

**This is an electronic reprint of the original article.
This reprint *may differ* from the original in pagination and typographic detail.**

Author(s): Syrjänen, Jukka

Title: Taimenen mädin säilyvyys haudontakokeessa Jyväskylän Tourujoen vesistöissä talvella 2015–2016

Year: 2016

Version:

Please cite the original version:

Syrjänen, J. (2016). Taimenen mädin säilyvyys haudontakokeessa Jyväskylän Tourujoen vesistöissä talvella 2015–2016. Konneveden kalatutkimus ry. Konneveden kalatutkimus ry:n työraportteja, 2/2016.
http://konnevedenkalatutkimus.fi/media/Madinhaudontakoe_Tourujoella_2015-2016.pdf

All material supplied via JYX is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

Konneveden kalatutkimus ry:n työraportteja 2/2016

Taimenen mädin säilyvyys haudontakokeessa Jyväskylän Tourujoen vesistöissä talvella 2015–2016

Tekijä: Jukka Syrjänen

Konneveden kalatutkimus ry, Jyväskylä
2016

Sisällys

1.	Tausta ja tavoitteet	3
2.	Tutkimusalue	3
3.	Tutkimusmenetelmät	7
4.	Tulokset	9
5.	Päätelmät	12
	Kiitokset	14
	Viitteet	14

1. Tausta ja tavoitteet

Jyväskylän kaupunki aikoo kunnostuttaa kantakaupungin läpi virtaavan Tourujoen uoman vuoden 2019 vaiheilla. Tällä hetkellä Jyväskylän Energia Oy:n vesivoimalaitos patoineen Kankaalla peittää joen pudotuskorkeuden, 16 metriä, lähes kokonaan. Kunnostuksessa voimalapato ja voimalauomien betoniseinät poistetaan ja näiden tilalle rakennetaan mahdollisimman luonnonmukainen koski. Paton yläpuoliselta osuudelta lasketaan samalla vedenpintaa, jolloin joen yläosaan Palokkajärven alapuolelle syntyy toinen pienempi koskialue. Kunnostuksen yhtenä tavoitteena on saada kotiutumaan koskiympäristöön virtavesieliöt, kuten Keski-Suomen maakuntakala järvitaimen. Kaupunki päätti selvittää Jyväskylän yliopiston kanssa joen vedenlaadun riittävyttä lohikaloille ja erityisesti taimenen mädille ja alkioille kunnostustyön pohjatiedoksi vuonna 2015.

Tutkimusmenetelmäksi valittiin haudontakoe taimenen mädillä syksystä kevääseen. Pitkäaikainen koe kertoo varsin luotettavasti veden laadun riittävyden taimenen luontaiseen lisääntymiseen. Koska lohikalat vaativat lisääntymiseensä suhteellisen puhdasta vettä, haudontakokeen tulos indikoi-nee myös muun vaateliaan virtavesieliöstön elinmahdollisuuksia Tourujoessa kunnostuksen jälkeen.

Tourujoen vesistön yläosan uomat on myös perattu ja niissä on patoja. On mahdollista, että esimerkiksi Autiojoella, Syväojalla ja Isojoella tehdään uomakunnostusta joskus tulevaisuudessa Tourujoen uomakunnostuksen jälkeen. Siten haudontakoe päätettiin tehdä Tourujoen lisäksi samaan aikaan myös Autiojoella Tikkakoskella sekä Syväojalla Haukkalassa. Nämä virtavedet toimitavat toisaalta myös vertailualueina Tourujoelle. Autiojokea tai Syväojaa ei kuormita mikään mainittava piste-kuormittaja, ja molemmat virtavedet saavat alkunsa järvistä. Vastaavia haudontakokeita on tehty useita Järvi-Suomessa ja Kainuussa 1990–2010 -luvulla, joten Tourujoen vesistön kokeen tuloksia on helppo verrata muihin valmistuneisiin tutkimuksiin.

Tutkimus toteutettiin Jyväskylän yliopiston ja Jyväskylän kaupungin yhteistutkimushankkeena. Haudontakokeen toteutti Jyväskylän yliopisto. Työ julkaistaan Konneveden kalatutkimus ry:n raport-tisarjassa, koska yliopistolla ei ole raporttjulkaisusarjaa.

