

Tuusulanjärven lahna-, pasuri- ja särkikannat vuosina 2003-2009

Tutkimusraportti 29.4.2011

Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos/
akvaattiset tieteet¹ ja Suomen Ympäristökeskus²

Tommi Malinen¹
Heikki Peltonen²
Jouni Kervinen¹
Hannu Lehtonen¹

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	2
2. Aineisto ja menetelmät.....	2
2.1 Näytteenotto ja ikämääritykset.....	3
2.2 Populaatioanalyysi.....	3
2.3 Kantojen koon arviointi populaatioanalyysijaksoa edeltäville vuosille.....	4
2.4 Ennustava populaatioanalyysi.....	4
3. Tulokset.....	4
3.1 Lahnakanta vuosina 2005-2009.....	4
3.2 Särkikanta vuosina 2005-2009.....	6
3.3 Pasurikanta vuosina 2005-2009.....	7
3.4 Lämpösumman ja biomassan kasvun välinen suhde.....	9
3.5 Lahna- pasuri ja särkikantojen kehitys vuosina 2003-2009.....	10
3.6 Saalistavoitteet.....	12
4. Tulosten tarkastelu.....	13
5. Virhelähteet.....	15
6. Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimiksi.....	16
Lähdeluettelo.....	17

1. Johdanto

Tuusulanjärven kunnostusprojekti on maamme suurimpia järvien kunnostushankkeita, ja siihen kuuluvat sekä valuma-alueella (kosteikkopuhdistamot, yhteistyö viljelijöiden kanssa) että järvessä toteutettavat toimet (hapetus, tehokalastus). Kalakantojen vastetta tehokalastukseen on tutkittu hankkeen alusta asti verkkokoekalastuksin ja kaikuluotauksin (Olin & Rask 2000, Olin & Ruuhijärvi 2004, Malinen & Antti-Poika 2010, Ruuhijärvi & Vesala 2010). Nämä menetelmät eivät kuitenkaan mahdollistaneet tehokalastuksen kohteena olevien särkikalakantojen koon (lkm tai kpl hehtaarilla) laskemista, vaan tuottivat näiden lajien tiheydestä ainoastaan indeksitietoa. Niinpä vuonna 2005 aloitettiin Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymän rahoituksella tutkimushanke runsaimpien särkikalalajien määrän arvioimiseksi arvioimiseksi populaatioanalyysin avulla. Hanketta ovat rahoittaneet myös Maa- ja vesiteknikan tuki ry. ja Tuusulanjärven vesiensuojeluyhdistys ry. Kohdelajeiksi valittiin kilosaaliiltaan runsaimmat särkikalalajit; lahna, särki ja pasuri.

Tässä raportissa esitetään populaatioanalyysillä lasketut tulokset Tuusulanjärven lahna-, pasuri- ja särkikalakantojen kehityksestä vuosina 2005-2009 sekä karkeammat arvioit vuosille 2003-2004. Lisäksi raportissa pohditaan saalistavoitteen asettamista tuleville vuosille ja luodaan suuntaviivat kustannuksiltaan huomattavasti tutkimusjaksoa edullisemmalle seurantamenetelmälle. Jatkossa tuloksia tullaan vielä hyödyntämään monissa tutkimuksissa. Populaatioanalyysin antamia tuloksia voidaan esimerkiksi yhdistää koeverkkokalastuksen ja kaikuluotauksen tuloksiin, jolloin näidenkin menetelmien tuottaman tiedon arvo lisääntyy merkittävästi. Populaatioanalyysihanke on myös tuottanut paljon aineistoa kalojen kasvusta. Tätä tietoa voidaan käyttää mm. arvioitaessa ympäristötekijöiden, kuten lämpötilan, ja kalakantojen tilan vaikutuksia kalantuotantoon.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1 Näytteenotto ja ikämääritykset

Kalanäytteet populaatioanalyysin laatimista varten otettiin syysnuottapyynnistä syys-joulukuussa sekä muutamista talvella tehdyistä vedoista (tammi-helmikuu). Näytteet pyrittiin ottamaan jokaisesta nuotta-apajasta. Mikäli tutkijan tekemään näytteenottoon ei ollut mahdollisuutta esimerkiksi viikonlopun takia, pyydettiin näytteet kalastajilta. Näin menetellen saatiin näytteenoton piiriin yli 95 % nuottavedoista. Kaikkiaan näytteet otettiin 255 nuottavedosta (taulukko 1). Lopuista vedoista arvioitiin lajijakauma edellisten ja seuraavien vetojen perusteella. Nuottavedon saaliin koostumus määritettiin siten, että ensin saalis tyhjennettiin tasapohjaiseen nuottaveneeseen. Tämän jälkeen saalis sekoitettiin lapiolla. Seuraavaksi painettiin kalamassan läpi pinta-alaltaan yhden neliömetrin suuruinen kehikko, jonka sisälle joutuneet kalat otettiin näytteeksi. Menettelyllä saadaan poistettua erikokoisten kalojen kerrostumisen aiheuttama harha, koska näyte sisälsi sekä pinnalle että pohjalle lajittuneet kalat.

Rannalla kalanäyte lajiteltiin lajeittain suuriin (yli 20 cm) ja pieniin (alle 20 cm) kaloihin, joiden paino punnittiin erikseen pienten ja suurten suhteellisten osuuksien arvioimiseksi. Molemmista ryhmistä otettiin ikänäytteet. Lisäksi otettiin kattava pituusjakaumanäyte mahdollisesti myöhemmin tehtävää ikä-pituusavainta (Ricker 1975) varten. Ikämääritykset tehtiin kaikista yli 20 cm mittaisista kaloista. Pienemmistä kaloista tehtiin ainakin noin 400 ikämääritystä lajia kohti vuodessa (taulukko 1). Kaikkiaan

ikänyytteitä määritettiin 11524 kappaletta. Valtaosa määryksistä tehtiin suomun perusteella, mutta vaikeimpien tapauksien kohdalla ikä varmistettiin hartian lukkoluusta.

Taulukko 1. Nuottanäytteiden ja ikämäärytysten lukumäärät vuosittain.

	Nuotta- näytteet	Ikämäärytykset		
		Särki	Lahna	Pasuri
2005	71	1011	1010	1011
2006	41	990	1033	449
2007	42	384	994	606
2008	44	412	1068	500
2009	57	553	983	520
yhteensä	255	3350	5088	3086

2.2 Populaatioanalyysi

Tuusulanjärven särjen, lahnan ja pasurin runsaus sekä kantojen kehitys vuosina 2005-2009 määritettiin ikäryhmittäin kohorttiallyysillä (Pope 1972), joka on populaatioanalyysin (virtual population analysis, VPA) sovellus. Menetelmässä lasketaan, millainen populaation koon ja ikäjakauman on täytynyt olla, jotta on voitu saada tunnetut saaliit. Lyhyen suomenkielisen johdatuksen aiheeseen ja esimerkin kohorttiallyysistä tarjoaa Rahikainen (1999). Analyysissä käytetään lähtötietoina vuosittaisia ikäryhmäkohtaisia kappalemääriä saaliita. Malli aloitettiin särjellä ikäryhmästä 0+ (yksikesäiset) sekä lahnalla ja pasurilla ikäryhmästä 1. Nuorin ikäryhmä jätettiin näiden lajien laskelmista pois, koska pienten lahnojen ja pasurien erottelu oli liian työlästä.

Oletuksina malliin tarvitaan myös arviot luonnollisesta kuolevuudesta (=muun kuin nuottakalastuksen aiheuttama kuolevuus) ja viimeisen vuoden kalastuskuolevuudesta. Tuusulanjärven malleissa valittiin hetkelliseksi luonnolliseksi kuolevuudeksi (M) lahnalle 0,15 sekä särjelle ja pasurille 0,2. Nämä arvot tarkoittavat sitä, että luonnollisista syistä kuolee vuoden aikana 14 % lahnoista sekä 18 % särjistä ja pasureista ($1 - \exp(-M)$). Koska pienillä kaloilla tiedetään olevan huomattavasti suurempi riski joutua petokalojen saaliiksi kuin suuremmilla, oletettiin malliin mukaan otettujen nuorimpien ikäryhmien (särjellä 0+ sekä lahnalla ja pasurilla 1+) eloonjäännin (ilman kalastuksen vaikutusta) olevan puolet vanhempien kalojen eloonjäännistä. Näin ollen yksikesäisille särjille ja yksivuotiaille pasureille käytettiin luonnollisen kuolevuuden arvoa 0,89 ja yksivuotiaille lahnoille arvoa 0,84.

Lahnan ja pasurin viimeisen vuoden kalastuskuolevuudet (=terminaalikuolevuudet) arvioitiin aiempien vuotuisten ikäryhmäkohtaisten kalastuskuolevuuksien perusteella sekä iän ja kalastuskuolevuuden välille sovitetulla mallilla, jolle etsittiin iteratiivisesti stabiili ratkaisu. Särjen osalta vaikutti ilmeiseltä, että kalastus oli ollut erittäin tehontonta vuosina 2007 ja 2008, eikä vuosien yli laskettua keskiarvoa voitu pitää hyvänä arviona varsin onnistuneen vuoden 2009 kalastuskuolevuudelle. Tämän takia vuoden 2009 kalastuskuolevuus arvioitiin vuoden 2005 ja 2009 pyyntiponnistustietojen (nuottavetojen lkm) avulla olettaen, että pyydystettävyys (=yhden nuottavedon aiheuttama kalastuskuolevuus) oli samansuuruinen näinä vuosina (molempina vuosina kalastamassa oli nuottaporukka Kiiskilä & Hautala). Tämäkin laskenta tehtiin iteratiivisesti. Kalastuskuolevuuksiin ei ollut mahdollista sisällyttää muun kalastuksen kuin nuottapyynnin aiheuttamaa kuolevuutta tarvittavien tietojen puuttuessa. Tämän kuolevuuden ajateltiin sisältyvän luonnollisen kuolevuuden arvoon.

