



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
ÅBO YRKESHÖGSKOLA**

**Opinnäytetyö**

**KUHAN IKÄ JA KASVU TAMMELAN  
PYHÄJÄRVESSÄ**

**Jaakko Ahonen**

**Kala- ja ympäristötalouden koulutusohjelma**

**2007**

TURUN  
 AMMATTIKORKEAKOULU

TIIVISTELMÄ

Kala- ja ympäristötalouden koulutusohjelma	
Tekijä: Jaakko Ahonen	
Kuhan ikä ja kasvu Tammelan pyhäjärvässä	
Ympäristön hoito	Ohjaaja Raisa Kääriä
Opinnäytetyön valmistumisajankohta marraskuu 2007	Sivumäärä 42 + 5 liitettä
<p>Tämän työn tarkoituksena on selvittää Tammelan Pyhäjärven kuhakannan (<i>Sander lucioperca</i> (L.)) ikärakennetta sekä määrittää yksilöiden kasvua taannehtivasti matemaattisin menetelmin.</p> <p>Tutkimusaineisto hankittiin Tammelan Pyhäjärvässä aikavälillä 17.7 - 22.8.2007 suoritetuista koeverkkokalastuksista. Pyyntivälineinä käytettiin NORDIC-yleiskatsausverkkoja. Näytekalat valittiin 2 cm:n pituusluokittain ja niitä kertyi 201 kappaletta. Iänmääritysluutumaksi valittiin suomu.</p> <p>Kuhayksilöiden iät ja kasvu määritettiin taannehtivasti polykarbonaattilevyille tehdyistä suomujäljennöksistä. Suomujäljennöksiä tarkasteltiin Canon Fiche Beader-mikrokortinlulaitteella. Suomuista määritettiin ikä sekä mitattiin annulusten etäisyys fokuksesta 5 mm:n tarkkuudella. Kasvut laskettiin taannehtivasti Microsoft office excel- taulukkolaskentaohjelmalla käyttäen aineistoon sovitettua toisen asteen yhtälöä. Tuloksia verrattiin aiempiin, vuoden 2001 kasvututkimuksiin tilastollisesti.</p> <p>Kuha saavuttaa 40 cm:n pituuden Tammelan Pyhäjärvässä keskimäärin viidennen kasvukautensa aikana. Lämpimät vuodet 2003 ja 2006 näkyivät hyvänä kasvuna kaikissa vuosiluokissa. Kasvuerot vuosien 2001 ja 2007 tutkimusten välillä olivat tilastollisesti merkitseviä ikäryhmissä 3 ja 4.</p> <p>Kuhan kasvua voitaneen pitää Tammelan Pyhäjärvässä hyvänä tai normaalina.</p>	
Hakusanat: kuha, lucioperca, ikä, kasvu, Pyhäjärvi, Tammela	
Säilytyspaikka: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto	

Fisheries and environmental care	
Author: Jaakko Ahonen	
Title: The age and growth of pikeperch in lake Pyhäjärvi, Tammela	
Specialization line: Environmental care	Instructor: Raisa Kääriä
Date: November 2007	Total number of pages 42 + 5 appendixes
<p>The purpose of this thesis was to examine the age-structure and back-calculated growing rates of pikeperch (<i>Sander lucioperca</i> (L.)) stock in the lake Pyhäjärvi, Tammela.</p> <p>The sample fishes were caught by NORDIC- gill nets in a fish stock research done in the area during 17.7 – 22.8.2007. The sample fishes, 201 in total, were selected using a size distribution of 2 cm. The ossified structures by which the age and growth of the fish were measured were their scales.</p> <p>The age and growth of individual pikeperch were measured from the polycarbonate impressions made from their scales. The impressions were examined with a Canon fiche beader microfilm viewer. The distances of the annuli from the focus were measured to an accuracy of 5 mm. The growth was back-calculated using a quadratic equation which was fitted in the research material. Microsoft Office Excel was used for the calculations. Results were compared statistically to the results of an earlier growth research in lake Pyhäjärvi, done in 2001.</p> <p>Pikeperch reaches the length of 40 cm approximately in its fifth growing season in the lake Pyhäjärvi. Rapid growth was observed in the warm years 2003 and 2006 in all year classes. When the results were compared statistically to the earlier research, a statistical difference was observed in the age groups of 3 and 4.</p> <p>The growing rate of pikeperch can be seen as good or normal in the lake Pyhäjärvi.</p>	
Keywords: pikeperch, lucioperca, age, growth, Tammela, lake Pyhäjärvi	
Deposit at: <i>Turku university of applied sciences library</i>	

# SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1	Kuhan biologiasta	8
1.1.1	Kuhan taksonomia ja levinneisyys	8
1.1.2	Kuhan anatomia ja fysiologia	9
1.1.3	Kuhan elinympäristövaatimuksista	10
1.1.4	Lisääntyminen, yksilönkehitys	11
1.1.5	Kuhan ravinto ja saalistus	13
1.1.6	Kuhan interaktiot muiden lajien kanssa; kilpailu ja predaatio	14
1.1.7	Liikkeet, migraatiot	16
1.2	Kuhan kasvusta ja kasvuun sekä ikään vaikuttavista tekijöistä	17
1.2.1	Kuhan vuosiluokkien koon ja kannan vaihteluista	18
1.3	Kuhan taloudellinen merkitys Suomessa	20
<b>2</b>	<b>TUTKIMUSALUEEN KUVAUS</b>	<b>21</b>
2.1	Tammelan Pyhäjärvi: maantieteelliset, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet	21
2.2	Tammelan Pyhäjärven kalasto	23
2.3	Plankton, kasvillisuus ja pohjaeläimistö	24
<b>3</b>	<b>MENETELMIEN KUVAUS</b>	<b>24</b>
3.1	Tutkimusaineiston hankinta ja otannan suunnittelu	24
3.2	Luutumanäytteiden talteenotto	25
3.3	Kalojen mittaus, punnitus ja sukupuolen määrittäminen	26
3.4	Luutumanäytteiden käsittely ja iänmäärityslaitteisto	26
3.5	Kasvun taannehtivaan määrittämiseen valittu kaava	27
3.6	Käytetyt tilastolliset testit	28
<b>4</b>	<b>TULOKSET</b>	<b>29</b>

4.1	Taannehtivasti määritetyt kasvut ikäryhmittäin	29
4.2	Taannehtivasti määritetyt kasvut vuosiluokittain	31
4.3	Taannehtivasti määritettyjen kasvujen tilastollinen vertailu vuoden 2001 kasvututkimusten tuloksiin	32
<b>5</b>	<b>TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA</b>	<b>33</b>
5.1	Ikärakenteen tarkastelu	33
5.2	Kasvun tarkastelu	34
5.3	Tutkimuksen pohdintaa ja kritiikkiä	35
	<b>LÄHTEET</b>	<b>36</b>
	<b>LIITTEET</b>	
	LIITE 1. Otsokalojen lukumäärä 2 cm:n pituusluokittain	
	LIITE 2. Näytekalojen numerointi, pyyntipäivämäärät, painot, pituudet, sukupuoli ja ikäryhmät.	
	LIITE 3. Vuosiluokkien 2001 - 2006 kasvujen keskiarvot, minimi, maksimi ja keskihajonnat esitettynä numeerisesti taulukoissa.	
	LIITE 4. Kuhan kasvutuloksia Lammin Pääjärnessä (Sairanen 2006, 23).	
	LIITE 5. Kuhan kasvutuloksia Tuusulanjärnessä (Olin & Ruuhijärvi (toim.) 2004, 49).	
	<b>KUVAT</b>	
	Kuva 1. Tammelan Pyhäjärven verkkokohtaiset saaliit vuoden 2007 koekalastusten perusteella (Ala-Oppaan mukaan 2007).	23
	Kuva 2. Mittauslinja suomussa, jossa suomukynsiä on parillinen määrä.	26
	Kuva 3. Aineistoon sovitettu toisen asteen yhtälön kuvaaja. Regressiokäyrän yhtälö on muotoa $ax^2+bx+c$ .	27
	Kuva 4. Näytekalojen ikäryhmäkohtaiset lukumäärät (n = 201 kpl.).	29

Kuva 5. Ikäryhmien taannehtivasti määritetyt kasvut sekä keskihajonnat (n = 199).	30
Kuva 6. Vuosiluokkien taannehtivasti määritetyt kasvut keskihajontoineen (n = 199).	31
Kuva 7. Vuosien 2001 ja 2007 kasvutulokset keskiarvokohtaisesti kasvukausittain.	32

## TAULUKOT

Taulukko 1. Kukan taksonomia	8
Taulukko 2. Tammielan Pyhäjärven kemiallisia ominaisuuksia 2002, Nyholmia ym. mukailien (2003,33).	22
Taulukko 3. Yksikesäisten kuhnien istutusmäärät vuosittain aikaväliltä 1989-2006 (Pelkonen 20.9.2007, sähköpostiviesti).	23
Taulukko 4. Ikäryhmien taannehtivien kasvujen keskiarvot, minimi, maksimit sekä keskihajonnat (n=199).	30

## 1 JOHDANTO

Kalat ovat eliöitä, jotka kasvavat sekä pituutta että kokoa läpi elinaikansa; niiden kasvu ei siis varsinaisesti lakkaa esimerkiksi yksilön saavuttaessa sukukypsyytensä (Weatherly & Gill 1987, 5; Raitaniemi, Nyberg ja Torvi 2000, 13). Tästä seikasta johtuen sekä yksilöiden ikä että kasvu voidaan määrittää suhteellisen tarkasti esimerkiksi yksilön luutumien kasvun kautta; tällaisia luutumia ovat mm. suomut, kiduskannet, kuuloluut ja niin edelleen – nämä kaikki rakenteet kasvavat kalan kasvaessa. Kasvun hidastuminen jonkin ympäristötekijän, esimerkiksi vuodenaikojen vaihtelun vuoksi, näkyy edellä mainituissa luutumisissa; tällöin on mahdollista määrittää kalan ikä paikantamalla vuosikasvuyöhykkeet. Kasvua on mahdollista määrittää myös taannehtivasti. (Raitaniemi ym. 2000, 14; Weatherly & Gill 1987, 215 – 216.)

Kasvun määrittämisellä taannehtivasti tarkoitetaan menetelmää, jossa kalayksilön tietyn luutuman vuosikasvuyöhykkeiden välissä olevien vuosirenkaiden eli annulusten etäisyys mitataan luutuman keskikohdasta eli fokuksesta. Kun saadut tiedot suhteutetaan luutuman tunnettuun pituuteen sekä kalayksilön tunnettuun pituuteen, voidaan matemaattisin keinoin selvittää, kuinka paljon kala on kasvanut pituutta kunakin kasvukautenaan. (Raitaniemi ym. 2000, 106 -107.) Kasvututkimuksilla voidaan selvittää mm. kalojen elinolosuhteissa tapahtuneiden muutosten vaikutusta kasvuun sekä arvioida tuotannon muutoksia – näiden lisäksi kasvututkimukset antavat tärkeää tietoa arvioitaessa kalan sopivaa pyyntikokoa kalastuksen säätelyä varten (Böhling & Rahikainen 1999, 77).

Kuhan kasvulle on tyypillistä paitsi suuri vaihtelu ensimmäisen kasvukauden aikana, myös iän ja kasvun määrittämisen helppous, joka johtuu kuhan nopeakasvuisuudesta (Raitaniemi ym. 2000, 155 – 156). Useimmiten iän ja kasvun määrittämiseen käytetään suomua, kookkaiden ja iäkkäiden yksilöiden tapauksessa myös otoliittia (Raitaniemi ym. 2000, 155; Böhling ja Rahikainen 1999, 95).

Tammelan kunnassa sijaitsevan Pyhäjärven kalastoa tutkittiin vuonna 2001; tällöin selvitettiin paitsi kalaston rakennetta, myös kuhapopulaation ikärakennetta ja kasvua (Ala-Opas 2004, 1 - 3). Vuonna 2007 alueella järjestettiin lisää kalastotutkimuksia, joihin myös tämä tutkimus kuuluu.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Tammelan Pyhäjärven kuhapopulaation ikärakennetta sekä määrittää kuhan kasvua taannehtivasti. Kasvutuloksia vertailtiin tilastollisesti saman tutkimusalueen aiempiin kasvutuloksiin, lisäksi tuloksia verrattiin silmämääräisesti eräiden muiden järvien kasvutuloksiin. Edellisen lisäksi työn johdanto-osuudessa käsitellään lyhyesti kuhan biologiaa ja kuhan kasvuun sekä kannanvaihteluun vaikuttavia tekijöitä. Tämä työ suoritettiin yhteistyössä Lammin biologisen aseman kanssa.

## 1.1 Kuhan biologiasta

### 1.1.1 Kuhan taksonomia ja levinneisyys

Kuha (*Sander lucioperca*, aiemmin *Stizostedion lucioperca* (L.)) kuuluu ahvenkalojen (perciformes) laajaan lahkoon, joka pitää sisällään yli 7800 lajia (Craig 1987, 1). Taulukossa 1 on esitetty kuhan taksonomia Perciformes-lahkosta lähtien Kolin (2002, 341) ja Craigin (1987, 3 - 8) mukaan.

Taulukko 1. Kuhan taksonomia

Lahko	Perciformes, ahvenkalat
Alalahko	Percodei
Heimo	Percidae, ahvenet
Suku	Sander
Laji	Lucioperca

Kuhaa tavataan Keski-Euroopan itäosista aina Uralille saakka. Brittein saarilta, Ranskan länsiosista ja Reinin vesistöistä sitä tavataan istutettuna. Suomessa kuhan pohjoisimmat esiintymisalueet ovat Perämereen laskevista vesistä kuten Tornionjoessa ja Kemijärvessä (Koli 2002, 280; Craig, 1987, 11). Jäämereen



laskevista vesistöistä kuha puuttuu (Lehtonen 2003, 229). Kuhaa tavataan myös murtovedessä – Itämeren alueella sitä tavataan yleisesti kaikilla rannikkoalueilla pohjoisimpia osia ja suolapitoisuudeltaan korkeimpia osia lukuun ottamatta (Lehtonen ym. 1996, 526). Suomen parhaimmat kuhavedet sijoittuvat Etelä-Suomen alueelle (Lehtonen 2003, 229.)

Suomessa luontainen kuhakanta on 657 järvestä ja lisäksi lajia tavataan istutettuna 2298 järvestä (Lappalainen ja Tammi 1999, 16).

