

RIISTA- JA KALATALOUDEN TUTKIMUSLAITOS
KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

No 161

1999

Päijänteen säännöstelyn vaikutus siikakantaan

Pentti Valkeajärvi

Helsinki 1999

Vastaava toimittaja: Raimo Parmanne

Kansi: Trooli on ammattikalastajan tärkein siikapyydys Päijänteellä (Kuva: Pentti Valkeajärvi)

ISBN 951-776-240-2

ISSN 0787-8478

Oy Edita Ab

Helsinki 1999

Sisällys

1. JOHDANTO.....	1
2. TUTKIMUSALUE JA SIIKAMUODOT	2
3. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	5
3.1. Kalakanta-aineisto.....	5
3.2. Siian kutusyvyuden arviointi.....	6
3.3. Jään sulamisen tarkkailu.....	7
3.4. Vedenlaadun mittaukset siian kutusyvyyksillä	8
4. TULOKSET	9
4.1. Siikasaaliin kehitys.....	9
4.2. Siian kutusyvyys.....	11
4.2.1. Kalastajien näkemys kutusyvyydestä	11
4.2.2. Siianmädin esiintymissyvyys.....	12
4.2.3. Mätituhojen laskennallinen arviointi.....	14
4.3. Kutupohjien vedenlaatu.....	16
4.4. Rantajäiden sulamisen edistyminen	17
4.4. Siian vuosiluokkarunsautta säätelevät tekijät.....	22
4.5. Siian kasvua säätelevät tekijät.....	25
5. TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	26
5.1. Ympäristöolot siian kannalta.....	26
5.2. Siian kutusyvyys.....	27
5.3. Säännöstelyn vaikutus siikakantaan	28
5.4. Säännöstely ja siian kasvu.....	29
5.5. Säännöstelyn vaikutus muiden kalalajien kautta.....	30
5.6. Kompensatioehdotus	30
KIITOKSET	31
KIRJALLISUUS	32

1. Johdanto

Vedenkorkeuden säännöstelystä johtuvat haitat kaloille voivat olla välittömiä tai välillisiä. Välittömät vaikutukset kohdistuvat usein järvikutuisiin siikoihin, jolloin mätiä jää kuiville ja jään painamaksi. Syvemmälle kutevaa muikkua pidetään tässä suhteessa kestävämpänä lajina. Välilliset vaikutukset seuraavat rantavyöhykkeessä tapahtuneita muutoksia. Myös kalaston lajisuhteissa voi tapahtua muutoksia, jotka voivat olla siialle epäedullisia.

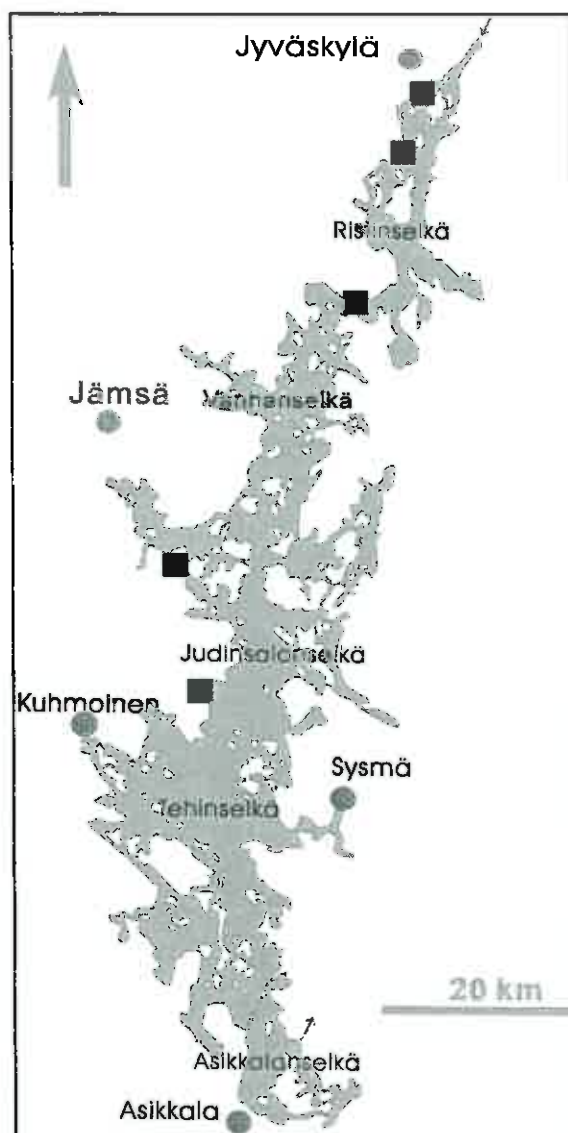
Vuosina 1995-1999 toteutetussa Päijänteen säännöstelyn kehittämisselvityksessä on selvitetty säännöstelyn taloudellisia, ekologisia ja sosiaalisia vaikutuksia. Selvitystyön tuloksena on esitetty suosituksia säännöstelyn haittojen vähentämiseksi ja hyötyjen lisäämiseksi. Selvitystyöt on toteutettu viranomaisten, vesistön eri käyttäjäryhmien edustajien ja tutkijoiden yhteistyönä. Työn tulokset on koottu yhteenvetoraporttiin (Marttunen ja Järvinen 1999).

Päijänteessä siialla on suuri taloudellinen merkitys. Vapaa-ajankalastajille se on taimenen jälkeen halutuin saaliskala (Valkeajärvi ja Salo 1999) ja ammattikalastajille muikun jälkeen tärkein laji. Tämä siikatutkimus on Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen ja Suomen ympäristökeskuksen yhteishanke ja osa laajaa säännöstelyprojektia. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan sekä säännöstelyn välittömiä vaikutuksia että myöhempiä vaikutuksia. Edellisillä tarkoitetaan mätiin kohdistuvia haittoja ja jälkimmäisellä vaikutuksia kalastuksen kohteeksi tulevaan siikakantaan. Päättävöitteena oli arvioida Päijänteen vedenkorkeuden vaihtelun, ja erityisesti vuonna 1964 alkaneen säännöstelyn, vaikutusta luonnonvaraisen pikkusiian vuosiluokkien runsaudenvaihteluun, kasvuun ja kalastukseen sekä mädin selviytymiseen. Samalla arvioitiin muidenkin ympäristötekijöiden sekä lajinsisäisten että lajienvälisten tekijöiden vaikutusta siikakantaan. Tulosten perusteella esitetään siian mädille ja rekrytoinnille aiheutunut vahinkoarvio.

Aiemmin säännöstelyn vaikutuksia on massamme arvioitu vain mädin kuolevuuden ja kutualueiden menetysten perusteella, kuten esimerkiksi tätä ennen Päijänteellä (Hakkari ym. 1978). Vesihallitus esitti vuonna 1978 Päijänteelle kalataloudellisten haittojen kompensatioksi 200 000 yksikesäisen siianpoikasen istuttamista vuosittain. Osa siikavelvoitteesta on myöhemmin muutettu järvitaimeneksi, järvihoheksi, kuhaksi ja haueksi. Kompensaatioiden tarkentamiseksi olisi tärkeää tuntea siian elinkierron kaikki kriittiset vaiheet, joihin säännöstely mahdollisesti vaikuttaa (ks. myös Huusko ym. 1989).

2. Tutkimusalue ja siikamuodot

Tutkimusalue käsittää Suomen toiseksi suurimman järven Päijänteen (1 116 km²). Aluejakona käytetään seuraavassa Pohjois-Päijännettä, Tehinselkää ja Etelä-Päijännettä. Tehinselkä on osa Keski-Päijännettä. Tutkimukseen liittyviä osahankkeita on tehty eri puolilla Päijännettä alueilla, missä edellytykset työn onnistumiselle ja tavoitteiden saavuttamiselle olivat parhaat. Kalakantanäytteet kerättiin pääasiassa Tehinselältä, siian kutusyvyyttä kartoitettiin Keski- ja Etelä-Päijänteellä, kutupohjien vedenlaatua mitattiin Pohjois- ja Keski-Päijänteellä ja jään sulamista havainnoitiin Pohjois-Päijänteellä (kuva 1).

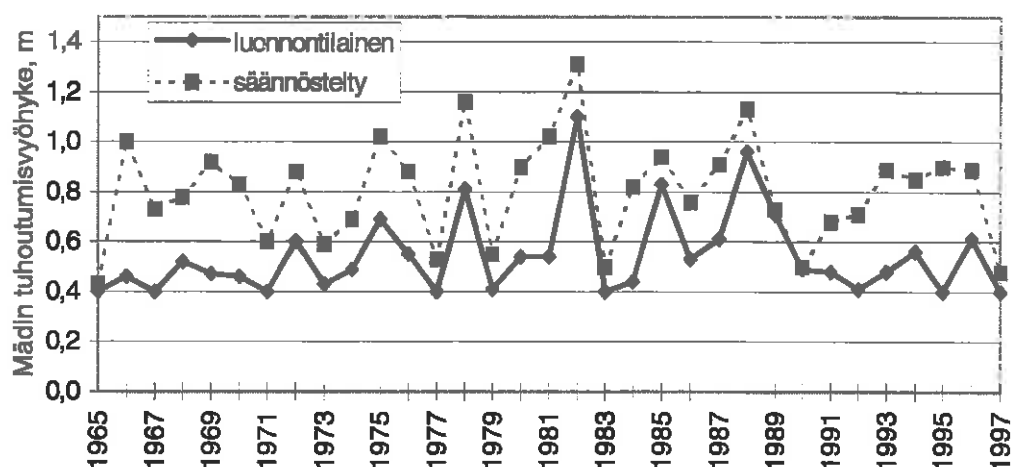


Kuva 1. Päijänne. Mustat neliöt tarkoittavat pohjanläheisten vesinäytteiden ottopaikkoja.

Säännöstelyn aikana vuosina 1964-1996 vedenpinta on alentunut siian keskimääräisestä kutuajasta (15. marraskuuta) kevään minimiin keskimäärin 40 cm (keskihajonta SD = 0,21, vaihtelu 3-91 cm, n = 33). Suomen ympäristökeskuksen palautuslaskelmien mukaan keskimääräinen luonnontilainen alenema olisi ollut 14 cm (SD = 0,17, vaihtelu 0-70 cm, n = 33). Vedenpinta on säännöstelyn vaikutuksesta laskenut keväällä siten 26 cm alemmaksi kuin se olisi ollut luonnontilan vallitessa (kuva 2).

Matalaan kudetun siianmädin selviytymiseen vaikuttaa vedenpinnan aleneman lisäksi myös jääpeite, jonka tuho vaikutus ulottuu vedenpinnan alapuolelle lähes jään paksuuden verran. Jään paksuudessa esiintyy vuosien välistä vaihtelua. Koska Päijänteen rantajäiden paksuudesta ei ole aikasarjaa, tässä tutkimuksessa jään paksuutena on käytetty 40 cm.

Vedenpinnan alenema sekä jään vaikutus huomioon ottaen mädin tuhoutumisvyöhyke on säännöstelykauden aikana ulottunut keskimäärin 80 cm:n syvyyteen, luonnontilassa se olisi ollut 54 cm. Tuhovyöhyke on neljänä vuotena (12 %) ulottunut yli metrin syvyyteen. Luonnontilassa näin olisi käynyt vain yhtenä vuotena 33:sta (3 %). Muutamana talvena alenemista ei juurikaan ole tapahtunut, joten mahdollinen vahinko on ollut pelkästään jään aiheuttamaa. Täysin turvallinen kutusyvyys on saavutettu kolmenkymmenen vuoden aikana vasta 130 cm:ssä, luonnontilaisissa oloissa 110 cm:ssä (kuva 2).

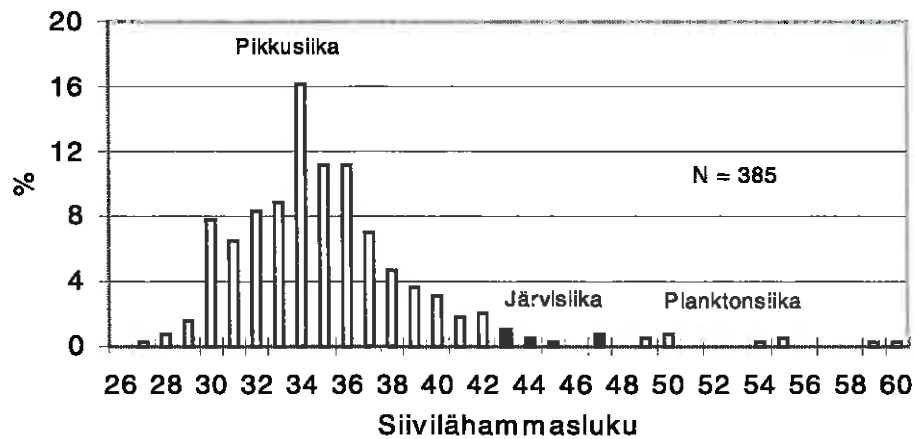


Kuva 2. Vedenpinnan alenemasta ja jään (40 cm) yhteisvaikutuksesta johtuva mädin tuhoutumisvyöhyke vuosina 1965-1997.

Päijänteessä esiintyy luontaisesti kolme siikamuotoa, pikkusiika (*Coregonus lavaretus wartmanni*), järvisiika (*C. l. nilssonii*) ja planktonsiika (*C. l. pallasii*) (Järvi 1953, Valkeajärvi 1987). Tässä tutkimuksessa käsitellään lähinnä pikkusiikaa, joka on Päijänteen runsaslukuisin siikamuoto. Sitä kutsutaan myös vaellussiiksi ja murokkaaksi. Sen siivilähämäsluku on Päijänteessä 26-43 (keskiarvo 34,7) (Valkeajärvi 1987). Istutuksiin on 1980-luvulta alkaen käytetty pääosin planktonsiikojia. 1990-luvun alussa pikkusiikan osuus siikasaaliista oli Pohjois-Päijänteellä 30 %, Tehinselällä 80 % ja Etelä-Päijänteellä 97 % (Valkeajärvi ja Raatikainen 1995). Vuosina 1997-1998 pikkusiikan osuus oli Tehinselän troolinäytteissä 96 % (kuva 3). Pohjois-Päijänteellä istutetuilla planktonsiikoilla lienee edelleenkin suuri merkitys kalastukselle. Alkuperäiset järvisiikat ja planktonsiikat ovat

lähies hävinneet tai sekoittuneet istutettuihin saman siikamuodon kantoihin. Säännöstelyinkin aikana pikkusiian lisääntyminen on onnistunut kohtalaisen hyvin. Muikkukadon aikana 1980-luvun puolivälistä 1990-luvun puoliväliin pikkusiika oli ammattikalastajien tärkein saaliskala turvaten ammattikalastuksen jatkuvuuden.

Pikkusiika ja harvinainen järvisiika ovat järvikutuisia. Kalastajien mukaan pikkusiikat kutevat matalaan rantavyöhykkeeseen. Ennen tätä tutkimusta asiaa ei kuitenkaan ollut tarkemmin kartoitettu. Planktonsiika on virtakutuinen siikamuoto. Sen kutupaikat ovat vähentyneet patoamisten ja ruoppausten myötä. On ilmeistä, että planktonsiika ei ole luonnonoloissakaan ollut yhtä runsaslukuinen siika kuin pikkusiika. Tähän antaa viitteitä Järven (1953) aineisto 1930-luvun lopulta.



Kuva 3. Tehinselän troolisiikojen siivilähammasjakauma vuosina 1997-1998.

Tutkimuksessa vertailualueena on käytetty Rautalammin reitin keskusjärveä Konneveettä (187 km²), jonka vedet virtaavat Päijänteeseen pohjoisesta. Konneveden kalasto ja morfologia ovat Päijänteen tyyppiset ja Konnevedessä esiintyvät samat siikamuodot kuin Päijänteessä (Valkeajärvi 1984). Pikkusiika eli murokas on Pohjois-Konnevedessä lähes yhtä dominoiva kuin Päijänteessä. Etelä-Konnevedessä järvisiian osuus on ajoittain suurempi kuin pikkusiian.

3. Aineisto ja menetelmät

3.1. Kalakanta-aineisto

Päijänteen siika- ja muikkukannoista on kerätty aineistoa vuodesta 1985 lähtien (mm. Valkeajärvi ja Raatikainen 1995). Tässä tutkimuksessa näytteenotto keskitettiin vuodesta 1996 lähtien Tehinselän alueelle Keski-Päijänteelle. Vuosittain otettiin noin 200 siikaa ja saman verran muikkuja näytteeksi troolisaaliista. Kantalaskelmissa käytetyt näytteet on otettu elokuussa. Tärkeimmät tässä raportissa hyödynnetyt aineistot ovat vuosien 1985-98 siika- ja muikkukantanäytteet Tehinselän troolisaaliista (n. 10 000 kalaa), troolin yksikkösaaliit ja kokonaissaaliit Tehinselän alueelta (6 troolarin kirjanpito), tiedusteluihin perustuvat saalistiedot vuosilta 1986-1991 (Valkeajärvi 1997) ja 1996 (Valkeajärvi ja Salo 1999), planktonsiikojen istutustilastot (Keski-Suomen TE-keskus), kesä-elokuun keskilämpötilat Jyväskylässä (Ilmatieteen laitos) ja tiedot vedenkorkeuksista Kalkkisten mittauspaikalla sekä jäätymisistä ja jäänlähdoistä Tehinselällä (Suomen Ympäristökeskus).

Näytekalojen kokonaispituus mitattiin millimetrin ja paino gramman tarkkuudella. Sukupuoli ja sukukypsyys määritettiin, jos mahdollista. Siikamuoto määritettiin siivilähampaiden perusteella. Ikä ja takautuva kasvu määritettiin vatsaevien välistä otetuista suomuista.

Siian ja muikun vuosiluokkien suhteellinen runsaus arvioitiin troolin yksikkösaaliin perusteella ikäjakaumia hyväksi käyttäen (Valkeajärvi ja Bagge 1995). Muikulla vuosiluokan runsausindeksinä on käytetty yksikkösaalista (kpl/h) toisena kesänä (1+) ja siialla kolmantena kesänä (2+). Molempien lajien kohdalla katsotaan rekrytoinnin trooliin olleen täydellistä tässä vaiheessa. Siian ja muikun kutukannan indeksinä on käytetty aikuisten yksilöiden yksikkösaalista (kg/h, muikulla 1+ ja vanhemmat, siialla 3+ ja vanhemmat). Laskelmat tehtiin elokuussa otetuista näytteistä käyttäen elokuun yksikkösaaliita.