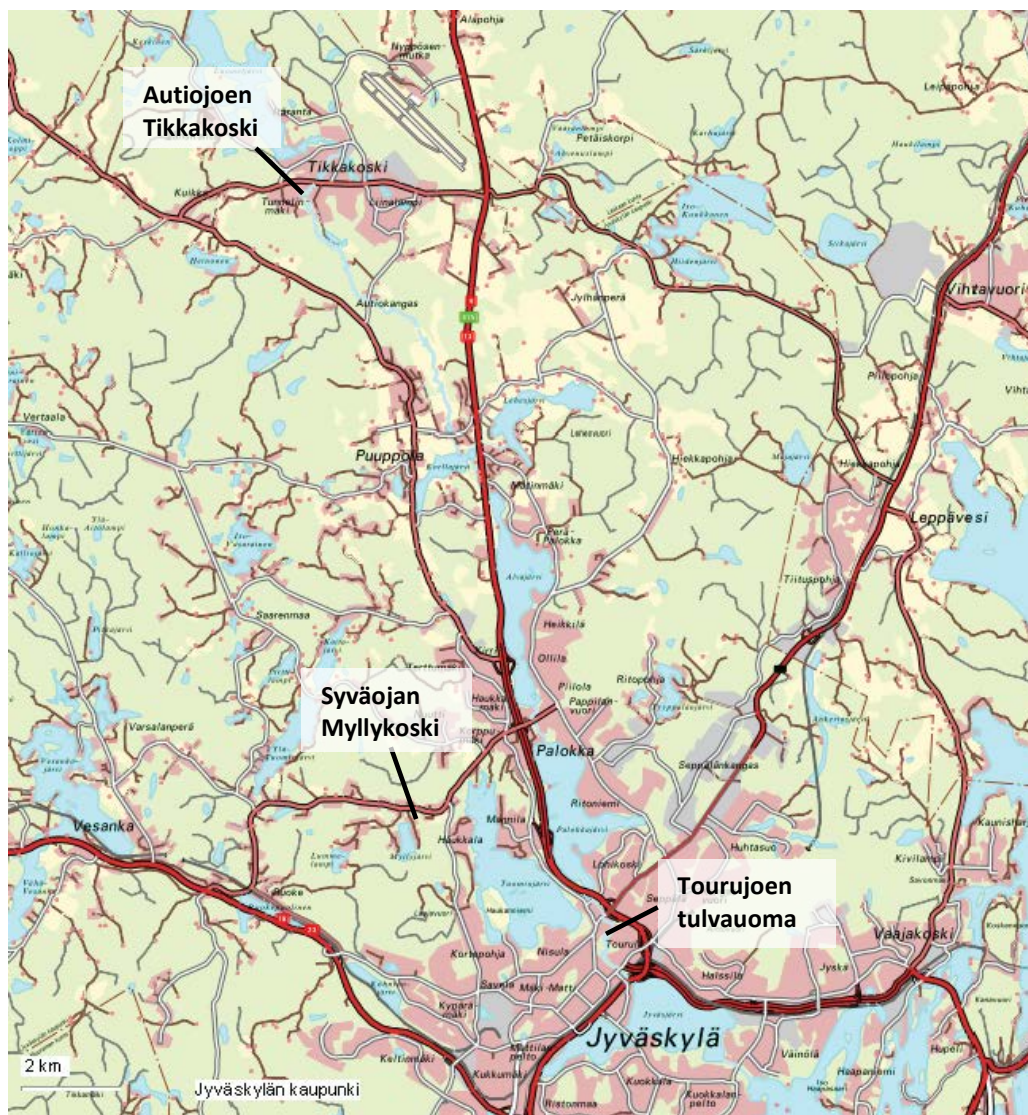
2. Tutkimusalue

Tourujoki virtaa Palokkajärvestä Jyväsjärveen ja Jyväsjärvi laskee vetensä Päijänteeseen. Tourujoen keskivirtaama on noin 2,5 kuutiometriä sekunnissa. Joen vedenlaatua heikensi yli vuosisadan ajan Kankaan paperitehdas, joka toimi vuosina 1872–2010. Tehtaan sulkemisen jälkeen jokeen ei ole koh-distunut mitään suurta pistekuormitusta. Tourujoen vesivoimalaitos sen sijaan toimii edelleen ja aiheuttaa huomattavan vuorokausisäännöstelyn sekä Palokkajärven vedenpinnan korkeuteen että Tourujoen virtaamaan.

Vesivoimalan takia Tourujoessa ei juuri ole pysyvää luonnollisen tapaistakaan koskiympäristöä. Siten mädinhaudontakorien paikaksi valikoitui voimalan ohittava tulvauoma (Kuvat 1 ja 2), jossa virtaa vettä minimissään säännöstelyluvan mukaan 0,3 kuutiometriä sekunnissa, mutta keskimääräisellä kevättulvalla huipussaan noin 10 kuutiometriä sekunnissa. Muina aikoina kuin keväällä tulvauoman virtaama on useimmiten juuri 0,3 kuutiometriä sekunnissa. Tulvauomassa on hyvin lyhyt tekokoski-alue rakennetussa pohjapadossa voimalan alakanavan vieressä. Tekokosken pituus on noin kolme metriä voimalan käydessä ja nostaessa alapuolisen suvannon veden pintaa ja noin kuusi metriä voimalan ollessa pysähtyneenä. Kosken pudotuskorkeus on voimalan toiminnasta riippuen noin 50–100

senttimetriä. Tekokosken pohja koostuu suurikokoisista kadun reunakivistä ja kosken yläpuolisen lähes pudotuskorkeudettoman suvannon alaosan pohja hiekasta ja rakennussorasta. Kosken kohdalla uoma on noin 12 metriä leveä.

Autiojoki saa alkunsa Tikkakosken Luonetjärvestä. Autiojoki laskee Korttajärveen, joka laskee Alvajärveen, joka taas puolestaan laskee Palokkajärveen. Luonetjärven luusuassa on säännöstelypato. Lisäksi luusuasta kilometrin alavirtaan sijaitsevan lammen luusuassa heti Tikkakoskentien eteläpuolella on toinen säännöstelypato. Joen keskivirtaama Luonetjärven luusuassa on noin 1 kuutiometri sekunnissa. Tikkakoskentien viereisen säännöstelypadon alapuolella joessa on noin sadan metrin pituinen koskialue (Kuvat 1, 3a ja 3b), joka on tässä raportissa nimetty Tikkakoskeksi. Uoma on ainakin kosken kohdalla lievästi perattu. Uoman pohja koostuu pääosin suurimmalta halkaisijaltaan 128–512 millimetrin kivistä, mutta pohjassa on myös paikoin vähän soraa ja hieman hiekkaakin sekä siellä täällä 512–2048 järkäleitä. Kosken kohdalla uoma on 5–15 metriä leveä. Autiojoessa elää pieni luontainen vaeltamaton taimenkanta (Ranta ja Havumäki 2013).

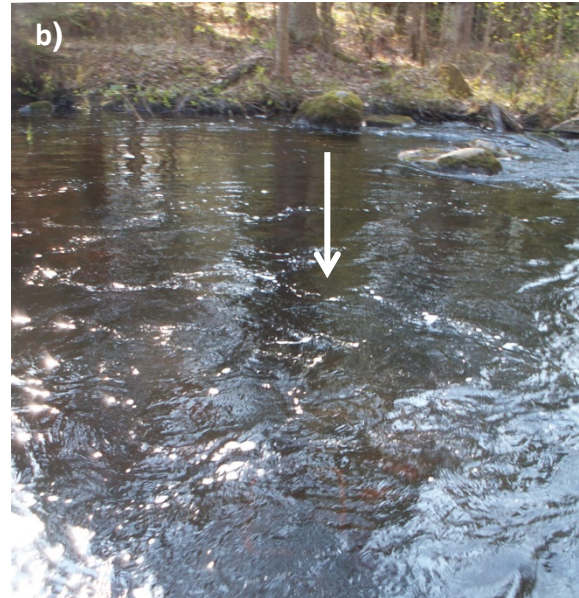


Kuva 1. Tourujoen, Autiojoen ja Syväjoen mädinhaudontakokeen tutkimusalueet. Karttapohja on peräisin Jyväskylän kaupungin karttapalvelusta.