### 1.1.2 Kuhan anatomia ja fysiologia

Kuha on väritykseltään vihreänruskea, vatsa on valkoinen. Selässä on tummia poikkijuovia (Koli 2002, 280), kyljet ovat väritykseltään hopeanharmat (Lehtonen 2003, 228). Muiden ahvenkalojen tapaan kuhalla on kaksi selkäevää, joiden eväruotojen välissä on epäsäännöllisin rivein tummia pilkkuja. Evät ovat erilliset (Craig, 1987, 18) ja ensimmäisen selkäevän eväruodot ovat piikikkäät (Lehtonen 2003, 228). Kuhan suu on suuri ja siinä on teräviä hampaita, suupielet ulottuvat silmän taakse. Sekä ylä- että alaleuan etuosassa on kaksi muita pitempää torahammasta (Koli 2002, 280).

Suomut ovat ahvenkaloille tyypillisesti ktenoidisia eli kampasuomuja. Kuhan kylkiviivassa on 80 - 97 suomua (Craig 1987, 19 - 20). Suomut ovat ahvenkaloille tyypillisesti tiukasti ihossa kiinni (Koli 2002, 280).

Pituus on tavallisimmin 40 – 60 cm (Koli 2002, 280); suurin Suomesta tiettävästi tavattu yksilö oli painoltaan 13,69 kiloa (Vapaa-ajan kalastaja 2007 [viitattu 4.11.2007]). Kiduskaaria on muiden luukalojen tapaan viisi paria (Craig, 1987, 39). Kuhan ovario on parillinen, ja sen päät yhdistyvät toisiinsa ruuminontelon takaosassa. (Craig 1978, 36). Suolen anteriorisessa päässä on kuhalle neljästä yhdeksään umpilisäketä (Craig 1987, 31). Dencen (1938) mukaan kuhan sukulaislaji *Sander vitreumilla* on havaittu myös hermafroditismia (Craigin mukaan 1987, 36).

Kuten muillakin *Sander*-suvun lajeilla, kuhallakin on silmänsä pigmentoituneessa epiteelissä *tapetum lucidum*, valoa heijastava kalvo. Kalvon sauvasolut ovat hieman erillään toisistaan, mikä mahdollistaa valon heijastumisen edestakaisin verkkokalvolla. Kalvo edesauttaa kuhan hämäränäköä, joskin sen teho on heikompi kuin *Sander*-suvun Pohjois-amerikkalaisilla lajeilla (Graig 1987, 42).

### 1.1.3 Kuhan elinympäristövaatimuksista

Kuha viihtyy sameissa, rehevissä vesissä (Koli 2002, 281; Ovajeer et al. 2003, 298). Sisävesissä järven pinta-alan tulisi olla yli 50 ha, pohjan rakenteeltaan kivistä tai hiekkaista. Kuha suosii selvästi suurikokoisia järviä, pinta-alaltaan yli 100 km<sup>2</sup>:n järvistä tavataan kuhaa 87,2 prosentissa (Lappalainen ja Tammi 1999, 16). Kuha vaatii korkeaa happipitoisuutta, mielellään yli 5 mg/l; sen hapentarve on siis lohikalojen luokkaa (Ovajeer ym. 2003, 298). Mikäli järvi on kirkasvetinen, tulee sen vesisyvyyden olla syvä ja veden humuspitoista (Koli 1998, 281). Alin pH:n sietoraja on kuhalla Lehtosen (2003, 14) mukaan 5,0 – 5,5. Aikuiset kuhat kestävät jopa 9 – 10 promillen saliniteettia, joskin nuoruusvaiheet eivät kestä näin korkeita pitoisuuksia (Lehtonen ym. 1996, 526). Ilmeisesti larvojen kehityksessä on tietty kriittinen vaihe, jossa saliniteetti ei saisi ylittää 4,5 - 4,75 promillea (Olifan 1945 Lehtosen ym. mukaan 1996, 526.) – mädin hedelmöittymisen ja kehityksen on tosin havaittu olevan mahdollista jopa kymmenen promillen saliniteettipitoisuuksissa (Klikhardt & Winkler 1989 Lehtosen ym. mukaan 1996, 526). Craigin (1987, 128) mukaan aikuisen kuhan optimisaliniteetti olisi noin 6 promillea. Itämeren rannikkoalueilla kuhan on havaittu suosivan oligohaliinisia lahtia, jotka ovat enemmän tai vähemmän eutrofisia (Lehtonen ym. 1996, 526).

Veden väri ja sameus ovat kuhan esiintymisen kannalta järven trofiatasoa oleellisempia; todennäköisesti predaatiotehokkuuden ja nuoruusvaiheiden selviytymisen vuoksi (Olin ym. 2002, 607). Kuhan nuoruusvaiheet ovat erittäin herkkiä predaatiolle, mutta tummemmissa vesissä ne ilmeisesti kykenevät naamioitumaan ympäristöönsä värityksensä kautta (Neuman ym. 1996 Olinin ym. mukaan 2002). Ultraviolettivalo voi myös vahingoittaa aluksi pigmentoitumattomia

poikasia, mikäli vesi on kirkasta (Ojaveer ym. 2003, 301). Lisäksi kuha on sopeutunut saalistamaan hämärissä valaistusolosuhteissa (Ali ym., 1977; Disler & Smirnov 177 Olinin ym. mukaan 2002, 607; ks. kohta 1.1.3).

Veden optimilämpötila kuhalle Hokansonin mukaan on 27 °C ja letaali yläraja 37 °C (Craigin mukaan 1987), kun taas Kolin (2002, 280) mukaan veden paras lämpötila kasvua varten on 19 - 24 °C. Colbyn ja Lehtosen (1994, 13) mukaan kasvun optimilämpötila 13 cm:n mittaisilla yksilöillä taas olisi 28 - 30 °C. Arviot tästä vaihtelevat. Joka tapauksessa Suomen sisävesissä saavutetaan harvoin ko. lämpötiloja (Karjalainen, Lehtonen & Turunen 1996, 437). Lämpötilan vaikutusta kuhan kasvuun käsitellään tarkemmin kohdassa 1.2.

#### 1.1.4 Lisääntyminen, yksilönkehitys

Suomessa kuhan kutu ajoittuu touko-kesäkuulle (Koli 1998, 281). Kudun laukaisee ensisijaisesti oikea lämpötila; muut sääolot vaikuttavat epäsuorasti (Sonesten 1991 Fontellin, Lehtosen ja Lappalaisen mukaan 2004, 103). Yleensä kutu tapahtuu 10 - 14 °C:n lämpötilassa (Hokanson 1977, Sonesten 1991, Lappalainen ym.1997, Lappalaisen 2001 mukaan, 15; Colby & Lehtonen 1994, 13); paikalliset tekijät kuten veden vuotuinen lämpötila gonadien kypsymisen aikana ja ilmanpaine vaikuttavat kuitenkin kudun ajoittumiseen. (Filuk 1962; Hokanson 1977; Tesch 1956 Colletten et al. mukaan 1977.) Kutu ajoittuu yölle tai aamuhämärään (Lehtonen 2003, 230). Kutu tapahtuu sisävesissä aiemmin kuin merenlahdissa (Lehtonen 2003, 230). Kuha on parikutuinen laji; kutu sijoittuu ainakin Suomenlahdella yleensä 1 - 3 metrin syvyyteen (Fontell et al. 2004, 103). Sisävesissä kutualueet sijoittuvat järvien matalille alueille (Sonesten 1991 Lehtosen ym. mukaan 1996, 529), merialueilla taas mataliin lahtiin ja rannikon läheisyyteen (Hokanson 1977; Marshall 1977; Hilge 1990 Lehtosen ym. mukaan 1996, 529). Kutualueen pohjan tulisi olla rakenteeltaan kovaa; hiekkaa, savea tai soraa (Koli 2002, 281). Koiraat kaivavat kutukuopan ja suojelevat mätiä sen kuoriutumiseen saakka, kutualueena käytetään mm. kasvien juuria, risuja yms. pintoja, joihin mäti voi takertua (Kryzhanovsky ym. 1953 Colletten ym. 1977, mukaan; Koli 2002, 281), joihin naaras kutee mädin kolmeen tai neljään kerrokseen.

Suomenlahdella kutukuopan syvyys on 5 - 10 cm ja halkaisija noin puoli metriä (Fontell ym. 2004, 104). Kutupaikat pysyvät ilmeisesti samoina vuodesta toiseen (Lehtonen 2003, 230).

Fekunditeettimaksimi on Filukin (1962) mukaan 2 500 000 mätimunaa/kg (Colletten et al. mukaan 1977,1894); Lehtosen (julkaisematon) mukaan naaraiden fekunditeetti Itämeressä Helsingin alueella olisi noin 34000 - 901000 mätimunaa/kg (Lehtosen ym. mukaan 1996, 527). Mätimunat ovat halkaisijaltaan 1,1 - 1,4 mm (Colby ja Lehtonen 1994, 13).

Optimilämpötila mädin kuoriutumiselle on 12 - 20 °C (Willemsen 1978 Colbyn & Lehtosen mukaan 1994, 13). Alin mahdollinen lämpötila, jossa alkio voi kehittyä normaalisti on 8 °C (Fontell ym. 2004 Terencen ja Madisonin mukaan 2004). Yleensä kuoriutuminen tapahtuu Lehtosen (2003, 230) ja Lehtosen ym. (1996, 527) mukaan 5-9 päivän kuluttua; tämä riippuu lämpötilasta. Lehtosen (2003, 230) mukaan vastakuoriutunut poikanen on pituudeltaan 4 - 5 mm. Itämeren alueella poikaset ovat kuoriutuessaan Virbickas et al. mukaan 4,1 - 4,8 mm pituisia, Erm (1981a) taas ilmoittaa pituudeksi 3,9-4,5 mm. (Lehtosen ym. mukaan 1996, 527.) Arviot tästä vaihtelevat.

Poikaset jättävät pesän välittömästi kuoriuduttuaan ja alkavat suorittaa pystysuoraa ylös-alas-uintiiliikettä pienin keskeytyksin, kunnes ruskuaispussi on kulunut loppuun ja poikanen on kasvanut 5 - 8 millimetrin mittaiseksi (Lehtonen 2003, 230). Tässä vaiheessa poikasta kannattelee vedessä öljypisara, uimarakko kehittyy vasta myöhemmin (Craig 1987, 92). Poikasten ravinnonkäyttöä tarkastellaan kohdassa 1.1.6. Larvat elävät elämänsä kaksi ensimmäistä viikkoa pohjan lähetyillä, mutta siirtyvät sitten pelagisiin habitaatteihin (Virbickas ym. 1974; Repecka & Mileriene 1991; Thiel 1991; Winkler ym. 1994 Lehtosen ym. mukaan 1996, 527).

### 1.1.5 Kuhan ravinto ja saalistus

Kuha on petokala jo varsin pienestä koosta lähtien; Kolin (2002, 283) mukaan piskivorisuuteen eli kalansyöntiin siirtyminen tapahtuisi 5 – 15 cm:n pituudessa, kuitenkin Densenin mukaan siirtyminen kalaravintoon saattaisi tapahtua jo 2 cm:n mittaisena Alankomaissa (Densen, 1985, 1).

Kuoriutuneet kuhanpoikaset elävät 2 - 3 päivän ajan pelkästään ruskuaispussin varassa, jonka jälkeen ne elävät 5 - 6 vuorokautta sekä ruskuaispussin että planktonin varassa ja siirtyvät sitten kokonaan eläinplanktoniin. (Lehtonen 2003, 230.) Kasvatettaessa kuhaa luonnonravintolammikoissa kesänvanhojen yksilöiden on havaittu syövän planktonin lisäksi myös pohjaeläimiä (Steffens 1960; Ruuhijärvi, Pennanen, Salminen & Forsman (julkaisematon); Ruuhijärven, Salmisen ja Nurmion mukaan 1996, 565). Ruuhijärven mukaan (1988) kuhanpoikaset aloittavat eläinplanktonin syönnin 14 - 19 asteessa, sen sijaan esim. 11 - 14 °C:n lämpötiloissa olleet poikaset menehtyvät, vaikka eläinplanktonia olisikin saatavilla (Lehtosen ym. mukaan 1992, 66).

Olellaisin tekijä piskivorisuuteen siirtymisessä vaikuttaisi olevan sopivan mittaisen saaliskalan saatavuus, jota Suomen kasvuolosuhteissa ei kuhan ensimmäisen kasvukauden aikana vielä ole saatavilla (Urho 1994 Lappalaisen mukaan 2000, 457). Pääasiallinen siirtyminen piskivorisuuteen tapahtuu kuhan toisen kasvukauden aikana kuhan pohjoisilla levinneisyysalueilla (Erm 1981; Ruuhijärvi ym. 1996; Hansson et al. 1997 Lappalaisen et al. mukaan 2000, 457). Mehnerin ym. mukaan (1996, 358.) myös sopivan eläinplanktonravinnon puute voisi aikaistaa piskivorisuuteen siirtymistä, ainakin Saksassa; tällöinkin tosin sopivankokoisen saaliskalan saatavuus vaikuttaa myös asiaan.

Yleisimmät saaliskalat ovat kuore, särki, muikku, ahven ja salakka, merialueilla lisäksi silakka. (Koli 2002, 282; Collette ym. 1977, 1876) Mikäli vesistöissä on kuoretta, on se yleensä suosituin saaliskala (Deelder & Willemsen 1964; Wiktor 1962 ja Rundberg 1977 Colletten ym. mukaan 1977, 1869). Lahden Vesijärvässä kuoreen

osuus kuhan ravinnosta pienehkö kuhan koon kasvaessa; kalaravinnon lajien monipuolisuus lisääntyy kuhan kasvaessa kokoa. (Peltonen ym. 1996; 483, 486.) Saaliskalojen pituus ja koko nousevat kuhan kasvaessa; Itämeressä saaliskalojen on havaittu olevan pituuksiltaan noin 30 prosenttia kuhan pituudesta. (Hansson, Arrhenius & Neilbring 1997, 163.) Kuha vaikuttaisi käyttävän Itämeressä hyvin samankaltaista ravintoa kuin sisävesissäkin; merilajeja lukuun ottamatta (Hansson ym. 1997, 165).

Selkärangattomat kuuluvat kuhan ravintoon jopa nelivuotiailla kaloilla ainakin Saaristomerellä (Salmi 2007, 52). Kuhalla esiintyy myös kannibalismia (Biro 1977 Colletten ym. mukaan 1977; Kolari 2000). Kannibalismia käsitellään tarkemmin kohdassa 1.2.1.

Kuha saalistaa avoimessa vedessä, pohjan lähetyvillä tai jopa kasvillisuuden lähetyvillä. Sen tiedetään yleisesti ajoittavan saalistusajankohtansa sekä aamu- että iltahämärään. (Jovanovic 1970 Craigin mukaan 1987, 107). Kuhan tiedetään saalistavan ajamalla saalista takaa (Lehtonen 2003, 231).