Vedenpinnan tason tai sen muutoksen yhteyttä siian runsauteen sekä ensimmäisen kesän kasvuun tarkasteltiin kolmen eri vedenkorkeustekijän avulla: 1) siian keskimääräisen kutuajan vedenkorkeus, 2) vedenpinnan alenema talven maksimista kevään minimiin, 3) alin vedenkorkeus keväällä. Muista abioottisista ympäristötekijöistä otettiin tarkasteluun jäänlähtöä seuranneen kuukauden keskilämpötila, kesän keskilämpötila, kaksi vuotta aiemman kesän lämpötila (voidaan pitää karkeana ahvenkannan runsausindeksinä, esim. Helminen ja Sarvala 1994) sekä jäätyamisen ja jäänlähdon ajoittuminen. Bioottisista tekijöistä on tarkasteltu lajinsisäistä kilpailua (siian yksikkösaalis, siian kutukanta) sekä kilpailua siian ja muikun välillä (muikkuvuosiluokan runsaus, muikun kutukanta, muikun yksikkösaalis). Tilastollinen tarkastelu on tehty korrelaatioanalyysillä sekä yhden tai useamman muuttujan lineaarisella regressioanalyysillä.

Jakaumien normalisuus testattiin Kolmogorov-Smirnovin testillä (Lillieforsin muunnos). Kuudestatoista analysoidusta muuttujasta (taulukko 2) seuraavat neljä eivät noudattaneet normaalijakaumaa: muikun vuosiluokan runsaus, muikun kutukanta, muikun yksikkösaalis ja siikaistutukset. Viimeksi mainituille laskettiin siian vuosiluokan runsauden suhteen Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin, muille

Pearsonin korrelaatiokerroin. Siian lisäkasvuun vaikuttavia tekijöitä analysoitiin kolmen ensimmäisen elinvuoden aikana. Korrelaatiot laskettiin kymmenelle muuttujalle vastaavalla tavalla (taulukko 3).

3.2. Siian kutusyvyyden arviointi

Siian kutusyvyyden kartoittaminen perustui mätimunien etsintään kutupohjilta. Näytteenotossa käytettiin kolmenlaista laitetta: paineilmalaitte, käsipumppu ja moottoripumppu. Näytteenotto keskitettiin kalastajien ilmoittamille tunnetuille kutupaikoille.

Paineilmalaitetta käytettiin tammi-helmikuussa 1997 Päijänteellä ja vertailualueella Konnevedellä. Laitteen toimintaperiaatteen on kuvannut Timola (1983). Keski-Päijänteeltä Tehinselän lähistöltä (Rekisalo) otettiin 60 näytettä (4 aluetta) ja Etelä-Päijänteeltä Padasjoenselältä (Lietsaari) myös 60 näytettä (2 aluetta). Näytealan koko oli 0,2 m². Näytesyvyydet olivat 0,5, 1, 2, 3 ja 5 m. Kustakin paikasta otettiin 2-3 rinnakkaislinjaa. Päijänteeltä näytteitä kertyi yhteensä 120 kpl (24 m²). Pohjois-Konneveden Vihinlahdella tutkittiin kolme aluetta. Siellä näytealoja kertyi 30 (6 m²). Näytteet talletettiin vettä läpäisevään kangaspussiin. Mätimunat erotettiin sedimentistä suolaveden avulla seuraavana päivänä, jolloin myös mitattiin mätimunien läpimitta.

Mätinäytteenottoa jatkettiin marraskuun 23. ja 30. päivinä 1998 Padasjoenselällä Lietsaaren rannoilla (kuva 4). Paikkaa pidettiin talven 1997 kokemusten perusteella parhaana tiedossa olevana siian kutualueena. Tällä kertaa näytteenotossa käytettiin Whale Gusher 10 -merkkistä käsipumppua (ks. Arvola 1978, Hakkari ja Bibiceanu 1985). Suulaketta ohjattiin jäykän varren avulla pohjalle asetetussa 50*50 cm:n kehikossa. Näyte pumpattiin seulapohjaiseen muoviämpäriin (silmäkoko 1 mm). Neljä rinnakkaista näytealaa yhdistettiin yhdeksi 1 m²:n näytteeksi. Näytepurkit säilytettiin viileässä seuraavana päivänä tapahtuvaa käsittelyä varten. Näytteitä otettiin 0,5, 1,0, 1,5, 2 ja 3 m:n syvyydestä (syvyyden vaihtelu rannan kaltevuuden johdosta enintään ± 10 cm). Neliömetrin näytealoja kertyi yhteensä 19 kpl.

Huonojen säiden ja laiteongelmien vuoksi näytteenottoa jatkettiin vielä tammikuun 18. ja helmikuun 16. päivinä 1999. Tällöin käytettiin polttomoottorikäyttöistä Robin PTG-201T keskipakoispumppua (ks. Viljanen 1985). Se osoittautui kokeilluista laitteista tehokkaimmaksi. Näytteenotto tapahtui muuten samalla tavalla kuin käsipumppua käytettäessä. Näytealoja kertyi 10 linjalta yhteensä 50 (50 m²). Vedenpinnan laskun (14 cm marraskuusta) ja jään (40 cm) vuoksi matalin näytesyvyys oli 65 cm.



Kuva 4. Siianmädin etsintäpaikat sijaitsivat syksyllä 1998 ja talvella 1999 Padasjoenselällä nuolien osoittamalla Lietsaaren rannoilla.

3.3. Jään sulamisen tarkkailu

Jäiden sulamista tarkkailtiin Pohjois-Päijänteellä keväällä 1996, 1997 ja 1998 sekä vertailualueella Konnevedellä vuosina 1996 ja 1997. Tavoitteena oli selvittää, eroaako säännöstellyn Päijänteen jäiden sulaminen luonnontilaisesta Konnevedestä; ts. syntyykö rantasula normaaliin tapaan ennen jäiden lähtöä ja jääkö rannoille lojumaan "kuivaa jätää" vedenpinnan laskun seurauksena. Maalla sulava jää voisi hidastaa rantaveden lämpenemistä ja planktonituotannon kehitystä, millä voisi olla vaikutusta siianpoikasten selviytymiseen ja kasvuun.

Tutkimuskohteiksi valittiin matalia ja syviä rantoja, jotka myös avautuivat eri ilmansuuntiin. Kohteessa arvioitiin sulan eli kuivan (lumettoman ja jäättömän) rannan leveys, kuivan jään leveys (rannalla koholla) ja rantasulan leveys sen muodostuttua. Etäisyyttä rantasulan ulkoreunasta avoveden reunaan ei voitu mitata, koska jäät lähtivät aina selältä viimeiseksi. Rantaveden lämpötiloja mitattiin vuonna 1997.

Pohjois-Päijänteellä oli vuonna 1996 kolme mittauspaikkaa, Konnevedellä viisi aluetta. Vuonna 1997 kohteiden määrä lisättiin myös Päijänteellä viiteen: Keljonlahti I matala eteläranta (avautuu etelään), Keljonlahti II matala lounaisranta, Ristikiven matala kaakkoisranta, Karjaportin syvä koillisranta ja Säynätsalon syvä itäranta. Konnevedellä sulamista tarkkailtiin seuraavissa kohteissa: Ruotolahti I syvä itäranta, Ruotolahti II syvä länsiranta, Aittoniemi I matala itäranta, Aittoniemi II matala lounaisranta ja Aittoniemi III matala eteläranta. Vuonna 1998 Päijänteellä tehtiin vain karkea visuaalinen arviointi aiempien vuosien havaintojen tueksi. Vedenpinnan talvialenema oli kyseisinä vuosina keskimääräinen tai sitä vähän pienempi.

3.4. Vedenlaadun mittaukset siian kutusyvyyksillä

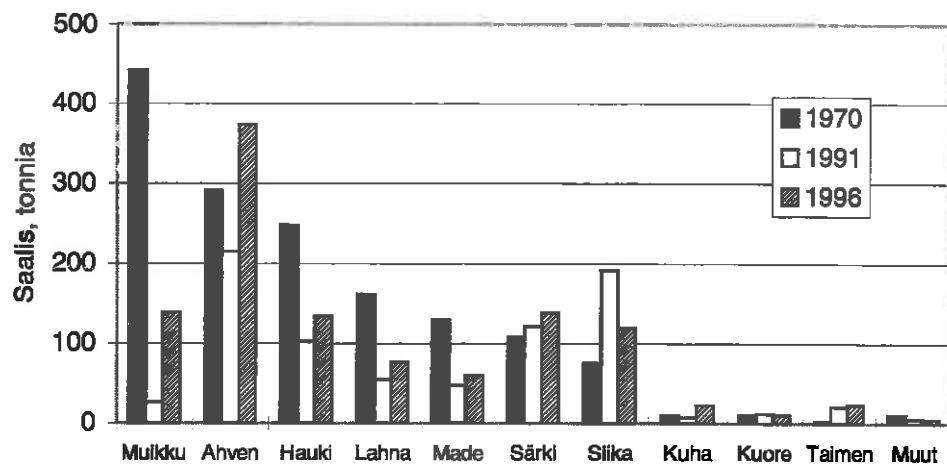
Sedimentin pinnan happipitoisuus, hapen kyllästysaste, pH, lämpötila ja syvyys mitattiin Ysi/Grant 3800 -sarjan mittauslaitteella 2.4.1997 ja 26.3.1998. Aikaisen lumen sulamisen johdosta kevään 1997 tuloksia ei voitu hyödyntää. Vuonna 1998 mittauksia tehtiin kuudella alueella Pohjois- ja Keski-Päijänteellä (kuva 1). Mittauksiin valitut paikat eivät välttämättä edusta siian kutupaikkoja. Paremminkin valittiin kohteita, joissa vedenlaatu voisi olla siian mädille kriittinen. Jos tällaisissa paikoissa olot mädin kehitykselle ovat hyvät, ei ongelmia pitäisi olla varsinaisilla kutupaikoillakaan. Jyväskylän kaupungin rannat (Keljonlahti, Ristikivi) ja Kaipolan paperitehtaan alapuolinen alue Jämsässä (Edesniemi) edustivat ennakoita arvioiden muita alueita rehevämpiä kohteita. Kärkistensalmi ja varsinkin Tehinniemi oletettiin vedenlaadultaan parhaiksi.

Mittaukset tehtiin 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 ja 10 metrin syvyydestä. Anturi laskettiin varovasti pohjalle, jolloin mittauskohta oli kovalla pohjalla noin 5 cm pohjan pinnasta, pehmeällä pohjalla vähemmän. Mittari pidettiin samassa asennossa kunnes lukema vakiintui. Jokaisesta paikasta mitattiin pohja-arvon lisäksi koko vesipatsaan profiili. Mittauslinjoja oli kaksi kullakin alueella paitsi Keljonlahdella yksi. Tulokset on esitetty siltä linjalta, jonka happiarvot olivat keskimäärin pienimmät.

4. Tulokset

4.1. Siikasaaliin kehitys

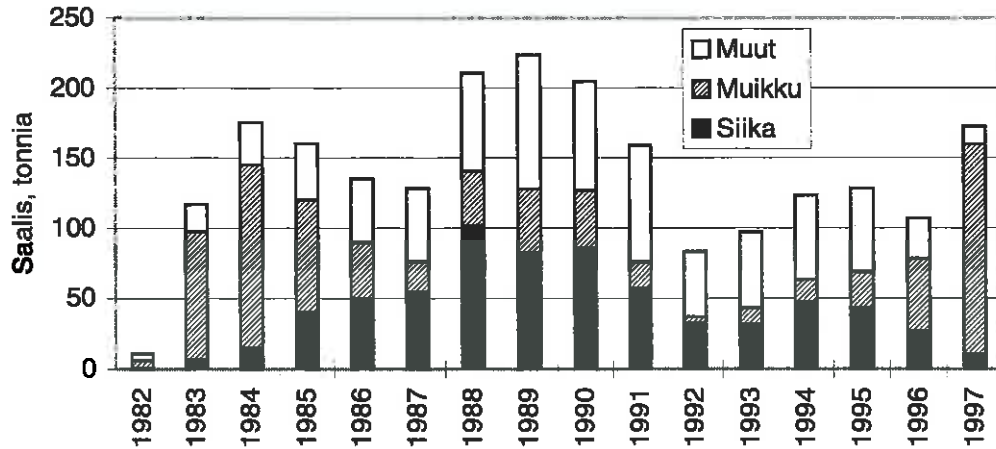
Päijänteen siikasaalis on kasvanut sitten 1960-luvun lopun ja 1970-luvun alun (vrt. Tuunainen 1970, 1976) (kuva 5). Voimakkaimmin siikasaaliin kehitykseen viimeisen 15 vuoden aikana on vaikuttanut troolikalastus ja istutustoiminta.



Kuva 5. Päijänteen kalansaalis vuosina 1968-70 (Tuunainen 1970, 1976), 1991 (Valkeajärvi 1997) ja 1996 (Valkeajärvi ja Salo 1999).

Troolikalastus alkoi Päijänteellä varsinaisesti vuonna 1983. Enimmillään trooleja on Päijänteellä ollut kymmenen. Vuonna 1998 järvellä kalasti yhdeksän troolia. Tehinselän ja Judinsalonselän yleisvesillä oli vuonna 1998 kuusi troolilupaa. Troolisaalista on tilastoitu pyynnin alkamisesta lähtien (kuva 6). Troolien siikasaaliit olivat runsaimmillaan 1980-luvun lopulla, mihin vaikutti istutusten lisäksi muikkukannan heikko tila. Luonnonvarainen siikakanta yhdessä istukkaiden kanssa helpotti ratkaisevasti ammattikalastajien selviytymistä huonojen muikkuvuosien yli.

Tehostunut kalastus on nopeuttanut siian kasvua (Valkeajärvi 1993), mutta myös nuorentanut kannan ikärakennetta ja pienentänyt kutukantaa. 1990-luvun loppupuolella siikasaaliit ovat pienentyneet erityisesti muikkukannan voimakkaan runsastumisen seurauksena, mutta myös luonnonvarainen siikakanta näyttää taantuneen viime vuosina.



Kuva 6. Siian, muikun ja muun saaliin (lähinnä ahvenia ja särkiä) kehitys Tehinselän troomppyyntöissä vuosina 1982-1997.

Muihin suuriin järviin verrattuna Päijänteen siikasaalista voidaan pitää hyvänä (taulukko 1). Järvien väliset erot ovat suuria, mikä johtuu eroista luontaisissa kannoissa, istutuksissa ja pyyntiponnistuksissa. Istutettujen ja luontaisten siikojen runsaussuhteita ei useinkaan ole selvitetty. Sen vuoksi säännöstelyjen ja luonnontilaisten järvien siikasaaliita on vaikea verrata keskenään tuntematta kyseisiä taustatietoja. Päijänteen runsaanpuoleinen saalis selittyy hyvällä luontaisella siikakannalla, runsailla istutuksilla ja tehokkaalla ammattikalastuksella.

Taulukko 1. Suomen järvien siikasaaliita luonnontilaisissa ja säännöstellyissä järvissä.

Järven tila	Ala ha	Saalis kg/ha	Vuosi	Lähde
Luonnontilaiset				
Vuoksen ves. eteläosa	530 751	0,33	1979	Auvinen ym. 1983
Keitele	50 000	0,5	1977	Hakkari ym. 1979
Konnevesi	18 700	0,70	1989	Valkeajärvi 1993
Kuusamojärvi	5 107	2,0	1987	Huusko 1990
Pohjois-Leppävesi	3 600	0,38	1993	Sundell ym. 1997
Jerisjärvi	2 351	2,43	1980	Sarjamo 1987
Suininkijärvi	2 190	7,3	1987	Huusko 1990
Vuotunkijärvet	173	16,9	1987	Huusko 1990
Säännöstellyt				
Päijänne	111 600	1,00	1996	Valkeajärvi ja Salo 1999
Inarijärvi	105 000	0,43	1982	Salonen 1992
Oulujärvi	92 800	0,52	1981	Salojärvi ym. 1985
Lappajärvi	14 200	1,2	1993	Raitaniemi ym. 1995
Kemijärvi	13 100	0,33	1982	Heikinheimo-Schmid ja Huusko 1987
Ontojärvi	10 090	0,31	1984	Salojärvi ja Huusko 1987
Kiantajärvi	2 360	0,40	1984	Salojärvi ja Huusko 1987

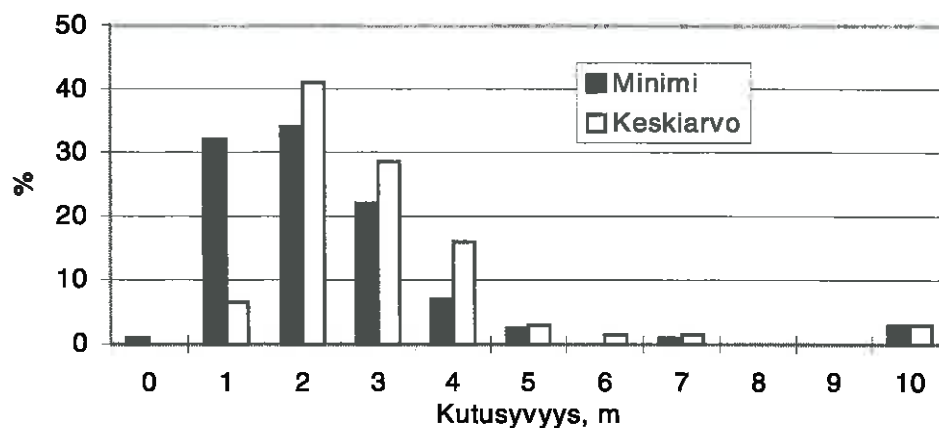
4.2. Siian kutusyvyys

4.2.1. Kalastajien näkemys kutusyvyydestä

Kalastajien näkemystä pikkusiian (alle 300 g) kutusyvyydestä kysyttiin vuoden 1987 kalastustiedustelussa (Valkeajärvi ja Raatikainen 1995). Kokomäärityllä haluttiin rajata pois istutetut ja harvalukuiset luonnonvaraiset planktonsiiat, jotka ovat sukukypsiä yleensä vasta 4-5-vuotiaina ja noin puolen kilon painoisina. Järvisiikoja rajaus ei sulkenut pois. Kyselyn edellä vuonna 1985 pikkusiikojen osuus siikakannasta oli alueesta riippuen 84-100 % lukuunottamatta Ristinselkää, missä pikkusiikoja oli vain 18 %. Tällä alueella oli muista alueista poiketen eniten järvisiikoja (58 %) (Valkeajärvi 1987).

Kalastajista 87 % arvioi pikkusiian kutevan enimmäkseen 1-3 metrin syvyydessä (kuva 7). Vastaus ilmoitettiin monessa tapauksessa syvyydsvyöhykkeenä, jossa kutu tapahtuu, esimerkiksi 1-2 m. Kuvan minimi esittää siten vaihteluvälin minimien

jakaumaa, alempi vaihteluvälin keskiarvojen jakaumaa. Kutusyvyuden mediaani oli 2,5 m ja vaihteluväli 0-10 m.



Kuva 7. Pikkusiiian minimikutusyvyys ja keskimääräinen kutusyvyys Päijänteessä kalastajien arvion mukaan. Kutusyvyyttä kysyttiin vuoden 1987 kalastustiedustelussa (Valkeajärvi ja Raatikainen 1995).

