

Tarmo Tossavainen

# Jukajoen vesistöalueen (Joensuu, Kontiolahti) nykytila ja eräiden siellä sijaitsevien vesiensuojeluteknisten rakenteiden toimivuus vuonna 2019 Tutkimusraportti



KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

# Jukajoen vesistöalueen (Joensuu, Kontiolahti) nykytila ja eräiden siellä sijaitsevien vesiensuojeluteknisten rakenteiden toimivuus vuonna 2019

Tutkimusraportti

Tekijä: Tarmo Tossavainen, Karelia-ammattikorkeakoulu

Sivuntaitto: Kaisa Varis

Kansikuva: Vesistökuunnostusyrittäjä Janne Raassina ohjaa kaivinkoneen työtä Jukajoen yläjuoksun koskialueella maaliskuun lopulla 2019.

Muut: Kaikki tämän raportin valokuvat ovat Tarmo Tossavaisen ottamia, ellei toisin ole mainittu

Kustantaja: Karelia-ammattikorkeakoulu, 2020

ISBN: 978-952-275-305-2



# Sisällys

TIIVISTELMÄ.....	2
ALKUSANAT .....	4
1 TUTKIMUSALUE.....	5
1.1 JUKAJOEN VESISTÖALUE .....	5
1.2 LINNUNSUON KOSTEIKKO.....	8
1.3 SAVISUON KOSTEIKKO.....	11
1.4 TÖPPÖSUON KOSTEIKKO.....	12
2 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	13
2.1 VEDENLAADUN, VIRTAAMIEN, POHJAEÄIMISTÖN JA POHJASEDIMENTTIEN HAVAINTOPAIKAT .....	13
2.2 TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT VÄLINEET JA MENETELMÄT.....	25
3 JUKAJOEN YLÄJUOKSUN KOSKIALUEEN KUNNOSTUSTYÖT VUONNA 2019 .....	31
4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	35
4.1 VEDENLAATU JA POHJAEÄIMISTÖ JUKAJOEN ILOMANTSINTIEN HAVAINTOPAIKALLA 50 .....	35
4.2 VEDENLAATU JUKAJOEN MYLLYLÄN HAVAINTOPAIKALLA 51 .....	36
4.3 VEDENLAATU JUKAJOEN UKONNURMEN HAVAINTOPAIKALLA 35 .....	37
4.4 VEDENLAATU JUKAJOEN JOKELAN HAVAINTOPAIKALLA 166 .....	39
4.5 HAPPAMUUDEN SEKÄ ERÄIDEN RASKASMETALLIEN PITOISUUDET JA AINEVIRTAAMAT JUKAJOESSA VUOSINA 2012-2019 .....	39
4.6 LINNUNSUON KOSTEIKON JA SIELTÄ LÄHTEVÄN VEDEN LAATU JA AINEVIRTAAMAT SEKÄ POHJASEDIMENTIN JA POHJAEÄIMISTÖN LAATU JA MÄÄRÄ .....	41
4.7 SAVISUON KOSTEIKKO.....	52
4.7.1 KOSTEIKKON TULEVIEN JA LÄHTEVÄN VEDEN LAATU .....	52
4.7.2 KOSTEIKON VEDENLAATU, POHJASEDIMENTTI JA POHJAEÄIMISTÖ.....	53
4.8 TÖPPÖSUON KOSTEIKON TULEVA JA LÄHTEVÄ VEDENLAATU .....	57
4.9 SAVISUON JA TÖPPÖSUON KOSTEIKKOJEN VAIKUTUKSET HAPPAMUUDEN JA ERÄIDEN RASKASMETALLIEN AINEVIRTAAMIIN .....	58
4.10 JUKAJÄRVEN VEDENLAATU.....	59
5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	67
LÄHTEET .....	69
LIITTEET .....	71

## Tiivistelmä

Jukajoen vesistöalueen (noin 89 km<sup>2</sup>, järvisyys noin 5 %) keskeiset vesiekosysteemit, Jukajärvi (noin 2,2 km<sup>2</sup>) ja siitä alkunsa saava Jukajoki, ovat ajoittain olleet vakavasti happamoituneita (pH 3...4) ja niiden vesien rautapitoisuudet ovat olleet erittäin korkeita, enimmillään kymmeniä milligrammoja. Jukajoessa oli laajoja kalakuolematapauksia vuonna 2010. Tällöin Jukajoen keskijuoksun lähivaluma-alueella sijaitsevan Linnunsuon turvetuotantoalueelta lopetettiin turpeen kaivuu. Vuonna 2013 tämä noin 100 hehtaarin alue muutettiin noin 70 hehtaarin kosteikoksi. Syksyllä 2018 Jukajoen lähivaluma-alueelle rakennettiin Savisuon (noin 4 hehtaaria) ja Töppösuon (runsas 1 hehtaari) kosteikot. Lisäksi syksyllä 2017 välittömästi Linnunsuon suuren kosteikon alapuolelle, alkuperäisen VAPO Oy:n laskeutusaltaan paikalle, rakennettiin noin 2000 m<sup>2</sup>:n laskeutusallas. Kevättalvella 2019 aloitettiin Jukajoen kalataloudellinen kunnostus heti Ilomantsintien alapuolisella koskimaisella jokialueella.

Kaikkien edellä mainittujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden sekä Jukajoen ja Jukajärven nykytilaa on tarkasteltu tässä raportissa. Vuonna 2019 Jukajoen veden pH oli valtaosin tyydyttävä (pH  $\geq$  5,5) joulukuun havaintokertaa (11.12.2019, melko voimakas ylivirtaama) lukuun ottamatta, jolloin Ukonnurmen (pH 5,3) ja Jokelan (pH 5,2) havaintopaikoilla em. raja alittui. Tällöin myös kalastolle ja useille muille eliöille haitallinen alumiini, nimenomaan happamassa vesiympäristössä, oli em. havaintopaikoilla kohonnut (127 ja 145 µg/l). Muutoin Jukajoen veden alumiinipitoisuudet olivat maltillisen pieniä vuoden 2019 aikana. Jukajoen veden happamuus on merkittävästi vähentynyt Linnunsuon kosteikon konstruoinnin (vuonna 2013) jälkeen. Siihen nähden Jukajoen vastarannalle rakennetun Savisuon kosteikon tehokkuuden kuormituksen pidättäjänä voimme olettaa merkittävästikin tehostuvan, kun kosteikon perustuotanto (kasviplankton sekä vesi- ja rantamakrofytyt ja myös perifytonlevät) ja kaikkinaisen heterotrofinen eliöstö (eläinplankton ja pohjaeläimistö) monipuolistuu. Vastaavaa myönteistä kehitystä voimme odottaa sekä äskettäin rakennetulla Töppösuon kosteikolla että myös hyvin nuorella Linnunsuon kosteikon ekosysteemillä.

Jukajoen Ilomantsintien havaintopaikan 50 ja sen alapuolisen koskialueen (kunnostus aloitettu kevättalvella 2019) pohjaeläimistön biodiversiteetti (rännimäiseksi uittoperattu uoma) ei ole kovin korkea, mutta lajisto sisältää melko runsaasti elinympäristönsä suhteen vaateliaita vesiperhosen (Trichoptera) ja koskikorennon (Plecoptera) toukkia. Tällä Jukajoen alueella näimme sekä kesä- että lokakuussa muutamia koskikaroja (*Cinclus cinclus*). Morfologialtaan Jukajokea voi luonnehtia ”monokulttuurimaiseksi ränniksi”. Siten keväällä 2019 aloitettu jokiuoman kunnostustyö (kuten kynnykset, suisteet, asentokivet) on tärkeää biodiversiteetin lisäämiseksi. Töiden ansiosta virtausolot monipuolistuvat merkittävästi ja uomaan tulee oleellisesti enemmän kasvupintaa ja -paikkoja perustuottajille (esim. päällykslevät, vesisammalet) ja heterotrofiselle pohjaeliöstölle ja lopulta jopa kalalle.

Linnunsuon suuresta kosteikosta (rakennettu v. 2013) lähtevän veden pH vaihteli 4,2...5,9 vuonna 2019. Alumiinipitoisuus (100...207 µg/l) kohosi selkeästi pH:n laskiessa noin pH 4,5:een. Tällainen vesi on erittäin haitallista useille kehittyneille vesieliöryhmille (kuten kalat, pohjaeläimistö, eläinplankton, useat makrofytyt ja kasviplankton). Se laimenee enimmäkseen varsin tehokkaasti Jukajokeen, mutta kuten edellä todettiin, joulukuussa myös Jukajoen veden alumiinipitoisuus Linnunsuon purkukohdan alapuolella oli kohonnut ja veden pH varsin alhainen. Sinänsä Linnunsuon lähtevän veden pH on samaa suuruusluokkaa karujen soiden (vähäpuustoiset rämeet, nevat) valumavesiin verrattuna. Linnunsuon kosteikon pohjassa on melko runsaasti surviaissääsken (Chironomidae) toukkia. Tämän heimon useat lajit kestävät vaativia elinoloja. Suuren kosteikon alapuolinen, syksyllä 2017 rakennettu laskeutusallas pidatti noin 6 % happamuuden (liuenneet protonit; H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) kuormasta. Savisuon kosteikko (rakennettu syksyllä 2018) pidatti, neutraloi noin 36 % sinne tulleesta happamuuden

vuosikuormasta. Kosteikosta Jukajokeen lähtevän veden pH vaihteli 4,6...5,4. Kosteikon pohjasta löytyi vaihteleva määrä lähinnä surviaissääsken toukkia ja pikkiriikkisiä hernesimpukoita (*Pisidium* spp.) sekä harvasukasmatoja (*Oligochaeta*). Savisuon kosteikko pidatti noin 17 % sinne tulleesta alumiinin vuosikuormasta. Myös syksyllä 2018 rakennettu Töppösuon kosteikko pidatti noin 22 % sinne tulevasta happamuuden vuosikuormasta. Kosteikkoon tulevan veden pH vaihteli 4,1...4,9 ja lähtevän veden pH 4,2...5,4. Jukajärven veden pH vaihteli kesä-, syys- ja lokakuun havaintoajankohtina 5,6...6,4. Nämä ovat tyydyttäviä...hyviä esimerkiksi kaikille kalalajeillemme. Kesäkerrosteisuuden alussa 13.06.2019 pohjanläheisen veden happitilanne (6,2 mg/l, kyllästysaste 54 %) oli välttävän tyydyttävä. Hapen kuluminen on ollut kohtalaisen voimakasta, koska kesäkerrosteisuusjakso oli tuolloin vasta jokseenkin alussa. Pohjassa on runsaasti orgaanista, happea kuluttavaa ainesta menneiden vuosien ja vuosikymmenten ajoittain raskaasta ulkoisesta kuormituksesta, ts. valuma-alueen maankäytöstä.

Heikot happitilanteet tulevat ainakin lähitulevaisuudessa edelleen toistumaan Jukajärvässä, ellei niihin kunnostusteknisin toimenpitein puututa. Myös kiintoaineen ja ravinteiden kuormitus järven valuma-alueelta on ehdottomasti pidettävä kurissa. Vesiekosysteemin elämässään vasta aivan alkutaipaleella olevien Linnunsuon, Savisuon ja Töppösuon kosteikon toimivuutta kuormituksen pidättäjinä ja niiden biologisia ominaisuuksia, eliöyhteisön sukkessiota, on erittäin aiheellista edelleen seurata.

## Alkusanat

Selkien kyläyhdistys ja sittemmin Osuuskunta Lumimuutos on vuodesta 2012 vetänyt Kontiolahden ja Joensuun alueilla sijaitsevan Jukajoen vesistöalueen kunnostus- ja hoitohanketta ja toimii myös tämän raportin toimeksiantajana, yhdyshenkilönään dosentti, YTT Tero Mustonen. Suuret kiitokset kaikille kyläläisille, joiden aktiivisuus on ylipäätään mahdollistanut tämän erittäin mielenkiintoisen työn. Karelia-ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan opiskelijat Jessi Arola, Simo Asikainen, Noora Hakulinen, Iida Heikkinen, Olli-Matti Heiskanen, Max Hellman, Tuomas Hirvonen, Juuso Huttunen, Joonas Hyvärinen, Tino Jehkonen, Niina Jeskanen, Joni Jyrkinen, Jiri Karjalainen, Juha Kervinen, Petteri Kettunen, Emmi Matikainen, Joel Nevalainen, Joonas Paasiaro, Tiina Piironen, Alma Pohjonen, Lasse Rautiainen, Rosita Röppänen, Marika Sonne, Jaakko Sormunen, Ilppo Sutinen, Tiltu Taimela, Tuomas Tikka ja Reijo Virtanen ovat osallistuneet Jukajoen sekä Linnunsuon ja Savisuon kosteikkojen pohjaeläimistön näytteenottoon ja laboratoriokäsittelyyn. Erityiskiitokset Tero Mustoselle ja Janne Raassinalle sujuvasta yhteistyöstä!

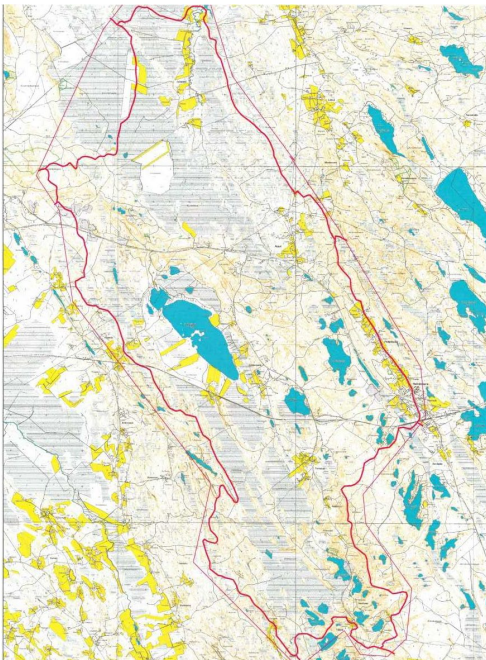
# 1 Tutkimusalue

## 1.1 JUKAJOEN VESISTÖALUE

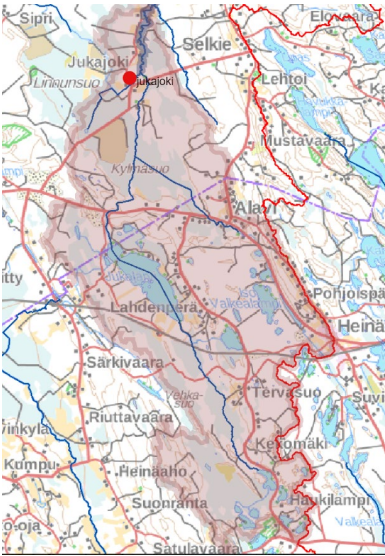
Pielisjokeen laskevan Jukajoen vesistöalueen kokonaisala vanhemman rajauksen perusteella on 89,38 km<sup>2</sup> (Ekholm 1993). Sen järvisyys (symboli L) on 4,78 %, joten valuma-alueen pinta-ala on noin 85,11 km<sup>2</sup> ja vesiala on noin 4,27 km<sup>2</sup> (kuva 1) (Ekholm 1993). Nykyisellä Suomen Ympäristökeskuksen KM10VALUE -ohjelmalla määritetty Jukajoen vesistöalueen pinta-ala on noin 82,3 km<sup>2</sup> (L on 5,2 % [4,3 km<sup>2</sup>]), joten valuma-alueen pinta-ala on noin 77,1 km<sup>2</sup> (kuva 2).

Jukajärvi (vesiala 2,18 km<sup>2</sup>) on Jukajoen vesistöalueen suurin järvi. Jukajärven vesistöalueen ala on 43,9 km<sup>2</sup>, josta vesialaa on yhteensä noin 3,0 km<sup>2</sup>. (kuva 3). Jukajärven valuma-alueen pinta-ala on tällöin noin 40,9 km<sup>2</sup>. Siten Jukajoen lähivaluma-alueen pinta-ala on noin  $([82,3 - 43,9] - 1,3) \text{ km}^2 = 37,1 \text{ km}^2$ .

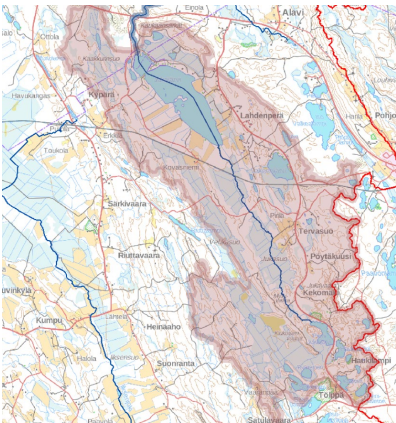
Jukajoen lähivaluma-alueen pinta-ala on suhteellisen suuri. Tällöin voimakkaan maankäytön kuormitus voi päästä jokseenkin raakana suoraan Jukajokeen, ilman mainittavaa pidättymistä, mikäli vesiensuojelutekniikka on laiminlyöty. Valtaosa Jukajoen valuma-alueesta on metsätalousmaata. Viljelysmaata on jonkin verran sekä Jukajärven että Jukajoen lähivaluma-alueilla. Haja- ja loma-asutusta on kohtalaisen paljon lähinnä Jukajärven ympäristössä, ts. joen kaukovaluma-alueella. Jukajoen alajuoksulla on jonkin verran ympärivuotista asutusta. Jukajoen lähivaluma-alueella harjoitettiin aktiivisesti turvetuotantoa vuosina 1985 – 2010. Vuonna 2013 pääosa (noin 70 hehtaaria) tästä Linnunsuon turvetuotantoalueesta (noin 100 hehtaaria) konstruoitiin kosteikoksi, ts. monivaikutteisiksi vesiensuojelutekniseksi rakenteeksi (kuvat 10 ja 11).



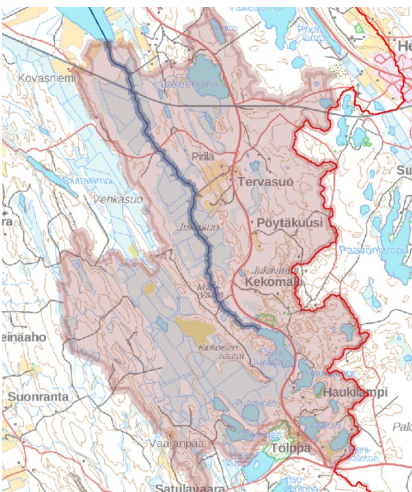
**Kuva 1.** Jukajoen vesistöalue (tunnus 04.337) kolmannen jakovaiheen vanhan rajauksen mukaan (Ekholm 1993). Kartta: Pohjois-Karjalan ELY-keskus, Maanmittauslaitos lupa nro 15/MYY/11.



