

Antti Kytölä¹ & Jukka Syrjänen¹

¹University of Jyväskylä, Department of Biological and Environmental Science, PO BOX 35 40014 University of Jyväskylä, Finland,

Hauen 0-vuotiaiden poikasten tiheyden ja keskipituuden yhteys vedenkorkeuden säännöstelyyn ja veden lämpötilaan Päijänteellä, Ruotsalaisella ja Konnevedellä 1996–2022



UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja /
Proceedings of the Department of Biological and Environmental Science,
University of Jyväskylä

Toimittaja / Editor: Timo J. Marjomäki

Kansikuva / Cover photo: Syrjänen Jukka

ISBN 978-951-39-9915-5

ISSN 2669-8986

Julkaisun pysyvä osoite / Permanent address to this publication:

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-9915-5>

Jyväskylä 2023

ABSTRACT

Kytölä, Antti & Syrjänen, Jukka

The relationship of the density and average length of 0-year-old pike fry to water level regulation and water temperature in lakes Päijänne, Ruotsalainen and Konnevesi in years 1996–2022

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2023, 30 p.

Proceedings of the department of biological and environmental science, University of Jyväskylä 2/2023

ISSN 2669-8986

ISBN 978-951-39-9915-5

The water level regulation permit for Lake Päijänne from 2002 requires monitoring the density of 0-year-old pike fry by electrofishing. In 2009, unregulated Konnevesi was added to the monitoring program as a reference lake. Changes in water level and water temperature were monitored annually in each lake. The purpose was to monitor pike fry density and length during spring and summer in regulated Lake Päijänne and Konnevesi. The temporal variation of annual fry density and mean fry length between lakes was compared using Pearson correlation coefficient. Spearman correlation coefficient was used for annual temperature and fry density, and temperature and fry length. Pearson correlation coefficient was used to examine the effect of four calendar month water levels on fry density and mean fry length. It was also used to analyse the association between spring and early summer water level height change and fry density as well as mean fry length. A difference in fry density between years was observed, but not between lakes. Fry densities were not correlated between Päijänne and Ruotsalainen but there was a positive correlation between Konnevesi and Päijänne and between Konnevesi and Ruotsalainen. Both year and lake were found to be significant factors contributing to the variation in the mean average fry length. There was a significant difference in average fry length between Lake Päijänne and Konnevesi. Year-to-year variations were observed in average fry length between Lake Päijänne and Ruotsalainen and between Lake Päijänne and Konnevesi. There was no correlation between annual fry density and fry mean length in any lake. Average water temperature in May-June differed between years and lakes. Significant correlation between annual average length of fry and average temperature was observed in every lake. No significant association between water level height during assumed spawning time or any calendar month and fry density was observed. There was no clear association between the magnitude of water level rise and fry density and nor between average length of fry and water level height and rise of the water level.

Keywords: ANOVA; correlation; obligatory monitoring; spawning time.

TIIVISTELMÄ

Kytölä, Antti & Syrjänen, Jukka

Hauen 0-vuotiaiden poikasten tiheyden ja keskipituuden yhteys vedenkorkeuden säännöstelyyn ja lämpötilaan Päijänteellä, Ruotsalaisella ja Konnevedellä 1996–2022.

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2023, 30 s.

Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 2/2023

ISSN 2669–8986

ISBN 978-951-39-9915-5

Päijänteen uusi säännöstelylupa vuodelta 2002 edellyttää 0-vuotiaiden hauenpoikasten tiheyden seurantaan sähkökoekalastamalla. Vuonna 2009 tarkkailuohjelmaan lisättiin vertailualueeksi säännöstelemätön Konnevesi. Tavoitteena oli seurata keväällä kuoriutuneiden hauenpoikasten tiheyttä rantaruovikossa sähkökalastamalla säännöstelyn vaikutusten arvioimiseksi. Lisäksi tarkasteltiin poikasten keskipituuden, kutulahtien lämpötilojen sekä veden pinnan korkeuden ja korkeuden muutoksen vaikutusta. Poikastiheyden ja pituuden yhteyttä järvien ja vuosien välillä tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Lämpötilan vaikutusta poikastiheyteen ja keskipituuteen tarkasteltiin Spearmanin korrelaatiokertoimella. Pearsonin korrelaatiokerrointa käytettiin myös tutkittaessa eri kalenterikuukausien veden pinnankorkeuden sekä oletetun kutuajan ja sähkökoekalastuksen ajankohdan pinnankorkeuden yhteyttä poikastiheyteen. Keskimääräinen poikastiheys erosi vuosien välillä, mutta ei järvien välillä. Poikastiheyden vaihtelu ei ollut synkronista Päijänteen ja Ruotsalaisen välillä. Konneveden ja Päijänteen sekä Konneveden ja Ruotsalaisen vuosihavaintojen korrelaatio oli positiivinen. Päijänteen lahdissa poikastiheys erosi merkitsevästi vuosien välillä, mutta ei lahtien välillä. Hauenpoikasten keskipituus erosi merkitsevästi vuosien välillä ja myös järvien välillä. Hauenpoikasten keskipituus oli Päijänteellä keskimäärin suurempi kuin Ruotsalaisella. Poikasten keskipituuden vuosien välinen vaihtelu oli synkronista Päijänteen ja Ruotsalaisen sekä Päijänteen ja Konneveden välillä. Rantaveden touko-kesäkuinen lämpötilan keskiarvo erosi sekä vuosien että järvien välillä ja vuosien välinen vaihtelu oli jossain määrin samarytmistä kaikkien kolmen järven välillä. Hauen poikastiheyden ja kevään lämpötilan välillä ei havaittu yhteyttä. Poikasten keskipituuden vaihtelu tosin korreloi positiivisesti keskilämpötilan vuosien välisen vaihtelun kanssa merkitsevästi kaikilla järvillä. Millään järvellä kalenterikuukauden vedenpinnan korkeus tai oletetun kutuajan pinnan korkeus ei ollut merkitsevästi yhteydessä poikastiheyteen. Järvien keväisen pinnannousun suuruudella ei ollut yhteyttä poikastiheyteen. Poikasten keskipituus ei korreloinut vedenpinnan korkeuden eikä vedenpinnan nousun kanssa.

Hakusanat: ANOVA; korrelaatio; kutuaika; velvoitetarkkailu.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	TUTKIMUSALUEET	8
	2.1 Päijänne	8
	2.2 Ruotsalainen.....	8
	2.3 Konnevesi	10
3	SÄÄNNÖSTEELY	11
	3.1 Päijänne	11
	3.2 Konnivesi–Ruotsalainen.....	11
4	TUTKIMUSMENETELMÄT	13
	4.1 Hauenpoikasten koekalastus ja aineiston analysointi.....	13
	4.2 Ranta-alueiden veden lämpötila.....	14
	4.3 Järvien vedenpinnan korkeus ja nousu	14
5.	TULOKSET	16
	5.1 Sähkökalastusmenetelmän tehokkuus.....	16
	5.2 Hauenpoikasten tiheys ja keskipituus	16
	5.3 Ranta-alueiden lämpötila ja sen yhteys hauenpoikasten tiheyteen ja keskipituuteen	20
	5.4 Järvien vedenpinnan korkeus ja sen yhteys hauenpoikasten tiheyteen ja keskipituuteen	22
6.	TULOSTEN TARKASTELU	27
	LÄHDELUETTELO.....	30

1 JOHDANTO

Päijänteen säännöstely on alkanut vuonna 1964. Korkein hallinto-oikeus antoi päätöksen Päijänteen säännöstelystä 25.1.1954. Säännöstelyllä pyritään vähentämään tulvavahinkoja Päijänteellä ja sen alapuolisella Kymijoella. Tämän lisäksi säännöstelyllä pyritään lisäämään Kymijoen vesivoimalaitosten energiatuotantoa ja parantamaan vesiliikenteen olosuhteita Päijänteellä (Vesi.fi). Nykyinen Päijänteen säännöstelylupa on vuodelta 2002 (Itä-Suomen ympäristölupavirasto, päätös nro. 75/02/1). Luvassa annettiin tarkempia ohjeita erityisten vesitilanteiden, erityisesti tulvan ja kuivuuden, hallintaan sekä uudet tavoitekorkeustaulukot. Vanhoihin tavoitekorkeustaulukoihin verrattuna säännöstelyluvan merkittävin muutos oli kuivien vuosien alimpien sallittujen vedenkorkeuksien nousu. Kalaston osalta hauen katsotaan hyötynneen muutoksista kuivina keväinä, jolloin poikastuotannon arvioidaan nousevan keskimäärin 10 % edelliseen säännöstelytilanteeseen verrattuna. Säännöstelyn on katsottu olevan pääasiallinen syy rantojen ruovikoitumiseen. Toinen tärkeä ruovikoitumisen lisääntymisen aiheuttaja on veden rehevöityminen, mikä johtuu maa- ja metsätalouden valumavesistä (Uusitalo ym 2008). Päijänne on nykyisin lievästi rehevä järvi kokonaisfosforipitoisuuden ollessa noin 12 µgP/l (Ympäristön hallintajärjestelmä Hertta, Ympäristö.fi). Säännöstely ja sen muutokset saattavat vaikuttaa hauen kutu- ja poikasympäristön eli tulvaniittyjen alaan ja rantakasvillisuuden esiintymiseen ja siten hauen poikastuotantoon.

Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen Päijänteen ja Ruotsalaisen kalataloudellisiin tarkkailuohjelmiin kuuluu keväällä kuoriutuneiden ensimmäistä kesäänsä elävien eli 0-vuotiaiden hauenpoikasten tiheyden seuranta sähkökalastusmenetelmällä rantaruovikoissa, koska järvien säännöstelyllä saattaa olla haitallisia vaikutuksia hauen lisääntymistulokseen (Marttunen ja Järvinen 1999). Molemmissa järvissä vedenkorkeus on hauen kutuaikana luonnontilaa alempana säännöstelyn takia. Siten osa parhaista kutualueista, kuten tulvaniityt, on kuivilla hauen kutuaikaan. Kevät- ja kesävedenkorkeuksien muutosten takia myös keväällä kuoriutuneiden poikasten elinalueet ovat vähentyneet luonnontilasta ja heikentyneet laadullisesti (Korhonen 1996). Hauenpoikasten sähkökoekalastuksia on tehty Päijänteellä vuodesta 1996 ja Ruotsalaisella vuodesta 2000 lähtien (Korhonen 1999, 2006, Tapaninen 2010, 2011). Seurantojen tarkoituksena on selvittää hauen lisääntymisen onnistumista ja kesän poikastiheyksiä sekä

säännöstelyn vaikutusta poikastuotantoon. Vuonna 2009 tarkkailuohjelmaan lisättiin vertailualueeksi säännöstelemätön Konnevesi-järvi (Vähänäkki 2006 a, b). Konnevedeltä on sähkökalastusaineistoa myös vuosilta 1996–1997 (Korhonen 1999).

Tässä raportissa esitetään hauenpoikasten tiheysarvio ja keskipituus vuosittaisessa seurannassa olleilta lahdilta näiltä kolmelta järveltä vuosina 1996–2022. Samoin selvitetään (i) poikastiheyden ja poikasten keskipituuden eroja järvien ja vuosien välillä, (ii) vaihtelun ajallista yhteyttä järvien välillä sekä (iii) poikastiheyden ja poikasten keskipituuden välistä riippuvuutta. Erityisesti tutkitaan, (iv) onko poikastiheydellä ja keskipituudella yhteyttä kevätkesän vedenkorkeuteen ja kutulahtien veden keskilämpötilaan.