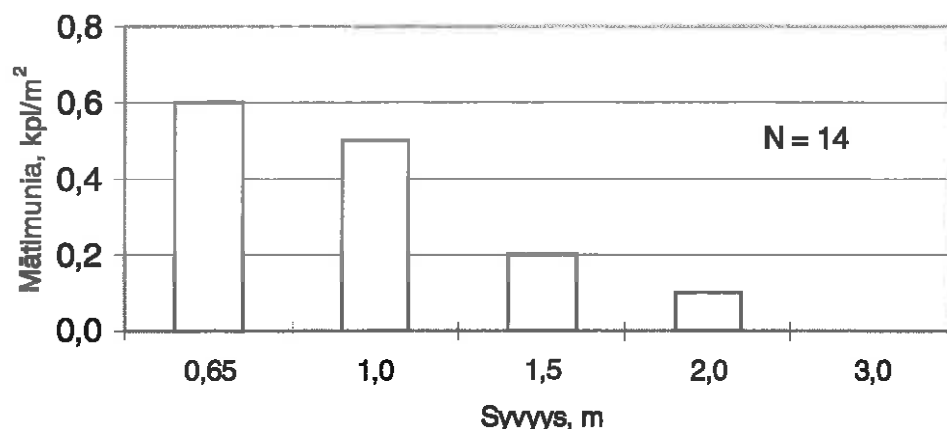
4.2.2. Siiänmädin esiintymissyvyys

Kuhmoisten tutkimusalueella helmikuussa 1997 paineilmanoutimella tehty siiänmädin etsintä ei tuottanut tulosta. Sitä vastoin Padasjoenselältä Lietsaaren luoteisrannalta kolmesta otoksesta (otoksia 60) löytyi viisi siiän mätimunaa. Munista neljä oli kolmen metrin ja yksi kahden metrin syvyydessä. Pohjois-Konneveden näytteistä löydettiin niinkään viisi siiän mätimunaa. Myös ne löytyivät kahden ja kolmen metrin syvyydestä.

Marraskuussa 1998 Padasjoella pumppunoutimella tehty mädinetsintä tuotti lisätietoa siiän kutusyvyyydestä. Kolmelta näytealalta viidestätoista (20 %), joka sijaitsevat 0,5 metrin syvyydessä, löydettiin yhteensä 13 siiän mätimunaa. Yhdessä neljän ruudussa oli 10 mätimunaa. Laiteongelmien ja huonon sään takia syvemmillä saatiin pumpatuksi vain viisi näytettä, joista mätiiä ei löytynyt.

Tammi-helmikuun 1999 mätipumppaukset lisäsivät tietämystä mädin jakaumasta (kuva 8). Mätimunia löytyi 14 kpl. Ne jakautuivat 0,65-2 m:n syvyyteen (0,65 m matalin näytteenottosyvyys). Kolmen metrin syvyydestä mätiiä ei löytynyt. Mätiiä esiintyi kaikilla tutkituilla Lietsaaren rannoilla.

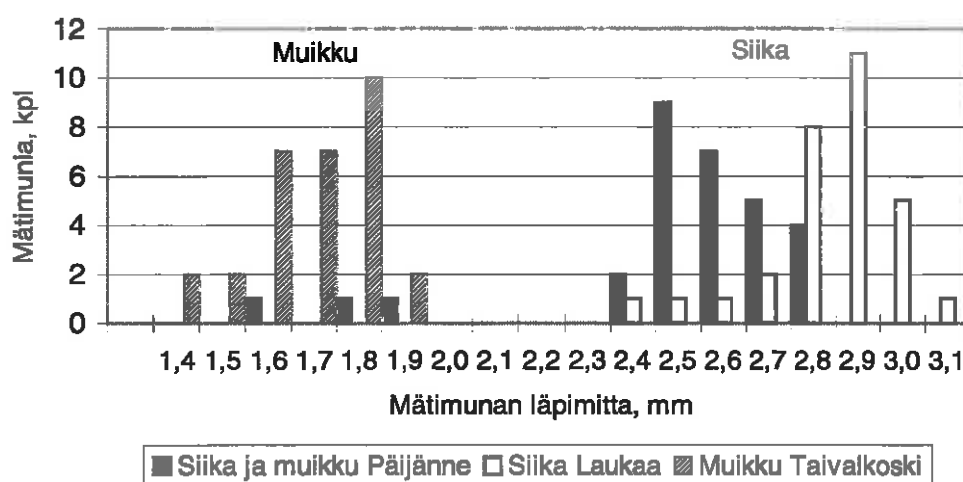
Muikun mätimunia löytyi talvinäytteistä 3 kpl. Ne olivat 1,5 ja 3 m:n syvyydessä.



Kuva 8. Siian mätimunien jakautuminen syvyysvyöhykkeittäin Päijänteellä Padasjoenselällä tammi-helmikuun näytteissä vuonna 1999.

Mätihavainnoista voidaan päätellä, että pikkusiika kutee Päijänteellä lähes vesirajasta ainakin kolmen metrin syvyyteen. Kalastajien kokemusten perusteella kutua voi tapahtua syvemmälläkin. Aineiston pienuuden vuoksi esitettyä jakaumaa on pidettävänä lähinnä suuntaa-antavana.

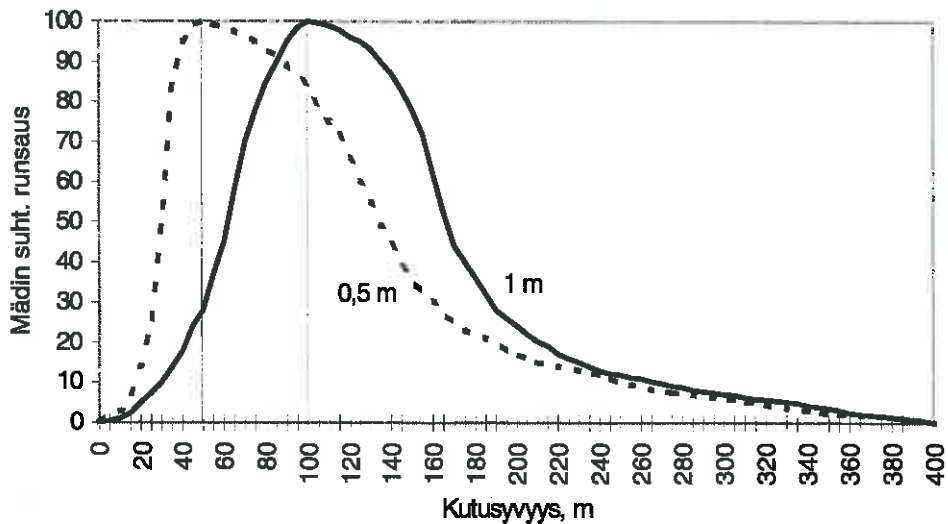
Marraskuussa 1998 ja tammi-helmikuussa 1999 löydettyjen siian mätimunien läpimitta oli keskimäärin 2,6 mm (SD = 0,12, n = 27) (kuva 9). Laukaan kalantutkimuksen ja vesiviljelyn tiloissa hautoutumassa olleiden kookkaiden planktonsiikaemojen mätimunien läpimitta oli keskimäärin 2,8 mm (SD = 0,15, n = 30). Vastaavan ajan Taivalkosken yksikössä hautoutunut muikunmäti erosi kokonsa puolesta selvästi siianmädistä (keskiarvo 1,7 mm, SD = 0,13, n = 30). Hakkarin ja Bibiceanun (1985) mittaamien Saimaan tuppisiian mätimunien läpimitta vaihteli 2,2-3,1 mm:n välillä.



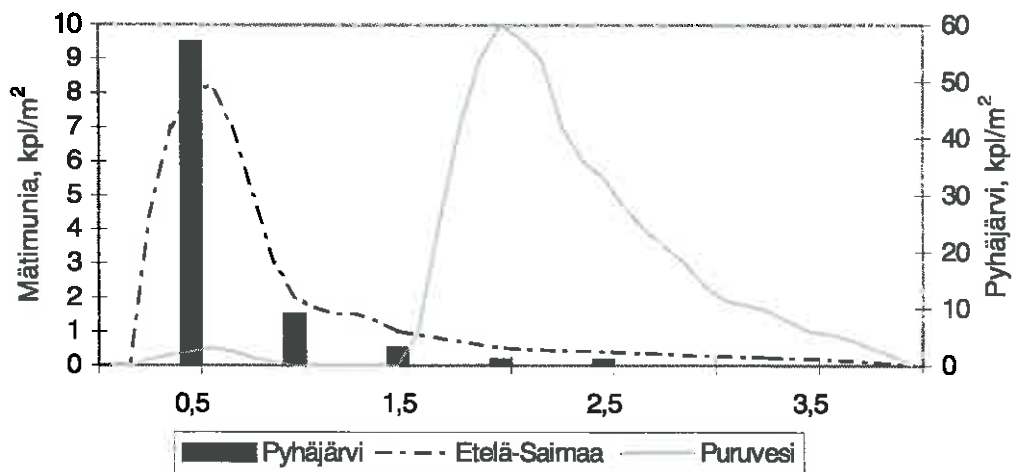
Kuva 9. Päijänteen kutupohjilta pyydetyn siian ja muikun mädin, Laukaan kalantutkimuksen ja vesiviljelyn tiloissa hautoutumassa olleen planktonsiian mädin ja Taivalkoskella hautoutumassa olleen muikunmädin kokojakauma.

4.2.3 Mätituhojen laskennallinen arviointi

Edellisessä kappaleessa saatiin käsitys siianmädin jakautumisesta eri syvyyssyöhykkeisiin Päijänteessä. Löydettyjen mätimunien määrä oli vähäinen, joten on uskaliaasta käyttää yksinomaan sitä vahinkoarvion pohjana. Sen vuoksi vedenpinnan laskusta ja jäästä johtuvaa mätituhoa on arvioitu kahden tilanteen mukaan: 1) mädin esiintymisen huippu on 0,5 metrissä ja 2) mädin esiintymisen huippu on 1 metrissä (kuva 10). Käyrän muoto noudattaa karkeasti havaittua mätijakaumaa (kuva 8). Mätijakauman muodolle on haettu tukea myös Hakkarin ja Kurttilan (1981) ja Hakkarin ja Bibiceanun (1985) tutkimuksista Saarijärven Pyhäjärveltä sekä Saimaalta (kuva 11). Vuosien välistä vaihtelua saattaa esiintyä.

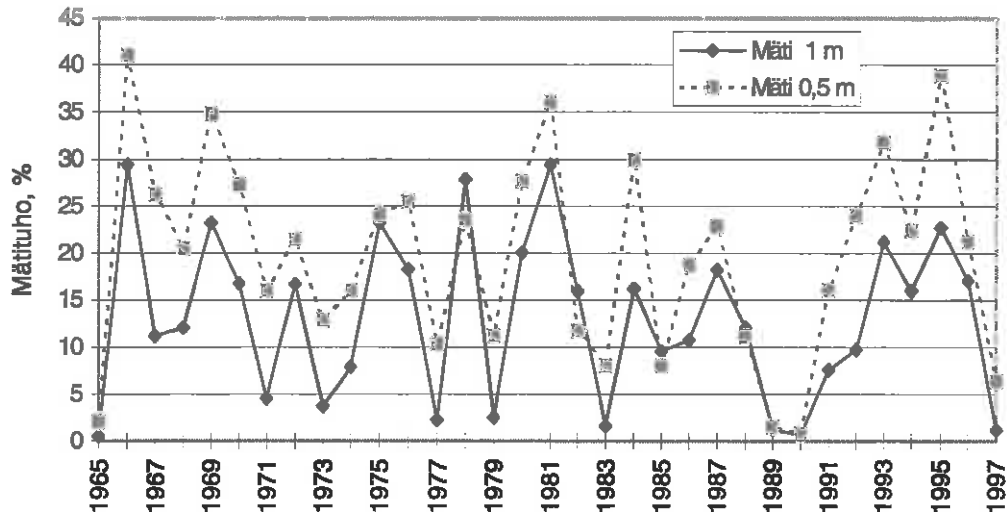


Kuva 10. Siianmädin teoreettinen jakautuminen eri syvyyteen Päijänteen kutupaikoilla kutusyvyyden painottuessa yhteen metriin ja puoleen metriin.



Kuva 11. Saarijärven Pyhäjärven, Etelä-Saimaan ja Puruvesen siikojen kutusyvyydet mätikartoitusten mukaan piirrettynä uudelleen Hakkarin ja Kurttilan (1981) ja Hakkarin ja Bibiceanun (1985) julkaisuista.

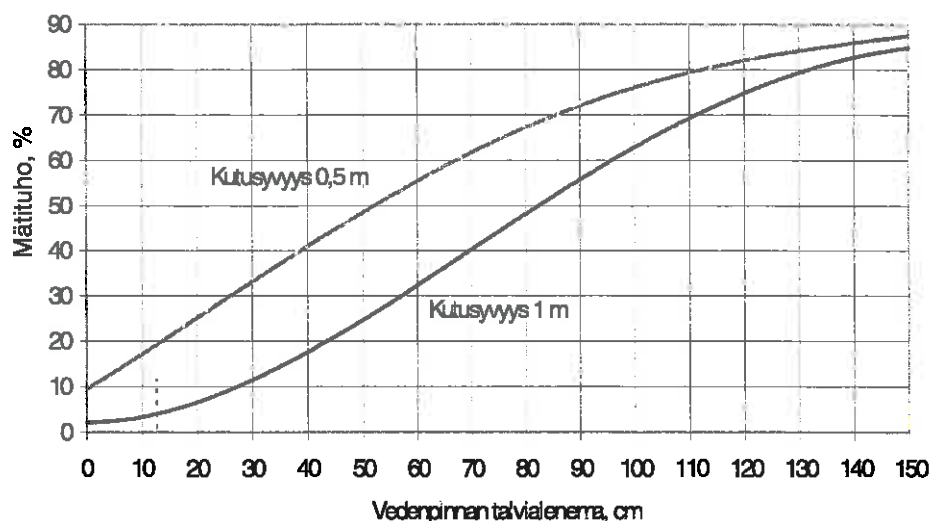
Mädin tuhoutumisaste on vaihdellut vuosittain huomattavasti, kun oletetaan mädin jakautuneen pohjalle kuvan 10 esittämällä tavalla, ja kutu on tapahtunut aina samassa syvyydessä suhteessa kutuajan vedenkorkeuteen (kuva 12). Vuosina 1965-1997 mädistä on tuhoutunut säännöstelyn vaikutuksesta keskimäärin 20 %, jos kutusyvyyden painopiste on ollut 0,5 metrissä ja 13 %, jos kutu on painottunut 1 metrin syvyyteen. Ensiksi mainitussa tapauksessa vuosivaihtelu on ollut 2-41 % ja jälkimmäisessä 0-30 %.



Kuva 12. Säännöstelystä johtuva siianmädin tuhoutumisaste vuosina 1964-1996 kutusyvyyden painottuessa yhteen metriin ja kutusyvyyden painottuessa puoleen metriin. Kuvassa on otettu huomioon vedenpinnan luontainen ja toteutunut lisäalenema sekä jään vaikutus, perustana kuvan 10 tulkinta.

Kutu 0,5 m:n syvyydessä on useimpina vuosina ollut siialle haitallisempi kuin syvempi vaihtoehto, mitä onkin luonnollista. Muutamana vuotena on tapahtunut kuitenkin päinvastainen ilmiö, eli matalan kudun tilanteessa säännöstelyn haitta on jäänyt pienemmäksi. Tämä on mahdollista, kun luontainen alenema on suuri.

Vedenpinnan talvialeneman tuho vaikutus siianmätiin voidaan määrittää kuvasta 13 halutulle vedenpinnan alenemalle mädin esiintymisen huipun ollessa 1 metrissä tai 0,5 metrissä. Jään vaikutus on otettu regressiokäyrissä huomioon. Juuri jään vaikutuksesta nolla-alenemakin aiheuttaa jo mätitappioita. Kudun keskittyessä 0,5 metrin syvyyteen, jääpeite tuhoaa mädistä 10 %, kudun painottuessa metriin tuhoutuu 2 % mädistä jäätymällä. Esimerkiksi vuosien 1965-1997 keskimääräistä talvialenemaa (40 cm) vastaa kyseisillä vaihtoehdoilla 18 %:n ja 40 %:n mätituhot. Säännöstelyn osuus saadaan esiin vähentämällä luontaisen aleneman (14 cm, kuva 13, katkoviiva) ja jään tuho vaikutus, mikä on kyseisillä vaihtoehdoilla 5 % ja 20 %. Säännöstelyn aiheuttamiksi tappioiksi jää keskimäärin 13 % tai 20 %, kuten edellä jo todettiin.



Kuva 13. Vedenpinnan aleneman teoreettinen tuho vaikutus mädille vuosien 1965-1997 perusteella kahdella kutusyvyyden vaihtoehdolla. Käyrässä on mukana säännöstelyn ja luonnonmukaisen aleneman sekä jään vaikutus. Käyrät on laskettu kuvasta 10 pinta-alaprosentteina (nolla vastaa 40 cm:n syvyyttä). Ajanjakson keskimääräinen luontainen talvialenema on merkitty katkoviivalla.

Arvioitaessa pikkusiiian mätituhojen vaikutusta rekrytoituvaan siikakantaan ja kalastukseen tarvitaan tietoa rekryyttien määrästä. Heikinheimon ja Valkeajärven (1998) mukaan pikkusiiian vuotuiseksi rekrytoinniksi arvioitiin vuoden 1991 toteutuneen saaliin ja tuhatta rekryyttiä kohti lasketun saaliin perusteella Pohjois-Päijänteellä 0,4 milj. 1-kesäistä poikasta ja Etelä-Päijänteellä 2 milj. 1-kesäistä poikasta. Kyseisessä tilanteessa rekryyttien kokonaismäärä on siis ollut 2,4 miljoonaa.

Tällä rekryyttimäärällä ja vahinkoprosentilla 13 % saadaan tappiottoman lähtötilanteen rekryyttimääräksi 2,75 miljoonaa kesänvanhaa poikasta. Vahinkoprosentilla 20 % rekryyttien kokonaismäärä olisi vuosittain ollut 3 miljoonaa poikasta. Menetykset kesänvanhoina poikasina olisivat siten olleet 350 000 siikaa tai 600 000 siikaa.

Valkeajärvi ja Raatikainen (1995) arvioivat planktonsiikojen tuotoksi vähintään 70 kg/1000 istukasta. Heikinheimo ja Valkeajärvi (1998) arvioivat pikkusiiian tuotoksi 25-70 kg/1000 istukasta ja odotusarvoksi tietyllä verkkokalastuksen säätelyllä (joka tosin ei vaikuta juuri lainkaan pikkusiiian tuottoon) 42 kg/1000 istukasta. Odotusarvolla laskien saadaan 2,75 miljoonan pikkusiiianpoikasen tuotoksi 115 000 kg ja 3 miljoonan poikasen tuotoksi 126 000 kg. Tappioprosenteilla laskien saadaan menetykseksi 15 000 kg (0,13 kg/ha) tai 25 000 kg (0,23 kg/ha), mikä olisi ollut teoriassa kalastettavissa, jos osa siiian mädistä ei olisi tuhoutunut säännöstelyn seurauksena. Tämä edellyttäisi, että mätitappiot siirtyisivät sellaisenaan kalastettavaan kantaan.