Syväojan purovesistön pääuoma saa alkunsa Ylä-Tuomiojärvestä. Vesireitti kulkee Majajärven ja Myllyjärven läpi. Purolla on eri nimiä eri osuuksilla. Myllyjärven alapuolella Rippalanmäen ja Haukkalan alueella puron nimi on kuitenkin Syväoja. Myllyjärven alapuolella sadan metrin päässä luusuasta on sadan metrin pituinen jyrkkä koskialue, Myllykoski (Kuvat 1, 3c ja 3d). Kosken uoma on perattu koko matkalta, mutta voimakkaimmin yläosastaan. Myllykosken uoman pohja koostuu pääosin 128–512 millimetrin kivistä, mutta joukossa on myös 512–1024 millimetrin järkäleitä ja rannalla myös 1024–2048 millimetrin järkäleitä. Myllykosken uoma on 2–6 metriä leveä. Myllykoskessa on havaittu 0-vuotias taimenen poikanen sähkökoekalastuksessa vuonna 1997 (Jukka Syrjänen, julkaisematon).



Kuva 2. a) Tourujoen tulvauoma ja pohjapato itärannalta kuvattuna 27.10.2015, jolloin virtaama oli uomassa matala ja puunlehtiä oli kerrostunut mätikorien etupuolelle. Keskiuoman korin kohta on merkitty nuolella. Virran suunta oikealta vasemmalle. Vesivoimala oli käynnissä, joten alasuvannon pinta vasemmalla oli korkealla. Kuva Lauri Rintamäki. b) Tourujoen tulvauoma länsirannalta kuvattuna 15.4.2016, jolloin uomassa kulki ohijuoksuvesiä ja voimala oli käynnissä. Korien kohdat on merkitty nuolilla. Pyöreä rakennus vasemmassa yläkulmassa on Tourujoen vesivoimala.



Kuva 3. Autiojoen Tikkakosken a) alimman korin kohta 24.2.2016 ja b) ylimmän korin kohta 9.5.2016. Syväojan Myllykosken keskimmäisen ja alimman korin kohdat c) 16.12.2015 ja d) 24.2.2016 sillalta alavirtaan kuvattuna. Korien kohdat on merkitty nuolilla.

Kaikkien tutkimusvesistöjen veden happipitoisuus on ollut lohikaloille riittävä 2010-luvulla. Fosforipitoisuuden puolesta kohteiden vesi on ollut keskiravinteisen ja runsasravinteisen rajalla (Vanajavesikeskus 2013) tai ympäristöhallinnon luokittelussa luokassa hyvä (Aroviita ym. 2012). Happamuus on ollut hieman happaman puolella. Vesikemiatietoa on 2010-luvulta kuitenkin niin vähän, että pH:n minimipiikit eivät havainnoissa näy. Väriarvon perusteella Tourujoen ja Syväojan vesi on ollut humuspitoista ja Autiojoen vesi hyvin humuspitoista (Vanajavesikeskus 2013) (Taulukko 1).

Taulukko 1. Jyväskylän Palokkajärven, Tourujoen, Luonetjärven, Autiojoen ja Syväojan veden happipitoisuuden, kokonaisfosforin, happamuuden ja väriluvun keskiarvot vuosina 2000–2010 ja 2010–2015 tai 1990-luvulla, jos 2000-luvulta on vain hyvin vähän mittaustuloksia. n=havaintojen lukumäärä. Järvinäytteet on otettu päällysvedestä 0–1 metrin syvyydeltä. Aineisto ympäristöhallinnon Hertta-palvelusta.

	n	O ₂ (mg/l)	P (mg/l)	pH	Väri (mg/l Pt)
Palokkajärvi 2000–2010	14–29	8,9	30	6,9	91
Palokkajärvi 2011–2015	7	9,8	29	6,9	94
Tourujoki 2000–2010	101–139	8,6	33	6,9	80
Luonetjärvi 2000–2010	4–11	8,3	19	6,6	85
Luonetjärvi 2011–2015	3	11,0	19	6,5	150
Autiojoki 1999–2010	2–8	11,6	35	6,6	130
Syväoja 1990–2005	7	13,1	23	6,8	76