Kuha hyödyntää suunsa avaamisesta johtuvaa ”imuvirtausta” saalistaessaan; mikäli saalispartikkeli on pienikokoinen, imeytyy se kuhan kitaran kohti kuhan avatessaan suunsa sen lähellä. Vaikka saalispartikkeli olisi liian suuri imeytyäkseen suoraan kuhan kitaran, ”imuvirtaus” kuitenkin kuljettaa sitä lähemmäs kuhaa, jolloin se tarttaa saaliiseen suullaan. (Elshoud-Oldenhave 1979 Craigin mukaan 1987, 108.) Kõvirtauksen voimakkuus saattaa olla sukulaislaji ahvenella jopa  $500 \text{ cm}^3 \cdot 200 \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$  paineella (Osse 1969 Craigin mukaan 1987, 107.) Kuha tarttaa saaliiseensa sivuttain ja kääntää sen nielläkseen sen pyrstö edellä (Neuhaus 1934; Steffens 1960 Craigin mukaan 1987, 107).

#### 1.1.6 Kuhan interaktiot muiden lajien kanssa; kilpailu ja predaatio.

Kuhan ekologinen lokero ei Suomessa varsinaisesti ole täsmälleen sama kuin minkään muun sisävesissä elävän piskivorisen kalan. Saksassa tehtyjen

verkkokalastustutkimusten perusteella sekä kuhan syvyysvyöhykevalinta että aktiivisuusajankohta menevät ainoastaan osittain päällekkäin ahvenen kanssa. Hauki (*Esox lucius* (L.)) ja kuha eivät em. parametreissa katsottuna ole minkäänlaisessa interaktiossa keskenään; niiden aktiivisuusajankohdat ja syvyysvyöhykevalinnat eivät osu päällekkäin. (Schulze ym. 2004, 89 - 90.) Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan, jossa kuhaa istutettiin pieniin hauki- ja ahvenpitoisiin järviin, kuha oli alkanut kilpailla em. lajien kanssa ja vähentänyt niiden määrää. Tämän oletettiin johtuvan siitä, että kuha pystyy käyttämään hyvin hyödykseen sekä pelagisia että benthisia habitaatteja hauen taas keskittyessä litoraaliin. Ahven puolestaan ei ilmeisesti kykene käyttämään pelagisia vyöhykkeitä yhtä hyvin hyödykseen kuin kuha. (Svärdson 1976, Craigin mukaan 1987, 204.) Ensimmäistä kasvukauttaan elävien kuhien ja samanikäisten ahventen välillä on havaittu ravintokilpailua ainakin Itämeressä (Thiel 1987, Lehtosen, Hanssonin & Winklerin mukaan 1996, 530 - 531).

Kuha vaikuttaa myös saaliskalojensa käyttäytymiseen ja elinympäristön valintaan; Peltosen, Ritan ja Ruuhijärven mukaan (1996, 486) särkien nuoret ikäryhmät keskittyivät enemmän litoraali- kuin pelagiaalivyöhykkeille Lahden Vesijärvessä, mitä ilmeisimmän kuhan predaatiovaikutuksesta johtuen. Kookkaammat särjet ja ahvenet pystyvät välttämään kuhan predaatiota kasvamalla kokoa; etenkin pienet kuhat suosivat ravinnossaan pitkulaisia ja ruumiinmuodoltaan matalia lajeja, kuten kuoretta ja salakkaa. (Peltosen ym. 486.)

Suosituimman saalislaji kuoreen esiintymiseen kuha ei ilmeisesti vaikuta; ainakin Lahden Vesijärvessä kuore pystynee tasapainottamaan voimakkaan predaation vaikutusta aikaistamalla sukukypsyyttään (Lammens ym. 1992 Peltosen, Ritan & Ruuhijärven mukaan 1996, 487). Asiasta on esitetty vastakkaisiakin tutkimustuloksia; Filuk (1962) ja Ilenkova (1977) osoittivat, että kuhan ja sen saalislajien tiheys korreloivat käänteisesti. Järvissä kyseisen ilmiön on osoitettu johtuvan kuhan aiheuttamasta predaatiosta. (Lehtosen, Hanssonin & Winklerin mukaan 1996, 531.) Arviot tästä vaihtelevat.

Edellä mainittua käänteistä korrelaatiota on osoitettu myös kuhan nuoruusvaiheiden ja niitä syövien petokalojen, kuten hauen ja ahvenen välillä (Winkler 1989 Lehtosen, Hanssonin & Winklerin mukaan 1996,531).

Lehtosen ym. mukaan (1996, 530) kuhan ravinnon saatavuudesta ja predaation vaikutuksesta kuhaan on olemassa varsin vähän tietoa (1996, 531).

### 1.1.7 Liikkeet, migraatiot

Kasvukauden aikana kuhaa voitaneen pitää aktiivisena petokalana; Oulujoen Pyhäkosken patoaltaassa tehtyjen seurantatutkimusten mukaan aikuiset kuhayksilöt liikkuvat keskimäärin 448 metriä vuorokaudessa, joskin vaihtelu saattaa olla suurta (Vehanen ja Lahti 2001, 7). Samantapaisiin tuloksiin päädyttiin myös Jyväsjärvessä ja Päijänteessä; telemetriatutkimusten mukaan valtaosa kuhayksilöiden päivittäisistä vaelluksista oli alle 1000 metriä, matkojen keskiarvo oli 373 ja 530 metriä. (Kolehmainen 2004, 17 - 18.) Jepsenin ym. mukaan kuhan maksimissaan liikkuma matka eräässä Tanskalaisessa oli kuitenkin jopa 11,9 km 72 tunnin aikana (Vehasen ja Lahden mukaan 2001, 7). Kuhapopulaatiot saattavat, ainakin Itämeressä, olla jakautuneet sekä paikoillaan pysytteleviin että laajoja migraatioita tekeviin yksilöihin; tämä johtunee mm. paikallisista ekologisista tekijöistä (Winkler 1989 Lehtosen, Hanssonin ja Winklerin mukaan, 1996, 529).

Kudun jälkeen kuhat siirtyvät syönnösalueilleen; näitä ovat Itämeressä matalahkot lahdet ja sisäsaaristo, sisävesissä pelagiset habitaatit (Lehtonen 2003, 232). Syönnösalueet sijaitsevat usein lähellä kutualueita (Lehtonen, Hansson ja Winkler 1996, 528 – 529).

Kuha vaeltaa sisävesissä syksyisin erityisille talvehtimisalueille; nämä ovat yleensä kutukarikoiden tms. läheisyydessä olevia syvänteitä (Lehtonen 2003, 232). Itämeressä vaellukset talvehtimisalueille ovat suurempia, sillä ne sijaitsevat selkeästi ulompana merellä kesäisiin olinpaikkoihin verrattuna; ko. alueet sijaitsevat myös syvänteissä kuten sisävesissäkin. (Winkler & Thieme 1978, Segerståle 1983 Lehtosen ym. mukaan 1996, 528.) Itämeressä matka talvehtimisalueiden ja kutualueiden välillä



ylittää harvoin kolmeakymmentä kilometriä, mutta saattaa joskus olla jopa yli 200 km. (Lehtonen 1983 Lehtosen ym. mukaan 1996, 529.)

## 1.2 Kuhan kasvusta ja kasvuun sekä ikään vaikuttavista tekijöistä

Lämpötilan voitaneen katsoa olevan merkittävin kuhan kasvuun vaikuttavista abioottisista tekijöistä, sekä suoraan että välillisesti. Lämpötilan pääasiallisen vaikutuksen sekä vuosiluokkien kokoon että kasvuun ovat todenneet ainakin Lappalainen ym. (2005), Lappalainen (2001), Lappalainen & Lehtonen (1995) ja Colby & Lehtonen (1994). Vanhin Suomesta tavattu kuha, painoltaan 8,5 kg, oli iältään 28 vuotta (Raitaniemi ym. 2000, 15).

Lämpötilalla on pääasiallinen kasvua lisäävä vaikutus aina kahdenteentoista ikävuoteen asti; voitaneen sanoa, että lämpötilan vaikutus kasvuun vähenee kalan ikääntyessä. Kasvunopeus kiihtyy ensimmäisestä kolmanteen vuoteen ja sitten hidastuu. (Lappalainen ym. 2005, 27, 30.) Veden lämpötila vaikuttaa kuhakantojen ikärakenteeseen myös siten, että kylmemmissä vesissä kalat elävät pitempään kuin lämpimämissä (Craig 1987, 64); samantapaisen ilmiön lämpimyyden vaikutuksen kalojen eliniän lyhentymiseen ovat todenneet Sandström ja Svensson (1990) Ruotsissa ydinvoimalan lauhdeveden läheisyydessä eläneiden kalakantojen tutkimuksissa (Lehtosen ym. mukaan 1992, 72). Keskinen ja Marjomäen (2003) mukaan kuhan kasvu korreloi positiivisesti veden kokonaisfosforin ja värin kanssa ja negatiivisesti järven pinta-alan ja syvyyden kanssa; tämä tosin saattaa johtua siitä, että edellä mainitut parametrit vaikuttavat kaikki kuhan kasvuun lämpötiladynamiikan kautta. (Lappalaisen ym. mukaan 2005, 32 - 33.) Kasvuun ensimmäisinä elinvuosina vaikuttaa huomattavasti piskivorisuuteen siirtyminen, joka taas saattaa aiheuttaa huomattavaa vaihtelua keskipituudessa kuhan ensimmäisenä kasvukautena (Vandensen ym. 1996, 1 ; Mooij & Van Næs 1998 Lappalaisen ym. mukaan 2000).

Koiraat saavuttavat sukukypsyyden keskimäärin 33 - 38 cm:n mittaisina ja naaraat 40 - 46 cm:n mittaisina, ko. pituudet kuitenkin vaihtelevat eri vesistöalueiden välillä (Lehtonen 2003, 230). Kuhalla esiintyy myös seksuaalista dimorfismia, jossa naarat kasvavat nopeammin ja kookkaamiksi kuin koiraat, tämä kuitenkin ilmennee vasta

kun kuha on saavuttanut sukukypsyytensä (Schott, Kayes & Calbert 1978 Craigin mukaan 1987, 59); myöskään Lehtosen (2003, 230) mukaan kö. ilmiötä ei esiinny vielä nuorilla, sukukypsymättömillä yksilöillä.

Mikäli suosituin saaliskala kuore puuttuu vesistöistä, ei se välttämättä vaikuta kasvuun; pääasiallisesti särkeä ja pääasiallisesti kuoretta ravinnokseen käyttävien kuhien kasvu on samankaltaista (Deelder & Willemsen 1964; Wiktor 1962 ja Rundberg 1977 Colletten ym. mukaan 1977, 1869). Suomea eteläisemmillä alueilla kuhapopulaatioissa on havaittavissa voimakasta bimodaalisuutta ensimmäisenä kasvukautena; poikaset jakaantuvat ravinnonkäyttöään planktonivorisiin ja piskivorisiin mikä aiheuttaa saman vuoden poikasissa huomattavia kasvueroja. Tätä ei kuitenkaan tapahdu Suomessa, paitsi sopivan kalaravinnon puutteen takia, myös lämpötilan korostuneen vaikutuksen vuoksi (van Densen 1985, 128; van Densen ym. 1996, 1; Lehtonen 1979 van Densenin ym. mukaan 1996, 505.)

Verkkokalastus saattaa estää kuhan kasvua tietyistä pituudesta ylöspäin; tutkittaessa Koloveden kalastusalueella verkkojen silmäkokorajoitusten vaikutusta kalakantoihin kuhan keskikoko kasvoi merkittävästi, kun silmäkokoa suurennettiin yli 55 mm:n (Auvinen, Nurmio, Kolari, Hyttinen 2004, 19 - 20). Samanlaisiin tuloksiin päädyttiin myös Saaristomerellä, joskin laskennallisilla menetelmillä: perustuen pyydystilastoihin ja aiempiin tuloksiin todistettiin laskentamallein, että kuhan keskikoko kohoaisi, mikäli pyydysten silmäkokoja rajoitettaisiin yhdessä nostetun alamitan kanssa (Heikinheimo, Setälä, Saarni & Raitaniemi 2006, 195-197).

### 1.2.1 Kuhan vuosiluokkien koon ja kannan vaihteluista

Suuret vuotuiset vaihtelut sekä vuosiluokkien koossa että saaliissa ovat kuhalle varsin tyypillisiä (Lappalainen 2001, 1). Tähän vaikuttavat useat eri tekijät.

Lämpötila vaikuttaa suoraan kuhan vuosiluokkien kokoon - veden lämpötilalla kesä-heinäkuussa on suurin vaikutus vuosiluokan suuruuteen, kun taas toukokuun lämpötilalla ei ole vastaavaa vaikutusta. Ilman lämpötila kasvukauden aikana korreloi

suoraan vuosiluokan koon kanssa. (Lappalainen 2001, 15.) Kuhan saavuttama koko ensimmäisenä vuotenaan on vuosiluokan menestyksen kannalta oleellista, sillä ensimmäisen talven kuolleisuus riippuu täysin kuhun saavuttamasta pituudesta ainakin Itämeressä. (Lappalainen ym. 2000, 456.) Laboratoriokokeissa jopa 4 - 4,9 cm kuhat ovat selvinneet talven yli, ja kuolleisuus oli yli 6 cm yksilöillä vähäistä. Talvikuolleisuus riippuu suuresti kuhanpoikasen keräämistä energiäreserveistä. (Kirjasniemi & Valtonen 1997 Lappalaisen ym. mukaan 2000, 20) Samanlainen havainto kookkaiden yksilöiden hyvästä selviämisestä ensimmäisen talven yli on tehty myös Suomen sisävesissä; vertaillen 7,1 - 7,3 cm istukkaiden ja 8,8 - 9,6 cm:n talvikuolleisuutta kookkaammat yksilöt selviytyivät koejärvessä selvästi paremmin (Ruuhijärvi 2004, 123 - 124). Ruuhijärvi, Salminen ja Nurmio mainitsevat 6 - 7 cm mitaisten kuhien kykenevän selviytymään ensimmäisestä talvestaan ja 7 - 7,5 cm mitaisten kalojen kykenevän tuottamaan hyviä vuosiluokkia (1996, 565).

Kuhasaaliit ja kantojen koot ja esiintymiset vähenevät pohjoiseen päin mentäessä; osittain edellä mainitun talvikuolleisuuden takia, osittain taas kohdassa 1.2 mainitun lämpötilariippuvaisen kasvun vuoksi (Lappalainen 2003, Terencen ym. mukaan 2004). Pohjoisilla alueilla olevat järvet eivät tuota lämpötilaltaan suotuisinakaan vuosina yhtä hyviä kuhavuosisuokkia kuin eteläiset; niiden vuosiluokkaindeksin vaihtelevuus on huomattavasti eteläisiä sisävesiä pienempi. (Karjalainen, Lehtonen & Turunen 1996, 441.)