**Kuva 2.** Jukajoen vesistöalue. Kokonaisala on 82,3 km<sup>2</sup>, järvisyys on 5,2 % (4,3 km<sup>2</sup>) ja valuma-alueen pinta-ala siten noin 77,1 km<sup>2</sup>. Rajaus on tehty Suomen Ympäristökeskuksen KM10 VALUE -ohjelmalla 13.02.2019.

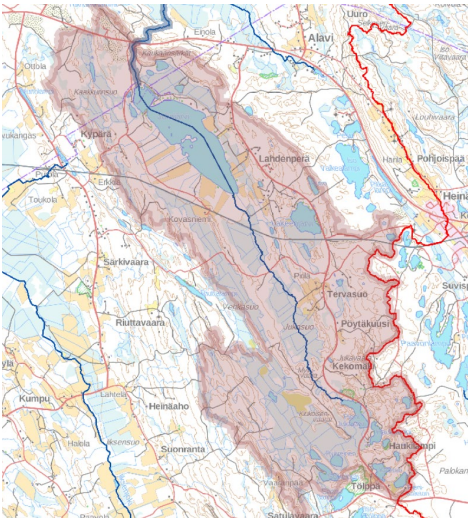


**Kuva 3.** Jukajärven vesistöalue. Kokonaisala on 43,9 km<sup>2</sup>, järvisyys on 6,9 % (3,0 km<sup>2</sup>) ja valuma-alueen pinta-ala on siten noin 40,9 km<sup>2</sup>. Rajaus on tehty Suomen Ympäristökeskuksen KM10 VALUE -ohjelmalla 13.02.2019.

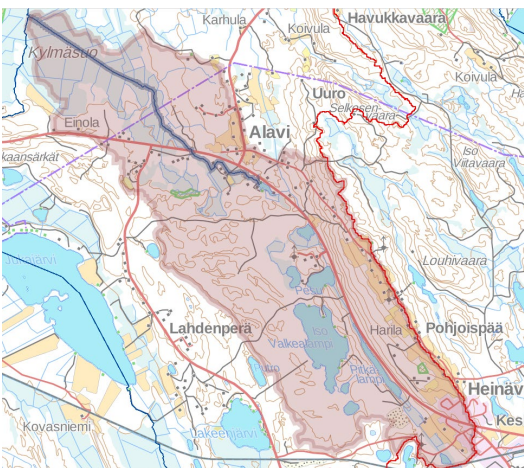


**Kuva 4.** Kissapuron vesistöalue, joka on laajin Jukajärven osavesistöalue. Kokonaisala on 26,0 km<sup>2</sup>, järvisyys on 4,5 % (1,2 km<sup>2</sup>) ja valuma-alueen pinta-ala siten noin 24,8 km<sup>2</sup>. Rajaus on tehty Suomen Ympäristökeskuksen KM10 VALUE -ohjelmalla 13.02.2019.

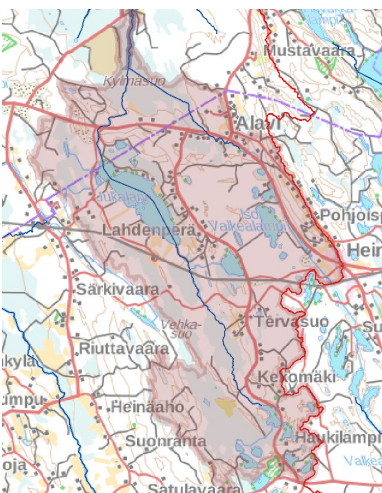




**Kuva 5.** Jukajoen vesistöalue Ilomantsintien havaintopaikalla 50. Kokonaisala on 45,3 km<sup>2</sup>, järvisuus on 6,9 % (3,1 km<sup>2</sup>) ja valuma-alueen pinta-ala siten noin 42,1 km<sup>2</sup>. Rajaus on tehty Suomen Ympäristökeskuksen KM10 VALUE -ohjelmalla 13.02.2019.



**Kuva 6.** Aajeenpuron vesistöalue. Kokonaisala on 16,4 km<sup>2</sup>, järvisuus on 4,7 % (0,8 km<sup>2</sup>) ja valuma-alueen pinta-ala siten noin 15,6 km<sup>2</sup>. Se on suurin Jukajoen lähivaluma-alueen osa-alue. Rajaus on tehty Suomen Ympäristökeskuksen KM10 VALUE -ohjelmalla 10.01.2020.



**Kuva 7.** Jukajoen vesistöalue Myllylän havaintopaikalla 51. Kokonaisala on 66,6 km<sup>2</sup>, järvisuus on 5,5 % (3,7 km<sup>2</sup>) ja valuma-alueen pinta-ala siten noin 62,9 km<sup>2</sup>. Rajaus on tehty Suomen Ympäristökeskuksen KM10 VALUE -ohjelmalla 13.02.2019.



**Kuva 8.** Jukajoen vesistöalue Ukonnurmen havaintopaikalla 35. Kokonaisala on 76,5 km<sup>2</sup>, järvisyys on 5,5 % (4,2 km<sup>2</sup>) ja valuma-alueen pinta-ala siten noin 72,3 km<sup>2</sup>. Rajaus on tehty Suomen Ympäristökeskuksen KM10 VALUE -ohjelmalla 13.02.2019.



**Kuva 9.** Jukajoen vesistöalue Jokelan havaintopaikalla 166. Kokonaisala on 82,1 km<sup>2</sup>, järvisyys on 5,2 % (4,3 km<sup>2</sup>) ja valuma-alueen pinta-ala siten noin 77,8 km<sup>2</sup>. Rajaus on tehty Suomen Ympäristökeskuksen KM10 VALUE -ohjelmalla 13.02.2019.

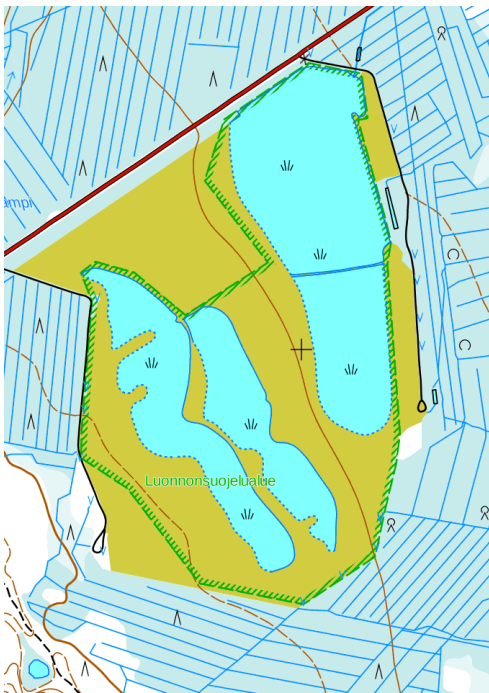
## 1.2 LINNUNSUON KOSTEIKKO

Linnunsuon kosteikko (vesiala noin 60-70 ha) on rakennettu vuonna 2013 noin 100 hehtaarin turvetuotantoalueelle. VAPO Oy nosti turvetta tältä Linnunsuon ”lohko 5:ltä” vuosina 1985-2010. Alueelta lähtevän veden pH oli tuolloin erittäin alhainen, pH 3:n puolin ja toisin, sekä ainakin raudan, mangaanin ja rikin pitoisuudet olivat erittäin korkeita (ks. myös kappale 4.6). Alue sijaitsee ns.

mustaliuskealueella; maaperä sisältää runsaasti rautasulfidia (FeS). Maaperän muokkauksen ja kaivelemisen seurauksena sulfidi hapettuu ja liukenee veteen. Tällöin muodostuu rikkihappoa ( $H_2SO_4$ ) ja rikkihapoketta ( $H_2SO_3$ ) ja pH laskee merkittävästi.

Kosteikko purkaa vetensä syksyllä 2017 rakennetun laskeutusaltaan kautta lyhyttä kaivettua uomaa (kuva 26) myöten Jukajokeen Myllylän ja Ukonnurmen havaintopaikkojen välille. Tähän uomaan yhtyy myös Aittokorvenlammesta tuleva virtaama. Edellä mainitun laskeutusaltaan pinta-ala on noin 2000 m<sup>2</sup> ja se on rakennettu VAPO Oy:n alkuperäisen laskeutusaltaan paikalle.

Pääosa Linnunsuon vedestä ulkoisesta ainevirtaamasta tulee laskeuman (sadanta ja kuivalaskeuma) välityksellä. Turvetuotantoalue on aikoinaan, ennen tuotannon aloittamista, tehokkaasti eristetty valuma-alueestaan syvällä ja leveällä ojalla. Linnunsuon kosteikon ja siitä lähtevän uoman valuma-alue on 3,34 km<sup>2</sup>. Kartassa valuma-alueen raja on merkitty punaisella (kuva 12). Vihreällä on karttaan merkitty Linnunsuon kosteikon vesialue + valuma-alue (1,47 km<sup>2</sup>). (Paloniitty & Pehkonen 2017, 33). Tällöin Linnunsuon kosteikon valuma-alueen pinta-ala on noin 0,8 km<sup>2</sup>.



**Kuva 10.** Linnunsuon kosteikko. Alkuperäisen turvetuotantoalueen (kolme vaaleansinistä avovesiallasta + kellanvihreä alue) pinta-ala on noin 100 hehtaaria. Maanmittauslaitos, Paikkatietoikkuna 10.01.2020.



### 1.3 SAVISUON KOSTEIKKO

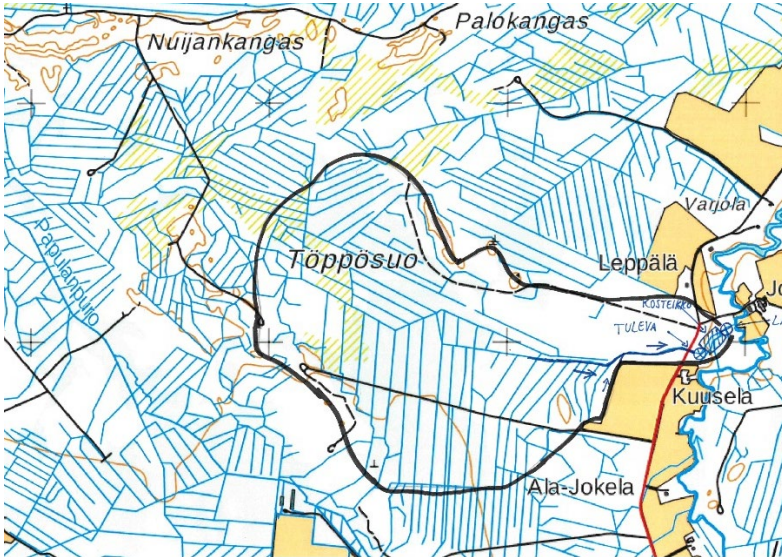
Savisuon kosteikko (vesiala noin 4,15 hehtaaria) on rakennettu syksyllä 2018 Heinäpuron alajuoksulle välittömästi Kervisen hevostilan itäpuolelle. Heinäpuro laskee Jukajoen itärantaan Myllylän ja Ukonnurmen havaintopaikkojen välille. Kosteikon valuma-alueen ala on noin 4,1 km<sup>2</sup>. Siten kosteikon alan suhde yläpuolisen valuma-alueen pinta-alaan on noin 1,0 %. Yksinomaan metsätalousmaasta koostuvalla valuma-alueella ei ole lainkaan järviä tai lampia. Kosteikkoon laskee kolme keskeistä uomaa. Itäisen uoman valuma-alueen ala on noin 2,03 km<sup>2</sup>, kaakosta laskevan uoman noin 1,93 km<sup>2</sup> ja etelästä laskevan uoman noin 0,141 km<sup>2</sup> (kuva 13).



**Kuva 13.** Savisuon kosteikko valuma-alueineen. Mustalla viivalla merkitty valuma-alueen raja on alustava, eikä sitä ole maastossa tarkastettu. Alkuperäinen peruskartta: Maanmittauslaitos, Peruskartta N5442 KULHO 1:25000, 2012. Maanmittauslaitos.

## 1.4 TÖPPÖSUON KOSTEIKKO

Töppösuon kosteikko on rakennettu syksyllä 2018. Sen vesiala on noin 1 hehtaari ja valuma-alueen pinta-ala alustavasti arvioituna noin 1,2 km<sup>2</sup>. Pääosa Töppösuon valuma-alueesta on ojitettua turvemaata ja mahdollisesti myös kivennäismetsämaan ojitettua soistumaa.

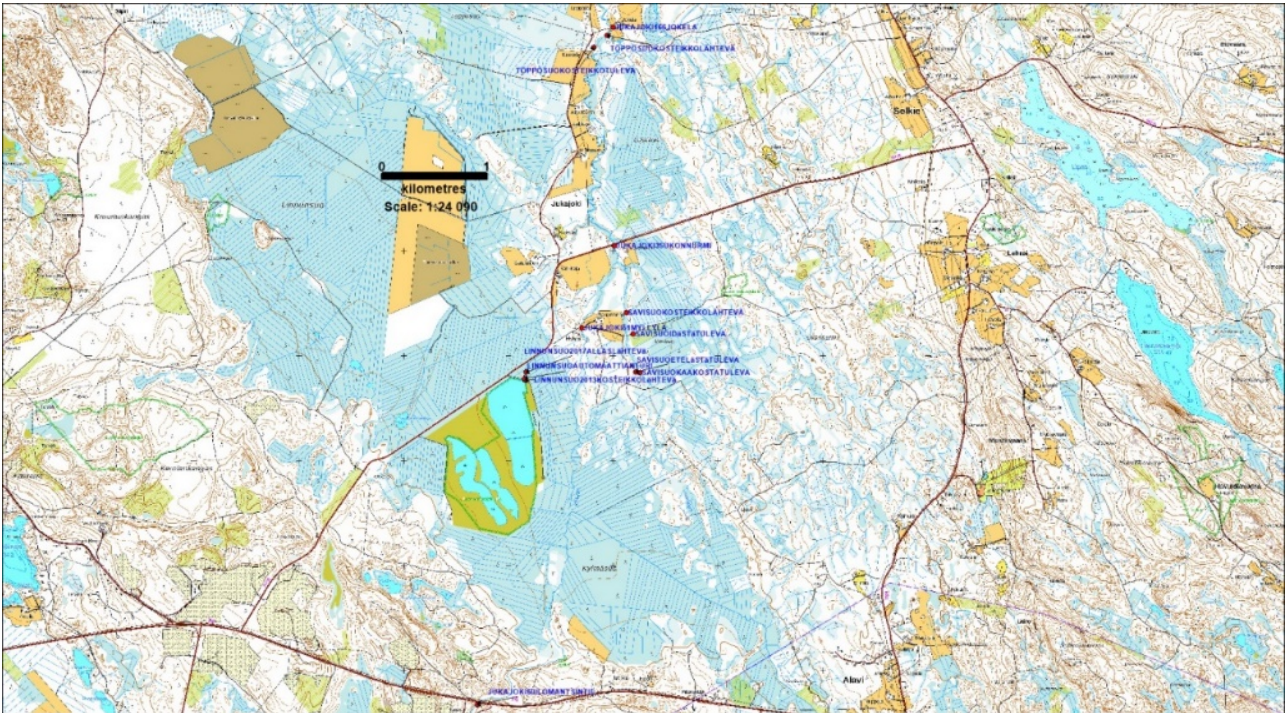


**Kuva 14.** Töppösuon kosteikko valuma-alueineen. Mustalla viivalla merkitty valuma-alueerajaus on alustava, eikä sitä ole maastossa tarkastettu. Alkuperäinen peruskartta: Maanmittauslaitos, Paikkatietoikkuna, 24.01.2020.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 VEDENLAADUN, VIRTAAMIEN, POHJAEÄMISTÖN JA POHJASEDIMENTTIEN HAVAINTOPAIKAT

Jukajoen vesistöalueen vedenlaadun, virtaamien sekä pohjasedimentin ja pohjaeläimistön havaintopaikat vuonna 2019 on esitetty kuvissa 15-37. Havaintopaikkojen koordinaatit ilmenevät liitteestä 1.



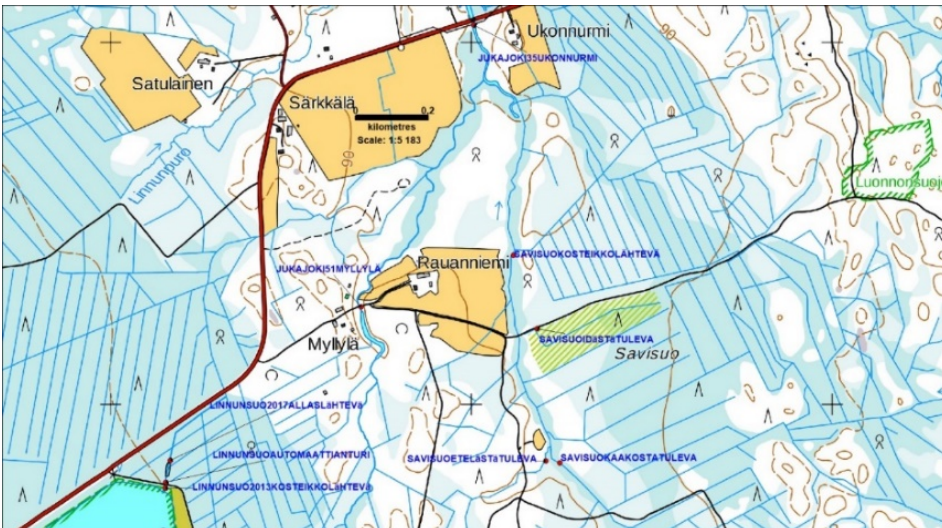
**Kuva 15.** Jukajoen vesistöalueen tutkimuksen virtavesien havaintopaikat vuonna 2019. Alkuperäinen peruskartta: Maanmittauslaitos, avoimet aineistot, marraskuu 2019.



**Kuva 16.** Jukajoen havaintopaikka 50 Iloimantsintie. Alkuperäinen peruskartta: Maanmittauslaitos, avoimet aineistot, marraskuu 2019.