Analyysin tuloksena saatiin arviot kalakantojen koosta (biomassa ja yksilömäärät ikäryhmittäin) kunakin aineiston hankintavuotena. Populaatioanalyysin kanta-arviot tarkentuvat alkua kohti, eli lähtötilanteen (vuosi 2005) estimaatit ovat kaikkein tarkimpia.

2.3 Kantojen koon arviointi populaatioanalyysijaksoa edeltäville vuosille

Tuloksia laskettaessa havaittiin, että populaatioanalyysillä laskettu kalabiomassan kasvu vaikutti noudattavan kesän lämpötilaa. Esimerkiksi lämpimänä kesänä 2006 biomassa kasvoi voimakkaasti, mutta kylmänä kesänä 2008 vain vähän. Niinpä päätettiin kokeilla populaatioanalyysijaksoa edeltävien kahden vuoden (2003 ja 2004) kantojen koon arviointia kesän lämpösumman ja populaatioanalyysillä lasketun biomassan kasvun välisen riippuvuuden avulla. Lisäksi laskennassa käytettiin pyydys- ja lajikohtaisia kilo- ja kappalesaaliita sekä populaatioanalyysistä saatua arviota luonnollisen kuolevuuden aiheuttamasta biomassan poistumasta. Menetelmä on huomattavasti itse populaatioanalyysiä karkeampi ja sen antamia tuloksia voidaan pitää ainoastaan suuntaa antavina. Tässä analyysissä jouduttiin yhdistämään lahnat ja pasurit ”lahnakalat”-luokaksi. Koska vuosina 2003 ja 2004 saatiin merkittävä osa saaliista rysällä, tuli tämän kevätpyynnin ajoittuminen ottaa huomioon. Vuoden 2005 pieni rysäsaalis oletettiin merkityksettömäksi laskujen yksinkertaistamiseksi.

2.4 Ennustava populaatioanalyysi

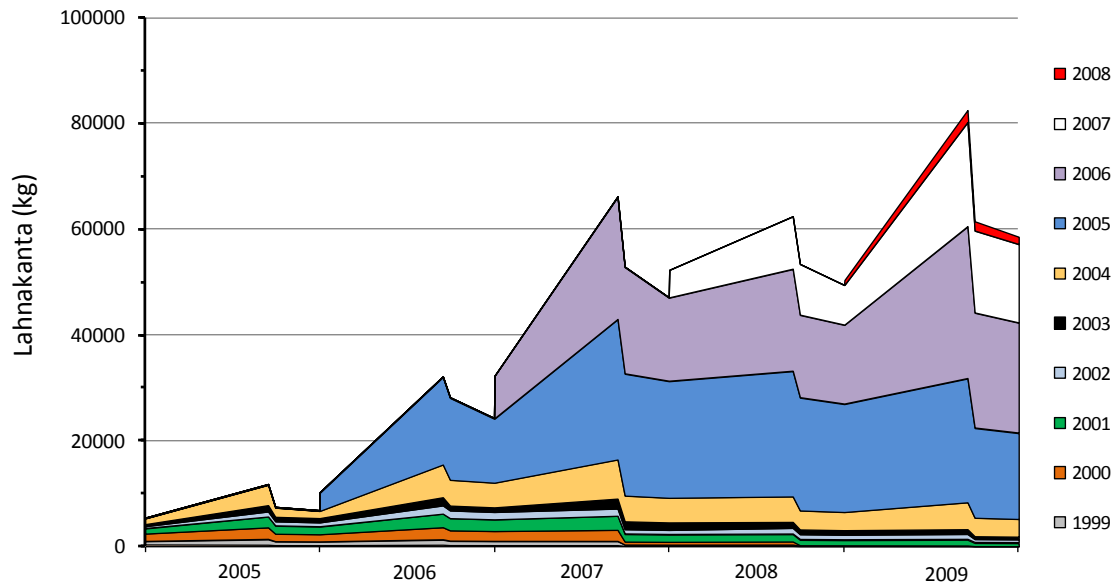
Ikäjakamiin perustuvan populaatioanalyysin avulla voidaan myös ennustaa kalakantojen muutokset seuraavina vuosina. Tällöin laskenta tapahtuu ajassa eteenpäin eikä taaksepäin kuten tavallisessa analyysissä (Horppila & Peltonen 1994). Vuosiluokista, joita on kalastettu useita vuosia, on kertynyt paljon aineistoa, joten niiden osalta runsausarviot ja ennusteet ovat luotettavimmat. Nuorempien vuosiluokkien ennusteisiin liittyy suurempaa epävarmuutta. Koska kaikkein nuorimpien lahna- ja särkivuosisluokkien runsaudesta ei vielä ole lainkaan havaintoja, oletettiin nuorimman ikäryhmän runsaus keskimääräiseksi (Horppila & Peltonen 1994). Myös kalojen kasvun oletettiin olevan yhtä nopeaa kuin keskimäärin vuosina 2005-2009. Mallilla laskettiin, kuinka suuria saaliita pitäisi kannoista keskimäärin kalastaa vuosittain, jotta niiden koot kääntyisivät laskuun.

3. Tulokset

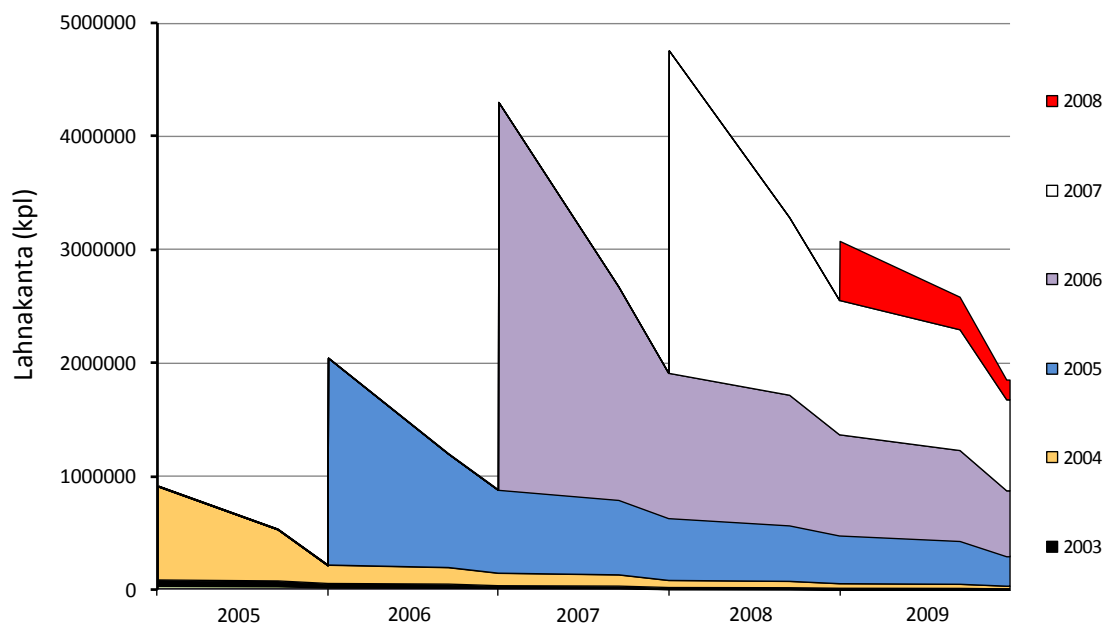
3.1 Lahnakanta vuosina 2005-2009

Populaatioanalyysin mukaan Tuusulanjärven lahnakannan biomassa nousi seurantajakson aikana kymmenkertaiseksi ollen vuoden 2009 lopussa n. 60000 kg, eli n. 100 kg/ha pinta-alaa kohti laskettuna (kuva 1). Lahnojen yksilömäärä kasvoi yhdestä kahteen miljoonaan vuoden 2009 loppuun mennessä. Pinta-alaa kohti laskettuna 1-vuotiaita ja vanhempia lahnoja oli tällöin yli 6000 hehtaarilla. Lahnabiomassa kääntyi nousuun vuosina 2006 ja 2007 kalastuksen epäonnistuttua ja lahnojen kasvun nopeuttua. Vuonna 2008 kannan kasvu tasaantui viileän kesän aiheuttaman huonon vuosiluokan ja hidastuneen kasvun ansiosta. Kesällä 2009 biomassa kasvoi voimakkaasti ollen suurimmillaan n. 80000 kg (140 kg/ha), mutta syksyn tehokas kalastus poisti tästä suuren osan. Vuosiluokan 2008 vähäisyys saaliissa ja pieni kanta-arvio saattaa johtua viileän kesän aiheuttamasta hitaasta kasvusta. Jos lahnan-

poikaset ovat kasvaneet normaalia hitaammin, niitä on saattanut tulla keskimääräistä pienempi osa pyynnin kohteeksi vuonna 2009. Normaalisti lahnat näyttäisivät tulevan pyynnin kohteeksi jo 1-vuotiaina. On ilmeistä, että vuoden 2010 kasvukauden alun lahnabiomassa on ollut suurempi kuin kertaa-kaan seurantajakson vuosina vastaavana ajankohtana.