4.3. Kutupohjien vedenlaatu

Vuonna 1997 kutupohjien läheistä vedenlaatua tutkittiin Padasjoella, Kuhmoisissa ja Säynätsalossa maaliskuun vaihteessa. Varhaisen kevään sulamisvesistä todennäköisesti johtui, että hapen kyllästysarvo viisi senttiä pohjan pinnalta oli

paikoin yli 100 %. Tuloksia ei tämän vuoksi voitu käyttää aiottuun tarkasteluun. Pienin happipitoisuus 11,8 mg/l (82 %) mitattiin Säynätsalossa 10 metrin syvyydestä (82 %). Konneveden alhaisin arvo oli 11,4 mg/l (79 %).

Vuonna 1998 mittaus ajoittui sääolojen puolesta oikeaan aikaan. Tälläkään kertaa ei havaittu siianmädin selviytymiselle kriittisiä happipitoisuuksia (7 mg/l) millään alueella oletetuilla siian kutusyvyyksillä. Kaikissa mittauspisteissä happea oli pohjan lähellä viiden metrin syvyydessä yli 9 mg/l (taulukko 2). Alhaisimmat pitoisuudet mitattiin oletetusti Pohjois-Päijänteellä pitoisuuksien kasvaessa kohti etelää. Kymmenen metrin syvyydessä Ristikiven rannassa (Jyväskylän lähiön uimaranta) happea oli kuitenkin vain 3,8 mg/l (28 %). Muissa mittauspisteissä tälläkin syvyydellä happea oli yli 10 mg/l, Tehinniemessä 12,5 mg/l. pH oli alhaisimmillaan 6,3 (Keljonlahti). Näiden mittausten perusteella Päijänteessä on vedenlaadun puolesta siianmädille kelvolliset hautoutumisolot edellyttäen, että olot eivät oleellisesti muutu niiden muutaman sentin matkalla, jotka erottavat anturin mittauspään pohjasta.

Taulukko 2. Pohjanläheset hapen kyllästysarvot (%) ja pitoisuudet (mg/l) (a) sekä pH ja lämpötila (b) Pohjois- ja Keski-Päijänteellä 26.3.1998. Mittaukset on tehty Grant/YSI 3 800 -mittarilla kustakin syvyydestä enintään viisi senttiä pohjan pinnasta.

a)

Syvyys	Keljonlahti		Ristikivi		Säynätsalo		Kärkistensalmi		Edesniemi		Tehinniemi	
	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l
1	81,1	11,9	85,1	12,5	80,8	11,8	81,6	11,9	85,0	12,3	99,8	14,5
2	77,8	11,5	80,4	11,8	79,2	11,6	80,6	11,7	83,7	12,1	92,6	13,4
3	78,7	11,5	80,0	11,6	75,1	11,0	80,8	11,7	86,1	12,4	91,3	13,2
5	85,4	11,0	66,4	9,5	75,3	11,0	80,2	11,6	86,3	12,4	89,6	12,9
10	71,1	10,3	28,1	2,8	72,0	10,4	79,0	11,4	84,3	12,0	86,9	12,5

b)

Syvyys	Keljonlahti		Ristikivi		Säynätsalo		Kärkistensalmi		Edesniemi		Tehinniemi	
	pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C
1	6,7	0,3	6,6	0,2	6,7	0,2	6,6	0,5	6,4	0,5	6,9	0,6
2	6,7	0,3	6,7	0,3	6,6	0,3	6,5	0,5	6,4	0,7	7,0	0,8
3	6,7	0,3	6,6	0,4	6,5	0,4	6,5	0,5	6,6	0,9	6,8	0,8
5	6,6	0,3	6,6	0,8	6,6	0,4	6,5	0,6	6,6	0,9	6,7	0,9
10	6,3	0,5	6,4	3,1	6,5	0,5	6,5	0,6	6,6	1,2	6,7	1,0

4.4. Rantajäiden sulamisen edistyminen

Rantajäiden sulamista seurattiin kolmen muuttujan avulla vuosina 1996 ja 1997: kuiva ranta (vedetön ja jäätön), kuiva jää (rannalla koholla) ja rantasula. Kahden ensiksi mainitun muuttujan osalta Päijänne erosi Konnevedestä (kuvat 14, 15, 16 ja 17).

Kuivaa rantaa oli Päijänteessä enemmän kuin Konnevedessä, mikä johtuu säännöstelyyn liittyvästä juoksutuksesta; vuoden 1996 keväällä Päijänteen pinta oli 15 cm luonnonmukaista alempana ja vuonna 1997 ero oli 25 cm. Vuonna 1996 talvialenema oli joulukuun 15. päivän ja huhtikuun minimin välillä Päijänteessä 37 cm ja Konnevedessä 15 cm, vuonna 1997 Päijänteessä 40 cm ja Konnevedessä 11 cm. Rannan kiintopisteen valinta voi vaikuttaa jonkin verran mittaustulokseen, vaikka mittausten lähtöpiste valittiinkin kaikissa paikoissa rantapenkan juuresta.

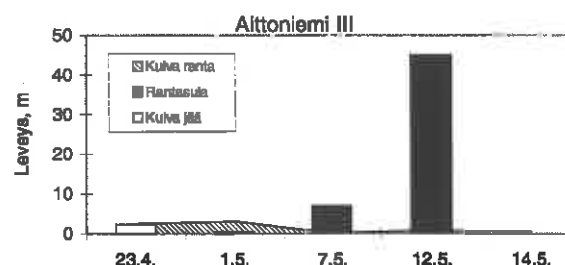
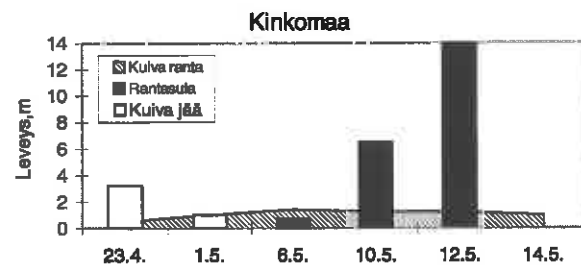
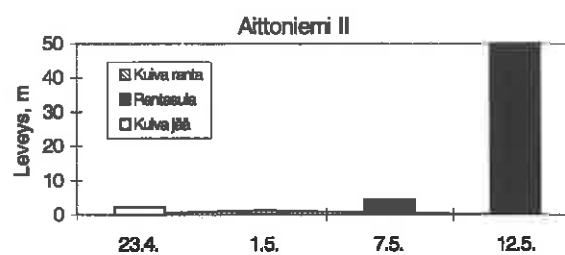
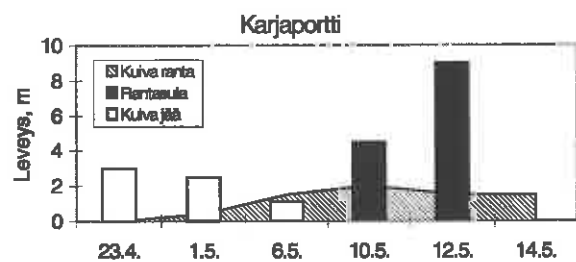
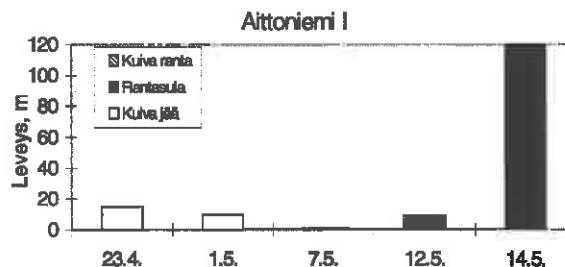
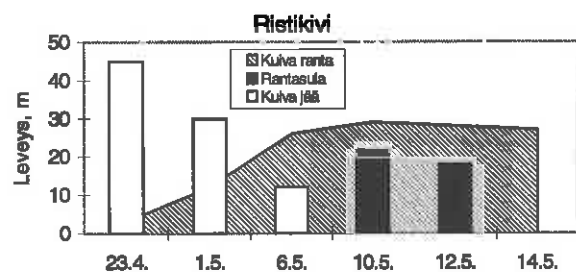
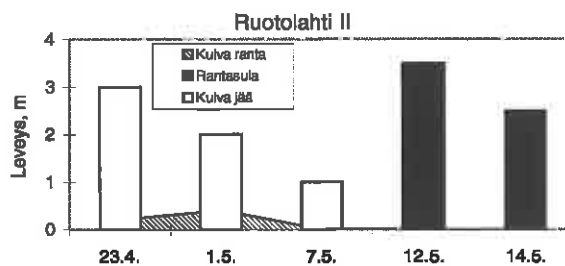
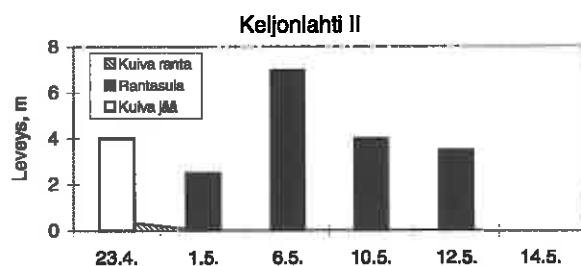
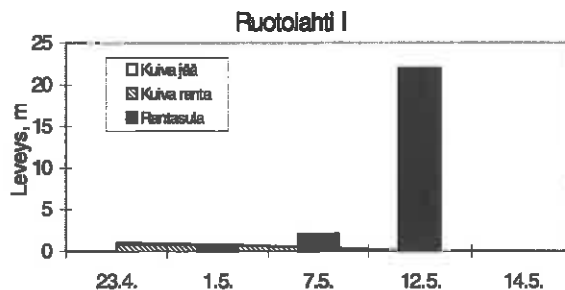
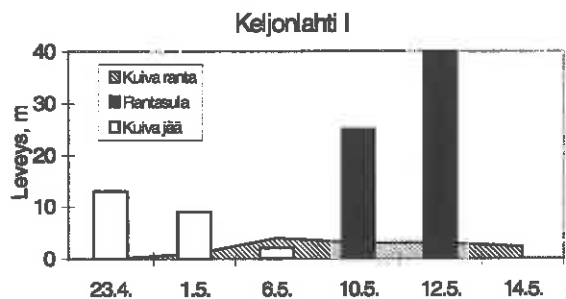
Rannalle jäänyttä kuivaa jäätä esiintyi Päijänteellä leveämpänä vyöhykkeenä kuin Konnevedellä, ja se sulii hitaammin kuin Konnevedellä. Rannoille jäänyt jää ehti

kuitenkin sulaa tarkkailuvuosina Päijänteelläkin ennen rantasulan muodostumista. Jäät eivät siis viipyneet rannoilla pitkään, eikä niitä ollut enää jäiden lähdeyttä. Kuivaa jäätä esiintyi sekä Päijänteessä että Konnevedessä lähinnä matalilla rannoilla. Päijänteellä sitä saattoi olla vielä 1. toukokuuta kymmenien metrien leveydeltä (Ristikivi). Konnevedellä kuivaa jäätä esiintyi huomattavasti vähemmän kuin Päijänteellä. Matalillakaan Konneveden rannoilla kuivaa jäätä ei ollut yhtä leveänä vyöhykkeenä (Aittoniemi I). Tämä ero selittyy vedenpinnan voimakkaammalla laskulla Päijänteessä. Kohoava lämpötila yhdessä vedennousun kanssa sulatti kuivan jään Konnevedellä nopeammin kuin Päijänteellä.

Rantasula alkoi muodostua kummassakin järvestä useimmilla seurantapaikoilla toukokuun ensimmäisellä viikolla. Jäät lähtivät tarkkailualueilta runsaan viikon kuluttua rantasulan muodostumisesta, kyseisinä vuosina toukokuun puolivälissä. Rantasula muodostui ja alkoi laajeta kummassakin järvestä jokseenkin samaan aikaan, kun maalla oleva jää oli sulanut. Rantasulan syntymisessä oli Päijänteellä noin viikon ero rannan aurinkoisuuden mukaan. Konnevedelläkin eroa oli useita päiviä.

Päijänne

Konnevesi



Kuva 14. Rantajäiden sulaminen Päijänteellä ja Konnevedellä vuonna 1997.

Tarkkailuvuodet olivat melko vähävetisiä ja vedenpinnan alenema pieni. Vuoden 1997 tilannetta esittävä kuva kertoo hyvin myös vuoden 1996 sulamistapahtuman. Tarkkailuvuosina Päijänteen jäiden sulaminen poikkesi vain vähän luonnontilaisesta järvestä. Jäätymisen tapahtuessa keskimääräistä aikaisemmin ja aleneman ollessa suuri rannoille saattaa jäädä jäätä rantasulan muodostumisen jälkeenkin. Tässäkin tilanteessa selkävedet vapautuvat viimeisenä jäistä kuten muissakin järvissä.



Kuva 15. Keljonlahden rantaa Pohjois-Päijänteellä 23.4. 1997 (ylempi kuva) ja 10.5.1997 (alempi kuva).



Kuva 16. Kinkomaan rantaa Pohjois-Päijänteellä 23.4.1997 (ylempi kuva) ja 10.5.1997 (alempi kuva).



Kuva 17. Aittoniemen eteläkärjen rantaa Etelä-Konnevedellä 23.4.1997 ja 7.5.1997 (pieni kuva).

4.4. Siian vuosiluokkarunsautta säätelevät tekijät

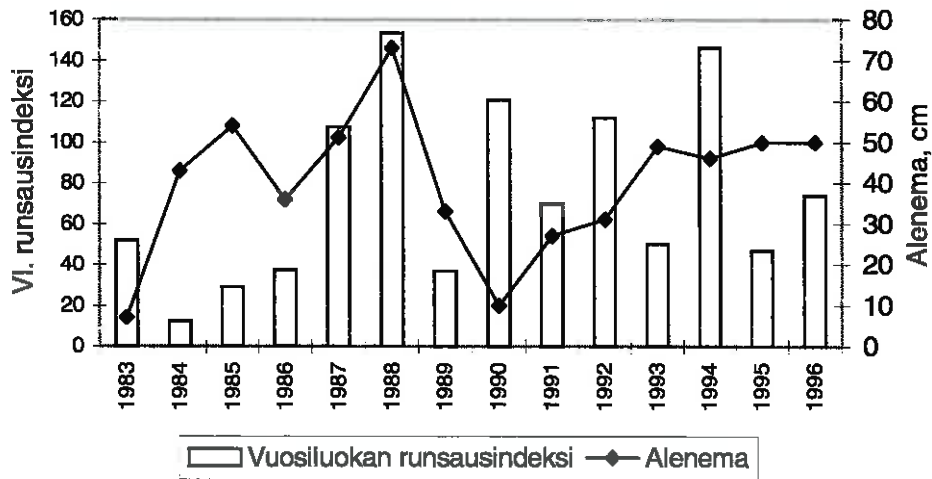
Siian ja muikun vuosiluokkien runsaudentvaihtelu on vuosina 1982-1997 ollut erilaista. Vuoden 1982 runsaan vuosiluokan jälkeen muikun rekrytointi käytännössä epäonnistui vuoteen 1996 asti. Pikkusiian rekrytointi on ollut säännöllisempää, ja jakson alkuvuosia lukuunottamatta keskimäärin joka toinen vuosi on syntynyt suhteellisen runsas vuosiluokka (taulukko 3, kuva 18). Tämä muikulle tyypillinen jaksottaisuus on alkanut ilmetä pikkusiialla selvänä vuodesta 1988 alkaen. Korrelaatio siian vuosiluokan ja seuraavan vuosiluokan välillä vuosina 1988-1996 on tilastollisesti merkitsevä ($r = -0,765$, $p = 0,017$). Kuitenkaan ei voida havaita riippuvuutta siikavuosisluokan runsauden ja edellisen syksyn kutukannan välillä.

Siian vuosiluokan runsauteen mahdollisesti vaikuttavia ympäristötekijöitä ja lajien välisiä riippuvuussuhteita tarkasteltiin tilastollisesti korrelaatioanalyysin ja usean muuttujan regressioanalyysin avulla. Ainoat muuttujat, jotka vaikuttavat tilastollisesti merkitsevästi siikavuosisluokan runsauteen, olivat siian yksikkösaalis samana vuonna (siikakanta) sekä edellisen vuoden muikun kutukanta. Korrelaatiot olivat negatiiviset, joten kyseisillä muuttujilla on siian vuosiluokan runsautta heikentävä vaikutus.

Kutuajankohdan vedenkorkeuden, vedenpinnan talvialeneman, kevään alimman vedenkorkeuden, jäänlähdön ajankohdan (1.V.) ja jäätymisajankohdan ei havaittu vaikuttavan tilastollisesti merkitsevästi siian vuosiluokan runsaudentvaihteluun (taulukko 3, kuvat 18 ja 19). Korrelaatiota ei havaittu myöskään siinä teoreettisessa tilanteessa, jolloin kudun oletettiin tapahtuvan vakiovyöhykkeessä riippumatta vedenpinnan tasosta. Kevään ja kesän lämpötilat eivät myöskään selittäneet siikavuosisluokkien runsaudentvaihtelua. Ahvenvuosisluokan runsausindeksi (kesän lämpötila kaksi vuotta aiemmin) ei korreloinut siikavuosisluokan runsauden kanssa.

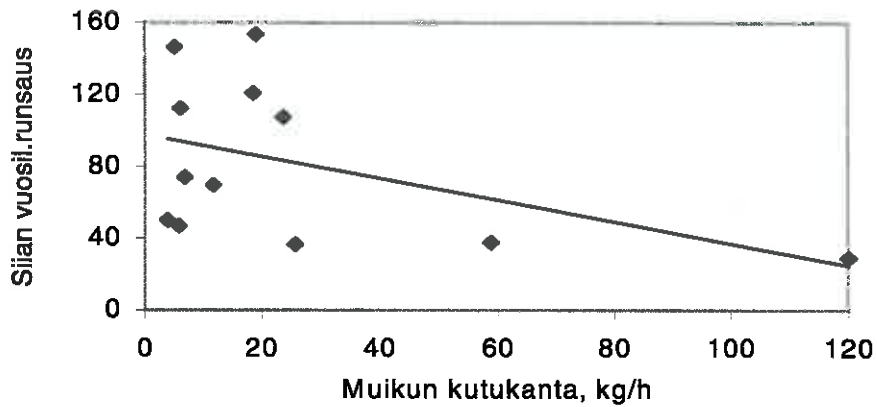
Taulukko 3. Silkavuosiuokan runsautta mahdollisesti selittävät ja tässä testatut muuttujat sekä vastaavat korrelaatiot. Normaaliarvokautta noudattaville muuttujille on laskettu Pearsonin korrelaatiokerroin, muille Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin (r_s). Vedenpinnan alenema a) tarkoittaa alenemaa marraskuun 15. päivästä kevään minimiin, b) tarkoittaa alenemaa suhteessa vuosien 1965-1997 marraskuun 15. päivän keskiarvoon 7817 cm. Jään sulamisen ajankohta on ilmoitettu päivinä vuoden alusta kuten myös jäätymisen ajankohta. Planktonsilian istutukset on arvioitu Tehinselän alueelle. Teoreettinen mätuho perustuu kuvan 13 tulkitaan kutusvyydyellä 0,5 m. Muikun ja silian kutukannoissa on kyse vuosiluokan syntä edeltäneen vuoden kutukannasta. * = korrelaatio tilastollisesti merkitsevä alle 5 %:n riskillä.