**Kuva 17.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelija Ilppo Sutinen kirjaa virtaamamittauksen tietoja Jukajoen Ilomantsintien havaintopaikalla 50 01.04.2019.



**Kuva 18.** Savisuon kosteikon tulevien ja lähtevän veden sekä Jukajoen havaintopaikkojen 51 (Myllylä) ja 35 (Ukonnurmi) sekä Linnunsuon kosteikon ja laskeutusaltaan lähtevien vesien vedenlaadun ja virtaaman havaintopaikat vuonna 2019. Alkuperäinen peruskartta: Maanmittauslaitos, avoimet aineistot, marraskuu 2019.

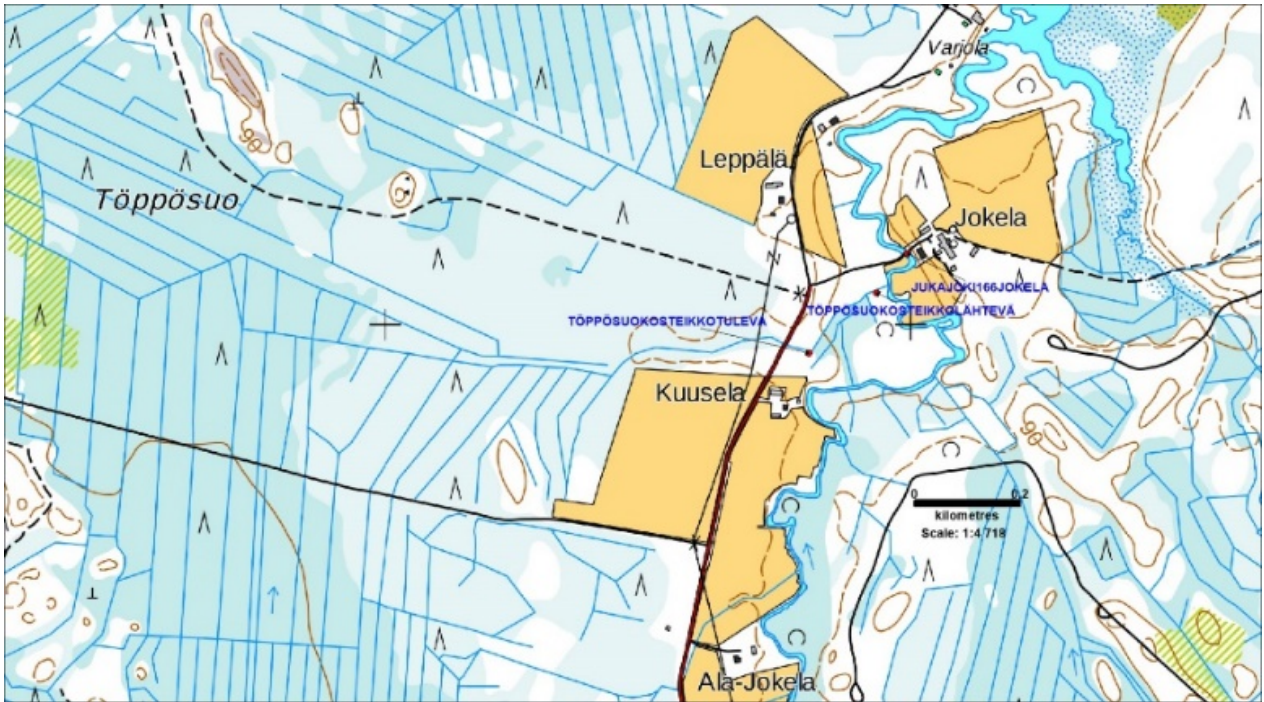




**Kuva 19.** Jukajoen Myllylän 51 havaintopaikka 51 21.11.2019.



**Kuva 20.** Jukajoki Ukonnurmen havaintopaikka 35, 11.12.2019, rintamasuunta Jukajoentien sillalta yläjuoksulle päin. Kuvan vasemmassa reunassa alkuperäisen, meandroivan jokiuoman lenkki on myös täyttynyt vedellä.



**Kuva 21.** Töppösuon kosteikon tulevan ja lähtevän veden sekä Jukajoen Jokelan havaintopaikan 166 vedenlaadun ja virtaamien havaintopaikat vuonna 2019. Alkuperäinen peruskartta: Maanmittauslaitos, avoimet aineistot, marraskuu 2019.



**Kuva 22.** Jukajoen havaintopaikka 166 (Jokela) 28.11.2019.



**Kuva 23.** Linnunsuon kosteikon vedenlaadun, pohjasedimentin ja -eläimistön havaintopaikat ”Linnunsuo 1” ja ”Linnunsuo 3” vuonna 2019. Alkuperäinen peruskartta: Maanmittauslaitos, avoimet aineistot, marraskuu 2019.



**Kuva 24.** Tarmo Tossavainen on asentamassa automaattista vedenlaadun mittauslaitetta Linnunsuon kosteikon lähtevään uomaan 13.03.2019. Kuva: Tero Mustonen.



**Kuva 25.** Välittömästi Linnunsuon suuren kosteikon alapuolella sijaitseva, syksyllä 2017 konstruoitu laskeutusallas 09.10.2019. Tällä paikalla sijaitsi aiemmin VAPO Oy:n turvetuotantoalueen pohjoinen laskeutusallas.



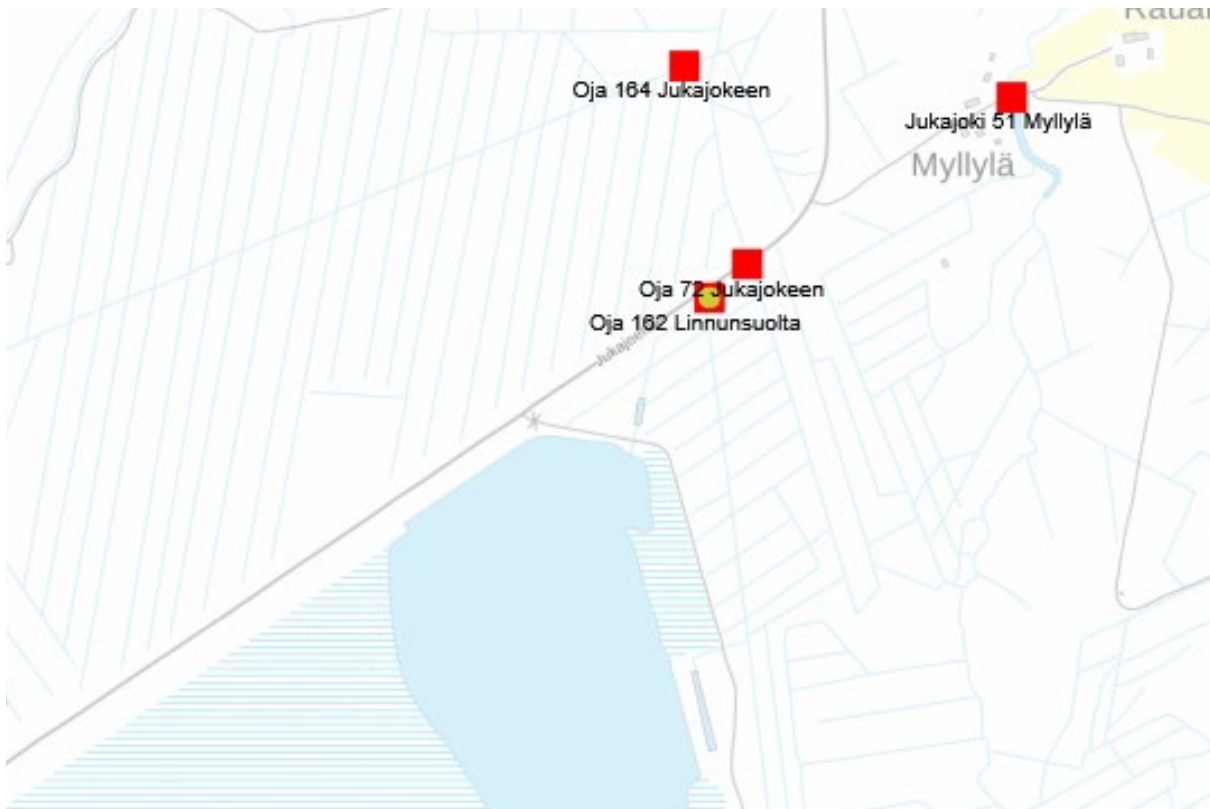
**Kuva 26.** Linnunsuon laskeutusaltaasta (ks. kuva 25) vesi syöksyy 21.11.2019 kuohuen leveään kanavaan, joka runsaan puolen kilometrin päässä yhtyy Aittokorvenlammenpuroon, joka edelleen laskee noin kilometrin virrattuaan Jukajokeen.



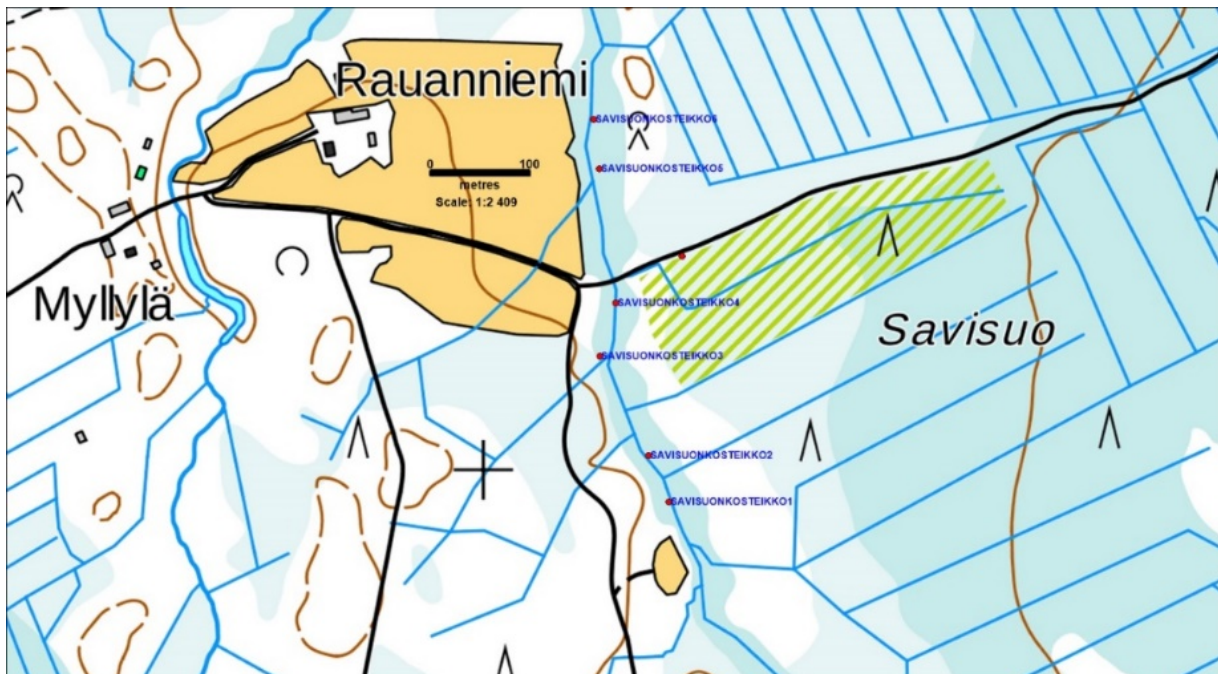
**Kuva 27.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat (vasemmalta lukien) Niko Joronen, Ari Lintilä, Joni Juvonen, Petri Aimasmäki ja Nikolas Järvinen mittaavat Linnunsuon suuresta kosteikosta lähtevää virtaamaa Flowwatch™ -siivikon avulla 09.10.2019.



**Kuva 28.** Näkymä Linnunsuon suurelle kosteikolle 21.11.2019.



**Kuva 28b.** Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmään merkityt vedenlaadun havaintopaikat Linnunsuon alueella. Kartta on poimittu Hertta-järjestelmästä 24.01.2020.



**Kuva 29.** Savisuon kosteikon vedenlaadun, pohjasedimentin ja pohjäläimistön havaintopaikat keväällä 2019. Alkuperäinen peruskartta: Maanmittauslaitos, avoimet aineistot, marraskuu 2019.



**Kuva 30.** Tarmo Tossavainen mittaa Flowatch™ -siivikolla Savisuon kosteikolta lähtevän uoman virtausnopeuksia virtaaman määrittystä varten 01.04.2019. Kuva: Ilppo Sutinen.



**Kuva 31.** Savisuon kosteikon lähtävä uoma 11.12.2019.



**Kuva 32.** Savisuon kosteikkoon idästä laskevan uoman alajuoksu 21.11.2019.



**Kuva 33.** Näkymä Savisuon kosteikon pohjoiselle puoliskolle 21.11.2019.





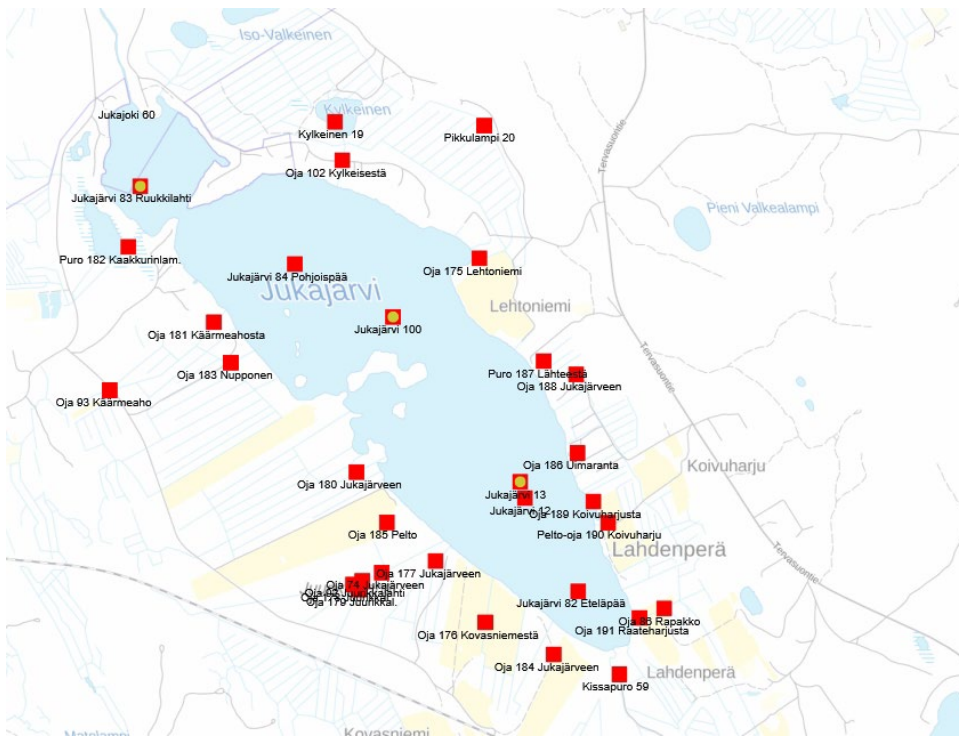
**Kuva 34.** Näkymä Savisuon kosteikon eteläiselle puoliskolle 9.10.2019.



**Kuva 35.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelija Samuel Juntunen mittaa Flowatch™ -siivikolla kaakosta Savisuon kosteikkoon laskevan uoman virtausnopeutta 9.10.2019. Mittausta valvoo opiskelija Nikolas Järvinen.



**Kuva 36.** Töppösuon kosteikon lähtevä uoma 29.11.2019.



**Kuva 37.** Jukajärven ja sen välittömän lähiympäristön vedenlaadun havaintopaikat. Kartta on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 16.01.2020. Kartalla ovat myös Karelia-ammattikorkeakoulun havaintopaikat vuonna 2019; Jukajärvi 100 (kokonaissyvyys keskivedenkorkeuden vallitessa 17,0 m), Jukajärvi 13 (kokonaissyvyys 11,0 metriä) ja Jukajärvi 83 Ruukkilahti (kokonaissyvyys 5,7 metriä).

## 2.2 TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT VÄLINEET JA MENETELMÄT

Vedenlaadun, virtaamien ja pohjaeläimistön mittausten sekä havaintojen ajankohdat ilmenevät kappaleesta 4. Tämän raportin aineiston hankinnassa käytetyt välineet on esitetty taulukossa 1. Kenttä- ja laboratoriotyöskentelyä on esitelty kuvissa 38-47.

**Taulukko 1.** Jukajoen ja sen valuma-alueen eräiden vesiensuojeluteknisten rakenteiden limnologisen tilan selvityksessä käytetyt laitteet ja varusteet vuonna 2019.

Tutkimusvaihe	Laitteet ja menetelmät
Pohjasedimentin näytteenotto	Turvekaira, näytteenotto-osan pituus 1,0 m, jatkovarret
Pohjasedimentin redox-potentiaalin mittaus	Viipaloiva Limnos-sedimenttinoudin, redox-kenttämittari EZD08200M, elektrodin kalibrointiliuos
Virtaamamittaus	Flowatch™ -siivikko varusteineen
Pohjaeläimistö	Ekman-tyyppinen näytteenotin varusteineen järvi- ja kosteikkohavaintopaikoilla potkuhaavi varusteineen virtavesien havaintopaikoilla, mikroskoopit noin 10x suurennos ja tehokkaammat
Vesinäytteenotto ja laboratorioanalyysit [Karelia-amk]	Limnos-vesinäytteenotin, filtterifotometri WTW S 12 A [Saksa] varusteineen, pH-mittari EZD08200M, pH-mittari Toledo EasySeven, happikenttämittari YSI
Veden laboratorioanalyysit	Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, Joensuun laboratorio
Havaintopaikkojen koordinaattien tallennus	Garmin GPSMAP64 –satelliittipaikkainlaite; Koordinaattien tarkkuus ±2...±3 metriä
Muut keskeiset varusteet	Ahkiot, moottorisaha, jääkairat [4" ja 6"], luotinaru, rullamitta, valomikroskoopit [pohjaeläinten identifiointi]

Ainevirtaamat (= antropogeenisen kuormituksen ja luonnonhuuhtoutuman summa) on laskettu yhtälöllä 1;

$$L_{\text{vuosi}} = C_{\text{virtaamapainotettu keskiarvo}} \times MQ_{2000-2011} \times 31\,536\,000, \quad (1)$$

jossa

$$C_{\text{virtaamapainotettu keskiarvo}} = (C_1 \times Q_1) + (C_2 \times Q_2) + (C_3 \times Q_3) + (C_4 \times Q_4) + (C_n + Q_n) / (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_n),$$

jossa  $c_{1...n}$  = ainepitoisuus kullakin viidellä havaintokerralla

$Q_{1...n}$  = virtaama kullakin viidellä havaintokerralla.

