

Puruveden Ristilahden pohjan nykyinen tila - sedimentin laatu ja määrä sekä pohjaeläimistö

Tutkimusraportti

Tarmo Tossavainen



Puruveden Ristilahden pohjan nykyinen tila - sedimentin laatu ja määrä sekä pohjaeläimistö

Tutkimusraportti

Tarmo Tossavainen

<i>Julkaisusarja</i>	C, Raportteja: 35
<i>Julkaisusarjan vastaava toimittaja</i>	Kari Tiainen
<i>Sivuntaitto</i>	Katja Leinonen
<i>Kansikuva</i>	Karelia-ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan opiskelija Teemu Kolehmainen sedimenttikairan ja oheisvarusteiden kanssa Puruveden Ristilahdella 03.02.2015.
<i>Kuvat</i>	Tarmo Tossavainen, ellei toisin ole mainittu.

@ Tekijä ja Karelia-ammattikorkeakoulu

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

ISBN 978-952-275-202-4 (painettu)
 ISBN 978-952-275-203-1 (verkkajulkaisu)
 ISSN-L 2323-6914
 ISSN 2323-6914

<i>Julkaisujen myynti ja jakelu</i>	Karelia-ammattikorkeakoulu julkaisut@karelia.fi tahtijulkaisut.net
-------------------------------------	--

Joensuu, Lasermedia Oy, 2016

Sisällys

TIIVISTELMÄ	6
1 ALKUSANAT	8
2 TUTKIMUSALUE	9
2.1 Ristilahden nykyinen veden laatu	9
2.2 Ristilahden kasviplanktonin perustuotantoa ensisijaisesti rajoittavan ravinteen arviointi	12
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	14
4 TULOKSET	21
4.1 Pohjasedimentin kokonaismäärä ja ulkonäkö	21
4.2 Pintasedimentin hapetus-pelkistysaste	32
4.3 Pohjasedimentin laboratorioanalyysit	32
4.4 Pohjaeläimistö	33
4.5 Vedenlaadun mittaukset	40
5 TULOSTEN TARKASTELU	41
5.1 Pohjasedimentin kokonaismäärä ja laboratorioanalyysit	41
5.2 Pintasedimentin hapetus-pelkistysaste	42
5.3 Pohjaeläimistö	44
5.4 Vedenlaadun mittaukset	44
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	46
LÄHTEET	48
LIITTEET	49
Liite 1. Testausseloste. Puruveden Ristilahden pohjasedimentin laboratorioanalyysien tulokset. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.:n laboratorio.	49
Liite 2. Artikkelit sanomalehti Koti-Karjalassa 04.04.2015.	51
Liite 3. Artikkelit sanomalehti Puruvedessä 01.04.2015.	52

Tiivistelmä

Karelia-ammattikorkeakoulu teki Puruveden Ristilahden pohjan tilan tutkimuksen kevättalvella 2015 Pro Puruvesi ry:n toimeksiannosta. Ristilahden vesiala on noin 250 hehtaaria ja suurin syvyys noin 3,5 metriä. Ympäristöhallinnon vedenlaadun seurannan perusteella Ristilahden ravinnepitoisuudet ovat mesotrofisten ja kasviplanktonin a-klorofyllipitoisuudet eutrofisten järvesien suuruusluokkaa. Ristilahdesta on 2010-luvulla dokumentoitu jopa massiivisia sinileväsiintymiä. Karelia-ammattikorkeakoulu tutki syksyllä 2014 Ristilahden kalastorakenteen. Sen perusteella Ristilahdessa on biomassaltaan ja lukumääräisesti suuri särkikalakanta, joka osaltaan voi heikentää vedenlaatua ja kiihdyttää sisäistä kuormitusta. Ristilahden sedimentin laatua ja määrää sekä pohjaeläimistöä selvitettiin yhteensä 14 havaintopaikalta helmi-maaliskuussa 2015. Tumman (pikimustan/ruskehtavanmustan) löyhän sedimentin määrä vaihteli 25...319 cm. Keskimäärin tätä ainesta oli 105 cm. Sen alapuolella oli puhtaanoloinen hopeanharmaa savi ja muutamilla havaintopaikoilla myös hiekkaa. Melko keskeltä Ristilahtea otettu mustanpuhuvan ja löyhän sedimentin näyte (0...50 cm) tutkittiin laboratoriossa. Veden osuus sedimentin kokonaismassasta oli 82 %, epäorgaanisen aineksen osuus 14,8 % ja orgaanisen aineksen osuus 3,0 %. Sedimentin massasta kuiva-ainetta oli siis yhteensä 17,8 %. Sedimentissä oli kokonaisfosforia 0,52 g/kg kuiva-ainetta ja kokonaistyyppiä 9,0 g/kg kuiva-ainetta. Kairausten perusteella Ristilahdessa on karkeahkosti arvioituna noin 2,6 milj. m³ em. tummaa ja löyhää sedimenttiä. Sedimentin laskennallinen tiheys on noin 1,12 grammaa/cm³ ja sen kokonaismassa on lähes 3 milj. tonnia. Tästä veden osuus on noin 2,4 milj. tonnia ja kuiva-aineen noin 0,5 milj. tonnia. Löyhässä sedimentissä on kokonaisfosforia noin 270 000 kg ja kokonaistyyppiä noin 4,7 milj. kg. Ristilahden vesimassassa (noin 5 milj. m³) on kokonaisfosforia runsaat 80 kg ja kokonaistyyppiä noin 2400 kg. Ristilahden pintasedimentin hapetus-pelkistysastetta (redox-potentiaalia, Eh) mitattiin 13 havaintopaikalta yht. 25 kertaa in situ. Eh-arvot vaihtelivat -142...+485 millivolttia. Vain kahdessa mittauksessa Eh ylitti +300 millivolttia, joka on yleisesti tunnettu perusedellytys fosforin pysymisessä järven pohjassa. Raskaasti pelkistyneitä oloja kuvaavia redox-arvoja (Eh lähes -150 millivolttia, joka on rikkivedyn muodostumisen raja-arvo) mitattiin kahdelta havaintopaikalta. Mittaustulokset ovat yhteneviä vedenlaadun ja sinilevähavaintojen kanssa. Ravinteiden ajoittainen merkittävän vapautumisen riski Ristilahden pohjasta on selkeä. Varsinkin fosforin sisäinen kuormitus altistaa järven sinileväkukinnoille ja muiden levien massaesiintymille. 14 havaintopaikalta otettiin yhteensä 22 pohjaeläinnäytettä. Niistä tunnistettiin laboratoriossa yhteensä 14 taksonia. Useimmat taksonit olivat mesotrofian tai eutrofian indikaattoreita. Karumpien vesien lajeja (hernesimpukka, vesiperhosen toukka, järvisimpukka) oli niukasti ja esimerkiksi järvisimpukat olivat jo entuudestaan kuolleita. Shannon-Wiener-indeksi koko aineistolle oli 1,72, joka ilmentää varsin alhaista biodiversiteettiä. Kahdeksan havaintopaikan vesinäytteistä mitattiin perustuottajille välittömästi käyttökelpois-

ten mineraaliravinteiden fosfaattifosforin sekä nitraattitypen pitoisuudet. Pitoisuudet (PO₄-P 1...43 µg/l ja NO₃-N 0...110 µg/l) vaihtelivat suhteellisen voimakkaasti. Selkeästi suurimmat, eutrofisille järvesielle tyypilliset pitoisuudet havaittiin rannan läheisyydessä. Yhteenvedona voidaan todeta, että Ristilahden pohjaan on kertynyt runsaasti sen sietokyvyn ylittävää löyhää ja hyvin vesipitoista, heikosti mineralisoitunutta sedimenttiä. Sedimentin fosforin ja myös typen varastot ovat musertavan suuria järviveteen verrattuna, ja heikosti hajonneen sedimentin aiheuttama kohonnut hapenkulutus ajoittain kiihdyttää sisäistä kuormitusta, ts. ravinteiden ja myös eräiden raskasmetallien vapautumista järven pohjasta. Heikko Ristilahden pohjan fyysikaalis-kemiallinen tila luo varsin huonot elinot pohjaeläimistölle, joka lajistoltaan on suppea. Tämä ei edesauta särkikalavaltaista kalastoa, joka tahtomattaan voi heikentää lahden tilaa syömällä ja siten mineralisoimalla myös pohjasedimenttiä.

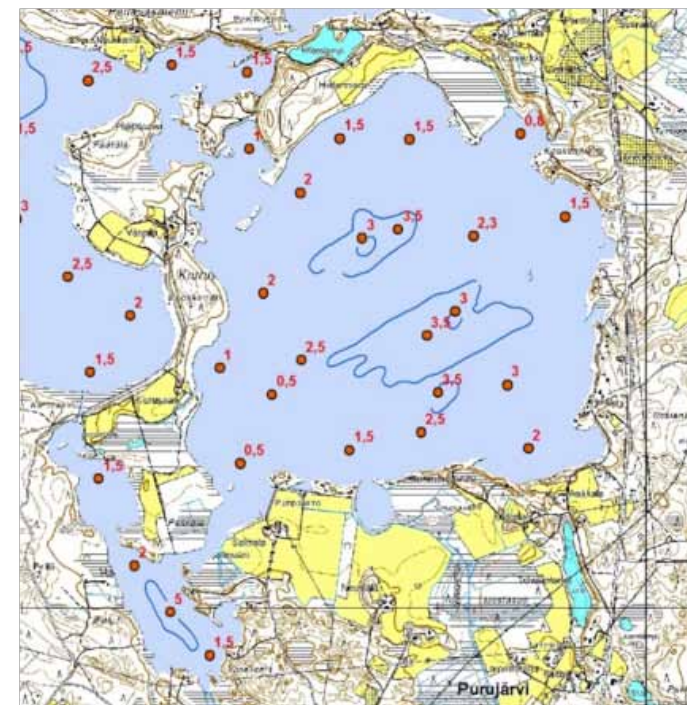
Ristilahti on ympäröivältä maastoltaan laakea, tuulille ja siten vesimassan sekä sedimentin hapettumiselle hyvin altis järviällä, mutta ainakin joskus vallinneen korkean valuma-alueelta tulleen kuormituksen ja lahden mataluuden (pienen vesitilavuuden) vuoksi lahti on raskaasti liettynyt. Ristilahden pohjan tilaan myönteisesti vaikuttavina kunnostustoimina voisivat tulla lähinnä kyseeseen hapetus, ruoppaus, pohjan pöyhintä ja biomanipulaatio. Mikäli valuma-alueelta tuleva ravinteiden ja orgaanisen aineksen kuormitus on edelleen korkea, myös kaikki kuormitusta vähentävät keinot ovat oleellisen tärkeitä pohjan tilan kohentamiseksi. Itse järviältaassa tehtävien mahdollisten, edellä mainittujen kunnostustoimien hyöty jää aikaa myöten vähäiseksi ja mitätöityy, mikäli ulkoinen kuormitus jatkuu korkeana. Ristilahden valuma-alueelta tulevaa kuormitusta ovat selvittäneet Karelia-ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelman opiskelijat Joonas Hirvonen ja Emma-Noora Pölönen opinnäytetyössään ”Puruveden Ristilahden ja Mehtolanlahden nykytila sekä alustava kunnostus- ja hoitosuunnitelma” (Pölönen & Hirvonen 2015).

1 Alkusanat

Puruveden Ristilahden pohjan tilan tutkimus tehtiin keväällä 2015 Pro Puruvesi ry:n, yhdyshenkilönään puheenjohtaja Reijo Jantunen, toimeksiannosta Karelia-ammattikorkeakoulun Luonnonvara- ja ympäristöalan koulutukselle. Tutkimuksen kenttätöihin osallistuivat työtä ohjanneen ja sitä tehneen ja tämän raportin laatineen Tarmo Tossavainen (limnologi, MMM, opettaja) lisäksi Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriomestari Keijo Silfsten sekä energia- ja ympäristötekniikan insinööriopiskelijat Joonas Hirvonen, Mikko Kiiskinen, Teemu Kolehmainen, Maria Mäenpää, Teemu Puumalainen, Sini Valkonen, sekä vaihto-opiskelijat Olivier Bailly, Antoine d'Aboville, Benjamin Hog, Florent Monclerc, Claire Roussey Ranskasta, Efraim Lombe, Thulason Mtonga ja Sibiwe Zulu Sambiasta, Michal Hudak sekä Ivan Kohut Slovakiasta. Pro Puruvesi ry:lle tahdomme lausua suurkiitokset tämän tutkimuksen toimeksiannosta ja kaikin puolin hienosti sujuneista käytännön järjestelyistä!

