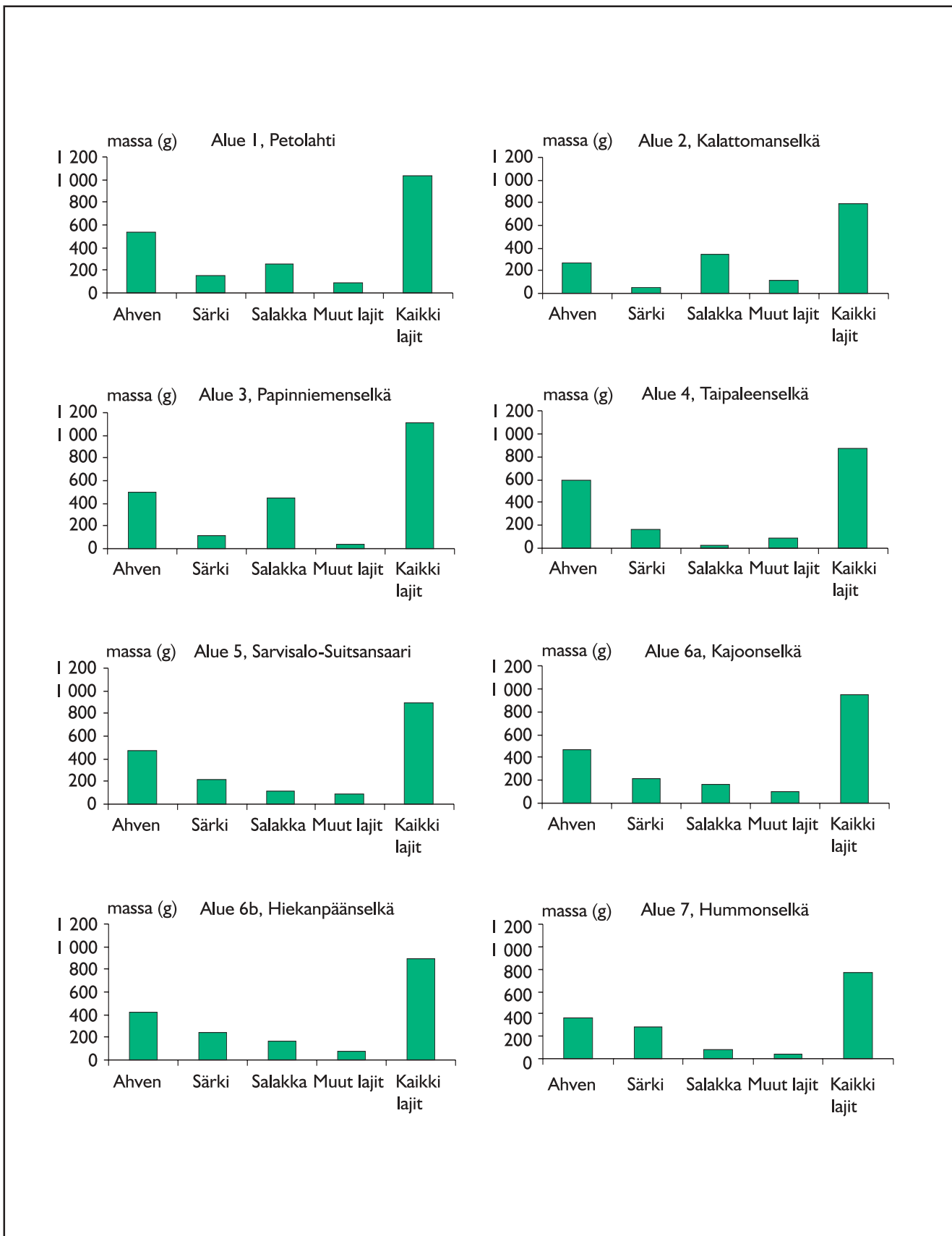
### 3.2 Ahvenen pituusjakaumat ja kasvu

Pituusjakaumien perusteella (kuva 17) ahvenen keskikoko on pohjoisimmilla pyyntialueilla (6b ja 7) pienin. Tämä on havaittavissa, vaikka alueiden 1 ja 2 pyyntiponnistus jäi puoleen suunnitellusta.

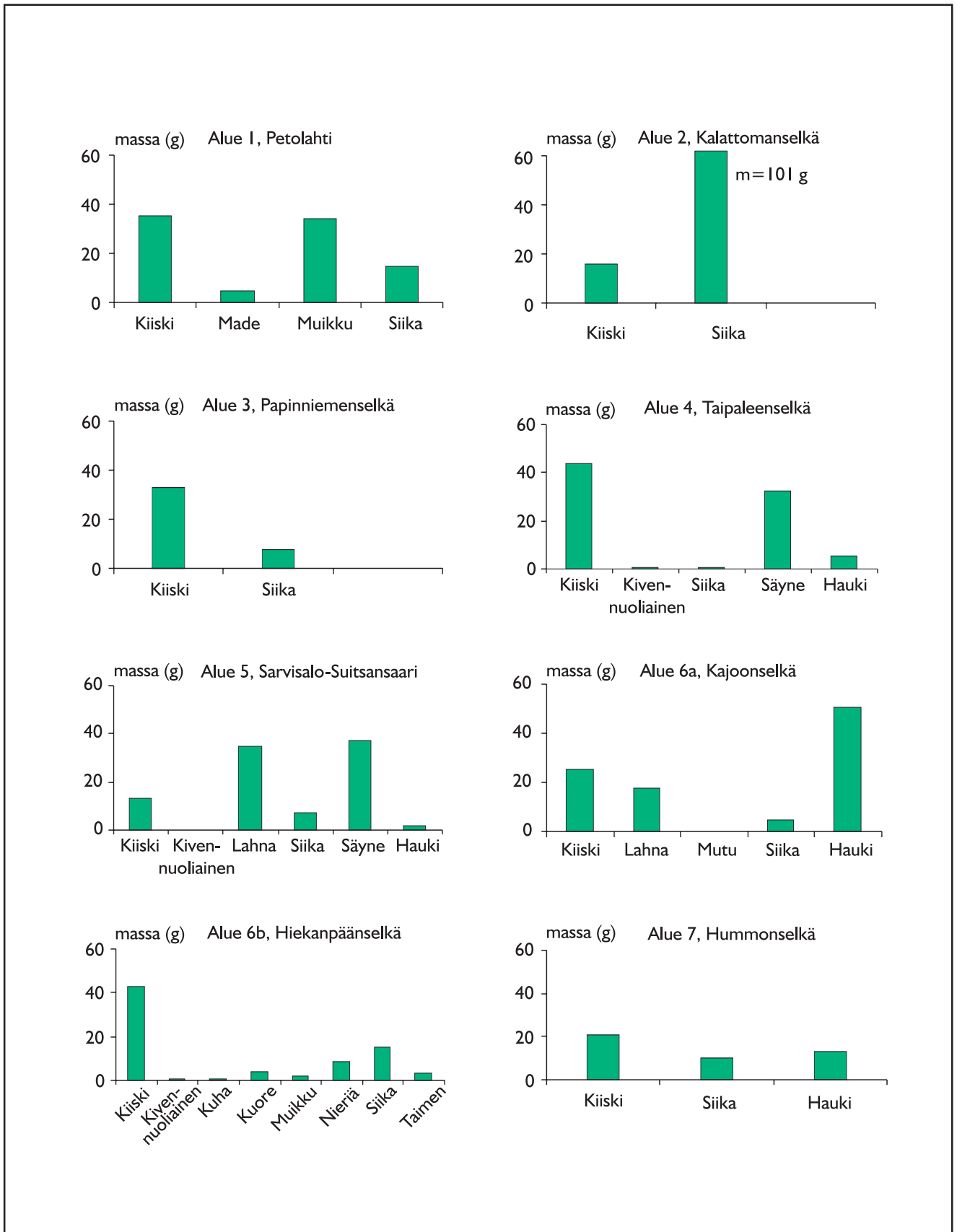
Verrattaessa ahvenen kasvun kehitystä järven ääripäissä sijaitsevilla pyyntialueilla, kasvun voidaan todeta olevan eteläisillä alueilla pohjoista nopeampaa (kuva 18). Ero ei ollut silmiinpistävä, mutta 2, 3 ja 4-vuotiaiden ero

kasvussa pohjoisimpien ja eteläisimpien alueiden välillä oli tilastollisesti merkitsevä (vastaavat t-arvot 6,682, 6,866 ja 5,520; vapausasteet 225, 163 ja 101; ja  $p < 0,001$ ). Kuvassa 18 on esitetty pyyntialueittain 2001– ja sitä vanhempien ahvenen vuosiluokkien keskimääräinen kasvu.

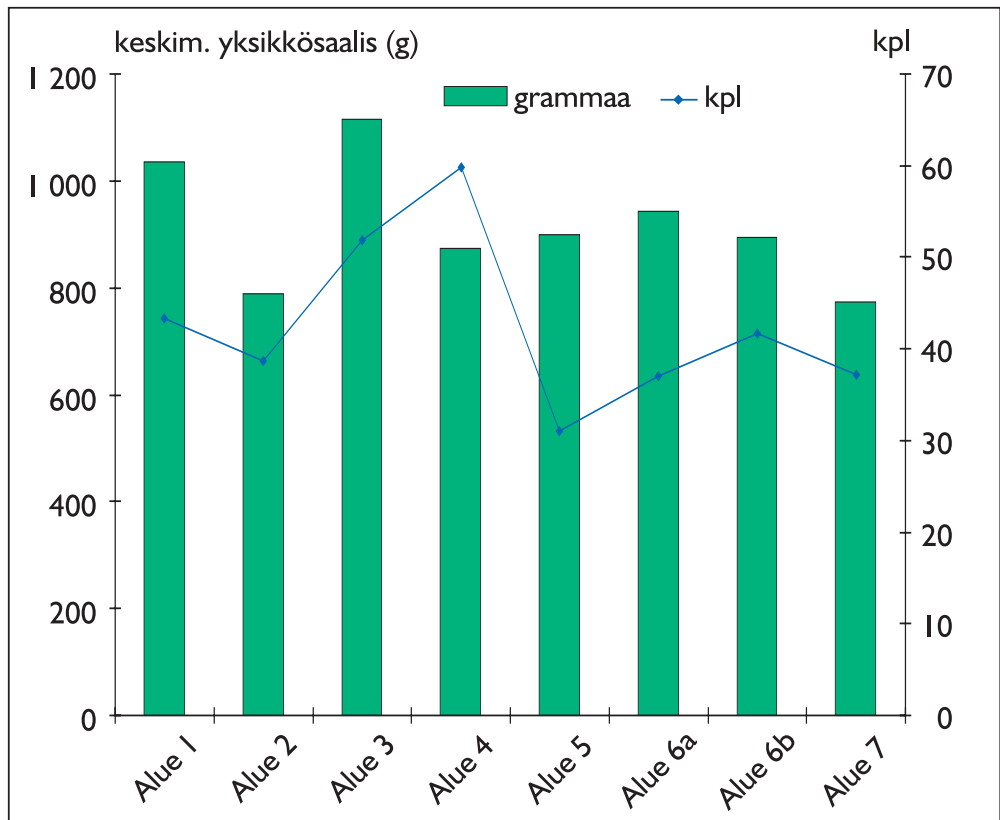
Kuvasta 19 voidaan havaita alueiden 1 ja 2 ahvenen nopeampi kasvu verrattuna alueisiin 6b ja 7. Kuvasta ilmenee myös kylmän kesän 1998 heijastuminen ensimmäiseen kasvukauteen. Kesät 1997 ja 1999 olivat selvästi lämpimämpiä ja suotuisia ahvenen ensimmäisen kesän kasvulle.