$MQ_{2000-2011}$  = vuosikeskivirtaama =  $Mq_{2000-2011, \text{Suomi}}$  (9,7 l/s km<sup>2</sup> [Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2013]) x uoman yläpuolinen valuma-alue (km<sup>2</sup>) ja 31 536 000 = vuodessa oleva sekuntien määrä.

”Happamuuden”, ts. veteen liuenneiden protonien eli oksoniumionien ainevirtaamaa laskettaessa pH-arvot muutettiin ensin oksoniumionipitoisuudeksi (vetyionien aktiivisuudeksi, [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>]).

Esimerkki;

$$\text{pH} = 3,71 \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,71} \text{ mol/l} \approx 1,9498446 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

Näin meneteltiin myös laskettaessa keskimääräiset, virtaamapainotetut pH-arvot.

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 kokonaisuusilömäärästä. Indeksien arvo on sitä suurempi mitä enemmän lajeja havaitaan (taulukko 2).

**Taulukko 2.** Arvio biodiversiteetistä Shannon-Wiener -indeksin avulla.

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



**Kuva 38.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelija Tuomas Hirvonen määrittää Töppösuon kosteikon veden lämpötilaa Ruttner-näytteenottimen lämpömittarilla 04.04.2019. Suoritusta valvovat opiskelijat Ilppo Sutinen, Iida Heikkinen ja Noora Hakulinen.



**Kuva 39.** Virtausnopeusmittari Flowatch™ Savisuon kosteikon valmiina mittaamaan Savisuon kosteikon lähtevän uoman virtausnopeuksia 21.11.2019.



**Kuva 40.** Tarmo Tossavainen mittaa Savisuon kosteikon veden happipitoisuutta YSI-kenttämittarilla 04.04.2019. Kuva: Ilppo Sutinen.



**Kuva 41.** Pintasedimentin redox-potentiaalia mitataan Linnunsuon kosteikolla 16.04.2019.



**Kuva 42.** Lähikuva Linnunsuon pintasedimentin redox-potentiaalin mittauksesta 16.04.2019.



**Kuva 43.** Vaihto-opiskelija Geoffroy Browayes Ranskasta ottaa potkuhaavilla pohjelaennäytettä Jukajoen Myllylän alueelta syksyllä 2015.



**Kuva 44.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelija Jere Tiitta (vas.) ja Tarmo Tossavainen ottavat Ekman-noutimella Kuonanjärven (Kerimäki/Savonlinna) pohjäläinnäytettä huhtikuussa 2018. Kuva: Joanna Latoszek.



**Kuva 45.** Savisuon kosteikon vesinäytteistä mitataan filterifotometrillä (WTW S 12 A) alumiinipitoisuutta Karelia-ammattikorkeakoulun Sirkkalan laboratorioluokassa 05.04.2019.



**Kuva 46.** Jukajoen vesinäytteiden pH:n mittaus 29.11.2019.



**Kuva 47.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat (vasemmalta lukien) Noora Hakulinen, Niina Jeskanen, Jessi Arola, Rosita Röppänen ja Iida Heikkinen käsittelevät Savisuon kosteikon pohjäläinnäytteitä Sirkkalan laboratorioluokassa 05.04.2019.



### 3 Jukajoen yläjuoksun koskialueen kunnostustyöt vuonna 2019

Aikoinaan uiton tarpeisiin ja Jukajärven vedenpinnan laskemiseksi peratun, syvennetyn ja oikaistun Jukajoen kunnostustyöt virtavesikutuisten kalojen lisääntymis- ja elinmahdollisuuksien kohentamiseksi aloitettiin kevättalvella 2019. Työn toimeksiantajana on Osuuskunta Lumimuutos ja päätoteuttajana vesistökuunnostusyrittäjä Janne Raassina Kontiolahdelta. Työ tehdään sekä kone- että henkilötyönä (kuvat 49-53). Tarmo Tossavainen (2018) on myös laatinut Jukajoen alustavan kunnostussuunnitelman.



**Kuva 48.** Jukajoen koskimaisen alueen kunnostamatonta, aikoinaan uiton tarpeisiin perattua alkupäätä 28.03.2019 välittömästi Ilomantsintien (kantatie 74) pohjoispuolella.



**Kuva 49.** Kaivinkone etenee kohti Jukajoen uomaa yläjuoksun koskialueella 28.03.2019. Etualalla eräs lukuisista paikalle tuoduista kiviroykkiöistä, joita käytetään kunnostusmateriaalina Jukajoen uomassa.



**Kuva 50.** Jukajoen yläjuoksun koskialueen kalataloudellinen kunnostusta 28.03.2019. Joki uomassa kaivinkoneen työtä ohjailee vesistökunnostusyrittäjä Janne Raassina.



**Kuva 51.** Konetyön täydentämistä ja hienosäätöä henkilötyönä Jukajoen yläjuoksun koskialueella kesällä 2019.  
Kuva: Janne Raassina.



**Kuva 52.** Kunnostettua Jukajoen yläjuoksun koskialuetta 07.10.2019.



**Kuva 53.** Karelia-ammattikorkeakoulun neljännen vuosikurssin energia- ja ympäristötekniikan opiskelijaryhmä myös hiukan kunnosti perattua yläjuoksun koskialuetta 09.10.2019. Vasemmalta lukien Henri Heiskanen, Ari Lintilä, Nikolas Järvinen ja Ari-Pekka Jolkkonen.

## 4 Tulokset ja niiden tarkastelu

### 4.1 VEDENLAATU JA POHJAEÄLMISTÖ JUKAJOEN ILOMANTSINTIEN HAVAINTOPAIKALLA 50

Jukajoen havaintopaikan 50 (Ilomantsintie) vedenlaatu on jokseenkin samaa kuin Jukajärven päällysvesi, mikäli Jukajärvessä vallitsee kerrosteisuustilanne. Kun Jukajärven vesi on tehokkaasti sekoittunut kevät- ja syystäyskiertojen tai voimakkaiden tuuliolojen aikana, niin Jukajoen vedenlaatu on jokseenkin samaa kuin Jukajärven keskimääräinen vesi. Veden pH (5,7...5,9) oli tyydyttävä eikä alittanut yhdelläkään havaintokerralla yleisesti kalastolle ja myös useille muille vesieliöille (useat pohjaeläimet ja makrofytyt sekä eläinplankton) esitettyä minimiä pH:ta noin 5,5 (taulukko 3). Alumiinin pitoisuudet (39...81 µg/l) olivat varsin maltillisia. Alumiini on useille vesieliöille erittäin haitallinen jo melko pieninäkin pitoisuuksina, kun veden pH samalla laskee noin 5,0:een ja sen alle. Raudan pitoisuudet (1350...2700 µg/l) olivat Jukajoen vesistöalueelle tyypilliseen tapaan melko korkeita. Varovaisesti arvioiden (vuosien 2012-2013 vähäinen havaintoaineisto) pitoisuudet näyttäisivät pienentyneen 2010-luvulla (ks. myös kuva 58 ja kappale 4.5). Myös mangaanin pitoisuudet (298...490 µg/l) olivat varsin korkeita, Jukajoen vesistöalueelle tyypillistä suuruusluokkaa (taulukko 3).

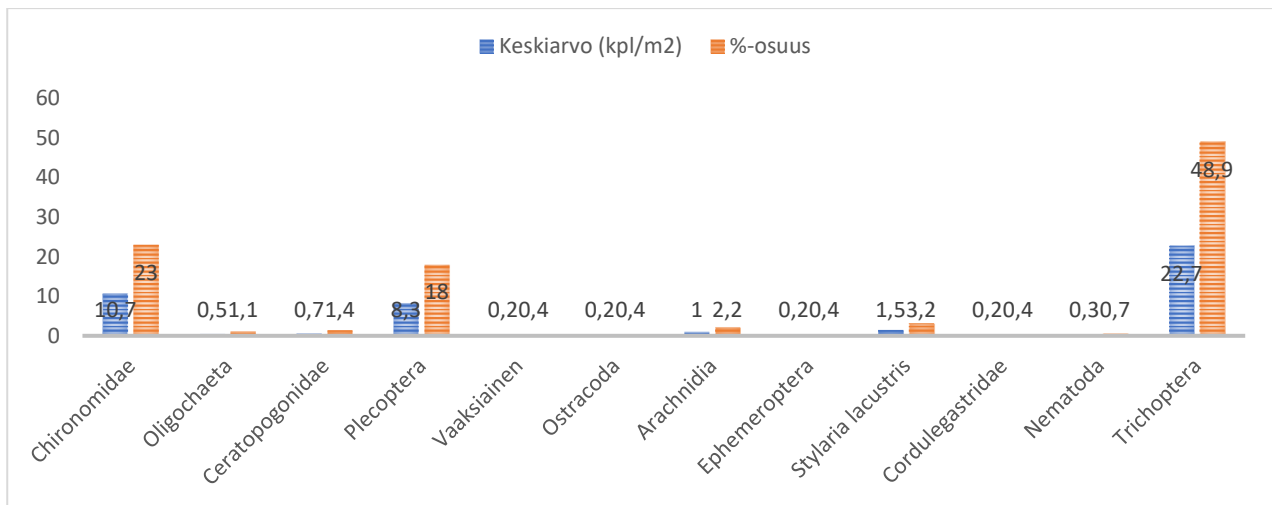
**Taulukko 3.** Virtaamien ja vedenlaadun mittaukset Jukajoen Ilomantsintien havaintopaikalla 50 vuonna 2019.

Pvm	Lt (°C)	Q (l/s)	q (l/s km <sup>2</sup> )	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (mol/l)	Sähköjoht. (mS/m)	Al (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)
01.04.2019	+1,9	297,2	7,0	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	5,5	64	2700	298
07.05.2019	+7,2	984,6	23,3	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	5,1	81	2360	490
14.05.2019	+10,5	804,9	19,1	5,6	2,51*10 <sup>-6</sup>	5,1	52	1800	433
04.06.2019	+15,5	439,4	10,4	5,8	1,58*10 <sup>-6</sup>	7,1	39	1350	386
28.11.2019	+1,4	500,0	11,8	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	6,5	50	1880	396
11.12.2019	+1,0	534,6	12,7	5,7	2,00*10 <sup>-6</sup>	5,4	45	2290	389
<b>virtaamapainotettu keskiarvo</b>	..	..	..	<b>5,8</b>	<b>1,69*10<sup>-6</sup></b>	..	<b>58</b>	<b>2059</b>	<b>420</b>

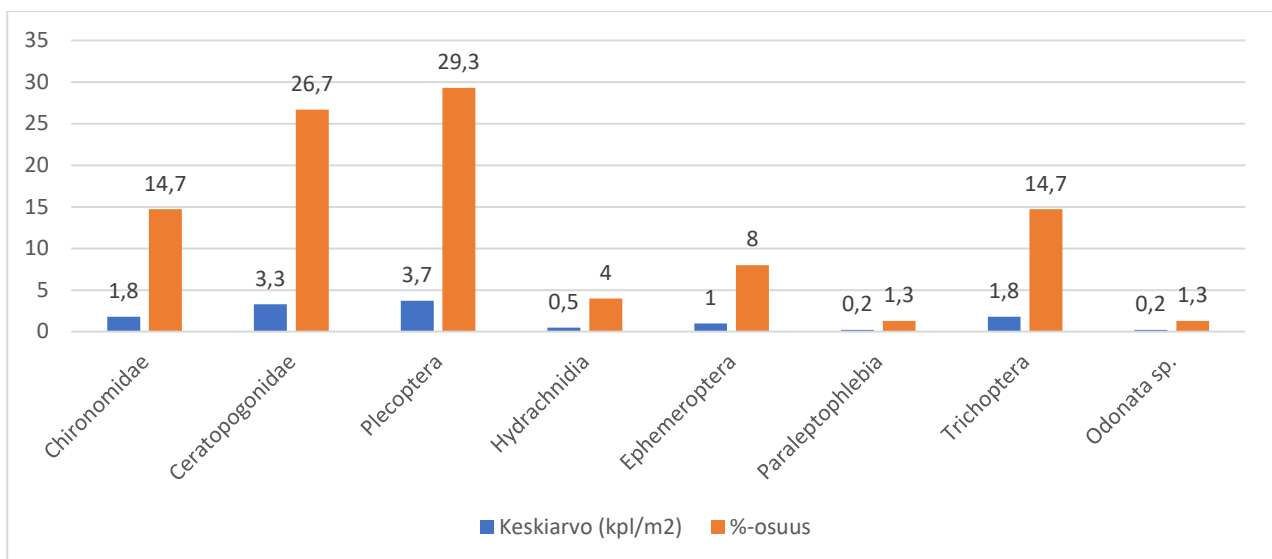
Noin 100 metriä Ilomantsintiestä yläjuoksuun päin sijaitsevaa pohjaeläimistön havaintopaikkaa voidaan luonnehtia ns. pikkukivipaikaksi. Joki on voimakkaasti aikoinaan perattu, tällä kohdin ilmeisesti lähinnä järven vedenpinnan laskemiseksi. Tämä perkuu on palvellut myös keväisten ns. rymyuttojen tarpeita. Pohjalla on tasaisen runsaasti kiviä, läpimitaltaan muutamasta noin kahteenkymmeneen senttimetriin. Virtausnopeus vaihtelee virtaamatilanteen mukaan noin 30...40 cm/s.

Biodiversiteettiä arvioiva Shannon-Wiener -indeksi (1,42) oli matala 24.09.2019 otettujen näytteiden perusteella. Lajisto (keskimäärin 46 eläinyksilöä/potkuhaavinäyte) kuitenkin sisälsi suhteellisen runsaasti elinympäristönsä suhteen vaateliaita vesiperhosen (luokka Trichoptera) ja koskikorenon (luokka Plecoptera) toukkia (kuva 54, liite 6). Silmämääräisesti ja käsikopelolla arvioituna havaintopaikan pohjan kivet ovat voimakkaasti kuorruttuneita veden sisältämistä metalleista. Rauta ja mangaani (jälkimmäinen vaikeammin hapettuvana) tyypillisesti hapettuvat ja pidättyvät tällä tavoin.

Ilomantsintieltä noin 500 metriä alajuoksuun päin jokseenkin vastaavalla koskimaiselta paikalta otettiin myös kuusi rinnakkaista pohjaeläinnäytettä 02.10.2019 (kuva 55, liite 6). Eläinyksilöiden määrä oli pienempi (keskimäärin noin 12 eläintä/potkuhaavinäyte) kuin havaintopaikalla 50. Biodiversiteetti (1,72) oli hiukan korkeampi, mutta matalaa suuruusluokkaa sekini.



**Kuva 54.** Jukajoen pohjaeläimistö havaintopaikalla 50 (Ilomantsintie) 24.09.2019. Lukemat ovat kuuden potkuhaavilla otetun rinnakkaisnäytteen keskiarvoja. Shannon-Wiener -indeksi on 1,42.



**Kuva 55.** Jukajoen pohjaeläimistö yläjuoksuun koskialueella, noin 500 metriä Ilomantsintieltä pohjoiseen, 02.10.2019. Lukemat ovat potkuhaavilla otetun kuuden rinnakkaisnäytteen keskiarvoja. Shannon-Wiener -indeksi on 1,72.

## 4.2 VEDENLAATU JUKAJOEN MYLLYLÄN HAVAINTOPIKALLA 51

Jukajoen Myllylän havaintopaikka 51 sijaitsee jokea myöten noin 4 kilometriä alajuoksuun päin Ilomantsintien havaintopaikasta 50 (kuva 15). Merkittävin Jukajoen vedenlaatuun vaikuttava tekijä tällä välillä on Aajeenpuron vesistöalue (16,4 km<sup>2</sup>, järvisyys 4,7 %), jonka osuus Jukajoen koko lähivaluma-alueesta on runsas kolmannes (kuva 6). Aajeenpuro saa alkunsa pohjavesipitoisista lammista ja sillä on myönteinen vaikutus Jukajoen vedenlaatuun. Voimme hyvinkin arvioida, että sen suhteellisen suuri virtaama pH-tasoltaan kelpoista vettä kykenee tätä nykyä merkittävästi

neutraloimaan varsinkin Kylmäsuon-Linnunsuon metsäojien happamia vesiä. Alueella on ainakin osittain samaa mustaliuskemaaperää kuin välittömästi vastarannalla sijaitsevalla entisellä Linnunsuon turvetuotantoalueen ”lohkolla 5”, ts. nykyisellä laajalla kosteikolla (Tossavainen 2017).

Jukajoen Myllylän havaintopaikan vedenlaatu tutkittujen ominaisuuksien perusteella oli vuonna 2019 hyvin samankaltainen Ilomantsintien havaintopaikkaan verrattuna. pH (5,6...6,2) oli tyydyttävä, alumiinin pitoisuudet (10...75 µg/l) maltillisia sekä raudan (1350...2460 µg/l) ja mangaanin (316...507 µg/l) pitoisuudet melko korkeita (taulukko 4).