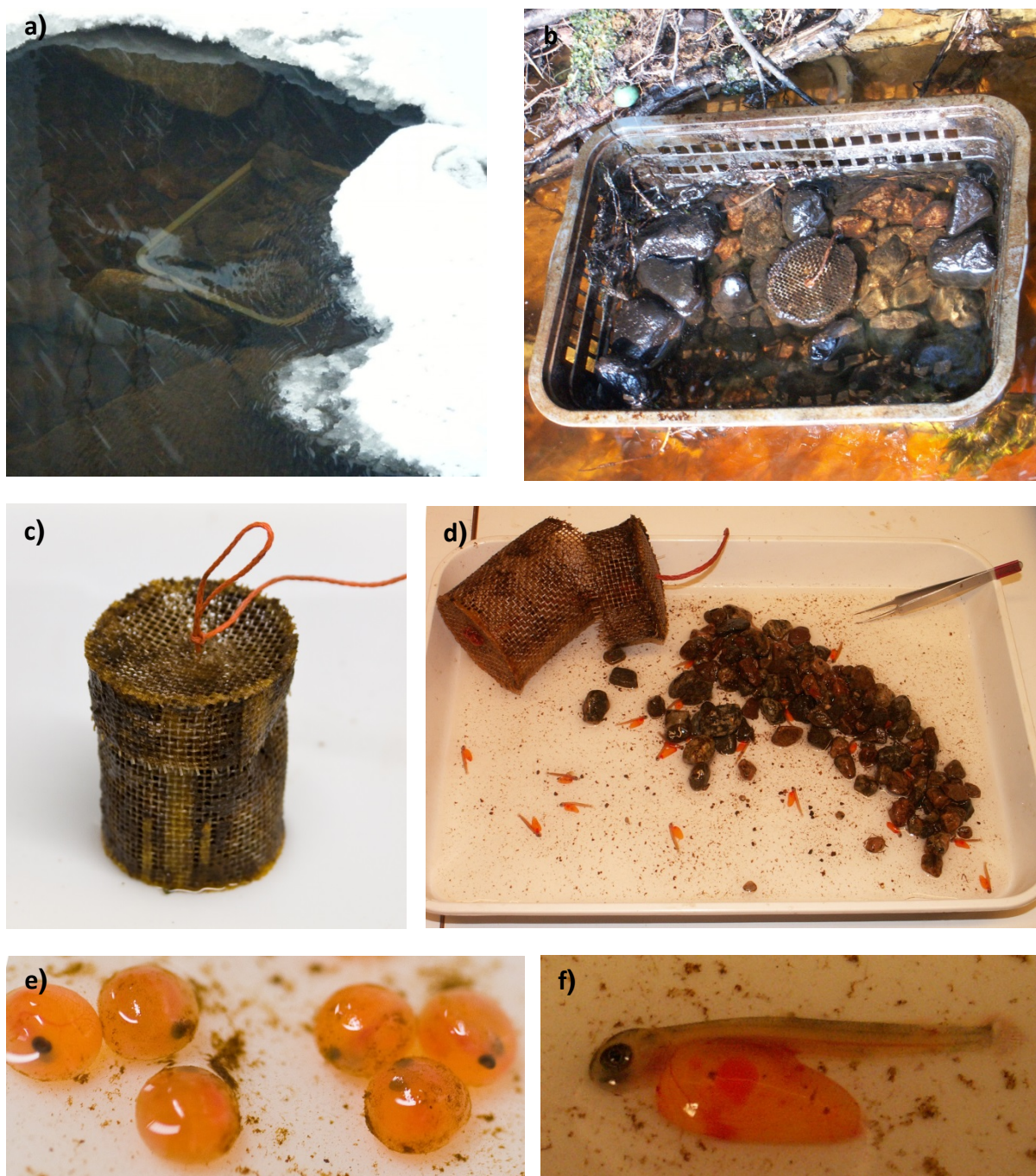
3. Tutkimusmenetelmät

Haudontakoe tehtiin Luonnonvarakeskuksen Rautalammin reitin järvitaimenen viljelykannan mädillä, joka lypsettiin ja hedelmöitettiin Luonnonvarakeskuksen Laukaan kalanviljelylaitoksessa 22.10.2015. Mäti vietiin samana päivänä tutkimusjokiin. Haudontalaitteina käytettiin muoviverkosta rakennettuja sylintereitä, joiden tilavuus oli noin 2 dl, halkaisija 63 mm, korkeus 87 mm, ja verkon silmän avoimen sivun pituus eli solmuväli 2 mm. Sylinterin pohjalle asetettiin soraa 40 mm:n paksuudelta, sen jälkeen 50 mätimunaa, ja näiden päälle taas soraa 20 mm:n paksuudelta (Kuva 4). Sylinterin kansi kiinnitettiin pohjaosaan muovinarulla. Kolme sylinteriä asetettiin muovikorin pohjalle vierekkäin veden virtaussuuntaa vastaan ja näiden väliin ja päälle aseteltiin soraa. Korina käytettiin aukollista vaatekoria, jonka pituus oli 310 mm, leveys 220 mm ja korkeus 140 mm. Pisin sivu asetettiin virtaussuuntaa vastaan. Jokaisessa joessa käytettiin kolmea koria ja siten yhdeksää sylinteriä ja 450 mätimunaa. Korit asetettiin uomien pohjaan 2-30 metrin päähän toisistaan.

Sylinterissä käytettiin huuhdeltua soraa, jossa oli kokeen perustusvaiheessa keskimäärin 68 % suurimmalta halkaisijaltaan 16–32 mm:n ja 30 % 8–16 mm:n raetta. Korisorana käytettiin huuhdellun soran ja joen pohjasta otetun soran seosta, jossa oli 23 % 64–128 mm:n, 47 % 32–64 mm:n, 25 % 16–32 mm:n ja 5 % 8–16 mm:n raetta. Joen pohjasta siirrettiin hieman kiviä pois korin kokoiselta alueelta ja kori asetettiin tähän noin 50 mm:n syvyyseen pieneen kuoppaan. Korin ympärille kasattiin pohjasta 64–128 mm:n ja 128–256 mm:n kiviä (Kuva 4 a). Mädin päällä oli soraa yhteensä 40–60 mm:n paksuudelta.

Mätikorin ympäröivine tukikivineen ja -sorarakeineen pitäisi muistuttaa taimenen oikean kutupesän rakennetta, jossa mäti sijaitsee pesän harjanteessa 20–200 mm paksuisen sorakerroksen alla. Harjanteen rakeiden yleisimmät kokoluokat ovat 32–64, 16–32 ja 64–128 mm, mutta harjanteissa esiintyy myös suurempia kiviä ja hiekkaa (Syrjänen ym. 2013, Syrjänen ym. 2014).

Jokiveden lämpötila mitattiin automaattilämpömittareilla, joita sijoitettiin kaksi kappaletta Tourujoen mätikoreihin, yksi Autiojoen koriin ja yksi Syväojan koriin. Mittarit olivat merkkiä Hobo ja ne mittasivat korin läpi kulkevan veden lämpötilaa kuuden tunnin välein eli neljä kertaa vuorokaudessa.



Kuva 4. a) Taimenen mädin haudontakori Tourujoen tulvauomassa osin pintajään alla 12.1.2016. b) Kori siirrettynä rantaan ja sora poistettuna keskimmäisen sylinterin päältä Autiojoen Tikkakoskella 9.5.2016. c) Sylinteri tarjottimella juuri ennen avaamista, kuva Jouni Kivinen. d) Haudontasyylinteri poikasineen ja sorineen avattuna tarjottimella. e) Mätimunia, joista alkioit silmineen näkyvät jo läpi 26.2.2016, kuva Jouni Kivinen. f) 20 mm:n pituinen ruskuaispussi-poikanen Tourujoesta laboratoriossa Jyväskylän yliopistolla 16.4.2016.

Mätikorien tilanne tarkastettiin 27.10.2015 ja 16.12.2015. Tourujoella keskiuomaan alimmaksi asemoitu kori oli jäänyt lähes seisovaan veteen 27.10.2015 vesivoimalan käydessä ja alasuvannon pinnan noustua. Kori siirrettiin Tekokosken yläpuolelle uoman vasempaan laitaan, ja se sai koodin "vasen ylempi kori". Tourujoen korien yläreunasta poistettiin samalla niihin kerrostuneita puiden

lehtiä (Kuva 2 a). Veden syvyys ja vesivirran nopeus mitattiin kahdesta pisteestä 20 cm korin etureunan etupuolelta, neljästä pisteestä korin päältä sekä kahdesta pisteestä korin alareunan alapuolelta 27.10.2015, 24.–26.2.2016 ja 11.–18.4. 2016. Veden syvyys mitattiin lisäksi 16.12.2015. Virrannopeus mitattiin 60 %:n syvyydeltä ja 2 cm pohjan yläpuolelta Höntzsch-merkkisellä potkurimittarilla.