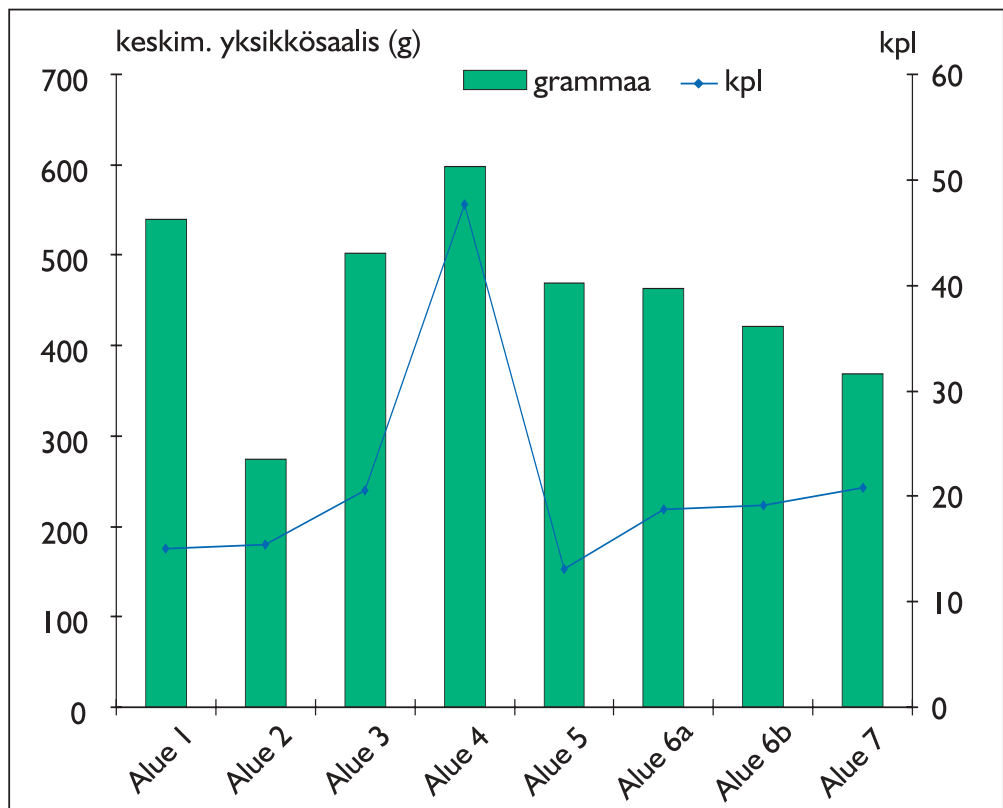
Kuva 11. Runsainpien lajien keskimääräiset painoyksikkösaaliit pyyntialueittain.



Kuva 12. Muiden lajien keskimääräiset painoyksikkösaaliit pyyntialueittain.

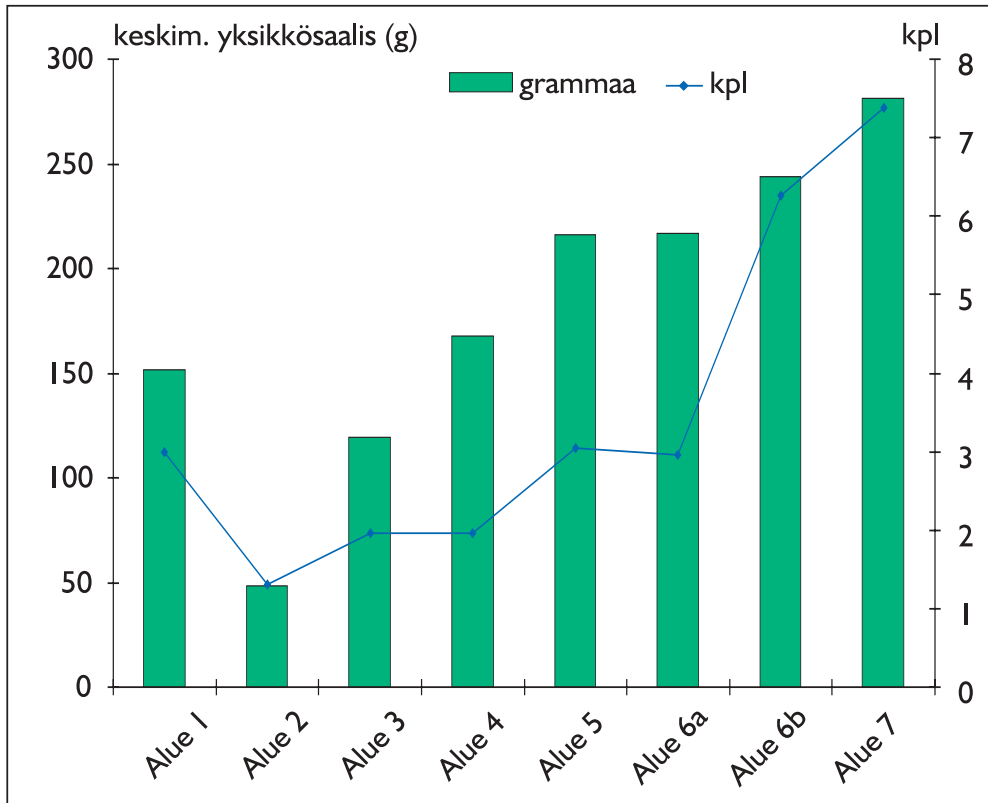


Kuva 13. Keskimääräiset yksikkösaaliit (kaikki lajit yhteensä) pyyntialueittain.

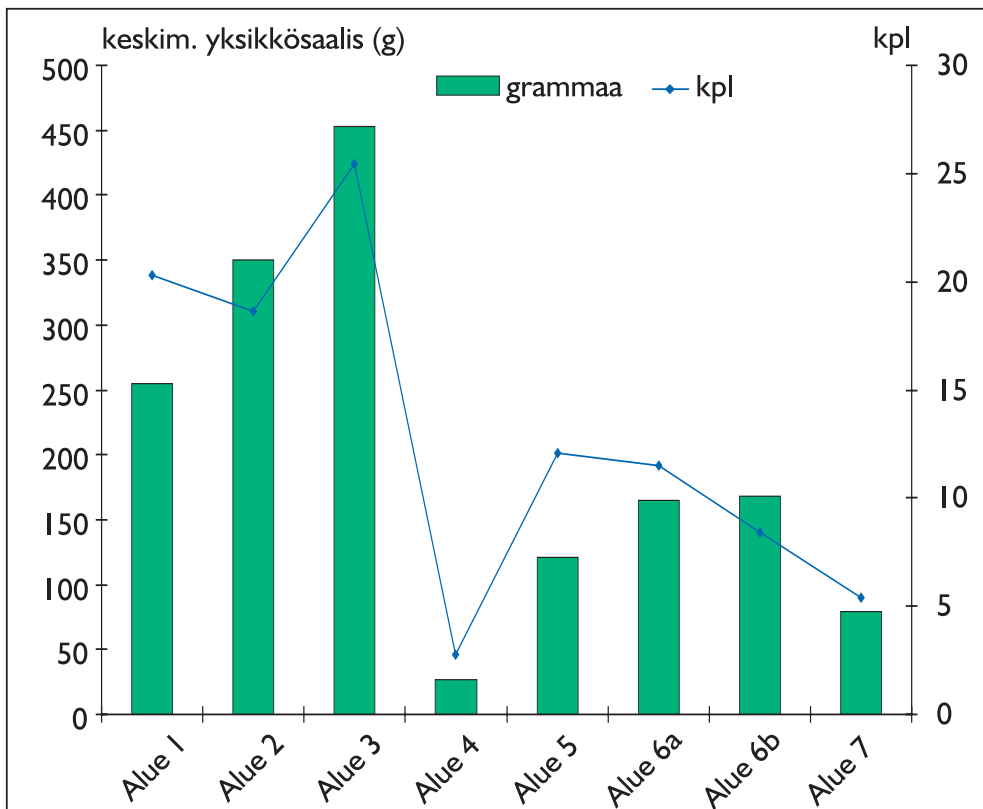


Kuva 14. Ahvenen keskimääräiset yksikkösaaliit pyyntialueittain.

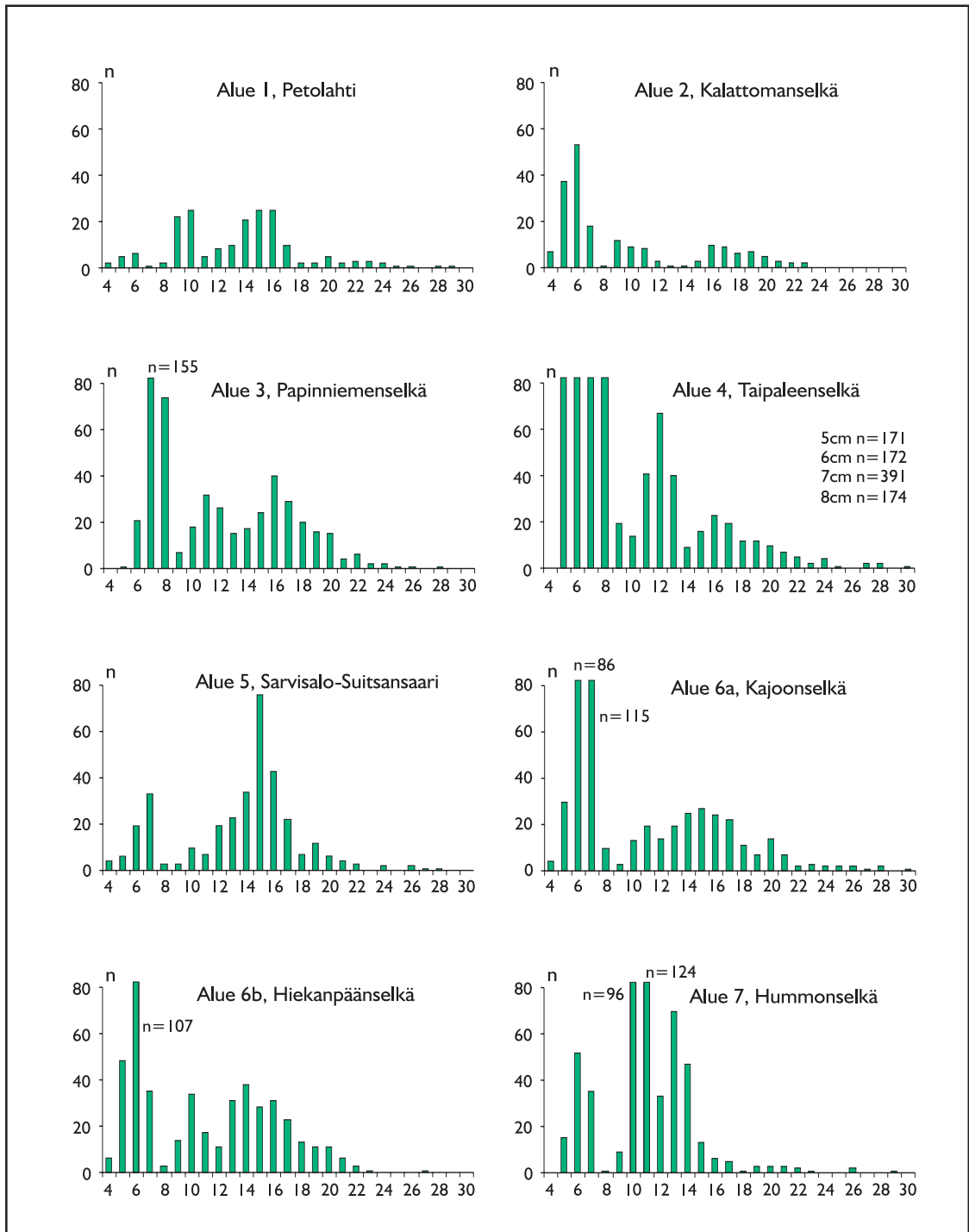




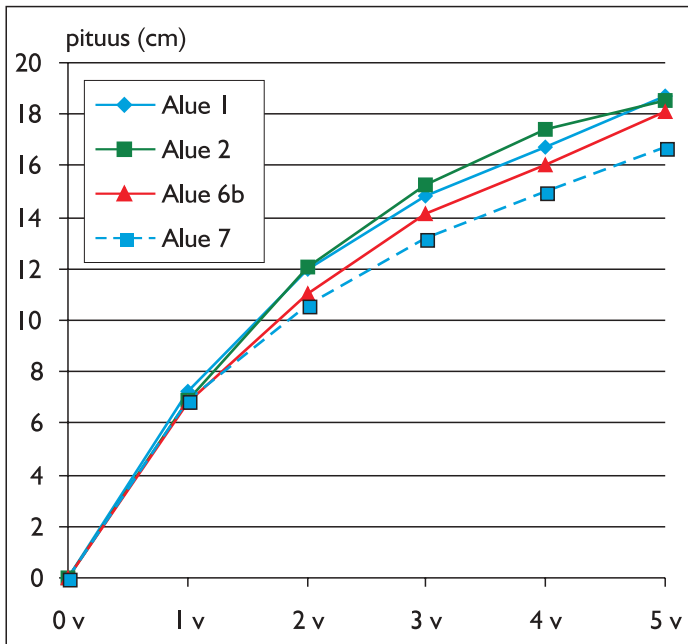
Kuva 15. Särjen keskimääräiset yksikkösaaliit pyyntialueittain.