2 Tutkimusalue

2.1 RISTILAHDEN NYKYINEN VEDEN LAATU



Kuva 1. Puruveden Ristilahden syvyyskartta (Liikenneviraston aineistot/FL Tiina Käki, Pohjois-Karjalan ELY-keskus, 23.04.2015).

Puruveden Ristilahden vesipinta-ala on noin 250 hehtaaria ja suurin syvyys keskivedenkorkeudella noin 3,5 metriä. Ristilahden vedenlaadun tulokset 17.02.2011-05.10.2015 poimittiin Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 10.11.2015 (taulukko 1). Vedenlaadun havaintopaikka sijaitsee kutakuinkin pohjan tilan havaintopaikkojemme 12 ja 13 linjan puolivälistä hiukan pohjoiseen noin 3...3,5 metrin syvännealueella (kuva 2). Sen koordinaatit UTM-projektiossa (ETRS-TM35FIN) ovat I = 0642975 ja P = 6859248. Hertta-tietojärjestelmässä koordinaatit (poimittu 02.11.2015) ovat yhtenäiskoordinaattijärjestelmässä (I = 3643202, P = 6862125) ja muunnettu Garmin GPSMAP64-laitteen avulla UTM-muotoon.

Ristilahden veden kokonaisfosforin (12...52 µg/l) ja kokonaistypen (300...1400 µg/l) pitoisuudet ovat olleet pääosin mesotrofisille ja ajoittain eutrofisille järvesille tyypillisiä (taulukot 1-3). Suhteellisen voimakas ravinnepitoisuuksien heilahtelu aiheutuu ravinteiden vapautumisesta järven pohjasedimenteistä (eli sisäisestä kuormituksesta) sekä valuma-alueelta tulevan ulkoisen kuormituksen vuodenaikavaihteluista. Näiden keskinäistä osuutta heilahteluun ei kyetä arvioimaan pelkkien järveden pitoisuushavaintojen perusteella. Avovesikauden kohonneet kokonaisfosforin pitoisuudet (28...52 µg/l heinä - lokakuussa 2011 sekä 25 µg/l heinäkuussa 2012, 2013 ja 2015) saattavat ilmentää voimakkaasti liettyneissä matalissa järvissä tyypillistä tuulten aiheuttamaa fosforin resuspensiota. Sisäinen kuormitus kohottaa tyypillisesti myös pohjanläheisen veden raudan ja mangaanin pitoisuuksia päällysveteen verrattuna. Tämä voitiin selkeästi todeta talvikerrosteisuuden lopulla 24.3.2014. Tällöin alusveden mangaanipitoisuus (140 µg/l) oli noin 15-kertainen päällysveteen (9,3 µg/l) verrattuna. Alusveden rautapitoisuus (680 µg/l) oli kaksinkertainen päällysveteen (340 µg/l) verrattuna (taulukko 1).

Kasviplanktonin a-klorofyllipitoisuuden havainnot (4,3...97 µg/l) ovat valtaosin olleet eutrofisten vesien suuruusluokkaa (taulukot 1 ja 4).

Yleisesti mille tahansa maamme kalalajille ja niiden eri kehitysvaiheille nyrkkisääntönä tyydyttävälle hyvinvoinnille pidetään veden happipitoisuuden alarajana 5 mg/l, mikäli vedenlaatu (kuten happamuus, raskasmetallit) ei muutoin vaikeuta kalan hyvinvointia. Siten Ristilahden happitilannetta vuosina 2011 - 2015 voidaan havaintojen (5,2...13,5 mg/l, kyllästysaste 39...102 %) perusteella luonnehtia enimmäkseen tyydyttäväksi.

Vedenlaatuaineiston, Ristilahden morfometrinen ominaisuuksien sekä aivan viime vuosina dokumentoitujen (2011, 2013, 2014; Jantunen 2015) sinileväsiintymien vuoksi voidaan perustellusti arvioida, että Ristilahti on sietokykynsä ääri rajoilla. Rehevöityneille järville tyypilliset piirteet kalastorakenteessa (särkikalajien suuri ja petokalajien pienehkö osuus) voivat osaltaan heikentää Ristilahden tilaa. Syksyllä 2014 tehty Ristilahden kalastorakennetutkimus ilmentää tämän selkeästi (Tossavainen 2015). Järven sietokyky tarkoittaa etenkin sitä, että järven sisäinen ja/tai ulkoinen kuormitus on niin voimakasta, että järvi ei kykene aerobisissa oloissa mineralisoimaan orgaanista ainesta riittävän tehokkaasti. Tämä heikosti hajonnut aines vajoaa pohjaan ja aiheuttaa siellä liettymistä sekä hapen kulumista ja tällöin voimakkaan sisäisen kuormituksen riskin. Avovesikaudellakin vesimassan ilmastumisen aiheuttama orgaanisen sedimentin mineralisaatio on tuskallisen hidasta (resuspensio; ks. myös edellä). Ylitiheä kalakanta voi osaltaan pahentaa tilannetta pöyhimällä ja syömällä sekä siten mobilisoimalla ja mineralisoimalla pohjasedimentin sisältämiä ravinteita.

Taulukko 1. Puruveden Ristilahden veden laadun havainnot 17.02.2011-5.10.2015 [Suomen Ympäristökeskus, ympäristötietojärjestelmä Hertta, poimittu 10.11.2015].

Pvm	Kok. syv.	Näyte-syv.	Lt.	O ₂	O ₂	kok. N	NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻ -N	kok. P	PO ₄ ³⁻ -P	a-chl	Fe	Mn
	m	m	°C	mg/l	kyll. %	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
17.2.11	2	1	0,1	9,8	67	510	..	..	12	..	..	..	..
7.7.11	2,2	1	22,2	8,9	102	300	..	..	28	..	13	..	..
12.9.11	2,3	1	15,6	10,3	100	1400	10	5	52	3	97	..	..
26.10.11	2	1	4,5	11,6	90	1000	6	5	38	2	37	..	..
30.1.12	2,5	1	1,2	10,3	73	650	..	..	17	..	..	340	20
19.4.12	2	1	2,5	7,3	54	660	..	..	15	..	..	710	78
16.7.12	3,1	1	20,1	7,9	87	440	..	..	25	..	13	590	37
		2	19,9	7,8	86	..	..	..	..	..	..	..	..
17.4.13	2	1	1,3	10,1	71	610	..	..	13	..	..	850	61
11.7.13	2,8	1	21,6	8,2	93	520	..	..	25	..	8,4	960	42
24.3.14	2,8	1	4,4	13,5	104	550	9	130	13	2	..	340	9,3
		1,8	4,2	5,2	39	590	3	180	16	4	..	680	140
24.6.14	2,7	1	16,3	9,3	95	430	2	5	18	2	6,9	490	21
27.8.14	2	1	16,4	8,9	91	570	2	5	20	2	..	..	..
3.11.14	3,1	1	2,3	12,3	90	460	15	41	18	3	4,3	550	22
19.3.15	2,4	1	2,4	9,8	72	530	22	210	12	3	..	460	50
23.7.15	3,1	1	18,9	8,2	89	460	2	5	25	2	13	520	35
31.8.15	3,2	1	17,8	8,9	94	440	2	5	17	2	16	450	31
5.10.15	3	1	8,9	10,5	91	410	5	5	16	2	..	430	19
Keski-arvo	...	...	...	9,4	84	585	7	54	21	2,5	23	567	44

Kok.P (µg/l)	Järven rehevyystaso	
< 5	erittäin karu	ultraoligotrofinen
5-10	karu	oligotrofinen
10-35	lievästi rehevöitynyt	mesotrofinen
35-100	rehevöitynyt	eutrofinen
> 100	ylirehevöitynyt	hypereutrofinen

Taulukko 2. Järven rehevyystason luokittelu veden kokonaisfosforipitoisuuden perusteella (vrt. esim. Wetzel 2001).

Kok.N (µg/l)	Järven rehevyystaso	
< 400	oligotrofinen	karu
400-600	mesotrofinen	lievästi rehevöitynyt
600-1500	eutrofinen	rehevä
> 1500	hypereutrofinen	ylirehevä

Taulukko 3. Järven rehevyystason luokittelu veden kokonaistyyppipitoisuuden perusteella (vrt. esim. Wetzel 2001).

a-klorofyllipitoisuus (µg/l)	Järven rehevyystaso	
< 1	ultraoligotrofinen	(erittäin karu)
1...3	oligotrofinen	(karu)
3...7	mesotrofinen	(lievästi rehevä)
7...40	eutrofinen	(rehevä)
> 40	hypereutrofinen	(ylirehevä)

Taulukko 4. Järven rehevyystason luokittelu kasviplanktonin a-klorofyllipitoisuuden perusteella.

2.2 RISTILAHDEN KASVIPLANKTONIN PERUSTUOTANTOA ENSISIJAJAISESTI RAJOITTAVAN RAVINTEEN ARVIOINTI

Liebigin klassisen minimitekijälain mukaan kasvunopeuden määrää se tekijä, jota on suhteellisesti vähiten saatavilla. Fosfori on useimmiten minimiravinteena Suomen sisävesistöissä. Rannikkovesialueella sekä rehevöityneissä sisävesissä minimiravinteena voivat olla typpi, fosfori tai molemmat ravinteet samanaikaisesti (esim. Salonen 1992).

Vuosien 2011-2015 perustuotantokausilla tehtyjen vedenlaadun havaintojen perusteella arvioituna typpi on ajoittain jopa selkeästi minimiravinne (taulukot 5 ja 6). Yleisesti tämä mahdollistaa sinilevien kilpailuedun muihin kasviplanktonryhmiin nähden, koska sinilevät kykenevät ainoana leväryhmänä sitomaan ilmakehästä typpeä ja siten hyödyntämään kasvussaan veden sisältämän fosforin ylimäärän.

Taulukko 5. Ensisijaisesti kasviplanktonin perustuotantoa rajoittavan makroravinteen (kokonaisfosfori tai kokonaistyyppi) arviointi veden fosforin ja typen pitoisuuksien perusteella (esim. Salonen 1992).

Kokonaisravinteiden suhde [a]	Mineraaliravinteiden suhde [b]	Ravinteiden tasapainosuhte [b]	Minimiravinne
< 10	< 5	> 1	N
10...17	5...12	...	N tai P
> 17	> 12	< 1	P

Minimiravinteen arvioimiseksi voidaan käyttää seuraavia ravinnesuhteita:
a) Kokonaisravinteiden pitoisuuksien suhde: Kok. N-pitoisuus / kok. P-pitoisuus
b) Mineraaliravinteiden pitoisuuksien suhde $(\text{NH}_4^+ - \text{N} + \text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}) / \text{PO}_4^{3-} - \text{P}$
c) ravinteiden tasapainosuhte Kok. N / kok. P

 $(\text{NH}_4^+ - \text{N} + \text{NO}_3^- - \text{N} + \text{NO}_2^- - \text{N}) / \text{PO}_4^{5-} - \text{P}$

On havaittu, että kokonaisravinteiden suhde [a] on vähiten herkkä, mineraaliravinteiden suhde [b] edellistä herkempi ja ravinteiden tasapainosuhte [c] herkin kuvaamaan ravinteiden rajoittavuutta

Taulukko 6. Puruveden Ristilahden kasviplanktonin perustuotantoa ensisijaisesti rajoittavan ravinteen eli minimiravinteen arviointi vuosien 2011-2015 tuotantokausien aikana otettujen veden fosforin ja typen pitoisuuksien perusteella. Tunnuslukujen perustana ovat Suomen Ympäristökeskuksen ympäristötietojärjestelmästä 10.11.2015 pöimitut veden laadun tulokset.