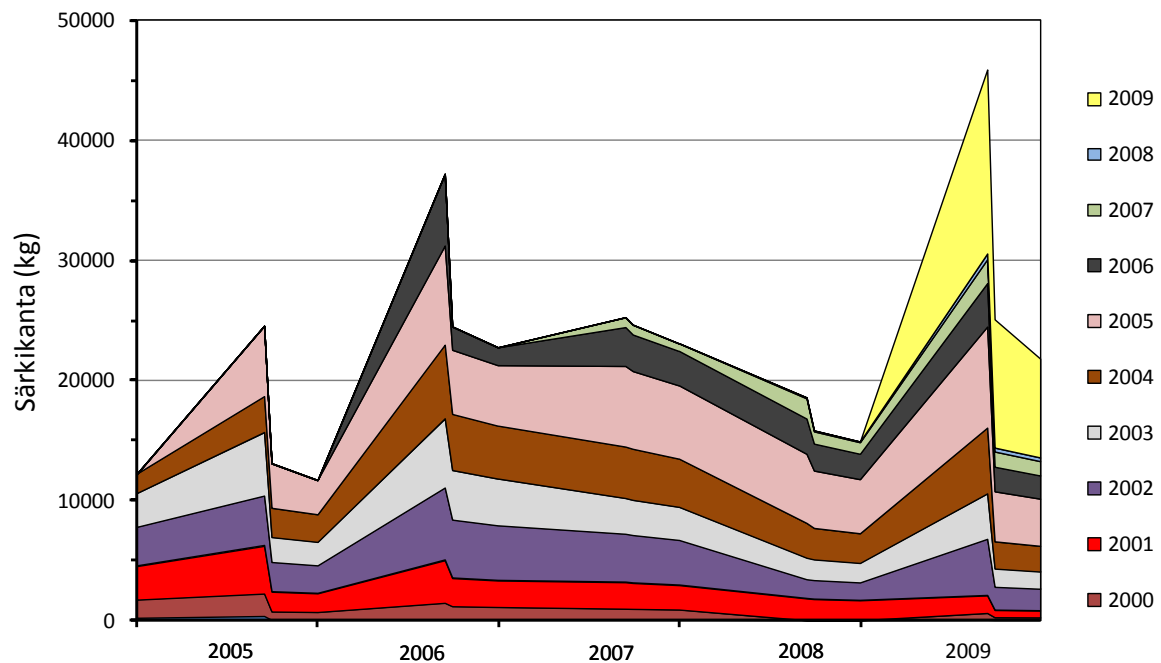
Kuva 1. Tuusulanjärven lahnakannan biomassin kehitys vuosina 2005-2009 populaatioanalyysin mukaan. Vuosisluokat on erotettu toisistaan väreillä.



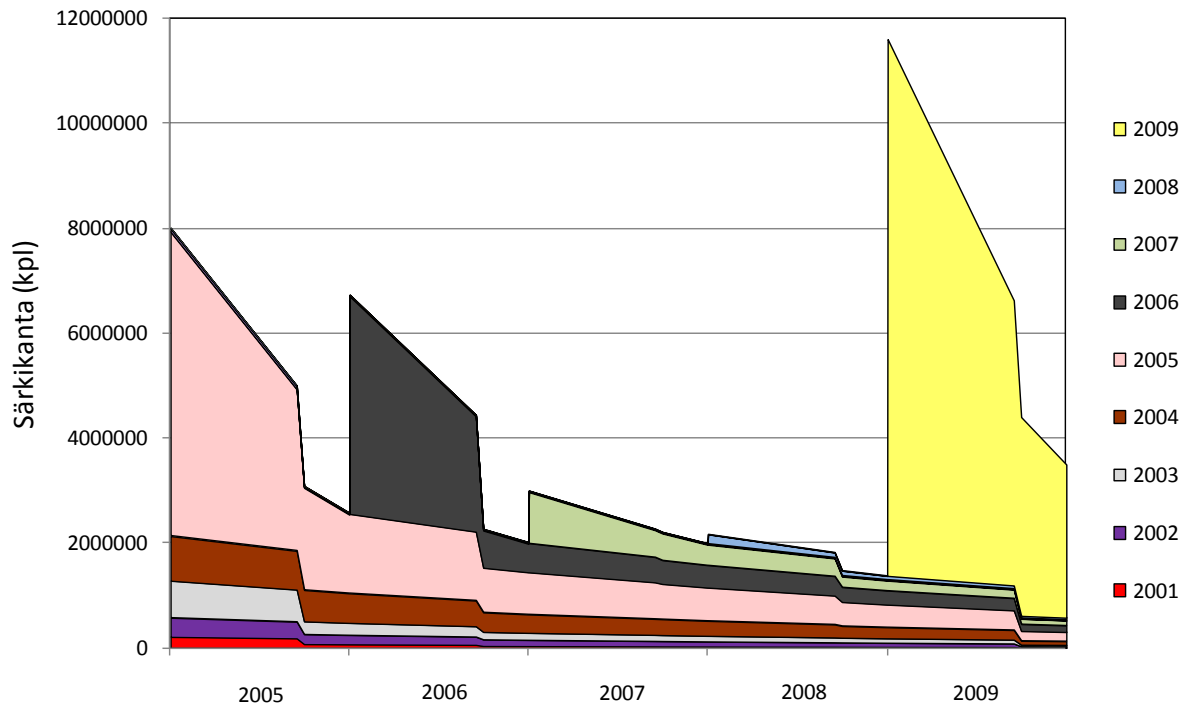
Kuva 2. Tuusulanjärven lahnakannan yksilömäärän kehitys vuosina 2005-2009 populaatioanalyysin mukaan.

3.2 Särkikanta vuosina 2005-2009

Populaatioanalyysin mukaan särkikannan biomassa oli vuoden 2005 alussa n. 13000 kg eli n. 22 kg/ha. Vastaavan ajankohdan lukumääräarvio ei ole vertailukelpoinen esimerkiksi lahnakanta-arvion kanssa, koska se sisältää painoltaan 0-grammaiset 0-vuotiaat särjet. Paremman vertailukohdan tarjoaa syyskuun puoliväli, jolloin kannan biomassa oli n. 25000 kg ja lukumäärä n. 5 miljoonaa yksilöä (kuvat 3 ja 4). Koska vuosiluokat 2007 ja 2008 olivat erittäin heikkoja, kannan yksilömäärä väheni tuntuvasti ollen alhaisimmillaan n. 1,4 miljoonaa vuoden 2008 syksyllä. Biomassakin laski, muttei niin paljon kuin yksilömäärä. Kalastuksen osuus kannan vähenemästä oli varsin pieni. Vuonna 2009 syntyi jälleen runsas vuosiluokka. Syksyllä ennen kalastusta kannan biomassa oli n. 46000 kg ja yksilömäärä n. 6,6 miljoonaa. Kalastus ja luonnollinen kuolevuus laskivat biomassaa siten, että vuoden 2009 lopussa se oli enää n. 22000 kg eli 37 kg/ha. Merkillepantavaa on, että Tuusulanjärven särkikanta koostui koko jakson ajan hyvin pienistä ja nuorista kaloista. Särkien keskipaino oli kaikkina tutkimusvuosina alle 10 g.



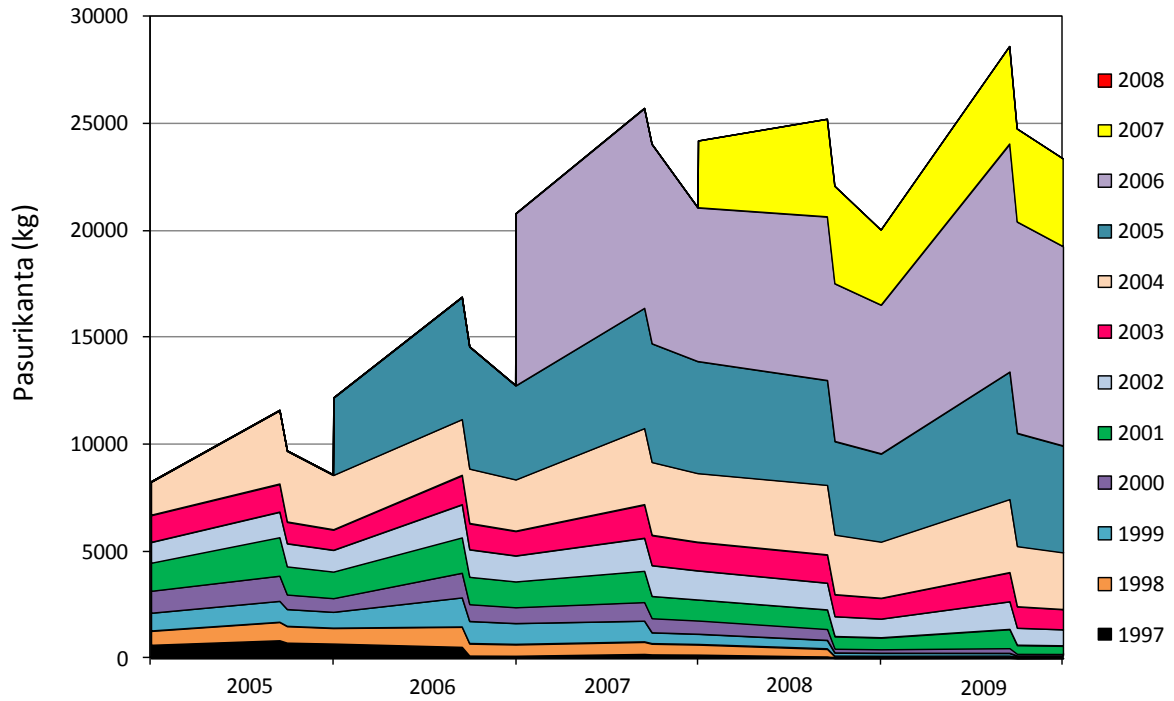
Kuva 3. Tuusulanjärven särkikannan biomassan kehitys vuosina 2005-2009 populaatioanalyysin mukaan. Vuosiluokat on erotettu toisistaan väreillä.