Voimakas tuulisuus kutualueilla saattaa heikentää syntyvän vuosiluokan kokoa (Woynarowich 1963 Colbyn ja Lehtosen mukaan 1994, 14). Tuulisuuden vaikutuksen vuosiluokan vahvuuteen on todennut myös mm. Lappalainen (2000, 18 - 19), jonka mukaan tuulisuus saattaa vaikuttaa eläinplankton tuotantoon ja näin välillisesti kuhanpoikasten ravinnon saatavuuteen. Tuulisuus saattaa myös jäähdyttää vettä ja vaikuttaa näin välillisesti vuosiluokan kokoon lämpötiladynamiikan kautta (Lappalainen & Lehtonen 1995, 418).

Kannibalismi saattaa aiheuttaa kannanvaihteluita vuosiluokkien välillä tapauksissa, joissa vahvat, kookkaat vuosiluokat käyttävät ravinnokseen heikompia ja

pienikokoisempia vuosiluokkia. Tampereen Pyhäjärvässä 2000 tehtyjen kuhan ravintotutkimusten osalta näytti siltä, että oman lajin osuus kuhien vatsalaukuissa oli jopa 7,4%, predaation keskittyessä pieniin, alle 20 cm:n mittaisiin yksilöihin. Mainitussa tapauksessa yksi vuosiluokka käytännössä tuhosi seuraavan. (Kolari, 2001; 23 - 24.) Kannibalismia esiintyy ahvenkaloilla yleisesti silloin, kun muuta ravintoa on huonosti saatavilla; jopa niinkin, että oman lajin yksilöt muodostavat valtaosan ravinnosta. Tällöin populaatio käytännössä säätelee itseään. (Biro 1977; Chevalier 1973; Forney 1971; Holčik 1977; Nagić 1977 ja Popova & Sytina 1977 Colletten ym. 1977 mukaan, 1896.)

Mikäli kuhaa verkkokalastetaan solmuväliltään liian pienillä verkoilla, saattaa vaikutus saaliin määrään olla suuri. Saaristomeren kuha-aineistoon perustuvien laskennallisten tutkimusten mukaan kuhasaaliit nousisivat 23 % kun verkkojen silmäkorajoitus nostettaisiin 50 millimetriin – mikäli kuhan alamitta nostettaisiin samanaikaisesti 37 cm:iin. (Heikinheimo, Setälä, Saarni ja Raitaniemi 2006, 195.) Edellä mainittujen rajoitusten vaikutus olisi suuri myös kutevien yksilöiden tapauksessa; verkkojen silmäkorajoitukset aiheuttaisivat sen että kutukannan biomassaa lähes kaksinkertaistuisi (Heikinheimo ym. 2006, 197).

Usein kannanvaihtelut saattavat johtua kaikkien em. kappaleessa ja kohdassa 1.2 mainittujen tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Mm. Colby ja Lehtonen (1994, 18) esittivät, että Suomessa 1950- ja 1960-luvuilla havaitut kuhakadot ja kantojen romahdukset johtuivat liikakalastuksen, liiallisen rehevöitymisen, keskilämpötilojen laskun ja kuhan käyttäytymisen erikoispiirteiden (edellä mainituissa tilanteissa) yhteisvaikutusten vuoksi.

### 1.3 Kuhan taloudellinen merkitys Suomessa

Kuha on taloudellisesti erittäin merkittävä kala Suomen alueella – sisävesien ammattikalastuksen kuhasaalis vuotena 2004 oli 99 000 kg, saaliin arvo 314 000 € (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tilastoyksikkö 2006a, 11). Merialueilla vuonna 2006 saalis puolestaan oli yhteensä 468 000 kg, arvoltaan 1 596 000 €; paljon

enemmän kuin esimerkiksi lohen (*Salmo salar*) tapauksessa (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2007, 13).

Kuha on merkittävä laji myös vapaa-ajan kalastuksessa; yleisimmin sitä pyydetään verkoilla ja vetouistelemalla, eniten Hämeessä, Uudellamaalla ja Varsinais-Suomessa, tässä järjestyksessä. Vapaa-ajan kalastuksen kuhasaalis oli sisävesi- ja merialueilla vuonna 2004 2 265 000 kg, arvoltaan 7 180 000 euroa. (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tilastoyksikkö 2006b; 42, 45.)

## 2 TUTKIMUSALUEEN KUVAUS

Tutkimusalueena oli Tammelan - Forssan kuntien alueella sijaitseva Tammelan Pyhäjärvi. Muodoltaan tutkimusjärvi on suuri, pyöreähkö ja matala.

### 2.1 Tammelan Pyhäjärvi: maantieteelliset, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet

Tammelan Pyhäjärvi kuuluu Kokemäenjoen valuma-alueeseen ja sen pinta-ala on 2285 ha (Nyholm ym. 2003, 24), valuma-alueen pinta-ala taas 140 km<sup>2</sup>. Valuma-alueen pinta-alan peltoisuus on 25 % ja maaperä koostuu lähinnä savikko – ja suoalueista (Ympäristökeskus 2007b [viitattu 28.9.2007]). Järvi on luokiteltavissa eutrofiseksi kokonaisfosforin ollessa vuosien 2001 ja 2002 mittausten mukaan yli 40 mg/m<sup>3</sup>. Pyhäjärven lähtöjokena toimii Loimijoki, joka yhtyy myöhemmin Kokemäenjokeen (Ympäristökeskus 2007b [viitattu 28.9.2007]).

Pyhäjärvi kerää Tammelan – Forssan alueen järvivedet ennen niiden matkaa Loimijokea pitkin Kokemäenjokeen (Nyholm ym. 2003, 25). Veden viipymä Pyhäjärvestä on suhteellisen lyhyt ja täten valumaolojen heilahtelut näkyvät vedenlaadussa nopeasti (Ympäristökeskus 2007c [viitattu 28.9.2007]). Tammelan Pyhäjärven pääaltaan erottaa viereisestä Kuivajärvestä harjujen reunustama salmi, joka on morfologialtaan Pyhäjärvestä selvästi poikkeava. (Nyholm ym. 2003, 25).

Järvelle luonteenomaisia ovat sekä mataluus että sameus, joka johtuu osin veden sävisameudesta ja osittain sen valuma-alueen humuspitoisilta alueilta tulevasta kuormituksesta. Myös tuulen ja aallokon aiheuttama pohjasedimentin resuspensio veteen lisää sameutta Pyhäjärven kaltaisessa matalassa järvessä (Nyholm ym. 2003, 24.) Lopullinen sedimentoituminen onkin Pyhäjärvessä varsin vähäistä (Ympäristökeskus 2007b [viitattu 28.9.2007]). Mataluuden vuoksi järvessä ei tapahdu kesällä lämpötilakerrostumista, vaan tuulet pääsevät sekoittamaan vapaasti koko vesimassaa. Happitilanne on tämän vuoksi hyvä kesäaikaan, ainoastaan talvella pohjan läheisissä kerroksissa saattaa esiintyä happivajausta. (Nyholm ym. 2003, 24.) Vuoden 2006 loppupalven mittausten mukaan hapen kyllästysprosentti oli 61 syvimmissä kohdassa; yleensäkin hapenpuutetta ei esiinny edes kevättalvella. (Ympäristökeskus 2007a [viitattu 28.9.2007].) Pintavesien laatuluokituskriteerien mukaisesti Pyhäjärvi kuuluu käyttökelpoisuudeltaan luokkaan tyydyttävä (Ympäristökeskus 2007b [viitattu 28.9.2007]). Taulukossa 2 esitetään eräitä Pyhäjärven kemiallisia ominaisuuksia vuoden 2002 mittausten mukaan, Nyholmia ym. (2003, 33) mukaillen.

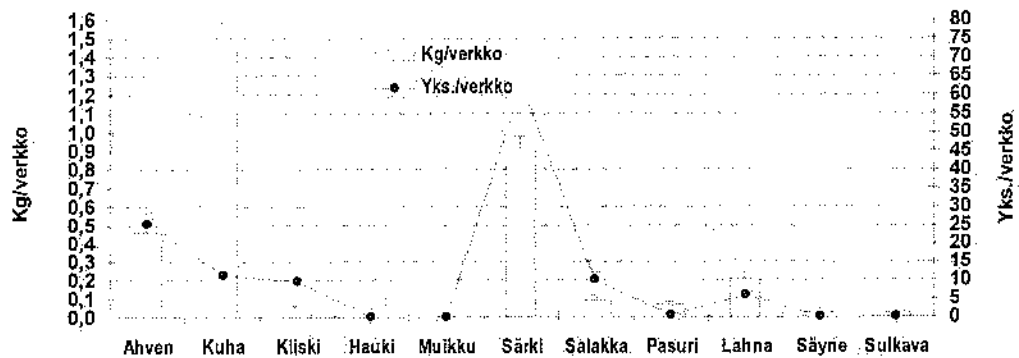
*Taulukko 2. Tammelan Pyhäjärven kemiallisia ominaisuuksia 2002, Nyholmia ym. mukaillen (2003,33).*

pH	7,05
Alkaliniteetti mmol/l	0,269
Sähkönjohtokyky mS/cm/25°C	67,9
Väri mg/l Pt	176
N/NH <sub>4</sub> mg/m <sup>3</sup>	30
N/NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> mg/m <sup>3</sup>	348
P/PO <sub>4</sub> mg/m <sup>3</sup>	4
Tot N mg /m <sup>3</sup>	1066
Tot P mg/m <sup>3</sup>	41

Pyhäjärven tuottava kerros on paksuudeltaan 2,3 m. Tuotantoa eniten rajoittava tekijä on fosfori (Nyholm ym. 2003, sivu).

## 2.2 Tammelan Pyhäjärven kalasto

Pyhäjärven kalasto on vuoden 2007 koekalastusten perusteella varsin tyypillinen eutrofisen järven kalasto, joka koostuu ahvenesta, kuhasta, kiiskestä, hauesta, muikusta, särjestä, salakasta, pasurista, lahnaista, sulkavasta ja säyneestä (Ala-Opas 2007, julkaisematon). Lisäksi järveen on istutettu vuosina 1989 - 2006 haukea, kuhaa, planktonsiikaa, kirjolohta, muikkua ja täpläräppää (Hämeen TE-keskus, kalatalousyksikkö.) Kuvassa 1 on esitetty alueelta tavattavien lajien runsaussuhteet (Ala-Opas, 2007, julkaisematon). Etenkin kuhan paino-osuus verkkoa kohden (1,45 kg) on huomattava, suurempi kuin minkään muun lajin, esimerkiksi särjen jäädessä 0,9 kiloon.



Kuva 1. Tammelan Pyhäjärven verkko-kohtaiset saaliit vuoden 2007 koekalastusten perusteella (Ala-Opas mukaan 2007).

Kuhan istutusmäärät ovat olleet tasaisesti nousussa vuodesta 1989 eteenpäin, kuten taulukosta 3 huomataan. Istutusmäärät ovat olleet Salmisen ja Böhlingin (2002, 117) esittämien suositusten mukaisia (15 - 20 kpl/ha).

Taulukko 3. Yksikesäisten kuhien istutusmäärät vuosittain aikaväliltä 1989-2006 (Pelkonen 20.9.2007, sähköpostiviesti).

<b>Vuosi</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>
<b>Kpl</b>	3500	4500	7000	11800	8300	9500	11000	16000	14000
<b>Vuosi</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>
<b>Kpl</b>	18500	14500	36500	29000	30500	32700	32800	32800	30400

### 2.3 Plankton, kasvillisuus ja pohjaeläimistö

Suuret, keväiset maksimit ovat tyypillisiä Pyhäjärven kasviplanktonistolle (Nyholm et ym. 2003, 39 - 40). Pyhäjärvessä on havaittu ajoittain runsaitakin sinileväesiintymiä; vuoden 2001 mittausten mukaan yli puolet kasvi- ja bakteeriplanktonbiomassasta koostui sinilevistä (Nyholm ym. 2003, 40).

Pyhäjärven vesikasvillisuus painottuu ravinteisuutta sietäviin tai vaativiin kasvilajeihin; alueelta tavattavasta lajistosta selvästi suurin osa painottuu keskirunsaravinteisuutta ilmentäviin lajeihin. Kelluslehtisten osuus kasvistosta on 24,1 % ja ilmaversoisten 72,5 %; pohjaruusukkeellisia lajeja järvestä ei tavata. Lajeja järvestä on tavattu yhteensä 39 kpl. Järven kasvillisuusprosentti on 3,34 %. (Nyholm ym. 2003, 46.)

Tammelan Pyhäjärven pohjaeläimistöä ei tietävästi ole tutkittu.

Alueella tapahtuva kalastus on pääosin kotitarve – ja virkistyskalastusta. Päätoimista ammattikalastusta Pyhäjärven alueella ei harjoiteta. (Härmä 2002, 3 - 4).

## 3 MENETELMIEN KUVAUS

### 3.1 Tutkimusaineiston hankinta ja otannan suunnittelu

Iänmäärityksissä käytetty luutuma-aineisto hankittiin tutkimusalueella vuonna 2007 suoritetuista aikavälille 17.7 - 22.8 sijoittuneista koeverkkokalastuksista, jotka olivat osana laajempaa hanketta ”Tammelan järvien virkistyskäytön ja kunnon lisääminen”. Koekalastukset suoritettiin pohjoismaisilla NORDIC- yleiskatsausverkoilla (esimerkiksi Böhlingin ja Rahikaisen suositusten mukaisesti, 1999, 152 - 153) ositetussa satunnaisotannassa, jossa tutkimusjärvi oli jaettu pyyntiruutuihin (Ala-Opas 2007, julkaisematon). Koekalastusverkot olivat 30 metriä pitkiä ja 1,5 m korkeita.



Verkot koostuivat 12 eri solmuvälistä; kooltaan 43; 19,5; 6,25; 10; 55; 8; 12,5; 24; 15,5; 5; 35 ja 29 mm, tässä järjestyksessä. Jokainen solmuväli muodosti 2,5 metrin pituisen osan verkosta. Verkkovuorokausia kertyi yhteensä 50. Verkkojen laskupaikat jaettiin syvyysvyöhykkeittäin seuraavasti: 0 - 3 m:n kuusi pohjaverkkoa ja 3 - 6 m:n kaksi pohjaverkkoa ja kaksi pintaverkkoa.