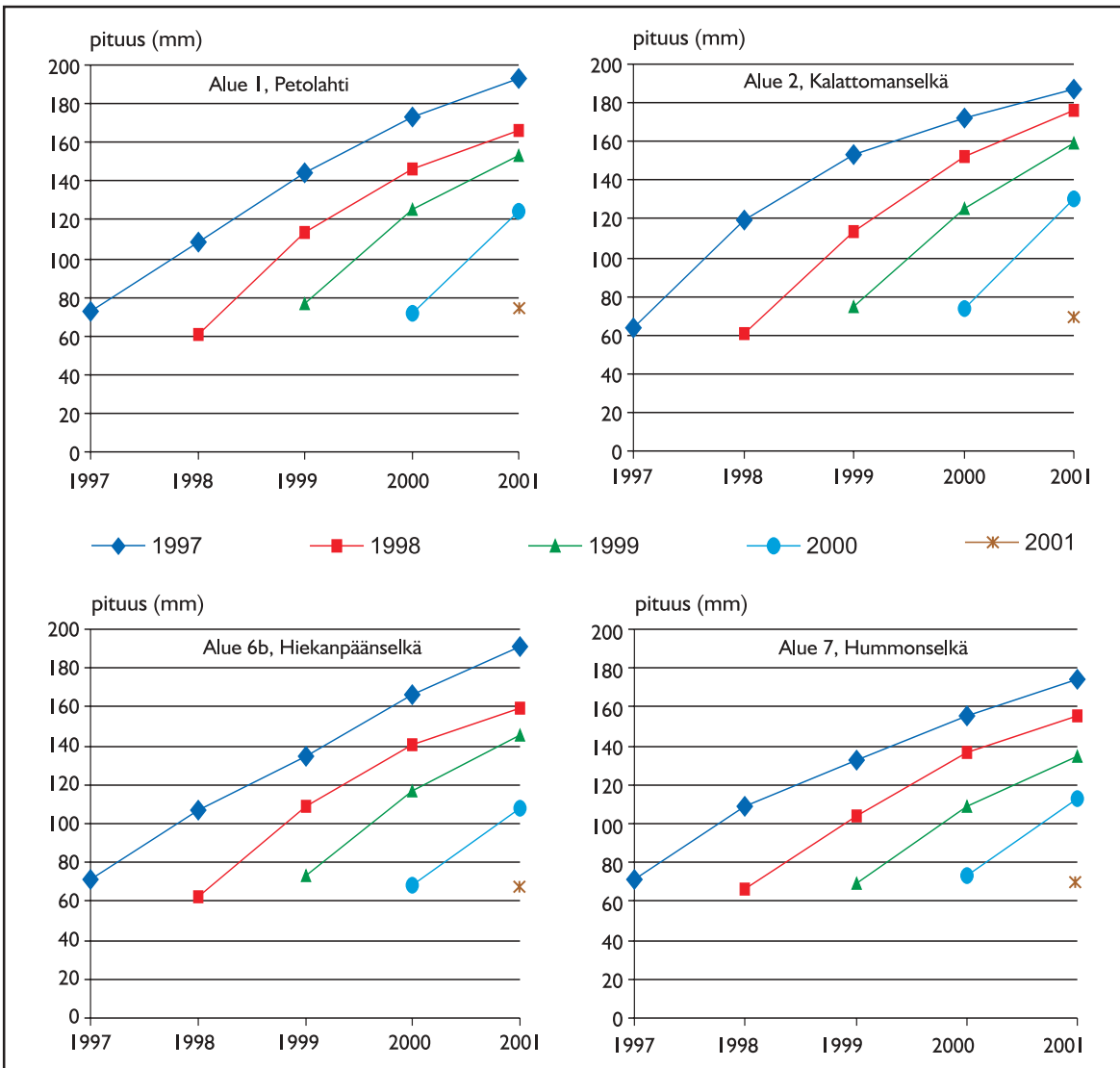
Kuva 16. Salakan keskimääräiset yksikkösaaliit pyyntialueittain.



Kuva 17. Ahventen pyyntialuekohtaiset pituusjakaumat.



Kuva 18. Ahvenen keskimääräinen kasvun kehitys viiden ensimmäisen kasvukauden aikana Pyhäjärven eteläisimmillä (1 ja 2) ja pohjoisimmilla (6b ja 7) pyyntialueilla.

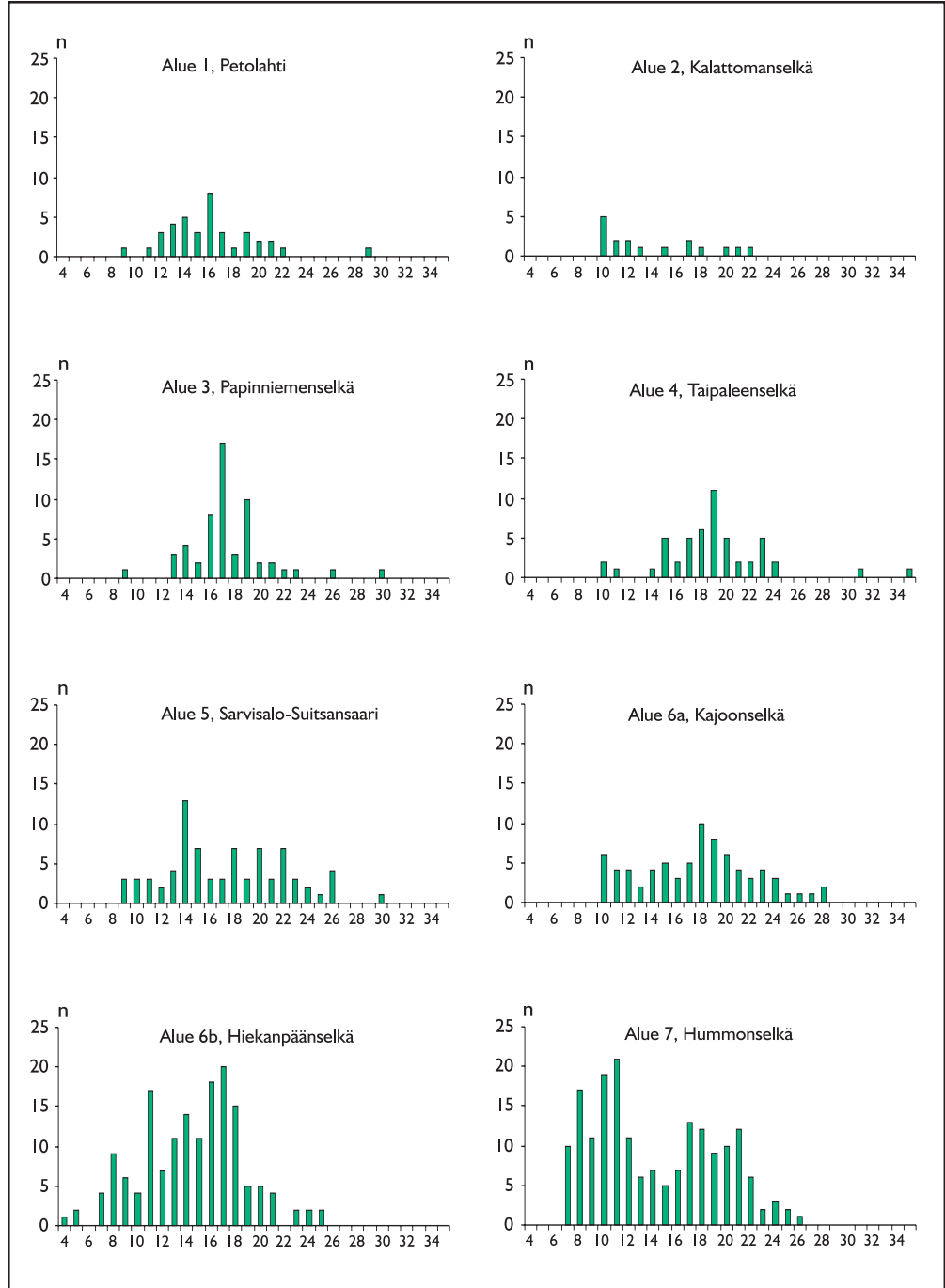


Kuva 19. Ahvenen vuosiluokkien 1997–2001 kasvu pyyntialueilla 1, 2, 6b ja 7.

### 3.3 Särjen pituusjakaumat

Särkisaaliit olivat pieniä etenkin pyyntialueilla 1, 2, 3 ja 4. Näin ollen pituusjakaumat pienestä aineistosta eivät ku-

vastane särkipopulaation rakennetta kovinkaan hyvin. Tiheimmän särkikannan alueilla (6b ja 7) keskikoko lienee kuitenkin pienin (kuva 20).



Kuva 20. Särkien pyyntialuekohtaiset pituusjakaumat.

## Tulosten tarkastelu

### 4.1 Lajiston rakenne

Pyhäjärven kalalajisto on suhteellisen runsas. Koekalastuksissa tavattiin 16 eri lajia ja järvessä tiedetään varmuudella elävän myös harjus, järvilohi (kuva 21), pasuri ja kolmipiikki, joita saaliissa ei esiintynyt. Saaliista valtaosan muodostivat ahven, särki ja salakka. Verrattain runsas lajisto on tyypillinen suurille karuille järville.

### 4.2 Ahven

Ahvenen osuus koko järven keskimääräisestä yksikkösaaliista on suurempi kuin muiden lajien yhteensä, massan ja kappalemäärän suhteen. Ainoastaan pyyntialueella 2 oli ahvenen painosuus saaliista salakan osuutta pienem-

pi. Ahvenen yksikkösaalis jäi juuri alueella 2 muita alueita vähäisemmäksi. Tarkastelussa on huomioitava, että alueilla 1 ja 2 pyyntiponnistus oli 13 verkovuorokautta, kun se muilla alueilla oli 26. Alueelta 4 saatiin selvästi eniten vuosiluokan 2002 ahvenia, nolikkaita. Ahvenen keskikoko oli järven pohjoisilla alueilla eteläisiä alueita pienempi. Kalastuspaine Venäjän puoleisilla alueilla on olematon Suomen puoleisiin alueisiin verrattuna.

Ahven näyttää kasvavan nopeammin eteläisillä kuin pohjoisimmilla pyyntialueilla. Jo toisen kasvukauden jälkeen ahventen pituusero järven ääripäiden välillä oli noin yhden senttimetrin luokkaa. Samansuuntaisia tuloksia Pyhäjärven ahventen kasvusta on saatu jo aiemmin (Auvinen 1987). Ahvenen nopeampi kasvu Venäjän puoleisilla



Kuva 21. Järvilohia esiintyy Karjalan Pyhäjärvässä, vaikka sitä ei koekalastuksissa saatu.  
Kuva: Juha Taskinen.

alueilla lienee seurausta suotuisammasta kilpailutilanteesta ravinnon suhteen. Ensimmäisinä elinvuosinaan ahven käyttää pitkälti samaa ravintoa särjen kanssa. Ahvenen keskipaino eteläisillä alueilla on suurempi, jolloin kalaravintoon siirtyneet suuremmat yksilöt harventavat tehokkaammin oman lajinsa nuoria vuosiluokkia.

### 4.3 Muikku

Verrattaessa Karjalan Pyhäjärven Nordic -yleiskatsausverkkosaalista (taulukko 2) kalastuskyselyihin perustuviin kokonaissaaliisiin vuosilta 1979 ja 1999 (kuva 22), voidaan tuloksissa havaita eroavuuksia lajiston rakenteen suhteen. Vaikka muikkusaalis on ollut kaikkia muita lajeja suurempi sekä vuosina 1979 ja 1999, niin yhteensä 182 yleiskatsausverkkovuorokauden pyynti tuotti ainoastaan viisi muikkua (kuva 23). Muikkukannan tiedetään edelleen heikenneen viime vuosina, mutta silti olisi muikkua odottanut saaliissa esiintyvän huomattavasti enemmän.