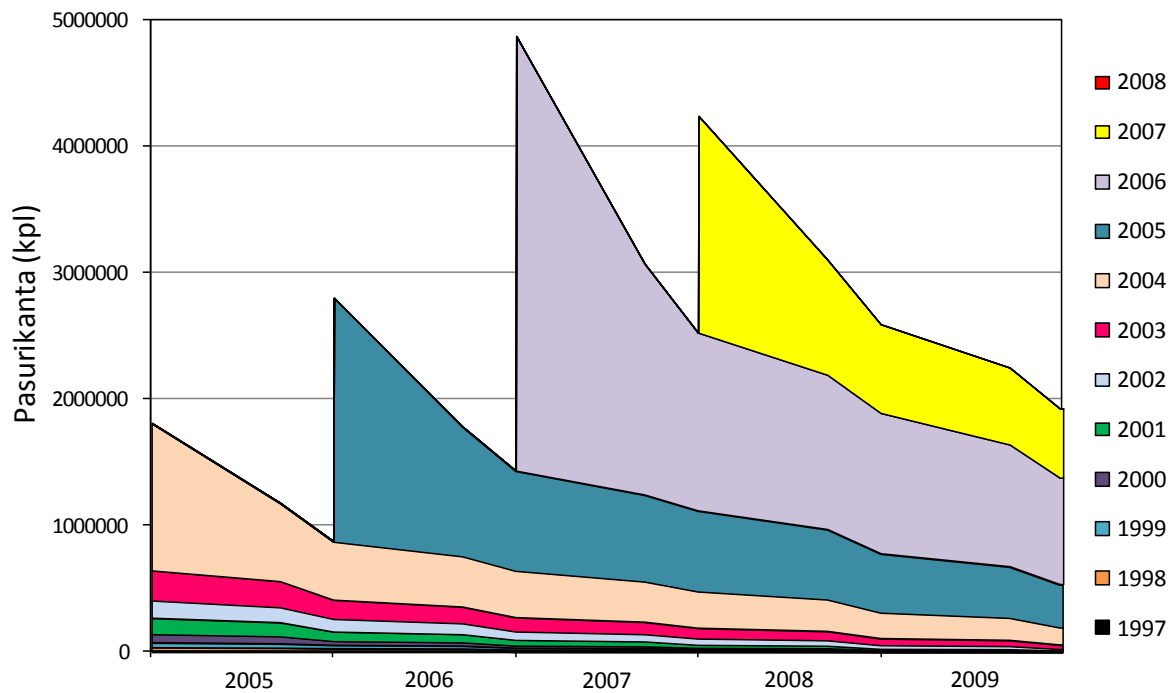
Kuva 4. Tuusulanjärven särkikannan yksilömäärän kehitys vuosina 2005-2009 populaatioanalyysin mukaan.

3.3 Pasurikanta vuosina 2005-2009

Tuusulanjärven pasurikannan biomassa kasvoi seurantajaksolla lähes kolminkertaiseksi ollen vuoden 2009 lopussa n. 23000 kg eli n. 40 kg/ha. Pääpiirteissään kanta kehittyi samaan tapaan kuin lahna-kanta: voimakas kasvu vuoteen 2008 asti, jolloin viileä kesä taltutti kasvun. Tämän jälkeen biomassa on pysynyt samalla tasolla ja yksilömäärät ovat jopa pienentyneet. Vuoden 2010 alussa yksilömäärä oli suunnilleen samalla tasolla kuin jakson alussa, vuonna 2005. Hitaan kasvun takia pasurit tulevat pyynnin kohteeksi paljon myöhemmin kuin särjet ja lahnat. Populaatioanalyysin kalastuskuolevuus-estimaattien mukaan alle viisivuotiaat pasurit ovat ainoastaan osittain pyynnin kohteena. Tällä selittyy myös vuosiluokan 2008 täydellinen puuttuminen näytteistä. Vuonna 2008 syntyneet pasurit ovat todennäköisesti kasvaneet viileän kesän takia normaalia hitaammin, eivätkä ole tulleet pyynnin kohteeksi vielä vuonna 2009.



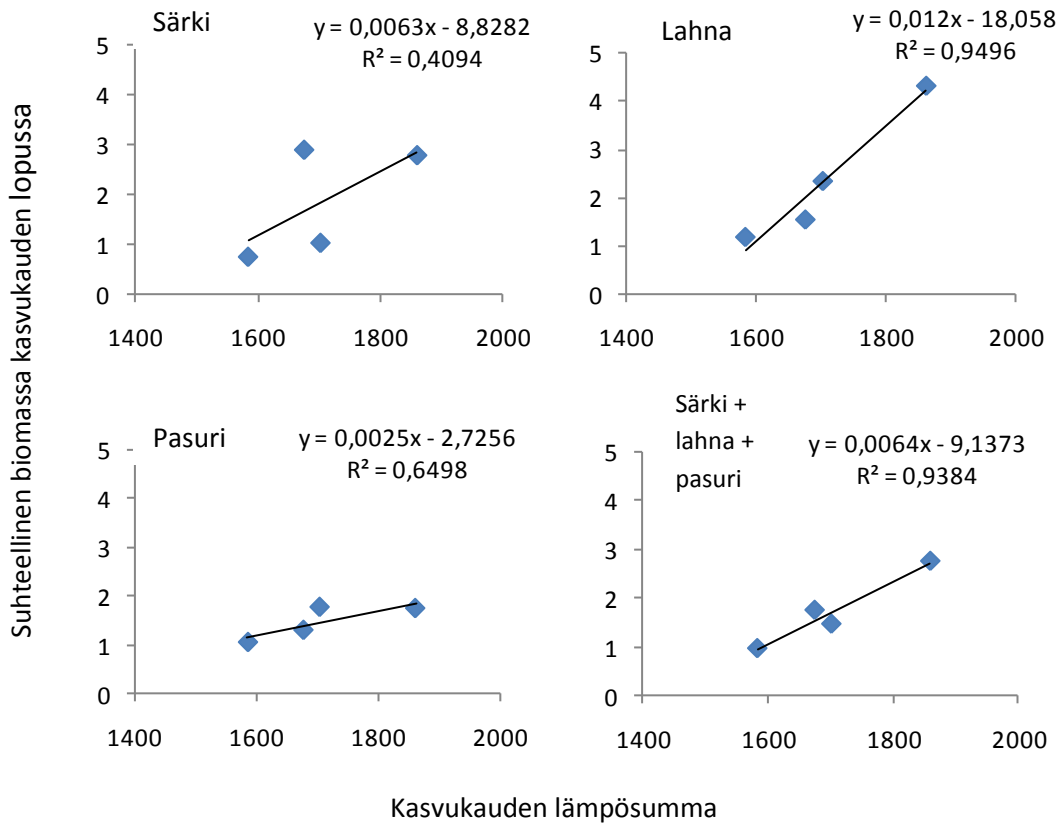
Kuva 5. Tuusulanjärven pasurikannan biomassin kehitys vuosina 2005-2009 populaatioanalyysin mukaan. Vuosiluokat on erotettu toisistaan väreillä.



Kuva 6. Tuusulanjärven pasurikannan yksilömäärän kehitys vuosina 2005-2009 populaatioanalyysin mukaan.

3.4 Lämpösumman ja biomassan kasvun välinen suhde

Lämpösumman (kesäkuun alku - syyskuun puoliväli) ja populaatioanalyysillä lasketun biomassan kasvun välinen riippuvuus osoittautui hämmästyttävän voimakkaaksi, varsinkin kokonaisbiomassan kannalta ratkaisevassa asemassa olevalla lahnalla (kuva 7). Riippuvuuden olemassaolo antoi mahdollisuuden arvioida karkeasti kantojen kehitystä myös populaatioanalyysiä edeltävinä vuosina 2003 ja 2004.