**Taulukko 4.** Jukajoen havaintopaikan 51 (Myllylä) vedenlaadun ja virtaaman mittaukset vuonna 2019.

Pvm	Lt [°C]	Q [l/s]	q [l/s km <sup>2</sup> ]	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> [mol/l]	Sähköjoht. [mS/m]	Al [µg/l]	Fe [µg/l]	Mn [µg/l]
26.02.2019	+1,6	400,0	6,4	6,2	6,31*10 <sup>-7</sup>	10,4	10	2460	316
01.04.2019	+1,0	442,6	7,0	6,1	7,94*10 <sup>-7</sup>	5,7	57	2450	383
07.05.2019	+5,5	1466,4	23,3	5,7	2,00*10 <sup>-6</sup>	5,1	75	1850	507
14.05.2019	+9,2	1198,8	19,1	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	5,4	63	1740	413
04.06.2019	+13,2	654,4	10,4	6,0	0,000001	7,2	32	1350	385
21.11.2019	+2,3	1383,5	22,0	5,8	1,59*10 <sup>-6</sup>	5,1	60	2140	377
28.11.2019	+1,2	744,7	11,8	6,1	7,94*10 <sup>-7</sup>	6,8	60	1810	397
11.12.2019	+0,5	796,3	12,7	5,6	2,51*10 <sup>-6</sup>	5,8	49	2270	426
<b>Virt.pain. keskiarvo</b>	..	..	..	<b>5,8</b>	<b>1,48*10<sup>-6</sup></b>	..	<b>57</b>	<b>1957</b>	<b>415</b>

### 4.3 VEDENLAATU JUKAJOEN UKONNURMEN HAVAINTOPAIKALLA 35

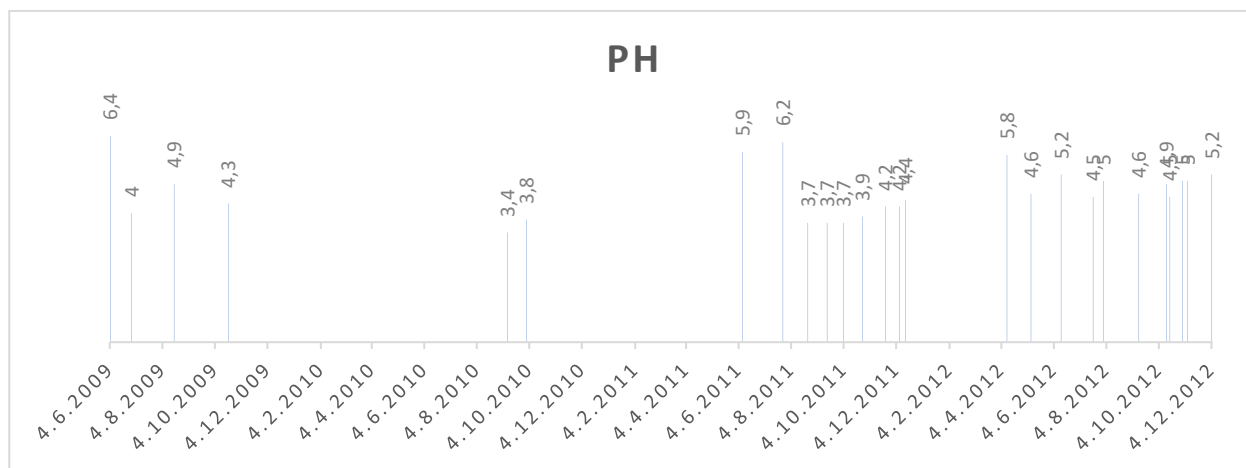
Jukajoen Ukonnurmen havaintopaikka 35 ottaa vastaan sekä Linnunsuon että Savisuon kosteikkojen vedet ja niiden kuljettamat ainevirtaamat (kuva 18). Ukonnurmella veden pH vaihteli 5,3...6,0 vuonna 2019. Virtaamapainotettu keskiarvo, pH 5,6, on sinänsä tyydyttävä, mutta kehittyneen vesieliöstön, kuten kalaston kannalta veden pH:n tavoitetaso kaikissa valumaoloissa on vähintään pH 5,5. Turvetuotannon lopettamisen ja Linnunsuon kosteikon konstruoinnin (2013) sekä kaikkien muiden Jukajoen-Jukajärven vesistöalueen vesiensuojelutöiden seurauksena Jukajoen vedenlaadun edistyminen on ollut merkittävää. Esimerkiksi vuosina 2009-2012 veden pH Ukonnurmen havaintopaikalla kahlasii lähes jatkuvasti selkeästi alle pH 5:n tasolla. Alimmillaan havaittu pH oli 3,4 syyskuussa 2010 (kuva 56). Tällainen vesi on noin 126 kertaa happamampaa kuin vesi, jonka pH on 5,5 ja lähes 4000 kertaa happamampaa neutraaliin (pH 7,0) veteen verrattuna. Tällöin Jukajoessa todettiin myös laajoja kalakuolematapauksia.

Vuonna 2019 Jukajoen veden rautapitoisuus Ukonnurmen havaintopaikalla vaihteli 1460...3360 µg/l ja virtaamapainotettu keskipitoisuus oli 1961 µg/l (taulukko 5). Tämä on samaa suuruusluokkaa kuin Ilomantsintien ja Myllylän havaintopaikoilla (vrt. taulukot 3 ja 4). Ennen Jukajoen vesistöalueen kunnostustoimia rautapitoisuudet (1800...15000 µg/l, keskiarvo noin 5200 µg/l) vuosina 2009-2012 olivat merkittävästi korkeampia (kuva 57).

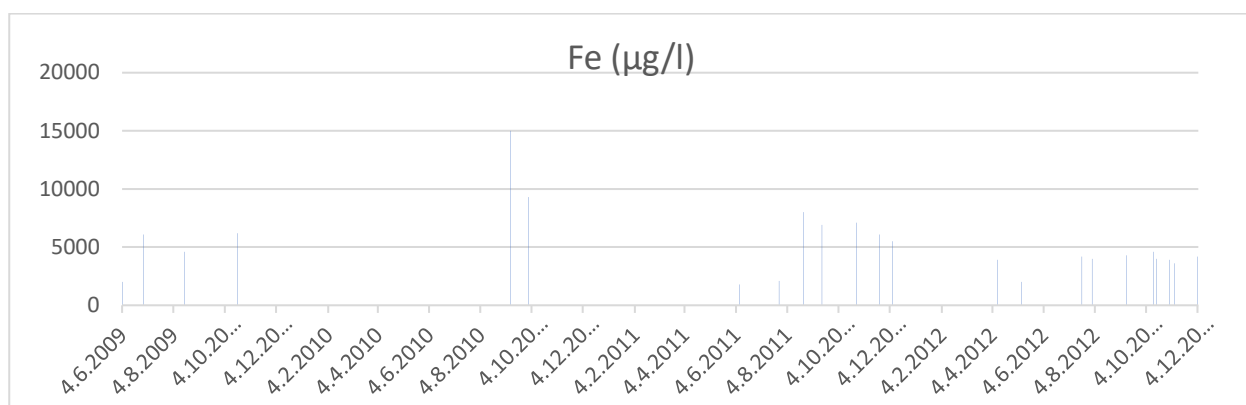
Ukonnurmen havaintopaikan veden alumiinin pitoisuudet (20...127 µg/l) olivat jonkin verran korkeampia Ilomantsintien ja Myllylän havaintopaikkojen mittaustuloksiin verrattuna (taulukot 3, 4 ja 5). Vuosilta 2009-2012 alumiinipitoisuudesta on yksi havainto (21.11.2011; 590 µg/l). Tuolloin alumiinin pitoisuus oli hyvin korkea ja veden pH oli vain 4,2 (Suomen Ympäristökeskus, Herta-tietojärjestelmä; mittaustulokset poimittu 13.01.2020). Tällainen pH:n ja alumiinipitoisuuden yhdistelmä on erittäin myrkyllinen kaloille ja useille muille kehittyneille vesieliöille.

**Taulukko 5.** Jukajoen havaintopaikan 35 (Ukonnurmi) vedenlaadun ja virtaaman mittaukset vuonna 2019.

Pvm	Lt [°C]	Q [l/s]	q [l/s km <sup>2</sup> ]	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> [mol/l]	Sähköjoht. [mS/m]	Al [µg/l]	Fe [µg/l]	Mn [µg/l]
26.02.2019	+1,1	459,8	6,4	6,0	0,000001	11,2	20	2410	390
01.04.2019	+0,5	508,7	7,0	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	5,9	82	3360	364
07.05.2019	+5,2	1685,5	23,3	5,5	3,16*10 <sup>-6</sup>	4,8	114	1760	562
14.05.2019	+9,4	1377,9	19,1	5,8	1,58*10 <sup>-6</sup>	5,3	60	1800	432
04.06.2019	+13,0	752,2	10,4	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	7,2	46	1460	441
21.11.2019	+2,0	1590,2	22,0	5,7	2,00*10 <sup>-6</sup>	5,3	120	2000	406
28.11.2019	+1,3	856,0	11,8	6,0	0,000001	7,0	70	1800	455
11.12.2019	+0,3	915,3	12,7	5,3	5,01*10 <sup>-6</sup>	5,8	127	2290	466
<b>Virt.pain. keskiarvo</b>				<b>5,6</b>	<b>2,31*10<sup>-6</sup></b>		<b>93</b>	<b>1961</b>	<b>458</b>



**Kuva 56.** Veden happamuusaste (pH) Jukajoen Ukonnurmen havaintopaikalla 35 vuosina 2009-2012 (mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 13.01.2020).



**Kuva 57.** Veden rautapitoisuuden havainnot Jukajoen Ukonnurmen havaintopaikalla 35 vuosina 2009-2012 (mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-ympäristötietojärjestelmästä 13.01.2020).



#### 4.4 VEDENLAATU JUKAJOEN JOKELAN HAVAINTOPAIKALLA 166

Jukajoen Jokelan havaintopaikan 166 vesi on Pielisjoen tasolla sijaitsevaan suistoon päätyvää vettä. Sen vedenlaatu on varsin samankaltainen Ukonnurmen havaintopaikan 35 vedenlaatuun verrattuna. Ukonnurmen ja Jokelan välisellä Jukajoen lähivaluma-alueella on jonkin verran viljelymaita ja melko laajoja metsäojitusalueita (kuten Töppösuo ja Leipäsuo), jotka tuovat ajoittain hyvin hapanta (pH noin 3,2...3,5) vettä Jukajokeen (Tossavainen 2017). Yleisesti maassamme tarpeellinen viljelymaiden kalkitus neutraloi ainakin jossain määrin tätä happamuutta. Töppösuon keskeisen laskuojan alajuoksulle on rakennettu kosteikko syksyllä 2018 (kuvat 14 ja 21, kappale 4.8).

**Taulukko 6.** Jukajoen havaintopaikan 166 (Jokela) vedenlaadun ja virtaaman mittaukset vuonna 2019.

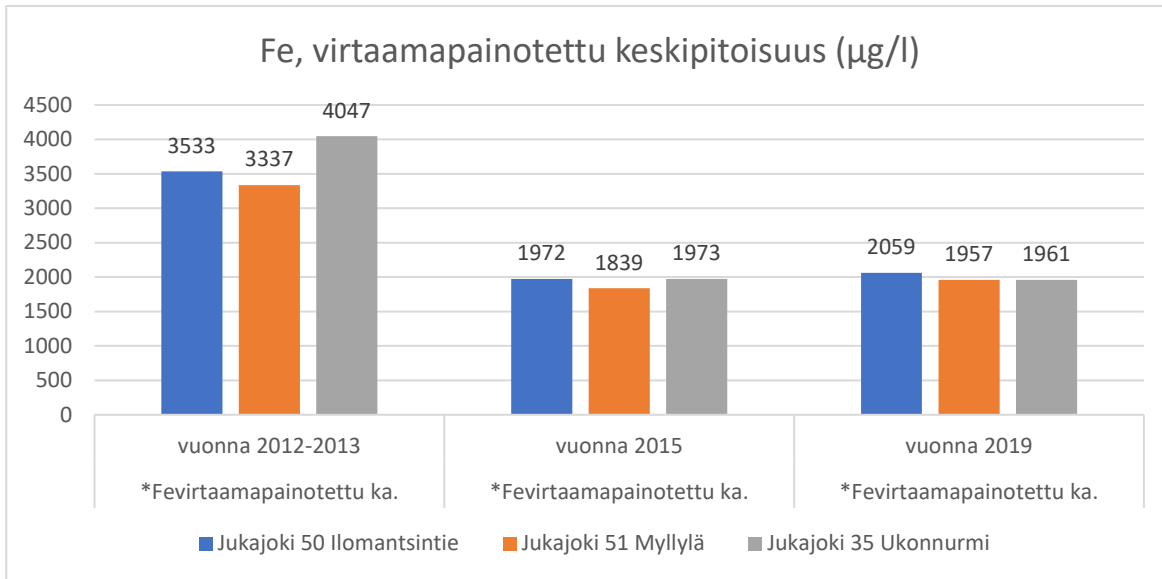
Pvm	Lt [°C]	Q [l/s]	q [l/s km <sup>2</sup> ]	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> [mol/l]	Sähk.joht. [mS/m]	Al [µg/l]	Fe [µg/l]	Mn [µg/l]
28.11.2019	+1,1	921,1	11,8	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	7,0	60	2200	359
11.12.2019	+0,2	985,0	12,7	5,2	6,31*10 <sup>-6</sup>	5,7	145	2140	525

#### 4.5 HAPPAMUUDEN SEKÄ ERÄIDEN RASKASMETALLIEN PITOISUUDET JA AINEVIRTAAMAT JUKAJOESSA VUOSINA 2012-2019

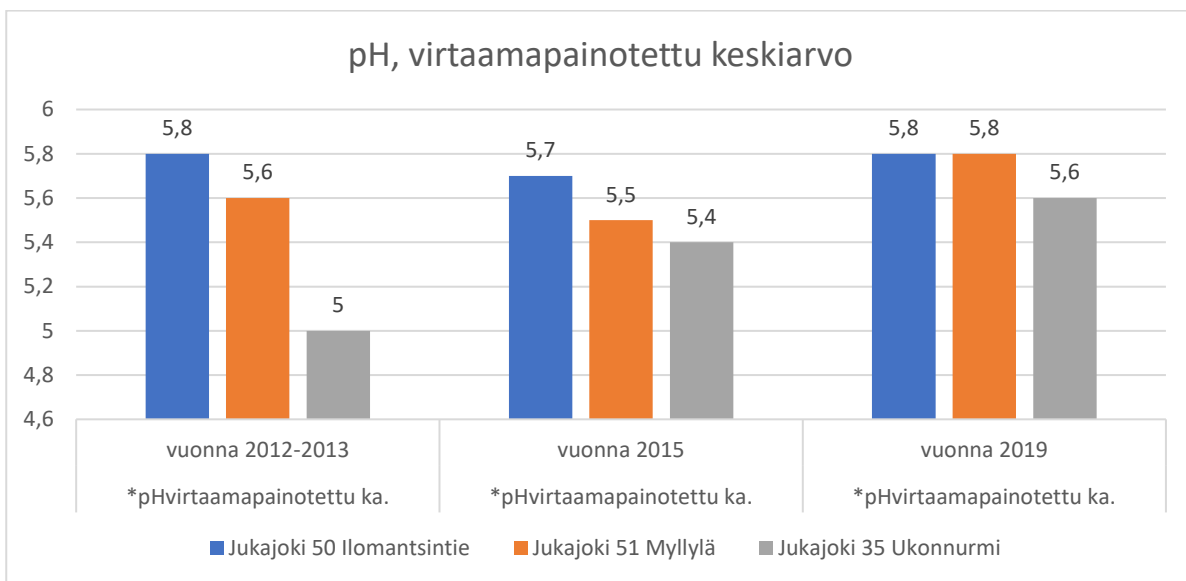
Jukajoen veden pH on selkeästi kohonnut Ukonnurmen havaintopaikalla 35 vuoden 2013 jälkeen valuma-alueen kunnostus- ja hoitotoimien käynnistyttyä. Samalla veteen liuenneet happamuus, ts. oksoniumionien (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>; veteen lienneet protonit) kuorma on pienentynyt merkittävästi (kuvat 59 ja 61). Linnunsuon turvetuotantoalueen (noin 100 hehtaaria) konstruoiminen kolmiosiseksi kosteikoksi (vesiala noin 60...70 hehtaaria) on ollut toistaiseksi merkittävin tähän vaikuttanut yksittäinen vesiensuojelutekninen toimenpide.

Myös Myllylän havaintopaikan 51 veden pH on hiukan kohentunut. Tulosten luotettavuuden kannalta on ollut oleellista, että mittaukset on tehty mahdollisimman vaihtelevissa valuntaoloissa. Yleisesti virtavesissä ylivirtaaman vallitessa vesi huuhtelee painotetusti orgaanisia maakerroksia ja esimerkiksi veden pH voi olla huomattavastikin alempi kuin alivirtaamajaksoilla, jolloin veden kontakti mineraaliainekseen on suhteellisesti suurempi. Vuosien 2012-2013 havaintoajankohtina (n = 8) valuma vaihteli 8,9...47,3 l/s km<sup>2</sup>, vuonna 2015 (n = 5) 4,3...48,8 l/s km<sup>2</sup> ja vuonna 2019 6,4...23,3 l/s km<sup>2</sup> (taulukko 59, Tossavainen 2018, 30-31). Valumien vaihtelu kaikilla havaintojaksoilla on siten ollut varsin voimakasta.

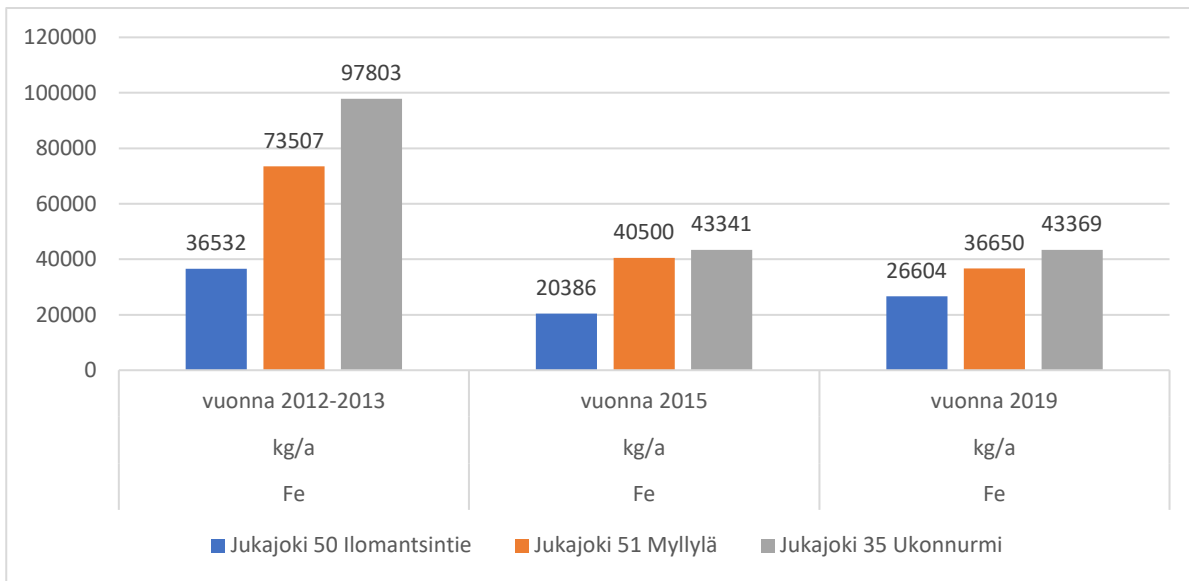
Rautapitoisuudet näyttävät myös pienentyneen vuoden 2013 jälkeen (kuva 58). Kuitenkin vuosien 2012-2013 havaintoaineisto on suppea (n = 3, q 27,2...29,6 l/s km<sup>2</sup>), joten johtopäätös on epävarma. Raudan, kuten happamuusasteenkin ja ainakin alumiinin ja mangaanin monitorointia Jukajoen vesistöalueella kannattaa ehdottomasti edelleen jatkaa kunnostus- ja hoitotoimien vaikutusten todentamiseksi ja jatkuvasti vielä alueella tehtävien ko. töiden vaikutusten arvioimiseksi.