2 TUTKIMUSALUEET

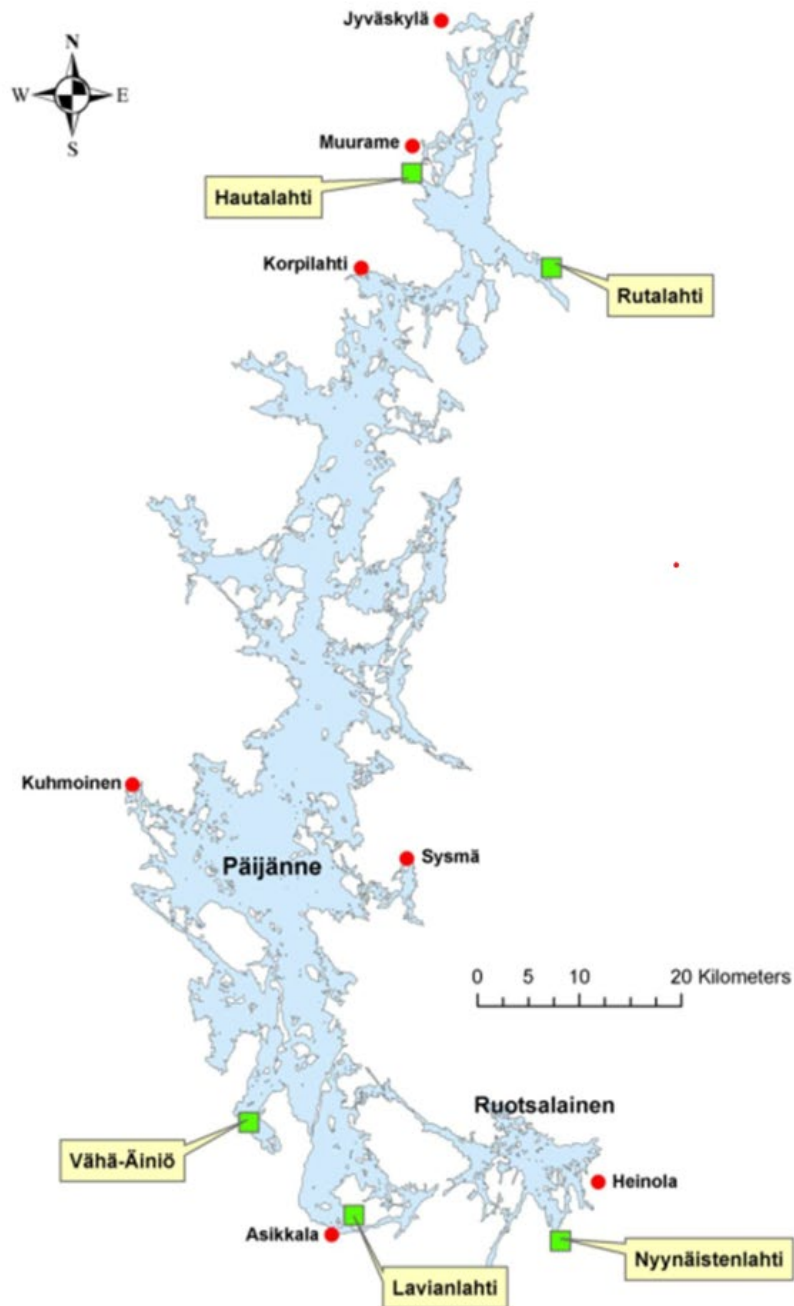
2.1 Päijänne

Päijänteen pinta-ala on 1118 km², keskisyvyys 16 m ja suurin syvyys 95,3 m Ristinselällä. Päijänteen veden laatu on järven pohjoisosassa yleiseltä käyttökelpoisuudeltaan hyvää ja eteläosassa erinomaista (Tapaninen 2011). Järven pohjoisosaa kuormittavat pääosin useat teollisuuslaitokset ja asutuskeskukset sekä eteläosaa pääosin maatalouden hajakuormitus. Päijänne on Kymijoen vesistön keskusjärvi, johon laskevat Saarijärven reitin, Rautalammin reitin, Viitasaaren reitin, Tainionvirran, Jämsänjoen ja Vääksynjoen vedet. Päijänteen luusuan valuma-alueen pinta-ala on 26 459 km² eli 71 % Kymijoen päävesistöalueen kokonaispinta-alasta. Päijänne laskee Kalkkistenkosken kautta Ruotsalaiseen, joka laskee Jyrängönvirran kautta Konniveden. Konniveden alapuolella reitti muuttuu Kymijokeksi, joka laskee Suomenlahteen. Päijänteen luusuasta on merelle matkaa jokiuomaa pitkin noin 200 km ja pudotuskorkeutta 78,3 m. Hauen poikastiheyksiä seurattiin Päijänteellä vuoteen 2006 saakka kahdeltatoista eri puolilla järveä sijainneelta lahdelta (Korhonen 2006). Vuodesta 2007 lähtien seurannassa on noudatettu uutta tarkkailuohjelmaa, jossa sähkökalastuspaikkoja on neljä (Tapaninen 2011). Kohdealueiksi valittiin silloin Päijänteen pohjoisosasta Hautalahti ja Rutalahti sekä eteläosasta Vähä-Äiniönlahti ja Salonsaari (Kuva 1). Uusissa kohteissa koeala on suurempi kuin vanhoissa ja lisäksi kohteissa seurataan rantaveden lämpötilaa automaattimittareilla kevätkesällä. Samat neljä aluetta sisältyivät poikasseurantoihin myös ennen vuotta 2007. Tähän raporttiin on otettu Päijänteeltä mukaan näiden neljän seuranta-alueen aineisto.

2.2 Ruotsalainen

Ruotsalaisen ja Konniveden järviryhmä sijaitsee välittömästi Päijänteen alapuolella. Ruotsalaisen pinta-ala on säännöstelyluvan mukaisen vedenkorkeuden ylärajalla 80,7 km², keskisyvyys 11 m ja syvin kohta 55 m. Rantaviivaa järvellä on 337 km. Ruotsalainen on karu ja kirkasvetinen järvi, jonka veden laatuun vaikuttaa erityisesti Päijänteeltä

Kalkkistenkosken kautta tuleva vesi. Yleiseltä käyttökelpoisuudeltaan Ruotsalainen onkin veden laadultaan erinomaisessa kunnossa. Konnivesi-Ruotsalaisen tarkkailuohjelman mukaisesti hauenpoikasten tiheyksiä sekä ranta-alueen lämpötiloja seurataan nykyään yhdeltä koalueelta, joka sijaitsee Ruotsalaisen Nynäistenlahdella (Kuva 1) (Tapaninen 2011).



KUVA 1. Sähkökalastuskoealueiden (vihreät neliöt) sijainti Päijänteellä ja Ruotsalaisella. Koekalastusten lisäksi alueilla on seurattu rantalämpötilojen kehitystä touko-kesäkuussa vuodesta 2008–2010 lähtien.

2.3 Konnevesi

Konnevesi on Päijänteeseen laskevan Rautalammin reitin keskusjärvi. Se sijaitsee koillisessa Keski-Suomessa ja lounaisessa Pohjois-Savossa Konneveden, Rautalammin ja Vesannon kuntien alueella. Järven pinta-ala on 187 km², suurin syvyys 56 m ja korkeus merenpinnasta 95 m. Konnevesi jakaantuu kahteen erilliseen järvioltaaseen, joita yhdistää kapea Kivisalmi. Pohjois-Konnevesi on pitkä ja vähäsaarinen selkävesi. Etelä-Konnevesi koostuu lukuisista saarista ja erillisistä syvänteistä ja on lähes kaksi kertaa pohjoisosan kokoinen ja selvästi syvämpi. Vedenlaadultaan Konnevesi on erinomainen. Konnevesi valittiin vuonna 2009 tarkkailuohjelmien vertailujärveksi, koska Konneveden pinnankorkeutta ei säännöstellä ja koska järvi muistuttaa morfologisilta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan Päijännettä (Tapaninen 2011). Konnevedellä on seurannassa yksi koealue, joka sijaitsee Etelä-Konnevedellä Häyriänrannassa, lähellä Jyväskylän yliopiston tutkimusasemaa.