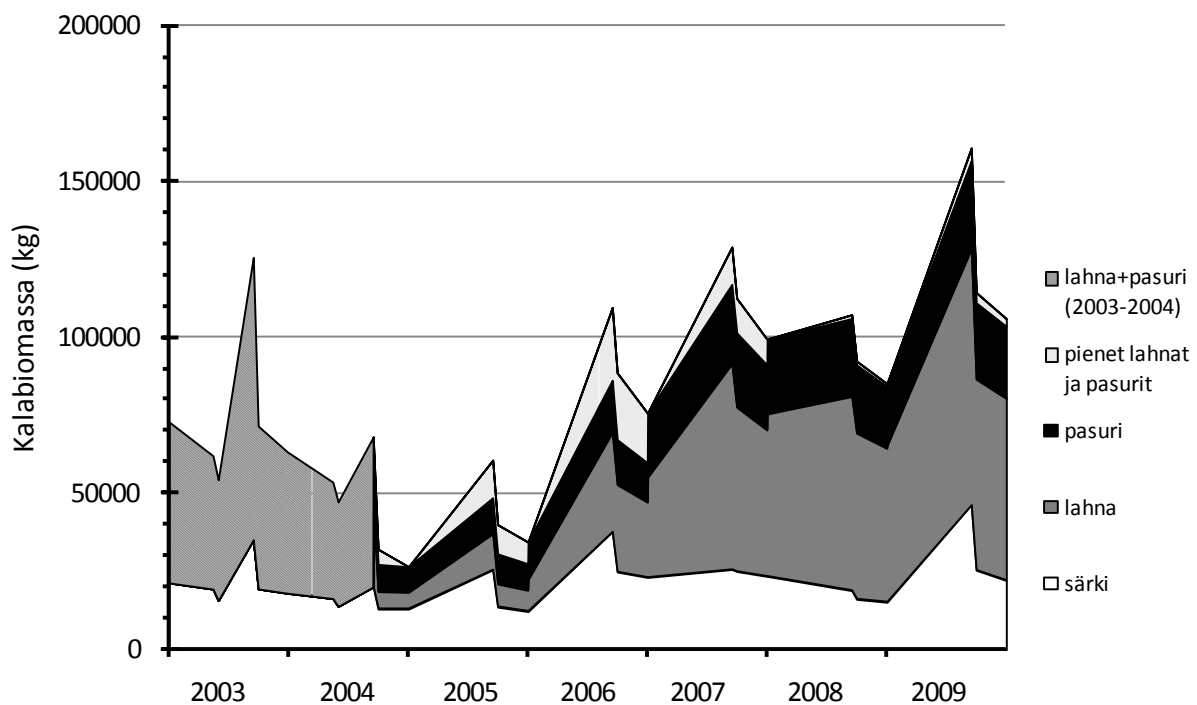


Kuva 7. Lämpösumman ja biomassan kasvun välinen riippuvuus vuosina 2006-2009. Suhteellinen biomassa kasvukauden lopussa on laskettu syyskuun puolivälin biomassan (tilanne juuri ennen kalastusta) ja edellisen vuoden syysnuottauksen loppumisen jälkeisen biomassan suhteena.

3.5 Lahna-, pasuri- ja särkikantojen kehitys vuosina 2003-2009

Kaikkien kolmen kohdelajin yhdistetyt arviot antavat parhaan käsityksen Tuusulanjärven kalakantojen kehityksestä. Yhdistetyt arviot ovat myös kalastuksen kannalta käytännöllisiä, koska näitä lajeja kalastetaan samanaikaisesti. Esimerkiksi lahnaa kalastettaessa ei voida välttyä pasureilta ja päinvas-toin. Kun populaatioanalyysillä laskettuihin arvoihin liitetään karkeammin arvioidut vuosien 2003 ja 2004 kantojen koot, saadaan hyvä kuva kannoissa tapahtuneista muutoksista seitsemän vuoden ajalta (kuva 8). Vuosina 2003 ja 2004 kalastus oli niin tehokasta, että kantojen biomassa laski selvästi ollen alhaisimmillaan keväällä 2005 (n. 25 tonnia eli 40 kg/ha). Vuoden 2006 lämmin kesä ja epäon-

nistunut kalastus (taulukko 2) päästivät biomassan kasvuun, joka jatkui myös vuonna 2007. Kasvukauden lopussa 2007 biomassa oli noin 130 tonnia eli 220 kg/ha. Tätä seurasi kuitenkin kylmä kesä 2008, jolloin kasvu taantui. Syksyn kalastus ja luonnollinen kuolevuus laskivat biomassan noin 85 tonniin, mutta vuonna 2009 alkoi jälleen nopea biomassan kasvu. Kasvukauden lopussa 2009 saavutettiin koko jakson suurin biomassa, n. 160 tonnia eli 270 kg/ha. Syksyn nuottapyynti leikkasi tästä huomattavan osan, mutta biomassan lähtötaso vuoden 2010 kasvukauden alussa oli suurempi kuin kertaakaan vuoden 2002 jälkeen. Kuvan 8 informaatio on tiivistetty yksinkertaisempaan muotoon kuvassa 9, josta havaitaan helposti kunkin vuoden maksimibiomassa kasvukauden lopussa sekä kalastuksen ja syksyn luonnollisen kuolevuuden jälkeen jäljelle jäänyt biomassa.

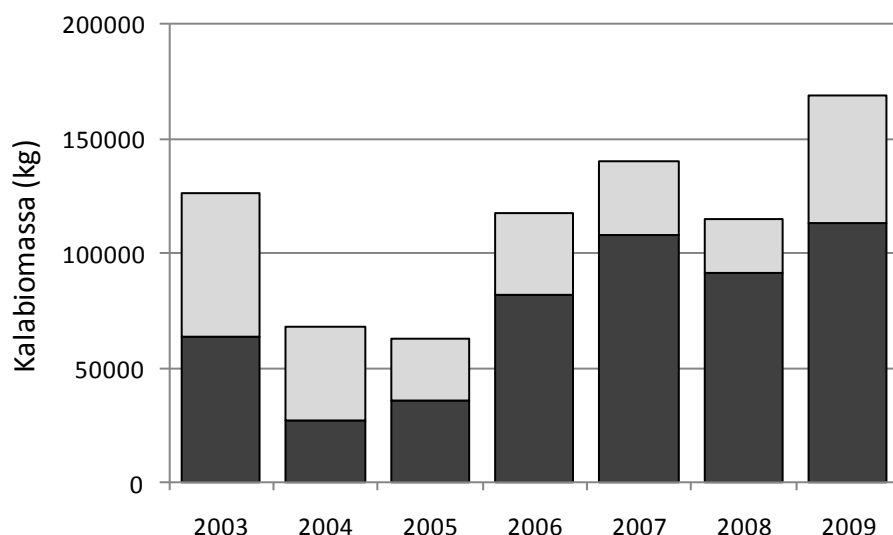


Kuva 8. Tuusulanjärven särki-, lahna- ja pasurikantojen biomassan kehitys vuosina 2003 – 2009. Vuosien 2005-2009 arviot perustuvat populaatioanalyysiin ja vuosien 2003 - 2004 arviot perustuvat populaatioanalyysin tuottamaan tietoon kantojen dynamiikasta (mm. kesän lämpösumman ja biomassan kasvun riippuvuuteen). Vuosien 2005-2009 arvioissa on eroteltu myös karkeammin arvioitu luokka "pienet lahnat ja pasurit", jolla tarkoitetaan alle 7,5 cm:n pituisia lahnoja ja pasureita.

Taulukko 2. Särki-, lahna- ja pasurikannan suhteelliset biomassat kasvukauden lopussa (kasvukauden lopun biomassan suhde kesäkuun alun biomassaan). Vuosien 2003 ja 2004 luvut on laskettu lämpösumman ja biomassan kasvun välisen riippuvuuden perusteella. Lisäksi taulukossa on esitetty poistetun biomassan osuus kokonaisbiomassasta sekä laskennallisesti biomassan kasvun estävät¹ ja toteutuneet saaliit.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
lämpösumma	1703	1611	1710	1860	1702	1584	1675
särki	2,3	1,5	2,2	3,5	1,2	0,9	3,4
lahna ja pasuri	2,3	1,4	3,2	4,0	2,4	1,4	2,0
yhteensä kaikki 3 lajia	2,3	1,4	2,7	3,9	2,0	1,3	2,3
nuotattu biomassa (%)	43	53	34	19	13	14	29
rysällä saatu bm (%)	12	12	<1	0	0	0	0
biomassan kasvun estävä saalis (kg) ¹	-	-	29000	70000	40000	0	69000
toteutunut saalis (kg)	54000	35000	20000	18000	12000	16000	40000

¹vuotuisen luonnollisen kuolevuuden aiheuttama poistuma on huomioitu



Kuva 9. Tuusulanjärven särki-, lahna- ja pasurikantojen vuotuiset biomassat kasvukauden lopussa (tumma + vaalea pylväs) ja vuoden lopussa, kun syysnuottauksen saalis ja luonnollinen kuolevuus on huomioitu (tumma pylväs).