Pvm	Lt.	kok. N	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	$\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^- - \text{N}$	kok. P	$\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$	Minimiravinne
	°C	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	(laskentaperuste, ks. taulukko 5)
7.7.11	22,2	300	..	..	28	..	typpi tai fosfori (yhtälö a)
12.9.11	15,6	1400	10	5	52	3	typpi (yhtälö c)
26.10.11	4,5	1000	6	5	38	2	typpi (yhtälö c)
16.7.12	20,1	440	..	..	25	..	fosfori (yhtälö a)
11.7.13	21,6	520	..	..	25	..	fosfori (yhtälö a)
24.6.14	16,3	430	2	5	18	2	typpi (yhtälö c)
27.8.14	16,4	570	2	5	20	2	typpi (yhtälö c)
23.7.15	18,9	460	2	5	25	2	typpi (yhtälö c)
31.8.15	17,8	440	2	5	17	2	typpi (yhtälö c)
5.10.15	8,9	410	5	5	16	2	typpi (yhtälö c)

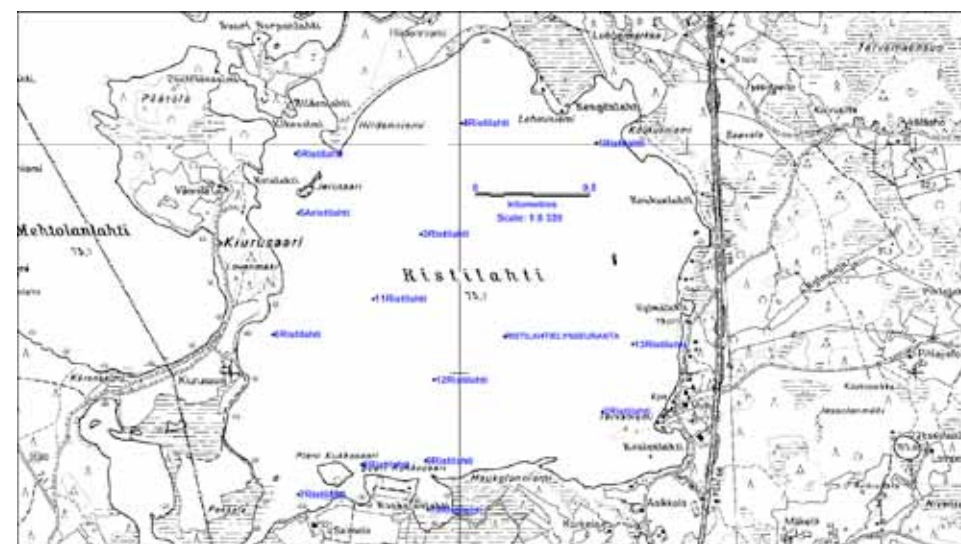
3 Aineisto ja menetelmät

Puruveden Ristilahden pohjasedimentin ja pohjaeläimistön havaintopaikat ilmenevät taulukosta 7 sekä kuvasta 2. Tutkimuksen eri vaiheissa käytetyt laitteet ja menetelmät pääpiirteissään on esitetty taulukossa 8 sekä osittain myös kuvissa 3-12.

Pohjasedimentin laboratorionäyte otettiin ulappa-alueen havaintopaikalta 3 17.03.2015. Vesisyvyys oli tällöin 2,45 metriä ja taltioidun sedimentin näytesyvyys 0-50 cm. Näyte pakastettiin välittömästi näytteenoton jälkeen. Näyte analysoitiin Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa Tampereella.

Havaintopaikka	Vesisyvyys helmikuun alussa 2015 (m)	Koordinaatit (ETRS-TM35FIN)	
		I	P
1 (Kengänlahden edusta)	1,77	643339	6860114
2 (Tervaniemen edusta)	2,50	643420	6858940
3 (ulappa, melko keskellä Ristilahtea)	2,41	642589	6859681
4 (Hiidenniemen ja Lehminiemen välillä)	2,19	642743	6860177
5 (Kikosalmen edusta)	1,35	642020	6860007
5A (Jerusaari-Kotalahti)	1,84	642045	6859748
6 (Kiurusaaren edusta)	1,70	641958	6859210
7 (Löppölänsalmen edusta)	1,23	642102	6858513
8 (Pienen ja Suuren Kukkosaaressa)	1,42	642375	6858659
9 (Rutalahden edustalla)	1,69	642653	6858687
10 (Rutalahti)	0,75	642675	6858472
11 (ulappa)	2,54	642391	6859387
12 (ulappa)	2,30	642675	6859043
13 (Kylmälahden tukikohdan edusta)	2,30	643538	6859240

Taulukko 7. Puruveden Ristilahden pohjasedimentin ja pohjaeläimistön havaintopaikat kevättalvella 2015.



Kuva 2. Puruveden Ristilahden pohjasedimentin ja pohjaeläimistön havaintopaikat kevättalvella 2015. Lisäksi kartalle on merkitty Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vedenlaadun seurantapiste tunnuksella ”RISTILAHTIELYNSEURANTA”.

Taulukko 8. Puruveden Ristilahden tutkimuksessa kevättalvella 2015 käytetyt laitteet ja menetelmät.

Tutkimusvaihe	Laitteet ja menetelmät	Lisähuomautukset
Pohjasedimentin kokonaismäärä	Turvekaira, näytteenotto-osan pituus 1,0 m, jatkoarret	
Pintasedimentin redox-potentiaalin mittaaminen in situ	Viipaloiva Limnos-sedimenttinoudin varusteineen, WTW3310-kenttämittari + SenTix ORP-elektrodi, Redox-elektrodin kalibrointiliuos, valmistaja WTW	
Pohjasedimentin laboratorioanalyysit	Sedimentin kok. P, kok. N, haihdutushäviö ja hehkutusjäännös	Standardoidut analyysimenetelmät, tehty välittömästi pakastetuista näytteistä Kokemäenjoen vesien-suojeluyhdistyksen laboratoriossa Tampereella
Pohjaeläimistö	Ekman-tyyppinen näytteenotin varusteineen	
Vesinäytteenotto ja laboratorioanalyysit (Karelia-amk)	Limnos-vesinäytteenotin, filterifotometri S 12 A (WTW, Saksa) varusteineen	
Havaintopaikkojen koordinaattien tallennus	Garmin 60CSx- ja Garmin GPSMA64 -satelliittipaikanninlaitteet	Koordinaattien tarkkuus ±2...±3 metriä
Muut keskeiset varusteet	Ahkiot, moottorisaha, jääkairat (4" ja 6"), luotinaru, rullamitta	

Pohjaeläimistön biodiversiteetti arvioitiin Shannon-Wiener -indeksin avulla. Tämä indeksi tunnetaan myös nimellä Shannonin entropia. Shannonin entropia on tehollisen lajimäärän logaritmi

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

missä P_i on i lajin osuus paikan kokonaisuusilmästä. Indeksien arvo on sitä suurempi mitä enemmän lajeja havaitaan. Indeksit voi vaihdella välillä 1...5 (taulukko 9).

Luokka	Indeksiarvo	Shannon-Wiener
1	Erittäin korkea	> 3,71
2	Korkea	2,97 – 3,71
3	Melko korkea	2,22 – 2,97
4	Matala	1,48 – 2,22
5	Erittäin matala	< 1,48

Taulukko 9. Arvio biodiversiteetistä Shannon-Wiener -indeksin avulla.



Kuva 3. Opettaja Tarmo Tossavainen sahaa avantoa pohjaeläin- ja sedimenttinäytteiden ottoon sekä kenttäanalyysijä varten. Kuva: Keijo Silfsten.



Kuva 4. Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelija Ville Väisänen virittää Ekman-tyyppistä pohjaeläinnoudinta näytteenottoon varten.



Kuva 5. Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Atte Varis (vas.) ja Lassi Puurunen ottavat järven sedimenttinäytettä ns. turvekairalla.



Kuva 6. Lyijypainoja kiinnitetään Limnos-sedimenttinoutimeen näytteenottoa varten.



Kuva 7. Ristilahden pintasedimentin hapetus-pelkistysastetta eli redox-potentiaalia mitataan keväällä 2015.



Kuva 8. Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Mikko Hiltunen (vas.) ja Joose Korhonen ovat juuri ottaneet järven pohjelaennäytteen Ekman-tyyppisellä näytteenottimella.

Kuva 9. Limnos-vesinäytteenottimella otettuja vesinäytteitä pullotetaan laboratorioanalysejä varten; vasemmalta Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Kaisa Nokelainen ja Suvi Jääskeläinen sekä Tarmo Tossavainen Limnos-noudin käsissään. Kuva: Jari Spooft.



Kuva 10. Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriomestari Keijo Silfsten (vas.) ja vaihto-opiskelija Benjamin Hog Ranskasta lounastauolla Ristilahden tutkimusten kenttöiden lomassa maaliskuussa 2015.



Kuva 11. Filtrifotometri S 12 A varusteineen, jolla mitattiin Puruveden Ristilahden eräiden havaintopaikkojen veden fosfaattifosforin ja nitraattitypen pitoisuudet maaliskuussa 2015 Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa.



Kuva 12. Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Kari Mustonen (vas.) ja Harri Huttunen poimivat ja tunnistavat pohjaeläimiä.

4 Tulokset

4.1 POHJASEDIMENTIN KOKONAISMÄÄRÄ JA ULKONÄKÖ

Taulukko 10. Puruveden Ristilahden havaintopaikkojen 1–10 pohjasedimentin ulkonäkö ja muut visuaaliset havainnot. [Jatkuu seuraavalla sivulla]

Havaintopaikka	Vesisyv. (m)	Sedimentin näytesyvyys (cm)	Sedimentin ulkonäkö
1 (Kengänlahden edusta)	1,77	0-115	Hyvin vesipitoista, lievästi ruskehtavan pikimustaa hienojakoista ainesta
		115-117	Hopeanharmaata, luultavasti varsin puhdasta savea
2 (Tervaniemen edusta)	2,50	0-107	Ruskehtavan mustaa, hienojakoista vesipitoista ainesta
		107-126	Jokseenkin pikimustaa, hienojakoista vesipitoista ainesta
		126-	Jokseenkin pikimustaa, hienojakoista vesipitoista ainesta, seassa hiekkaa
3 (ulappa, melko keskellä Ristilahtea)	2,41	0-319	Lähes pikimustaa, hienojakoista vesipitoista aineista
		319-349	Ilmeisen puhdas hopeanharmaa savi, jossa runsaasti epäsäännöllisin välein ohuita (noin 1...10 mm) jokseenkin pikimustia raitoja
4 (Hiidenniemen ja Lehminiemen välillä)	2,19	0-80	Hyvin vesipitoista, lievästi ruskehtavan pikimustaa hienojakoista ainesta
		80-87	Hopeanharmaata, luultavasti varsin puhdasta savea

Taulukko 10. Jatkuu

Havaintopaikka	Vesisyv. (m)	Sedimentin näytesyvyys (cm)	Sedimentin ulkonäkö
5 (Kikosalmen edusta)	1,35	0-100	Hyvin vesipitoista, jokseenkin pikimustaa hienojakoista ainesta
		100-198	Jokseenkin pikimustaa hienojakoista ainesta, vesipitoisuus ehkä noin 60...70%
		198-200	Tummanharmaata hienojakoista ainesta, ehkä saven ja orgaanisen aineksen sekoitus
		205-258	Ilmeisen puhdas hopeanharmaa savi, jossa runsaasti epäsäännöllisin välein ohuita (noin 1...10 mm) jokseenkin pikimustia raitoja
6 (Kiurusaaren edusta)	1,70	0-25	Pikimustaa hienojakoista, vesipitoista ainesta
		25-41	Ruskeaa hienojakoista ainesta, valtaosin hiekkaa
7 (Löppölän-salmen edusta)	1,23	0-15	Hajoamatonta vesisammalmassaa
		15-30	Vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta; hiekan ja orgaanisen aineksen sekoitusta
		30-50	Ruskehtavan mustaa, hienojakoista ainesta, seassa ehkä hiukan savea
8 (Pienen ja Suuren Kukko-saaren välissä)	1,42	0-25	Hyvin vesipitoista, hienojakoista ainesta, seassa hiekkaa runsaasti
		25-40	Hienojakoista hiekkaa, mustan liuennon orgaanisen aineksen värjäämää, seassa hyvin huonosti hajonneita makrofyyttien kappaleita
9 (Rutalahden edustalla)	1,69	0-61	Ruskehtavan pikimustaa hienojakoista ainesta, pinnimmäisessä 0-10 cm:ssä hienojakoista hiekkaa seassa
10 (Rutalahti)	0,75	0-128	Ruskehtavan mustaa hienojakoista vesipitoista ainesta, pinnimmäisen 0-25 cm:n vesipitoisuus hyvin korkea
		128-130	Melko puhtaanoloista harmaata savea, seassa karkeaa orgaanista ainesta

Taulukko 11. Ristilahden havaintopaikkojen 5A, 11, 12 ja 13 pohjasedimentin ulkonäkö ja muut visuaaliset havainnot.