3 SÄÄNNÖSTELY

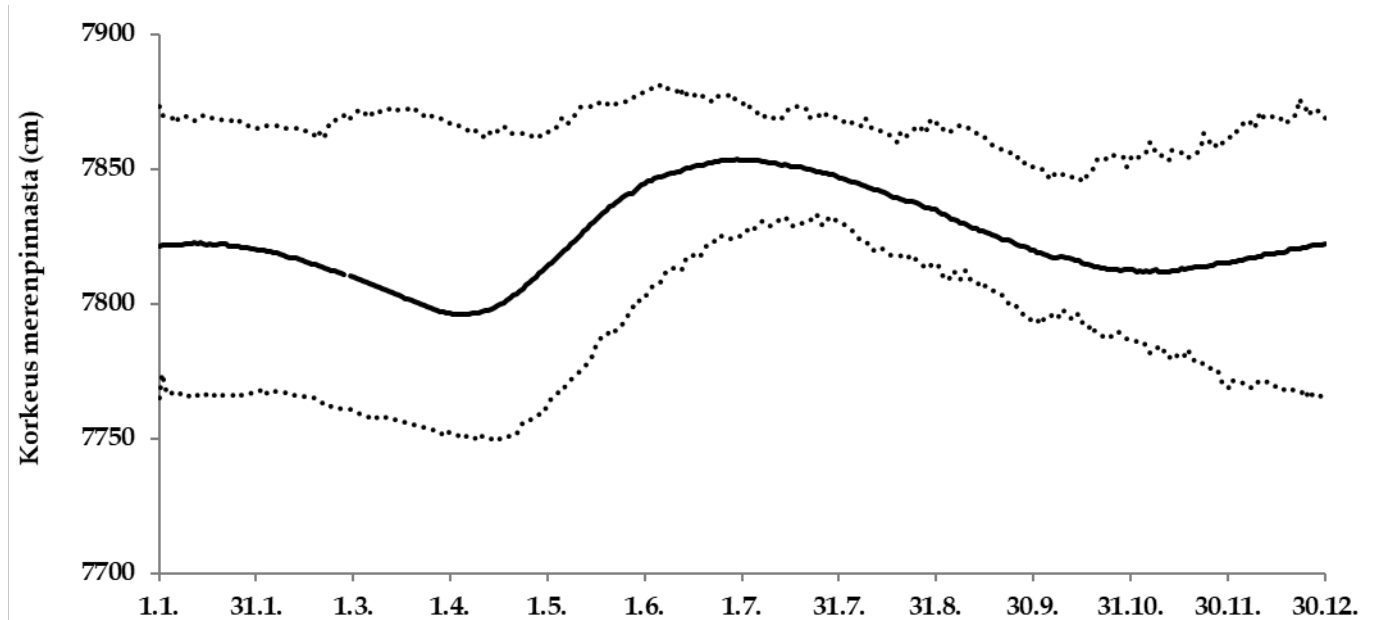
3.1 Päijänne

Päijännettä säännöstellään Kalkkisissa sijaitsevalla säännöstelypadolla sekä tarvittaessa kanavan rakenteilla. Pato vaikuttaa kuitenkin vain osaan Päijänteen lähtövirtaamasta, sillä 62 % lähtövirtaamasta kulkee Kalkkisten luonnonuoman kautta (Tapaninen 2011). Säännöstelylle ei ole asetettu kiinteitä ylä- ja alarajoja vaan tavoitekorkeudet. Tavoitekorkeuksien määrittämiseksi Päijänteen tulovesimäärille laaditaan vähintään kerran kuukaudessa maksimi- ja minimiennusteet sekä keskiennuste, jonka oletetaan toteutuvan, mikäli sääolot ennustejaksolla ovat keskimääräiset. Ennustettavan jakson pituus on ennusteajankohdasta riippuen 3–8 kuukautta. Toteutuneiden ja ennustettujen tulovesimäärien perusteella määritetään Päijänteen luvanmukaiset tavoitekorkeudet sekä niitä vastaavat juoksutukset. Olennaisena osana Päijänteen käytännön säännöstelyä on vesi-, lumi- ja säätilanteiden jatkuva seuranta. Seurannan perusteella voidaan tarvittaessa muuttaa juoksutussuunnitelmaa (Tapaninen 2011). Säännöstelystä huolimatta Päijänteen pinnankorkeus vaihtelee vuosittain valuma-alueen sateisuuden mukaan luonnontilaisten järvien vedenkorkeuden vaihtelua seuraten. Pinnankorkeus noudattaa myös vuodenaikaissykliä, jossa pinta on alimmillaan huhtikuun alussa ja korkeimmillaan kesäheinäkuun vaihteessa (Kuva 2). Kuivina vuosina Päijänteen säännöstelyllä on kuitenkin pystytty nostamaan kesän alimpia vedenkorkeuksia ja sateisina vuosina laskemaan ylimpiä vedenkorkeuksia luonnontilaan verrattuna (Tapaninen 2011).

3.2 Konnivesi–Ruotsalainen

Konnivesi–Ruotsalaisen säännöstely toteutetaan Konniveden luusuassa sijaitsevalla Vuolenkosken voimalapadolla. Konnivettä säännöstellään siten, että kevätminimiä lukuun ottamatta vedenkorkeus pidetään pääsääntöisesti säännöstelyn ylärajalla (NN + 77,40 m) (Tapaninen 2011). Helmi-maaliskuussa vedenpintaa lasketaan normaalivuosina vaiheittain 30 cm, mutta runsaslumisina vuosina enemmänkin. Pinta nostetaan takaisin ylärajalle

huhti-toukokuun vaihteessa, noin puolentoista viikon aikana. Säännöstelyssä pyritään myös välttämään suurempia kuin 25 m³/s virtaamanmuutoksia vuorokauden aikana. Ruotsalaisen vedenpinta seuraa Konniveden säännöstelyä. Voimakkaiden tulvien aikana Konniveden vedenkorkeus on laskettu ylärajan alapuolelle, jotta Ruotsalainen ei ylittäisi säännöstelyluvan mukaista ylärajaa NN + 77,65 m (Tapaninen 2011).



KUVA 2. Päijänteessä päivittäisen pinnankorkeuden keskiarvo yhtenäisellä viivalla kuvattuna sekä maksimi ja minimi katkoviivalla kuvattuna vuosina 1991–2022.

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Hauenpoikasten koekalastus ja aineiston analysointi

Hauenpoikasten sähkökoekalastukset tehtiin 7–14 päivän aikana kesä-heinäkuun vaihteessa. Vuonna 1996 koekalastus tehtiin kuitenkin kesäkuun puolivälin vaiheilla. Koekalastus tehtiin ensin ajallisesti järjestyksessä Ruotsalainen ja Päijänne ja myöhemmin järjestyksessä Ruotsalainen ja Päijänne tai Konnevesi. Sähkökalastusalueet valittiin alle 1 m syvyydestä, mutta mieluiten alle 0,5 m syvyydestä vedestä siten, että alueet edustivat rannan keskimääräistä kasvillisuutta ja olivat suhteellisen tasalaatuisia syvyydeltään. Vuoteen 2005 asti kalastukset tehtiin 100 m² (10 m × 10 m) kokoisilla alueilla, jotka rajattiin kulmatolppien ja narujen avulla (Markus Tapaninen, Kaakkois-Suomen ELY-keskus, suullinen tiedonanto). Vuodesta 2006 lähtien kalastukset on tehty ns. kaapelimitalla, jossa sähkökalastuspari etenee veneestä suoraa linjaa tietyn matkan ja kääntyy sitten takaisin. Kalastetun alueen koko määräytyy tällöin kuljetun matkan ja kalastetun kaistan leveyden perusteella. Sähkökalastuslaitteena käytettiin vuoteen 2003 asti Rapinojan valmistamaa laitetta EF400B (Markus Tapaninen, suullinen) ja vuodesta 2004 lähtien generaattorilaitetta Hans Grassl ELT60NGI (Tapaninen 2011). Kullakin tutkimusalueella sähkökalastettiin vähintään kymmenellä koealueella. Koealojen kokonaispinta-ala oli Päijänteellä vuosittain noin 4000 m², Ruotsalaisella noin 1000 m² ja Konnevedellä myös noin 1000 m².

Sähkökalastus tehtiin noin 1,5 m levyisinä kaistoina siten, että sähkökalastaja liikutti anodia poikittain koko kaistan leveydeltä kohti haavia. Anodin käyttäjän vierellä kulki henkilö, joka haavi sähkökenttään joutuneet hauet ämpäriin. Alue pyydettiin aina yhteen kertaan. Jos sähkökalastuksen aikana havaittiin selvästi 0-vuotiaan kokoinen hauenpoikanen, jota ei saatu haavittua, se merkittiin havaituksi. Oletuksena oli, että havaitut karanneet, mutta taintuneet poikaset eivät joudu enää uudelleen pyydetyksi (Tapaninen 2011). Tiheysarvioon laskettiin mukaan pyydetyt ja havaitut paenneet poikaset. Runsausarviona käytettiin näiden summaa ilman pyydystettävyyserrointa. Tiheysarvoille tehtiin tilastollisen testauksen yhteydessä logaritmuunnos $\ln(x+1)$ jakauman muuttamiseksi lähemmäs normaalijakaumaa.

Pyydetyt hauenpoikaset huumattiin ennen kokonaispituuden mittausta. Kokonaispituus mitattiin 1 mm:n tarkkuudella, ja kalat vapautettiin. Kalastetusta koealasta kirjattiin lisäksi pääasiallinen kasvilajisto, kasvillisuuden tiheys, veden syvyys,

veden lämpötila, säätila sekä muut kalastukseen vaikuttaneet tekijät. Saadusta aineistosta eroteltiin myöhemmin 0-vuotiaiden ikäryhmän poikaset sekä niitä vanhemmat hauet. 0-vuotiaiden ikäryhmään tulkittiin kuuluvaksi alle 110 mm pituiset hauenpoikaset ja vähintään 1-vuotiaiden ikäryhmään vähintään 110 mm pituiset hauet (Tapaninen 2011). Suurimmat hauet sähkökalastussaaliissa olivat noin 600 mm pituisia. Nollavuotiaiden poikasten vuosittaista keskitiheyttä ja keskipituutta verrattiin eri tutkimusalueiden välillä kahden faktorin varianssianalyysillä, jossa faktoreina olivat vuosi ja alue. Jos alue oli merkitsevä tekijä, testausta jatkettiin vertailemalla tutkimusalueita pareittain Tukeyn testillä. Yhdysvaikutustermiä ei voitu käyttää, sillä vuosittaisia havaintoja oli vain yksi kultakin alueelta Konnevedellä ja Ruotsalaisella. Vuosittaisen poikastiheyden ja keskipituuden ajallisen vaihtelun yhteyttä alueiden välillä sekä tiheyden ja pituuden keskinäistä aluekohtaista yhteyttä tarkasteltiin Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimella. Keskipituuden vuosihavainto otettiin tarkasteluun silloin, kun tutkimusalueelta oli mitattu vähintään kaksi kesänvanhaa hauenpoikasta.

4.2 Ranta-alueiden veden lämpötila

Ranta-alueiden veden lämpötilamittaukset aloitettiin vuonna 2008 Päijänteen Rutalahdella, Vähä-Äiniössä ja Lavianlahdella, Ruotsalaisen Nynäistenlahdella sekä Konneveden Häyrylänrannassa. Vuonna 2010 lämpötilamittaus alkoi myös Päijänteen Hautalahdella, mutta samana vuonna mittauksia ei tehty Rutalahdessa. Mittaukseen käytettiin automaattisia tallentavia Onset Hobo -lämpömittareita. Mittarit vietiin seuranta-alueille toukokuun alussa ja haettiin pois kesä-heinäkuun vaihteessa. Mittarit ohjelmoitiin mittaamaan lämpötila tunnin tai kolmen tunnin välein. Mittarit asennettiin mittauksen Päijänteellä ja Ruotsalaisella alussa 15 cm syvyyteen ja Konnevedellä 25 cm syvyyteen vedenpinnasta. Kokonaissyvyys mittaustapa-alueilla oli noin 40 cm (Tapaninen 2011). Vedenpinnan nousun seurauksena Päijänteellä mittarien mittaussyvyys siirtyi kesäkuun loppuun mennessä 20–30 cm:iin. Ruotsalaisella mittaussyvyys pysyi suunnilleen samana seuranta-kausien aikana. Konnevedellä vedenpinta sen sijaan yleensä laski kesäkuussa, jolloin Häyrylänrannan mittari oli seuranta-kausien lopussa noin 20 cm syvyydessä. Kesä-heinäkuun keskilämpötilan eroja eri tutkimusalueiden välillä selvitettiin kahden faktorin varianssianalyysillä, jossa faktoreina olivat järvi ja kalenterivuosi. Lämpötilan sekä hauen poikastiheyden ja keskipituuden vuosihavaintojen yhteyttä selvitettiin Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella.

4.3 Järvien vedenpinnan korkeus ja nousu

Kohdejärvien vedenpinnan päivittäiset korkeusarvot huhtikuun alusta heinäkuun loppuun saatiin ympäristöhallinnon Hertta-palvelusta. Neljän kalenterikuukauden keskipinnankorkeuden sekä hauen 0-vuotiaiden poikasten tiheyden ja keskipituuden riippuvuutta pinnankorkeudesta tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Lisäksi tarkasteltiin oletetun kutuajan 24.4.–7.5. sekä sähkökalastusajanjakson 1.7.–7.7.

keskipinnankorkeuden yhteyttä poikastihyteen. Kevään ja alkukesän vedenpinnan korkeuden muutoksen suuruuden yhteyttä poikastihyteen ja keskipituuteen tutkittiin myös Pearsonin korrelaatiokertoimella. Tarkastelussa oli kuusi ajanjaksoa, jotka olivat pituudeltaan yksi, kaksi tai kolme kalenterikuukautta: huhtikuu, toukokuu, kesäkuu, huhti-toukokuu, touko-kesäkuu ja huhti-kesäkuu.