Vuosi	Silka- vuosil. runsaus	trooli kpl/h	Silka- vuosil. runsaus	trooli kpl/h	Veden- pinta 15.XI.	cm	Ain veden- pinta kevääällä	cm	Veden- pinnan alenema a	cm	Veden- pinnan alenema b	cm	Muikun yksikkö- saalis	trooli	Silian yksikkö- saalis	trooli kg/h	Muikun kutukanta	trooli kg/h	Silian kutukanta	trooli kg/h	Jään sulamisen ajankohta	pv kpl	Jäätymisen ajankohta	pv kpl	Jäänlähden jälk. kk:n lämpötila	°C	Kesä- elokuun lämpötila	°C	Kesä- elokuun it + 2v	°C	Piankton- sian istutukset	kpl/ha	Teor. mätuho	%
1982			3683	7863	91	11															123	342	8,8	19,6					0,8	73,3				
1983	51,5	808	7813	7806	7	49							150								123	333	11,3	14,5					3,9	17,3				
1984	12,3	194	7810	7767	43	32							120	150							123	361	12,8	13,7	13,6				2,9	42,3				
1985	29,0	27	7839	7785	54	32							58,8	120	80,8						136	331	9,9	14,6	14,5				5,7	51,3				
1986	37,5	26	7821	7785	36	33							23,8	58,8	50,3						127	349	14,4	14,9	13,7				5,6	38,5				
1987	107,5	104	7835	7784	51	24							19,1	23,8	27,0						128	330	6,3	12,5	14,6				13,9	49,1				
1988	153,2	107	7866	7793	73	24							25,7	19,1	22,0						128	325	10,8	16,1	14,9				13,1	63,6				
1989	36,6	18	7826	7793	33	21							18,6	25,7	26,9						113	344	8,6	14,9	12,5				15,2	35,5				
1990	120,5	24	7806	7796	10	49							11,7	18,6	33,3						104	328	7,9	14,0	18,1				11,6	17,3				
1991	69,6	6	7796	7769	27	7							6	11,7	26,4						115	341	5,1	14,7	14,9				4,3	31,8				
1992	112,0	58	7841	7810	31	25							3,8	6,0	30,8						124	328	11,3	14,1	14,0				6,5	34,0				
1993	50,0	53	7841	7792	49	53							5	3,8	23,2						124	318	11,5	12,7	14,7				5,2	47,4				
1994	146,3	146	7809	7763	46	43							5,8	5,0	22,1						127	332	7,8	14,9	14,1				4,5	44,5				
1995	46,7	171	7824	7774	50	68							6,8	5,8	28,4						127	333	11,1	15,1	12,7				2,7	48,2				
1996	73,8	2 488	7797	7748	50	30							34,7	6,8	34,7						136			14,3	14,9					47,4				
1997		724											113,8	34,7	10						134			16,7	15,1					15,7				
Korre- laatiot			0,095 r_s	0,225	0,102	0,152	-0,107	-0,376 r_s	-0,614	-0,533 r_s	0,045 r_s	-0,091	-0,318	-0,388	0,188	0,500	0,281 r_s	0,123																

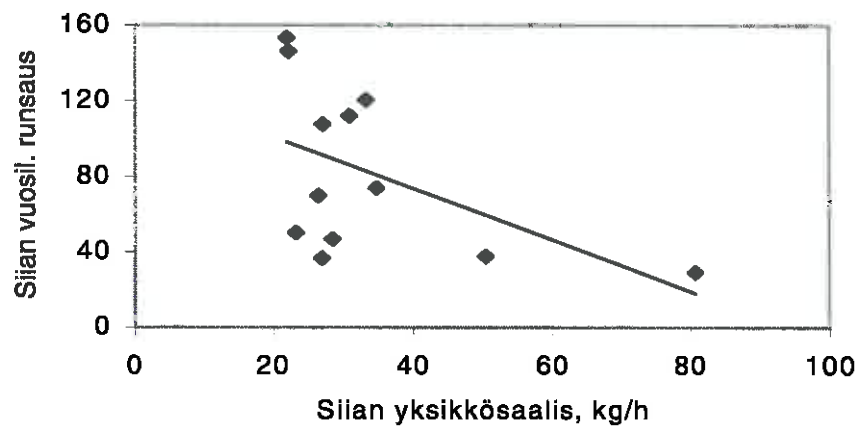


Kuva 18. Pikkusiian vuosiluokkien runsaudet suhteessa vedenpinnan talvialenemaan vuosina 1983-1996 Päijänteen Tehinselällä.

a)



b)



Kuva 19. Pikkusiian vuosiluokan runsauden ja a) edellisen vuoden muikun kutukannan (indeksi kg/h trolissa) sekä b) saman vuoden siian yksikkösaaliin (kg/h trolissa) väliset suhteet.

Monimuuttujainen regressioanalyysi ei antanut lisäinformaatiota siikavuosisiluokan runsaudenvaihteluun vaikuttavista tekijöistä.

4.5. Siian kasvua säätelevät tekijät

Pikkusiian ensimmäisen kesän pituuskasvun vaihtelua selittäviä tekijöitä löytyi kaksi: muikkukannan runsaus (= yksikkösaalis troolissa eli aikuiset muikut) ja muikkuvuosisiluokan runsaus kyseisenä vuonna (taulukko 4). Toisin sanoen runsas muikkukanta hidastaa siianpoikasen kasvua.

Taulukko 4. Korrelaatiomatriisi pikkusiian pituuden lisäkasvuun kolmena ensimmäisenä kasvukautena mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä. Korrelaationa on käytetty Pearsonin korrelaatiokerrointa (r) lukuunottamatta kahta muuttujaa, joille on laskettu Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin (r_s). Näytämäärä (n) suluisa. * = korrelaatio tilastollisesti merkitsevä alle 5 %:n riskillä.

Selittävät tekijät	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi
Siikavuosisiluokan runsaus ko. vuonna	-0,083 (15)	0,357 (15)	0,034 (14)
Siian yksikkösaalis troolissa (kg/h)	-0,300 (12)	-0,390 (13)	-0,356 (12)
Siian kutukanta	-0,330 (11)	-0,508 (12)	0,189 (11)
Muikun yks.saalis troolissa (kg/h) (r_s)	-0,508* (14)	-0,506* (15)	-0,185 (14)
Muikkuvuosisiluokan runsaus (r_s)	-0,468* (15)	-0,518* (16)	-0,440 (14)
Jäänlähdon jälk. kk:n lämpötila	-0,105 (14)	0,148 (14)	0,116 (13)
Kesä-elokuun lämpötila	0,308 (14)	0,330 (14)	-0,427 (13)
Vedenkorkeus 15.XI.	-0,384 (15)	0,094 (15)	0,405 (14)
Vedenpinnan talvialenema	-0,484 (15)	-0,061 (15)	0,203 (14)
Vedenkorkeus 1.V.	0,119 (15)	0,194 (15)	0,253 (14)

Toisen kesän kasvu korreloi negatiivisesti samojen muikkukannan runsautta ilmentävien parametrien kanssa. Siian kolmannen kesän kasvun vaihtelua tutkitut muuttujat eivät selittäneet tilastollisesti merkitsevästi.

Vertailujärvellä Konnevedellä voitiin tarkastella vain siian kasvuun vaikuttavia tekijöitä, koska siikavuosisiluokkien runsaudesta ei ollut riittävästi tietoa. Tilastollisesti merkitsevä korrelaatio ilmeni muikkuvuosisiluokan runsauden ja järvisiian kolmannen kesän kasvun välillä ($r_s = -0,619$, $n = 9$, $p < 0,05$). Vedenkorkeutta ja sen muutosta ilmaisevien muuttujien ja pikkusiian (murokkaan) sekä järvisiian kasvun välillä ei havaittu merkitsevää korrelaatiota. Lämpötila ei myöskään vaikuttanut merkitsevästi Konneveden siikojen kasvuun. Päijänteellä järvisiikaa ei voitu tarkastella, koska tämän siikamuodon kanta on erittäin niukka.

5. Tarkastelu ja johtopäätökset

5.1. Ympäristöolot siian kannalta

Päijänteen vedenlaatu on parantunut merkittävästi 1970-luvun jälkeen (Granberg 1997). Voidaankin olettaa, että vedenlaatu ei aseta 1990-luvulla estettä luonnonvaraisen siian menestymiselle. Eri yhteyksissä on kuitenkin epäilty siian kutupohjien kuntoa mädin hautoutumisen kannalta. Asiaa selvitettiin mittaamalla pohjanläheisten vesikerrosten olosuhteita siian kutusyvyyksiltä Pohjois- ja Keski-Päijänteellä. Nämä mittaukset osoittivat happipitoisuuden ja happamuuden (pH) riittävän hyviksi mädille. Kaikilla mittauspäikoillä happipitoisuus oli vähintään 11 mg/l kolmen metrin syvyyteen asti, ja viidessä metrissä oli happea yli 9 mg/l. Kriittisenä rajana pidetään 7 mg/l. pH oli kutusyvyyksillä vähintään 6,5. Tikkanen ja Hellsten (1987) ovat löytäneet elävää siian ja muikun mätiä vielä vajaan 5 mg/l happipitoisuudesta. Pohjois-Päijänteen lievä rehevyys järven eteläosaan verrattuna näkyi kuitenkin mittauksissa.

Mäenpää (1990) osoitti siian ja muikun mädin sumputuskokeissa vuonna 1988 Keski-Päijänteellä, että Tiirinselällä Kaipolan paperitehtaan alapuolella mädin kuolevuus oli suurta, mutta Lehesselän puolella mäti säilyi hyvin elossa. Lehesselän Edessalmessa mitattiin talvella 1998 happipitoisuudeksi pohjan läheltä metrissä kymmeneen metriin asti noin 12 mg/l. Olosuhteet ovat kymmenessä vuodessa parantuneet. Jo 1980-luvulla Mäkelä (1988) arvioi predaatiota fysikaalis-kemiallisia tekijöitä merkittävämmäksi mädin tuhoutumisen syyksi Pohjois-Päijänteellä. 1990-luvun loppupuolella predaatiota voidaan pitää entistäkin vahvempana syynä sekä mäti- että poikastappioihin, sillä kutupohjien laatu on epäilemättä parantunut yleisen vedenlaadun paranemisen myötä. Ahven tiedetään muikunpoikasen saalistajaksi (Huusko ja Sutela 1992). Mahdollisesti ahvenelle kelpaa myös siianpoikanen, joka tosin kasvaa muikkua nopeammin ja on siten lyhyemmän ajan sopivaa ravintoa ahvenille. Ahvenen ja myös särjen vaikutus ilmenee lähinnä mäti- ja poikaspredaation kautta. Näiden lajien runsaat kannat saattavat olla merkittävä syy Pohjois-Päijänteen heikkoon luontaiseen siikakantaan.

Mittauksiin käytetyllä YsiGrant-laitteella saatiin tietoa muutaman sentin etäisyydeltä pohjasta. Vaikka happipitoisuus pieneneekin vielä viimeisten senttien matkalla, se tuskin alenee ratkaisevasti siian kannalta, koska pitoisuudet eivät olleet lähelläkään kriittistä rajaa. Lisäksi mittauskohteet sijaitsivat pohjan laadun osalta todennäköisesti huonommilla paikoilla kuin kutupaikat. Viittä metriä syvemmällä ongelmia voi paikoin tulla, mutta kutua tuskin tapahtuu sitä syvemmällä. Tulokset eivät siis tue käsitystä, että kutupohjien happipitoisuus tai muut fysikaalis-kemialliset ominaisuudet olisivat siialle epäedulliset. Lisäselvitykset olisivat tarpeen lähinnä Pohjois-Päijänteellä pikkusiian kutupaikoilla. Hyvien kutupaikkojen löytäminen harvahkon siikakannan aikana voi kuitenkin olla vaikeaa.

Rantajäiden sulamisessa voitiin havaita pieniä eroja Päijänteen ja Konneveden välillä. Kuivaa rantaa (vesijättöä) oli Päijänteessä keväällä enemmän kuin Konnevedessä, mikä johtuu säännöstelyyn liittyvästä juoksutuksesta. Myös rannalle jäänyttä kuivaa jäätä esiintyi Päijänteellä leveämpänä vyöhykkeenä kuin Konnevedellä. Tämä jää

myös sulii vähän hitaammin kuin Konnevedellä. Se ehti kuitenkin sulaa Päijänteelläkin ennen rantasulan muodostumista. Rantasulan muodostumisessa ei havaittu merkittäviä eroja järvien välillä. Rantasula alkoi laajeta kummassakin järvestä jokseenkin samaan aikaan, kun maalla oleva jää oli sulanut.

Koska vedenpinnan talvialenema oli kyseisinä vuosina keskimääräisellä tasolla, ainakaan tällaisina tai vähävetisempinä vuosina jäiden sulamisnopeus tuskin vaikuttaa luonnonmukaisesta poikkeavasti eläinplanktonin tuotantoon ja siten siianpoikasten ravintovaroihin.

5.2. Siian kutusyvyys

Järvikutuinen siika kutee yleensä 0,5-3 metrin syvyyteen (mm. Salojärvi ym. 1985, Heikinheimo-Schmid ja Huusko 1987). Päijänteen pikkusiian kutusyvyydestä oli ennen tätä tutkimusta vain kalastajien kokemuksiin perustuvaa tietoa. Siihen ilmeisesti perustui myös Järven (1953) käsitys, että siika kutee Päijänteessä 0,75-1 metrin syvyyteen. Hakkarin ym. (1978) tekemän suppean kyselyn perusteella siika olisi kutenut ennen säännöstelyä 0,5-2 metrin syvyydessä, mutta laajentaneen sittemmin kutusyvyyttä 0,5-6 metriin. Vuoden 1987 kalastustiedustelussa asiaa kysyttäessä kalastajat olivat sitä mieltä, että kutu tapahtuu pääosin 1-3 metrin syvyydessä vaihteluvälillä ollessa niinkin laaja kuin 0-10 m (Valkeajärvi, julkaisematon tieto). Tässä kyselyssä ei kuitenkaan saatu yksimielisyyttä mahdollisesta kutusyvyyden muutoksesta; näkökantoja oli jokseenkin saman verran molempiin suuntiin. Näköhavaintoja on siikojen liikkumisesta kutuaikana jopa aivan rannassa (Peltomäki, suullinen tiedonanto). Kalastusvälinein saatu käsitys kutusyvyydestä on todennäköisesti harhainen ja todellista syvemmälle painottuva, koska verkkoja ei yleensä pidetä aivan matalassa.

Mädin pumppaaminen kutupohjalta osoittaa kutusyvyyden, ellei aallokko ole siirtänyt mätiä. Tässä tutkimuksessa ongelmaksi koettiin siianmädin harva esiintyminen tutkituissa ruuduissa. Mätimunia löytyi kaikilta tutkituilta aloilta Padasjoenselältä, mutta vain moottoripumpulla saatiin käyttökelpoinen syvyydjakauma. Padasjoenselän Lietsaaren rannoilta saatiin talvella 1999 vain 14 mätimunaa. Mätitiheys oli suurin 0,65 metrin syvyydessä (matalammalta ei näytteitä voitu ottaa jään vuoksi) (0,6 kpl/m²), mutta metrin syvyydessä oli lähes yhtä paljon mätiä (0,5 kpl/m²). Mätiä löytyi tällä menetelmällä kahden metrin syvyyteen asti. Muilla menetelmillä mätiä löytyi myös kolmen metrin syvyydestä. Eri menetelmin mätiä löytyi 0,5-3 metrin vyöhykkeeltä. Päijänteen pikkusiian kutu keskittyy 0,4-1 metrin syvyyteen.

Kutusyvyydessä voi esiintyä vuosien ja alueiden välistä vaihtelua. Tähän viittaa Päijänteen havainto vuodelta 1997, jolloin kaikki viisi mätimunaa löytyivät 2-3 metrin syvyydestä. Syynä voi olla myös paineilmalaitteen huono toimivuus matalassa vedessä. Joka tapauksessa Hakkarin ja Bibiceanu (1985) havaitsivat Saimaalla alueellisia eroja kutusyvyydessä. Vuonna 1982 mädin esiintymisen huippu oli Etelä-Saimaalla 0,5 metrissä ja Puruvedellä metrissä. Vuotta myöhemmin Etelä-Saimaan siiat kutivat metrin vedessä. Saarijärven Pyhäjärvestä Hakkarin ja Kurttila (1981) löysivät siianmätiä 0,5-2,5 metrissä esiintymisen huipun ollessa 0,5 metrissä. Pyhäjärvellä kalastajat arvioivat kudun siirtyneen säännöstelyn alkamisen jälkeen aiempaa syvemmälle. Päijänteen havaitut mätitiheydet olivat pieniä verrattuna Saimaan (10-23 kpl/m²) ja Pyhäjärven (57 kpl/m²) tiheyksiin. Viimemainitut oli kuitenkin pumpattu aiemmin talvella tai syksyllä avovedestä, jolloin kuolevuus ei ole ehtinyt vaikuttaa yhtä paljon kuin Päijänteellä. Muikun mädin kuolleisuus on suurinta 2-3 viikkoa kudun jälkeen, ja vain joitakin kymmeniä prosentteja mädistä säilyy elossa kevääseen (Viljanen 1985). Samaa voidaan olettaa siian kohdalla.

Jos kutusyvyydestä halutaan tarkempia tietoja, uusi tutkimus kannattaa tehdä vasta sitten, kun siikakanta on vahvistunut. Tutkimus tulisi tehdä useana vuotena erilaisissa kutuajan vedenkorkeuksissa. Tällöin voisi tarkistaa hypoteesin, kuteeko siika syvemmällä vedenpinnan ollessa korkealla, eli pyrkiikö se käyttämään vuodesta toiseen samoja kutupohjia.

5.3. Säännöstelyn vaikutus siikakantaan

Säännöstelyn on osoitettu lukuisin tutkimuksin vaikuttaneen haitallisesti siikakantoihin (mm. Nilsson 1968, Hakkari ja Kurttila 1981, Bodaly ym. 1984, Heikinheimo-Schmid ja Huusko 1987). Päijänteellä 1970-luvulla tehdyssä selvityksessä Hakkari ym. (1978) arvioivat siianmädistä tuhoutuneen säännöstelyn alkuvuosina 15 % ja myöhemmin 5 %. Muutos perustuu kalastajien arvioon kudun siirtymisestä syvemmälle. Tästä ei kuitenkaan ole mätinäytteenottoon perustuvaa tietoa, eikä nyt tehty tutkimus vahvista näkemystä.