Sylinterit nostettiin kolmena ajankohtana, niin että jokaisena ajankohtana nostettiin tietystä joesta yksi sylinteri (Kuva 4 b) jokaisesta korista eri kohdasta, eli vasemmanpuoleinen, keskimäinen tai oikeanpuoleinen sylinteri. Nostojankohdat olivat 24.–26.2.2016, 11.–16.4. 2016 ja 27.4.–9.5.2016. Viimeisellä nostokierroksella sylinterit nostettiin Tourujoesta huhtikuussa ja Autiojoesta ja Syväojasta toukokuussa, koska keväällä Tourujoen veden lämpötilan ennakoitiin olevan korkein ja poikasten kasvavan ja kehittyvän siellä nopeimmin. Siten poikaset olisivat suunnilleen samassa kasvu- ja kehitysvaiheessa viimeisenä nostojankohdalla. Elävien ja kuolleiden mätimunien tai alkioiden ja kuoriutuneiden poikasten lukumäärä laskettiin tarjottimella laboratorioissa Jyväskylän yliopistossa bio- ja ympäristötieteiden laitoksella (Kuva 4 e ja f). Jokaisesta sylinteristä mitattiin satunnaisesti valittujen viiden alkion tai kuoriutuneen poikasen vartalon pituus 1 mm:n tarkkuudella mikroskoopin mittaokulaarilla tai millimetripaperilla.

Neljästä satunnaisesta nostetusta sylinteristä eroteltiin, kuivattiin ja punnittiin raekokoluokat. Samoin tehtiin kahdelle selvästi tavallista enemmän hiekkaa sisältäneelle sylinterille. Myös eri joissa olleista kolmesta korista eroteltiin ja punnittiin raekokoluokat. Organisen aineksen määrää sylinterissä tarkasteltiin silmämäärin laboratorioissa.

4. Tulokset

Virtaama oli uomissa silmämäärin pienin lokakuussa ja selvästi suurin huhti–toukokuussa. Tourujoen tulvauomassa kulki useita kuutiometrejä vettä sekunnissa huhti–toukokuussa voimalan ohijuoksutuksena. Korit pysyivät kuitenkin paikoillaan Tourujoessa. Syväojalla sen sijaan kevättulva kaatoi ja vei mukanaan ylimmän korin ennen toista nostokertaa ja keskimäisen korin ennen kolmatta nostokertaa. Molemmilla nostokierroilla pohjasta 1–2 m korin kohdalta alavirtaan löytyi kuitenkin yksi sylinteri, joista toisesta pääsi mätää tai poikasia karkuun nostossa. Näitä kahta sylinteriä ei otettu mukaan tarkasteluun hengissä olevien alkioiden tai poikasten lukumäärästä. Pituusmittauksiin otettiin poikasia näistäkin. Viimeisellä nostokerralla Syväojasta nostettiin siten vain yksi sylinteri korista.

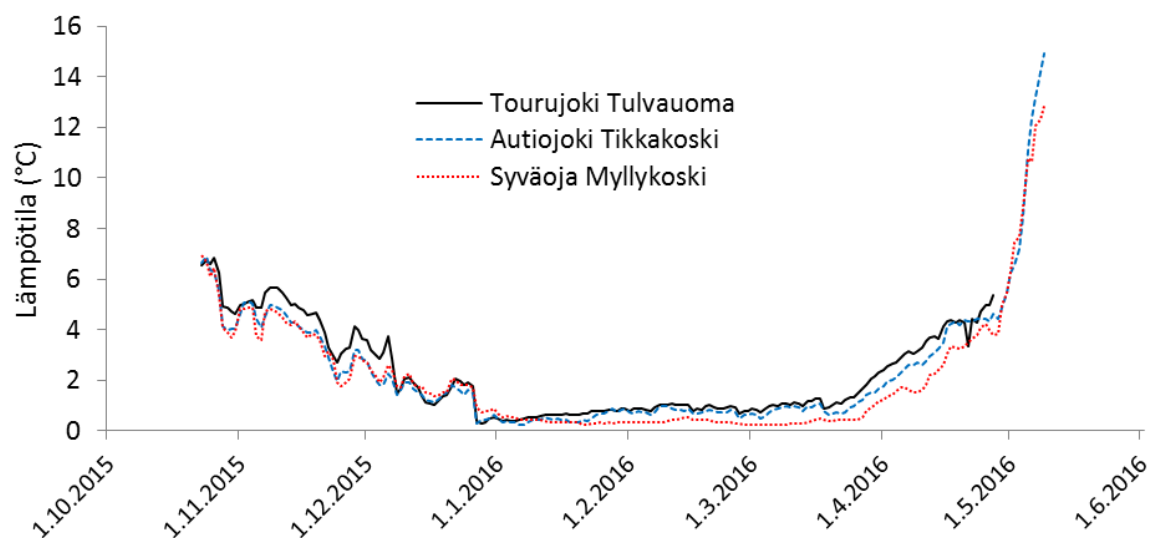
Veden syvyyden keskiarvo ja vaihteluväli olivat mätikorien edessä lokakuussa 28 ja 17–39 cm, joulukuussa 43 ja 27–57 cm, helmikuussa 33 ja 20–43 cm ja huhtikuussa 50 ja 38–60 cm. Mätikorien päällä olevan sorakerroksen päällä veden syvyys oli samoina ajankohtina 16 ja 6–30 cm, 29 ja 13–44 cm, 21 ja 9–32 cm sekä 39 ja 23–65 cm (Taulukko 2). Veden syvyys oli pienin Tourujoen koreilla, mutta nekin olivat täysin vesitettyinä jokaisella tarkastus- tai nostokerralla. Virrannopeuden keskiarvo ja vaihteluväli korin etupuolella pohjassa olivat lokakuussa 7 ja 1–18 cm/s, helmikuussa 19 ja 6–35 cm/s ja huhtikuussa 56 ja 34–136 cm/s. Vastaavat arvot 60 %:n syvyydeltä olivat 19 ja 2–54 cm/s, 56 ja 15–108 cm/s sekä 115 ja 17–263 cm/s (Taulukko 2).

Veden lämpötila oli haudontakokeen alkaessa noin 7 Celsius-astetta ja laski 1 asteeseen vasta joululuun lopulla. Lämpötila pysyi 0,2 ja 1 asteen välillä läpi tammi- ja helmikuun. Lämpötilan kevätnousu alkoi maaliskuun toisella puoliskolla. Lämpötila oli keskimäärin korkein Tourujoessa ja matalin Syväojassa (Kuva 5). Päiväastekertymä koko kokeen ajalle oli tutkimusjoissa 422–478. Maaliskuun

puoliväliin mennessä päiväasteita oli kertynyt 240–304. Päiväasteita kertyi nopeimmin Tourujoessa ja hitaimmin Syväojassa (Taulukko 3).