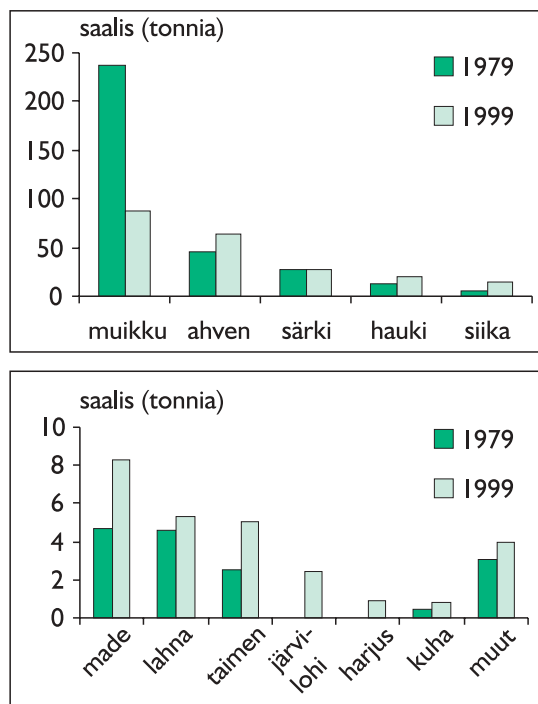
Kaikki tavatut viisi isoa muikkua tulivat yli kymmenen metrin syvyyssyöhykkeen pohjaverkoista pyyntialu-

eilta 1 ja 6b. Kuten aiemmin todettiin erittäin lämpimän kesän johdosta koko järvestä ei lämpötilamittauksissa havaittu selkeää harppauskerrosta. Syvimässä pyyntipaikassa alueella 6b veden lämpötila pohjan tuntumassa 23 metrin syvyydessä oli 11°C.

### 4.4 Salakka

Muikun sijaan saaliissa esiintyi runsaana toinen pelaginen parvikala, salakka. Salakan osuus yleiskatsausverkkosaaliissa oli 70-kertainen muikkuaan verrattuna. Vuosien 1979 ja 1999 kokonaissaaliissa päinvastoin muikkusaalis on moninkertainen, kun salakan vaatimaton osuus on kuvattu pylväässä "muut" -lajit (kuva 22). Tiedusteluihin perustuvia saalistietoja tarkasteltaessa tulee huomioida, että tavoiteltua muikkua pyydetään etenkin syksyisin ja talvisin, jolloin sivusaaliina saadun vähäarvoisen salakan osuus on pieni. Ei-toivotun sivusaaliin määristä saadut tiedot eivät yleensä ole yhtä tarkkoja kuin arvostetumpien lajien ilmoitetut saalismäärät.

Elokuun 2002 koekalastussaaliin salakkasaaliista valtaosa tuli pintaverkoista 12,5 ja 15,5 mm solmuvälin pa-



Kuva 22. Karjalan Pyhäjärven kokonaissaaliit vuosina 1979 ja 1999 (Auvinen ja Nurmio 2001).

neeleista. Verkkokalastus tiheillä pinta-verkoilla kesäaikaan lämmenneessä pintavedessä lienee erittäin harvinaista ellei olematonta. Tällaiset olosuhteet lienevät otolliset hyvälle salakkasaaliille. Koekalastuksissa salakkaa tavattiin lisäksi alle kolmen metrin syvyysvyöhykkeen verkoista, 3–10 metrin vyöhykkeen pohjaverkoista ja yli 10 metrin vyöhykkeen välivesiverkoista, mutta ei juurikaan enää tämän syvimmän vyöhykkeen pohjaverkoista. Selvästi runsaimmat salakkasaaliit saatiin pyyntialueilta 1, 2 ja 3, jotka ovat olleet tunnetusti tuottoisia muikkualueita. Oli myös selvästi havaittavissa salakan vähäisyys pyyntialueilla 4 ja 7. Alueet ovat verrattain matalia selkäalueita, jotka ovat yhteydessä varsinaiseen pääaltaaseen kapeikkojen välityksellä.

#### 4.5 Särki

Särjen osalta oli havaittavissa keskimääräisten yksikkösaaliiden kasvu siirryttäessä kohti pohjoisimpia pyyntialueita. Etenkin pyyntialueella 7 särjen saalisuus oli lähes yhtä suuri kuin ahvenen (kuva 11). Särkikalojen on todettu olevan vallitsevassa asemassa rehevis-

sä järvissä ja ahvenkalojen vallitsevan karuissa järvissä, kun tarkastellaan vesistöjen kokonaisfosforipitoisuuksia (Olin ym. 2002). Karjalan Pyhäjärven vuoden 2002 ravinnemäärittelysten perusteella voidaan järven pohjoispään katsoa olevan keskimäärin hieman rehevämmän kuin eteläisten osien (Kukkonen ym. 2003). Tämä ero on havaittavissa erityisesti verrattaessa runsaimman ja heikoimman särkisaaliin tuottaneita pyyntialueita 7 ja 2. Pohjoisten pyyntialueiden väriarvot ovat myös eteläisiä korkeammat.

#### 4.6 Vertailu muihin järviin

Tarkasteltaessa erityyppisten järvien Nordic -saaliita (taulukko 4), voidaan havaita vesistöjen suuren tuottoisuuden keskimäärin aiheuttavan suurempia yksikkösaaliita. Järven koon kasvaessa lajisto monipuolistuu ja särkikala-valtaisuus korostuu rehevöitymisen myötä (Olin ym. 2002). Oligotrofisen Pyhäjärven keskimääräinen yksikkösaalis 916 g jää alhaisemmaksi kuin useimmissa meso- ja eutrofisissa järvissä. Tavattu lajimäärä oli verrattain run-



Kuva 23. Viime vuosina on voitu vain haaveilla tällaisesta muikkusaaliista Karjalan Pyhäjärvellä. Kuva: Juha Taskinen.



Taulukko 4. Eräiden järvien keskimääräisiä yksikkösaaliita (CPUE). Järvet kokonaisfosforipitoisuuden mukaisessa järjestyksessä (Olin ym. 2002).

Järvi	Pinta-ala km <sup>2</sup>	Keskisyvyys (m)	Kokonais- fosfori (µg/l)	CPUE kpl	CPUE massa (g)
Karjalan Pyhäjärvi	248,00	7,9	8	43	916
Riikosten Valkjärvi	0,08	4,5	14	38	533
Kastanajärvi	0,33	3,5	17	35	794
Tuuloksen Pyhäjärvi	9,33	11,0	18	34	595
Harasjärvi	0,42	2,4	24	119	1 166
Vesijärvi, Enonselkä	26,00	6,8	27	65	1 231
Kataloistenjärvi	1,12	1,2	31	173	4 549
Lehee	1,05	1,5	31	81	1 801
Hiidenvesi, alue 3	9,83	11,2	34	82	1 319
Lehijärvi	7,05	6,0	36	85	1 380
Äimäjärvi, alue 2	4,80	3,0	41	225	4 121
Rusutjärvi	1,39	2,5	46	163	3 701
Hiidenvesi, alue 2	3,96	2,6	48	171	3 455
Äimäjärvi, alue 1	3,70	2,0	69	123	2 248
Hiidenvesi, alue 1	4,40	1,8	74	118	2 088
Tuusulanjärvi	6,00	3,2	80	229	3 556
Pitkäjärvi	1,74	2,9	110	275	3 655
Lippajärvi	0,58	2,2	130	174	4 218

#### 4.7 Päätelmät

Pyhäjärven koekalastusten keskimääräiset kokonaisyksikkösaaliit vaihtelivat näytteenottoalueittain varsin tasaisesti yhden kilon molemmin puolin. Särjen pohjoisia pyyntialueita kohti kasvavien yksikkösaaliiden suuntaus viittaisi suurempaan alueiden väliseen rehevyytasoeroon kuin mitä veden niukat ravinnepitoisuudet osoittavat. Toisaalta ahven oli kokonaisuudessaan runsain saalislaji, mikä on tunnusomaista karuille vesille.

Ahvenen eteläisten ja pohjoisten pyyntialueiden välinen kasvuoero viittaa ekologisiin eroihin. Eroavaisuuksia selittää esimerkiksi parempi kilpailutilanne ravinnon suhteen Venäjän alueilla särjen vähyydestä johtuen.

On syytä pohtia onko Nordic -yleiskatsausverkoin suoritettu koepyynti soveltuva menetelmä kuvaamaan suurehkon muikkuvaltaisen järven kalastoa. Suomessa Nordic -verk-

koja on tähän mennessä käytetty lähinnä Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen hoitokalastustutkimuksissa rehevöityneillä särkikalavaltaisilla järvillä. Pyyntitehon on todettu olevan hyvä ainakin ahvenelle ja särkikaloille. Laajaa käyttökokemusta Pyhäjärven tyyppisistä suurista, karuista ja kirkasvetisistä järvistä ei toistaiseksi ole. Ositetulla satunnaisotannalla toteutetusta Nordic -verkkokalastuksesta on tulossa EU:n näytteenottostandardi ja järven kalaperusteisen ekologisen tilan luokittelun pääasiallinen näytteenottomenetelmä. Nordic -verkkoja käytettäessä Pyhäjärven kaltaisissa suurissa karuissa vesissä tulee kuitenkin huomioida myös muu kalastosta käytettävissä oleva tieto.

Kuten odotettavissa oli, Nordic -koekalastus ja saalistiedustelu antoivat erilaisen kuvan järven kalaston rakenteesta. Työstä saatiin kuitenkin käyttökelpoista vertailutietoa vesipuitedirektiivin täytäntöönpanon tarpeisiin.



## Yhteenveto

Nordic -yleiskatsausverkoilla suoritetussa koekalastuksessa Pyhäjärvestä tavattiin 16 kalalajia (kuva 24). Saaliista valtaosa koostui ahvenesta, särjestä ja salakasta. Ahven oli yleisin laji kaikilla pyyntialueilla. Ahventa saatiin varsin tasaisesti kaikkialta, kun taas särjen keskimääräiset yksikkösaaliit olivat suurimmat pohjoisimmilla pyyntialueilla. Salakkaa tavattiin eniten eteläisiltä pyyntialueilta. Merkillepantavaa oli muikun vähäisyys koekalastussaaliissa

kun tiedetään, että parhaimpina muikkuvuosina lajin vuotuinen kokonaisuus on moninkertainen ahvensaaliin verrattuna.

Takautuvasti määritettyjen vuosittaisten kasvujen perusteella on nähtävissä että ahven kasvaa Venäjän puoleisilla pyyntialueilla keskimäärin hieman nopeammin kuin kahdella pohjoisimmalla Suomen puoleisella pyyntialueella.



Kuva 24. Koekalastuksissa saatiin myös yksi nieriä. Kuva: Juha Taskinen.