Havaintopaikka	Vesisyv. (m)	Sedimentin näytesyvyys (cm)	Sedimentin ulkonäkö
5A (Jerusaaren eteläpuolella)	1,74	0-9	Tummanruskeaa, hienojakoista, hyvin vesipitoista ainesta
		9-26	Tummanruskeaa, kuivakkaa, runsaasti karkeaa eloperäistä ainesta seassa
11 (keskinen ulappa)	2,39	0-157	Tummanruskeaa, hyvin vesipitoista ainesta, hiukan huonosti hajonnutta makrofyyttiainesta seassa
		157-200	ilmeisen puhdasta harmaata savea
12 (Haukolanniemestä noin 400 metriä pohjoiseen)	2,41	0-35	Tummanruskeaa, hienojakoista hyvin vesipitoista ainesta
		35-58	Jokseenkin mustaa hienojakoista vesipitoista ainesta
		58-62	Hienojakoista mineraaliainesta, ts. hiekkaa
13 (Kylmälahden uimarannan edusta)	2,25	0-10	Hienojakoista ja hyvin vesipitoista tummanruskeaa ainesta
		10-93	Tummanruskeaa hienojakoista ainesta
		93-95	Hienojakoista mineraaliainesta, ts. hiekkaa

Taulukko 12. Tummanpuhuvan (pikimusta, tummanruskea, ruskehtavan musta) pinnimmäisen (hopeisen saven yläpuolisen) sedimenttikerroksen kokonaispaksuus Ristilahden havaintopaikoilla 1 - 13 keväällä 2015. Keskimäärin tutkituilla havaintopaikoilla oli tätä sedimenttiä 1,05 metriä. Kun Ristilahden vesialaksi asetetaan 250 hehtaaria, on tämän perusteella karkeasti arvioituna ko. sedimenttiä noin 2 625 000 kuutiometriä.

Havaintopaikka	Tumman ja vesipitoisen sedimentin kokonaispaksuus (cm)
1 Kengänlahden edusta	117
2 Tervaniemen edusta	126
3 ulappa	319
4 Hiidenniemen ja Lehminiemen välillä	80
5 Kikosalmen edusta	205
5A Jerusaaren eteläpuolella	26
6 Kiurusaaren edusta	25
7 Löppölän-salmen edusta	50
8 Pienen ja Suuren Kukko-saaren välissä	25
9 Rutalahden edusta	61
10 Rutalahti	128
11 ulappa	157
12 Haukolanniemestä noin 400 metriä pohjoiseen	58
13 Kylmälahden uimarannan edusta	93
Keskiarvo	105



Kuva 13. Lähikuva Kengänlahden edustan havaintopaikan 1 tummasta ja vesipitoisesta sedimentistä, 03.02.2015.



Kuva 14. Ristilahden Kengänlahden edustan havaintopaikan 1 pohjasedimenttinäyte 0...1 m 03.02.2015.

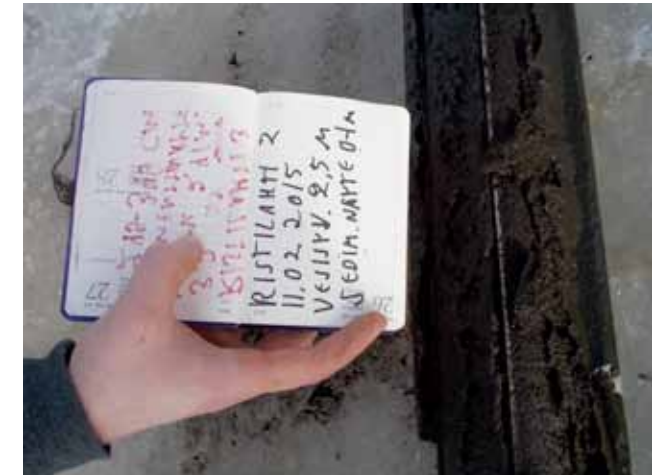


Kuva 15. Ristilahden havaintopaikan 1 [Kengänlahden edusta] sedimenttinäytteen loppuosa, 03.02.2015. Aivan näytteen alapää (115-117 cm) on puhtaanoloista hopeanharmaata savea.

Kuva 16. Ristilahden havaintopaikan 2 [Tervaniemen edusta] pohjasedimenttinäyte 0-1 metriä 11.02.2015; ruskehtavan mustaa, hienojakoista vesipitoista ainesta.



Kuva 17. Ristilahden havaintopaikan 2 [Tervaniemen edusta] pohjasedimenttinäytteen alapää 11.02.2015; sedimenttisyvyys 1,12 metriä. Aivan loppupäässä löysän ja tumman sedimentin seassa on hiekkaa ja pohja oli erittäin kova.

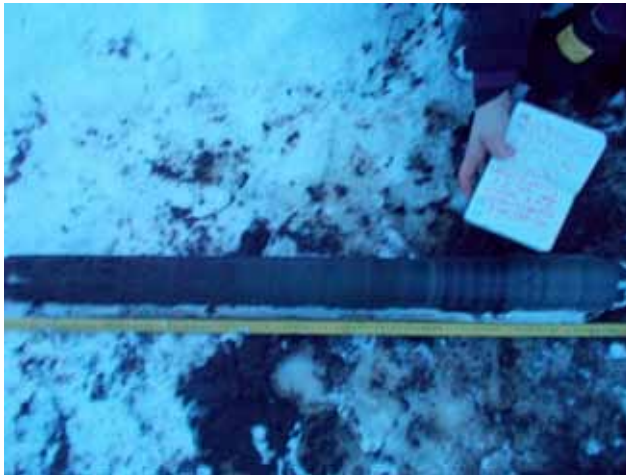


Kuva 18. Lähikuva Ristilahden havaintopaikan 3 sedimentistä, näytesyvyys 0-1 metriä, 03.02.2015. Tätä samankaltaista ainesta havaintopaikalla oli 319 cm, jonka jälkeen [319-349 cm] sedimentissä oli puhtaanoloista hopeanharmaata savea, jonka seassa oli epäsäännöllisin välein ohuita, noin 1...10 millimetrin levyisiä, jokseenkin pikimustia raitoja [kuva 20].





Kuva 19. Yleiskuva Ristilahden havaintopaikan 3 (melko keskellä Ristilahden ulappaa) pinnimmäisestä (0...319 cm) mustanpuhuvasta, hienojakoisesta ja ilmeisen vesipitoisesta sedimentistä 03.02.2015.



Kuva 20. Ristilahden havaintopaikan 3 (ulappa, melko keskellä Ristilاهtea) sedimenttinäytteen syvin (alin) näyte 249-349 cm 03.02.2015. Näytteen loppuosa, noin 319-349 cm, on pääosin puhtaanoloista hopeanharmaata savea. Havaintopaikalta 3 teetätettiin myös sedimentin laboratorioanalyysit kokoomänäytteestä 0...50 cm.



Kuva 21. Ristilahden Hiidenniemen ja Lehminiemen välisen havaintopaikan 4 pohjasedimenttinäytteen 0...87 cm alapää 03.02.2015. Havaintopaikalla oli siten 80 cm tummanpuhuvaa, ruskehtavan pikimustaa hienojakoista ainesta 80 cm ja välittömästi sen alapuolella kuvan mukaista, hopeanharmaata melko puhtaanoloista ja tiukkaa savea.

Kuva 22. Ristilahden Hiidenniemen ja Lehminiemen välisen havaintopaikan 4 koko pohjasedimenttinäyte 0...87 cm, 03.02.2015.



Kuva 23. Näkymä Ristilahden Kikosalmelle 03.02.2015. Kikosalmi on sulana ja kyseisenä ajankohtana Ristilahden vesi purkautui luoteeseen Suureen Norpanlahteen (→ Mehtolanlahteen).



Kuva 24. Ristilahden havaintopaikan 5 (Kikosalmen edusta) sedimenttinäyte 0...100 cm 03.02.2015; hyvin vesipitoista, lievästi ruskehtavan pikimustaa hienojakoista ainesta. Silmämääräisesti ja käsikopelolla arvioituna samankaltaista sedimenttiä oli 198 cm:n syvyyteen saakka (katso myös kuvat 25,26 ja 27).





Kuva 25. Ristilahden havaintopaikan 5 (Kikosalmen edusta) sedimenttinäyte 100...200 cm 03.02.2015. Aivan näytteen alapäässä (198...200 cm) hyvin vesipitoinen, lievästi ruskehtavan pikimusta hienojakoinen aines vaihtuu tummanharmaaksi hienojakoiseksi aineeksi, luultavasti saven ja orgaanisen aineksen sekoitukseksi. Tätä "sekoitusta" ulottui 205 cm:n sedimenttisyvyteen, jonka alapuolella oli puhtaanoloista, hopeanharmaata savea, jossa oli epäsäännöllisin välein runsaasti ohuita (noin 1...10 mm) ja jokseenkin pikimustia raitoja (katso myös kuvat 26 ja 27).



Kuva 26. Ristilahden havaintopaikan 5 (Kikosalmen edusta) sedimenttinäyte 158...258 cm 03.02.2015.



Kuva 27. Ristilahden havaintopaikan 5 (Kikosalmen edusta) sedimenttinäytteen 158...258 cm alapää 03.02.2015. Katso myös kuva 26.

Kuva 28. Ristilahden havaintopaikan 6 (Kiurusaaren edusta) sedimenttinäyte 0-41 cm 11.02.2015. Näytteestä 0...25 cm oli jokseenkin pikimustaa, hienojakoista ja hyvin vesipitoista ainesta. Loput kairalla saadusta näytteestä (25...41 cm) oli ruskeaa, melko hienojakoista ainesta, pääosin (jopa valtaosin) hiekkaa.



Kuva 29. Ristilahden havaintopaikan 7 (Löppölänsalmen edusta) pohjasedimenttinäyte 0...50 cm 11.02.2015. Näytteen pinnassa (0...15 cm) on jokseenkin hajomatonta kuiri- tai sirppisammalmassaa. Sedimenttisyvydessä 15...30 cm oli vaaleanruskeaa hienojakoista ainesta; hiekan ja orgaanisen aineksen sekoitusta nähtävästi. Alin sedimenttikerros (25...41 cm) oli ruskeaa hienojakoista ainesta, käsikopelolla ja visuaalisesti arvioiden pääosin (jopa valtaosin) hiekkaa.



Kuva 30. Lähikuva Puruveden Ristilahden havaintopaikan 7 (Löppölänsalmen edusta) sedimenttinäytteen pinnassa (0...noin 15 cm) olleesta kuiri- tai sirppisammalmassasta 11.02.2015.





Kuva 31. Puruveden Ristilahden havaintopaikan 8 (Pienen ja Suuren Kukkosaaressa välissä) pohjasedimenttinäyte 0...40 cm 11.02.2015. Pääosa tai jopa valtaosa näytteestä oli hiekkaa, jonka seassa oli hyvin tummaa, suorastaan mustaa hienojakoista orgaanista ainesta sekä hyvin huonosti hajonneita makrofytyttien kappaleita.



Kuva 32. Puruveden Ristilahden havaintopaikan 9 (Rutalahden edusta) pohjasedimenttinäyte 0...61 cm 11.02.2015. sedimentti oli visuaalisesti ja käsikopelolla arvioituna ruskehtavan pikimustaa melko hienojakoista ainesta. Pintakerroksessa (0...10 cm) oli tämän aineksen lisäksi myös suhteellisen runsaasti hiekkaa seassa.



Kuva 33. Lähikuva Puruveden Ristilahden havaintopaikan 9 (Rutalahden edusta) pohjasedimenttinäytteestä 11.02.2015. Kuvassa syvin kairalla saatu aines, sedimenttisyvyys noin 40...61 cm. Aines oli siten niin tiukkaa ja tiivistä, ettei raskaalla turvekairalla kolmen miehen voimin syvemmälle päästy.



Kuva 34. Puruveden Ristilahden havaintopaikan 10 (Rutalahti) pohjasedimenttinäyte (0...100 cm) 11.02.2015. Kaiken kaikkiaan tätä ruskehtavan mustaa hienojakoista ilmeisen vesipitoista ainesta oli 128 cm. Sen alapuolelta saatiin noin 2 cm tiukkaa, melko puhtaanoloista harmaata savea (katso myös kuva 35).



Kuva 35. Puruveden Ristilahden havaintopaikan 10 (Rutalahti) pohjasedimentti, näytesyvyys noin 120...130 cm. Viimeiset 2 cm (sedimenttinäytesyvyys 128...130 cm) on visuaalisesti ja käsikopelolla arvioituna melko puhtaanoloista harmaata savea.

4.2 PINTASEDIMENTIN HAPETUS-PELKISTYSASTE

Taulukko 13. Puruveden Ristilahden pintasedimentin hapetus-pelkistysaste (redox-potentiaali, E_h) havaintopaikoilla 1-13 kevättalvella 2015.