5 TULOKSET

5.1 Sähkökalastusmenetelmän tehokkuus

Vuosina 2013–2022 sähkökoekalastuksissa saatiin saaliiksi ja havaittiin saamatta saaliiksi 0-vuotiaita haukia Päijänteellä yhteensä 357 ja 16, Ruotsalaisella 70 ja 1 sekä Konnevedellä 120 ja 8 yksilöä. Havaittujen haavimatta jääneiden osuus kaikista poikasista oli koko aineistossa siten 4,4 %. Aktiivisesti karkuun uineita hauenpoikasista ei havaittu lainkaan. Saaliiksi saaduista 0-vuotiaista poikasista kalastajat saivat näköhavainnon vedessä ennen haavimista lähes kaikissa tapauksista (Markus Tapaninen, Kaakkois-Suomen ELY-keskus, suullinen tiedonanto). Vähintään 1-vuotiaita haukia tuli saaliiksi 73, 17 ja 15 yksilöä samoilta järviltä samoina vuosina.

5.2 Hauenpoikasten tiheys ja keskipituus

Nollavuotiaan hauen tiheyden vuosien välinen keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe olivat Päijänteellä 1,3 ja 0,2 vuosina 1996–2022 neljän alueen aritmeettisena keskiarvona, Ruotsalaisella 0,8 ja 0,1 vuosina 2000–2022 ja Konnevedellä 0,9 ja 0,2 yksilöä/100 m² vuosina 1996–1997 ja 2009–2022 (Taulukko 1).

TAULUKKO 1. Hauen 0-vuotiaan poikasen tiheyden vuosikeskarvohavainnot (yksilöä/100 m²) tutkimusalueilla yhden kalastuskerran sähkökalastusmenetelmällä määritettynä kesäheinäkuun vaihteessa. Tiheysarvoihin on laskettu mukaan sekä saaliiksi saadut että havaitut paenneet poikaset. Aineisto: Korhonen (1999, 2006) ja Tapaninen (2010, 2011).

Vuosi	Päijänne Keskiarvo	Päijänne Hautalahti	Päijänne Rutalahti	Päijänne Vähä-Äiniö	Päijänne Salonsaari	Ruotsalainen Nyynäistenlahti	Konnevesi Häyriälänranta
1996				4,5	4,0		0,5
1997	3,9	1,4	3,5	6,3	4,6		1,1
1998							
1999							
2000	1,2	1,3		0,3	1,9	0,3	
2001	1,8	1,0	1,4	2,2	2,6	0,4	
2002	0,4	0,6	0,2	0,2	0,5	0,8	
2003	3,6	5,0	0,7	5,0	3,7	3,2	
2004	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,7	
2005	0,4	0,8	0,4	0,0	0,2	0,4	
2006	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	
2007	0,4	0,8	0,5	0,2	0,3	0,5	
2008	1,0	0,4	0,3	1,6	1,9	0,0	
2009	0,4	0,9	0,0	0,6	0,0	1,0	0,1
2010	0,9	2,1	0,2	0,8	0,3	0,9	2,4
2011	0,4	0,8	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5
2012	1,5	1,6	1,2	1,9	1,2	1,4	0,6
2013	0,5	0,4	0,1	1,1	0,4	0,2	0,2
2014	1,1	1,3	1,4	1,0	0,7	0,3	0,3
2015	1,3	1,7	0,6	0,9	1,8	0,9	0,9
2016	3,1	6,5	1,6	4,0	0,3	1,4	1,4
2017	1,1	0,1	2,0	1,9	0,5	1,0	1,0
2018	1,5	0,9	2,1	1,9	1,2	0,4	0,6
2019	1,3	0,1	1,4	1,7	1,9	0,1	1,9
2020	2,2	1,4	3,8	2,5	1,3	1,0	0,9
2021	1,6	1,0	0,9	3,9	0,6	1,0	1,0
2022	0,4	0,0	0,5	0,5	0,5	1,5	0,8
Keskiarvo	1,3	1,3	1,0	1,7	1,2	0,8	0,9
Keskiarvon keskivirhe	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2
Keskihajonta	1,1	1,5	1,0	1,7	1,3	0,7	0,6

Poikastiheyden keskiarvo erosi merkitsevästi vuosien välillä (varianssianalyysin $F_{24, 34} = 2,29$, $p < 0,013$), mutta ei järvien välillä ($F_{2, 34} = 1,71$, $p = 0,196$). Vuosien välinen vaihtelu oli huomattavan suurta, ja aineiston keskihajonnat olivat suuruudeltaan samaa tasoa kuin

keskiarvot (Taulukko 1). Parittaisessa vertailussa tiheys ei eronnut merkitsevästi eri järvien välillä.

Päijänteen lahdilla Hautalahdella tiheyden keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe olivat 1,3 ja 0,3 vuosina 1997 ja 2000–2022, Rutalahdella 1,0 ja 0,2 vuosina 1997 ja 2001–2022, Vähä-Äiniössä 1,7 ja 0,3 vuosina 1996–1997 ja 2000–2022 ja Salonsaarella 1,2 ja 0,3 vuosina 1996–1997 ja 2000–2022. Poikastiheyden keskiarvo erosi merkitsevästi vuosien välillä ($F_{24, 61} = 3,17$, $p < 0,001$) mutta ei lahtien välillä ($F_{3, 61} = 1,66$, $p = 0,330$).

Poikasen kokonaispituuden keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe olivat samoina ajanjaksoina Päijänteellä 62 ja 2, Ruotsalaisella 57 ja 2 sekä Konnevedellä 58 ja 3 mm (Taulukko 2). Keskipituus erosi merkitsevästi vuosien välillä ($F_{23, 32} = 6,05$, $p < 0,001$) ja myös järvien välillä ($F_{2, 32} = 4,14$, $p = 0,025$). Parittaisessa vertailussa hauenpoikasten keskipituudessa oli merkitsevä ero Päijänteen ja Ruotsalaisen välillä ($p = 0,030$).

Hauenpoikasten pituuden keskiarvo ja sen keskivirhe olivat Päijänteen Hautalahdella 67 ja 3, Rutalahdella 62 ja 3, Vähä-Äiniössä 60 ja 2 sekä Salonsaarella 61 ja 3 mm. Keskipituus erosi vuosien välillä ($F_{22, 48} = 6,16$, $p < 0,001$) mutta ei lahtien välillä ($F_{3, 48} = 1,86$, $p = 0,149$). Lahtien parittaisessa vertailulla poikaspituudessa oli merkitsevä ero Hautalahden ja Vähä-Äiniön sekä Hautalahden ja Salonsaaren välillä ($p = 0,010$, $p = 0,033$). Vuoden 1996 pieni keskipituus johtunee ainakin aikaisesta koekalastusajankohdasta.

Tiheyden vuosien välinen vaihtelu ei ollut korrelaatioanalyysin perusteella synkronista Päijänteen ja Ruotsalaisen välillä ($r = 0,21$, $p = 0,36$, $n = 21$) (Kuva 3 b). Vuosihavaintojen yhteys oli merkitsevä ja positiivinen Konneveden ja Päijänteen (Kuva 3 a) sekä positiivinen mutta ei merkitsevä Konneveden ja Ruotsalaisen välillä ($r = 0,55$ ja $r = 0,11$, $p = 0,035$ ja $p = 0,704$, $n = 15$ ja $n = 14$). Päijänteen lahdilla poikastiheys korreloi Rutalahden ja Vähä-Äiniön välillä ($r = 0,70$, $p = 0,001$, $n = 19$) ja Rutalahden ja Salonsaaren välillä ($r = 0,51$, $p = 0,018$, $n = 21$). Poikastiheydellä oli merkitsevä yhteys myös Vähä-Äiniön ja Salonsaaren välillä ($r = 0,53$, $p = 0,013$, $n = 21$).

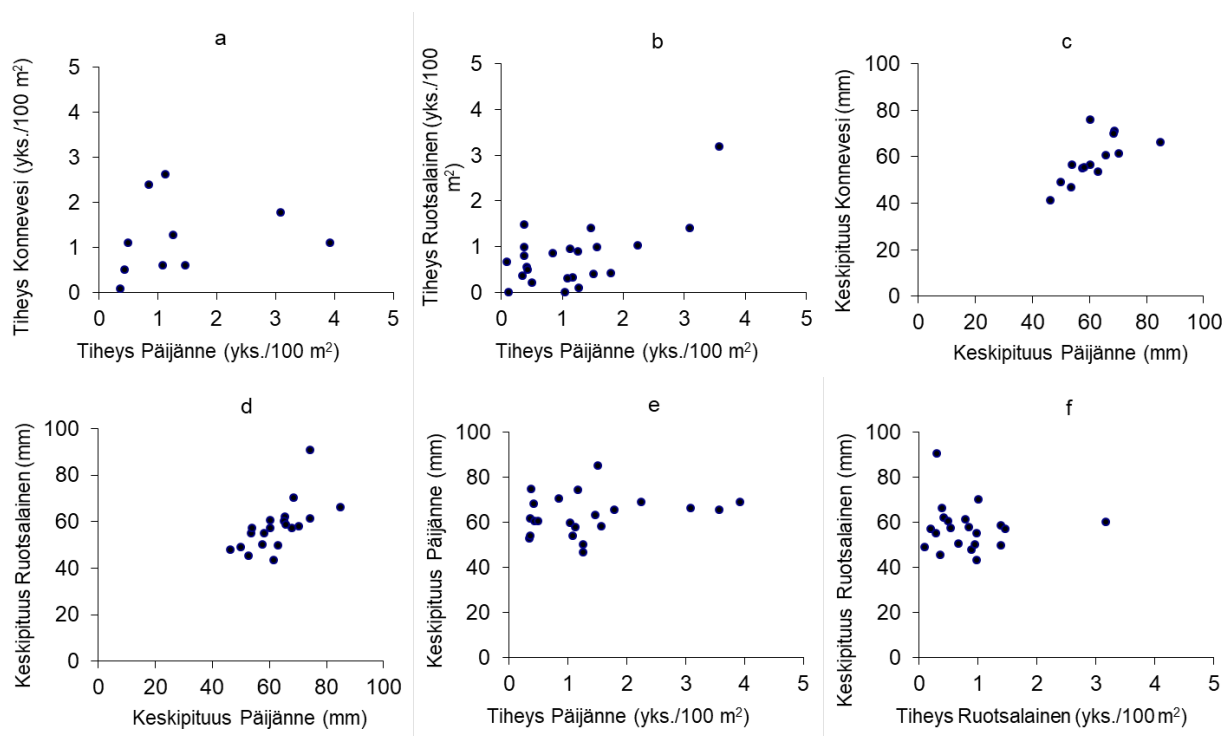
TAULUKKO 2. Hauen 0-vuotiaan poikasen keskimääräinen kokonaispituus (mm) tutkimusalueilla sähkökalastussaaliissa kesä-heinäkuun vaihteessa. Aineisto tästä tutkimuksesta sekä Korhoselta (1999 ja 2006) ja Tapaniselta (2010 ja 2011). Taulukossa on mukana ne havaintokeskiarvot, jotka koostuvat vähintään kahdesta haukiyksilöstä.