# Lähteet

- Auvinen, H. 1987. Growth, mortality and management of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.), vendace (*Coregonus albula* L.), roach (*Rutilus rutilus* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.) in Lake Pyhäjärvi (Karelia). Finnish Fisheries Research 8: 38–47.
- Auvinen, H. 1995. Intra- and interspecific factors in the dynamics of vendace (*Coregonus albula* (L.)) populations. Finnish Fisheries Research 15: 49–58.
- Auvinen, H. ja Nurmio, T. 2001. Kalastus Karjalan Pyhäjärvellä vuonna 1999. Kala- ja riistaraportteja nro 239: 1–17. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.
- Bagenal, T. B. and Tesch, F. W. 1978. Methods for assessment of fish production in fresh waters: 101–136. Blackwell, Oxford.
- Holopainen, A.-L., Lepistö, L., Niinioja, R., Sharov, A. ja Rämö, A. 2004. Karjalan Pyhäjärven kasviplanktonin biomassa ja lajisto. Rajavesien ekologisen tilan arviointi -hanke. Alueelliset ympäristöjulkaisut 357. 48 s. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.
- Kukkonen, M., Kiiski, J., Luotonen, H. ja Niinioja, R. 2003. Karjalan Pyhäjärven vesien ja vesiluonnon suojelusuunnitelma. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 319. 96 s. Joensuu.
- Kurkilahti, M. ja Rask, M. 1999. Verkkokoekalastukset. Kalataloustarkkailu – Periaatteet ja menetelmät: 151–160. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.
- Olin, M., Rask, M., Ruuhijärvi, J., Kurkilahti, M., Ala-Opas, P. and Ylönen, O. 2002. Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundance of percids and cyprinids along a trophic gradient. Journal of Fish Biology 60: 593–612.
- Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2001. Projektisuunnitelma; Rajavesien ekologisen tilan arviointi – Vesien suojelun ja vesien tilan seurannan yhteistyön kehittäminen Venäjän Karjalan tasavallan ja Suomen Pohjois-Karjalan välillä kohdealueena Vuoksen vesistöön kuuluva rajavesistö Karjalan Pyhäjärvi. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuu.
- Rahkola-Sorsa, M., Tiainen, J. ja Staff, S. 2004. Eläinplanktonin ajallinen ja alueellinen vaihtelu Karjalan Pyhäjärvellä. Rajavesien ekologisen tilan arviointi -hanke. Alueelliset ympäristöjulkaisut 346. 46 s. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.
- Raitaniemi, J., Rask, M. ja Lappalainen, A. 2001. Kalayhteisörakenne vesistöjen ekologisen tilan luokittelussa ja seurannassa. Kalayhteisörakenne vesistöjen ekologisen tilan kuvaajana – EU:n vesipolitiikan puitteiden kalatutkimukset vuonna 2000. Kala- ja riistaraportteja nro 222: 1–7. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.
- Raitaniemi, J., Rask, M. and Vuorinen, P.J. 1988. The growth of perch, *Perca fluviatilis* L., in small Finnish lakes at different stages of acidification: 209–219. Ann Zool. Fennici, Helsinki.
- Raitaniemi, J., Nyberg, K. ja Torvi, I. 2000. Kalojen iän ja kasvun määrittäminen: 104–108. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki.
- Ranta, E., Rita, H. ja Kouki, J. 1989. Biometria. 225 s. Yliopistopaino, Helsinki.
- Ryzkov, L. ym. 1987. Special issue comprising Finnish and Soviet studies on Lake Pyhäjärvi (Karelia). Finnish Fisheries Research 8: 3–57.
- Tammi, J., Rask, M. ja Vehanen, T. 2005. Kalayhteisöt järvien ja jokien ekologisen tilan arvioinnissa ja seurannassa – alustavien luokittelujärjestelmien arviointi. Kala- ja riistaraportteja. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. (käsikirjoitus).

Juha Jurvelius, Esa Hirvonen ja Heikki Auvinen

# Karjalan Pyhäjärven ulappa-alueen kalatiheydet

Rajavesien ekologisen tilan arviointi -hanke

Kuva: Juha Taskinen.



## Johdanto

Karjalan Pyhäjärvi on maakunnallisesti ja valtakunnallisesti arvokas vesistö (kuva 1). Se kuuluu Pohjoismaiden ministerineuvoston suojeluvesiin ja se on Yhdistyneiden Kansakuntien Euroopan talouskomission ECE:n pilottiohjelmaan kansainväliset järvet/rajavesistöt (Pietiläinen ja Heinonen 2002). Sitä on ehdotettu lisäksi yhdeksi Euroopan unionin Natura 2000 -verkoston järveksi.

Vuonna 2002 käynnistettiin Interreg III A Karjala -ohjelman rahoituksella tutkimus- ja kehittämishanke "Rajavesien ekologisen tilan arviointi – Vesien suojelun ja vesien tilan seurannan yhteistyön kehittäminen Venäjän Karjalan tasavallan ja Suomen Pohjois-Karjalan välillä" (Luotonen ym. 2002). Hankkeen kalaosion keskeisenä päämääränä oli verkkokoekalastuksella toteutettava järven osien kalayhteisön rakenteen tutkimus. Ulappa-alueiden kalamäärien arvoimiseksi sitä täydennettiin kalakäilykuluotauksella.

Karjalan Pyhäjärven Venäjän puolella ei juurikaan kalasteta ja Suomen puoli on aktiivisesti kalastettu. Näiden osien kalayhteisön vertaaminen tarjoaa hyvän mahdollisuuden arvioida kalastuksen vaikutuksia. Koska etenkin Venäjän puoleinen osa järvestä on lähes "luonnontilainen", saatava kalayhteisötieto on hyödyksi myös kyseisen järvi-tyypin (suuret kirkasvetiset järvet) määrittämisessä EU:n vesipolitiikan puitedirektiivissä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY).

Nyt käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää (i) pelagisen kalaston tiheyttä eri osissa Karjalan Pyhäjärveä, (ii) kalojen akustista kokoa-kaumaa sekä (iii) verrata tuloksia alueella aikaisemmin vastaavalla menetelmällä tehtyihin tutkimuksiin. Kaikuluotaukset tehtiin elo-syyskuussa vuosina 2003 ja 2004.



Kuva 1. Karjalan Pyhäjärvi. Kuva: Juho Kotanen.

## Tutkimusalue

Karjalan Pyhäjärvi on Suomen ja Venäjän rajalla oleva karu ja kirkasvetinen järvi. Sen kokonaispinta-ala on noin 250 km<sup>2</sup> ja siitä on noin viidennes Venäjän Karjalan tasavallan alueella. Pyhäjärven keskisyvyys on noin 8 ja suurin syvyys noin 27 metriä. Useiden neliökilometrien suuruiset melko tasasyvyiset ulapat ovat sille hyvin tyypillisiä. Järven syvimät alueet sijaitsevat pohjoisessa Hiekanpäänselällä ja etelässä Lentteenselällä. Erikoisuutena voidaan mainita, että Karjalan Pyhäjärvi on Vuoksen vesistöalueella nykyisin ainoa suurrehko järvi, joka laskee edelleen pohjoiseen.

Muikku, siika, ahven, särki, salakka ja kuore ovat tunnetusti yleisimpiä ulapan kaloja Karjalan Pyhäjärvellä. Muikku ja ahven (kuva 2) muodostavat suurimman osan alueen vuotuisesta kalansaaliista (Auvinen ja Nurmio 2001). Järven kalastettava muikkukanta on kuitenkin muutaman viime vuoden ajan ollut heikko (Tammi ym. 2003). Eräillä vanhoilla muikunkalastusalueilla on ajoittain todettu kuoreen olevan määrällisesti valtalaji (Jurvelius ym. 2000).



Kuva 2. Muikku on ahvenen ohella muodostanut suurimman osan Karjalan Pyhäjärven vuotuisesta kalasaaliista. Kuva: Juha Taskinen.

# 3

## Aineisto ja menetelmät

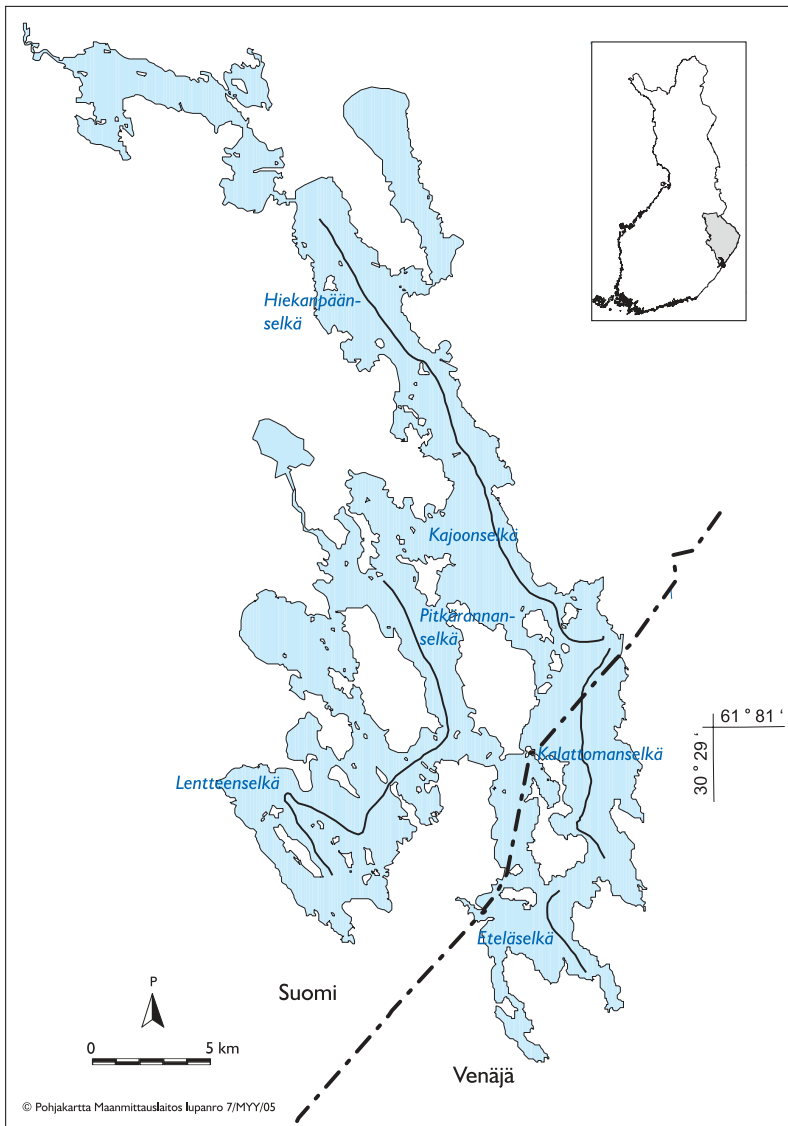
Tutkimusalue luodattiin auringonlaskun ja keskiyön välisenä pimeänä aikana. Luotausreitti oli paljolti sama kuin 1980-luvun alussa (Jurvelius ym. 1987). Vuonna 2003 tutkimus rajoittui Suomen puoleisille vesialueille (reitin pituus noin 70 km) (kuva 3). Seuraavana vuonna tutkittiin myös Venäjän puoleiset

alueet. Luotausveneen nopeus oli noin 8 km tunnissa ja luotaukset kestivät yhteensä 20 tuntia.

Kalakaikuluotaukset tehtiin alaspäin suunnatulla 120 kHz lohkokeila-luotaimella (Simrad EY500, ES120-7F anturi, 7° keilanleveys, pulssitusnopeus 2<sup>s</sup>) (kuva 4). Kalatiheystulokset analysoitiin matalilla, alle 20 metrin syvyisillä alueilla yhdessä vesikerroksessa viidestä metristä pohjaan. Syvänteet analysoitiin kahdessa vesikerroksessa; 5–19 m ja siitä pohjaan. Syvänteiden kokonaiskalatiheys oli näiden kerrosten summa. Kunkin alueen kaikuluotauslinja analysoitiin niin monessa osassa (=n) kuin se ohjelman toimivuuden kannalta oli mahdollista, joten analysoidut yksiköt (=elementary distance sampling unit, EDSU) eivät olleet samanmittaisia eri linjojen välillä. Alueellista kalatiheyskeskiarvoa laskettaessa yksiköt olivat kuitenkin keskenään samanmittaisia. Keskiarvot ovat aritmeettisiä.

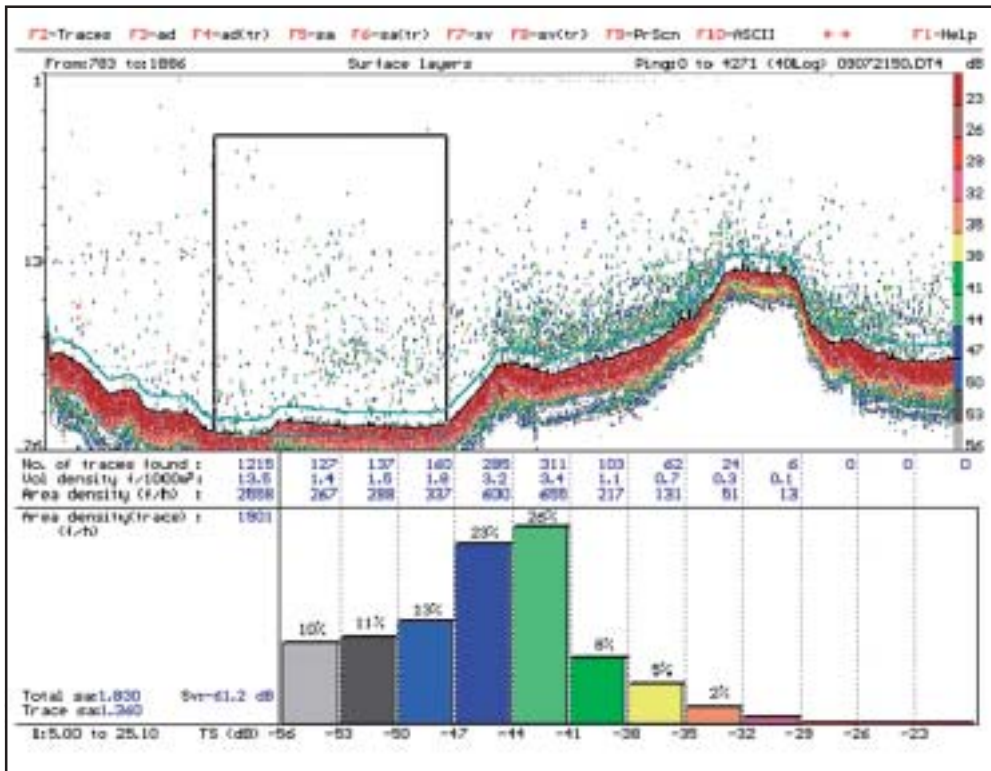
Kohdevoimakkuusjakaumasta (target strength, TS, kuva 4) kalat jaettiin aikaisemmissa luotauksessa käytettyihin luokkiin (Jurvelius ym. 1987); < -47 dB, > -47 .. < -41 dB; > -41 dB. Siinä pienimmän luokan kalat olivat pituudeltaan alle 10 cm mittaisia, seuraavassa 10–20 cm ja suurimmassa yli 20 cm mittaisia.