Taulukko 2. Veden syvyyden ja vesivirran nopeuden keskiarvot taimenen mädin haudontakorien kohdalla Jyväskylän Tourujoella, Autiojoella ja Syväojalla lokakuussa 2015 sekä helmikuussa ja huhtikuussa 2016. Virrannopeus on mitattu korin edestä 20 cm korin etureunasta ylävirtaan, mikä vastaa oikeissa kutupesissä kuopan ja harjanteen rajaa.

Joki ja kori	Syvyys korin edessä (cm)			Syvyys korin päällä (cm)			Nopeus pohjalla (cm/s)			Nopeus 60 %:n syvyydellä (cm/s)		
	Loka	Hel	Huh	Loka	Hel	Huh	Loka	Hel	Huh	Loka	Hel	Huh
Tourujoki												
Vasen ylempi	21	26	55	8	10	41	3	12	36	2	15	65
Vasen alempi	20	21	54	8	11	41	1	10	34	10	29	80
Keskiuoma	17	20	53	6	9	41	6	35	53	7	50	99
Autiojoki												
Ylin	34	42	44	19	22	26	2	19		16	26	
Keskimmäinen	33	38	38	15	21	23	9	29		19	67	
Alin	32	39	42	22	29	33	18	33		54	107	
Syväoja												
Ylin	30	39	60	20	30	65	18	20	41	43	108	169
Keskimmäinen	39	43	52	30	32	44	2	12	136	13	78	263
Alin	30	27	50	17	22	41	5	6	36	6	25	17



Kuva 5. Veden lämpötila haudontakokeen aikana. Musta yhtenäinen viiva kuvaa Tourujokea, sininen katkoviiva Autiojokea ja punainen pisteviiva Syväojaa.

Hiekkaa eli 0–2 mm:n raetta ja hienoa soraa eli 2–8 mm:n raetta oli molempia keskimäärin 1 % sylinterien sisältämän rakeiden kuivamassasta sylinterien nostovaiheessa. Kahdessa toukokuussa Autiojoesta nostetuissa tavallista hiekkaisemmalta vaikuttaneessa sylinterissä hiekkaa oli 7 % ja 5 %. Korien sisällöstä 0–2 mm:n raetta oli keskimäärin 2 % ja maksimissaan 5 %, ja 2–8 mm:n raetta keskimäärin 4 % ja maksimissaan 11 %. Hiekka ja hieno sora olivat koreissa pohjalla 20–40 mm:n paksuudessa kerroksessa karkean soran rakeiden väleissä. Hiekka ja hieno sora olivat kulkeutuneet sylinterihin ja koreihin vesivirran mukana pohjaa pitkin. Orgaanista ainesta vaikutti olevan kaikissa sylinterissä kohtalainen määrä (Kuva 4 d, e ja f).

Alkioita ja poikasia säilyi elossa eniten Tourujoella. Säilyvyyden keskiarvo ja vaihteluväli kolmen sylinterin välillä oli Tourujoella kolmena nostoajankohtana 71 ja 31–96 %, 70 ja 56–94 % sekä 68 ja 52–92 %. Autiojoella vastaavat tunnusluvut olivat 82 ja 70–94 %, 68 ja 36–86 % sekä 47 ja 20–74 % ja Syväojalla 81 ja 70–88 %, 39 ja 36–42 % (n=2) sekä 58 % (n=1) (Taulukko 4). Elossa olevien osuus oli kahdessa hiekkaisimmassa sylinterissä Autiojoella toukokuussa 20 ja 74 % (7 ja 5 % hiekkaa).

Poikaset kuoriutuivat pääosin huhtikuussa, mutta ensimmäiset Tourujoella mahdollisesti jo maaliskuussa. Alkiot ja poikaset kasvoivat nopeimmin Tourujoella ja hitaimmin Syväojalla, mutta ne olivat helmikuussa vielä lähes samanpituisia kaikissa kolmessa joessa (Taulukko 4).

Taulukko 3. Veden lämpötilan päiväasteiden summa Jyväskylän Tourujoella, Autiojoella ja Syväojalla lokakuusta 2015 maaliskuun puoliväliin ja huhti–toukokuuhun 2016.

	23.10.2015 –15.3.2016	16.3.2016 –27.4.2016	16.3.2016 –9.5.2016	23.10.2015 –27.4.2016	23.10.2015 –9.5.2016
Tourujoki	304	124		429	
Autiojoki	261	108	217	369	478
Syväoja	240	79	182	319	422

Taulukko 4. Elossa olleiden taimenen mätimunien, alkioiden ja poikasten osuus (% alkuperäisestä 50 mätimunasta), kuoriutuneiden osuus (%), sekä elävät että kuolleet) sekä alkioiden ja poikasten keskipituus (mm) Jyväskylän Tourujoella, Autiojoella ja Syväojalla syksystä 2015 kevääseen 2016.

Joki ja kori	Säilyvyys			Kuoriutuneet			Pituus		
	24.2. –26.2.	11.4. –16.4.	27.4. –9.5.	24.2. –26.2.	11.4. –16.4.	27.4. –9.5.	24.2. –26.2.	11.4. –16.4.	27.4. –9.5.
Tourujoki									
Vasen ylempi	66	94	60	0	100	100	13	20	22
Vasen alempi	31	60	52	0	100	100	13	20	21
Keskiuoma	96	56	92	0	100	100	13	20	22
Autiojoki									
Ylin	70	36	20	0	0	100	12	17	24
Keskimmäinen	94	86	74	0	21	100	12	18	25
Alin	82	82	46	0	27	100	12	17	25
Syväoja									
Ylin	84			0			13	17	
Keskimmäinen	70	42		0	0		12	15	23
Alin	88	36	58	0	0	100	13	15	23