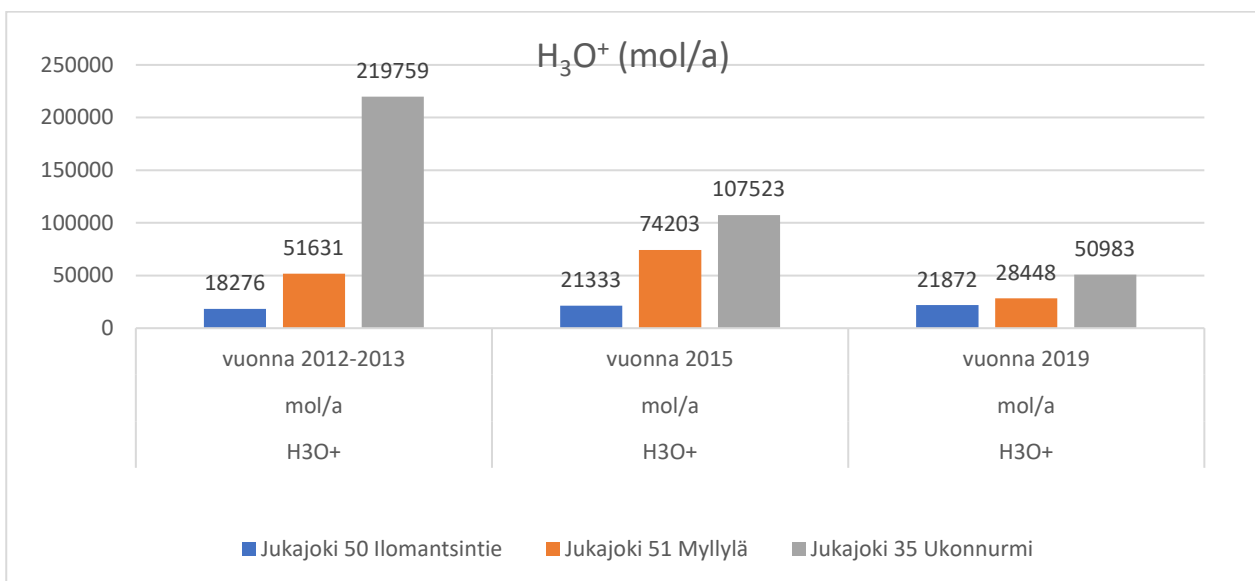
**Kuva 58.** Veden virtaamapainotettu raudan keskipitoisuus Jukajoen havaintopaikoilla 50, 51 ja 35 vuosina 2012-13 (n = 3), 2015 (n = 5) ja 2019 (n = 8). Vuosien 2012-2013 ja 2015 aineisto; Tossavainen 2018, 30-33.



**Kuva 59.** Veden virtaamapainotettu pH Jukajoen havaintopaikoilla 50, 51 ja 35 vuosina 2012-13 (n = 8), 2015 (n = 5) ja 2019 (n = 8). Vuosien 2012-2013 ja 2015 aineisto; Tossavainen 2018, 30-33. pH-arvo perustuu virtaamapainotettuun H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> -pitoisuuden keskiarvoon.



**Kuva 60.** Rautavirtaama Jukajoen havaintopaikoilla 50, 51 ja 35 vuosina 2012-13, 2015 ja 2019. Vuosien 2012-2013 ja 2015 aineisto; Tossavainen 2018, 60.



**Kuva 61.** Veteen liuenneiden protonien (oksoniumioneina  $H_3O^+$ ) virtaama Jukajoen havaintopaikoilla 50, 51 ja 35 vuosina 2012-13, 2015 ja 2019. Vuosien 2012-2013 ja 2015 aineisto; Tossavainen 2018, 60.

#### 4.6 LINNUNSUON KOSTEIKON JA SIELTÄ LÄHTEVÄN VEDEN LAATU JA AINEVIRTAAMAT SEKÄ POHJASEDIMENTIN JA POHJAEÄLÄIMISTÖN LAATU JA MÄÄRÄ

Linnunsuon kosteikko sijaitsee ainakin osittain mustaliuskealueella aiemmalta turvetuotantoalueelta (tuotannossa 1985-2010) lähteneen valumaveden erittäin alhaisen pH:n (noin 2,7...3,2 valumatilanteesta riippumatta; kuva 62) sekä korkean sähkönjohtavuuden ( $\square$  sulfaatit: peräisin mustaliuskeen sisältämästä rautasulfidista) ja korkeiden rikki- ja kuparipitoisuuksien (18000  $\mu g/l$  04.06.2015;

Tossavainen 2018, 55) perusteella. Vuonna 2019 kosteikosta lähtevän veden pH vaihteli 4,2...5,9 (taulukko 7). Siten vakavin Jukajoen vedenlaatua ja ekologista tilaa uhannut kuormituslähde on ainakin toistaiseksi merkittävästi vaimennettu. Maaliskuussa 2019 Osuuskunta Lumimuutos asennutti automaattisen, jatkuvatoimisen mittalaitteen kosteikosta lähtevään uomaan maaliskuussa 2019 (kuvat 24 ja 66, taulukko 9). Tämän laitteen asennusprosessia ja toimivuutta on Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelija Ilppo Sutinen (2019) tarkastellut opinnäytetyössään perusteellisesti.

Vuoden 2019 havainnoista voidaan todeta alumiinipitoisuuden selkeä kohoaminen veden pH:n laskiessa, joskin otoskoko on melko vähäinen. pH-arvojen 4,2...4,6 vallitessa alumiinipitoisuudet vaihtelivat 100...207 µg/l. Kun veden pH oli 4,9...5,9, niin alumiinipitoisuus vaihteli 20...60 µg/l (taulukko 7). Tämä alumiinin liukoisuuden kohoaminen ympäristön happamoituessa on yleisesti tunnettu. Esimerkiksi 1980-luvulla suurta huolta herätti rikkipäästöjen aiheuttama maaperän ja samalla vesistöjen happamoituminen. Maaperän happamoituessa alumiini muuttuu enenevässä määrin liukoiseksi  $Al^{3+}$  -kationiksi, joka häiritsee esimerkiksi havupuiden juuriston ravinneionien ottoa.

Kosteikolta lähtevän veden rautapitoisuudet vaihtelivat 1050...4570 µg/l vuonna 2019 (taulukko 7). Ne ovat pienentyneet merkittävästi turvetuotannon lopettamisen ja kosteikon rakentamisen (vuonna 2013) seurauksena. Vuosina 2010-2012 lähtevän veden rautapitoisuudet (16000-160000 µg/l) olivat erittäin korkeita ja yhdessä veden voimakkaan happamuuden kanssa erittäin vaarallisia useimmille vesieliöille (kuva 63).

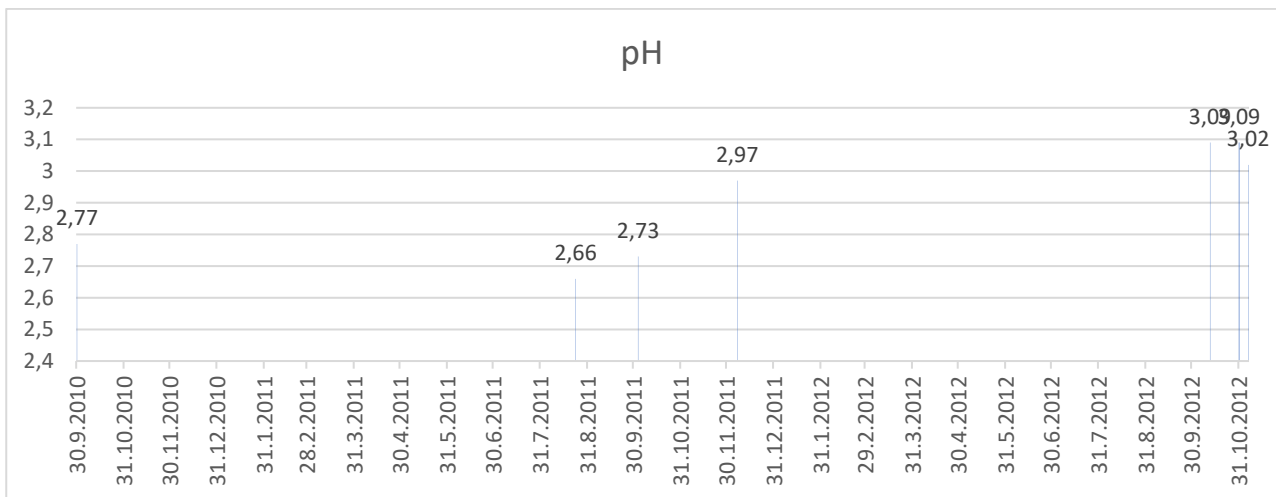
Mangaanin pitoisuudet (297...599 µg/l) olivat varsin korkeita ja tavanomaista suuruusluokkaa Jukajoen vesistöalueen muihin havaintoihin verrattuna vuonna 2019 (taulukko 7). Syksyllä 2012 ennen kosteikon rakentamista mangaanin pitoisuudet (1000...1200 µg/l) olivat erittäin korkeita (kuva 64). Suomessa vesilaitosten jakamalle vedelle on suurimman sallitun mangaanipitoisuuden suositus 50 µg/l ja yksityiskaivovesille 100 µg/l. Juomaveden mangaani on yhteydessä lasten oppimis- ja käyttäytymishäiriöihin, hienomotoriseen kömpelyyteen ja alentuneeseen älykkyydosamäärään. Vaikutus lapsiin on samankaltainen kuin lyijyllä (Komulainen 2014). Vaikutukset ilmenevät 1-12 -vuotiailla lapsilla, kun juomaveden mangaanipitoisuus ylittää 100 µg/l (Komulainen 2013). Mangaani on monin tavoin rautaa muistuttava metalli, mutta esimerkiksi hapettuu hankalammin siihen verrattuna. Kaivovesissä mangaani on paikoitellen hankala ongelma. Happamassa vesiympäristössä (pH noin alle 5) sekä rauta että mangaani muuttuvat hyvinkin haitallisiksi useille vesieliöille alumiinin tapaan.

Linnunsuon kosteikon pohjoisimman osa-altaan (havaintopaikat 1 ja 3) veden happitilanne oli tyydyttävän välttävä (6,2...9,0 mg/l, kyllästysaste 43...62 %) huhtikuussa 2019. Pintasedimentin hapetus-pelkistysaste (redox-potentiaali; symboli  $E_h$ , -199 millivolttia) ilmensi voimakkaasti anaerobisia oloja (taulukko 10). Esimerkiksi rikkivetyä ( $H_2S$ ) alkaa muodostua, kun  $E_h$  alittaa -150 millivolttia. Metaanikäymisen rajaksi on tutkimuksissa saatu noin -250 millivolttia.

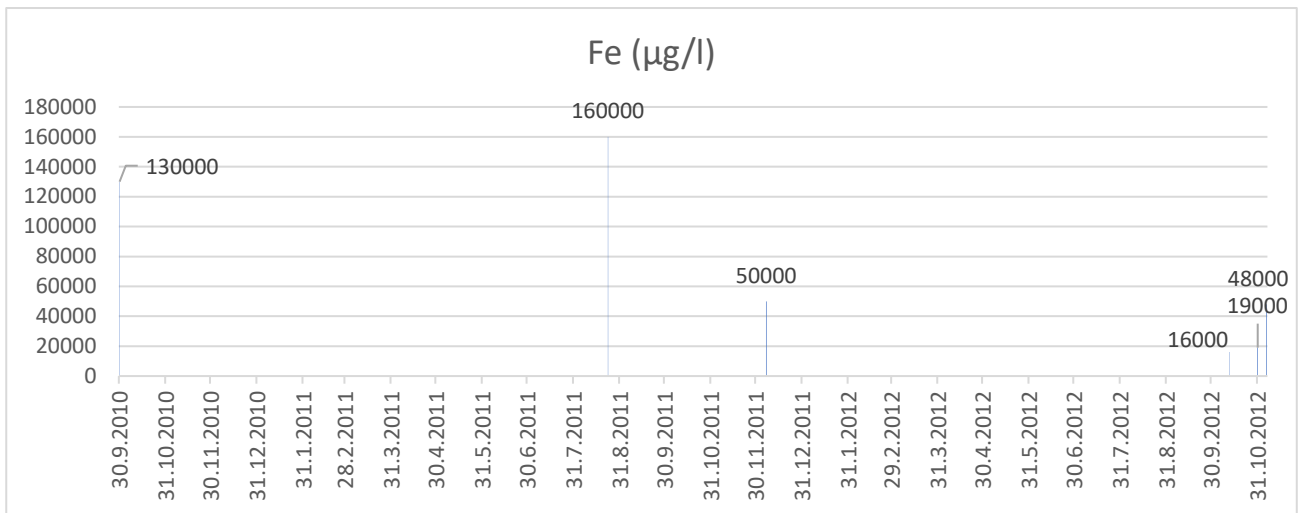
Surviaissääskien (heimo Chironomidae) toukka oli selkeästi yleisin (noin 73...87 % kaikista eläinyksilöistä) Linnunsuon pohjaeläinnäytteistä tunnistettu taksoni huhtikuussa 2019 (kuvat 69 ja 70, liite 8). Useiden surviaissääskilajien toukat kestävät vaativia elinoloja, kuten heikkoa happitilannetta ja samalla voimakasta liettyneisyyttä. Shannon-Wiener -indeksin (0,50 ja 0,73) perusteella arvioituna pohjaeläinyhteisön biodiversiteetti oli erittäin alhainen.

**Taulukko 7.** Vuonna 2013 rakennetusta Linnunsuon kosteikosta välittömästi lähtevän uoman vedenlaadun ja virtaamien havainnot vuonna 2019.

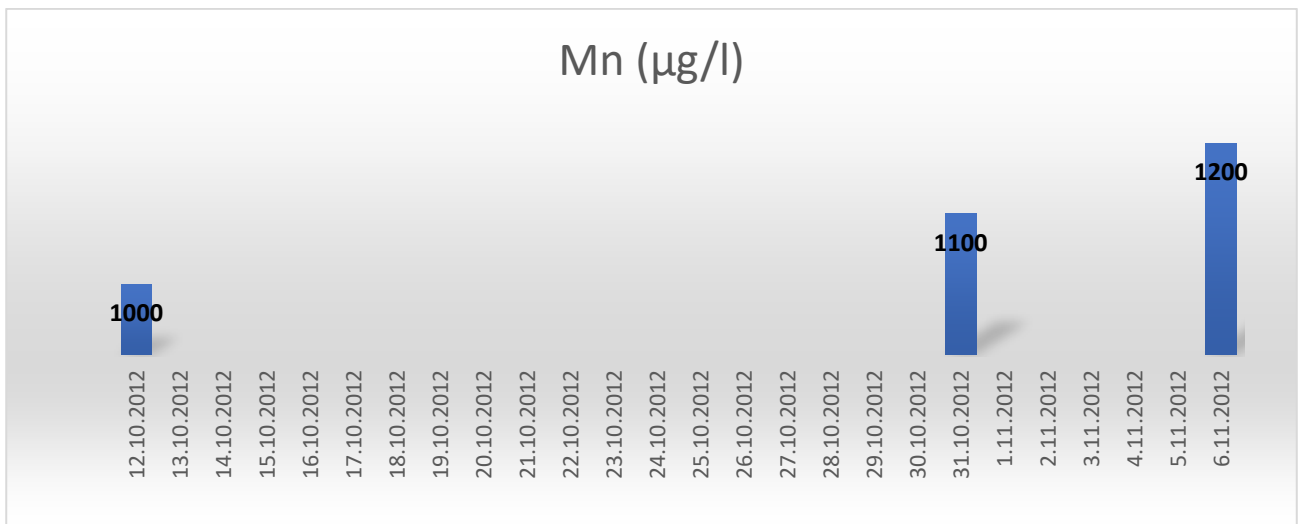
Pvm	Lt (°C)	Q (l/s)	pH	H3O+ (mol/l)	Sähk.joht. (mS/m)	Al (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)
26.02.2019	+0,7	17,3	5,1	7,94*10 <sup>-6</sup>	..	20	4300	505
01.04.2019	+0,9	29,34	5,4	3,98*10 <sup>-6</sup>	14,8	40	4430	529
10.04.2019	+0,8	84,0	4,6	2,51*10 <sup>-5</sup>	12,7	119	3590	371
16.04.2019	+1,5	38,9	4,4	3,98*10 <sup>-5</sup>	15,3	..	..	..
07.05.2019	+7,8	35,3	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	6,9	60	4570	599
14.05.2019	+13,1	7,5	5,2	6,31*10 <sup>-6</sup>	7,6	26	4510	505
04.06.2019	+17,8	15,4	4,9	1,26*10 <sup>-5</sup>	9,8	32	3870	548
21.11.2019	+1,4	49,9	4,5	3,16*10 <sup>-5</sup>	10,4	100	1050	472
28.11.2019	+1,3	21,3	4,3	5,01*10 <sup>-5</sup>	15,8	150	1090	451
11.12.2019	+0,9	70,5	4,2	6,31*10 <sup>-5</sup>	14,7	207	1290	297
Virt. pain. keskipit.	..	..	4,5	3,06*10 <sup>-5</sup>	..	112	2805	432



**Kuva 62.** Linnunsuon turvetuotantoalueen ("lohko 5") pohjoisesta laskeutusaltaasta (sama sijainti kuin nykyinen vuonna 2017 tehdystä laskeutusaltaasta lähtevä) lähtevän veden happamuusasteen havainnot vuosina 2010-2012. Vuosien 2010-2011 mittaustulokset (Havaintopaikka "Oja 162 Linnunsuolta"; kuva 28b) on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 13.01.2020. Vuoden 2012 näytteet on ottanut Tarmo Tossavainen ja ne on analysoitu Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen laboratoriossa.