Vaikka siianmädin jakautumisesta kutupohjille on nyt aiempaa tarkempi käsitys, tieto jakaumasta on edelleen puutteellinen. Tämän johdosta arvioitaessa mädin tuhoutumista ja mahdollisia vahinkoja kalastukselle tilannetta tarkasteltiin kahden vaihtoehdon mukaan: 1) kutu painottuu puolen metrin syvyyteen ja 2) kutu painottuu yhteen metriin. Nämä vaihtoehdot kattavat vallitsevat käsitykset järvikutuisten siikojen kutusyvyydestä (mm. Järvi 1953, Hakkari ja Kurttila 1981, Salojärvi ym. 1985, Hakkari ja Bibiceanu 1985, Heikinheimo-Schmid ja Huusko 1987). Vuosina 1964-1996 mädistä arvioidaan tuhoutuneen säännöstelyn johdosta puolen metrin (0,5 m) vaihtoehdolla 20 % ja metrin vaihtoehdolla (1 m) 13 %. Kokonaistuhon on ollut keskimäärin 40 % tai 18 %, ja luontaisesti on siten tuhoutunut 20 % tai 5 % mädistä vedenpinnan aleneman seurauksena.

Pieni osa mädistä saattaa säilyä jäätymisvyöhykkeelläkin vesitaskuissa. Ontojärvessä muikun mädistä säilyi tässä vyöhykkeessä alle 10 % (Huusko ym. 1989). Tällä mahdollisella vähäisellä säilyvyydellä ei ole oleellista merkitystä, eikä sitä ole otettu huomioon laskelmissa.

Säilyvän mädin määrän on havaittu selittävän syntyvän vuosiluokan runsautta (Nilsson 1968, Hakkari ja Kurttila 1981, Huhmarniemi ym. 1985, Huusko ym. 1989). Päijänteellä on kuitenkin epäselvää, missä määrin mätituhot siirtyvät kalastettavaan kannan osaan. Pikkusiika rekrytoituu troolisaaliiksi pääosin vasta kolmantena kesänä (2+) ja verkkosaaliiksi vielä vanhempana. Luonnontilaisissakin oloissa talvinen vedenpinnan alenema sekä predaatio vaikuttavat siianmädin selviytymiseen ja mädin kokonaiskuolevuus voi olla eri syistä suurta. Viljasen (1985) mukaan muikunmädin säilyvyys kevääseen on muutamia kymmeniä prosentteja, Nissisen (1972) mukaan Puruvedellä 34 % ja Oulujärvellä 17-29 %, Slackin (1955) mukaan jopa vain 5 %. Kaikissa näissä tapauksissa mädistä on tuhoutunut huomattavasti suurempi osa kuin Päijänteessä.

Karjalainen ym. (1998) mukaan muikun ja siian poikasista kuolee ensimmäisten elinviikkojen aikana kaksi kolmasosaa. Vasta noin kolmen viikon ikäisten muikunpoikasten määrän perusteella voidaan ennakoida kalastuksen kohteeksi tulevan vuosiluokan runsautta. Siialla luonnollinen kuolevuus vaikuttaa pari vuotta muikkua kauemmin ennen kalastuskokoa. Onkin ilmeistä, ettei Päijänteen kaltaisen suhteellisen vähäisen mätituhon mittaaminen kolmen vuoden kuluttua kalastettavasta kannasta ole mahdollista käytetyillä menetelmillä. Todennäköisesti kyseiset mätituhot eivät vaikuta kalastettavaan kantaan, kuten regressioanalyysi osoitti, vaikka 350 000 - 600 000 poikasen ja 15 000 - 25 000 kg:n saalistappio onkin laskennallisesti mahdollista. Mätitappioiden merkityksen vähäisyyttä tukee myös se, että mätituhojen ollessa

suurimmillaan vuonna 1988 syntyi runsas siikavuosisiluokka. Lisäksi on huomattava, että pikkusiian kanta on säilynyt kalastettavana ja saaliit ovat kasvaneet verrattaessa vuosia 1969-1970 (Tuunainen 1970, 1976) ja 1990-lukua (Valkeajärvi 1997, Valkeajärvi ja Salo 1999). Osaltaan siikasaaliita on kasvattanut pyynnin tehostuminen.

Mikään tarkastelluista vedenkorkeusmuuttujista ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi siian vuosiluokkien runsaudenvaihtelua. Suurinkaan seurantajakson alenema 73 cm ja sitä vastannut teoreettinen kokonaismätituhot 64 % ei näytä haitanneen siikojen rekrytointia mitattavissa määrin. Muiden tekijöiden ollessa suotuisia runsaskaan vedenpinnan alenema ei ole estänyt runsaan siikavuosisiluokan syntymistä. Toisaalta myöskään pienet alenemat eivät ole taanneet runsaita vuosiluokkia.

Edellisen perusteella voidaankin kysyä, pyrkiikö siika kutemaan aina samaan rantavyöhykkeeseen, jolloin korkean syksyveden vallitessa kutu tapahtuu syvemmällä kuin matalan veden aikana. Tätä ajatusta tukee Hakkarin ja Bibiceanun (1985) havainnot kutusyvytyden vaihtelusta vuosien välillä.

Siian vuosiluokkien runsaus on vaihdellut Päijänteessä melko paljon seurantajakson aikana, joskin viime vuosina on havaittavissa tasaantumista. Vaihtelu ei ole kuitenkaan ollut yhtä voimakasta kuin muikulla (ks. myös Karjalainen ym. 1998). Lajinsisäiset tekijät selittävät jossain määrin vuosiluokkien vaihtelua. Peräkkäisinä vuosina ei ole useinkaan syntynyt runsaita vuosiluokkia, mikä juuri viittaa muikun kaltaiseen kilpailuun lajin sisällä. Muikun runsaan kutukannan heikentävä vaikutus seuraavan kevään siikavuosisiluokkaan voi liittyä siian kunnon ja fekunditeetin alenemiseen ja edelleen poikastuotantoon. Fekunditeettia ei kuitenkaan ole mitattu, eikä muikun mahdollista predaatiovaikutusta siikaan tunneta riittävästi, joten johtopäätökset ovat alustavia.

Käytettävissä ollut aikasarja oli lyhyt lopullisiin johtopäätöksiin, joten korrelaatioanalyysin tuloksiin on suhtauduttava varauksella. Regressioanalyysiä voitiin käyttää hyvin rajoitetusti, sillä muuttujilta vaadittu jakauman normaalisuus ei toteutunut kaikkien kohdalla. Muutaman vuoden lisäaineisto toisi ratkaisevaa lisätietoa, jolloin myös aikasarja-analyysien käyttö mahdollistuisi. Seurannan jatkaminen on perusteltua myös siksi, koska siian ja muikun suhteita jouduttiin tarkastelemaan nyt pääosin pitkällinen muikkukadon tilanteessa. Ns. normaalitilanteessa lajien väliset suhteet voisivat ilmetä eri tavalla.

5.4. Säännöstely ja siian kasvu

Runsas muikkukanta hidastaa pikkusiian kasvua ensimmäisenä ja toisena kesänä Päijänteessä. Konnevedessä muikun vaikutus siian kasvuun ilmeni järvisiian kohdalla kolmantena kesänä. Kasvun riippuvuus muikkukannan runsaudesta oli oletettavissa, sillä muikku tiedetään siikaa vahvemmaksi ravintokilpailijaksi (Svårdson 1976). Syntyneen siikavuosisiluokan vahvuuden ja sen kasvun välillä ei havaittu riippuvuutta kolmen ensimmäisen kasvukauden aikana, mikä kertoo ikäryhmän sisäisen ravintokilpailun vähäisyydestä vallinneessa siikatiheydessä. Inarijärven läheisyydessä lajinsisäinen ravintokilpailu lienee voimakkaampaa, sillä Salonen ym. (1996) ovat havainneet pohjasiian kasvun käänteiseksi kannan koon kanssa.

Säännöstelyn vaikutuksesta harvasiivilähampaiset siikat voivat joutua käyttämään pohjaeläinravinnon lisäksi myös eläinplanktonia (mm. Heikinheimo-Schmid 1982). Huuskon ym. (1989) mukaan vesikirppujen vähyys voimakkaasti säännöstellyn Ontojärven rantavyöhykkeessä oli seurausta säännöstelystä, lähinnä puuttuvasta

kevättulvasta. Päijänteen pikkusiiian ravintoa ei ole juuri analysoitu. Konneveden havaintojen perusteella (Valkeajärvi, julkaisematon) pikkusiika syö kuitenkin enimmäkseen eläinplanktonia. Keväisen vedenkorkeuden ja pikkusiiian kasvun välillä ei havaittu riippuvuutta. Koska rantasulakin muodostuu Päijänteessä jokseenkin säännöstelemättömän järven tapaan, voidaan päätellä, ettei eläinplanktonin runsaus vaihtelee säännöstelyn seurauksena vuosittain oleellisesti siianpoikasien esiintymisvyöhykkeessä.

5.5. Säännöstelyn vaikutus muiden kalalajien kautta

Vähäarvoisten lajien, ahvenen ja särjen, kannat ovat olleet runsaita Pohjois- ja Keski-Päijänteellä koko säännöstelyn ajan. Vasta muutaman viime vuoden aikana ainakin Tehinselän alueella ahvenia ja särkiä on ollut troomisaaliissa aiempaa vähemmän. Osaksi kysymys voi olla siitä, että ne ovat siirtyneet rantavesiin runsastuneen muikkukannan tieltä. Pääasiallinen syy ahvenen ja särjen kantojen runsauteen löytyy aiemmista jätevesipäästöistä. Viimeisen 30 vuoden aikana näiden lajien kannat ovat säilyneet samalla tasolla, jos tarkastellaan vuosien 1969, 1991 ja 1996 saalistilastoja (Tuunainen 1970, Valkeajärvi 1997, Valkeajärvi ja Salo 1999). Ahvenen ja särjen osuus kasvoi voimakkaasti troomisaaliissa 1980-luvulla muikkukannan taantuessa, mutta nyt (1999) on palattu 1980-luvun alun tilanteeseen. Etelä-Päijänteellä ei ollut 1980-luvullakaan ahvenia ja särkiä runsaasti, ja kuorettakin esiintyi vain vähän enemmän kuin muualla Päijänteellä.

Säännöstelystä muiden lajien kautta aiheutuva haitta siialle voisi tulla lähinnä hauen taholta. Haukikanta on taantunut Päijänteessä ainakin osaksi säännöstelyn johdosta (Korhonen 1999). Hauen ahveniin ja särkiin kohdistama saalistus on tämän vuoksi pienentynyt, mikä on osaltaan ylläpitänyt runsaita ahven- ja särkikantoja. Siten siian mätiin ja poikasiin on voinut kohdistua aiempaa suurempi saalistus (Korhonen ja Heikinheimo-Schmid 1993, Miinalainen ym. 1998). Luonnonvaraisen pikkusiiian kannat ovat heikoimmat Pohjois-Päijänteellä, missä ahvenia ja särkiä on eniten. Positiivisena puolena voidaan nähdä, että samalla hauen saalistus siikaan on vähentynyt. Suurempi haitta kuin hyöty lienee siialle todennäköisempi, sillä siian ja hauen mieluisimmat elinympäristöt poikkeavat jonkin verran toisistaan, eikä hauki ehkä ole ainakaan koko vuotta siialle merkittävä predaattori.

5.6. Kompensaatioehdotus

Mätitappioiden mukaan kompensatiotarve 1-kesäisinä siianpoikasina olisi maksimissaan 600 000 kpl, regressioanalyysin mukaan kalastukselle ei aiheutuisi haittaa lainkaan, tai ainakin se olisi niin pieni, ettei sitä käytetyllä aineistolla voida osoittaa. Molempiin menetelmiin sisältyy epätarkkuutta, jonka suuruutta on vaikea arvioida. Koska haittaa joka tapauksessa aiheutuu ainakin mätitappioiden muodossa, vuosien 1964-1996 kaltaisessa tilanteessa kohtuullista voisi olla 100 000 - 300 000 yksikesäisen siianpoikasien istuttaminen Päijänteeseen vuosittain. Istutuksiin tulisi käyttää aluksi planktonsiikaa, mutta myöhemmin tulisi harkita jonkin sopivan järvisiikamuodon käyttöä. Tällaisena voisi tulla kysymykseen esimerkiksi Päijänteen oma järvisiika, ns. Majutveden siika. Samalla tulisi käynnistää vertaileva seurantatutkimus eri siikamuotojen soveltuvuudesta Päijänteen istukkaiksi.

Kiitokset

Tutkimusta ovat Päijänteellä vuosien varrella avustaneet lukuisat kalastajat, joista mainittakoon Jorma Kääpä, Esko ja Tapio Peltomäki, Veli Heinonen, Erkki Kääpä, Ari Sorvari, Arvo Vainio, Urho Forsman ja Aarne Mäkinen. He ovat toimittaneet kalanäytteitä ja pitäneet saaliskirjanpitoa. Vastaavaa aineistoa Konnevedeltä ovat toimittaneet muun muassa Juha Knuutinen, Osmo Varis, Esa Rytkönen, Väinö Hämäläinen, Reijo Hämäläinen, Viljo Stolt, Pentti Ylönen ja Unto Varis. Laitteistoja siianmädin etsimiseksi kutupohjilta saatiin lainaksi VTT:ltä Seppo Hellstenin avulla, Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksesta Jarmo Meriläiseltä ja Joensuun yliopiston Karjalan tutkimuslaitokselta Markku Viljaselta. Näytteenotossa ahersivat tuiskussa ja tulessa Antero Toikkanen, Raimo Riikonen ja Pekka Latikka. Kutupohjien vedenlaatua mittasivat Tero Väisänen ja Mika Visuri. Jään sulamista mittasi Konnevedellä Tapio Puttonen. Markku Raatikainen mittasi ja määrittä tuhansien kalojen iä ja kasvuja. Tilastollisia neuvoja antoi Markku Julkunen. Innovaattorina toimi Mika Marttunen. Kommentteja asiasisällön suhteen saatiin myös Pekka Korhoselta ja Seppo Hellsteniltä ja muiltakin työryhmän jäseniltä. Erkki Järvinen toimitti vedenkorkeustiedot Päijänteestä ja Konnevedestä. Outi Heikinheimo, Lasse Hakkari ja Raimo Parmann kommentoivat ansiokkaasti käsikirjoitusta. Kiitokset kaikille mainituille ja mainitsematta jääneille tutkimuksen avustajille.

Kirjallisuus

- Arvola, I. 1978. Kutualuieden ja -syvyyden arvioimisesta pumppunoutimen avulla. Suomen Kalastuslehti 85, s. 148-150.
- Auvinen, H., Toivonen, J., Heikkinen, T. & Manninen, K. 1983. Kalastus Vuoksen vesistön eteläosissa vuonna 1979. RKTL. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 7, 14 s.
- Bodaly, R.A., Johnson, T.W.D., Fudge, R.J.P. & Calyton, J.W. 1984. Collapse of the lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) fishery in southern Indian Lake, Manitoba, following lake impoundment and river diversion. Can. J. Fish. Aqu. Sci. 41(4), p. 692-700.
- Granberg, K. 1997. Päijänteen veden laadun kehitys. Päijänne-luontokeskuksen julkaisuja 2, s. 51-68.
- Hakkari, L. & Bibiceanu, S. 1985. Siian, harjuksen ja muikun lisääntymisbiologiasta Saimaalla vuosina 1980-1983. Vesihallituksen tiedotus 255, s. 187-206.
- Hakkari, L., Ellonen, T. & Selin, P. 1978. Säännöstelyn vaikutuksista Päijänteen arvokalakantoihin ja pohjaeläimistöön. Jyväskylän yliopisto. Hydrobiologian tutkimuskeskus. Moniste. 31 s.
- Hakkari, L. & Kurttila, I. 1981. Säännöstelyn vaikutuksesta Saarijärven Pyhäjärven siikakantaan. Hydrobiologian tutkimuskeskuksen tiedonantoja 70, 22 s.
- Hakkari, L., Nyrönen, J. & Roos, A. 1979. Keiteleen kalataloustutkimus ja alustava hoitosuunnitelma. Hydrobiologian tutkimuskeskuksen tiedonantoja 80, 54 s.
- Heikinheimo-Schmid, O. 1982. Siian ravinnosta luonnontilaisessa ja säännöstellyssä järvessä. RKTL. Monistettuja julkaisuja 4, s. 1-64.
- Heikinheimo-Schmid, O. & Huusko, A. 1987. Kemijärven kalatalouden nykytila ja ehdotukset kalakantojen hoitotoimenpiteiksi. RKTL. Monistettuja julkaisuja 69, 210 s.
- Heikinheimo, O. & Valkeajärvi, P. 1998. Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä. Päätösanalyysitarkastelu. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 140, 40 s.
- Helminen, H. & Sarvala, J. 1994. Population regulation of vendace (*Coregonus albula*) in Lake Pyhäjärvi, southwest Finland. J. Fish. Biol. 45, p. 387-400.
- Helminen, H., Sarvala, J. & Sydänoja, A. 1991. Säännöstelyn vaikutukset Säkylän Pyhäjärven muikun ja siian poikastuotantoon. Tutkimusraportti kevään 1991 kalataloudellisesta velvoiteseurannasta. Turun yliopisto. Biologian laitos. 21 s.
- Huhmarniemi, A., Niemi, A. & Palomäki, R. 1985. Whitefish and vendace stocks in the regulated Lake Pyhäjärvi, central Finland. Teoksessa: J. S. Alabaster, (ed.), Habitat modification and freshwater fisheries. London, p. 165-172.
- Huusko, A. 1990. Kuusinkijoen vesistöalueen kalatalousselvitys. RKTL. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 14, 238 s.
- Huusko, A. & Sutela, T. 1992. Fish predation on vendace (*Coregonus albula* L.) larvae in Lake Lentua, northern Finland. Pol. Arch. Hydrobiol. 39(3-4), p. 381-391.