Havaintopaikka (vesisyvyys)	E _h 24.02.2015 (mV)	E _h 17.03.2015 (mV)	E _h 24.-25.03.2015
1 (1,77 m)	Ei mitattu	+485	+197
2 (2,50 m)	Ei mitattu	-2	+6
3 (2,41 m)	-77	-28	+133
4 (2,19 m)	-34	-142	+91
5 (1,35 m)	+115	+105	+35 (5A)
6 (1,70 m)	+194	-131	Ei mitattu
7 (1,23 m)	+215	Ei mitattu	+175
8 (1,42 m)	Ei mitattu	-8	+175
9 (1,69 m)	+399	Ei mitattu	+159
10 (0,75 m)	+48	Ei mitattu	Ei mitattu
11 (2,54 m)	Ei mitattu	Ei mitattu	+128
12 (2,30 m)	Ei mitattu	Ei mitattu	+114
13 (2,30 m)	Ei mitattu	Ei mitattu	+69
Olosuhteet	Havaintopaikkojen 3, 4 ja 5 mittaus-ta saattoi häiritä navakka tuuli	Tyyntä, muutama aste lämmintä, moitteettomat mittausolot	24.3. kova, navakka tuuli, +3 °C, 25.3. +0 °C, tyyni, hyvä mittausää

4.3 POHJASEDIMENTIN LABORATORIOANALYYSIT

Taulukko 14. Ristilahden ulappa-alueen havaintopaikan 3 (vesisyvyys 2,45 metriä) pohjasedimentin laboratorioanalyysit 17.03.2015 otetusta kokoomanäytteestä 0-50 cm. Näytesedimentti oli ulkonäöltään lähes pikimustaa ja hienojakoista ainesta.

Vesipitoisuus (%)	Orgaanisen aineksen pitoisuus (%)	Mineraaliaineksen pitoisuus (%)	Kokonaisfosforin pitoisuus (g/kg kuiva-aine)	Kokonaistypen pitoisuus (g/kg kuiva-aine)
82,2	3,0	14,8	0,52	9,0

4.4 POHJAEÄLMISTÖ

Puruveden Ristilahden havaintopaikoilta 1 – 13 löydettiin yhteensä 12 pohjaeläintaksonin edustajia. Shannon-Wiener -indeksin arvo koko aineistolle on 1,72.

Taulukko 15. Ristilahden pohjaeläimistön havainnot kevättalvella 2015. Keskimäärin 1,0 neliömetrillä eläinten kokonaismäärä oli 701 kappaletta. (Jatkuu seuraavalla sivulla)

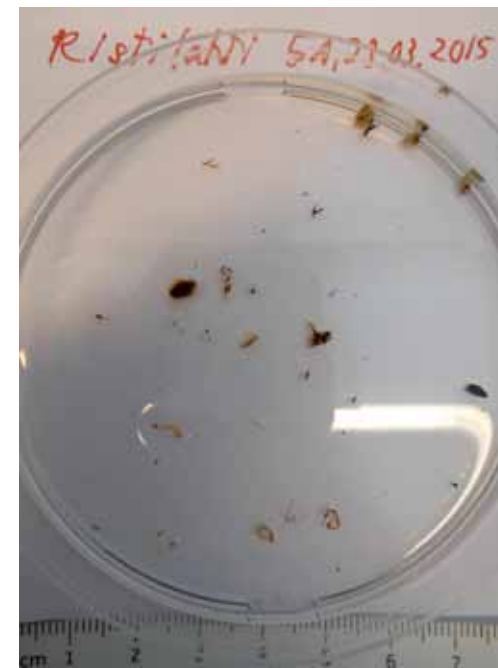
Havaintopaikka (pvm)	Taksoni (kpl/m ²)					
	Chironomidae	Chaoborus spp.	Oligochaeta	Ceratopogonidae	Asellus aquaticus	Stagnicola palustris
	Surviais-sääski	Sulkasääski	Harvasukkamato	Polttiainen	Vesisiira	Järvilimakotilo
1 (12.2.)	138	69	208	277	0	0
1 (26.3.)	138	0	138	138	0	0
2 (12.2.)	519	0	104	208	0	0
2 (25.3.)	277	0	0	138	0	0
3 (12.2.)	761	0	0	0	0	0
3 (24.3.)	796	104	69	381	0	0
4 (12.2.)	35	0	0	0	0	0
4 (24.3.)	311	35	35	35	0	0
5 (12.2.)	346	104	346	69	0	0
5A(24.2.)	381	0	173	277	0	0
5A (24.3.)	138	0	0	0	0	0
6 (24.2.)	104	0	277	69	0	0
7 (24.2.)	0	0	0	0	69	35
7 (24.3.)	0	35	0	173	346	0
8 (12.2.)	0	0	35	0	242	0
8 (25.3.)	69	0	104	104	554	0
9 (12.2.)	69	0	69	277	0	0
9 (25.3.)	69	0	35	346	0	0
10 (12.2.)	415	35	69	242	0	0
11 (24.3.)	761	35	104	35	0	0
12 (25.3.)	623	0	0	0	0	0
13 (25.3.)	346	35	246	242	0	0
keskiarvo	286	21	91	137	55	2
osuus (%)	40,8	3,0	13,0	19,5	7,9	0,3

Taulukko 15. Jatkuu

Havaintopaikka (pvm)	Taksoni (kpl/m ²)					
	Nematoda	Lymnaea sp.	Anodonta cygnea	Trichoptera	Pisidium spp.	Planorbidae
	Sukkulamato	Limakotilo	Järvisimpukka	Vesiperhonen	Herne-simpukka	Kiekkokotilo
1 (12.2.)	69	0	0	0	0	0
1 (26.3.)	69	35	0	0	0	0
2 (12.2.)	415	0	0	173	0	0
2 (25.3.)	69	0	0	0	0	0
3 (12.2.)	0	0	0	0	0	0
3 (24.3.)	0	0	0	35	0	0
4 (12.2.)	0	0	0	104	104	69
4 (24.3.)	69	0	35	0	0	0
5 (12.2.)	0	0	0	0	0	0
5A(24.2.)	138	0	69	0	0	0
5A (24.3.)	35	0	0	0	0	0
6 (24.2.)	138	0	0	0	0	0
7 (24.2.)	0	0	0	0	0	0
7 (24.3.)	69	0	0	35	0	0
8 (12.2.)	35	0	0	0	0	0
8 (25.3.)	69	0	0	138	0	0
9 (12.2.)	69	0	0	0	0	0
9 (25.3.)	0	0	0	0	0	0
10 (12.2.)	0	0	0	0	0	0
11 (24.3.)	0	0	0	0	0	0
12 (25.3.)	35	0	0	0	0	0
13 (25.3.)	311	0	0	0	0	0
keskiarvo	72	2	5	22	5	3
osuus (%)	10,3	0,3	0,7	3,1	0,7	0,4

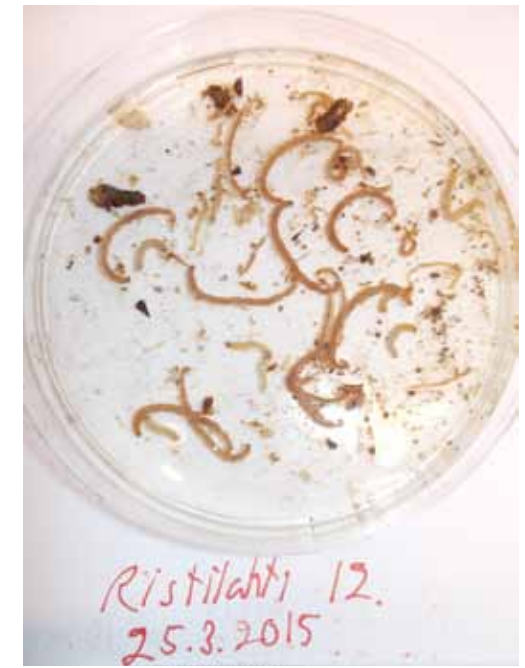


Kuva 36. Puruveden Ristilahden havaintopaikkojen 1 [Kengänlahden edusta], 2 [Tervaniemen edusta] ja 3 [ulappa, jokseenkin keskinen Ristilahti] Ekman-noutimella saatuja pohja-eläinnäytteitä kevättalvella 2015.



Kuva 38. Puruveden Ristilahden havaintopaikkojen 5A (Jerusaaren eteläpuoli), 6 (Kiurusaaren edusta) ja 7 (ulappa, jokseenkin keskinen Ristilahti) Ekman-noutimella saatuja pohjaeläinnäytteitä keväällä 2015. Huom. Alaoikealla oleva näyte "Ristilahti 7, 24.2.2015" on otettu 24.3.2015.

Kuva 37. Puruveden Ristilahden havaintopaikkojen 3 (ulappa, jokseenkin keskinen Ristilahti), 4 (Hiidenniemen ja Lehminiemen välillä) ja 5 (Kikosalmen edusta) Ekman-noutimella saatuja pohjaeläinnäytteitä keväällä 2015.



Kuva 40. Puruveden Ristilahden havaintopaikkojen 10 [Rutalahti], 12 [Haukolanniemestä noin 400 metriä pohjoiseen] ja 13 [Kylmälahden uimarannan edusta] Ekman-noutimella saatuja pohjaeläinnäytteitä kevättalvella 2015.

Kuva 39. Puruveden Ristilahden havaintopaikkojen 8 [Pienen ja Suuren Kukkosaaren välissä] ja 9 [Rutalahden edusta] Ekman-noutimella saatuja pohjaeläinnäytteitä kevättalvella 2015.

4.5 VEDENLAADUN MITTAUKSET

Taulukko 16. Puruveden Ristilahden veden fosfaattifosforin ja nitraattityypen pitoisuus eräillä pohjasedimentin ja pohjaelämistön havaintopaikoilla 24.-25.03.2015 sekä Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen vastaavat havainnot omalta seurantapisteeltään 19.03.2015. Näkösyvyys oli 1,5 metriä Ristilahden keskisellä ulapalla 24.03.2015.

Havaintopaikka	Kokonais-syvyys [m]	Näyte-syvyys [m]	PO ₄ ³⁻ -P [µg/l]	NO ₃ ⁻ -N [µg/l]
2	2,35	1,0	2	520
		1,35	10	830
3	2,45	1,0	9	160
		1,45	4	260
7	1,20	0,6	43	1110
8	1,65	0,8	17	1090
9	1,69	0,85	16	860
11	2,39	1,0	9	310
		1,39	7	280
12	2,41	1,0	1	410
		1,41	8	45
13	2,25	1,0	4	0
		1,25	4	510
ELY-keskuksen seurantapiste	2,4	1,0	3	210

5 Tulosten tarkastelu

5.1 POHJASEDIMENTIN KOKONAISMÄÄRÄ JA LABORATORIOANALYYSIT

Tummanpuhuvan, ts. pikimustan, tummanruskean tai ruskehtavan mustan ja löyhän sedimentin kokonaismäärä vaihtelee varsin voimakkaasti Ristilahdessa. Havaintopaikoilla 1 – 13 sen määrä oli noin 25...319 cm (taulukot 10, 11 ja 12, kuvat 13–22 ja 24–35). Keskimäärin ainesta oli 105 cm. Melko keskeltä havaintopaikalta 3 otetun mustanpuhuvassa näytteessä (0...50 cm) veden osuus sedimentin kokonaismassasta oli noin 82 % (taulukko 14). Kuiva-aineen osuus sedimentinäytteen kokonaismassasta oli 17,8 %. Tästä mineraaliaineen osuus oli noin 83 %. Loput noin 17 % sedimentin kuiva-aineesta (noin 3 % sedimentin kokonaismassasta) on orgaanista ainesta, kuten humusyhdisteitä. Yhdessä sedimenttiin sitoutuneen raudan kanssa tämä orgaaninen aines värjää sedimentin tummaksi. Sedimentin rautapitoisuutta ei nyt tutkittu, koska se ei tietävästi ole ongelma Ristilahdessa.