Vuosi	Päijänne						
	Päijänne Keskiarvo	Päijänne Hautalahti	Päijänne Rutalahti	Päijänne Vähä- Äiniö	Päijänne Salonsaari	Ruotsalainen Nyynäistenlahti	Konnevesi Häyriänranta
1996	39			44	34		
1997	69	76	77	67	55		71
1998							
1999							
2000	74	80			69	91	
2001	65	59	72		62	62	
2002	75	84			66	61	
2003	65	75	62		56	60	
2004						51	
2005	53	51	55			45	
2006							
2007	68		74	63	67	57	
2008	60	64	52	57	67		
2009	62	58		65		43	
2010	70	73		66	72	58	61
2011	61	54	59	59	70	61	57
2012	63	58	55	65	74	49	53
2013	60	66		71	45	57	76
2014	54	60	52	51	52	55	47
2015	47	51	45	46	45	48	41
2016	66	63	66	65	69	59	61
2017	58		67	51	55	50	55
2018	85	91	86	74	89	66	66
2019	50		56	51	43	49	49
2020	69	78	65	63	69	70	70
2021	58	61	55	57	60	55	55
2022	54		58	52	52	57	57
Keskiarvo	62	67	62	60	61	57	59
Keskiarvon keskivirhe	2	3	3	2	3	2	3
Keskihajonta	10	12	11	9	13	10	10

Poikasen keskipituuden vuosien välinen vaihtelu oli synkronista Päijänteen ja Ruotsalaisen välillä ($r = 0,64$, $p = 0,003$, $n = 20$) sekä Päijänteen ja Konneveden välillä ($r = 0,67$, $p = 0,008$, $n = 14$) (Kuva 3 d ja c). Päijänteen lahdilla keskipituuden vuosihavainnot korreloivat merkitsevästi Vähä-Äiniön ja kolmen muun lahden välillä ($0,64 < r < 0,66$, $0,019 < p < 0,005$, $13 \leq n \leq 17$). Samoin vuosihavainnot korreloivat merkitsevästi

Rutalahden ja Hautalahden välillä ($r = 0,61$, $p = 0,028$, $n = 13$) sekä suuntaa antavasti Hautalahden ja Salonsaaren välillä ($r = 0,46$, $p = 0,07$, $n = 16$).

Poikastiheyden ja keskipituuden vuosihavainnot eivät olleet yhteydessä keskenään järviakohtaisesti tarkasteltuna ($|r| < 0,181$, $p > 0,42$, $14 \leq n \leq 22$ kaikilla kolmella järvellä) (Kuva 3 e ja f). Päijänteen lahdilla tiheys ja keskipituus korreloivat positiivisesti Rutalahdella ($r = 0,51$, $p = 0,036$, $n = 17$). Salonsaarella ($r = -0,30$, $p = 0,189$, $n = 21$), Vähä-Äiniössä ($r = -0,006$, $p = 0,982$, $n = 18$) ja Hautalahdella ($r = 0,042$, $p = 0,869$, $n = 18$) tiheyden ja keskipituuden korrelaatiokerroin ei poikennut merkitsevästi nolasta.



KUVA 3. Hauen 0-vuotiaan poikasen keskitiheyden vuosikohtaiset havaintoparit a) Päijänteellä ja Konnevedellä ja b) Päijänteellä ja Ruotsalaisella, poikasen keskipituuden vuosikohtaiset havaintoparit c) Päijänteellä ja Konnevedellä ja d) Päijänteellä ja Ruotsalaisella sekä vuosikohtaisen keskipituuden ja tiheyden yhteys e) Päijänteellä ja f) Ruotsalaisella.

5.3 Ranta-alueiden lämpötila ja sen yhteys hauenpoikasten tiheyteen ja keskipituuteen

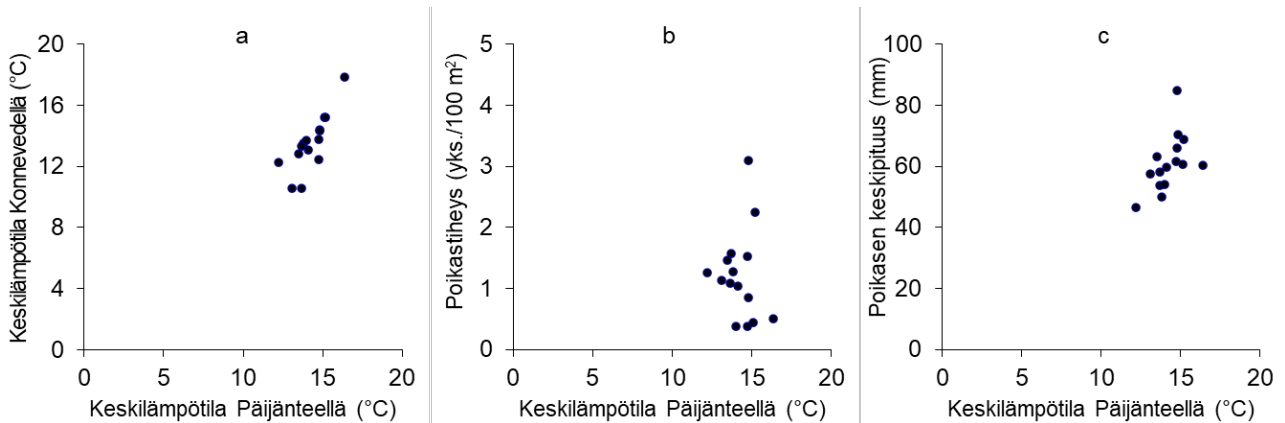
Touko-kesäkuun veden keskilämpötilan vuosien välinen keskiarvo ja keskiarvon keskivirhe olivat Päijänteen kutulahdilla keskimäärin 14,3 ja 0,3, Ruotsalaisella 15,1 ja 0,3 sekä Konnevedellä 13,5 ja 0,5 °C vuosina 2008–2022. Varianssianalyyseissä osoitti eron sekä vuosien ($F_{14, 28} = 4,90$, $p < 0,001$) että järvien välillä ($F_{2, 28} = 9,79$, $p < 0,001$). Parittaisissa vertailuissa lämpötila erosi merkitsevästi Konneveden ja Ruotsalaisen välillä ($p < 0,001$) sekä Päijänteen ja Ruotsalaisen välillä ($p = 0,017$). Päijänteen ja Konneveden välillä lämpötila erosi suuntaa antavasti ($p = 0,056$).

Päijänteen eri lahdilla keskilämpötilan keskiarvo ja sen keskivirhe olivat Hautalahdella 13,9 ja 0,4, Rutalahdella 14,5 ja 0,3, Vähä-Äiniössä 13,9 ja 0,3 ja Salonsaarella 14,8 ja 0,3 °C. Päijänteen lahdilla keskilämpötila erosi merkitsevästi sekä vuosien ($F_{14, 36} = 6,17, p < 0,001$) että lahtien välillä ($F_{3, 36} = 4,63, p = 0,008$). Parittaisissa vertailuissa lämpötila erosi merkitsevästi Salonsaaren ja Hautalahden ($p = 0,015$) sekä Salonsaaren ja Vähä-Äiniön välillä ($p = 0,025$).

Touko-kesäkuun keskilämpötilan vuosien välinen vaihtelu oli korrelaatioanalyysin mukaan jossain määrin samarytmistä kaikkien kolmen järven välillä ($0,69 < r < 0,81, p \leq 0,005, n = 15$) (Kuva 4 a). Päijänteen neljän lahden välillä korrelaatio oli positiivinen ja lämpötilan samarytmisyys oli merkitsevää Rutalahden ja Hautalahden ($r = 0,754, p = 0,007, n = 11$), Rutalahden ja Salonsaaren, ($r = 0,628, p = 0,022, n = 13$), Salonsaaren ja Vähä-Äiniön ($r = 0,676, p = 0,011, n = 13$) sekä Hautalahden ja Vähä-Äiniön välillä ($r = 0,723, p = 0,012, n = 11$). Näiden lisäksi samarytmisyys oli suuntaa antavasti merkitsevää Salonsaaren ja Hautalahden välillä ($r = 0,489, p = 0,09, n = 13$).

Millään järvellä ei havaittu merkitsevää samarytmisyyttä poikastiheyden ja kevään keskilämpötilojen vuosien välisen vaihtelun välillä (Päijänne: $\rho = -0,129, p = 0,648, n = 15$, Konnevesi: $\rho = -0,048, p = 0,869, n = 14$, Ruotsalainen: $\rho = -0,354, p = 0,214, n = 14$).

Poikasen keskipituuden vuosien välinen vaihtelu korreloi positiivisesti keskilämpötilan vuosien välisen vaihtelun kanssa Ruotsalaisella ($\rho = 0,57, p = 0,035, n = 14$), Konnevedellä ($\rho = 0,71, p = 0,007, n = 13$) ja Päijänteellä ($\rho = 0,52, p = 0,048, n = 15$) (Kuva 4 c). Poikaset olivat siten keskimäärin pitempiä lämpimämmässä vedessä. Päijänteen lahdista korrelaatio oli merkitsevä Salonsaarella ($\rho = 0,78, p < 0,001, n = 15$).



KUVA 4. a) Kutulahtien veden touko-kesäkuisen keskilämpötilan vuosikohtaiset havaintoparit Päijänteellä ja Konnevedellä sekä b) hauen 0-vuotiaan poikasen tiheyden ja c) keskipituuden vuosien välisen vaihtelun yhteys keskilämpötilaan Päijänteen neljän lahden keskiarvoina.

5.4 Järvien vedenpinnan korkeus ja sen yhteys hauenpoikasten tiheyteen ja keskipituuteen

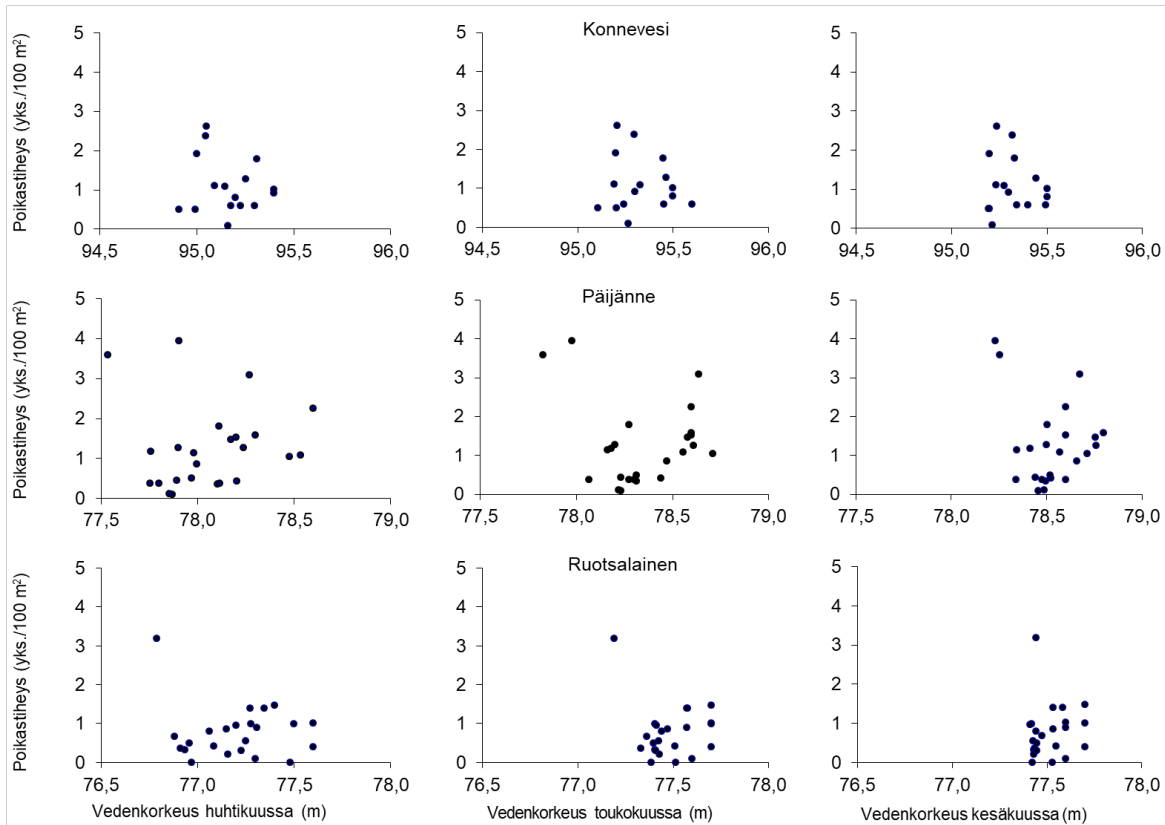
Vedenpinnan korkeuden kalenterikuukausikohtaisten keskiarvojen vuosien välisestä vaihtelussa mikään kuukausi ei ollut merkitsevästi yhteydessä poikastiheyden vuosien välisen vaihtelun kanssa millään kolmesta järvestä ($|r| \leq 0,49$, $p > 0,16$, $16 \leq n \leq 24$) (Kuva 5). Päijänteen lahdista vain Rutalahdessa huhtikuun pinnankorkeus korreloi poikastiheyden kanssa positiivisesti ja suuntaa antavan merkitsevästi ($r = 0,39$, $p = 0,074$, $n = 22$). Muina kalenterikuukausina korrelaatiot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä millään alueella.