Koekalastussaalista valikoitiin 201 kalan otos kahden senttimetrin pituusluokittain (liite 1). Kuhunkin pituusluokkaan pyrittiin saamaan vähintään kymmenen kalaa. Iänmääritysluutumaksi valittiin somu osittain näytteenoton helppouden, osittain sen vuoksi, että vanhat ja kookkaat yksilöt puuttuivat alueella 2001 suoritettujen koeverkkokalastustulosten perusteella (Ala-Opas 2004). Suomun käyttöä kuhan iän- ja kasvunmäärityksiin ovat puoltaneet mm. Böhling ja Rahikainen (1999, 95). Yli 50 cm:n mittaisista kaloista otettiin lisäksi sagittinäytteet iänmääritysten oikeellisuuden varmentamiseksi – suomun käyttöä vanhojen ja kookkaiden yksilöiden iänmäärityksessä ovat kuhan sukulaislajin valkosilmäkuhan *Sander vitreumin* tapauksessa kritisoineet ainakin Baccante ja Sandhu (1983 Raitaniemen ym. 2000 mukaan, 158) . Weisbergin ja Frien mukaan valkosilmäkuhan iänmäärityksessä tapahtuva iän aliarvioiminen yleistyy kaloilla, jotka elävät kymmenettä kasvukauttaan tai ovat sitä vanhempia (Summerfelt & Hall 1987, 140). Myös Campbell ja Babaluk (1979 Summerfeltin ja Hallin mukaan 1987, 25) kritisoivat suomun käyttöä *S. vitreum vitreum* vanhoilla yksilöillä.

Alle 10 cm:n mittaiset kalat jätettiin otoksesta pois perustuen aiemman tutkimuksen antamiin tietoihin siitä, että kuha ei ole tutkimusjärvessä 10 cm:n mittaisena vielä vanhempaa kuin 0+ (Ala-Opas 2004). Tutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena oli selvittää kuhan kasvua taannehtivasti.

### 3.2 Luutumanäytteiden talteenotto

Kuhista otettiin 10 - 30 suomun näyte taemman selkävän ja kylkiviivan välistä. Tässä noudatettiin Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen käyttämää standardia (Raitaniemi ym. 2000, 52) joka perustunee *Perca*- ja *Sander*- sukujen lajityypilliseen

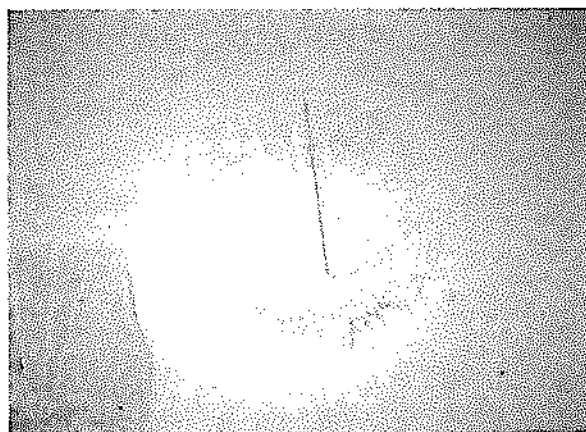
ensimmäisten suomujen muodostumiskohtaan (mm. Pyccha & Smith 1955 Craigin mukaan 1987, 90). Tutkimuskaloista otetut luutumet varastoitiin kuivumisen ajaksi paperisiin suomupusseihin, joihin merkittiin pyyntipäivämäärä, pituus ja paino.

### 3.3 Kalojen mittaus, punnitus ja sukupuolen määrittäminen

Tutkimuskaloista mitattiin kokonaispituus (RT- mitta) kuonon kärjestä yhteenpuristetun pyrstön taimmaisiiin eväruotoihin asti 0,1 cm:n tarkkuudella (Raitaniemi ym. 2000, 49). Lisäksi kalat punnittiin gramman tarkkuudella. Kaikista yli 50 cm:n mittaisista kaloista määritettiin sukupuoli, ei kuitenkaan sukukypsyyssastetta.

### 3.4 Luutumanäytteiden käsittely ja iänmäärittämislaiteisto

Suomuista valikoitiin 7-9 kooltaan yhtenevää suomua, joista painettiin jäljennös polykarbonaattilevylle. Suomujäljennöstä tarkasteltiin Canon fiche beader 250 T- mikrokortinlukulaitteella 20-kertaisella suurennoksella. Suomuista mitattiin säde sekä vuosirenkaiden eli annulusten etäisyys fokuksesta. Mittauslinjan valittiin kulkevan fokuksesta suomun etulohkon keskimmäisen suomukynnen kautta, tai lähinnä suomun keskikohtaa oikealta katsottuna olevan suomukynnen kautta, mikäli suomukynsiä oli parillinen määrä (ks. kuva 2). Mittauslinja pidettiin samana koko tutkimuksen ajan.



*Kuva 2. Mittauslinja suomussa, jossa suomukynsiä on parillinen määrä.*

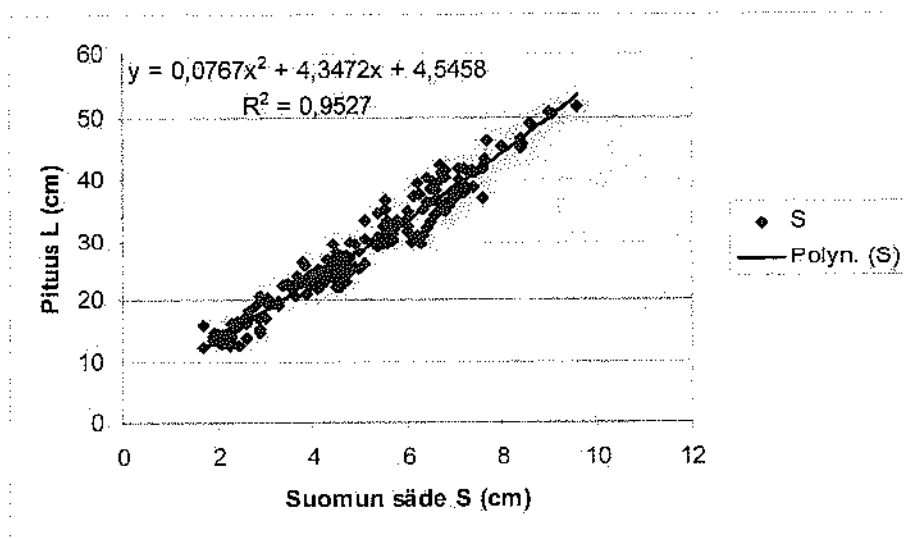
Mittauksissa käytettiin mikrokortinlukulaitteen näyttöruudun päälle asetettua viivoitinta. Mittaustarkkuutena oli 0,5 mm.

Yli 50 cm:n mittaisista yksilöistä otetut sagittaotoliitit liimattiin hartsilla lasilevyille ja hiottiin hiekkapaperilla (karkeudet 100, 600 ja 800) nukleukseen saakka. Tämän jälkeen hiottuja otoliitteja värjättiin 15 minuutin ajan liuoksessa, jossa oli neutraalipunaa (1 % liuos, paino-%) ja etikkahappoa (0,5 % liuos, paino-%) (Raitaniemen ym. suositusten mukaisesti 2000, 75).

### 3.5 Kasvun taannehtivaan määrittämiseen valittu kaava.

Mittausten jälkeen kalan tunnettu kokonaispituus  $L$  sekä suomun kokonaissäde  $S$  syötettiin Microsoft office excel- taulukkolaskentaohjelmaan koordinaatistoon, jotta taannehtivaan kasvunmäärittämiseen tarvittava kaava ja sen vakiot saataisiin määritettyä  $xy$ -koordinaatistoon syötettyyn aineistoon piirretystä regressiokäyrästä. Mainittakoon, että aineiston kaksi vanhinta yksilöä (ks. kohta 4) jätettiin pois laskelmien vääristymisen mahdollisuuden vuoksi.

Merkitsevyysrajaksi sovittiin 95 %. Aineistoon sovitettiin trendiviiva, joka oli muotoa  $y = ax^2 + bx + c$ , eli yhtälö oli toisen asteen yhtälö (ks. kuvaaja alla).



Kuva 3. Aineistoon sovitettu toisen asteen yhtälön kuvaaja. Regressiokäyrän yhtälö on muotoa  $ax^2+bx+c$ .

Polynomimuotoinen käyrä antoi aineistoon sovitettuna parhaimman korrelaatiokertoimen 0,9527. Merkitsevyysrajaa 0,95 voitaneen pitää riittävänä valittaessa kaavaa kasvun määritykseen taannehtivasti (Raitaniemi et al. 2000, sivu). Koska toisen asteen yhtälö soveltui aineistoon parhaiten, valittiin taannehtivaan kasvunmääritykseen käytettävä kaava Mannin (1973) suositusten mukaisesti (Raitaniemen ym. mukaan 2000, 112). Tällöin käytettiin kaavaa  $L_i = (aS_i^2 + bS_i)(L - c) / (aS^2 + bS) + c$ , missä  $L_i$  on kalan pituus iässä  $i$ ,  $S_i$  suomun säde iässä  $i$ ,  $L$  on kalan kokonaispituus,  $S$  suomun kokonaissäde ja  $a$ ,  $b$  ja  $c$  ovat laskennallisia vakioita. Vakiot määritettiin suomun kokonaissäteen  $S$  ja kalan pituuden  $L$  suhdetta kuvaavan trendiviivan yhtälöstä (ks. kuva 2), jossa  $a$  on 0,0767,  $b$  on 4,3472 ja  $c$  4,548.

Raitaniemen ym. (2000) suositusten mukaan vakiot tarkistettiin vielä iteroimalla ne ei-lineaarilla regressiomenetelmällä SPSS v.10-tilasto-ohjelmalla. Tarkistetut vakiot olivat  $a = 0,0767$ ,  $b = 4,3472$  ja  $c = 4,5458$  eli samat kuin excelillä lasketut. (Liite!). SPSS-ohjelmalla laskettu regressiokerroin oli 0,953. Kaavan määrittämisen jälkeen suomunäytteistä mitatut tiedot ( $S_i$ ) syötettiin excel-taulukkolaskentaohjelmaan ja kasvut määritettiin taannehtivasti sekä ikäryhmäkohtaisesti että vuosiluokkakohtaisesti edellä mainitulla kaavalla.

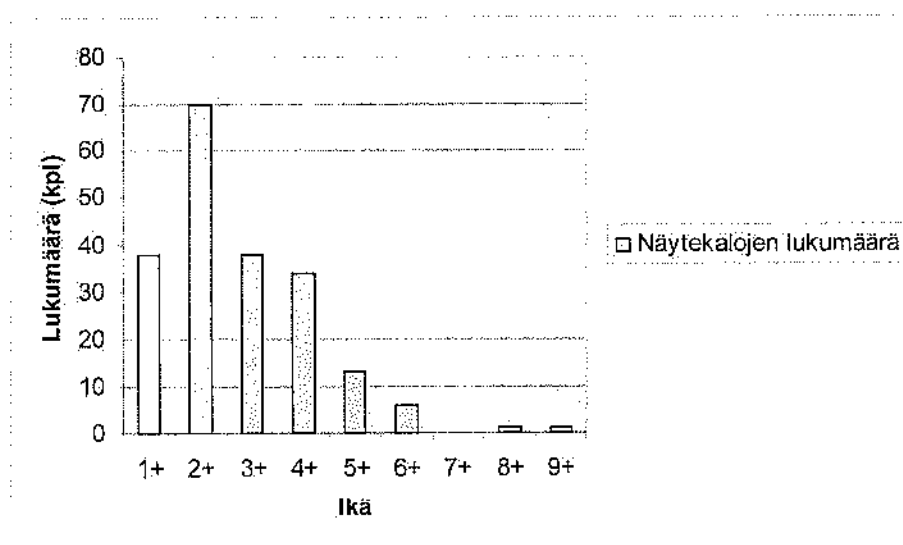
### 3.6 Käytetyt tilastolliset testit

Taannehtivasti määritettyjen kasvutulosten tilastolliseen vertailuun vuoden 2001 kasvutuloksiin valittiin kahden riippumattoman otoksen keskiarvotesti eli t-testi. T-testin käyttöä kasvututkimusten vertailussa ovat puoltaneet esimerkiksi Böhling ja Rahikainen (1999, 86). Varianssit oletettiin yhtä suuriksi, T-testit suoritettiin SPSS v.10-tilasto-ohjelmalla.

Tilastollisen testisuureen eli p-arvon merkitsevyysrajaksi sovittiin 0,01, koska peräkkäin suoritettujen t-testien yhteydessä on mahdollista saada sattumalta merkitsevä tulos merkitsevyysrajan ollessa 0,05. Merkitsevyysrajan ollessa 0,01 edellä mainittu sattuman mahdollisuus minimoidaan.

## 4 TULOKSET

Vanhojen kalojen vähäinen edustus aineistossa (ks. kuvaaja 3 & liite 1) oli aikaisempien tulosten (Ala-Opas 2004) mukaan odotettavissa ja näin olikin; ikäryhmiä 8+ ja 9+ edusti ainoastaan kaksi kalaa, seitsemättä kasvukauttaankin eläviä vain kuusi. Ikäryhmä 7+ puuttui aineistosta kokonaan. Kuudetta kasvukauttaan eläneet ja sitä nuoremmat ikäryhmät olivat edustettuina aineistossa varsin hyvin; runsain ikäryhmä oli 2+ (70 kpl). Yli 50 cm:n mittaisista kaloista neljä oli naaraita ja yksi sukupuoleltaan määrittelemätön (Liite 2). Selkeyden ja laskelmien vääristymisen mahdollisuuden vuoksi vanhemmat kuin seitsemättä kasvukauttaan eläneet kalat (2 kpl) jätettiin alla olevista laskelmista ja taulukoista ikäjakaumakuviota (kuvio 3) lukuun ottamatta kokonaan pois. Näytekalat olivat sekä kookkaampia että iäkkäämpiä kuin vuoden 2001 koekalastusten tuloksissa (Ala-Opas 2004; Ala-Opas 2007).

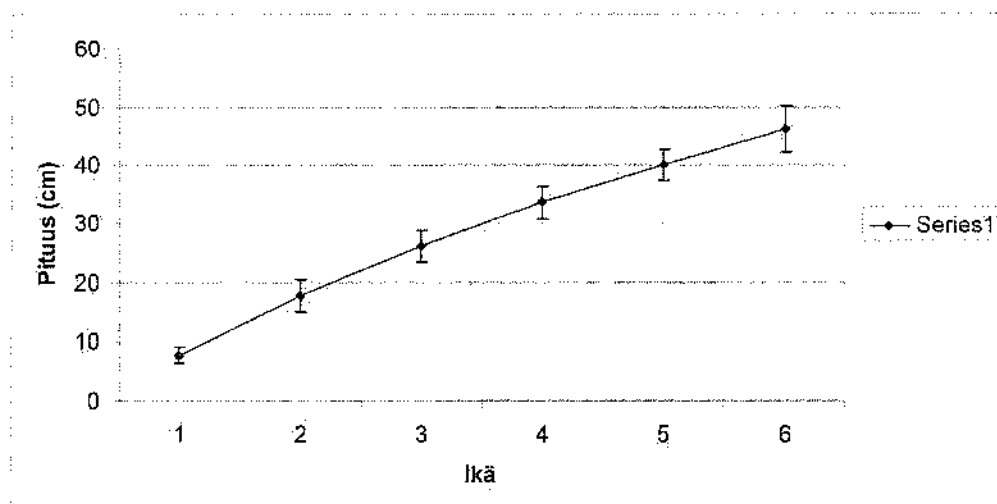


Kuva 4. Näytekalojen ikäryhmäkohtaiset lukumäärät ( $n = 201$  kpl.).