Ristilahden tummanpuhuvan vesipitoisen sedimentin kokonaismäärä on karkeasti arvioituna noin (1,05 m x 2 500 000 m² =) 2 625 000 kuutiometriä. Vesipitoisuuden, kuiva-ainepitoisuuden ja hehikutushäviön perusteella tämän sedimentin laskennallinen ominaispaino on 1,12 g/cm³ (laskentamenetelmä: Itkonen 2015). Tällöin Ristilahden mustanpuhuvan sedimentin kokonaismassa on lähes kolme miljoonaa tonnia. Tästä vettä on noin 82,2 % eli noin 2,4 miljoonaa tonnia. Kuiva-ainetta sedimentistä on noin 178 g/kg eli noin puoli miljoonaa tonnia. Tämä sisältää kokonaisfosforia karkeasti arvioiden yhteensä (0,52 g/kg x 522 797 000 kg) ≈ 272 000 kg. Kokonaistypen vastaava määrä on noin (9,0 g/kg x 522 797 000 kg) ≈ 4 700 000 kg. Ristilahden vesimassassa on kokonaisfosforia noin (18 mg/m³ x 1,86 metriä x 2 500 000 m²) ≈ 84 kg kokonaisfosforia. Tämä on siten noin 0,03 % sedimentin sisältämästä kokonaisfosforin määrästä. Kokonaistyyppiä on vesimassassa vastaavasti noin (523 mg/m³ x 1,86 m x 2 500 000 m²) ≈ 2400 kg. Tämä on noin 0,05 % sedimentin sisältämän kokonaistypen määrästä.

Taulukko 17. Puruveden Ristilahden mustanpuhuvan, ilmeisen puhtaan savikerroksen yläpuolisen löyhän pohjasedimentin eräitä karkeahkosti arvioituja ominaisuuksia kenttä- ja laboratoriomittausten perusteella [taulukot 12 ja 14]. Sedimentin tiheydeksi on geologi, FT Arto Itkonen laskentamenetelmällä arvioitu 1,12 g/cm³ [Itkonen 2015].

Sedimentin tunnusluku	Sedimentin kokonaismäärä [m ³]	Sedimentin kokonaismassa [10 ³ kg]	Osuus kokonaismassasta [%]
	2 625 000	2 937 060	100,0
Veden osuus		2 408 389	82,2
Kuiva-aineen osuus		522 797	17,8
Mineraali-aineoksen osuus		434 685	14,8
Orgaanisen aineoksen osuus		88 112	3,0

Taulukko 18. Puruveden Ristilahden karkeahkosti arvioitujen kokonaisfosforin ja kokonaistypen määrät Ristilahden koko vesimassassa sekä väriltään tummassa, hopeisenharmaan saven yläpuolisessa sedimentissä.

	Kokonaisfosfori [kg]	Kokonaistyyppi [kg]
pohjasedimentti	271 854	4 705 173
vesi	84	2432

5.2 PINTASEDIMENTIN HAPETUS-PELKISTYSASTE

Ristilahden havaintopaikkojen 1–13 pintasedimenttien hapetus-pelkistysasteen (E_h) havainnot helmikuun lopulta maaliskuun lopulle 2015 vaihtelivat -142...+485 millivoltia (taulukko 13). Yhteensä mittauksia tehtiin 25 kertaa. Vain kahdesti redox-potentiaali ylitti +300 millivoltia, joka on yleisesti tunnettuna perusedellytyksenä fosforin pitäytymisessä järven pohjassa. Noin puolisen tusinaa mittausta antoi E_h-arvoksi noin tai lähes parisataa millivoltia, jota voidaan pitää joltisestikin välttävänä arvona.

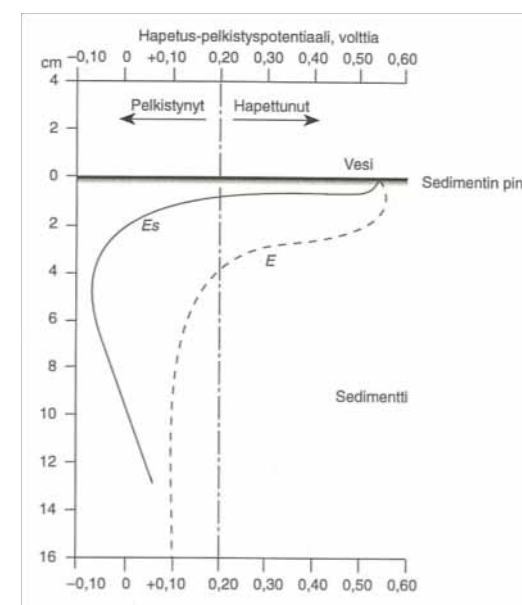
Redox-elektrodi työnnettiin mahdollisimman tarkkaan 2 cm:n syvyyteen helmikuun (24.02.2015) ja maaliskuun puolivälin (17.03.2015) mittaustapahtumissa. Viimeisellä mittauskierroksella 24.-25.03.2015 elektrodi asetettiin mahdollisimman tarkasti aivan sedimentin pintaan noin 1 millimetrin syvyyteen. Varsinaista johdonmukaista eroa saman havaintopaikan eri mittausten välillä ei mainittavasti voida todeta (taulukko 13).

Kokonaisuutena havaintoaineisto ilmentää sisäisen kuormituksen ilmeistä riskiä Ristilahdessa, kuten fosforin ja metallien (rauta, mangaani) ajoittaista vapautumista pohjasedimentistä. Tästä on varsin selkeitä viitteitä ympäristöhallinnon vedenlaadun seurantatuloksista (kappale 2.1). Talvikerrosteisuuden loppuvaihe, johon myös tämä tutkimus ajoitettiin, on aivan keskeinen ajankohta redox-potentiaalimittaukselle järven fysikaalis-kemiallisen vedenlaadun seurannan (happi, ravinteet, metallit) tavoin. Tällöin järvien happitilanne on yleisesti heikoimmillaan jääpeitteisen kauden ollessa pisimmillään ennen kevätylivirtaamajakson alkua.

Rikkivedyn (H₂S) omintakeista löyhkää ei todettu yhdelläkään havaintopaikalla. Se vaatii myös redox-arvon -150 millivoltia; aivan näin alhaisia arvoja ei havaittu. Kuten kuva 41 ilmentää, varsinkin selkeästi rehevöityneissä järvissä sedimentin redox-arvo heikkenee suhteellisen voimakkaasti syvemmälle sedimenttiin tunkeuduttaessa. Tämän kirjoittajan kokemuksen mukaan ainakin rehevissä järvissä esimerkiksi viipaloiva Limnos-sedimenttinoudin, jonka näytteenotto-osan kokonaispituus on 65 cm, tuo tullessaan rikkivedyltä haisevia, voimakkaammin pelkistyneitä syvempiä sedimenttiaineksia, vaikka pintasedimentin E_h olisikin ”kohtuullisen vähän pelkistynyt”, E_h-arvoltaan jopa positiivinen. Tällaista ei havaittu Ristilahdella Limnos-noutimella tai turvekairalla näytteitä otettaessa.

E _h -arvo [muutos] [mV]	Kemiallinen/biologinen tapahtuma
+520	järvivesi on hapella kyllästynyt
+450 ==> +400	NO ₃ ⁻ ==> NO ₂ ⁻
+400 ==> +350	NO ₂ ⁻ ==> NH ₄ ⁺
+300 ==> +200	Fe ³⁺ [ferrirauta] ==> Fe ²⁺ [ferrorauta]
+300 ==> +200	FePO ₄ ==> Fe ²⁺ + PO ₄ ³⁻ [järven sisäisen kuormituksen perusmekanismi]
+240	muikun mädin kehittymiselle alaraja
+100 ==> +60	SO ₃ ²⁻ ==> S
-150	H ₂ S:ä [rikkivety eli divetyysulfidi] alkaa vapautua pohjasedimentistä
-250	CH ₄ :a [metaani] alkaa vapautua pohjasedimentistä

Taulukko 19. Eräitä hapetus-pelkistyspotentiaalia ja sen muutoksia ilmentäviä fysikaalis-kemiallisia ja biologisia tapahtumia vesiekosysteemissä lähinnä Särkän (1996, 60-62) mukaan mukaeltuna.



Kuva 41. Hapetus-pelkistystien jakautuminen pohjasedimentin pinnassa oligotrofisessa (E; Ennerdale Water) ja eutrofisessa (Es; Esthwaite Water) englantilaisessa järvessä (Ruttner 1957; siteerannut Särkkä 1996, 61). Eutrofisessa järvessä redox-potentiaali laskee alle +0,20 voltin (+200 millivoltin) jo heti sedimentin pinnan alapuolella.

5.3 POHJAEÄIMISTÖ

Puruveden Ristilahdelta otettiin klassisella Ekman-tyypin noutimella 14 havaintopaikalta yhteensä 22 pohjaeläinnäytettä kevättalvella 2015. Näistä poimittiin ja tunnistettiin yhteensä 12 eri taksonia. Mahdollisesti taksonia oli hiukan enemmän. Tämä voisi koskea lähinnä surviaissääsken toukkia, jotka kaikki on luokiteltu pääheimoon Chironomidae. Jotkut poimitut yksilöt voivat kenties kuulua johonkin alaheimoon ja ylipäätään siis toiseen lajiin ja siten mahdollisesti hiukan kohottaa Shannon-Wiener -indeksiä. Koko Ristilahdelle määritettynä tämä indeksi on joka tapauksessa varsin matala (1,72) ja ilmentää jokseenkin alhaista biodiversiteettiä (vrt. taulukko 9). Useimmat tunnistetut taksonit ovat tyypillisiä mesotrofisten ja eutrofisten vesien asukkeja (taulukko 20). Nämä pohjaeläimistön havainnot ovat johdonmukaisia muiden pohjan tilasta nyt tehtyjen havaintojen (melko voimakas liettyneisyys ja alhainen redox-potentiaalin taso) kanssa. Havaintopaikoilta 4 ja 5A saadut järvisimpukat olivat jo aiemmin, ts. ennen näytteenottoa, kuolleita (kuva 37).

Taulukko 20. Puruveden Ristilahdesta kevättalvella 2015 löydettyjen pohjaeläintaksonien indikaattoriarvo.

Taksoni	Vesiekosysteemin rehevyystaso, jota ilmentää, suosii, sietää
Surviaissääsken toukka (Chironomidae)	Yleensä eutrofia
Sulkasääsken toukka (Chaoborus sp.)	Eutrofia
Harvasukasmato (Oligochaeta)	Yleensä eutrofia
Polttiaisen toukka (Ceratopogonidae)	Eutrofia
Vesisiira (Asellus aquaticus)	Mesotrofia
Limakotilo (Lymnaea sp.)	Mesotrofia
Sukkulamato (Nematoda)	Eutrofia
Järvisimpukka (Anodonta cygnea)	Oligotrofia...mesotrofia
Vesiperhosen toukka (Trichoptera)	Oligotrofia
Hernesimpukka (Pisidium sp.)	Oligotrofia
Kiekkokotilo (Planorbidae)	Oligotrofia...mesotrofia

5.4 VEDENLAADUN MITTAUKSET

Kahdeksalta pohjantutkimuspaikalta mitattiin veden fosfaattifosforin ja nitraattitypen pitoisuudet 24.-25.03.2015. Pohjois-Karjalan ELY-keskus oli tutkinut havaintopaikkansa vedenlaadun (PO_4^{3-} -P 3 $\mu\text{g/l}$ ja NO_3^- -N 210 $\mu\text{g/l}$; näytesyvyys 1,0 metriä) 19.03.2015. Pohjantutkimuspaikoilla fosfaattifosforin pitoisuudet vaihtelivat 1 – 43 $\mu\text{g/l}$ ja nitraattitypen pitoisuudet 0 – 110 $\mu\text{g/l}$ (taulukko 16). Suomen suurten ja keskisuurten järvien veden keskimääräinen fosfaattifosforipitoisuus on noin 4 $\mu\text{g/l}$ ja nitraattitypen vastaava pitoisuus noin 92 $\mu\text{g/l}$ (Särkkä 1996, 65, 67).

Lähinnä ELY-keskuksen havaintopistettä olevilla havaintopaikoilla 2, 12 ja 13 pitoisuudet (PO_4^{3-} -P 1...4 $\mu\text{g/l}$ ja NO_3^- -N 0...520 $\mu\text{g/l}$) olivat 1,0 metrin näytesyvyydessä enimmäkseen samaa suuruusluokkaa. Haukolanlahden ja Suuren sekä Pienen Kukkosaaren edustan havaintopaikkojen 7, 8 ja 9 ravinnepitoisuudet (PO_4^{3-} -P 16...43 $\mu\text{g/l}$ ja NO_3^- -N 860...1110 $\mu\text{g/l}$) olivat selkeästi korkeimmat kaikista tutkituista havaintopaikoista (taulukko 16). Näiden havaintopaikkojen alueelle purkaa vetensä Ristilahden suurin osavaluma-alue Haukolanjoki. Kohonneiden pitoisuuksien alkuperä on valuma-alueen kuormituksesta ja/tai pohjasedimentistä. Tätä ei voida tarkemmin pelkkien järvipitoisuuksien perusteella arvioida.