Oletetun kutuajan keskimääräisellä pinnankorkeudella ei ollut merkitsevää yhteyttä poikastiheyteen millään kolmesta järvestä ($|r| \leq 0,18$, $p > 0,413$, $16 \leq n \leq 24$) eikä millään Päijänteen lahdista ($|r| \leq 0,29$, $p > 0,182$, $22 \leq n \leq 23$). Sähkökalastusjakson aikainen pinnankorkeus ei korreloinut merkitsevästi poikastiheyden kanssa millään kolmesta järvestä ($|r| < 0,16$, $p \geq 0,492$, $16 \leq n \leq 24$) eikä Päijänteen lahdista ($|r| \leq 0,31$, $p \geq 0,156$, $22 \leq n \leq 23$).

Järvien keväisen vedenpinnan nousun suuruudella ei ollut selvää yhteyttä poikastiheyteen kolmella tutkimusjärvellä (Kuva 6). Ainoastaan Konnevedellä poikastiheys korreloi positiivisesti suuntaa antavasti huhtikuun nousun suuruuden kanssa ($r = 0,49$, $p = 0,055$, $n = 16$). Päijänteen lahdista Rutalahdessa poikastiheys korreloi negatiivisesti huhtikuun aikaisen nousun suuruuden kanssa ($r = -0,48$, $p = 0,023$, $n = 22$), suuntaa antavasti toukokuun aikaiseen pinnan nousun suuruuden kanssa ($r = -0,406$, $p = 0,061$, $n = 22$), merkitsevästi huhti-toukokuun aikaisen pinnan nousun kanssa ($r = -0,54$, $p = 0,009$, $n = 22$) ja huhti-kesäkuun aikaisen pinnan nousun kanssa ($r = -0,53$, $p = 0,011$, $n = 22$). Rutalahden poikastiheys oli siis sitä pienempi mitä suurempi oli vedenpinnan nousu. Salonsaarella huhtikuun pinnan nousu korreloi negatiivisesti poikastiheyden kanssa ($r = -0,41$, $p = 0,053$, $n = 23$), mutta kesäkuun aikainen veden pinnan nousu korreloi positiivisesti ($r = 0,37$, $p = 0,084$, $n = 23$).

Poikasen keskipituuden vuosien välinen vaihtelu ei korreloinut vedenpinnan korkeuden kanssa merkitsevästi millään järvellä ($|r| \leq 0,33$, $p > 0,249$, $14 \leq n \leq 23$) (Kuva 7).

Päijänteen lahdilla poikastiheys korreloi negatiivisesti kaikkien neljän kalenterikuukauden pinnankorkeuden kanssa Hautalahdella ($0,12 \leq r \leq 0,29$, $0,196 < p < 0,608$, $n = 22$). Rutalahdella huhtikuun pinnankorkeudella ja poikastiheydellä oli suuntaa antava korrelaatio ($r = 0,388$, $p = 0,074$, $n = 22$). Vähä-Äiniössä ja Salonsaarella ei havaittu merkitseviä korrelaatioita ($0,012 \leq |r| \leq 0,339$, $0,113 < p < 0,956$, $22 \leq n \leq 23$).

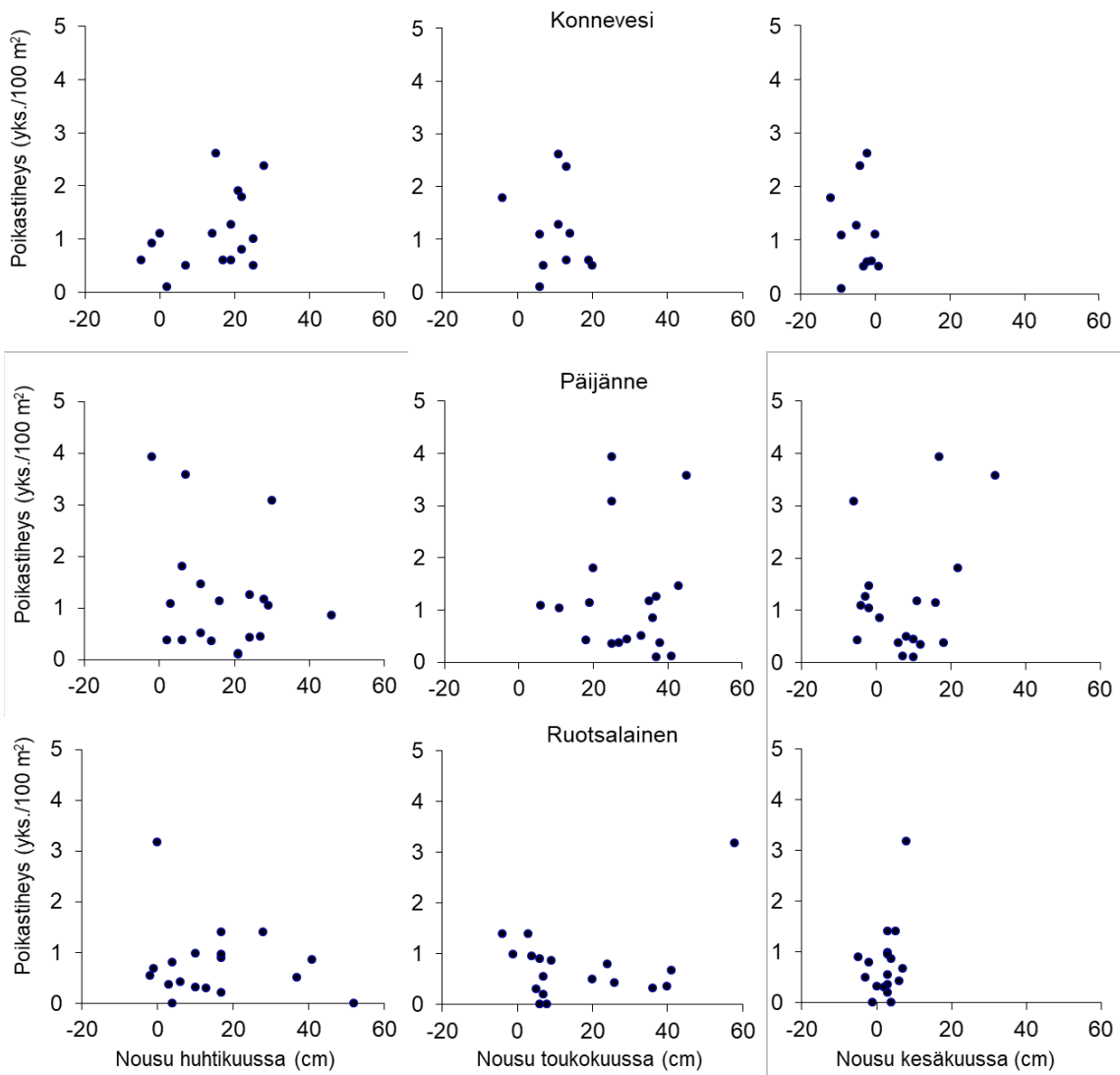


KUVA 5. Hauen 0-vuotiaan poikasen tiheyden vuosien välisen vaihtelun yhteys järven vedenpinnan korkeuteen Konnevedellä (ylin rivi), Päijänteellä (keskimmäinen rivi) ja Ruotsalaisella (alin rivi) huhti-, touko- ja kesäkuun keskiarvoina.

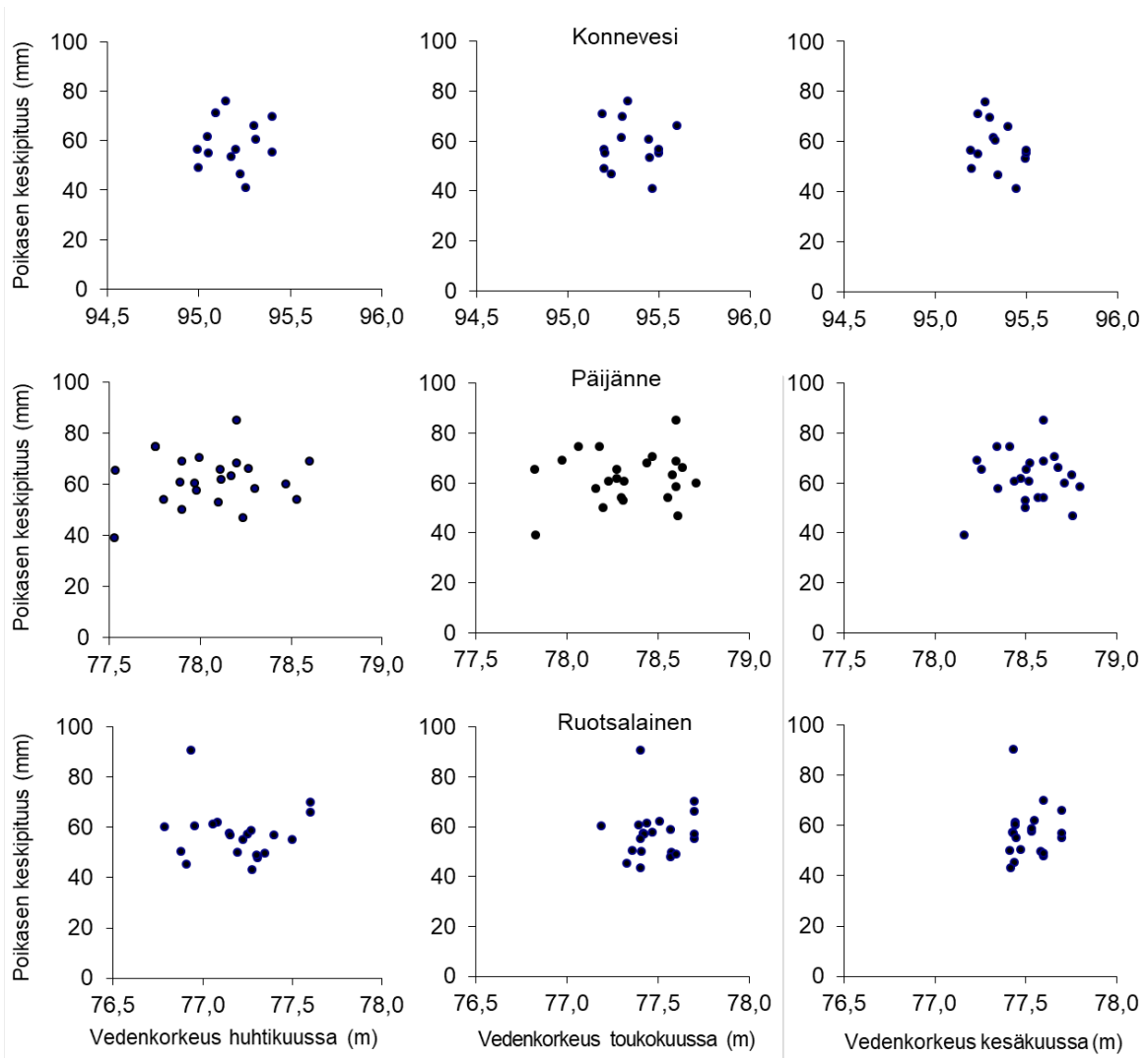
Poikasten keskipituus ei ollut merkitsevästi yhteydessä huhti-, touko-, kesäkuun vedenpinnan nousuun Päijänteellä ($0,078 < |r| < 0,133$, $0,545 < p < 0,724$, $n = 23$), Konnevedellä ($0,215 < |r| < 0,358$, $0,209 < p < 0,461$, $n = 14$) eikä Ruotsalaisella ($0,079 < |r| < 0,202$, $0,381 < p < 0,735$, $n = 21$) (Kuva 8).