### 4.1 Taannehtivasti määritetyt kasvut ikäryhmittäin

Tuloksista käy ilmi, että Tammelan Pyhäjärvässä kuha saavuttaa kalastuslaissa määritetyn alamitan (37 cm) keskimäärin viidennen kasvukautensa aikana; selvyiden vuoksi mainittakoon kuitenkin, että aineistossa oli myös alamitan neljännen

kasvukautensa aikana saavuttaneita yksilöitä, näiden lukumäärä oli kuitenkin pieni (3 kpl). Tarkasteltaessa kasvua ikäryhmittäin käy ilmi, että eri ikäryhmien yksilöt olivat kasvaneet varsin tasaisesti – joskin kasvu on ollut kiihkeintä ensimmäisten vuosien aikana. Taannehtivasti määritetyt kasvut on esitetty ikäryhmittäin sekä kuviossa 4 että taulukossa 5.



Kuva 5. Ikäryhmien taannehtivasti määritetyt kasvut sekä keskihajonnat ( $n = 199$ ).

Taulukko 4. Ikäryhmien taannehtivien kasvujen keskiarvot, minimit, maksimit sekä keskihajonnat ( $n=199$ ).

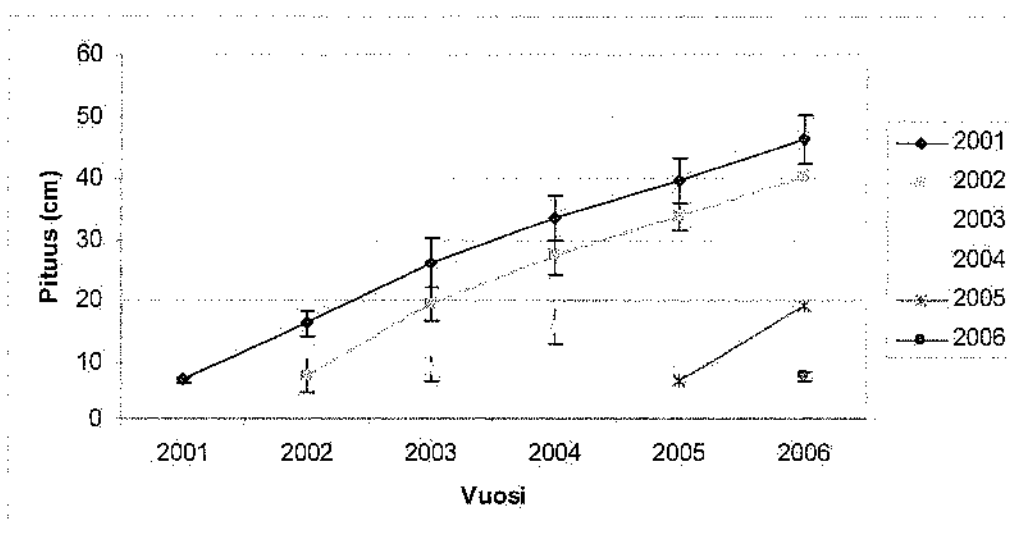
	1	2	3	4	5	6
	7,709474	17,70856	26,0075016	33,65787	40,02685	46,27312
min	min	min	min	min	min	min
	5,722831	12,63831	19,2290377	27,49426	34,5083	39,08202
max	max	max	max	max	max	max
	12,56299	24,64997	32,3126356	39,21902	45,78953	50,48067
sd	sd	sd	sd	sd	sd	sd
	1,373634	2,76015	2,68140127	2,803323	2,740735	3,918694

Tarkasteltaessa koko aineiston kasvujen keskiarvoja ikäryhmittäin ovat pituudet seitsemänteen kasvukauteen saakka seuraavanlaisia: 7,7 cm, 17,7 cm, 26,5 cm, 33,7 cm, 40 cm ja 46,3 cm. Kasvu on siis n. 10 cm vuodessa aina neljänteen kasvukauteen saakka, jonka jälkeen se hidastuu tasaisesti.

Kasvun vaihtelu ensimmäisen kasvukauden aikana oli varsin suurta, mikä on kuhalle lajityypillistä (ks. kohdat 1.2 ja 1.2.1). Esimerkiksi koko aineiston pienin yksilö ensimmäisenä kasvukautenaan oli 5,7 cm, suurin taas 12,6 cm.

#### 4.2 Taannehtivasti määritetyt kasvut vuosiluokittain

Tarkasteltaessa vuosiluokkakohtaista kasvua (ks. kuviö 5; liite 3) havaitaan vuosien 2003 ja 2006 kiihkeä kasvu kaikissa vuosiluokissa. Huonointa kasvu on ollut vuosina 2002 ja 2004. Alamittansa saavuttamaan ehtineet vuosiluokat 2001 ja 2002 ovat kasvaneet yli 37 cm:n mittaisiksi keskimäärin viidennen kasvukautensa aikana, kuten kohdassa 4.1 todettiin. Yksikään vuosiluokka ei saavuta 10 cm:n pituutta ensimmäisen elinvuotensa aikana kasvujen keskiarvoja tarkastellessa – mainittakoon kuitenkin, että näytekalloissa oli myös yli 10 cm:n mittaisiksi ensimmäisenä vuotenaan kasvaneita yksilöitä (8 kpl); vuosiluokissa 2006, 2004 ja 2003. Muihin vuosiluokkiin verraten kalat kasvoivat selkeästi nopeimmin ensimmäisenä elinvuotenaan vuosiluokassa 2003.

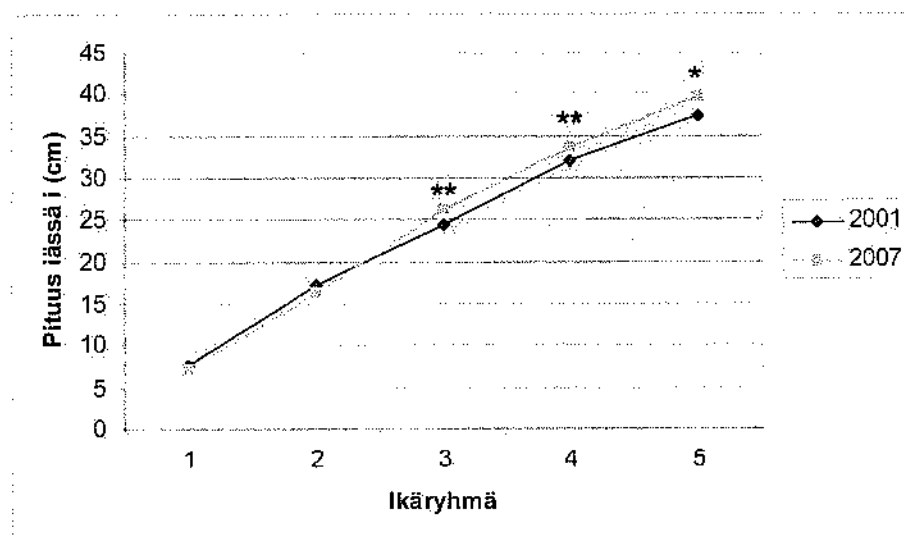


Kuva 6. Vuosiluokkien taannehtivasti määritetyt kasvut keskihajontoineen ( $n = 199$ ).

#### 4.3 Taannehtivasti määritettyjen kasvujen tilastollinen vertailu vuoden 2001 kasvututkimusten tuloksiin

Pyhäjärven 2007 kasvutuloksia verrattiin 2001 kasvutuloksiin t-testillä, kuten aiemmin mainittiin. Vertailussa käytettiin molempien tutkimusten koko aineistoa; vuoden 2001 tutkimusaineistossa oli 200 kalaa, vuoden 2007 tutkimuksessa 199 kalaa.

Mainittakoon, että vertailu suoritettiin ikäryhmien 1 - 5 väliillä johtuen siitä, että vuoden 2001 saaliissa oli liian vähän seitsemättä kasvukauttaan eläneitä yksilöitä (2 kpl). Mainittakoon lisäksi, että t-testien antamat merkitsevyyserot on merkitty alla olevaan kuvaajaan seuraavasti: erittäin merkitsevä ero kolmella tähdellä ( $p < 0,001$ ), merkitsevä ero kahdella tähdellä ( $p < 0,01$ ) ja melkein merkitsevä ero yhdellä tähdellä ( $p < 0,05$ ). Huomautettakoon, että merkitsevyysrajaa 0,01 voidaan tässä tapauksessa pitää todellisen tilastollisen eron rajana (ks. Kohta 3.6).



Kuva 7. Vuosien 2001 ja 2007 kasvutulokset keskiarvokohtaisesti kasvukausittain.

Vertailtaessa ensimmäisen kasvukauden kasvuja toisiinsa ero ei ole tilastollisesti merkitsevä ( $p=0,4$ ), kuten ei toisenkaan kasvukauden kohdalla ( $p=0,088$ ). Kolmannen ja neljännen kasvukauden kohdalla erot ovat tilastollisesti merkitseviä ( $p=0,003$  ja  $p=0,009$ ), viidennen kasvukauden kohdalla ero taas ei ole tilastollisesti merkitsevä ( $p=$



0,011); mutta p-arvo on varsin lähellä asetettua merkitsevyysrajaa. Kasvuerot korostuvat näin ollen toisen kasvukauden jälkeen.

## 5 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA

Lämpimien vuosien 2003 ja 2006 kasvut näyttäytyvät hyvänä kasvuna kaikkien vuosiluokkien kohdalla. Kuten aiemmin mainittiin (ks.kohta 1.2), kasvukauden lämpötila on merkittävin yksittäinen tekijä, joka vaikuttaa sekä kasvuun että vuosiluokkien kokoon.

### 5.1 Ikärakenteen tarkastelu

Aiemman, vuonna 2001 suoritetun kasvututkimuksen perusteella (Ala-Opas 2004) vanhojen ja kookkaiden kalojen vähäinen edustus oli odotettavissa. Vuonna 2001 vanhimmat yksilöt olivat iältään 6+, ja niiden edustus oli vähäistä (2 kappaletta). Kun verrataan tämän tutkimuksen tuloksia aiempaan (Liite 2), havaitaan, että ikäryhmä 6+ oli paremmin edustettuna (6 kappaletta); myös tätä vanhempia yksilöitä saatiin saaliiksi. Pääpiirteittäin muutokset ikärakenteessa eivät kuitenkaan ole dramaattisia – voitaneen pohtia, johtuvatko erot esimerkiksi sattumasta.

Kookkaiden ja vanhojen yksilöiden vähäisen edustuksen syitä voidaan spekuloida. Eräänä syynä tähän saattaa olla kalastuskuolevuus – kalastuksen aiheuttama valinta saattaa karsia kookkaat ja vanhat yksilöt kokonaan pois populaatiosta. On kuitenkin huomioitava myös se, että kalapopulaatioille yleensäkin on tyypillistä, että nuoret yksilöt ovat huomattavasti paremmin edustettuina kuin vanhat – ilmiö johtuu eliön suuresta lisääntymistehokkuudesta, joka taas johtuu nuoruusvaiheiden suuresta kuolleisuudesta (Campbell ja Reese 2002, 1154 - 1155).

## 5.2 Kasvun tarkastelu

Aiempiin kasvutuloksiin verrattuna vuoden 2007 kasvututkimusten perusteella voidaan sanoa, että kasvu on parantunut ensimmäistä kasvukautta lukuunottamatta joka ikäryhmässä – erot ovat tilastollisesti merkittäviä kolmannen, neljännen ja viidennen kasvukauden kohdalla. Syitä tähän voidaan pohtia. Vuodet 2000 ja 2001 olivat varsin lämpimiä, kuin myös vuodet 2005 ja 2006. Lämpötilojen yhteneväisyydet ovat saattaneet tasoittaa kasvueroja näissä tapauksissa, muuten vuosien lämpötilaerot selittänevät kasvuerot varsin hyvin; esimerkiksi vuoden 2003 hyvä kasvu kaikissa ikäryhmissä näkyy myös mm. Lammin Pääjärvestä tehdyissä kuhan kasvututkimuksissa (Sairanen 2006, 23).

Tarkasteltaessa kasvua ikäryhmittäin voidaan sen sanoa olevan hyvän tai normaalin tasolla: kuha saavuttaa kalastuslaissa määritetyn alamittansa (37 cm) keskimäärin viidennen kasvukautensa aikana Tammelan Pyhäjärvestä. Vertailtaessa tuloksia esimerkiksi mesotrofisessa Lammin Pääjärvestä tehtyihin kasvututkimuksiin (Sairanen 2006, 23; liite 3) havaitaan, että Tammelan Pyhäjärvestä kasvu on hyvin samankaltaista. Kuha saavuttaa molemmissa järvissä 37 cm:n pituuden keskimäärin viidennen kasvukautensa aikana. Verrattaessa tuloksia eutrofiseen Keski-Uudellamaalla sijaitsevan Tuusulanjärven kasvututkimuksiin (Olin & Ruuhijärvi 2004, 49 – 51; liite 4), havaitaan, että kuhan kasvu on hieman huonompaa Tammelan Pyhäjärvestä – kuha saavuttaa Tuusulanjärvestä 40 cm pituuden neljän kasvukauden jälkeen. Voidaan pohtia, onko Tammelan Pyhäjärvestä edes mahdollista päästä Tuusulanjärven kaltaisiin hyviin kasvutuloksiin. Koekalastustulosten (Ala-Opa 2007) perusteella esimerkiksi sopivasta kalaravinnosta tuskin on puutetta – tutkimusajanjakson aikana. Mikäli mahdollinen ravintokilpailutilanne haluttaisiin selvittää, tulisi Pyhäjärvestä tehdä ravintotutkimuksia siten, että ne kattaisivat kuhan ravinnonkäytön koko vuoden ajalta. Tällöin myös mahdollinen kannibalismi selviäisi.

Koska istutusmäärät Tammelan Pyhäjärvestä ovat suositusten mukaisia (ks. Kohta 2.2 ja taulukko 3), eikä hidasta tai huonoa kasvua ole havaittavissa, voitaneen olettaa, että kuhapopulaation tiheys on suotuisalla tasolla eikä välttämättä vaikuta kasvuun.