**Kuva 63.** Linnunsuon turvetuotantoalueen ("lohko 5") lähtevän veden rautapitoisuuden havainnot vuosina 2010-2012. Vuosien 2010-2011 mittaustulokset (havaintopaikka "Oja 162 Linnunsuolta"; kuva 28b) on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 13.01.2020. Vuoden 2012 näytteet on ottanut Tarmo Tossavainen ja ne on analysoitu Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen laboratoriossa.



**Kuva 64.** Linnunsuon turvetuotantoalueen ("lohko 5") lähtevän veden mangaanipitoisuuden havainnot vuonna 2012. Näytteet on ottanut Tarmo Tossavainen ja ne on analysoitu Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen laboratoriossa.

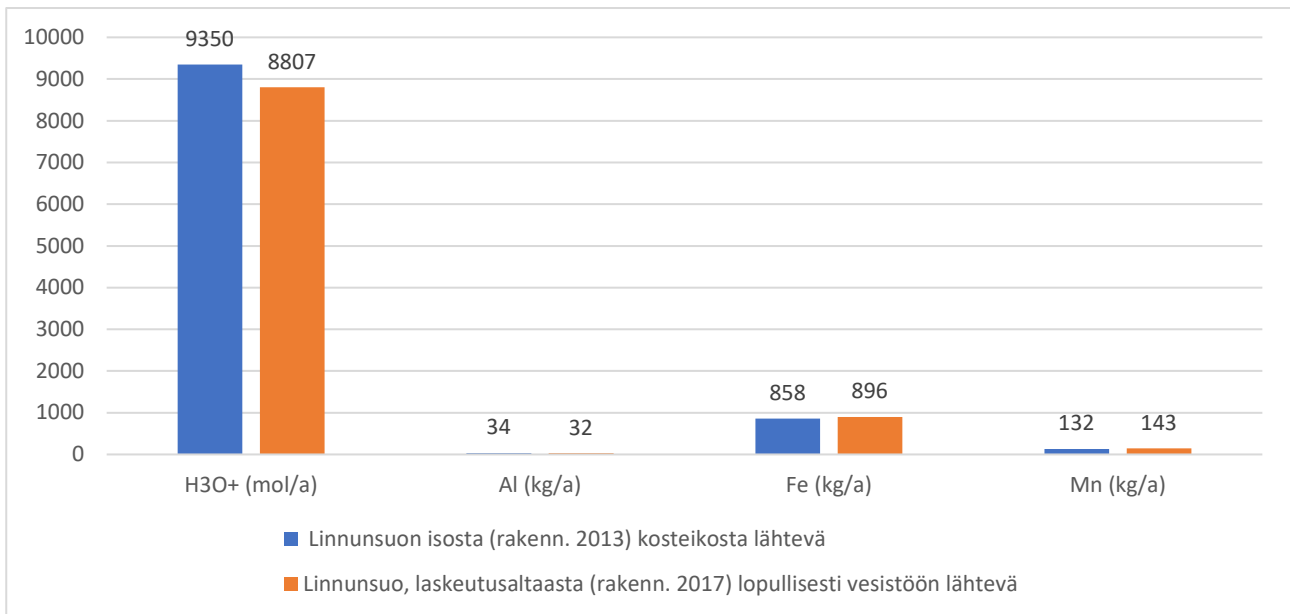
Linnunsuon turvetuotantoalueen pohjoisen laskeutusaltaan paikalle rakennettiin syksyllä 2017 ympyriäinen laskeutusallas. Sen pinta-ala on noin 2000 m<sup>2</sup>, keskisyvyys noin 2 metriä ja suurin syvyys on runsaat 3 metriä. Vuonna 2019 allas pidatti jonkin verran happamuutta. Alumiinin, raudan tai mangaanin pitoisuuksiin ja kuormiin sillä ei ollut mainittavaa vaikutusta (taulukko 8, kuva 65).

**Taulukko 8.** Linnunsuon kosteikon alapuolisesta, vuonna 2017 rakennetusta laskeutusaltaasta lähtevän veden laadun ja virtaaman havainnot vuonna 2019.

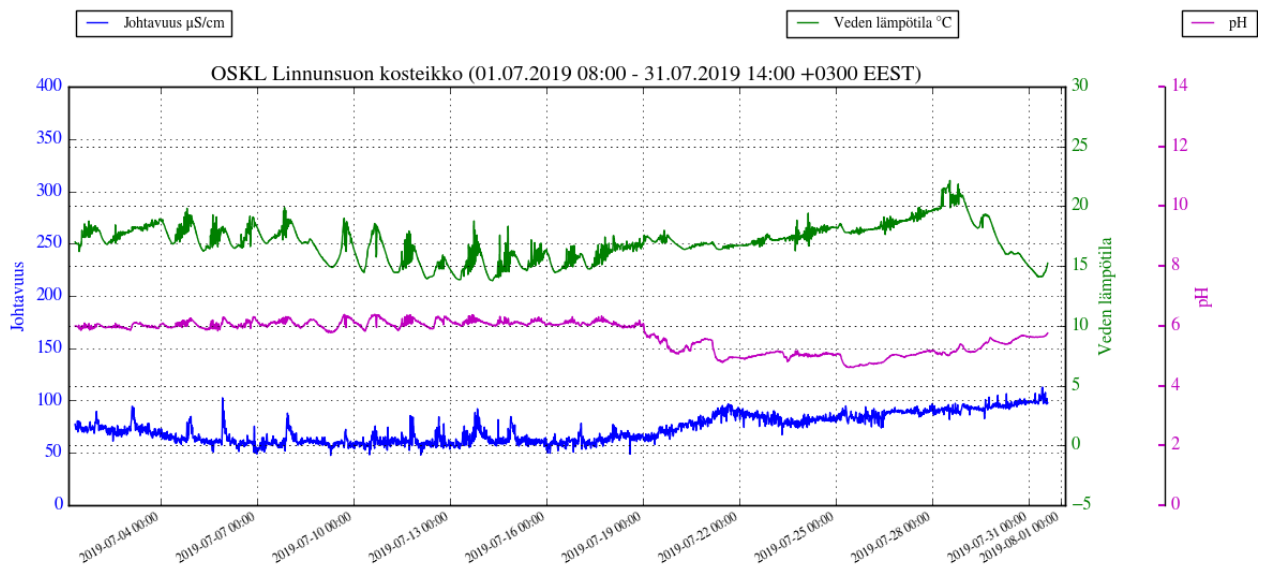
Pvm	Lt (°C)	Q (l/s)	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (mol/l)	Sähköjoht. (mS/m)	Al (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)
26.02.2019	+0,7	17,3	5,1	7,94*10 <sup>-6</sup>	..	30	4630	603
01.04.2019	+0,9	29,3	5,3	5,01*10 <sup>-6</sup>	14,7	30	4420	578
10.04.2019	+0,8	84,0	4,9	1,26*10 <sup>-5</sup>	12,4	91	3790	440
16.04.2019	+1,0	38,9	4,5	3,16*10 <sup>-5</sup>	14,9	..	..	..
07.05.2019	+7,9	35,3	5,9	1,26*10 <sup>-6</sup>	6,9	63	5350	669
14.05.2019	+13,6	7,5	5,2	6,31*10 <sup>-6</sup>	7,6	28	4510	534
04.06.2019	+16,7	15,4	4,9	1,26*10 <sup>-5</sup>	10,0	27	3800	507
21.11.2019	+1,2	49,9	4,4	3,98*10 <sup>-5</sup>	10,3	110	1030	485
28.11.2019	+1,1	21,3	4,2	6,31*10 <sup>-5</sup>	14,8	170	1050	433
11.12.2019	+0,7	70,5	4,2	6,31*10 <sup>-5</sup>	14,5	187	1200	303
<b>Virt.pain. Keskipit.</b>			<b>4,5</b>	<b>2,88*10<sup>-5</sup></b>		<b>103</b>	<b>2928</b>	<b>468</b>

**Taulukko 9.** Linnunsuon suuren, vuonna 2013 rakennetun, kosteikon lähtevän vedenlaadun ja virtaaman mittaukset vuonna 2019; jatkuvatoimisen automaattisen mittaustulosten vertailu omiin sekä Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n laboratorioissa teetätettyihin tuloksiin.

Pvm	Lt (°C), oma mittaus	Lt (°C), automaattianturi	Q (l/s), AMK:n mittaus	pH, AMK:n mittaus, EZD08200M	pH, SFS-menetelmä, Savo-Karjala Oy	pH automaattianturi	Sähköjoht. (mS/m), AMK:n mittaus, EZD06022	Sähköjoht. (mS/m) SFS, Savo-Karjalan Ymp.tutk. Oy	Sähköjoht. (mS/m), automaattianturi	Al (µg/l), AMK:n mittaus	Fe (µg/l), AMK:n mittaus	Mn (µg/l), AMK:n mittaus
01.04.2019	+0,9	+0,9	29,3	..	..	5,7	..	..	11,8	..	..	..
10.04.2019	+0,8	+0,9	84,0	..	..	5,4	..	..	9,2	..	..	..
16.04.2019	+1,5	+1,4	38,9	..	..	5,2	..	..	8,8	..	..	..
07.05.2019	+7,1	+6,9	35,3	5,5	5,9	5,9	5,5	6,9	6,3	..	..	..
14.05.2019	+12,7	+12,7	7,5	5,1	5,2	5,1	7,5	7,6	7,5	..	..	..
04.06.2019	+16,7	+14,9	15,4	4,9	..	5,0	..	..	8,3	30	3920	549
28.11.2019	+1,1	+1,3	21,3	4,3	4,4	3,7	15,6	..	13,0	160	1040	428
11.12.2019	+1,1	+0,9	70,5	4,2	4,3	3,6	14,4	..	13,5	178	1190	323



**Kuva 65.** Veteen liuenneiden protonien (oksoniumioneina, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) sekä alumiinin, raudan ja mangaanin ainevirtaamat Linnunsuon vesiensuojeluteknisistä rakenteista vuonna 2019.

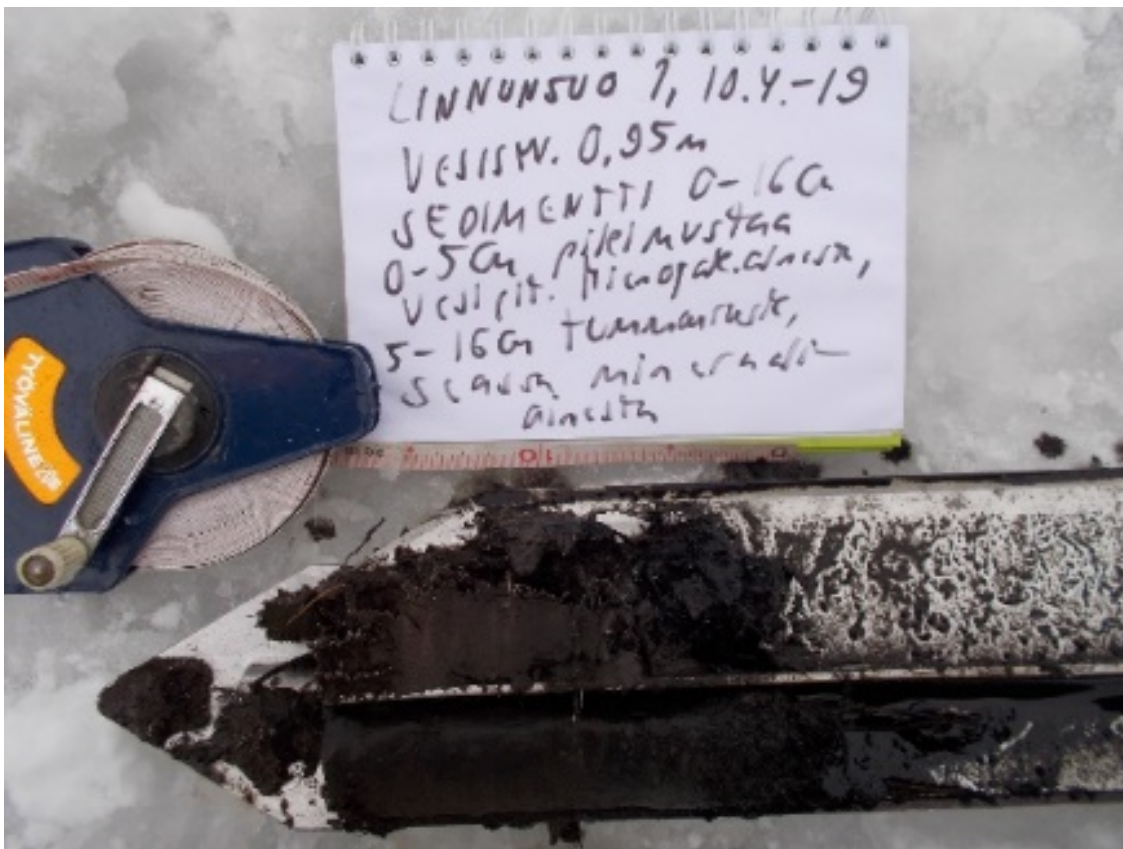


**Kuva 66.** Linnunsuon kosteikosta lähtevän veden lämpötilä, sähkönjohtavuus ja pH heinäkuussa 2019 automaattisen, jatkuvatoimisen mittauslaitteen mukaan. Mittausten aikaväli on 15 minuuttia (EHP-data Oy, julkaisematon aineisto).

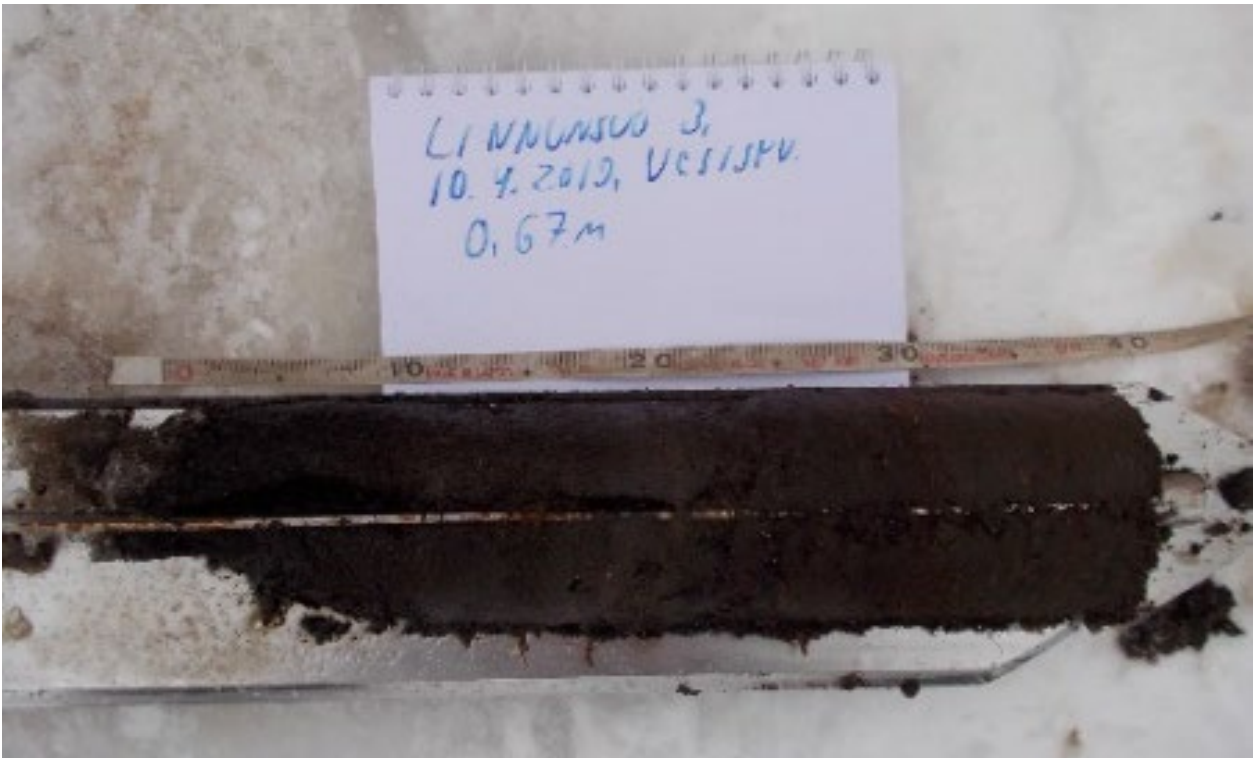


**Taulukko 10.** Linnunsuon kosteikon vedenlaadun ja pohjasedimentin havainnot vuonna 2019.

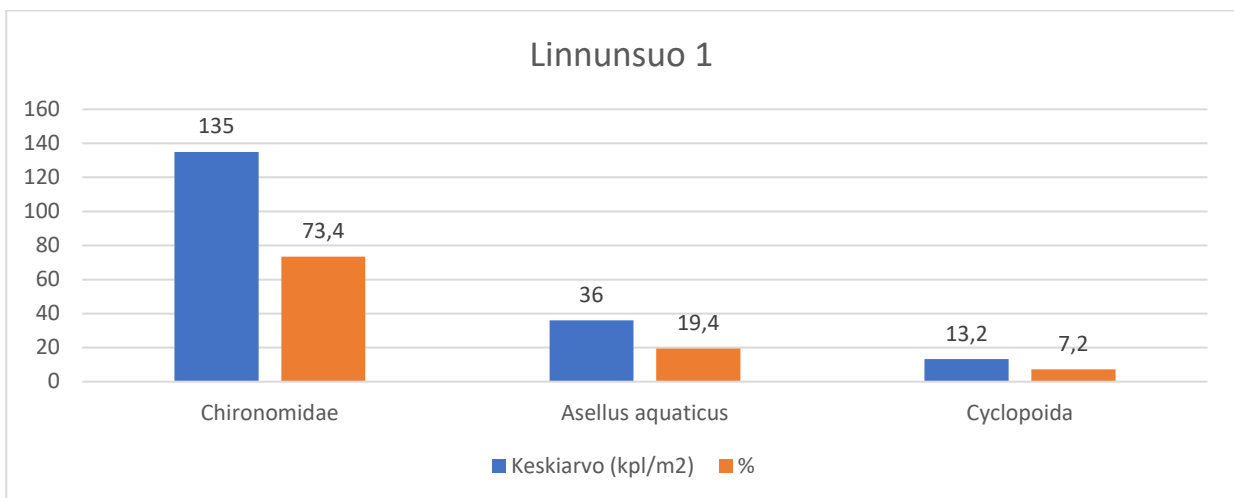
Hav.paikka	Pvm	Kok. syv. (näytesyv.) m	Lt. (°C)	pH	Sähk.joht. (mS/m)	Al (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (kyll. %)	Pintasedimentin E <sub>h</sub> (mV)	Jääpeite (cm)
Linnunsuo 1	10.4.2019	0,95 (0,48)	+0,2	5,8	7,6	21	2410	339	9	62	-199	50
	16.4.2019	0,9 (0,45)	..	5,2	7,5	..	..	..	8,6	60	..	50
	11.6.2019	0,9 (0,45)	+19,0	5,1	5,9	52	4760	747				
Linnunsuo 3	10.4.2019	0,67 (0,34)	+0,3	3,9	13	242	2800	284	6,5	45	..	50
	16.4.2019	0,62 (0,31)	+0,3	4,1	14,9	..	..	..	6,2	43	..	50
	11.6.2019	0,5 (0,25)	+19,3	5,1	6,2	65	4760	741				
Linnunsuo 1	10.4.2019	Pohjasedimentin ulkonäkö										
		sedimenttinäytteen kokonaispaksuus 16 cm;										
		0-5 cm pikimustaa, vesipitoista ja hienojakoista ainesta										
		5-16 cm tummanruskeaa ainesta, seassa mineraaliainesta										
Linnunsuo 3	10.4.2019	sedimenttinäytteen kokonaispaksuus 38 cm;										
		0-10 cm jokseenkin pikimustaa, hienojakoista ja hyvin vesipitoista ainesta										
		10-20 cm harmahtavan mustaa ainesta										
		20-38 cm tummanruskeaa ainesta, seassa runsaasti huonosti hajonnutta makrofytyiainesta										