Päijänteen lahdista vain Salonsaarella poikasten keskipituus korreloi suuntaa antavan merkitsevästi vedenpinnan nousun kanssa ($r = -0,392$, $p = 0,079$, $n = 21$). Muilla alueilla huhti-kesäkuun korrelaatiot eivät olleet merkitseviä ($0,055 \leq |r| \leq 0,411$, $0,101 < p < 0,828$, $17 \leq n \leq 21$).

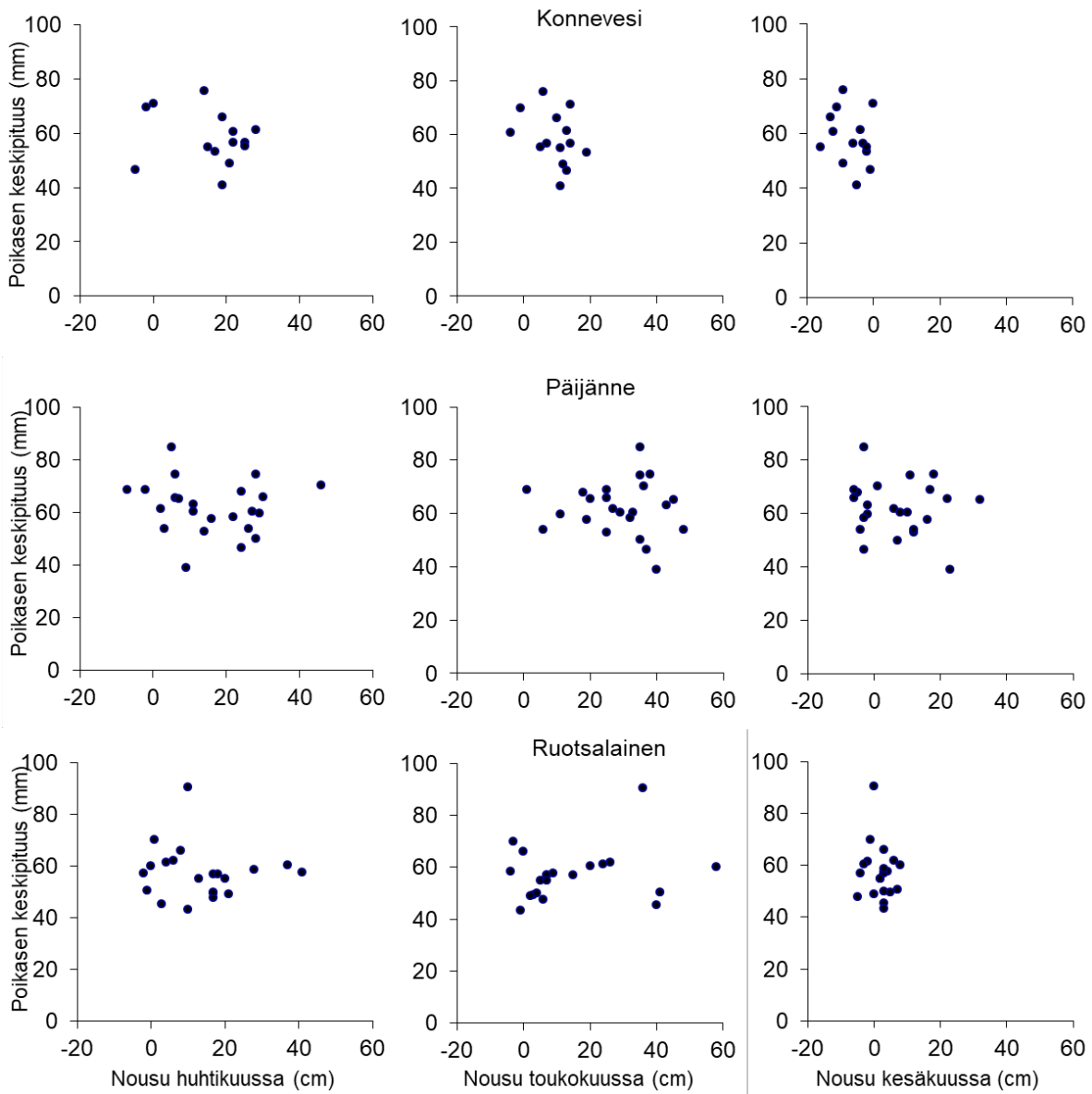
Poikasten keskipituus ei korreloinut huhti-kesäkuun välisen jakson vedenpinnan korkeuden kanssa millään järvellä ($0,118 \leq |r| \leq 0,417$, $0,138 \leq p \leq 0,593$, $14 \leq n \leq 23$) eikä myöskään Päijänteen lahdilla ($0,009 \leq |r| \leq 0,33$, $0,143 \leq p \leq 0,971$, $17 \leq n \leq 21$).



KUVA 6. Hauen 0-vuotiaan poikasen tiheyden vuosien välisen vaihtelun yhteys järven vedenpinnan nousuun Konnevedellä (ylin rivi), Päijänteellä (keskimmäinen rivi) ja Ruotsalaisella (alin rivi) huhti-, touko- ja kesäkuun ensimmäisestä päivästä saman kuukauden viimeiseen päivään.



KUVA 7. Hauen 0-vuotiaan poikasen keskipituuden vuosien välisen vaihtelun yhteys järven vedenpinnan korkeuteen Konnevedellä (ylin rivi), Päijänteellä (keskimmäinen rivi) ja Ruotsalaisella (alin rivi) huhti-, touko- ja kesäkuun keskiarvoina.



KUVA 8. Hauen 0-vuotiaan poikasen keskipituuden vuosien välisen vaihtelun yhteys järven vedenpinnan nousuun Konnevedellä (ylin rivi), Päijänteellä (keskimmäinen rivi) ja Ruotsalaisella (alin rivi) huhti-, touko- ja kesäkuun ensimmäisestä päivästä saman kuukauden viimeiseen päivään.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Sähkökoekalastus yhden poistopyynnin menetelmällä vaikuttaa sopivalta menetelmältä hauen poikastiheyden määrittämiseen matalilta järvenrannoilta. Havaittuja haavimatta jääneitä poikasia oli tässä selvityksessä koko aineisto yhdistettynä vain 7 %. Havaitsemattomia haavia vältelleitä poikasia oli todennäköisesti paljon tätäkin pienempi osuus, sillä kalastajat havaitsivat vedessä ennen haavimista lähes kaikki saaliksi saamansa 0-vuotiaat hauet. Pyydystettävyyttä ei tässä tai aikaisemmissa tutkimuksissa ole kuitenkaan arvioitu. Kymijoen vesistön järviolueen virtavesillä hauen keskimääräinen pyydystettävyyys sähkökalastuksessa on ollut 0,73 arvioituna kolmen poistopyynnin menetelmällä ilman aitaverkkoja (Jukka Syrjänen, Jyväskylän yliopisto, julkaisematon). Aineisto käsittää tosin vain 38 haukea, ja kalojen pituus on ollut 7–50 cm, mutta pääosin 10–20 cm. Virtavesiaineistossa eri kalalajien pyydystettävyyys on ollut suurin juuri hauella. Sähkökalastus voinee siten pyytää yhdelläkin pyyntikerralla ainakin yli puolet, mutta ehkä jopa 90 % koealan haukipopulaatiosta järven kasvillisuusrannalla.

Pyydystettävyyteen vaikuttavat ainakin veden syvyys, veden väri, kasvillisuuden runsaus, säätila, kalastuslaite, kalastajien kalastustyyli ja kalojen laji ja pituus. Tässä tutkimuksessa koealojen sijainti on vakioitu, joskin lahden mittakaavalla alueen sijainti vaihtelee hieman järven pinnankorkeuden mukaan. Kasvillisuuden runsaus on ollut vuosien välillä kuitenkin varsin samantasoista (Markus Tapaninen, Kaakkois-Suomen ELY-keskus, julkaisematon). Kalastuslaite on ollut sama. Koekalastajat ovat olleet myös pääosin samat. Säätilan ja tuntemattomien tekijöiden takia pyydystettävyyys vaihtelee kuitenkin todennäköisesti jonkin verran vuosien välillä. Tämä aiheuttanee epätarkkuutta tiheyden vuosihavaintoihin. Pyydystettävyydessä ei kuitenkaan liene suuria eroja eri alueiden välillä, sillä kaikki tutkimusalueet ovat matalia kasvillisuusrantoja ja koekalastukset on tehty kahden viikon aikana kaikilla alueilla joka vuosi. 0-vuotiaan hauen keskipituudessa oli niin pieni ero alueiden välillä, että se tuskin vaikutti juurikaan pyydystettävyyteen alueiden välillä. Sen sijaan keskipituuden vaihtelu vuosien välillä oli suurempaa ja saattoi vaikuttaa pyydystettävyyteen ja siten tiheysarvioihin. Keskipituus vaihteli kuitenkin samarytmisesti eri alueiden välillä, joten pituusvaihtelun ei pitäisi vaikuttaa voimakkaasti tiheyden alueiden väliseen vertailuun.