Tutkimuksessa arvioituja kalatiheyksiä verrattiin elokuussa 1980 koko järven ulappa-alueet kattaneeseen kaikuluotaukseen (Jurvelius ym. 1987) ja Lentteenselän syvänteen luotaamalla tehtyyn muikkukanta-arvioon (Jurvelius ym. 1988). Näissä kahdessa tutkimuksessa käytettiin Simrad EY-M luotainta (singl beam, 70 kHz). Helmikuussa 1999 jään alla tehdyssä liikkuvassa luotauksessa tutkittiin yksi talvinuot-



Kuva 3. Vuonna 2004 Karjalan Pyhäjärvellä kalakaikuluodattu reitti.





Kuva 4. Esimerkki kaikuluotaimen tulostuksesta Karjalan Pyhäjärven Lentteenselän syvänteestä 7.9.2004 klo 21.50. Ikkunoidun alueen (syv. 5–25 m, pituus noin 1 300 m) kalatiheys on 2 558 kalaa ha<sup>-1</sup>. Pylväsdiagrammissa näkyy ikkunoidun alueen kalojen pituusjakauma, siinä kaikuvoimakkuudeltaan (TS) - 56 dB kalat ovat noin 5 cm pituisia. Yli 30 cm kalat ovat kaikuvoimakkuudeltaan -38 dB suurempia.

ta-apaja Lentteenselän syvänteessä myös Simrad EY-M luotaimella (Jurvelius ym. 2000). Analogisen single beam -tekniikan ja nyt käsillä olevassa tutkimuksessa käyttämämme digitaalisen

split beam -luotaimen kalojen tiheys- ja kokoarviossa on havaittu vain pieniä eroja (Jurvelius ym., julkaisematon, Jurvelius ym. 2000).

# 4

## Tulokset

### 4.1 Kalatiheydet

Auringonlaskun jälkeisen hämärän ja keskiyön pimeyden väliset kalatiheys-erot olivat huomattavia (taulukko 1). Kajoonselällä ja Pitkärannanselällä ero oli yli 10-kertainen, Kalattomanselällä ja Eteläselän syvänteessä ero oli myös hyvin merkittävä. Siksi Karjalan Pyhäjärven ulapan kalakannan kokoon liittyvät kalatiheysarviot tehtiin pimeässä. Vuosien välisiä eroja tarkasteltiin ainoastaan pimeässä tehtyjen arvioiden osalta.

Vuonna 2003 suurimmat kalatiheydet (taulukko 2) havaittiin Pitkärannanselällä (690 kalaa ha<sup>-1</sup>) ja Lentteenselän syvänteessä (660 kalaa ha<sup>-1</sup>). Papinniemenselkä ja Kallioniemenselkä olivat myös tutkimusalueen selvästi kalaisimpia alueita. Kajoonselällä ja Hiekanpäänselällä ei tehty tiheysarvioita vuonna 2003.

Vuonna 2004 tutkituista alueista valtaosa oli alle 20 metrin syvyisiä. Näiden laajojen selkälakeiden kalatiheys vaihteli vajaasta 200 noin 500 kalaa ha<sup>-1</sup>. Pienimmät tiheydet oli Kalattomanselän keskiosissa ja suurimmat Pitkärannanselän eteläosissa sekä Kajoonselällä. Myös Kalattomanselän pohjoisosissa oli noin 400 kalaa ha<sup>-1</sup>.

Vuoden 2004 suurimmat kalatiheydet olivat Hiekanpäänselän syvänteessä (noin 1 660 kalaa ha<sup>-1</sup>) ja Lentteenselän syvänteessä (noin 6 440 kalaa ha<sup>-1</sup>). Syvänteiden kalatiheys oli 3–15-kertaa suurempi kuin matalammilla selkälakeilla.

Vuonna 2004 Lentteenselän syvänteessä oli noin 14-kertaa enemmän kalaa kuin Pitkärannanselällä. Edellisenä vuonna alueiden kalatiheys oli suunnilleen sama. Koska muikkujen tiedetään kerääntyvän loppukesällä viileisiin alusvesiin, voidaan olettaa kalatiheyden nousun osoittavan muikkumäärän kasvua vuodesta 2003. Talvella 2005 oli nuottakalastajien yksikkösaaliissa havaittavissa selvää kasvua edellisiin vuosiin verrattuna (Nurmio, julkaisematon). Ennen lopullisia johtopäätöksiä luodattujen kalojen laji olisi kuitenkin varmistettava nuotta- tai troolikalastuksin.

Järven kaakkoisosassa olevan Lentteenselän syvänteen kalatiheys oli 20-kertaa suurempi kuin Venäjän puoleisessa Eteläselän syvänteessä. Järven pohjoisosassa Hiekanpäänselän syvänteessä kalatiheys oli 5,2-kertainen Eteläselän syvänteeseen verrattuna. Vuonna 1980 vastaavat suhdeluvut olivat 17

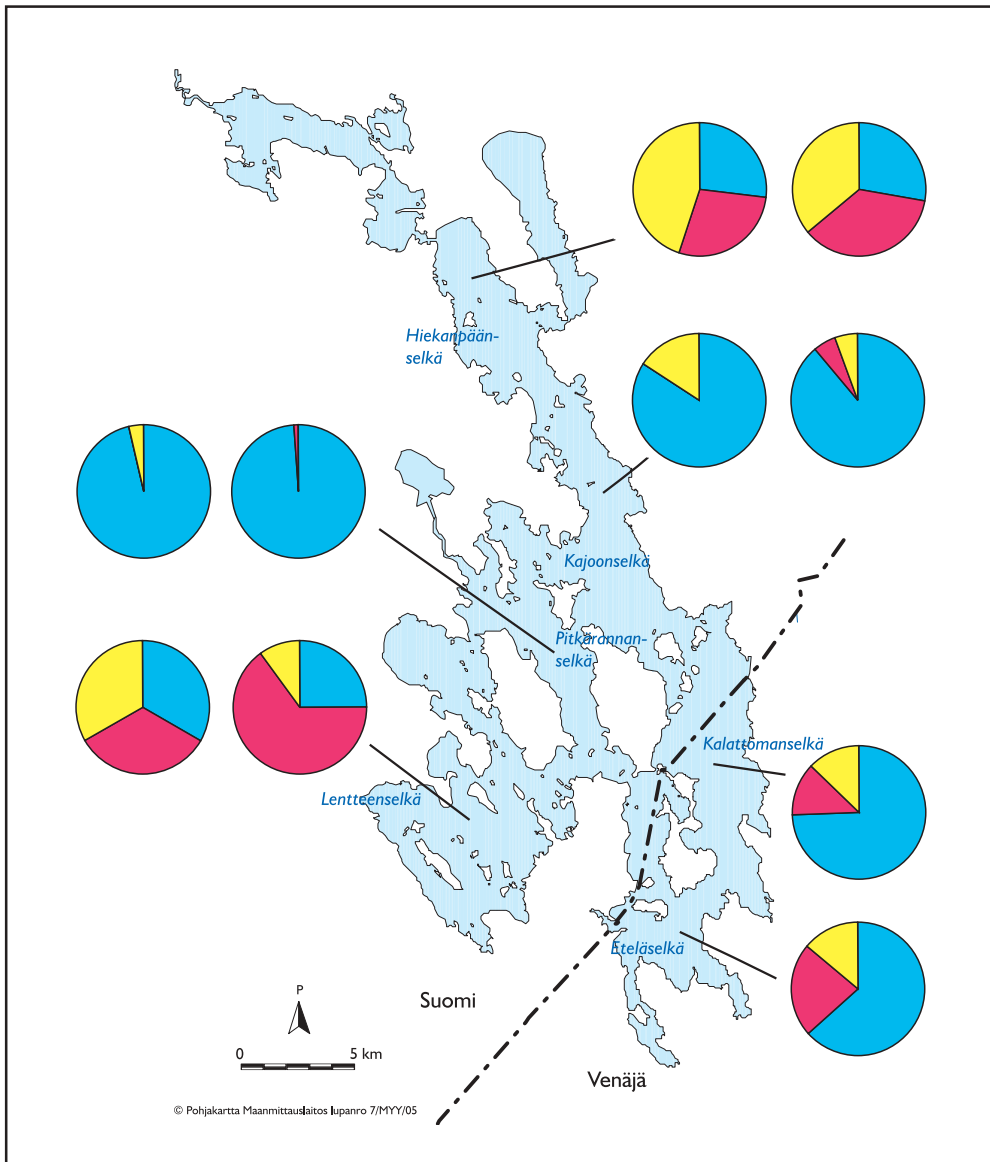
Taulukko 1. Auringonlaskun jälkeisen hämärän ja pimeän kalatiheydet (kalaa ha<sup>-1</sup>) vertailualueilla Karjalan Pyhäjärvelä. Kajoonselkä ja Pitkärannanselkä tutkittiin vuonna 2003 ja Kalattomanselkä sekä Eteläselän syvänteet vuonna 2004.

Alue	Valoisuus	Kalatiheys	sd
Kajoonselkä	hämära	10	7
Kajoonselkä	pimeä	130	45
Pitkärannanselkä	hämära	50	50
Pitkärannanselkä	pimeä	690	250
Kalattomanselkä	hämära	80	-
Kalattomanselkä	pimeä	175	-
Eteläselän syvänte	hämära	80	-
Eteläselän syvänte	pimeä	320	-



Taulukko 2. Eräiden tutkittujen Karjalan Pyhäjärven ulappa-alueiden kaikuluotaamalla tehdyt kalatiheysarviot (kalaa ha<sup>-1</sup>) viitenä eri vuonna. Vuonna 1999 luodattiin yksi nuotta-apaja jään alla helmikuussa. Muut luotaukset on tehty elokuussa.

Alue	1980	1985	1999	2003	2004
Hiekanpäänselän syväne	7 000				1 660
Kajoonselkä	5 400				340
Pitkärannanselkä	2 500			690	450
Lentteenselän syväne	15 500	16 000	1 620	660	6 440
Eteläselän syväne	900				320



Kuva 5. Kalojen kaikuvoimakkuuden perusteella arvioitu pituusjakauma Karjalan Pyhäjärvellä. Kunkin alueen vasemmanpuoleinen pallo kuvaa tilannetta vuonna 2003 ja oikeanpuoleinen vuonna 2004. Venäjän puolella luodattiin vain vuonna 2004. sininen = alle 10 cm pituiset kalat, punainen 10–20 cm kalat, keltainen = yli 20 cm pituiset kalat.