Mikäli järven kuhayksilöiden keskikokoa halutaan parantaa, voitaneen suositella käytettäväksi verkkojen silmäkokojen rajoituksia, esim. 55 mm (Auvinen ym. 200, 19-20) tai 50 mm (Heikinheimo ym. 2006, sivu). Verkkojen silmäkokorajoitukset lisännevät myös vuosiluokkien kokoa aikuisten yksilöiden fekunditeetin kasvaessa (Heikinheimo ym. 2006, 196-197).

### 5.3 Tutkimuksen pohdintaa ja kritiikkiä

Kerättyä aineistoa voitaneen pitää riittävänä ja lukumäärältään vertailukelpoisena vuoden 2001 tuloksiin. Vanhoja ja kookkaita yksilöitä ei voitu ottaa mukaan taannehtivaan kasvunmääritykseen niiden vähäisen edustuksen takia.

Vanhojen ja kookkaiden yksilöiden vähäistä edustusta aineistossa olisi saatettu saada kompensoitua järjestämällä erillisiä koekalastuksia suurisilmäisillä verkoilla. Tähän ei tutkimuksen yhteydessä kuitenkaan valitettavasti ollut käytettävissä aikaa eikä resursseja. Toisaalta vuoden 2001 koekalastusten perusteella oli odotettavissa, että vanhojen ja kookkaiden yksilöiden edustus olisi vähäistä; on todennäköistä, että niiden edustus tutkimusjärven kuhakannassa on heikkoa. Täten tuloksia niiden osalta voitaneen pitää suuntaa-antavina.

Suomun käyttö iänmäärityksiin ja kasvunmäärityksiin osoittautui hyväksi ratkaisuksi; suurista yksilöistä (yli 50 cm) otetut otoliittinäytteet varmensivat suomuista tehdyt määritykset oikeiksi. Kuten kohdassa 3.1 todetaan, suomun käyttöä kuhan sukulaislaji valkosilmäkuhan (*S. vitreum*) tapauksessa on kritisoitu; on kuitenkin muistettava, että nämä kaksi lajia eivät ole täysin samankaltaisia biologialtaan, elinympäristövaatimuksiltaan, eivätkä elintavoiltaan.

Tutkimus on mielestäni onnistunut tarkoituksessaan ja antanut hyvän kuvan siitä, millainen ikärakenne Tammelan Pyhäjärven kuhakannalla on ja miten kuha kasvaa Tammelan Pyhäjärvessä.

## LÄHTEET

### Kirjalliset lähteet:

Ala-Opas, Pasi 2004. Maa- ja metsätalouden vesistövaikutusten kokonaisvaltainen hallinta ja valuma-alueeseen soveltaminen - Kalatutkimukset, raportti kalastuskunnille. Lammi: Julkaisematon.

Ala-Opas, Pasi 2007. Tammelan järvien virkistyskäytön ja kunnon lisääminen – hankkeen koekalastustulokset. Lammi: julkaisematon/painossa.

Anonymous 2007: Ammattikalastus merellä 2006. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Tampereen yliopistopaino.

Auvinen, Heikki; Nurmi, Tauno; Kolari, Irma & Hyttinen, Maija 2004. Verkkokalastuksen säätelyn vaikutukset Koloveden kalastusalueella vuosina 1998 - 2002. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Böhling, Paula ja Rahikainen, Mika 1999. Kalataloustarkkailu – periaatteet ja menetelmät. Helsinki: Riista – ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Campbell, Neil A. & Reece, Jane B. 2002. Biology. San Francisco, 6. painos, Pearson education.

Colby, P. & Lehtonen, H. 1994. Suggested causes for the collapse of Zander, *Stizostedion lucioperca* (L.), populations in Northern and central Finland through

comparisons with North American valleys, *Stizostedion vitreum* (Mithchill). Tampere: Aqua Fennica vol. 24, 1, 9-20.

Collette, Bruce B.; Ali, M. A.; Hokanson K. E. F.; Nagięć, Maria; Smirnov, S.A.; Thorpe, J.E.; Weatherly A.H. & Willemsen, J. 1977. Biology of the percids. Canada: Journal of the Fisheries Research Board of Canada, vol. 34, number 10, pages 1890-1899.

Craig, John F. 1987: The biology of perch and related fish. Kent: Croom helm Ltd, Great Britain.

Fontell, Erkki; Lehtonen, Hannu & Lappalainen, Jyrki 2004. Influence of temperature and depth of spawning site selection of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) in the Helsinki sea area. Teoksessa Proceedings of PERCIS III, The third international Percid Fish Symposium (toim. Barry, Terence P. & Madison, Jeffrey A). Wisconsin: University of Wisconsin, Madison, U.S.A, 103 – 104.

Hansson, Sture; Arrhenius, Fredrik ja Nellbring, Sture 1997. Diet and growth of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) in a Baltic Sea area. Fisheries Research 31: 163-167, Elsevier Science B.V.

Heikinheimo, Outi; Setälä, Jari; Saarni, Kaija & Raitaniemi, Jari 2006. Impacts of mesh-size regulation on the pikeperch fisheries in the Archipelago Sea, Finland. Jotain: Fisheries Research 77: 192-199, Elsevier B.V.

Härmä, Oskari 2002. Tammelan kalastusalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma.

Karjalainen, Jukka; Lehtonen, Hannu & Turunen, Timo 1996. Variation in the relative year-class strength of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in two Finnish lakes at different latitudes. Helsinki: Annales Zoologici Fennici 33: 437-442, Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

Kolari, Ismo 2001. Kesän lämpötilat ja edelliset ikäryhmät määrittävät kuhavuosisiluokan koon. Vammala: Suomen kalastuslehti 5, 2001, 20-25, Kalatalouden keskusliitto.

Kolehmainen, Petri 2004. Kujan (*Sander lucioperca*) ultraäänitelemetriaseuranta Pohjois-Päijänteellä ja Jyväskylällä, opinnäytetyö. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Koli, Lauri 2002. Suomen kalat. 3. painos. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö.

Lappalainen, Jyrki 2001. Effects of environmental factors, especially temperature, on the population dynamics of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)). Helsinki: Department of Limnology and Environmental Protection, University of Helsinki, Yliopistopaino.

Lappalainen, Jyrki; Erm, Väike; Kjellman, Jakob & Lehtonen, Hannu 2000. Size-dependent winter mortality of age-0 pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in Pärnu Bay, the Baltic sea. Canada: Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 451-458.

Lappalainen, Jyrki; Malinen, T.; Rahikainen, M.; Vinni, M.; Nyberg, K.; Ruuhijärvi, Jukka & Salminen, M. 2005. Temperature dependent growth and yield of pikeperch, *Sander lucioperca*, in Finnish lakes. Fisheries Management and Ecology 12, 27-35, Blackwell publishing Ltd.

Lappalainen, J. & Lehtonen, H. 1995. Year-class strength of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) in relation to environmental factors in shallow Baltic Bay. Helsinki: Annales Zoologici Fennici, vol.32, no.4, 411-419, Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

Lappalainen, Jyrki; Tammi, Jouni 1999. Kuhajärvien lukumäärä tarkentuu. Vammala: Suomen kalastuslehti 2, 1999, 16, kalatalouden keskusliitto.

Lehtonen, Hannu 2003. Iso kalakirja – ahvenestä vimpaan. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Lehtonen, Hannu; Hansson, Sture & Winkler, Helmut 1996. Biology and exploitation of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), in the Baltic Sea area. Helsinki: Annales Zoologici Fennici 33: 525-535, Finnish Zoological and Botanical Publishing board.

Lehtonen, Hannu; Lappalainen, Jyrki; Forsman, Leena; Soivio, Antti; Urho, Lauri ja Vuorinen, Pekka J. 1992. Ilmaston muutosten vaikutukset kaloihin, kalanviljelyyn, kalakantoihin ja kalastukseen. Helsinki, kalatutkimuksia No 47, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Lehtonen, Hannu; Miina, Tapani & Frisk, Tom 1984. Natural occurrence of pike-perch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) and success of introductions in relation to the water quality and lake area in Finland. Tampere: Aqua Fennica 14,2: 189-196.

Nyholm, Anna-Mari; Jansson, Håkan; Puronummi, Niina; Nyholm, Rainer; Ala-Opas, Pasi; Hakala, Ilpo; Huitu, Eeva; Mäkelä, Suvi; Tulonen, Tiina & Arvola, Lauri. Valuma-alueen ja vesistön välisen vuorovaikutuksen arviointi 2003. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Ojaveer, Evald; Pihu, Ervin & Saat, Toomas 2003. Fishes of Estonia. Tallin: Estonian Academy publishers.

Olin, M.; Rask, M.; Ruuhijärvi, J.; Kurkilahti, M.; Ala-Opas, P. ja Ylönen, O. 2002. Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. Journal of Fish Biology 2002, vol.60, 593-611, The Fisheries Society of British Isles.

Olin, Mikko & Ruuhijärvi, Jukka (toim.) 2004. Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurinostuksen kalatutkimuksia vuosina 2000 – 2003. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kala- ja riistaraportteja 324.

Peltonen, Heikki; Rita, Hannu & Ruuhijärvi, Jukka 1996. Diet and prey selection of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in Lake Vesijärvi analysed with a logit model. Helsinki: Annales Zoologici Fennici 33: 481-487, Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

Raitaniemi, Jari; Nyberg, Kari & Torvi, Irmeli 2000. Kalojen iän ja kasvun määrittäminen. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen tilastoyksikkö (toim.) 2006 a: Ammattikalastus sisävesillä 2004. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Riista-kalatalouden tutkimuslaitoksen tilastoyksikkö (toim.) 2006 b: Vapaa-ajankalastus 2004. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Ruuhijärvi, Jukka 2004. The effects of stocking size on survival of fingerling pikeperch (*Sander lucioperca*). Teoksessa Proceedings of PERCIS III, The third international Percid Fish Symposium (toim. Barry, Terence P. & Madison, Jeffrey A.). Wisconsin: University of Wisconsin, Madison, U.S.A, 123-124.

Ruuhijärvi, Jukka; Salminen, Matti & Nurmiö, Tauno 1996. Releases of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) fingerlings in lakes with no established pikeperch stock. Helsinki: Annales Zoologici Fennici 33: 553-567, Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

Sairanen, Samuli 2006. Pääjärven kalayhteisön rakenne sekä ahvenen (*Perca fluviatilis*), särjen (*Rutilus rutilus*) ja kuhan (*Sander lucioperca*) kasvu. Jyväskylä: Pro gradu-tutkielma, Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos, kalabiologia ja kalatalous.

Salmi, Juhani 2007. Kujan ravinto Saaristomeren sisäosissa kasvukauden aikana, opinnäytetyö. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.



Salminen, Matti & Böhling, Paula 2002. Kalavedet kuntoon. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos.

Schulze, Torsten; Baade, Uli; Dörner, Hendrik; Eckmann, Reiner; Haertel, Susanne; Helms, Christian; Hölker, Franz & Mehner, Thomas 2004. Impact of zander stocking on perch and pike in a mesotrophic lake. Teoksessa Proceedings of PERCIS III, The third international Percid Fish Symposium (toim. Barry, Terence P. & Madison, Jeffrey A.). Wisconsin, University of Wisconsin, Madison, U.S.A, 89-90.

Summerfelt, Robert C. & Hall, Gordon E. 1987 (toim.). Age and growth of fish – “Papers presented at the international Symposium of Age and growth of fish, Des Moines, Iowa, June 9-12, 1985”. United States of America, the Iowa State University Press.

Van Densen, W. L. T. 1985. Piscivory and the development of bimodality in the size distribution of 0+ pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)). Hamburg: Sonderdruck aus Zeitschrift für angewandte Ichthyologie Bd. 1: 119-131, Verlag Paul Parey.

Van Densen, Wim L. T.; Ligtoet Willem & Roozen, Rob W. M. 1996. Intra-cohort variation in the individual size of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca*, and perch, *Perca fluviatilis*, in the relation to the size spectrum of their food items. *Annales Zoologici Fennici* 33: 495-506, Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.

Vehanen, Teppo & Lahti, Markku 2001. Aikuisen kuhan liikkeit ja elinympäristönvalinta Oulujoen Pyhäkosken patoaltaassa. Helsinki: Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, kala- ja riistaraportteja 224.

Weatherly, A.H. & Gill, H.S. 1987. The Biology of Fish Growth. London: Academic Press Inc.

**Sähköiset lähteet:**

Vapaa-ajan kalastaja 2007: 2000-luvun ennätyskalat lajeittain [viitattu 4.11.2007].  
Saatavissa: <http://www.vapaa-ajankalastaja.fi/ennatyskala/>

Ympäristökeskus 2007a. Vain harvoissa Kanta-Hämeen järvissä niukasti happea [viitattu 28.9.2007]. Saatavissa: [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > [Häme](#) > [Ajankohtaista](#) > [Tiedotteet](#) > [Tiedotteet 2006](#)

Ympäristökeskus 2007b. Tammelan Pyhäjärvi [viitattu 28.9.2007]. Saatavissa: [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > [Häme](#) > [Ympäristön tila](#) > [Pintavedet](#) > [Hämeen vesistöjä](#) > Tammelan Pyhäjärvi.

Ympäristökeskus 2007c. Loimijoki [viitattu 28.9.2007]. Saatavissa: [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > [Lounais-Suomi](#) > [Ympäristön tila](#) > [Sisävedet](#) > [Vesien tila vesistöi...](#) > Loimijoki

**Sähköpostiviestit:**

Pelkonen, Jari 20.9.2007. Tammelan järvien istutusrekisterit [tulostettu 8.11.2007].  
[jari.pelkonen@te-keskus.fi](mailto:jari.pelkonen@te-keskus.fi)

## LIITTEET

Pituusluokka (cm)	17.7.2007	26.7.2007	7.8.2007	14.8.2007	21.8.2007	Yhteensä
10_11,9						0
12_13,9		14				14 täynnä
14_15,9		8	5			13 täynnä
16_17,9		1		9		10 täynnä
18_19,9		4	2	1		7
20_21,9		2	2	2	1	7
22_23,9		15	11			26 täynnä
24_25,9		4	18			22 täynnä
26_27,9		1	4	3	2	10 täynnä
28_29,9		6	1	5		12 täynnä
30_31,9		5	6	1		12 täynnä
32_33,9		1	4	4	2	11 täynnä
34_35,9		2		1	5	8
36_37,9	3	1	3	4	1	12 täynnä
38_39,9	3	2	2	3		10 täynnä
40_41,9	2	3	2	2	4	13 täynnä
42_43,9		2	1			3
44_45,9	1				2	3
46_47,9			1	1		2
48_49,9	1					1
50_51,9	2				1	3
52_53,9						0
54_55,9						0
56_57,9	1					1
58_59,9						0
60_61,9						0
62_63,9						0
64_65,9						0
66_68			1			1
<b>Yhteensä</b>	<b>13</b>	<b>71</b>	<b>63</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>201</b>

Näytekalojen numerointi, pyyntipäivämäärät, painot, pituudet, sukupuolet ja ikäryhmät.