Tutkimusasetelma keskittyy alueellisesti Päijänteeseen. Ruotsalaiselta ja Konnevedeltä on mukana vain yksi tutkimusalue. Jos näiltä kahdelta järvillä olisi mukana vaikkapa kaksi tutkimusaluetta poikasseurannassa, tulokset olisivat yleistettävämpiä ja

tehokkaammin analysoitavissa tilastollisesti. Tämä vaatisi tosin lisäresursseja seurantaan. Toisaalta oleellista olisi tietää myös hauen poikastiheyden taso säännöstelemättömissä järvisä, joissa on hyvä vedenlaatu ja happipitoisuus talvisin sekä vähäinen kalastuspaine, mutta tällaista aineistoa ei liene saatavilla. Konnevedellä kalastuskuolevuus saattaa olla nyt suomalaisiksi järveksi pienehkö, mutta kalastuskuolevuudesta tai edes kokonaispyyntiponnistuksesta ei ole numeerista tietoa 2010–2020 luvuilta. Hauki on ainakin menneinä vuosikymmeninä ollut Suomessa järvillä vapaa-ajankalastajien tavoitelluimpia saaliskaloja, ja kalastus pitää todennäköisesti edelleen lajin kutukannan ja poikastiheyden pienempänä kalastamattomaan haukikantaan verrattuna. Hauki on kannibaali ja kannibalismista johtuva kuolevuus todennäköisesti poikastiheydestä riippuvaa. Pienellä kutukannalla ja poikasten lähtötiheydellä säännöstelyn vaikutus poikastiheyteen saattaisi näkyä selvemmin, jos poikasia olisi niin vähän, että kannibalismi ei merkittävästi säätelisi poikastiheyttä kesä-heinäkuussa. Suurella kutukannalla kannibalismi saattaisi säädellä poikastiheyden tehokkaammin tiheyksiä tasaavasti. Silloin säännöstelyn vaikutus poikastiheyteen ei ehkä juuri näkyisi.

Hauen poikastiheys oli tässä työssä kesä-heinäkuun vaihteessa keskimäärin tasolla 1 yksilö/100 m². Tutkimusalueet saattavat olla poikastiheydeltään keskimääräisiä hauen kutulahtia seurantajärvillä. Poikastiheyden taso voi olla lähellä keskimääräistä suhteessa muihin suomalaisiin järviin. Kymijoen Pyhäjärvellä hauen poikastiheys oli vuosina 1992–2011 keskimäärin tasolla 1,5 yksilöä/100 m², mutta Pyhäjärvin on säännöstelty allas (Tapaninen 2012). Vuodesta 2003 alkaneella säännöstelykäytännöllä leikattiin kevättulva pois järvestä lähes kokonaan, ja tämän jälkeen Pyhäjärven poikastiheys on ollut keskimäärin 0,8 yksilöä/100 m².

Poikastiheyden suurimmat vuosikohtaiset havainnot eri järvillä ovat kuitenkin paljon korkeampia. Päijänteellä tiheys oli 3,6 yksilöä/100 m² vuonna 2003. Ruotsalaisella tiheys oli 3,2 yksilöä/100 m² vuonna 2003. Pyhäjärvellä korkein tiheys oli 6,8 yksilöä/100 m² vuonna 1992 (Tapaninen 2012). Vanajavedellä tiheys oli 8,5 yksilöä/100 m² kesäkuussa 1997 (Koivuhuhta 1997).

Kutulahden veden lämpötilan ja poikastiheyden välillä ei ollut yhteyttä. Olisiko poikasten kuolevuus suurempi lämpimässä vedessä vai siirtyisikö poikasista suurempi osuus pois kasvillisuusrannoilta ja sähkökalastusaloilta avoimeen veteen? Poikaset vaikuttivat kuitenkin kasvavan nopeammin lämpimässä rantavedessä, joskaan lämpötilan vaihtelun merkitystä tarkastelujakson aikana ei selvitetty. Ehkä kuolevuus on lämpimässä vedessä suurempi kannibalismista takia.

Pinnankorkeudella kutuaikana ja touko-kesäkuussa sekä pinnan nousulla ei ollut selvää yhteyttä poikastiheyteen. Poikasten keskipituus ei ollut yhteydessä pinnankorkeuteen. Säännöstelystä johtuvan kevättulvan puuttumisen tai pienentymisen on oletettu heikentävän hauen lisääntymistulosta ja siten pienentävän poikastiheyttä (Korhonen 1999, Tapaninen 2011, Tapaninen 2012), mutta tämä tutkimus ei tue tätä oletusta. Toisaalta seurannan tulosten perusteella ei voi väittää, että säännöstelyllä ei olisi mitään vaikutuksia Päijänteen tai Ruotsalaisen haukikantaan.

Poikastiheys ja poikasten kasvu lienevät vuosittain kuitenkin riippuvaisia vesistön hydrologiasta ja/tai kevään ja kesän säätilasta, sillä niin tiheyden kuin keskipituudenkin vuosien välinen vaihtelu korreloi jossain määrin järvien välillä sekä Päijänteen lahtien välillä. Poikasten kasvu ei kuitenkaan ollut nopeampaa eteläisellä Ruotsalaisella kuin

pohjoisella Konnevedellä, vaikka veden lämpötila oli korkeampi Ruotsalaisella. Koekalastuksen aikaisempi ajankohta Ruotsalaisella voi selittää osin eron puuttumista. Poikasten keskipituus ei ollut yhteydessä poikastiheyteen, mikä viittaa siihen, että korkeimmatkaan havaitut tiheydet eivät aiheuta poikasille ainakaan voimakasta ravinto- tai reviirikilpailua. Maksimaalisen poikastiheyden tasoa on kuitenkin vaikea arvioida. Pienimmillään poikastiheys oli lähellä nollaa, suurimmillaan 3–6 yksilöä/100 m². Syitä poikastiheyden huomattavaan vuosien väliseen vaihteluun on vaikea löytää vielä. Tutkimusalueina olevat kasvillisuusrannat tuskin muuttuvat hauenpoikasen elinympäristönä niin paljon vuosien välillä, että fyysisen elinympäristön ajallinen vaihtelu selittäisi kymmenkertaisen tai suuremman eron seurantojen vuosittaisten minimi- ja maksimitiheyksien välillä.

Tämän tutkimuksen aineiston perusteella ei voida sanoa, oliko Päijänteen lahtien kasvillisuudella vaikutusta poikastiheyteen tai pituuteen. Rantakasvillisuutta seurataan Päijänteen lahtien osalta vain Rutalahdella. Vuodelta 2006 oleva havainto kertoo Rutalahden olleen täynnä järvikortetta, mutta seuraavina vuosina järvikorte on vähentynyt ja nykyään lähes hävinnyt kohteelta kokonaan (Kimmo Inki, Kaakkois-Suomen ELY-keskus, suullinen tiedonanto). Muilla lahdilla järvikortteen määrässä on havaittu vähenemistä, mutta näitä kohteita ei varsinaisesti seurata. Järvikortteen vähenemisen syiksi on arveltu muun muassa valuma-alueilla suoritettuja hakkuita ja näiden seurauksena muuttunutta vedenlaatua sekä veden tummumista, mutta varmuudella näitä ei voida osoittaa vähenemisen syiksi. Lisätutkimusta valuma-alueen vaikutuksista kalanpoikasten määrään ja tiheyteen tulisi tehdä.

Poikasten tiheys ja pituus kuitenkin vaihtelivat merkitsevästi havaintovuosien välillä, mikä myös viittaa siihen, että jotkin ympäristötekijät tai kutukannan runsaus vaikuttavat poikastuotantoon. Korhonen (1999) ja Sutela ym. (2004) havaitsivat, että keväinen vastakuoriutuneiden tai jatkokasvatettujen hauenpoikasten istutus nosti jonkin verran loppukesän poikastiheyttä. Tämä viittaa siihen, että poikastiheyttä säätelee mädin ja/tai vastakuoriutuneiden poikasten säilyvyys tai kutukannan koko ja siten mädin määrä. Kutukannan koon ja poikastiheyden yhteyttä voisi ehkä selvittää tarkemmin kutulahdissa rysäpyynnillä, jossa saalishauet vapautettaisiin mittauksen ja mahdollisen merkinnän jälkeen, tai havainnoimalla kutevia haukia kahlaamalla vakioalat läpi kutuaikana ja laskemalla ja silmämäärin mittaamalla kutukalat tai pyydystämällä kutuhaukia vakioaloilta sähkökalastusmenetelmällä. Vuosiluokkien suuruutta olisi myös mahdollista arvioida myöhemmin määrittämällä haukien ikä sellaisista saalisnäytteistä, joihin kalat eivät ole valikoituneet kokonsa perusteella. Tämä kertoisi kalastukseen rekrytoituvien vuosiluokkien suuruuden, mikä saattaa olla tai olla olematta yhteydessä samojen vuosiluokkien tiheyteen niiden ensimmäisenä kesänä. Kalastuksen kohteena olevien vuosiluokkien synkroniaa voisi sitten tarkastella myös eri järvien välillä. Nämä menetelmät ja havaintotyö vaatisivat kuitenkin erillistä hankerahoitusta. Nykyinenkin standardimenetelmällä tehtävä hauen poikastiheyden seuranta antaa kuitenkin hyvän tiheyden minimiestimaatin tai tiheysindeksin ja käsityksen vuosittaisesta vaihtelusta sekä vuosikymmenten kuluessa myös trendeistä. Seurantaa on syytä jatkaa resurssien puitteissa.

LÄHDELUETTELO

- Koivuhuhta J. 1997. *Hauen 0+ poikasten sähkökalastukset. Hämeen maaseutuelinkeinopiiri, kalatalouden vastuualue*. Moniste.
- Korhonen P. 1996. Säännöstelyn vaikutukset haukikantoihin ja vaikutusten arviointi. *Suomen ympäristökeskuksen monistesarja 29*: 1–47.
- Korhonen P. 1999. Päijänteen ja Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyjen kehittäminen. Osa 1: Päijänteen säännöstelyn vaikutukset haukikantaan. Osa 2: Konnivesi-Ruotsalaisen vaikutukset haukikantaan ja kalastukseen. *Suomen ympäristö 321*. 1–108.
- Korhonen P. 2006. *Päijänteen, Konnivesi-Ruotsalaisen ja Kymijoen Pyhäjärven hauenpoikasten sähkökoekalastukset*. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. Moniste.
- Marttunen M. & Järvinen E.A. 1999. Päijänteen säännöstelyn kehittäminen. Yhteenveto ja suositukset. *Suomen ympäristö 357*: 1–168.
- Sutela T., Korhonen P. & Nyberg K. 2004. Stocking success of newly hatched pike evaluated by radioactive strontium (85Sr) marking. *Journal of Fish Biology 64*: 653–664.
- Tapaninen M. 2010. *Hauenpoikasten sähkökoekalastukset ja ranta-alueiden lämpötilamittaukset Päijänteellä ja Ruotsalaisella vuosina 2006–2009*. Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Moniste.
- Tapaninen M. 2011. *Hauenpoikasten sähkökoekalastukset ja ranta-alueiden lämpötilamittaukset Päijänteellä ja Ruotsalaisella vuosina 2010–2012*. Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Moniste.
- Tapaninen M. 2012. *Kymijoen Pyhäjärven hauenpoikasseuranta vuosina 1992–2011. Sähkökoekalastusten tulokset*. Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Moniste.
- Uusitalo A., Kellomäki E. & Vääriskoski-Kaukanen S. 2008. Selvitys Päijänteen biosfäärialueen perustamisedellytyksistä. *Keski-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/ 2008*. 1–92.
- Vesi.fi. *Kymijoen vesialueen säännöstely*. 2023. www.vesi.fi/teemasivu/vesistöjen-saannostely/kymijoen-vesistöalueen-saannostely/
- Vähänäkki P. 2006a. *Päijänteen säännöstelyn kalataloudellinen tarkkailuohjelma vuosina 2007–2011*. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. Moniste.
- Vähänäkki P. 2006b. *Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyn kalataloudellinen tarkkailuohjelma vuosina 2007–2011*. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. Moniste.