6 Johtopäätökset

Puruveden Ristilahden pohjaan on kertynyt runsaasti sen sietokyvyn ylittävää löyhää ja hyvin vesipitoista, heikosti mineralisoitunutta sedimenttiä. Sedimentin fosforin ja myös typen varastot ovat musertavan suuria järviveteen verrattuna, ja heikosti hajonneen sedimentin aiheuttama kohonnut hapenkulutus ajoittain kiihdyttää sisäistä kuormitusta eli ravinteiden ja myös eräiden raskasmetallien vapautumista järven pohjasta. Heikko Ristilahden pohjan fysikaalis-kemiallinen tila luo varsin huonot elinot pohjaeläimistölle, joka lajistoltaan on suppea. Tämä ei edesauta särkikalavaltaista kalastoa, joka tahtomattaan voi heikentää lahden tilaa syömällä ja siten mineralisoimalla nälissään myös pohjasedimenttiä.

Järven sietokyky tarkoittaa yleisesti sitä, että järven tuleva kuormitus on niin maltillinen, että järvi ennättää hapekkaissa oloissa hajottaa, mineralisoida, valuma-alueelta ja järven omasta tuotannosta tulevan eloperäisen aineksen niin tehokkaasti, että järven pohjan happitilanne on riittävän hyvä pidättämään ravinteet pohjassa. Esimerkiksi fosfori saostuu tällöin hapettuneen ferriraudan (myös usein alumiinia ja -OH-ryhmiä) kanssa järven pohjaan. Ristilahti on ympäröivältä maastoltaan laakea, tuulille ja siten vesimassan ja sedimentin hapettumiselle hyvin altis järviallas, mutta ainakin joskus vallinneen (nykyistä kuormitusta ei vielä tunneta) korkean valuma-alueelta tulleen kuormituksen ja lahden mataluuden (pienen vesitilavuuden) vuoksi lahti on raskaasti liettynyt.

Ristilahden pohjan tilaan myönteisesti vaikuttavina kunnostustoimina voisivat tulla lähinnä kyseeseen hapetus, ruoppaus, pohjan pöyhintä ja biomanipulaatio. Mikäli ulkoinen, eli käytännössä valuma-alueelta tuleva ravinteiden ja orgaanisen aineksen kuormitus edelleen on korkea, myös kaikki kuormitusta vähentävät keinot ovat oleellisen tärkeitä pohjankin tilan kohentamiseksi. Tällaisia menetelmiä ovat erilaiset vesiensuojelutekniset rakenteet, kuten kosteikot, laskeutusaltaat, pohjapadot ja pintavalutuskentät, lähinnä hajakuormituksen pidättämiseksi. Vesistökuormitusta vähentävät, vesistöä kunnioittavat käytänteet maa- ja metsätaloudessa sekä haja- ja loma-asutuksessa ovat oleellisen tärkeitä. Näiden tekijöiden nykytila Ristilahden valuma-alueella

on toistaiseksi selvittämättä ulkoisen kuormituksen tavoin. Itse järvaltaassa tehtävien mahdollisten kunnostustoimien (kuten biomanipulaatio, hapetus, pohjan pöyhintä, ruoppaus) hyöty jää aikaa myöten vähäiseksi ja mitätöityy, mikäli valuma-alueen kuormitus jatkuu korkeana.

Järven asennettavalla hapetinlaitteella kyetään kiihdyttämään pohjaan kertyneen eloperäisen aineksen hajoamista ja vähitellen, järven pohjaan kertyneen heikosti hajonneen aineksen määrästä riippuen, tyrehdyttämään sisäinen kuormitus eli fosforin sekä myös typen ja myös eräiden raskasmetallien kuten raudan ja mangaanin vapautuminen järven pohjasta. Hapetinlaitteista on erittäin hyviä kokemuksia myös Pohjois-Karjalasta, kuten Kiteenjärveltä, Tohmajärveltä ja Outokummun Kalattomanlammelta.

Vesipitoisen, orgaanista ainesta sisältävän sedimentin määrä vaihtelee tutkittujen havaintopaikkojen valossa hyvin voimakkaasti Ristilahdella. Siten ainakin suppeammat ruoppaukset voisivat tulla Ristilahdella kyseeseen. Toki laajemmatkin ruoppauksetkin edistäisivät Ristilahden tilaa, mutta havaitun, hyvin vesipitoisen sedimentin poisto esimerkiksi imuruoppaamalla on yleisesti varsin kallista toimintaa. Esimerkiksi muutama vuosi sitten Tohmajärven Vääränlahdesta imuruopattiin aivan vastaavaa, hyvin vesipitoista sedimenttiä noin 38 000 m³. Ruoppauksen kustannukset olivat yli miljoona euroa (Karjalainen 2013). Tasan miljoonan euron kustannuksilla tämä merkitsisi yhden kuutiometrin ruoppauksen kustannukseksi noin 26 euroa. Tämä on imuruoppauksen kokonaiskustannuksille ilmeisen tavanomaista suuruusluokkaa. Tällaisen hyvin vesipitoisen liejumaisen sedimentin, ainakin laaja-alaisen ruoppauksen jälkeiseksi tukitoimeksi suositellaan yleisesti hapetusta. Ennen ruoppausta on oleellisen tärkeää mitata ruopattavan alueen sedimenttikerroksen paksuus ja pohjan topografia. Tällöin voidaan etukäteen arvioida ruoppauksesta saatava hyöty ja etenkin mahdollinen ruopattavan alueen uudelleen täyttymisen riski. Tämä koskee yhtäläillä myös aivan pieniä ruoppauksia. Mainittakoon, että nykyinen vesilaki (2011) mahdollistaa enimmillään 500 m³:n ruoppauksen ilmoitusmenettelyllä alueelliselle ELY-keskukselle. Suuremmat ruoppaukset tai esimerkiksi mahdolliset ruopattavan sedimentin merkittävät haitta-aineet vaativat aluehallintoviraston luvan.

Mekaanista pohjanpöyhintää on kokeiltu 1990-luvulta lähtien. Esimerkiksi Limnologitöimistö Vesi-Eko Oy:n kokemukset erittäin huonokuntoisten järvien pohjanpöyhinnästä spesifillä ovat olleet rohkaisevia. Limnologi, MML Paavo Seppänen Suomen Ympäristökeskuksesta kehotti SYKE:n Vesistökuormituksen koulutuspäivillä 07.11.1996 mm. ”...pöyhimään pohjallietettä laaja-alaisesti syystäyskierron aikana vetelemällä mitä tahansa laahainta veneen perässä pitkin ja poikin sillä alueella, missä päällysvesi ulottuu pohjaan.” Nurmeksen Kuohattijärven kunnostushankkeessa FM Jani Karjalainen tutki pro gradu-työssään raivausnuottauksen pöyhinnän vaikutuksia muikun ja siian mädin selviytymiseen koko talven yli (Karjalainen 1998). Raivausnuottauksella pyrittiin hajottamaan ja hapettamaan löyhää orgaanista, happea kuluttavaa sedimenttiä, joka oli tuhoisaa muikun ja siian mädille. Opinnäytetyön tulokset olivat erittäin rohkaisevia. Aiemmin maineikkaasta muikkujärvestä muikkukanta oli käytännössä kadonnut soiden uudisojitusten ja muiden metsätaloustoimien myötä. Järven veden happitilanne oli 1990-luvulla hyvä, mutta turveliejumainen mustanpuhuva sedimentti heikensi sedimentin hapekkuutta (redox-potentiaalia) merkittävästi. Tällöin raivausnuottauksella pyrittiin väkivaltaisesti särkemään omassa rauhassaan kerrostunut sedimentti ja kiihdyttämään sen aerobista hajoamista. Kuohattijärven valuma-alueen maankäyttö oli valtaosin metsätaloutta ja hyvin vähäisessä määrin maataloutta. Siten sedimentin merkittävistä haitallisista aineista ei ollut pelkoa. Kuohattijärvellä raivausnuottaus ulotettiin lähes 10 metrin syvyyteen.

Ristilahden valuma-alueelta tulevaa kuormitusta ovat selvittäneet Karelia-ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelman opiskelijat Joonas Hirvonen ja Emma-Noora Pölönen opinnäytetyössään ”Puruveden Ristilahden ja Mehtolanlahden nykytila sekä alustava kunnostus- ja hoitosuunnitelma” (Pölönen & Hirvonen 2015).

Lähteet

Hirvonen, J. & Pölonen, E-M. 2015. Puruveden Ristilahden ja Mehtolanlahden nykytila sekä alustava kunnostus- ja hoitosuunnitelma. Opinnäytetyö. Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Karelia-ammattikorkeakoulu.

Itkonen, A. 2015. Sedimentin märkätiheyden laskentamenetelmä. FCG. 16.09.2015.

Jantunen, R. 2015. Henkilökohtainen tiedonanto. Lokakuu 2015. Pro Puruvesi ry.

Karjalainen. 2013. Ruoppaus ei auttanut. Väärälähti: Vapo siivosi turveliejua yli miljoonalla eurolla. 21.09.2013.

Karjalainen, J. 1998. Pohjan laadun ja pohjanpöyhinnän vaikutukset muikun ja siian varhaiskehitykseen sekä mädin elossa säilyvyyteen. Pro gradu -tutkielma. Soveltavan eläintieteen ja eläinlääketieteen laitos. Luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunta, Kuopion yliopisto.

Kasvio, P. 2010. Espoonjoen ekologisen tilan arviointi pohjaeläimistön perusteella. Pro gradu -tutkielma. Ympäristöekologian laitos, Helsingin yliopisto.

Kemppi, S. 2014. Harakkasaaren muuttuva kasvillisuus ja siihen vaikuttavat tekijät. Pro gradu -tutkielma. Bio- ja Ympäristötieteellinen tiedekunta, Ympäristötieteiden laitos, Helsingin yliopisto. <http://hdl.handle.net/10138/136088>

Pöyry Environment Oy. 2009. Talvivaaran kaivoksen tarkkailu v. 2008. Osa IV a Pintavesien tarkkailu. http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/2008%20ymp%20rap/Talvivaara_ymparistotarkkailu_2008_osa_IV_a_Pintavedet.pdf

Pöyry Environment Oy. 2010. Vapo Oy. Iljansuon turvetuotantohanke – Vesistöjen pohjaeläinselvitys. Ympäristö/pohjaeläinraportti-tekstiosa.pdf.




Salonen, S., T. Frisk, T. Kärmeniemi, J. Niemi, H. Pitkänen, K. Silvo & H. Vuoristo, 1992. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja – sarja A, nro 96. ISBN 951-47-5715-7. Helsinki. 137 sivua.

Särkkä, J. 1996. Järvet ja ympäristö – limnologian perusteet. ISBN 951-662-667-X. Tammer-Paino Oy, Tampere. 157 sivua.

Tossavainen, T. 2015. Puruveden Ristilahden kalastorakenne syksyllä 2014 sekä alustavat kalastonhoitotoimien suositukset. Tutkimusraportti. Joensuu: Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C:Raportteja, 31.

Liitteet

Liite 1. Testausseloste. Puruveden Ristilahden pohjasedimentin laboratorioanalyysien tulokset. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.:n laboratorio.

		TESTAUSSELOSTE *Sedimentti 1.7.2015	15-11005 1 (2) #1
Pro Puruvesi ry Jantunen Reijo Laulajankatu 74 58200 KERIMÄKI			
Tilausno 230626 (X/S), saapunut 3.6.2015, näytteet otettu 17.3.2015 Näytteenottaja: Tarmo Tossavainen			
NÄYTTEET			
Lab.nro	Näytteen kuvaus		
28571	Sed. 0-50 cm, Puruvesi Ristilähti, hp 3		
MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET			
Määritys	Yksikkö	28571	
*Kuiva-aine	g/kg	178	
*Hehkutusjännös	g/kg	148	
*Fosfori, sedimentti	g/kg ka	0,52	
*Hehkutushäviö	g/kg	30	
Hehkutushäviö, LOI%	%	17	
*Typpi, sedimentti	g/kg ka	9,0	
Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin. *merkintä on akkreditoitu menetelmä.			
 Mattsson Riikka Kemisti			
Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepätarkuus- ja määrityspäivätiedot. Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.			
Katuosoite Palamäenkatu 24 33900 TAMPERE	Postiosoite PL 265 33101 TAMPERE	Puhelin *(03) 246 1111	Telekopio/Sähköposti riikka.mattsson@kvvy.fi
Alv.rek./enn.pid.rek. Y 0214391-0			

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (sulussa)
*Kuiva-aine	SFS 3008, 1990 (TL25)
*Hehkutusjäännös	SFS 3008, 1990 (TL25)
*Fosfori, sedimentti	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif. (hno3+ICP-OES mittaus) (TL25)
*Hehkutushäviö	Laskennallinen (TL25)
Hehkutushäviö, LOI%	SFS 3008:1981 (TL25)
*Typpi, sedimentti	Sis. menet. KWY LA83 (SFS 5505; 1988) (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KWY/Tampere

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämissp.
*Kuiva-aine	2015/26571	±10 %	4.6.2015
*Hehkutusjäännös	2015/26571	±15 %	5.6.2015
*Fosfori, sedimentti	2015/26571	±15 %	26.6.2015
*Hehkutushäviö	2015/26571	±15 %	5.6.2015
Hehkutushäviö, LOI%	2015/26571	±15 %	5.6.2015
*Typpi, sedimentti	2015/26571	±20 %	22.6.2015

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrityspäätelmät. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.