- Huusko, A., Sutela, T., Karjalainen, J., Hellsten, S. & Hirvonen, A. 1989. Ekologiset näkökohdat joidenkin Pohjois-Suomen järvien säännöstelyssä. Valtion teknillisen tutkimuskeskus. Tiedote 988, 95 s.
- Järvi, T.H. 1953. Über die Coregonen s.str. in Päijänne und in einigen anderen Gewässern Mittelfinnlands. Acta Zool. Fennica 75, s. 1-33.
- Karjalainen, J., Viljanen, M., Auvinen, H. & Sarvala, J. 1998. Muikun ja siian vuosiluokkavahvuuden arvioiminen poikasseurantojen avulla. Joensuun yliopisto. Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 122, s. 26-30.
- Korhonen, P. 1999. Säännöstelyn vaikutus Päijänteen haukikantaan. Suomen ympäristö 321, s. 1-55.
- Korhonen, P. & Heikinheimo-Schmid, O. 1993. Suurten petokalojen ravinto Ontojärvessä ja Lentuassa ja ravinnonkulutuksen arviointi. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 70, 52 s.
- Nilsson, N.-A. 1968. Säännöstelyjen vesien kalat. Teoksessa: Svärdsen, G., Nilsson, N.-A., Dahlström, H. & Tuunainen, P. (toim.): Kalat, kalavesien hoito ja kalanviljely, s. 65-78.
- Nissinen, T. 1972. Mätitiheys ja mädin eloonjääminen muikun (*Coregonus albula* L.) kutupaikoilla Puruvedessä ja Oulujärvessä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosaston tiedonantoja 1, 114 s.
- Marttunen, M. & Järvinen, E. 1999. Päijänteen säännöstelyn kehittämiselvitys. Yhteenveto selvitystyön tuloksista. Suomen ympäristö 357, 158 s.
- Miinalainen, M., Vuorimies, O. & Heikinheimo, O. 1998. Hauen ravinto Vuokalanjärvessä. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 152, 28 s.
- Mäenpää, E. 1990. Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden vaikutus muikun ja järvisiian (*Coregonus oxyrhynchus* L.) mädin myöhäiskehitykseen. Jyväskylän yliopisto. Ympäristöntutkimuskeskus. Moniste. 61 s.
- Mäkelä, H. 1988. Pohjois-Päijänteen kala- ja kalastustutkimukset vuonna 1987. Teoksessa: Bibiceanu, S., Granberg, K., Mäkelä, H. & Palomäki, A., Pohjois-Päijänteen yhteistarkkailu vuonna 1987. Jyväskylän yliopisto. Ympäristöntutkimuskeskus. Moniste. s. 103-137.
- Raitaniemi, J., Heikinheimo, O. & Miinalainen, M. 1995. Siika- ja järvitaimenistutusten tuloksellisuus ja ehdotus velvoitehoidon kehittämiseksi Lappajärvessä ja Evijärvessä. Kala- ja riistaraportteja 39, 73 s.
- Salojärvi, K. 1991. Stock-recruitment in the vendace (*Coregonus albula* (L.)) in Lake Oulujärvi, northern Finland. Aqua Fennica 21(2), p. 153-161.
- Salojärvi, K. & Huusko, A. 1987. Sotkamon reitin velvoitehoidon tulokset v. 1981-1985, tuloksiin vaikuttavat tekijät ja suositukset hoidon kehittämiseksi. RKTL. Monistettuja julkaisuja 58, 311 s.
- Salojärvi, K., Partanen, H., Auvinen, H., Jurvelius, J., Jäntti-Huhtanen, N. & Rajakallio, R. 1985. Oulujärven kalatalouden kehittämissuunnitelma. Osa I Nykytila. RKTL. Monistettuja julkaisuja 40, 278 s.
- Salonen, E. 1992. Inarijärven kalataloudellinen käyttö- ja hoitosuunnitelma. Nykytila. RKTL. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 50, 157 s.
- Salonen, E., Mutenia, A. & Salojärvi, K. 1996. Siian kalastus, istutukset ja pohjasiikakannan kehitys Inarijärvessä vuosina 1980-1994. RKTL. Kalatutkimuksia - Fiskundersökningar 113, s. 3-44.

- Sarjamo, H. 1987. Jerisjärven kalastus ja siikakannat vuosina 1978-1982. RKTL. Monistettuja julkaisuja 70, s. 75-104.
- Slack, H. D. 1955. Factors affecting the productivity of *Coregonus clupeoides* Lacepede in Loch Lomond. Verh. Int. Verein. Limnol. 12, p. 185-186.
- Sundell, P., Granberg, K. & Hynynen, J. 1997. Keiteleen kanavan rakentamisen vaikutukset vesistön veden laatuun, pohjaeläimistöön, kaloihin ja kalatalouteen. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja 147, 59 s.
- Svärdson, G. 1976. Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 55, p. 144-171.
- Tikkanen, P. & Hellsten, S. 1987. Muikun kutualueista ja mädin selviytymisestä Kemijärvässä vuosina 1982 ja 1985. RKTL. Monistettuja julkaisuja 68, s. 149-173.
- Timola, O. 1983. Paineilmalaite mädin pumppaamiseen pohjalta. Suomen Kalastuslehti 90(3), s. 84-85.
- Tuunainen, P. 1970. Päijänteen kalataloustutkimus. Alustava tutkmukselostus ja hoitosuunnitelma. Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 7, 101 s.
- Tuunainen, P. 1976. Kalastus Etelä-Päijänteellä vuonna 1970. Jyväskylän hydrobiologisen tutkimuslaitoksen tiedonantoja 71, s. 25-43.
- Valkeajärvi, P. 1984. Konneveden kalakannat, kalastus ja muikun saalisvarat. Hydrobiologian tutkimuskeskuksen tiedonantoja 125, s. 45-128.
- Valkeajärvi, P. 1987. On the species and growth of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.) in Lake Päijänne. Biol. Res. Rep. Univ. Jyväskylä 10, p. 133-145.
- Valkeajärvi, P. 1993. Taimenen kutukanta, kalastus ja verkkojen valikoivuus Konnevedessä. Suomen Kalatalous 59, s. 43-56.
- Valkeajärvi, P. 1997. Päijänteen kalakannat ja kalastus 1990-luvun alkupuolella. Päijänne-luontokeskuksen julkaisuja 2, s. 107-115.
- Valkeajärvi, P. & Bagge, P. 1995. Larval abundance, growth, and recruitment of vendace (*Coregonus lavaretus* (L.)) at high and low stock densities in Lake Konnevesi, Finland, in 1979-1992. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 46, p. 203-209.
- Valkeajärvi, P. & Salo, H. 1999. Kalastus Päijänteellä vuonna 1996. Kala- ja riistaraportteja (painossa).
- Valkeajärvi, P. & Raatikainen, M. 1995. Siikaistutusten tuloksellisuus Päijänteessä 1980-luvulla. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 14, 36 s.
- Viljanen, M. 1985. Muikun ja siian mädin ja poikasten esiintyminen Etelä-Saimaalla. Joensuun yliopisto, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 72, s. 233-245.

Päijänteen säännöstelyn vaikutus siikakantaan

Päijännettä on säännöstely vuodesta 1964 lähtien. Säännöstely voi tuhota siianmätää vedenpinnan alentua normaalia enemmän talvella, ja myös rantavyöhykkeessä elävien poikasten ravintovarot saattavat vähentyä. Päijänteellä talvialenema on vuosina 1964-1996 ollut keskimäärin 40 cm, kun se luonnontilassa olisi ollut 14 cm. Siika on taimenen jälkeen virkistyskalastajille halutuin saaliskala, ja ammattikalastajille sillä on ajoittain suuri taloudellinen merkitys. Päijänteen siikakannasta on kerätty aineistoa yhtäjaksoisesti vuodesta 1985 lähtien. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida erityisesti säännöstelyn vaikutuksia luonnonvaraisen pikkusiian vuosiluokkien runsaudenvaihteluun, kalastukseen, kasvuun sekä mädin selviytymiseen. Lisäksi tutkittiin rantajäiden sulamista ja kutupohjien vedenlaatua.

Rantajäiden sulaminen poikkesi vain vähän luonnontilaisesta Konnevedestä. Rannalla koholla oleva kuivan jään kerros oli ohut, ja se sulii aina ennen rantasulan muodostumista. Jään sulamiseen liittyviä mainittavia haittoja siialle eläinplanktonituotannon kautta tuskin esiintyy. Kutupohjilla muutama sentti pohjan pinnalta oli happea viiden metrin syvyyteen vähintään 12 mg/l maaliskuun lopulla. Siianmätää oli 0,5-3 metrin syvyydessä esiintymisen painottuessa alle metrin syvyyteen. Löydetyn mätimäärän ollessa vähäinen mätitappioita arvioitiin kahden vaihtoehdon mukaan: mädin esiintymisen huippu on 0,5 m tai 1 m. Vuosien 1964-1996 kaltaisessa tilanteessa mädistä arvioidaan tuhoutuneen 18-40 %, josta säännöstelyn osuus 13-20 %. Korrelaatio- ja regressioanalyysien perustella mätituhoa ei kuitenkaan voida havaita kalastettavassa kannassa. Muikun kutukanta ja siian yksikkösaalis korreloivat negatiivisesti pikkusiian vuosiluokan runsauteen. Vedenpinnan talvialenema, kevään vedenkorkeus tai kutuajan vedenkorkeus eivät selittäneet merkittävästi vuosiluokkien runsaudenvaihtelua. Runsa muikkukanta hidastaa siian kasvua ensimmäisenä ja toisena kesänä. Konnevedessä tämä havaittiin järvisiialla kolmantena kasvukautena. Mätitappioihin perustuva kompensatiotarve on maksimissaan 600 000 yksikesäistä siianpoikasta, regressioanalyysin perusteella mitattavaa haittaa kalastukselle ei ole. Kohtuullinen kompensatio vallinneen säännöstelyn tilanteessa voisi olla 100 000 - 300 000 yksikesäistä siianpoikasta vuosittain.

Päijänne, siika, säännöstely, kutusyvyys, vuosiluokkien runsaus, jään sulaminen, veden laatu

Edita-kirjakauppa
Annankatu 44
00100 Helsinki
Puh. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
PL 6
00721 Helsinki
Puh. 0205 7511 Fax 0205 751201

Pentti Valkeajärvi

Inverkan av Päijännes reglering på sikbeståndet

Rapport

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet

Inverkan av regleringen på Päijännes sikbestånd

Päijänne har reglerats sedan år 1964. Regleringen kan förstöra sikrommen då vattennivån sjunker onormalt mycket vintertid, och därtill kan födotillgången minska för ynglen, som lever just i strandzonen. I Päijänne har sänkningen av vattennivån under vintrarna 1964-1996 varit i medeltal 40 cm, då den i normaltillstånd skulle ha varit 14 cm. Siken är näst efter öringen den mest attraktiva fisken för fritidsfiskarna, och för yrkesfiskarna har den tidvis stor betydelse. Sikbeståndet i Päijänne har undersökts kontinuerligt sedan år 1985. Målsättningen för forskningen har speciellt varit att bedöma inverkan av regleringen på variationen i årsklassstorlek hos småsik i naturtillstånd, på fisket, på tillväxten samt på rommens överlevnadsmöjligheter. Vidare undersöktes avsmältningen av strandisen och vattenkvaliteten på lekbottnarna.

Avsmältningen av strandisarna avvek endast obetydligt från förhållandena i det opåverkade Konnevesi. Den luftis, som bildades längs stränderna var tunn, och den smälte alltid innan det uppstod barmark vid stranden. Några nämnvärda problem vad gäller planktonproduktionen förekommer knappast i anslutning till islossningen. På lekrområdena fanns i slutet av mars en syrehalt på minst 12 mg/l från några centimeter under ytan till fem meters djup. Sikrom förekom på ett djup av 0,5-3 meter med tyngdpunkten på djup under en meter. Då mängden rom som återfanns var liten, beräknades förlusten av rom enligt två alternativ: förekomsten antogs vara störst vid antingen 0,5 m eller 1 m. I förhållanden liknande dem under åren 1964-1996 uppskattar man att 18-40 % av rommen förstörts, av vilka 13-20 % hänför sig till regleringen. På basen av korrelations- och regressionsanalys kan romdödligheten likväl inte spåras i det bestånd, som fiskas. Lekbeståndet av siklöja och fångst per ansträngning för siken korrelerade negativt med årsklassstorleken för småsik. Sänkningen av vattennivån vintertid, vattenståndet på våren eller vid lektiden kunde inte entydigt förklara variationerna i årsklassernas storlek. Ett stort bestånd av siklöja hämmar sikens tillväxt under första och andra sommaren. I Konnevesi noterades detta för insjösiken under den tredje tillväxtsåongen. Kompensationsbehovet baserat på förlusten av rom är maximalt 600 000 ensomriga sikyngel, någon mätbar skada för fisket har på basen av regressionsanalys inte kunnat konstateras. En skälig kompensation i ett läge med rådande reglering kunde vara 100 000 - 300 000 ensomriga sikyngel årligen.

Päijänne, sik, reglering, lekdjup, årsklassernas storlek, islossning, vattenkvalitet

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 161

951-776-240-2

0787-8478

34 s.

Finska

50 mk

Offentlig

Edita-bokhandel
Annegatan 44
00100 Helsingfors
Tel. (09) 566 0566 Fax (09) 566 0570

Vilt- och fiskeriforskningsinstitutet
PB 6
00721 Helsingfors
Tel. 0205 7511 Fax 0205 751201

Published by

Finnish Game and Fisheries Research Institute

Date of Publication

December 1999

Author(s)

Pentti Valkeajärvi

Title of Publication

Effect of water level regulation on the whitefish stock in Lake Päijänne

Type of Publication

Research Report

Commissioned by

Date of Research Contract

Title and Number of Project

Referat

In Lake Päijänne, water level has been regulated since 1964. Regulation may destroy whitefish eggs in winter because of the sinking water level. Whitefish larvae may suffer a lack of food in the littoral zone. In Lake Päijänne, the water level has fallen in winter an average of 40 cm. Under natural conditions, it should be about 14 cm. After brown trout, whitefish (*Coregonus lavaretus wartmanni*) is the most important species for recreational fishermen. At certain times, whitefish have had economical importance for commercial fishermen. Since 1985, data have been collected on the whitefish stock of the lake. The aim of this research was to estimate the effects of water level regulation on year-class strength, growth rate, egg survival and the fishing of whitefish.

Ice melting along the shoreline differed only slightly compared to the unregulated Lake Konnevesi. The dry ice cover of the upper shore was thin and always melted before the ice of the shoreline. Ice melting therefore probably does not decrease zooplankton production and thus does not cause problems for whitefish. At the end of March, the oxygen concentration was at least 12 mg/l, some centimeters above the spawning beds down to five meters. Whitefish eggs were found at the depth of 0.5-3 m, concentrating below one meter. The egg losses were estimated according to two alternatives: the greater part of the eggs is situated at a depth of 0.5 m or at a depth of 1 m. From 1964-1996, the egg losses were estimated to be 18-40 % in total, including the proportion for water level regulation, 13-20 %. However, based on correlation and regression analyses no egg losses could be found in the recruited whitefish stock. The spawning stock of vendace and CPUE of whitefish correlate negatively with the year-class strength of whitefish. The sinking water level in winter, the water level in spring and at spawning time did not significantly explain the fluctuations of the year-class strengths. A strong vendace stock slows growth rate of whitefish in its first and second summers. In Lake Konnevesi, this correlation was found with another whitefish form (*C.l. nilssonii*) in its third summer. To compensate for the egg losses 600 000 one-summer-old fingerlings should be stocked annually, however, based on regression analysis, no need for compensation exists. A recommended compensation for the prevailing situation could be stockings of 100 000 - 300 000 one-summer-old fingerlings, annually.

Key words

Lake Päijänne, whitefish, water level regulation, spawning depth, year-class strength, ice melting, water quality

Series (key title and no.)

Kalatutkimuksia – Fiskundersökningar 161

ISBN

951-776-240-2

ISSN

0787-8478

Pages

34 p.

Language

Finish

Price

50 mk

Confidentiality

Public

Distributed by

Oy Edita Ab
Book-shop
Annankatu 44
FIN-00100 Helsinki, Finland
Phone +358 0 566 0566 Fax +358 0 566 0570

Publisher

Finnish Game and Fisheries Research Institute
P.O.Box 6
FIN-00721 Helsinki, Finland
Phone +358 205 7511 Fax +358 205 7511

KALATUTKIMUKSIA – FISKUNDERSÖKNINGAR

Aiemmin ilmestyneitä julkaisuja

160. SIIRA, A., HUUSKO, A., KORHONEN, P.

Taimenistutusten vaikutus vaikutus Kitkajärvien muikkukantaan ja kalansaaliiseen. (Inverkan av öringsutsättningarna på beståndet av siklöja och på fiskfångsterna i Kitkajärvi-sjöarna) (Affects of stocking of Brown Trout on Vendace population and total catch of fish in Lake Kitkajärvi). 27 s. Helsinki 1999

159. PARMANNE, R.

Silakan kudun ajoittuminen ja kutuparvien koostumus rysäkalastuksen perusteella. (Strömmingens lektider och de lekande stimmens sammansättning enligt ryssjefångster) (The spawning time and composition of spawning shoals according to trapnet fishing of Baltic herring). 41 s. Helsinki 1999

158. MUTENIA, A., SALONEN, E., KOTAJÄRVI, M.

Lokan ja Porttipahdan vaellussiika – tekojärvien paikallinen arvokala. (Älvsiken i Lokka och Porttipahta - vattenmagasinens lokala värdefisk) (Whitefish: a Local Fish of Value in the Lokka and Porttipahta Reservoirs) 29. s. Helsinki 1999

157. SAURA, A.

Taimenen säilyttäminen Gumbölenjoessa. (Åtgärder för att bevara öringen i Gumböleån) (Maintenance of the trout in the Gumbölenjoki River in Espoo). 19. s. Helsinki 1999

156. NYKÄNEN, M., HUUSKO, A.

Harjuksen elinympäristövaatimukset virtavesissä – kirjallisuusselvitys. (Harrens miljökrav i rinnande vatten - litteraturundersökning) (Habitat requirements and habitat use of riverine European grayling (*Thymallus thymallus* (L.)) — a review). 23 s. Helsinki 1999

155. Saimaan järvilohen elinolosuhteiden parantaminen. (Hur kan förhållandena för insjöloxen i Saimen förbättras?) (Improving the living conditions for Saimaa landlocked salmon). Makkonen, J. (toim.). 97 s. Helsinki 1999

154. JUTILA, E., JOKIKOKKO, E., SALO, P.

Viehekalastuksen kehitys Simojoella - kalastus Simossa ja Ranualla 1994 -1997

(Utvecklingen av spöfisket i Simojoki - fisket i Simo och Ranua åren 1994 - 97) (Development of rod fishing in the Simojoki River: fishing in the municipalities of Simo and Ranua, 1994-1997). Helsinki 1999

153. HEIKINHEIMO, O.

Siiian kalastuksen säätely sisävesissä.

(Reglering av sikfisket i insjöområdet) (Management of the whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) fishery in inland waters). 26 s. Helsinki 1999

152. MIINALAINEN, M., VUORIMIES, O., HEIKINHEIMO, O.

Hauen ravinto Vuokalanjärvessä. (Gäddans näring i Vuokalanjärvi) (The Food of Northern Pike (*Esox lucius* L.) in Lake Vuokalanjärvi). 29 s. Helsinki 1998.

151. KOSKELA, J., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A., FORSMAN, L.

Ahvenen kasvatuksen kannattavuus - taloudellisesti-biologinen analyysi.

(Lönar det sig att odla abborre? - ekonomisk-biologisk analys) (Evaluation of the Profitability of the Short-term Cultivation of Perch: A Cost-Benefit Analysis). 21 s. Helsinki 1998.