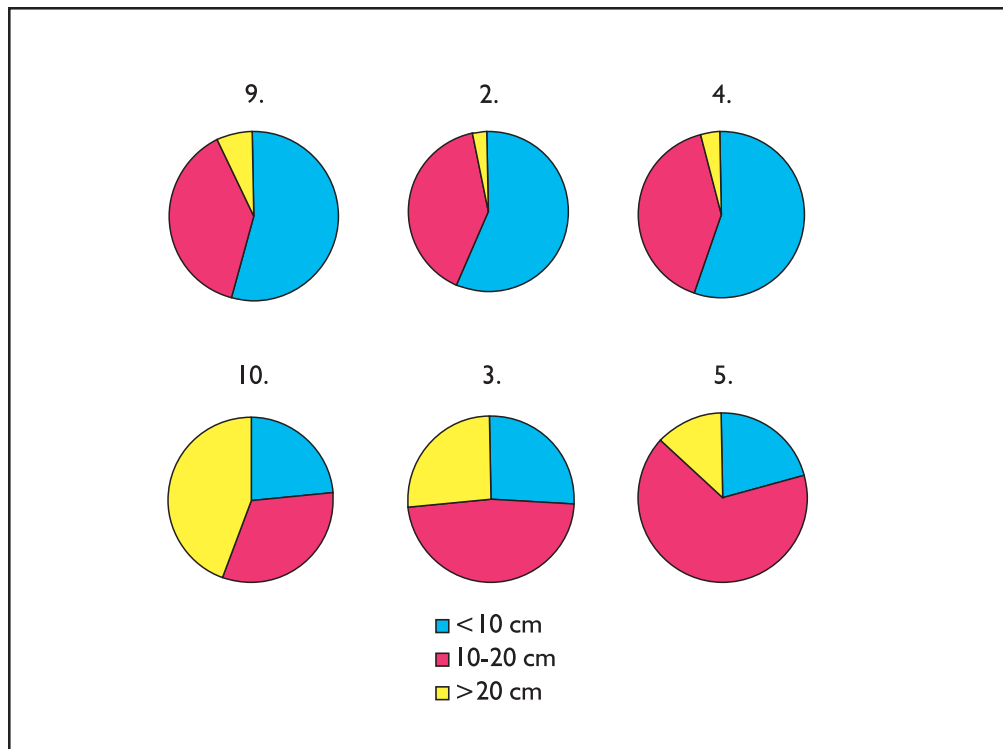
ja 7,7 (Jurvelius ym. 1987). Eri alueilla oli vuosien välillä huomattavia eroja kalatiheyksissä (taulukko 2).

Vuoden 1980 kaikuluotauksissa havaitut suuret kalatiheydet ovat oletettavasti todellisia eivätkä systemaattisesta virheestä johtuvia. Näkemystä puoltaa se, että esim. vuonna 1979 Karjalan Pyhäjärven muikkusaalis oli noin 230 tonnia ja vuonna 1999 noin 100 tonnia (Auvinen ja Nurmio 2001). Kalojen kaikuvoimakkuuksien ja verkkokoekalastusten perusteella 17 % elokuussa 1985 Lentteenselän syvänteessä luodatuista kaloista oli muikkuja (Jurvelius ym. 1988). Nuottakoekalastuksen perusteella vastaava luku oli 3 % helmikuussa 1999 (Jurvelius ym. 2000).

vuonna keskikokoisten (10–20 cm) ja isojen (yli 20 cm) kalojen osuus oli suurin syväntealueilla Hiekanpäänselällä ja Lentteenselällä. Kummallakin alueella isot kalat olivat pohjalla ja pienet ja keskikokoiset pintakerroksissa (kuva 6). Pienten (alle 10 cm) kalojen osuus oli Pitkärannanselällä näinä vuosina yli 90 %. Alle 10 cm pituisten kalojen osuus oli Venäjän puoleisilla järvenosilla yli 60 % vuonna 2004. Vuonna 1980 niiden osuus oli selvästi alle 50 %. Vastaavasti yli 20 cm kalojen osuus oli pudonnut vuoden 1980 noin 40 % tasosta noin 20 % vuonna 2004. Venäjän puolen verkkokalastus- ja onkimispaine on huomattavasti kasvanut vuodesta 1980 (Nurmio, julkaisematon). Yli 20 cm kalojen osuuden pieneneminen saattaa jossain määrin heijastella alueen kalastuksen muutoksia.

## 4.2 Kalojen pituudet

Kalojen alueellinen kaikuvoimakkuusjakauma oli hyvin samantapainen vuosina 2003 ja 2004 (kuva 5). Kumpanakin



Kuva 6. Pintakerroksen (9, 2 ja 4) sekä pohjanläheisen (10, 3 ja 5) vesikerroksen kaikuluotattujen kalojen pituusjakauma. A = Lentteenselän syvänte; B ja C = Hiekanpäänselän syvänte.

## Yhteenveto

---

Lentteenselän syvänteen vuoden 2004 suuri kalatiheys saattaa kertoa mm. muikkukannan elpymisestä vuodesta 2003. Pienten kalojen määrä on suhteellisesti suurin järven keskiosan selkäalueilla.

Kalastuspaine on todennäköisesti kasvanut vuodesta 1980 järven Venäjän puoleisilla vesialueilla, koska siellä kalaston tiheys ja pituusjakauma eivät enää poikenneet järven muista samansyvyisistä osista.

# Lähteet

- Auvinen, H. ja Nurmio, T. 2001. Kalastus Karjalan Pyhäjärvellä vuonna 1999. Kala- ja riistaportteja 239: 1–19.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, 23. lokakuuta 2000. L 327/72 s.
- Jurvelius, J., Lindem, T. and Louhimo, J. 1987. The number of fish in the pelagic areas of Lake Karjalan Pyhäjärvi (Karelia), monitored by hydroacoustic methods. Finnish Fish.Res. 8: 48–52.
- Jurvelius, J., Lindem, T. and Heikkinen, T. 1988. The size of a vendace (*Coregonus albula* L.) stock in a deep lake basin monitored by hydroacoustic methods. J.Fish Biol.32 (5): 679–687.
- Jurvelius, J., Lilja, J., Riikonen, R., Hirvonen, E. and Marjomäki, T.J. 2000. Under ice density and mobility of fish in winter-seining area of two Finnish lakes as revealed by echo-survey. Aquat. Living Resour. 13: 403–408.
- Luotonen, H., Niinioja, R., Karttunen, K., Rask, M. and Viljanen, M. 2002. Transboundary Lake Karelian Pyhäjärvi on the Finnish – Russian Border Area – Assessment of the Ecological Status. In: M. Ruoppa ja K. Karttunen (eds.) Typology and ecological classification of lakes and rivers. TemaNord 2002: 566. pp. 98–101.
- Pietiläinen, O-P and Heinonen, P. (eds.) 2002. Monitoring of international lakes. Background paper for the guidelines on monitoring and assessment of transboundary and international lakes. UN/ECE Working group on monitoring and assessment 82 p.
- Tammi, J., Westermark, A. ja Rask, M. 2003. Karjalan Pyhäjärven ekologisen tilan arviointi – mitä kalastotieto kertoo järven eri osista? Teoksessa: Leskelä, A. (toim.) Kalavesien hoidon uudet tuulet – Kalantutkimuspäivät 2003. Kala- ja riistaportteja 291: 63–66.

Jouni Tammi, Ari Westermark ja Martti Rask

# Karjalan Pyhäjärven osa-alueiden ekologinen tila kalayhteisötiedon perusteella arvioituna

Rajavesien ekologisen tilan arviointi -hanke

Kuva: Juho Kotanen.



# Johdanto

Karjalan Pyhäjärvi on pinta-alaltaan 248 km<sup>2</sup> järvi, josta 80 % sijaitsee Suomen ja 20 % Venäjän puolella. Pyhäjärvi tunnetaan hyvästä veden laadusta (Niinioja ja Ahtiainen 1987) ja vapaa-ajan kalastus sekä puoliammattimainen kalastus järvellä on yleistä. Muikku ja ahven muodostavat suurimman osan Pyhäjärven vuotuisesta kalansaaliista (Auvinen ja Nurmio 2001) vaikkakin muikkukannan vahvuus vaihtelee voimakkaasti ja on ollut muutaman viime vuoden heikko.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida Pyhäjärven eri osien ekologista tilaa kalayhteisötietojen perusteella. Menetelmänä tilan arvioinnissa käytettiin suomalaisille järville kehitettyä indeksimenetelmää (Tammi ym. 2005), jossa useista kalayhteisöstä mitattavista muuttujista muodostetaan kokonaisarvio kalayhteisön tilasta suhteessa häiriintymättömiin oloihin samassa järvityypissä. Menetelmä vastaa Vesipolitiikan puitedirektiivin (VPD) määritelmää kalayhteisöperusteisesta ekologisen tilan luokitusjärjestelmästä. Aineisto tutkimukseen kerättiin koko järven kattavalla intensiivisellä koekalastusjaksolla elokuussa 2002 (tämä nide, Westermarck ym.). Tutkimus on osa projektia ”Rajavesien ekologisen tilan arviointi – Vesiensuojelun ja vesien ti-

lan seurannan yhteistyön kehittäminen Venäjän Karjalan tasavallan ja Suomen Pohjois-Karjalan välillä kohdealueena Vuoksen vesistöön kuuluva rajavesistö Karjalan Pyhäjärvi”, jonka rahoittajana on EU:n Interreg III A Karjala.

## *Veden laatu ja paineet Karjalan Pyhäjärvellä*

Venäjän puoleinen viidesosa Pyhäjärvestä on lähellä luonnontilaa. Osa-alueella ei ole merkittäviä kuormitustekijöitä ja rannat ovat rajavyökkeestä johtuen asumattomat. Pyhäjärven Suomen puoleiset osat ovat eriasteisesti kuormitettuja muutamien yhdyskuntakeskitymien laskiessa puhdistetut jätevedet järveen. Myös hajakuormitus haja-asutuksesta, metsä- ja maataloudesta kuormittaa järveä. Suurimmassa osassa järveä veden laatu on kuitenkin edelleen luokiteltu erinomaiseksi (Suomen ympäristökeskus).

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin järven kahdeksaa osa-alueetta (taulukko 1). Pohjoisin alue, Hummonseltä, on kuormitetuin järven osa ja eteläisin alue, Venäjän puolen Petolahti, on lähimpänä luonnontilaa. Muut tutkimusalueet ovat veden laadultaan ja kuormituspaineiltaan näiden alueiden välillä.

Taulukko 1. Pyhäjärven osa-alueiden veden laatu- ja koekalastustietoja. Tiedot a-klorofyllistä ja kokonaisfosforirista on saatu Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksesta.

Osa-alue		a-klorofylli µg/l	P <sub>tot</sub> µg/l	Kalalajien lukumäärä koekalastuksessa	Verkkoyö/ syvyyssyöhyke
Hummonseltä	Suomi	2,1–3,1	4–7	6	26/3
Hiekanpäänseltä	“	1,0–3,5	4–6	11	26/3
Kajoonseltä	“	2,2–3,2	4	8	26/3
Sarvisalo-Suitsansaari	“	2,2–2,9	5	9	26/3
Taipaleenseltä	“	1,8–5,0	1–7	8	26/3
Papinniemenseltä	“	1,0–4,5	4–6	5	26/3
Kalattomanseltä	Venäjä	1,0	4	5	13/3
Petolahti	“	1,0	8	7	13/3

## Aineisto ja menetelmät

Pyhäjärvellä koekalastettiin elokuussa 2002 Nordic-yleiskatsausverkoilla (Malmquist ym. 2001). Järvi jaettiin kolmeen syvyysvyöhykkeeseen (<3 m, 3–10 m, >10 m) ja verkkopaikat valittiin satunnaisotannalla. Verkkoja laskettiin pintaan, välieteen ja järven pohjalle (kts. tämä nide, Westermarck ym.).

Järven osa-alueiden ekologisen tilan arviointi tehtiin kahdeksan kalayhteisömuuttujan (taulukko 2) indeksimenetelmällä, jossa kullakin muuttujalla on sama paino kokonaisarviossa. Indikaattorilajeiksi menetelmässä luetaan alusveden olosuhteita, pohjan laatua ja happipitoisuutta indikoivat lajit, kuten made, muikku, siika, nieriä ja härkäsimppu. Litoraalin, lähinnä kivikkorantojen, olosuhteita indikoivia lajeja ovat kivisimppu, muttu, kivenuoliainen (kuva 1), kymmenpiikki ja kirjoeväsimplu. Yleisesti istutettavia lajeja, kuten taimenta ei voida käyttää indikaat-

torilajina, jollei kannan luonnonvaraisesta lisääntymisestä ole täyttä varmuutta. Lajisuhteiden tasaisuus laskeaan Shannon-Wienerin diversiteetti-indeksin kaavalla, jossa muuttujina käytetään saaliin keskimääräistä kokonaispainoa sekä kunkin yksittäisen lajin painoa verkkoyötä kohti.