5. Päätelmät

Mätikorien ja -sylinderien mikroympäristö vastasi korien sisältämän ja korien ympärille kasatun rakeiden koon ja veden syvyyden suhteen taimenen oikeiden kutupesien mikroympäristöä. Pohjan yleisin dominoiva raekoko oli kutupesien harjanteessa 32–64 mm ja raekoon vaihteluväli 8–256 mm (Syrjänen ym. 2014). Veden syvyyden mediaani ja vaihteluväli kutupesän kuopan ja harjanteen rajalla olivat 47 ja 13–117 cm ($n \approx 400$) yhdistetyssä aineistossa Päijänteeseen laskevissa Muuramenjoessa, Rutajoessa ja Arvajan reitillä loka-joulukuussa 2000–2012 (Syrjänen ym. 2014). Virrannopeuden suhteen mätikorien mikroympäristö vastasi joulukuusta eteenpäin taimenen kutupesien ympäristöä. Virrannopeuden mediaani ja vaihteluväli kutupesän kuopan ja harjanteen rajalla pohjalla olivat 23 ja 2–105 cm/s ($n \approx 270$) samoissa Päijänteen joissa (Syrjänen ym. 2014). Heti haudontakokeen perustamisen jälkeen lokakuussa virrannopeus koreilla oli kuitenkin pienehkö kutupesiin verrattuna, mutta veden syvyyden ja virtaaman noustua tutkimusjoissa joulukuussa tilanne todennäköisesti korjautui. Helmikuussa veden syvyyden ja virtaaman taas laskettua hieman virrannopeuden keskiarvo pysyi kuitenkin hyvin lähellä pesistä mitattua mediaaniarvoa.

Tourujoen vasemman rannan alemmassa korissa ja Autiojoen ylimmässä korissa säilyvyys oli näiden jokien pienin, ja samojen korien kohdalla virrannopeus oli molempien jokien pienin. On mahdollista, että virrannopeus oli näissä koreissa liian pieni syksyllä pienimmän virtaaman aikana. Tämä on saattanut aiheuttaa happivajetta ja kuolevuutta mädille.

Alle 1 mm raekoon hiekka ja orgaaninen aines voivat heikentää mädin ja poikasten säilyvyyttä, mutta vaikuttavan pitoisuuden raja-arvoja on vaikea arvioida (Ks. Louhi ym. 2010). Hiekkaa tai orgaanista ainesta ei kertynyt sylintereihin suuria määriä. Kahdessa sylinterissä oli toukokuussa hiekkaa 7 ja 5 % rakeiden kokonaismassasta, mutta elossa olevien poikasten osuus näissä oli täysin vastakkainen, eli toisessa sylinterissä pieni ja toisessa suuri. Myös korien pohjalle kertyi hieman hienoa soraa ja hiekkaa, mutta siellä aineksen ei pitäisi vaikuttaa merkittävästi mätimuniin, jotka sijaittivat sylinterien puolivälin korkeudella. Tourujoen yksi mätikori jäi ensimmäisten viiden vuorokauden aikana ajoittain seisovaan veteen, mutta tämä ei vaikuttanut havaittavasti mädin säilyvyyteen. Säilyvyytuloksia erityisesti keväältä voinee siten parhaiten tulkita vedenlaadun vaikutuksen kautta.

Säilyvyys koko tutkimuksessa oli vähintään kohtalainen. Tourujoessa elossa olevien osuus ei laskenut kevään aikana, mikä tarkoittaa, että havaittu kuolevuus tapahtui todennäköisesti syksyllä tai talvella. Syynä tähän kuolevuuteen voi olla tulvauoman pieni virtaama minimivirtaaman ajalla ja tästä johtuva pieni virrannopeus mätikorien kohdalla. Kevät on kuitenkin alkioiden ja poikasten kehityksen kriittisintä aikaa (Ks. Louhi ym. 2010). Vedenlaatu on virtavesissä myös yleensä heikoin keväällä. Tourujoessa kevätvesi ei kuitenkaan aiheuttanut kuolevuutta poikasille, mikä oli positiivinen yllätys. *Tourujoen vedenlaadun pitäisi tämän tutkimuksen perusteella riittää taimenen luontaiseen lisääntymiseen vähintäänkin hyvin ainakin pesävaiheen loppuun asti.* Mädinhaudontakoe ei kuitenkaan kerro vedenlaadun riittävydestä poikasten sorastanousun aikana ja sen jälkeen. Lienee kuitenkin epätoiminnäköistä, että Tourujoen vedenlaatu heikkenisi huomattavasti huhtikuun jälkeen kevätkesällä. Kevättulvakin tuskin tulee olemaan erityisen voimakas säännöstelyn päättymisen jälkeen yläpuolisten järvien tasaavan vaikutuksen takia.

Autiojoessa ja Syväojassa säilyvyys laski kevättä kohti, kuten haudontakokeissa yleensä tapahtuu (Ks. Korsu ym. 2003, Laine ym. 2001) (Taulukko 5). Autiojoessa elää silti luontainen taimenkanta (Ranta ja Havumäki 2013), joten Autiojoen vedenlaatu riittää kuitenkin taimenen luontaiseen lisää-

tymiseen niin hyvin, että kanta pysyy hengissä. Syväojassakin taimen saattaa pystyä lisääntymään ainakin joinakin vuosina, mikä olisi mahdollista selvittää sähkökoekalastusmenetelmällä.

Verrattuna muihin taimenen mädillä Suomessa tai Ruotsissa tehtyihin haudontakokeisiin tämän tutkimuksen säilyvyysarvot ovat keskimääräisiä tai keskimääräistä suurempia. Tourujoella säilyvyys oli jopa melko suuri. Säilyvyys on ollut matalampi happamissa ja humuksisissa virtavesissä (Taulukko 5). Haudontakokeissa poikasten säilyvyys usein pienenee huomattavasti tai jopa romahtaa toukokuussa, mikä voi myös kertoa haudontalaitteiden sopimattomuudesta poikasille siinä vaiheessa, kun poikaset alkavat ruskuaispussinsa pienentyessä liikkua ja levittäytyä soraikon sisällä.

Päiväasteita kertyi Tourujoen vesistössä lokakuusta 2015 maaliskuun 2016 puoliväliin saman verran kuin hieman aiemmin syksyllä aloitetussa haudontakokeessa Arvajan reitillä talvella 1998–1999, mutta paljon enemmän kuin samassa tutkimuksessa Joutsan Rutajoella (Syrjänen ym. 2008). Alkiot ja poikaset kasvoivat Tourujoen vesistössä normaalilla nopeudella suhteessa päiväasteiden kertymään. Arvajalla ja Rutajoella poikaset olivat eri tutkimuskohteissa 13–22 mm:n pituisia huhtikuun puolivälissä. Poikaset kuoriutuivat Rutajoella ja Arvajan Puukkoistenkoskella huhtikuussa aivan kuten tässäkin tutkimuksessa, mutta Kivikoskella Isojärven luusuassa jo maaliskuussa (Syrjänen ym. 2008).