Tuusulanjärven särkikalojen tuotanto on todella suuri, kasvukauden aikana särjen, lahnan ja pasurin biomassa kasvaa keskimäärin reilusti yli kaksinkertaiseksi. Toisaalta vuosien välinen vaihtelu on myös suurta: lämpimänä kesänä 2006 näiden kolmen lajin yhteenlaskettu biomassa nelinkertaistui, mutta viileänä kesänä 2008 se pysyi lähes ennallaan. Kun otetaan huomioon kalastuksen aiheuttama poistuma, biomassa laski vuosina 2003, 2004 ja 2008. Muina vuosina saalis alitti selvästi kantojen tuotannon. Biomassan kasvun estävä saalis tuntuu suurelta esimerkiksi vuonna 2009 (taulukko 2). Tämä selittyy osaltaan kannan suurella biomassalla kasvukauden alussa. Jos vuodesta 2005 alkaen olisi vuosittain onnistuttu kalastamaan suunnilleen biomassan vuotuista kasvua vastaava saalis, olisivat lähtöbiomassa ja tarvittava saalis olleet vuonna 2009 samalla tasolla kuin vuonna 2005 – eli laskennallisesti noin 30 tonnin saalis olisi riittänyt estämään kannan kasvun.

3.6 Saalistavoitteet

Kantojen pienenemiseen aikavälillä 2010-2014 tarvittavia saaliita arvioitiin simuloimalla tilannetta, jossa kalastus lopetetaan, kun tietty vuotuinen saalistavoite saavutetaan. Eteenpäin laskevalla populaatioanalyysillä laskettiin saalistaso, jolla kannan koko pysyy nykyisen suuruisena. Tätä, ns. tasapainosaalista suuremmilla saaliilla kannan koko pienenee ja vastaavasti pienemmillä saaliilla kasvaa viiden vuoden aikana. Laskentatapa on käyttökelpoinen arvioitaessa mitä suuruusluokkaa saaliiden tulisi olla, että kanta ei lähtisi kasvuun. Lahnan tasapainosaalis oli populaatioanalyysissä käytetyillä arvoilla n. 27000 kg, särjen n. 18000 ja pasurin n. 6000 kg (taulukko 3). Yhteensä näitä lajeja pitäisi kalastaa keskimäärin hiukan yli 50 tonnia vuodessa. On muistettava, että tasapainosaalis riippuu kannan koosta – jos kantaa olisi kalastettu tehokkaasti ja biomassa olisi pienetty pienenä, olisi myös tasapainosaalis paljon pienempi. Koska tasapainosaaliin arvoon vaikuttavat populaatioanalyysissä käytetyt oletukset luonnollisesta kuolevuudesta, laskelmien herkkyyttä kokeiltiin useilla luonnollisen kuolevuuden arvoilla (taulukko 3). Lahnan ja pasurin tasapainosaaliisiin nämä arvot vaikuttivat hyvin vähän, mutta särkikanta-arvioon selvästi enemmän.

Lahna-, pasuri- ja särkikantojen biomassa on tutkimusjakson aikana kasvanut selvästi, eikä tutkimuksen alussa tehty tavoitteenasettelu (tasapainosaaliit) ole enää sopiva Tuusulanjärvelle. Kantojen biomassaa tulisi ensin vähentää tuntuvasti muutaman vuoden tehokkaalla kalastuksella, jotta päästäisiin kevyempään, kantojen kasvun estävään hoitokalastusvaiheeseen. Tällöinkään tasapainosaalisajattelu ei ole kovin hyödyllistä, koska Tuusulanjärven särkikalojen biomassan vuotuinen kasvu vaihtelee voimakkaasti kesän lämpötilan mukaan (kuva 7 ja taulukko 2). Populaatioanalyysin mukaan biomassan kasvun estävät vuotuiset saaliit vaihtelivat nolasta 70 tonniin vuosina 2005-2009.

Taulukko 3. Tuusulanjärven lahna-, särki- ja pasurikantojen vuotuiset tasapainosaaliit (kg) erilaisilla luonnollisen kuolevuuden (M) ja nuorten (lahnalla 1-vuotiaat ja särjellä 0-vuotiaat) eloonjäännin arvoilla. Nuorten eloonjäänti on ilmaistu prosentteina vanhempien luonnollista kuolevuutta (M) vastaavasta eloonjäännistä. Populaatioanalyysiin valittujen yhdistelmien tuottamat saaliit on lihavoitu.

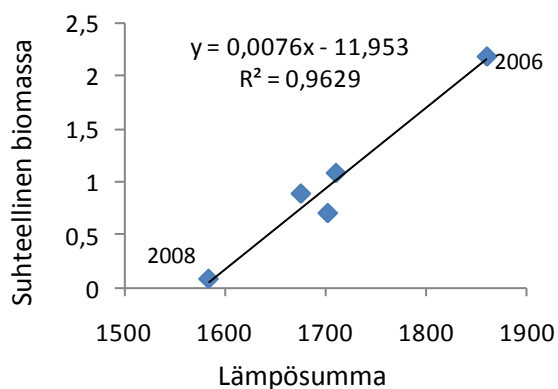
	nuorten elonj.	M=0,1	M=0,15	M=0,2	M=0,25	M=0,3
lahna	70%	26700	26700	26800	27000	27200
	50%	27100	27200	27300	27500	27700
	30%	28000	28100	28200	28500	28800
särki	70%	17500	18500	20000	22100	25100
	50%	15500	16500	17900	19700	22400
	30%	13100	14000	15100	16700	18900
pasuri	70%	6200	6200	6200	6300	6200
	50%	6400	6400	6400	6500	6500
	30%	6600	6700	6800	6800	6900

4. Tulosten tarkastelu

Laskelmien mukaan Tuusulanjärven lahna- ja pasurikantojen biomassa kasvoi nelinkertaiseksi vuosien 2005-2009 aikana. Kun vertailuun otetaan mukaan myös karkeammin arvioidut vuodet 2003 ja 2004, biomassan kasvu on kuitenkin vain 50 %. Biomassan kasvu selittyy lähinnä lahnakannan kasvulla. Särkikannan biomassa pysyi suunnilleen ennallaan tutkimusjakson ajan. Vuoden 2010 alussa näiden lajien yhteenlaskettu biomassa oli n. 106000 kg eli 180 kg/ha. Biomassa kasvoi etenkin vuosina 2006 ja 2007 epäonnistuneen kalastuksen ja lämpimän kesän 2006 ansiosta.

Tuusulanjärven särkikalakannat ovat erittäin tuottavia. Lämpiminä kesinä niiden biomassa saattaa moninkertaistua. Toisaalta viileinä kesinä biomassa kasvaa vain hyvin vähän. Keskimäärin lahna-, särki-, ja pasuribiomassa kasvaa yli kaksinkertaiseksi eli tuotanto-biomassasuhde on yli 1,0. Vertailukohtana voidaan käyttää Vesijärven Enonselän särkikantaa, jonka tuotanto-biomassasuhde oli 1990-luvulla n. 0,4 (Horppila & Peltonen 1994). Biomassan kasvun suuri vaihtelu tekee kiinteän saalistavoitteen määrittämisen tehottomaksi keinoksi kalastuksen suunnitteluun. Lämpimän kesän jälkeen pitäisi kalastaa kymmeniä tonneja enemmän särkikalaa kuin kylmän kesän jälkeen.

Mahdollisuus varsinaiseen, biomassan kasvun estämiseen tähtäävään hoitokalastukseen on ainakin joksikin aikaa menetetty. Alkuvaiheessa on järveen kertynyttä särkikalabiomassaa poistettava tuntuvasti. Tämän jälkeen voidaan mahdollisesti siirtyä varsinaiseen hoitokalastusvaiheeseen, jossa tähdätään vuosittaisen tuotannon poistamiseen ja biomassan kasvun estämiseen. Tällöin saalistavoitteen määrittämisessä voidaan populaatioanalyysin lisäksi käyttää apuna tietoa lähtöbiomassasta ja kesän lämpösummasta (kuva 10). Niiden välinen riippuvuus näyttäisi olevan hyvin voimakas. On kuitenkin todennäköistä, että myös kantojen koko vaikuttaa biomassan kasvuun. Tuusulanjärven viiden vuoden aineistossa lähtöbiomassa ja lämpösumma korreloivat sattumalta voimakkaasti (negatiivisesti) keskenään, eikä lämpösumman ja kantojen runsauden vaikutuksen erottelu ole mahdollista. Lämpimän kesän 2006 alussa kannat olivat poikkeuksellisen alhaisella tasolla, kun taas viileän kesän 2008 alussa kalabiomassa oli suuri. Eli on mahdollista, että biomassan kasvun vähäisyys vuonna 2008 selittyy osittain ylitiheillä kalakannoilla. Tästä riippuvuuden rakenteesta saataisiin hyödyllistä tietoa jatkamalla analyysyjä yhdellä vuodella - vuoteen 2010, joka oli ominaisuuksiltaan erityisen informatiivinen - kalabiomassa ja lämpösumma olivat jakson suurimmat. Kasvoiko biomassa vuoden 2006 tapaan vai alensivatko tiheät kannat biomassan kasvunopeutta?



Kuva 10. Lämpösumman ja alkubiomassaan suhteutetun, biomassan kasvun estävän painosaaliin välinen riippuvuus vuosina 2005-2009. Esimerkiksi lämpimänä kesänä 2006 lämpösumma 1860 astetta merkitsi sitä, että syysnuottauksilla olisi pitänyt poistaa yli kaksinkertainen biomassa alkubiomassaan verrattuna. Viileä kesä 2008 puolestaan johti siihen, että biomassa kasvukauden lopussa oli pienempi kuin syksyllä 2007 kalastuksen jälkeen. Toisin sanoen, biomassa olisi laskenut, vaikkei syksyllä 2008 olisi nuotattu lainkaan.