150. KAUKORANTA, M., KOLJONEN, M.-L., KOSKINIEMI, J., PENNANEN, J.T.

Kala-atlas. Nahkiainen, pikkunahkiainen, lohi, taimen, nieriä, siika, muikku, harjus, toutain, vimpa, rantaneula ja

kivisimppu - esiintymät ja kantojen tila. (Fiskatlas. Utbredning och tillstånd gällande bestånden av nejonöga, bäcknejonöga, lax, öring,

röding, sik, siklöja, harr, asp, vimba, nissöga och stensimpa.) (Atlas of Finnish Fishes. Distribution of lamprey, brook lamprey, salmon, trout, Arctic charr, whitefish, vendace, grayling, asp, vimba, spined loach and bullhead, and status of the stocks). 57 s. Helsinki 1998.

149. MUTENIA, A., KORHONEN, P.

Lokan ja Porttipahdan haukikantojen hoito.

(Vård av gäddbestånden i Lokka och Porttipahta) (Management of Pike Stocks in the Lokka and Porttipahta reservoirs.) 32 s. + liitteet. Helsinki 1998.

148. JUVANKOSKI, N., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A., SAARNI, K., MICKWITZ, P.

Tukku- ja vähittäiskaupan näkemys kirjolohifileen kokonaislaadusta.

(Parti- och detaljhandeln syn på totalkvaliteten hos regnbågsfile) (The Quality of Rainbow Trout Fillets According to Wholesalers and Retailers). 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

147. ESKELINEN, P., KOSKINIEMI, J.

Rautalammin reitin taimenen säilyttäminen eri viljelykantoja yhdistämällä.

(Kan öringen från Rautalampistråten bevaras genom kombination av olika odlade bestånd?) (Crossbreeding of separate reared strains of brown trout originating from Rautalampi watercourse). 16 s. Helsinki 1998.

146. HAAPALA, A., MÄKI-PETÄYS, A., HUUSKO, A.

Lohen (*Salmo salar* L.) jokipoikasille soveltuva elinympäristö ja sen käyttö — kirjallisuusselvitys.

(Livsmiljöer lämpliga för älvnygel av lax (*Salmo salar* L.) och utnyttjandet av dessa. Litteraturundersökning) (Habitat use and preference of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in streams: a review). 21 s. Helsinki 1998.

145. HAKKARI, L., SELIN, P., WESTMAN, K., MIELONEN, M.

Planktonsiian ja peledsiian ravinnosta ja ravintokilpailusta Evon Majajärvessä ja Valkea-Mustajärvessä

(Näring och näringskonkurrens gällande plankton- och peledsik i sjöarna Majajärvi och Valkea-Mustajärvi i Evois.) (Food and competition for food of *Coregonus muksun* and *Coregonus peled* in lakes Majajärvi and Valkea-Mustajärvi, Evo.) 27 s. + liitteet. Helsinki 1998.

144. MIKKOLA, J.

Havin vuoden 1995 pesuainepäästön kalataloudelliset vaikutukset ja vahinkoarvio.

(Fiskeriekonomiska följder och uppskattning av skadorna till följd av tvättmedelsutsläppet från Havi år 1995.) (Effects on fisheries and the estimation of damage caused by the Hackman Havi detergent discharge.) 34 s. + liitteet. Helsinki 1998.

143. SAARNI, K., SETÄLÄ, J., HONKANEN, A.

Kalakaupan ja jalostuksen odotukset kalanviljelyn monipuolistamiseksi.

(Fiskhandeln och -förädlingens förväntningar på en mera mångsidig fiskodling) (The prospects of fish wholesalers and fish processors to increase variety in fish farming) 22 s. Helsinki 1998.

142. LEINONEN, T., KORHONEN, P., SÄKKI, S.

Altaiden kattamisen ja vedenlaadun vaikutus vesihomeen esiintymiseen ja kalojen kuolleisuuteen.

(Effekten av basängtäckning och vattenkvalitet på förekomst av vattensmögel och på fiskens dödlighet) (The effect of water quality and the covering of ponds on the fish mortality rate and the appearance of aquatic fungi) 24 s. + liitteet. Helsinki 1998.

141. HONKANEN, A., EEROLA, E., SETÄLÄ, J.

Kalan käyttö eri väestöryhmissä - kotilouksien haastattelututkimuksen satoa.

(Fiskkonsumtionen i olika befolkningsgrupper - resultat av en intervjuundersökning i hushållen) (Behavioural Patterns Related to Finnish Fish Consumption: An Analysis of Demographic Characteristics). 38 s. + liitteet. Helsinki 1998.

140. HEIKINHEIMO, O., VALKEAJÄRVI, P.

Taimenen ja siian kalastuksen säätely Päijänteellä - Päätösanalyysitarkastelu

(Reglering av örings- och sikfisket i Päijänne - Granskning av beslutsanalys) (Management of the brown trout (*Salmo trutta* m. *Lacustris*) and whitefish (*Coregonus lavaretus*) fishery in Lake Päijänne: A decision analysis approach). 40 s. Helsinki 1998.

139. MIINALAINEN, M., HEIKINHEIMO, O.

Siikamuotojen ravintokilpailu Vuokalanjärvessä.

(Födokonkurrens mellan olika sikformer i Vuokalanjärvi) (Food segregation between five whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) stocks in Lake Vuokalanjärvi). 39 s. Helsinki 1998

138. AALTO, J., NIEMELÄ, E., JULKUNEN, M., ERKINARO, J.

Taimenen poikastiheydet, kasvu ja vaellukset Lutto- ja Nuortijoessa.

(Yngeltätheter, tillväxt och vandrings hos öring i Lutto- och Nuortijoki) (Juvenile densities, growth and migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Rivers Luttojoki and Nuortijoki, northern Finland). 38 s. Helsinki 1998

137. KEMPPAINEN, S., MÄÄTTÄ, V., PASANEN, P., MÄÄTTÄ, E.

Nieriälajit vertailussa - Elämänsykli poikasesta fileeksi

(Jämförelse mellan olika arter av röding - Livscykel från yngel till file) (Comparison Between *Salvelinus* species: Lifespan from Fry to Fillet) 23 s. + liitteet. Helsinki 1998.

136. SETÄLÄ, J.

Parantaako silakan tehokas jäähditys troolikalastuksen kannattavuutta?

(Förbättrar effektiv kylning av strömming trålfiskets lönsamhet?) (Does effective chilling increase the profitability of trawl fisheries?) 36 s. Helsinki 1998.

135. Sähkökalastus ja sen luotettavuus Tenon lohen poikastiheyksien seurannassa.

(Användning av elfiske vid bedömningen av yngeltätheter i Tana älv) (Electrofishing as a method of density estimation of salmon juveniles in the River Teno). Julkunen, M. Niemelä, E. (Toim.). 56 s. Helsinki 1997.

134. VALKEAJÄRVI, P., TAKKUNEN, T., ESKELINEN, P., KOVANEN, J.

Rautalammin reitin taimen tulee takaisin - menetelmänä monipuoliset istutukset ja kalastuksen säätely.

(Öringen från Rautalampi stråten kommer tillbaka - tack vare fiskereglering och mångsidiga utplanteringar) (The brown trout stock of Rautalampi watercourse comes back - by the means of fishing regulation and many-sided stockings). 28 s. Helsinki 1997.

133. Saimaan nieriä, syvien vesien uhanalainen.

(Saimen rödingen, en hotad djupvattensart) (Saimaa Arctic char, the threatened deep water fish). Makkonen, J. (toim.). 129 s. Helsinki 1997.

132. TAMMI, J., LAPPALAINEN, A., MANNIO, J., RASK, M., VUORENMAA, J.

Järvien rehevöityminen ja kalasto Suomessa. Otantaan perustuva järvikartoitus.

(Insjöeutrofiering och fiskbestånd i Finland. Sjöinventering baserad på sampling) (Eutrophication and Fishes in Finnish Lakes: A Survey Based on Random Sampling). 35 s. Helsinki 1997

131. KÄYHKÖ, A., SETÄLÄ, J., SALMI, P.

Vajaakäyttöisen järvikalan jalostuksen ongelmat ja kehittäminen.

(Förädling av svagt utnyttjad insjöfisk i Finland) (Processing of under-utilized freshwater fishes in Finland). 31 s. Helsinki 1997.

130. LAUKKANEN, M.

Itämeren lohenkalastuksen bioekonominen analyysi.

(Bioekonomisk analys av laxfisket i Östersjön) (A Bioeconomic Analysis of the Baltic Salmon Fishery). 35 s. Helsinki 1997.

129. LEHTONEN, H., VUORIMIES, O., BÖHLING, P., AUVINEN, H.

Kalakantojen vuosiluokkavaihteluiden mekanismit - Kirjallisuuskatsaus.

(Mekanismerna bakom fiskbeståndens årsklassvariationer - Litteraturoversikt) (The Mechanisms of Year-class Fluctuations in Fishes - A Literature Review). 44 s. Helsinki 1997.

128. HYVÄRINEN, P.

Erikokoisten järvitaimenistukkaiden kannattavuusvertailu Oulujärvellä.

(Lönsamhetsjämförelse vid utplantering av olika stora öringssyngel i Ule träsk) (Comparison of the Profitability of the Stocking of Different-Sized Brown Trout in Lake Oulujärvi). 26 s. Helsinki 1997.

127. SALONEN, E., MUTENIA, A., KOTAJÄRVI, M.

Lokan ja Porttipahdan peledsiika. Tekojärvien siikakantojen vaihtelu vuosina 1987-1996.

(Peledsiken i Lokka och Porttipahta. Sikbeståndens variation i konstgjorda sjöar 1987 - 1996) (Peled in the Lokka and Porttipahta Reservoirs. The Variations in the Stocks from 1987 - 1996). 34 s. Helsinki 1997.

126. Kalastuskiistat haasteena hallinnolle - näkökulmia sisävesien paikallisiin ristiriitoihin

(Fiskekonflikter som en utmaning för förvaltningen - synpunkter på lokala konflikter i insjöområdet) (Perspectives on Fishery Conflicts in Finnish Lakes). Pekka Salmi (toim.). 71 s. Helsinki 1997.

125. SUTELA, T. JA HUUSKO, A.

Virkistyskalastus Kuusinki-, Kitka- ja Oulankajoella.

(Fritidsfisket i älvarna Kuusinki-, Kitka- och Oulankajoki) (Recreational fishery in rivers Kuusinkijoki, Kitkajoki and Oulankajoki). 24 s. Helsinki 1997.

124. FRIMAN, T., KOLARI, I., TOIVONEN, J.

Merkitseekö menetelmä? Carlin-merkinnän virhetekijät kaksi- ja kolmivuotiaina istutetuilla järvitaimenilla.

(Spelar metoden någon roll? Felkällor vid Carlin-märkning av insjööringar utplanterade som två- och treåringar) (The errors caused by Carlin-tagging in the estimation of stocking results of two- and three-year-old brown trout (Salmo trutta m. lacustris)). 27 s. Helsinki 1997.

123. TOIVONEN A.-L.

Toistuvan jäätyamisen ja sulamisen vaikutus kalanpyydysten havasmateriaaleihin.

(Inverkan av upprepad infrysning och upptining på redskapsmaterial) (The Effects of Freeze-thaw Cycling on Fishing Gear Materials). 30 s. Helsinki 1997.

122. Lähikuvia ammattikalastuksesta - Kalastusammatin rakenne, joustavuus ja mahdollisuudet.

(Yrkesfisket i närbild. Fiskaryrkets struktur, flexibilitet och möjligheter) (Close-ups on the Commercial Fishery; Structure, Flexibility and Opportunities of the Fishing Trade). Juhani Salmi ja Pekka Salmi (toim.). 125 s. Helsinki 1997.

121. RAITANIEMI, J.

Rannikon siikojen iänmäärittämyksen luotettavuus.

(Hur pålitlig är åldersbestämningen av kustsikar?) (The reliability of the ageing of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) on the Finnish Baltic coast). Helsinki 1997.

120. JOKIKOKKO, E.

Muikun ja siian lisääntymisedellytyksistä Perämerellä.

(Förutsättningar för förökning av siklöja och sik i Bottenviken) (The breeding potential of whitefish and vendace in Bothnian Bay). 32 s. Helsinki 1997.

119. HYVÄRINEN, P., VIRTANEN, K., VEHANEN, T., KOSKINIEMI, J., KANNEL, R. PURSIAINEN, M.

Viihtyykö vieras kala Oulujärnessä? Taimenkantojen ja järvilohen soveltuvuus Oulujärven hoitokalaksi.

(Trivs främmande fiskar i Ule träsk? Jämförelse av olika utplanterade bestånd av öring och insjölox) (Does the strange fish stocks succeed in lake Oulujärvi? Results of stocking four brown trout stocks and land locked salmon in Lake Oulujärvi). 39 s. Helsinki 1996.

118. VEITOLA, K., MÄKINEN, T.

Kalankasvatuksen ympäristöpolitiikka- Tavoitteiden ja tosiasiatietojen yhdistelmä

(Fiskodlingens miljöpolitik - en kombination av målsättningar och fakta) (The Environmental Politics of Fish Farming: A Combination of Goals and Facts). 52 s. Helsinki 1996

117. Mädin desinfiointi - laadun hallintaa käytännössä

(Romdesinfektion i avsikt att kontrollera romproduktionens kvalitet) (The Disinfection of Fish Eggs: Quality Control in Practice). Päivi Eskelinen (toim.), 69 s. Helsinki 1996

116. SALMI, J., HONKANEN, A., JURVELIUS, J., MOILANEN, P., SALMI, P., VESALA, K. M.

Haastatteluja Hangosta Utsjoelle. Ammattikalastuksen profiilitutkimuksen metodiikkaa.

(Intervjuer från Hangö till Utsjoki, metodik för profilundersökningar av yrkesfisket) (Interviewing Commercial Fishermen in Finland: The Methodology of the Study). 26 s. Helsinki 1996.

115. PARMANNE, R., SETÄLÄ, J.

Silakan rehukalastuksen taloudellinen merkitys ja vaikutus silakkakantoihin

(Foderfiskets effekter på strömmingsbestånden) (The effect of fodder fishing on Baltic herring stocks) 27+18 s. Helsinki 1996.

114. SALMINEN, M.

Istutusiän ja -koon merkitys merilohen vaelluspoikasten istutuksissa

(Utplanteringsålderns och -storlekens betydelse vid utplantering av smolt av havlox) (The Influence of Stocking Age and Size on the Results of Salmon Smolt Stocking). 59 s. Helsinki 1996.

113. Inarijärven pohjasiika - Istutusten merkitys.

(Storsiken i Enare träsk - utplanteringarnas betydelse) (Sparsely-raked Whitefish from Lake Inari: Results from Stocking). Erno Salonen (toim.), 90 s. Helsinki 1996

112. SOMPPI, K., RAITANIEMI, J., RASK, M.

Kalkituksen vaikutukset särki- ja ahvenkantoihin Etelä-Suomen happamoituneissa pikkujärvissä

(Kalkningens effekter på mört- och abborrbestånd in södra Finlands försurade sjöar) (The Effects of Liming on Roach and Perch Populations of Small Acidified Lakes in Southern Finland). 41 s. + 9 liitettä. Helsinki 1996.

111. RAHKONEN, R., PASTERNAK, M., POHJANVIRTA, T., PYLKKÖ, P., LINDÉN, J.

Kokeita Apoject 1-Fural paisetautirokotteella 1993-1995

(Försök med Apoject 1-Fural furunkulosvaccin 1993-1995) (Experiments with Apoject 1-Fural Furunculosis Vaccine, 1993 - 1995). 24 s. Helsinki 1996.

110. Istutuspoikasten elinkaari - mätimunasta saaliiksi, Valtion kalanviljelyn XX neuvottelupäivät
(Utplanterade yngels livscykel - från romkorv till fångst, Statens fiskodlings XX diskussionsdagar) (Fish stocking - lifecycle eggs to catch, State Fish Culture Conference, No. XX). Jarmo Makkonen ja Markku Pursiainen (toim.), 103 s. + 4 liitettä. Helsinki 1996.

109. PYLKKÖ, P., POHJANVIRTA, T., PURSIAINEN, M.

Nieriän (*Salvelinus alpinus*) silmäamentumat

(Grumling av ögat hos röding (*Salvelinus alpinus*)) (Cataract of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*)). 21 s. Helsinki 1996

108. MAKKONEN, J., PIIRONEN, J., PURSIAINEN, M., TOIVONEN, J., KOLARI, I.

Pyyntitavat heikentävät järvitaimenen istutustulosta — Vuoksen vesistöalueelle vuosina 1979 — 1992 tehtyjen Carlin-merkintöjen tulokset.

(Utplanteringsresultatet för insjööring försämrats av fångstmetoderna — Resultat av Carlin-märkningar i Vuoksi insjösystem åren 1979 — 1992) (Fishing methods decrease the impact of stocking brown trout — Results of Carlin tagging experiments in the Vuoksi watercourse from 1979 — 1992). 105 s. + liite. Helsinki 1996.

107. LAPPALAINEN, A., PÖNNI, J.

Suomenlahti kalastajan silmin — Tutkimus Suomenlahden likaantumisesta ja vapaa-ajankalastuksesta

(Finska viken ur fiskarens synpunkt — En undersökning av föroreningen av Finska viken och fritidsfisket) (The Gulf of Finland in the Fisherman's eyes — Pollution and Recreational Fishery in the Gulf on Finland). Helsinki 1996.

106. KORHONEN, P., KOSKINIEMI, J., TOLONEN, K.

Taimenen ja kotiutetun puronieriän tila Ylä-Kemijoella vuosina 1993 — 1994

(Öringens och den införda bäckrödningens situation i Kemi älvs övre lopp åren 1993 — 1994) (The State of Brown and Stocked Brook Trout Populations in the Upper Part of the Kemijoki River between 1993 and 1994). 42 s. + 8 liitt. Helsinki 1996.

105. RAITANIEMI, J., HEIKINHEIMO, O., MIKKOLA, J.

Vaellussiika — Uudenmaan rannikon tuottoisa istutuskala

(Vandringsfisksken — resultatrik utplantering längs den nyländska kusten) (Whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) — Successful Stocking on the Coast of the Province of Uusimaa). 28 s. Helsinki 1996.

104. SAURA, A., MIKKOLA, J.

Henkiin herätetty lohijoki — Kymijoen vaelluskalatutkimuksia vuosilta 1992—1994

(En laxälv som återuppstått — Vandringsfiskundersökningar i Kymmene älv å 1992—1994) (Revived salmon river — Studies on migratory fish in the River Kymijoki from 1992—1994). 100 s. Helsinki 1996.

103. TAMMI, J.

Rehevöitymisen vaikutukset kaloihin, kalakantoihin ja kalastukseen — kirjallisuuskatsaus

(Eutrofieringens effekter på fisk, fiskbestånd och fiske — litteraturöversikt) (The Effects of Eutrophication on Fishes, Fish Stocks and Fisheries — A Literature Review). 66 s. Helsinki 1996.