Kohdealueena Ristilahti "Koti-Karjala" 04.04.2015
Sedimenttitutkimukset antavat uutta tietoa Puruveden tilasta

Vuoden 2011 mittavat sinileväsienitymät Puruvedellä avasivat silmät karuun todellisuuteen. Kirkkaudesta kuuluisa järvi ei ollutkaan niin hyvässä kunnossa kuin sen uskottiin olevan.

KESÄLAIHIT
Jouko Filitti

Työt sinileväsienitymien ja järven rehevöitymisen syiden selvittämiseksi käynnistettiin välittömästi. Kuluneen talven aikana järven rehevöitymisongelmaan on pureuduttu sedimenttitutkimusten Ristilahden alueella.

Käytännössä tutkimusta on Pro Puruvesi -yhdistyksen kanssa tehty sopimuksen mukaisesti tekemässä Karelia ammattikorkeakoulun opettaja Tarmo Tossavainen johdolla.

Mittauksia on tehty helmikuusta lähtien yli kymmenessä pisteessä Ristilahden alueella.

Vuonna 2014 otettiin kuluviikolla viikolla ja sillä kertaa tutkimusryhmän kuluksi kuuluu myös kassavaroitus viikot. Pöytäkirja oli opiskelijoina Rannan, Sironian ja Unikarin myöten sekä kaksi vieraista opettajaa Botvonen ja Saubasta.

Pohjalajia jopa 3,5 metriä

Tarmo Tossavainen mukaan sedimenttitutkimuksissa selvitettiin pohjalajien alustan tyyppiä ja fosforin määrää. Siinä käytettiin myös kumpuun ravinnokesta. Lisäksi selvitettiin sedimentin vesipitoisuus.

Samaa tutkitaan myös pohjalajien määrää, millaisia eläimiä pohjalajien pohjana on ja millä tavalla olosuhteissa ne elävät elämällä.

Yksi kiinnostava laji on sarvissaalimen suola. Se on sepeutunut muista hyönteisistä peräisin elämällä erilaisia vesiolosuhteita ja pysyy elämällä hyvinkin vähäpitoisena lajina.

Pohjasedimentit on löydetty myös kaadettujen järvien laastavasta muusta materiaalista.

Tähänastaisia tutkimuksia on paljastanut, että pohjalajien määrä on lisääntynyt. Paikka paikoin heijonnan saven päällä on liejuja vain 35 cm, mutta on myös paikkoja, joissa tummanruskeita vesipitoisia märejä on pohjassa jopa 3,5 metriä.

Käytännössä sedimentit antavat paljon arvokkaita tietoja. Se kertoo järven olosuhteista ja sen valuma-alueella vaikuttavista prosesseista sekä niiden muuttamista, suunnasta ja jatkuvuudesta.



Ristilahti muuttui viime viikolla kansainvälinen tutkimusalueeksi.



Sedimenttitutkimuksia tekee Karelia ammattikorkeakoulun Tarmo Tossavainen johdolla.

Tehokalastus tarpeen

Sedimenttitutkimuksen ohella Ristilahdella on suuri, kuormitetuille järville tyypillinen särkikalakanta sekä biomassan tutkimukseen. Tämä työ tehtiin Pro Puruveden toiminnasta viime vuoden elin-ryyppäksessä.

Kalastus on paljasti, että Ristilahden kalastusolosuhteissa on voimakkaasti rehevöityneille järvien tyypillinen suuruisuusluokka. Josaahtaa todelliset Ristilahden mitatut kokonaisfosforin pitoisuudet ovat kuitenkin



Tässä näytteenotuspisteessä pohjalajia oli 96 cm.

erä kalajien kasvunopeudet kertovat petokalojen hyvistä ja ylitteistä särkikalakannan ajoittain heikosta ravintotilasta.

Tutkijat suunnittelevat Ristilahdella särkikalajien ja niiden kasvun selvittämistä. Petokaloja ei heikot määrittämällä tarvitse aktiivisesti vahvistaa menetelmillä, vaan riittää särkikalajien ja ahvenien tehoynti vahvistaa myös petokaloja.

Viime vuosina todettujen sinileväsienitymien sekä ravinto- ja raskasmetallipitoisuuksien ajoittain voimakkaan vaihtelun epäillään viittaavan valuma-alueella olevan liikenteen kuormituksen ja/tai sedimenttien vapautuvan silloin silloin kuormituksen ongelmien.

20 tonnia vuodessa Tehokalastuksen saalisarvot tulevat tutkimuksen mukaan vähentämään järven pintaa-alaan ja

vuoden fosforipitoisuuteen. Ristilahdella oli poistettava kalaa lähes 80 kiloa hehtaaria vuodessa, eli noin 20 tonnia vuodesta tehokalastusta koko 250 hehtaarin vesialueella.

Tehoynti tulisi kestää 3-4 vuotta, jotta kaikki toimivan alueen järven olot olisivat pyynnin kohteita.

Ehdolle puoleksita, että hankkeen toteutusvaiheessa tulisi kalastaa mahdollisimman hyvinä aikana mahdollisimman tehokkaasti ja ettei ensimmäisen vuosikauden kalastuksen jälkeen uuden ystävyyden nuorempien vuosiluokkien tulisi olla se asia varustettavissa poistamaan kunnossapitokseen toisista kalastusvuosista.

Muussa tapauksessa järvi tyytyväisesti särkikalajien vuosiluokilla, kalastuksen tutkimusraportissa muistutetaan.

Kuolleet järvisimpukat kertovat järven pohjan muutoksista

"Puruvesi"
01.04.2015

Puruveden Ristilahdella tehty sedimenttitutkimus antaa eväitä hoitotoimenpiteiden suunnitteluun.

Lea Sairanen
KESÄLAHTI

PURUVEDEN RISTILAHDELLE viime syksynä tehty kalastorakenteen tutkimus sai jatkos sedimenttitutkimuksen myötä kevyttä tervettä.

Helmiä lähtien ovat Karelia-ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan kolmannen vuoden opiskelijat, opettaja **Tarmo Tossavainen** johdolla, ottaneet näytteitä pohjan sedimentistä. Näytteiden ottopisteitä on ollut reilut kymmenkunta eripuolella Ristilahden aluetta.

Näytteiden avulla on tarkoitus selvittää muun muassa sedimenttikerroksen paksuutta sekä sen kykyä pidättää fosforia. Sedimenttikerroksen paksuus Ristilahdella vaihteli 0,3 metristä 3,5 metriin.

– Pohja on pikkuhiljaa täyttynyt sedimentillä, kertoi opettaja Tarmo Tossavainen.

VALTIMA-ALUELTA tulevaa nykyistä kuormitusta ei ole toistaiseksi tutkittu, mutta menneiden aikojen kuormitus vaikuttaa myös nykytilaan. Pohjaeläimistö määrää ja laatu indikoivat osaltaan järven kuntoa.

– Löysimme kahdesta havaintopaikasta kuolleita järvisimpukoita, joka kertoo siitä, että järvessä on ollut aikoinaan hyvä tilanne, mutta se on muuttunut nyt huonompaan suuntaan. Järvisimpukat tarvitsevat paljon happea eivätkä kestä voimakasta järven pohjan liettyneisyyttä, toisin kuin vaikka surviassaäskien toukat, joita löytyi näytteistä runsaasti, jatkoi Tossavainen.

Ammattikorkeakoulun opiskelijoiden lisäksi näytteiden ottoon ja kenttämittauksiin osallistui myös vaihto-opiskelijoita Sambiasta, Ranskasta, 5 Slovakiasta ja Unkarista sekä opettajavaihdossa olevia opettajia Botswana ja Sambiasta.

Sambian Yliopiston opiskelija **Ephraim Lombe** kertoi olevansa opiskelijavaihdossa kolme kuukautta.

– Suomalaiset opiskelijat ovat



Teemu Puumalainen (oik.) ja **Ephraim Lombe** mittaavat pohjan pintasedimentin hapetus/pelkistysastetta.

mukavia, kunhan heihin ensin tutustuu. Opiskelijoiden into tekemällä oppimiseen on suurempaa kuin Sambiassa, jatkoi Lombe.

Suomalaisista opiskelijoista **Jonas Hirvonen** totesi, että parhaiten sitä oppii tekemällä ja tu-

loksetkin näkyvät heti. Hirvonen on ollut mukana muun muassa koekalastuksessa, ravustuksessa sekä näytteidenotossa eripuolella Itä-Suomea.

Otetut sedimentinäytteet lähtevät jatkotutkimuksiin erikoislaboratorioon Tampereelle. Tar-

mo Tossavainen opiskelijoinen mittasi Ristilahdella välittömästi näytteenoton jälkeen veden happipitoisuuden. Ammattikorkeakoulun laboratoriossa he mittaivat seuraavana päivänä vesinäytteistä fosforin ja typen pitoisuudet sekä poimivat ja tun-



Pro Puruveden puheenjohtaja Reijo Jantunen (oik.) ja hallituksen jäsen **Raimo Oksanen** odottavat toiveikkaina, että Puruvesi pääsee mukaan EU:n Sisävesi LIFE IP-hankkeeseen.



Sedimentinäytteen paksuus oli kuvan näytteenotopaikassa 95 cm.

nistivat pohjaeläimet.

SAATUJEN TULOSTEN perusteella päätetään muun muassa mitkä hoitotoimenpiteet ovat parhaita Ristilahden alueen veden laadun parantamiseksi.

– Mikäli Puruvesi pääsee Sisävesi LIFE IP-hankkeeseen, viime syksyn kalastorakennetutkimuksen tulosten myötä on alueella tarkoitus toteuttaa poistojärvien hoitokalastusta vuoden 2016 aikana, kertoi Pro Puruvesi ry:n

puheenjohtaja **Reijo Jantunen**.

– On se kyllä kummallista, kun vesistön tilaa pyritään parantamaan poistokalastuksella, niin ongelmaksi nousee se, mihin nuottaamalla tai rysillä pyytämällä saatu kalasaalis saadaan sijoitettua, hämmästeli Jantunen.

– Mikäli kalasaalis, joka voi olla useita tuhansia kiloja, jopa kymmeniä tuhansia kiloja vuodessa, täytyy kuljettaa biojätteeksi, joudumme siitä maksamaan vastaanottajalle. Etsimme koko ajan monipuolisia keinoja saada järvestä nostettu kala hyötykäyttöön, jatkoi Jantunen.

– Projektimme painopiste on konkreettisesti toimissa ja toivomme että pääsemme käynnistämään hankkeen suunnitellusti lokakuun alussa tänä vuonna. Lopulliset päätökset Sisävesi LIFE IP:n osalta tehdään toukokuussa, joten odotamme toiveikkaina päätöksiä alkukesästä, totesi Reijo Jantunen.

Karelia-ammattikorkeakoulu teki Puruveden Ristilahden pohjan tilan tutkimuksen vuonna 2015 Pro Puruvesi ry.:n toimeksiannosta. Ristilahden sedimentin laatua ja määrää sekä pohjaeläimistöä selvitettiin yhteensä 14 havaintopaikalta helmi-maaliskuussa 2015. Tässä tutkimusraportissa kuvataan tutkimusalueen nykytilanne ja tutkimusten suorittaminen, esitetään tulokset sekä toimenpidesuosituksia Ristilahden tilan kohentamiseksi.

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUJA C: RAPORTTEJA, 35

ISBN 978-952-275-202-4 (painettu)
ISBN 978-952-275-203-1 (verkkopainos)
ISSN-L 2323-6914
ISSN 2323-6914