Numero	Pyyntipvm	Paino (g)	Pituus (cm)	Sukup.	Ikäryhmä
1	26.7.2007	14,8	12,2		1+
2	26.7.2007	14,8	12,4		1+
3	26.7.2007	15,5	12,6		1+
4	26.7.2007	15,7	12,7		1+
5	26.7.2007	17,6	12,9		1+
6	26.7.2007	17,7	13,1		1+
7	26.7.2007	18,2	13,2		1+
8	26.7.2007	17,4	13,2		1+
9	26.7.2007	17,4	13,3		1+
10	26.7.2007	17,7	13,4		1+
11	26.7.2007	18,8	13,6		1+
12	26.7.2007	18,8	13,7		1+
13	26.7.2007	21	13,9		1+
14	26.7.2007	18,6	13,9		1+
15	26.7.2007	22,4	14		1+
16	26.7.2007	20	14		1+
17	26.7.2007	21,1	14,2		1+
18	26.7.2007	22,2	14,4		1+
19	26.7.2007	23,7	14,5		1+
20	26.7.2007	20,8	14,5		1+
21	26.7.2007	22,7	14,6		1+
1	7.8.2007	22	14,6		1+
22	26.7.2007	21,6	14,8		1+
2	7.8.2007	26	15,1		1+
3	7.8.2007	23	15,1		1+
4	7.8.2007	26	15,4		1+
5	7.8.2007	27	15,9		1+
1	14.8.2007	29	16,1		1+
2	14.8.2007	29	16,1		1+
3	14.8.2007	29	16,2		1+
4	14.8.2007	32	16,2		1+
5	14.8.2007	35	16,5		1+
6	14.8.2007	33	16,9		1+
23	26.7.2007	37,3	17		1+
7	14.8.2007	34	17,1		1+
8	14.8.2007	35	17,2		1+
9	14.8.2007	35	17,3		1+
24	26.7.2007	42	18,2		1+
25	26.7.2007	54,5	19		2+
26	26.7.2007	55,8	19,1		2+
6	7.8.2007	51	19,3		2+
7	7.8.2007	53	19,6		2+
27	26.7.2007	54,6	19,7		2+
10	14.8.2007	55	19,7		2+
8	7.8.2007	58	20,2		2+
11	14.8.2007	58	20,2		2+
28	26.7.2007	61,8	20,7		2+

9	7.8.2007	64	20,7	2+
29	26.7.2007	69,8	20,85	2+
12	14.8.2007	67	21,7	2+
1	21.8.2007	77	21,9	2+
30	26.7.2007	78,7	22,1	2+
31	26.7.2007	80,4	22,2	2+
10	7.8.2007	82	22,2	2+
32	26.7.2007	95,6	22,3	2+
33	26.7.2007	95,4	22,5	2+
34	26.7.2007	91,3	22,5	2+
11	7.8.2007	84	22,5	2+
35	26.7.2007	82,5	22,6	2+
12	7.8.2007	87	22,6	2+
36	26.7.2007	88	22,7	2+
37	26.7.2007	92,4	22,8	2+
13	7.8.2007	88	22,8	2+
38	26.7.2007	85,8	22,9	2+
39	26.7.2007	96,1	22,9	2+
40	26.7.2007	85,4	22,9	2+
41	26.7.2007	92,4	23	2+
14	7.8.2007	85	23	2+
15	7.8.2007	91	23,2	2+
42	26.7.2007	101,6	23,3	2+
16	7.8.2007	99	23,3	2+
17	7.8.2007	96	23,3	2+
43	26.7.2007	99	23,5	2+
18	7.8.2007	98	23,5	2+
19	7.8.2007	105	23,6	2+
44	26.7.2007	100	23,8	2+
20	7.8.2007	99	23,9	2+
45	26.7.2007	105,1	24	2+
21	7.8.2007	101	24	2+
46	26.7.2007	111,6	24,1	2+
22	7.8.2007	95	24,1	2+
23	7.8.2007	101	24,1	2+
47	26.7.2007	116,3	24,2	2+
24	7.8.2007	104	24,6	2+
25	7.8.2007	112	24,6	2+
26	7.8.2007	112	24,6	2+
27	7.8.2007	113	24,6	2+
28	7.8.2007	108	24,7	2+
48	26.7.2007	114,6	24,8	2+
29	7.8.2007	106	24,8	2+
30	7.8.2007	119	24,8	2+
31	7.8.2007	113	25	2+
32	7.8.2007	118	25	2+
33	7.8.2007	118	25,1	2+
34	7.8.2007	117	25,2	2+
35	7.8.2007	118	25,2	2+

36	7.8.2007	124	25,3	2+
37	7.8.2007	122	25,6	2+
38	7.8.2007	121	25,7	2+
39	7.8.2007	128	26	2+
13	14.8.2007	138	26,1	2+
14	14.8.2007	126	26,3	2+
41	7.8.2007	126	26,5	2+
42	7.8.2007	141	26,7	2+
15	14.8.2007	140	26,8	2+
2	21.8.2007	143	26,8	2+
3	21.8.2007	146	27,1	2+
50	26.7.2007	172	28,2	2+
40	7.8.2007	133	26,4	3+
49	26.7.2007	172,1	27,5	3+
16	14.8.2007	172	28,2	3+
51	26.7.2007	203,4	28,9	3+
52	26.7.2007	199,5	29,5	3+
17	14.8.2007	202	29,5	3+
53	26.7.2007	210	29,7	3+
43	7.8.2007	200	29,7	3+
18	14.8.2007	162	29,7	3+
19	14.8.2007	194	29,7	3+
54	26.7.2007	208,9	29,8	3+
20	14.8.2007	191	29,8	3+
55	26.7.2007	197,6	29,9	3+
56	26.7.2007	224	30,2	3+
57	26.7.2007	213,3	30,3	3+
58	26.7.2007	227,4	30,4	3+
44	7.8.2007	207	30,6	3+
21	14.8.2007	206	30,8	3+
45	7.8.2007	231	30,9	3+
59	26.7.2007	257	31	3+
46	7.8.2007	235	31	3+
47	7.8.2007	249	31,2	3+
48	7.8.2007	240	31,4	3+
60	26.7.2007	263,5	31,5	3+
49	7.8.2007	235	31,7	3+
22	14.8.2007	260	32,5	3+
4	21.8.2007	246	32,5	3+
23	14.8.2007	246	32,6	3+
5	21.8.2007	265	32,9	3+
50	7.8.2007	280	33	3+
52	7.8.2007	267	33,4	3+
24	14.8.2007	281	33,5	3+
6	21.8.2007	323	34,2	3+
53	7.8.2007	341	34,3	3+
7	21.8.2007	317	34,5	3+
8	21.8.2007	369	35,2	3+
9	21.8.2007	355	35,3	3+

61	26.7.2007	270	32,3	4+
51	7.8.2007	279	33,3	4+
25	14.8.2007	279	33,7	4+
62	26.7.2007	356	34,6	4+
63	26.7.2007	346,8	34,9	4+
26	14.8.2007	361	35	4+
10	21.8.2007	351	35,9	4+
11	21.8.2007	422	36	4+
54	7.8.2007	355	36,2	4+
55	7.8.2007	385	36,3	4+
27	14.8.2007	380	36,4	4+
28	14.8.2007	402	36,6	4+
64	26.7.2007	373	36,9	4+
1	17.7.2007	364	37	4+
2	17.7.2007	398	37	4+
29	14.8.2007	391	37,4	4+
56	7.8.2007	407	37,5	4+
3	17.7.2007	419	37,6	4+
30	14.8.2007	433	37,9	4+
4	17.7.2007	450	38	4+
65	26.7.2007	450,7	38	4+
31	14.8.2007	433	38,1	4+
5	17.7.2007	431	38,5	4+
57	7.8.2007	500	38,7	4+
32	14.8.2007	423	38,9	4+
58	7.8.2007	456	39,3	4+
66	26.7.2007	529,4	39,5	4+
6	17.7.2007	478	39,8	4+
33	14.8.2007	486	39,8	4+
67	26.7.2007	552	40,1	4+
34	14.8.2007	554	41,1	4+
12	21.8.2007	547	41,1	4+
14	21.8.2007	614	41,6	4+
35	14.8.2007	594	41,7	4+
15	21.8.2007	817	41,7	4+
68	26.7.2007	524	40,3	5+
59	7.8.2007	568	40,4	5+
7	17.7.2007	509	41	5+
13	21.8.2007	600	41,3	5+
8	17.7.2007	540	41,4	5+
60	7.8.2007	569	41,4	5+
69	26.7.2007	630	41,7	5+
70	26.7.2007	620	42,1	5+
71	26.7.2007	695	43,3	5+
9	17.7.2007	758	45,1	5+
16	21.8.2007	817	45,5	5+
17	21.8.2007	737	45,6	5+
36	14.8.2007	827	46,6	5+
61	7.8.2007	720	42,5	6+

## LIITE 2\5 (5)

62	7.8.2007	804	46,3		6+
10	17.7.2007	1072	49,1		6+
18	21.8.2007	1136	50,5	naaras	6+
11	17.7.2007	1109	50,6	määrittelemätön	6+
12	17.7.2007	1165	51,6	naaras	6+
13	17.7.2007	1528	56	naaras	8+
63	7.8.2007	2579	66,7	naaras	9+



LIITE 3

Vuosisiluokkien 2001 - 2006 kasvujen keskiarvot, minimit, maksimit ja keskihajonnat esitettynä numeerisesti taulukoissa.

2001

kasvu1	kasvu2	kasvu3	kasvu4	kasvu5	kasvu6
7,16866	16,35624	26,1793	33,48905	39,61338	46,27312
min	min	min	min	min	min
6,468895	12,74689	19,22904	29,0935	34,5083	39,08202
max	max	max	max	max	max
7,675122	18,75465	30,33753	39,08492	45,78953	50,48067
sd	sd	sd	sd	sd	sd
0,428712	1,986154	3,949835	3,743086	3,757842	3,918694

2002

kasvu1	kasvu2	kasvu3	kasvu4	kasvu5
7,96685	19,56594	27,2663	33,72274	40,21769
min	min	min	min	min
7,159592	13,12571	20,56489	27,49426	36,65129
max	max	max	max	max
9,260755	24,64997	32,31264	38,27272	44,35124
sd	sd	sd	sd	sd
0,569279	2,65492	2,759838	2,845646	2,293165

2003

kasvu1	kasvu2	kasvu3	kasvu4
8,990632	15,89065	23,98497	33,66285
min	min	min	min
6,253677	13,17429	20,58158	27,59216
max	max	max	max
12,56299	20,97829	28,49594	39,21902
sd	sd	sd	sd
1,905228	2,095831	2,098846	2,70351

2004

kasvu1	kasvu2	kasvu3
7,504539	16,34532	27,35937
min	min	min
5,722831	14,37114	23,65921
max	max	max
11,69968	23,05442	31,23789
sd	sd	sd
1,394496	1,646242	1,668556

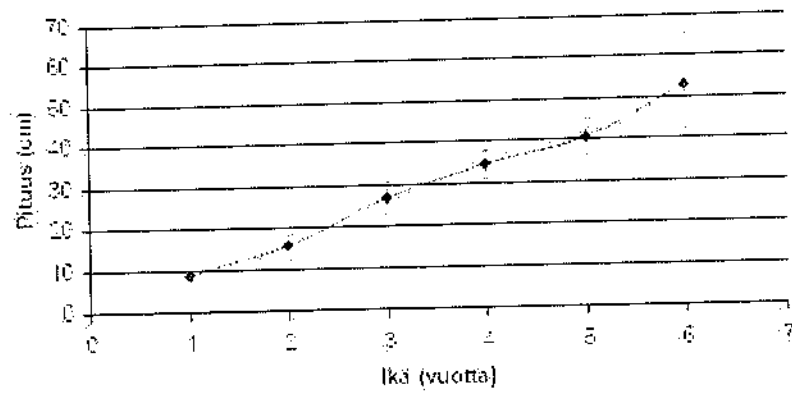
2005

kasvu1	kasvu2
7,125729	19,10255
min	min
5,973422	12,63831
max	max
12,30048	24,46345
sd	sd
1,042679	2,67729

2006

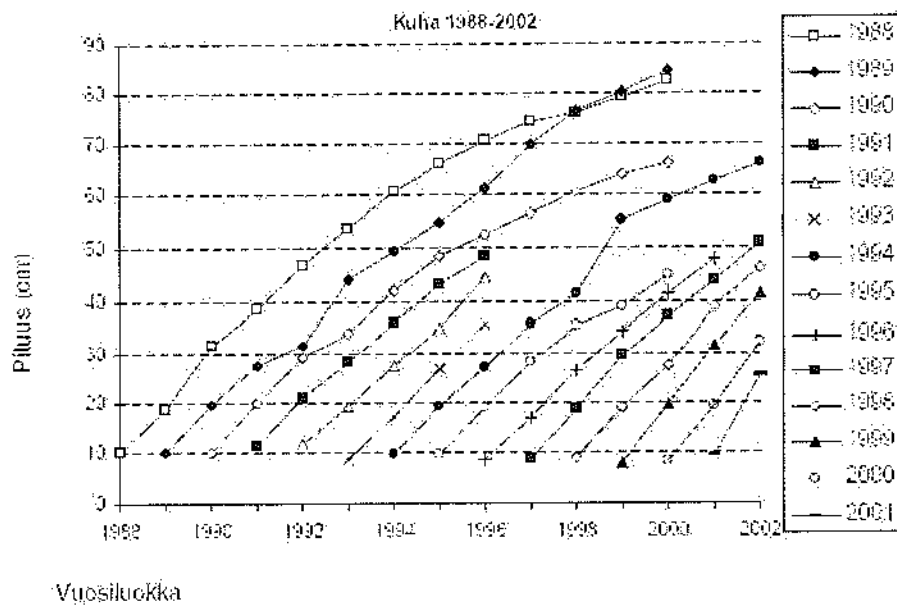
kasvu1
7,840771
min
6,956163
max
10,57772
sd
0,687988

Kuhan kasvutuloksia Lammin Pääjärvestä (Sairanen 2006, 23).



Kuva 23. Kujan takautuvasti lajitetun ikäryhmäkohtaiset keskipinnat Lammin Pääjärvestä vuonna 2002 sekä keskihajonnat ( $n = 101$ ).

Kuhan kasvutuloksia Tuusulanjärvessä (Olin & Ruuhijärvi (toim.) 2004, 49).



Kuva 5. Tuusulanjärven kuhan takautuvasti määritetty pituuskasvu vuosiluokittain 1988-2002.