Karjalan Pyhäjärvi kuuluu järvi-tyyppiin 5 eli "suuret vähähumuksiset järvet" (>40 km<sup>2</sup>, väriluku <30 mg Pt l<sup>-1</sup>). Tämän järvi-tyypin kalayhteisöjen vertailuaineisto on vielä tätä raporttia kirjoitettaessa puutteellinen ja tässä yhteydessä käytettiin pääasiassa järvi-tyypin 4 (<40 km<sup>2</sup>, väriluku <30 mg Pt l<sup>-1</sup>) vertailuarvoja ja luokkarajoja. Muuttujan "lajisuhteiden tasaisuus" osalta käytettiin vertailuarvona järven osa-alueista korkeinta, Hiekanpäänselän saalistiedoista laskettua diversiteetti-indeksin arvoa.



Kuva 1. Kivenuoliainen. Kuva: Ari Westermarck.

# 3

## Tulokset

Yksikkösaalis järven eri osa-alueilla vaihteli 800–1 100 g/verkkoyö välillä. Ahven, särki ja salakka muodostivat pääosan saaliista kaikilla alueilla ja ahvenen osuus kokonaissaaliista vaihteli 35–70 %:n välillä. Suurikokoisten (>15 cm) ahvenkalojen biomassaosuus oli suurin Petolahdella ja pienin pohjoisimmalla osa-alueella Hummonselällä. Särjen biomassa ja sen osuus saaliista kasvoi siirryttäessä eteläisiltä osa-alueilta järven pohjoisiin osiin. Suurimmat salakkasaaliit saatiin kolmelta eteläisimmältä alueelta. Vaikka särjen biomassaosuus oli selvästi suurempi pohjoisilla osa-alueilla, särkikaloiden yhdistetty biomassaosuus tasoittui osa-alueiden välillä. Tämä johtui salakan osuuden kasvusta eteläisillä osa-alueilla, joilla särjen osuus pieneni.

### *Osa-alueiden ekologinen tila*

Kalayhteisöindeksin perusteella Hummonselän, Papinniemen ja Kalattomanselän ekologinen tila arvioitiin hyväksi, muut osa-alueet saivat luokkaa-arvion erinomainen (taulukko 3). Tarkasteltaessa yksittäisiä kalayhteisömuuttujia havaitaan, että Hummonselän tila-arviota heikensivät alhainen lajimäärä, tiettyjen indikaattorilajien puuttuminen sekä yli 15 cm ahvenkalojen (ahven ja kuha) pieni osuus saaliista. Papinniemen ja Kalattomanselällä indeksin lopputulosta heikensivät yksittäisistä muuttujista erityisesti alhainen lajimäärä ja samalla tiettyjen indikaattorilajien puuttuminen.

Taulukko 2. Kalayhteisömuuttujat ekologisen tilan arvioinnissa (Tammi ym. 2005). Kaikkien muuttujien tulokset saadaan standardoidulla verkkokoekalastuksella.

Laatutekijä	Kalayhteisömuuttuja
Lajikoostumus	Kalalajien lukumäärä Indikaattorilajit
Runsaussuhteet	Biomassa (g/verkkoyö) Yksilömäärä (g/verkkoyö) Lajisuhteiden tasaisuus >15 cm:n ahven ja kuhayksilöiden %-osuus kokonaissaaliista Särkikaloiden %-osuus kokonaissaaliista
Ikärakenne	Herkkien lajien poikas- ja nuoruusvaiheiden esiintyminen



## Yhteenveto

Koeverkkokalastuksesta saadun kalayhteisötiedon perusteella tehty arvio Pyhäjärven osa-alueiden ekologisesta tilasta vastaa hyvin muilla menetelmillä saatuja arvioita järven tilasta. Pyhäjärven tila on määritelty lähinnä hyväksi tai erinomaiseksi (Holopainen ym. 2004, Kukkonen 2004), mutta Hummonselän ja Hiekanpäänselän välisen Syrjäsalmen alueen ekologinen tila on arvioitu joissakin tutkimuksissa tyydyttäväksi (Holopainen ym. 2004).

Särjen korkeampi biomassaosuus pohjoisilla alueilla, mm. Hummonselällä, ilmentää suurempaa tuottavuustasoa verrattuna Venäjän puoleisiin alueisiin. Salakan runsas esiintyminen eteläisillä osa-alueilla kuitenkin vaikutti indeksissä käytettävään, kaikki särkikalat yhdistävään muuttujaan siten, että särkikalamuuttujan osalta alhaisimmat

arvot saatiin Papinniemenselältä ja Venäjän Kalattomanselältä. Kuitenkin myös näillä alueilla särkikalamuuttuja sai arvon  $>0,8$ , eli erinomainen.

Petokokoisten ahvenkalojen osuus oli pohjoisella Hummonselällä selvästi muita alueita pienempi. Petolahdelta saatu suurin petomaisten ahvenkalojen osuus, yli 42 % kokonaissaaliista, on linjassa tietoon vähäisestä kalastuspaineesta Venäjän puolella. Kalastusta ei ole vesipuitedirektiivissä määritelty vesistön ekologista tilaa muuttavaksi paineeksi, mutta voimakas kalastus voi silti estää erinomaisen tilan saavuttamisen. Kalastuksen mahdollinen vaikutus eri kalayhteisömuuttujiin tulisi huomioida ainakin sellaisten seurantavesistöjen osalta, joissa kalastuksella on merkittäviä vaikutuksia kalakantoihin.

Taulukko 3. Kalayhteisöperusteinen ekologisen tilan luokittelu Karjalan Pyhäjärven osa-alueilla. Yksittäisten kalayhteisömuuttujien sekä indeksin lopputuloksen luokkarajat on vakiotu seuraavasti: erinomainen/hyvä 0,8, hyvä/tyydyttävä 0,6, tyydyttävä/välttävä 0,4 ja välttävä/huono 0,2.

Osa-alue	Lajimäärä	Indikaattorilajit	Biomassa	Yksilömäärä	Lajisuhteet	Särkikalosuus	Petokalosuus	Lisäantyminen	Indeksintulos	Ekologisen tilan luokka
Hummonselkä	0,56	0,60	0,88	0,84	0,88	0,93	0,62	-	<b>0,759</b>	HYVÄ
Hiekanpäänselkä	1,00	0,90	0,86	0,83	1,00	0,93	1,00	-	<b>0,933</b>	ERINOMAINEN
Kajoonselkä	0,75	0,80	0,85	0,84	1,00	1,00	1,00	-	<b>0,892</b>	ERINOMAINEN
Sarvisalo-Suitsansaari	0,84	0,80	0,86	0,86	0,99	0,95	1,00	-	<b>0,899</b>	ERINOMAINEN
Taipaleonselkä	0,75	0,80	0,86	0,80	0,74	1,00	1,00	-	<b>0,851</b>	ERINOMAINEN
Papinniemenselkä	0,47	0,60	0,83	0,81	0,82	0,84	1,00	-	<b>0,768</b>	HYVÄ
Kalattomanselkä	0,47	0,60	0,88	0,84	0,93	0,86	1,00	-	<b>0,796</b>	HYVÄ
Petolahti	0,66	0,80	0,84	0,83	0,96	1,00	1,00	-	<b>0,869</b>	ERINOMAINEN

Tässä tutkimuksessa havaitut erot eri osa-alueiden kalayhteisöissä ja ekologisen tilan arvioissa ovat todennäköisesti yhteydessä rehevyystasoa nostavaan lievään kuormitukseen järven pohjoisemmilla osa-alueilla sekä mahdollisesti voimakkaampaan kalastuspaineeseen samoilla alueilla. Tässä tutkimuksessa esitettyihin tila-arvioihin ovat todennäköisesti vaikuttaneet myös näytteenoton kattavuuteen liittyvät puutteet. Kun kullakin osa-alueella kalastettiin vain kahtena yönä (Venäjän puolella vain yhtenä yönä), sattuman osuus esim. lajimäärätuloksissa on suuri. Perustuen aikaisempiin tietoihin Pyhäjärven kalalajistosta voidaan olettaa, että jotkin kullakin osa-alueella esiintyvistä kalalajeista jäivät tämän tutkimuksen näytteenoton ulkopuolelle. Alhaiseen lajimäärään ja tästä syystä myös muita eteläisiä alueita alhaisempaan indeksin lopputulokseen Papinniemenseudella ja Kalattomanselällä on todennä-

köisesti vaikuttanut juuri näytteenoton lyhytaikaisuus. Tulosten luotettavuuden tarkastelussa on myös huomioitava, että useiden kalayhteisömuuttujien osalta tässä tutkimuksessa käytettiin toiselle järvityypille (tyyppi 4) laskettuja vertailuarvoja ja luokkarajoja.

Kalayhteisöperusteisessa luokittelumenetelmässä tulisi huomioida kaikki järvessä esiintyvät kalalajit. Kuitenkin verkkokoekalastukseen perustuvalla näytteenotolla ei suuressa järvessä yleensä saada näytettä kaikista esiintyvistä lajeista. Tällöin on arvioitava myös muunlaisten esiintymistietojen sekä näytteenottomenetelmien soveltuvuutta lajikoostumuksen kuvauksessa. Lisätietoa esim. pienistä rantavyöhykkeen kalalajeista voidaan saada mm. rantavyöhykkeen (lähinnä kivikkorantojen) sähkökoekalastuksella. Myös saaliskirjanpidon ja kalastuskyselyiden tulokset tulee huomioida.

# Lähteet

- Auvinen, H. ja Nurmio, T. 2001. Kalastus Karjalan Pyhäjärvellä 1999. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Kala- ja riistaraportteja 239, 19 s.
- Holopainen, A-L, Lepistö, L., Niinioja, R., Sharov, A. ja Rämö, A. 2004. Karjalan pyhäjärven kasviplanktonin biomassa ja lajisto. Rajavesien ekologisen tilan arvionti -hanke. Alueelliset ympäristöjulkaisut 357. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuu. 48 s.
- Kukkonen, M. 2004. Paleolimnologia niukkaravinteisen ja kirkasvetisen järven ekologisen tilan arvioinnissa. Alueelliset ympäristöjulkaisut 343. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuu. 40 s.
- Malmquist, H. J., Appelberg, M., Dieperink, C., Hesthagen, T. and Rask, M. 2001. Fish. In: Biological Monitoring in Nordic Rivers and Lakes. J. Skriver (ed.) TemaNord 2001: 513.
- Niinioja, R. ja Ahtiainen M. 1987. Water quality of Lake Pyhäjärvi (Karelia) in the 1980s. Finnish Fish. Res. 8: 13–19.
- Tammi, J., Rask, M. ja Vehanen, T. 2005. Kalayhteisöt järvien ja jokien ekologisen tilan arvioinnissa ja seurannassa – alustavien luokittelujärjestelmien arviointi. Kala- ja riistaraportteja. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. (käsikirjoitus)

## Karjalan Pyhäjärven kalasto ekologisen tilan kuvaajana

Karjalan Pyhäjärvi on tunnettu kirkasvetisyydestään ja runsaista kalansaaliistaan. Virkistyskäyttöön ja vapaa-ajan kalastukseen liittyvien arvojen perusteella järvi onkin nimetty yhdeksi kohteeksi Pohjoismaiseen suojeluvesiluetteloon. Järvi kuuluu myös Euroopan unionin Natura 2000 -suojaohjelmaan edustaen kirkasvetisiä, niukkaravinteisiä järviä.

Pyhäjärven ekologista tilaa kalaston perusteella selvitettiin rajan molemmin puolin vuonna 2002 käynnistyneessä Interreg III A Karjala -ohjelman rahoittamassa "Rajavesien ekologisen tilan arviointi" -hankkeessa Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ja Helsingin yliopiston toimesta. Järven kalaston rakennetta selvitettiin kahdeksalla eri osa-alueella, joista kaksi sijaitsi Venäjän Karjalan tasavallan puolella. Kalaston rakennetta, yksilömääriä ja kokojakaumaa selvitettiin lisäksi vuosina 2003–2004 kaikuluotaintutkimuksilla. Saatujen tutkimusaineistojen ja aikaisemman tiedon perusteella raportissa arvioidaan järven ekologista tilaa järven eri osa-alueilla.

Julkaisu on saatavissa myös Internetissä:  
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut>

ISBN 952-11-2016-9

ISBN 952-11-2017-7 (PDF)

ISSN 1238-8610



INTERREG III A KARJALA



**POHJOIS-KARJALAN  
YMPÄRISTÖKESKUS**

Myynti:  
Pohjois-Karjalan ympäristökeskus  
puh. (013) 141 2702, fax (013) 123 622

Edita Oyj, asiakaspalvelu  
puh. 020 450 05, fax 020 450 2380