Taulukko 5. Elossa säilyneiden taimenen mätimunien, alkioiden tai poikasten keskimääräinen osuus (%) helmi-, maalisk-, huhti- ja toukokuussa raportoiduissa mädinhaudontakokeissa sekä tutkimusvesistöjen veden väriarvo (mg/l Pt), pH:n minimi keväällä ja erityispiirre.

Suurvesistö ja joki	Säilyvyys (%)				Väri	pH min	Piirre	Lähde
	Hel	Maa	Huh	Tou				
Kymijoki								
Arvajan reitti	90	91	89		24	6,3	Erinomainen vedenlaatu	Syrjänen ym. 2008
Rutajoki		94	93		54	6,5	Hyvä vedenlaatu	Syrjänen ym. 2008
Pengerjoki	0	0	1	2	259	4,4	Turvetuotantoa	Sivonen & Oraluoma 2014
Ohrajoki	61	20	0		130	6,5	Metsäojituksia	Sivonen & Oraluoma 2014
Kärnäkoski	100		83		55	6,8	Erinomainen vedenlaatu	Oraluoma ym. 2015
Kyrönpuro	98		88				Erinomainen vedenlaatu	Oraluoma ym. 2015
Vuoksi								
Puntinjoki			69		170	5,4	Metsäojituksia	Korsu ym. 2003
Luostanjoki			59	19	180	4,8	Metsäojituksia	Korsu ym. 2003
Keyrytinjoki I			35		190	5,0	Metsäojituksia	Korsu ym. 2003
Keyrytinjoki II			60	57	150	5,6	Metsäojituksia	Korsu ym. 2003
Tiilikanjoki			62	59	180	5,1	Metsäojituksia	Korsu ym. 2003
Lapuanjoki								
Tiistenjoki	93	63	42		≥200			Sivil 2015
Jepuanjoki	74	66	52		≥200	4,9		Sivil 2015
Kiiminkijoki								
Kiiminkijoki	79		32	5	150	6,0	Turvetuotantoa	Laine ym. 2001
Nuorittajoki	74		25	1	200	5,5	Turvetuotantoa	Laine ym. 2001
Iijoki								
Siuruanjoki	60		23	2	220	5,5	Turvetuotantoa	Laine ym. 2001
Götaälven								
Rottnan		92	87				Säännöstelty virtaama	Syrjänen ym. 2016

Kiitokset

Jyväskylän kaupungin ja Jyväskylän yliopiston yhteistyö mahdollisti tämän tutkimuksen. Maasto- ja laboratoriotöissä auttoivat tinkimättömällä asenteella ja periksiantamattomalla sitkeydellä Jyväskylän yliopiston akvaattisten tieteiden opiskelijat Miska Haapsalo ja Lauri Rintamäki. Mädinhaudontasyylinterit olivat lainassa Konneveden kalatutkimus ry:lta, joka puolestaan sai ne arvokkaana lahjoituksena Anssi Elorannalta. Kaikille Tourujoen ystäville siten kiitokset yhteistyöstä!

Viitteet

- Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. ja Vuori K.-M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita, 7/2012, 1–144.
- Korsu, K., Kiljunen, M., Karjalainen, J., Syrjänen, J. & Eloranta, A. 2003. Taimenen (*Salmo trutta*) ja harjuksen (*Thymallus thymallus*) mädin hautoutuminen Rautavaaran seudun happamissa joissa. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja, 64, 52–78.
- Laine, A., Heikkinen, K. & Sutela, T. 2001. Incubation success of brown trout (*Salmo trutta*) eggs in boreal humic rivers affected by peatland drainage. Archiv für Hydrobiologie, 150, 289–305.
- Louhi, P., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J., Paasivaara, A., Muotka, T. 2010. Impacts of forest drainage improvement on stream biota: A multisite BACI-experiment. Forest Ecology and Management, 260, 1315–1323.
- Oraluoma, M., Kivinen, J. & Sivonen, K. 2015. Mädinhaudontakoe Viitasaaren Kärnänkoskella & Kyrönpurolla 2014–2015. Kala- ja vesistö tutkimus Vesi-Visio. Raportti. 7 s.
- Ranta, T & Havumäki, M. 2013. Taimenten perimän selvittäminen Päijänteeseen laskevissa pienvirtavesissä v. 2013 ja 2014. Osaraportti 2013. Hämeen kalatalouskeskus ja Keski-Suomen kalatalouskeskus ry. Raportti. 8 s.
- Sivil, M. 2015. Kokonaisselvitys Kuortaneenjärven alapuolisen Lapuanjoen ekologisen tilan parantamismahdollisuuksista – hankeselvitysten tulokset ja suositukset vesienhoidolle. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportti. 238 s.
- Sivonen, O. & Oraluoma, M. 2014. Mädinhaudontakoe Petäjäveden Pengerjoella ja Ohrajoella 2013–2014. Kala- ja vesistö tutkimus Vesi-Visio. Raportti. 7 s.
- Syrjänen, J., Kiljunen, M., Karjalainen, J., Eloranta, A., and Muotka, T. 2008. Survival and growth of brown trout *Salmo trutta* L. embryos and the timing of hatching and emergence in two boreal lake outlet streams. Journal of Fish Biology, 72, 985–1000.
- Syrjänen, J. T., Norrgård, J. & Sivonen, K. 2016. Survival and growth of brown trout embryos in the regulated River Rottnan. Käsikirjoitus.
- Syrjänen, J. T., Sivonen, K., and Sivonen, O. 2014. Redd counting in monitoring salmonids in Finnish inland waters. In Wild Trout XI: Looking Back and Moving Forward. Wild Trout Symposium, West Yellowstone, pp. 288–294. Ed. by R. F. Carline, and C. LoSapio. Bozeman, MT. 392 pp.
- Syrjänen, J., Sivonen, K., Sivonen, O. & Valkeajärvi, P. 2013. Taimenen kutupesälaskenta - menetelmät ja esimerkkituloksia. Riista- ja kalatalous. Tutkimuksia ja selvityksiä 9/2013, 1–28.
- Vanajavesikeskus, 2013. Vedenlaatuopas. Raportti. 3 s.