Järveen kertyneestä särkikalabiomassasta johtuen lähivuosien saaliiden tulisi olla huomattavan suuria. Vuodesta 2010 ei ole populaatioanalyysillä laskettua tietoa. Kesän lämpimyyden ja nuottasaaliista tehtyjen havaintojen mukaan voidaan olettaa, että alkubiomassa (n. 106 tonnia) kasvoi huomattavasti. Kun särki-, lahna ja pasurisaalis oli vain 35 tonnia, todennäköisesti kantojen yhteenlaskettu biomassa vuoden 2011 kesän alussa on suurempi kuin kertaakaan vuoden 2002 jälkeen.

Jatkossa populaatioanalyysi on mahdollista toteuttaa alhaisemmilla kustannuksilla kuin tällä tutkimusjaksolla. Sopiva näytteenotto tiheys sekä ikämääritysten ja pituusmittausten määrä on mahdollista laskea tässä tutkimuksessa kerätyn aineiston perusteella. Ikämäärityksiä voidaan tehdä vähemmän, koska nuorimmat ikäryhmät on mahdollista erotella pituusjakauman perusteella (Lehtonen ym. 2009). Määrityksiä tehdään lähinnä niistä kokoluokista, joissa ikäryhmien pituusjakaumat menevät päällekkäin. Näille kokoluokille lasketaan ns. ikä-pituusavain (Ricker 1975). Menetelmän idea on tehdä paljon nopeita pituusmittauksia, ja muuntaa pituus iäksi avaimen perusteella. Tällöin voidaan vähentää varsin työläiden ikämääritysten määrää. Lisäksi ikä-pituusavaimella voidaan korjata vääristynyttä ikänäytettä, jos kalojen pituusmittauksia on paljon (taulukko 4).

Taulukko 4. Esimerkki ikä-pituus -avaimesta: alle 20 cm pituisten pasureiden jakautuminen ikäryhmiin vuonna 2008 perustuen 400 ikämääritykseen ja 1000 pituusmittaukseen. Esimerkiksi 10-10,9 cm pituisista pasureista oli 27 % 3-vuotiaita, 70 % 4-vuotiaita ja 2 % 5-vuotiaita. Kyseistä avainta käytettiin vuoden 2008 ikänäytteenoton epäedustavuuden korjaamiseksi.

Pituus- luokka (cm)	Ikä											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8-8,9	0,02	0,64	0,30	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0
9-9,9	0	0,27	0,63	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0
10-10,9	0	0	0,27	0,70	0,02	0	0	0	0	0	0	0
11-11,9	0	0	0,15	0,41	0,34	0,08	0,02	0	0	0	0	0
12-12,9	0	0	0,07	0,35	0,42	0,14	0,02	0	0	0	0	0
13-13,9	0	0	0	0,06	0,28	0,53	0,11	0,03	0	0	0	0
14-15,9	0	0	0	0	0,06	0,33	0,44	0,15	0,02	0	0	0
16-17,9	0	0	0	0	0	0	0,36	0,33	0,15	0,12	0,03	0
18-19,9	0	0	0	0	0	0,03	0	0,25	0,31	0,34	0,03	0,03

Tuusulanjärven kalayhteisön rakenne ja dynamiikka saattaisi antaa mahdollisuuden keskittyä kanta-arvioissa biomassaltaan runsaimpaan ja parhaimman kasvupotentiaalin omaavaan lahnaan. Petokalakannat näyttäisivät estävän särkibiomassan kasvun, ja hidaskasvuisen pasurin kannan biomassan kasvun estävä saalis todennäköisesti tulisi lahnanpyynnin sivusaaliina. Tämä laskisi seurannan kustannuksia huomattavasti. Toisaalta yhteen lajiin keskittyminen sisältää riskin kalayhteisön muuttumisesta. Yksi vaihtoehto olisi jatkaa lisäksi pasurin ja särjen populaatioanalyysinäytteiden keräämistä. Tämän näytteenoton kustannukset eivät ole suuret, ja näytekalat säilyvät pakastimessa muutamia vuosia. Jos mennään hieman pidemmälle, ja otetaan kaloista ikänäytteet, populaatioanalyysiä varten tarvittavat tiedot säilyvät ikuisesti. Saman nuottaporukan jatkaminen Tuusulanjärvellä olisi seurannan kannalta paras vaihtoehto, koska tällöin olisi mahdollista "virittää populaatioanalyysi"

nuottavetojen määrän perusteella (Pope & Shepherd 1985). Menetelmällä saadaan tarkemmat kanta-arviot erityisesti analyysijakson viimeisille vuosille. Vuosien 2005-2009 aineistossa tämä ei ollut mahdollista, koska kahden nuottaporukan vedot (vuosina 2005 ja 2009 Kiiskilä & Hautala, vuosina 2006-2008 Turtiainen) eivät olleet keskenään yhteismitallisia.

Populaatioanalyysillä voidaan seurata vain niitä kalalajeja, jotka ovat tehokkaan kalastuksen kohteena. Näin ollen se ei sovellu esimerkiksi kuoreen tai kuhanpoikasten runsauden arviointiin. Näiden ulappa-alueella esiintyvien kalojen kannanvaihtelut vaikuttavat sekä eläinplanktonyhteisöön että epäsuorasti myös särkikalojen runsauteen ja kasvuun. Eräs syy vuoden 2006 särkikalabiomassan voimakkaaseen kasvuun saattaa hyvin olla romahtanut kuorekanta (Malinen ym. 2007). Kuorekanta on ollut harva jo useita vuosia ja se saattaa olla katoamassa järvestä. Vuoden 2010 koetroolauksissa niitä saatiin vähemmän kuin koskaan. Toisaalta kannan lisääntymispotentiaali on valtava. Esimerkiksi vuonna 1999 kanta oli todella harva, mutta olosuhteiltaan kuoreelle hyvä (sateinen ja viileä) kesä 2000 tuotti erittäin runsaan vuosiluokan ja jo seuraavana vuonna kanta oli huipussaan. On selvää, että tuolloin eläinplanktonia ulapalla saalistaneet 12 miljoonaa kuoretta (Malinen ym. 2004) vaikuttivat särkikalabiomassan kasvuun. Mikäli kuorekanta ei katoa järvestä, tulee jatkossa selvittää kalatiheyden ja särkikalabiomassan kasvun välinen riippuvuus. Jos kalatiheys osoittautuu paremmaksi selittäjäksi kuin särkikalabiomassa, käytetään sitä lämpötilan ohella saalistavoitteen määrittämisessä.

5. Virhelähteet

Populaatioanalyysillä lasketut runsausarviot ovat sitä luotettavampia, mitä kauemmas taaksepäin ne lasketaan. Tämä johtuu viimeisen vuoden kalastuskuolevuuden arviointiin liittyvästä epävarmuudesta, jonka vaikutus pienenee ajassa taaksepäin mentäessä. Myös mm. luonnollisen kuolevuuden arvo vaikuttaa tuloksiin. Kettunen & Hilden (1986) ovat esittäneet tärkeimpien parametrien raja-arvoja luotettavien tulosten saamiseksi. Tuusulanjärven aineisto täytti nämä kriteerit kohtuullisen hyvin, joskin keskimääräinen kalastuskuolevuus näytti jäävän kaikilla lajeilla hiukan alle heidän esittämänsä arvon (0,4) ja särkikanta koostui liian harvoista ikäryhmistä. Parhaiten kriteerit täyttyivät lahnalla, joka on biomassaltaan Tuusulanjärven selvä valtalaji.

Suurin epävarmuus liittyy ehkäpä särkikannan kokoon, koska vaikeasti arvioitavissa oleva vuosiluokka 2009 muodosti suuren osan kannasta. On kuitenkin ilmeistä, että vuosiluokka 2009 on selvästi suurempi kuin vuosina 2007 ja 2008, koska myös verkkokoekalastukset (Ruuhijärvi & Vesala 2010) ja kaikuluotaukset (Malinen & Antti-Poika 2010) antoivat samansuuntaista tietoa. Pasurikannan kokoarvioita tulkittaessa on muistettava, että vuosiluokan 2008 puuttuminen ei välttämättä ole todellista, vaan se voi johtua hitaan kasvun aiheuttamasta rekrytoitumisen viivästyimisestä. Sama ilmiö saattaa koskea lievempänä myös lahnaa. Toisaalta viileän kesän ja erittäin heikon särkivuosisluokan perusteella voidaan myös näiden lajien vuosiluokkien olettaa olevan heikkoja.

Oletukset luonnollisesta kuolevuudesta vaikuttivat melko vähän Tuusulanjärven särkikalakantojen kokoarvioihin ja tasapainosaaliisiin. Keskeisin epävarmuustekijä saalistavoitteita suunniteltaessa näyttäisivät olevan tulevien kesien lämpötilat. Ne vaikuttavat biomassan kasvuun voimakkaasti sekä lisääntymistuloksen että kalojen kasvun kautta. Lisäksi epävarmuutta aiheuttaa se, ettei käytössä

oleva aineisto mahdollistanut lämpötilan ja kalatiheyden biomassan kasvuun kohdistuvien vaikutusten erottelua. Tämän takia lämpötilan ja biomassan kasvun välistä riippuvuutta ei voida käyttää saalistarpeen arvioinnissa ennen kuin analyysiin on lisätty vuoden 2010 tulokset.

6. Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimiksi

Tuusulanjärveen on päässyt kertymään viime vuosien aikana runsas särkikalabiomassa. Erityisesti lahnabiomassa on kasvanut suureksi. Jos järven särkikalakantoihin halutaan vaikuttaa kalastuksella, tulee ensin muutaman vuoden ajan kalastaa hyvin tehokkaasti (yli 50 tonnia vuodessa), jonka jälkeen voidaan mahdollisesti siirtyä kevyempään, biomassan kasvun estävään hoitokalastukseen. Kalastustehon parantamiseksi ja kustannusten minimoimiseksi tulisi ainakin ajoittain pystyä nuottaamaan myös syvänteen itäreunalla, jonne särkikalat kertyvät etelänpuolisilla tuulilla.

Järven lahna- ja särkikannat ovat hyvin tuottavia. Lämpiminä kesinä kantojen biomassa saattaa kasvaa kolmin-nelinkertaiseksi. Toisaalta tuotanto vaihtelee suuresti kesän lämpötilan mukaan, ja viileänä kesänä biomassa saattaa pysyä lähes ennallaan. Biomassan kesänaikaisen kasvun suuren vaihtelun takia ei ole mielekäästä asettaa kiinteää saalistavoitetta. Kunkin syksyn kalastus kannattaisi suunnitella päivitetyn populaatioanalyysin ja kesän lämpösumman perusteella. Populaatioanalyysin kustannukset voidaan minimoida keskittymällä biomassaltaan runsaimpaan lahnaan ja käyttämällä ikä-pituusavainta. Biomassan kasvun suuri vaihtelu johtaa myös siihen, että populaatioanalyysin tulokset vanhenevat erittäin nopeasti. Toisin sanoen, jos analyysiä ei päivitetä, muutaman vuoden päästä kannan kokoa ei enää tiedetä niin tarkasti, että saalistavoitteen laskeminen olisi mahdollista.

Tuusulanjärvellä heikkotehoinen kalastus näyttää johtavan nimenomaan lahnakannan runsastumiseen. Ylitiheä lahnakanta on nykyäskäytön mukaan huono asia sekä veden laadun että kalastuksen kannalta. Ylitiheä kanta kierrättää ravinteita tehokkaasti sedimentistä ja ranta-alueelta ulapalle mm. sinilevien käyttöön, saattaa säädellä saalistuksen kautta suurikokoisen (sinileviä kuluttavan) eläinplanktonin runsautta, eikä ole petokalakantojen hyödynnettävissä samaan tapaan kuin pienikokoisemmat ja solakammat lajit, kuten kuore ja särki. Heikkotehoinen kalastuksen ainoa hyöty on se, että saaliin mukana järvestä poistuu ravinteita. Poistuvan ravinnemäärän vaikutusta veden laatuun on kuitenkin vaikea arvioida. Nykytietämyksellä ei pystytä sanomaan, kuinka suuri osa saaliissa poistuvasta fosforista muuttuisi liukoiseksi ja tulisi levien käyttöön.

Toimenpide-ehdotuksena esitämme seuraavaa:

kesä 2011:

Vuonna 2010 kerätty lahna-, pasuri- ja särkiaineisto analysoidaan ja populaatioanalyysi päivitetään. Myös vuoden 2010 kaikuluotausaineisto analysoidaan. Vuoden 2010 laskelmat ovat tärkeitä, koska tämän lämpimän ja kalatiheydeltään suuren vuoden informaatioarvo on erityisen suuri. Elo-syyskuun vaihteessa tehdään yhtenä päivänä kaikuluotaus ja koetroolaukset. Kalatiheysarvio lasketaan välittömästi. Tulosten perusteella päivitetään biomassan kasvun riippuvuus lämpösummasta ja kalatiheydestä sekä lasketaan syksyn 2011 tavoitesaalis, joka asetetaan esimerkiksi 30 % suuremmaksi kuin biomassan laskennallinen kasvu kesällä 2012. Tämä tehdään siis juuri ennen kalastuksen alkamista.

syksy 2011:

Kalastetaan vähintään tavoitesaalista vastaava määrä. Saaliista kerätään populaatioanalyysinäytteet lahnasta, pasurista ja särjestä. Ikänäytteet otetaan ainoastaan lahnoista ja muut kalat pakastetaan. Lokakuussa tehdään kaikuluotaus ja koetroolaus yhtenä päivänä. Myös nuottasaalista hyödynnetään kaikuluotausten analysoinnissa.

talvi 2011-2012

Tehdään lahnan ikämäärytykset ja pituusmittaukset. Ikämäärytyksiä tehdään paljon vähemmän kuin aikaisemmin. Ikäryhmien osuudet lasketaan pituusjakauman ja ikä-pituusavaimen perusteella. Tulosten perusteella päivitetään lahnan populaatioanalyysi. Analysoidaan lokakuun kaikuluotausaineisto kuhanpoikasten ja kuoreiden määrän arvioimiseksi.

kesä 2012

Elo- syyskuun vaihteessa tehdään yhtenä päivänä kaikuluotaus ja koetroolaus. Kalatiheysarvio lasketaan välittömästi. Tulosten perusteella päivitetään biomassan kasvun riippuvuus lämpösummasta ja kalatiheydestä sekä lasketaan syksyn 2012 tavoitesaalis.

syksy 2012

-kuten syyskuu 2011

talvi 2012-2013

-kuten talvi 2011-2012

jne.

Muutaman vuoden päästä tehdään päätös, lopetetaanko särki- ja pasurinäytteenotto, vai tehdäänkö jommastakummasta populaatioanalyysi (jos runsastunut selvästi). Mikäli resurssit eivät riitä kaikkiin tässä esitettyihin toimiin, tulee harkittavaksi myös nollavaihtoehto, jossa kalastusta ja seuranta ei toteuteta. Heikkotehoisesta kalastuksesta ei juuri ole hyötyä, ja siihen sijoitetut rahat menevät hukkaan. Sama koskee riittämätöntä seuranta. Pelkän kalastuksen toteuttaminen on erityisen huono vaihtoehto seurannan kannalta, koska tällöin populaatioanalyysiä ei voida enää jatkaa. Sen sijaan, jos pidetään välivuosi myös kalastuksessa, voidaan kalastuskuolevuus olettaa nollassa. Tässä tapauksessa populaatioanalyysiä voitaisiin jatkaa seuraavana vuonna, jos kalastus on tehokasta.

Lähdeluettelo

Horppila, J. & Peltonen, H. 1994: The fate of a roach *Rutilus rutilus* stock under an extremely strong fishing pressure and its predicted development after the cessation of mass removal. *J. Fish Biol.* 45: 777-786.

Lehtonen, H., Kervinen, J. & Malinen, T. 2009: Tuusulanjärven särkikalakantojen koon arviointi populaatioanalyysillä. Väliraportti vuoden 2008 tutkimuksista. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Tutkimusraportti. 9 s.

Kettunen, J. & Hilden M. 1986: Populaatioanalyysi ja sen herkkyys parametrien muutoksille. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos., Monistettuja julkaisuja 56. 50 s.

- Malinen, T. & Antti-Poika, P. 2010: Tuusulanjärven kalatiheys ja -biomassa vuonna 2009 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. Helsingin yliopisto, ympäristötieteen laitos. Tutkimusraportti. 15 s.
- Malinen, T., Tuomaala, A. & Pekcan-Hekim, Z. 2004: Tuusulanjärven ulappa-alueen kalatiheys ja –biomassa vuosina 2000-2003 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. Julkaisussa: Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.): Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurannostuksen kalatutkimuksia vuosina 2000-2003. Kala- ja Riistaraportteja 324.
- Malinen, T., Tuomaala, A., Antti-Poika, P. & Pekcan-Hekim, Z. 2007: Tuusulanjärven kalatiheys ja –biomassa vuonna 2006 kaikuluotauksella ja koetroolauksella arvioituna. Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Tutkimusraportti. 14 s.
- Olin, M. & Rask, M. (toim.) 2000: Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurannostuksen kalatutkimuksia vuosina 1996-1999. Kala- ja riistaraportteja nro 184. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 74 s.
- Olin, M. & Ruuhijärvi, J. (toim.) 2004: Tuusulanjärven ja Rusutjärven ravintoketjukurannostuksen kalatutkimuksia vuosina 2000-2003. Kala- ja riistaraportteja nro 324. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Helsinki. 60 s.
- Pope, J. G. 1972: An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. ICNAF Research Bulletin 9: 65-74.
- Rahikainen, M. 1999: Populaatiomallit – teoksessa: Böhling, P. & M. Rahikainen: Kalataloustarkkailu – periaatteet ja menetelmät. Riistan- ja kalantutkimus, Helsinki. s. 171 -191.
- Pope, J. G. & Shepherd, J. G. 1985: A comparison of the performance of various methods for tuning VPAs using effort data. J. Cons. int. Expl. Mer 42: 129-151.
- Ricker, W. E. 1975: Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research board of Canada 191, 382 s.
- Ruuhijärvi, J. & Vesala, S. 2010: Tuusulanjärven verkkokoekalastukset vuonna 2009. riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Evon riistan- ja kalantutkimus. Moniste, 11s.