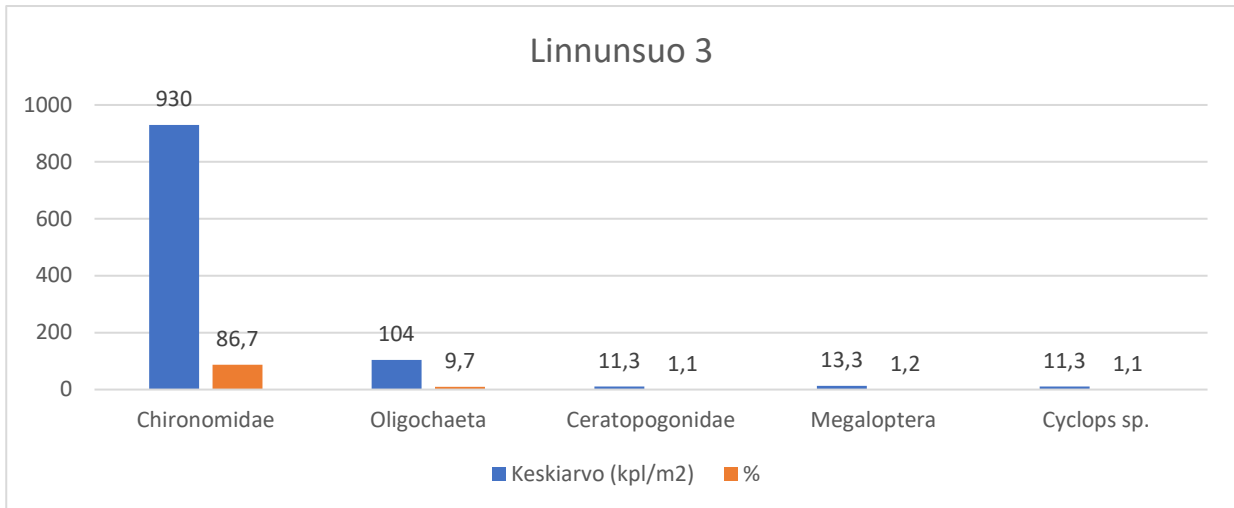
**Kuva 67.** Linnunsuon havaintopaikan 1 pohjasedimenttinäyte 10.04.2019.



Kuva 68. Linnunsuon havaintopaikan 3 pohjasedimenttinäyte 10.04.2019.



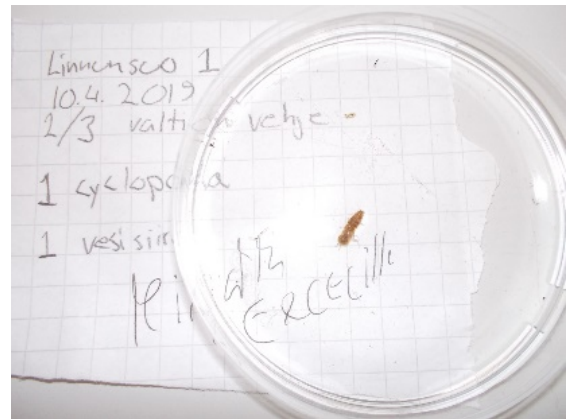
Kuva 69. Linnunsuon kosteikon havaintopaikan 1 pohjaeläimistö 10.04.2019. Lukemat ovat kolmen Ekman-noutimella otetun rinnakkaisnäytteen keskiarvoja. Shannon-Wiener -indeksi on 0,73.



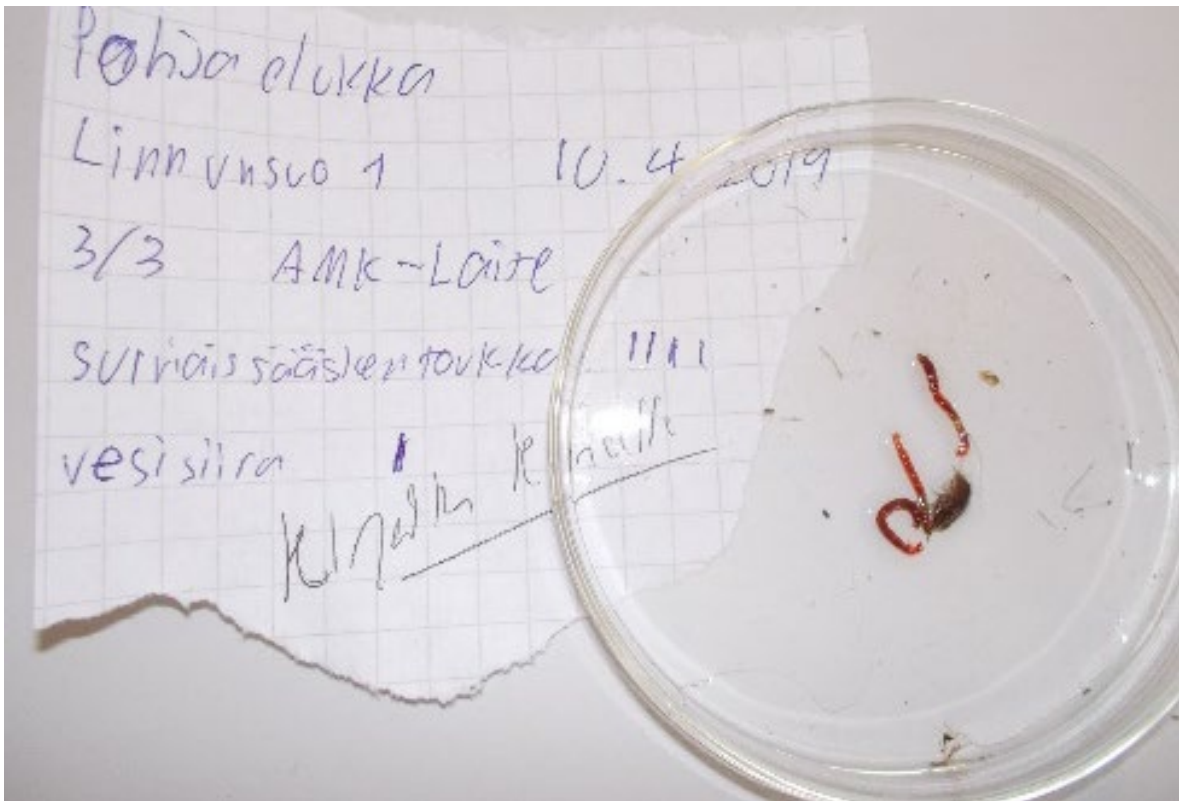
**Kuva 70.** Linnunsuon kosteikon havaintopaikan 3 pohjaeläimistö 10.04.2019. Lukemat ovat kolmen Ekman-noutimella otetun rinnakkaisnäytteen keskiarvoja. Shannon-Wiener -indeksi on 0,50.



**Kuva 71.** Linnunsuon havaintopaikan 1 rinnakkaisnäytteestä 1/3 löydetty pohjaeläimet 10.04.2019.



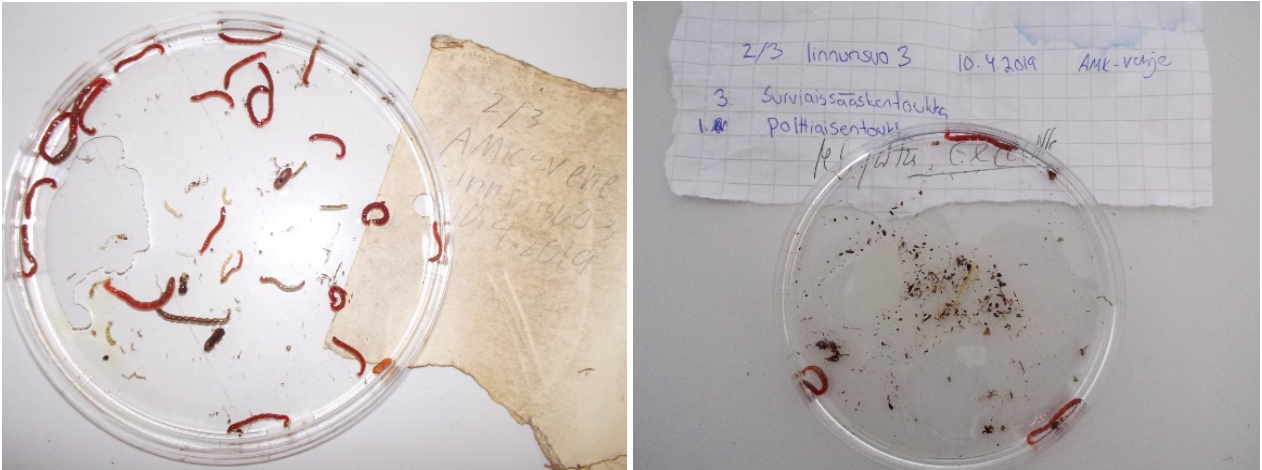
**Kuva 72.** Linnunsuon havaintopaikan 1 rinnakkaisnäytteestä 2/3 löydetty pohjaeläimet 10.04.2019.



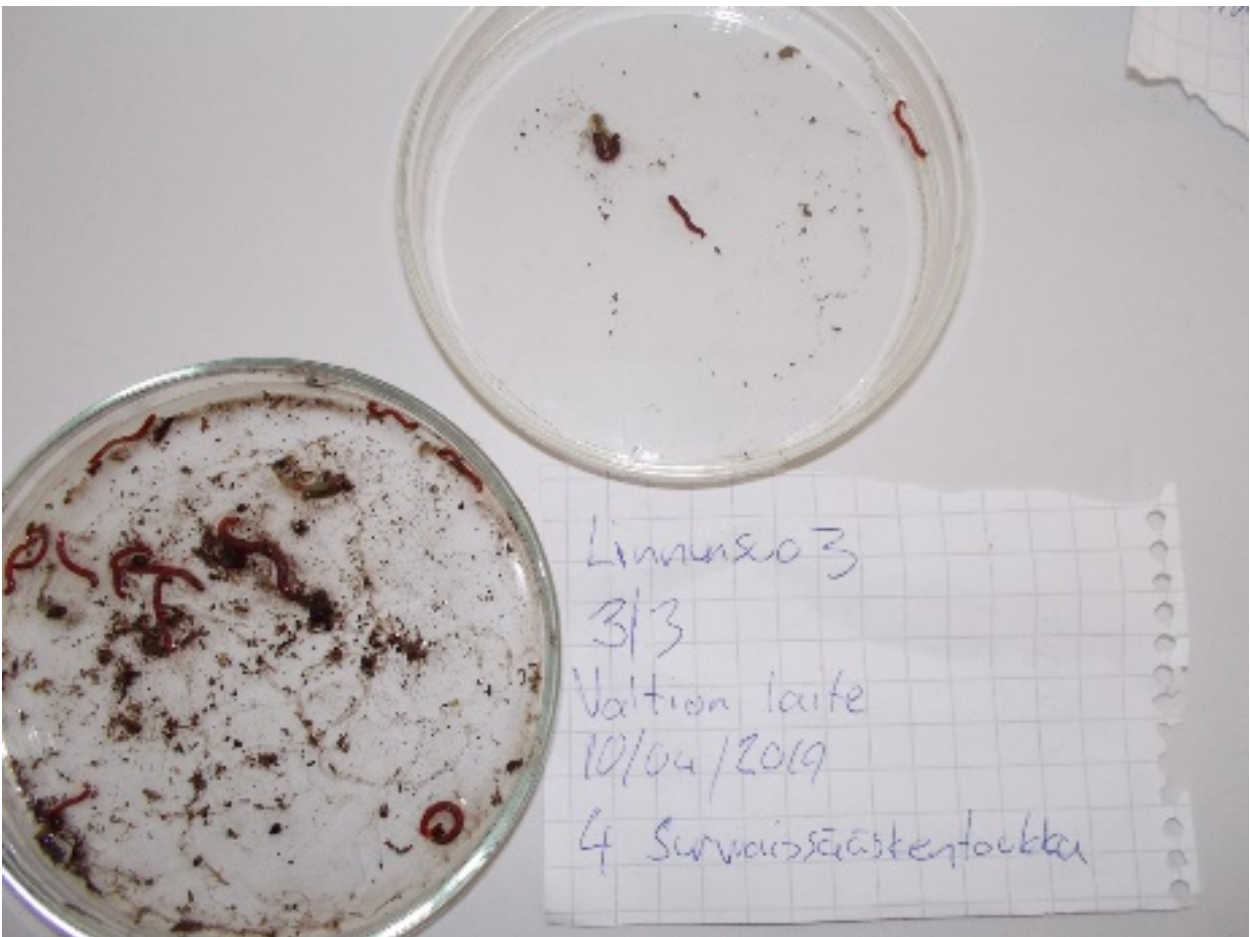
Kuva 73. Linnunsuon havaintopaikan 1 rinnakkaisnäytteestä 3/3 löydetyt pohjaeläimet 10.04.2019.



Kuva 74. Linnunsuon havaintopaikan 3 rinnakkaisnäytteestä 1/3 löydetyt pohjaeläimet 10.04.2019.



Kuva 75. Linnunsuon havaintopaikan 3 rinnakkaisnäytteestä 2/3 löydetty pohjaeläimet 10.04.2019.



Kuva 76. Linnunsuon havaintopaikan 3 rinnakkaisnäytteestä 3/3 löydetty pohjaeläimet 10.04.2019.

## 4.7 SAVISUON KOSTEIKKO

### 4.7.1 Kosteikkoon tulevien ja lähtevän veden laatu

Savisuon kosteikon lähtevän veden keskimääräinen virtaamapainotettu pH vuonna 2019 oli 5,0 (vaihteluväli 4,6...5,4) (taulukko 11). Nämä ovat tavanomaisia kuivien kankaiden ja puustoisten turvemaiden valumavesien arvoja. Veden sähkönjohtavuuden arvot (3,5...7,7 mS/m) ovat varsin alhaisia ja asumattomien metsätalousmaiden valumavesille tyypillistä suuruusluokkaa (taulukko 11).

Savisuon kosteikosta lähtevän veden keskimääräinen, virtaamapainotettu alumiinin keskipitoisuus vuonna 2019 oli 257 µg/l (140...430 µg/l; taulukko 11). Nämä arvot ovat metsätalousmaalle jokseenkin tavanomaisia. Esimerkiksi Joensuun, Ahdin ja Vuollekosken (1999, 67, 70, 71) laajassa, lähes maanlaajuisessa aineistossa (75 aluetta) vanhojen metsäojitusalueiden valumaveden keskimääräinen alumiinipitoisuus oli 450 µg/l (vaihteluväli 40...1190 µg/l). Metsäojitukset oli tehty keskimäärin 25 vuotta (vaihteluväli 8...54 vuotta) aiemmin.

Savisuon kosteikon lähtevän veden rautapitoisuudet (350...2950 µg/l) olivat suomalaisen metsätalousmaan valumavesien tyypillistä suuruusluokkaa (taulukko 11). Mangaanipitoisuudet (383...596 µg/l) olivat Jukajoen vesistöalueelle tavanomaisen korkealla tasolla (taulukko 11). Savisuon kosteikkoon idästä tulevan uoman vedessä oli melko paljon alumiinia (300...510 µg/l) muiden kosteikkoon laskevien uomien vesiin verrattuna (taulukot 12, 13 ja 14).

**Taulukko 11.** Savisuon kosteikosta lähtevän uoman vedenlaadun ja virtaaman havainnot vuonna 2019.

Pvm	Lt [°C]	Q [l/s]	q [l/s km <sup>2</sup> ]	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> [mol/l]	Sähk.joht. [mS/m]	Al [µg/l]	Fe [µg/l]	Mn [µg/l]
26.02.2019	+0,2	12,1	3,0	5,4	3,98*10 <sup>-6</sup>	7,7	140	2950	383
01.04.2019	+0,1	68,7	16,8	5,3	5,01*10 <sup>-6</sup>	3,5	210	350	461
07.05.2019	+4,9	442,2	107,8	5,1	7,94*10 <sup>-6</sup>	4,0	227	1410	456
14.05.2019	+10,1	224,7	54,8	5,1	7,94*10 <sup>-6</sup>	4,1	170	1470	471
04.06.2019	+15,1	29,8	7,3	5,4	3,98*10 <sup>-6</sup>	4,4	210	1680	516
21.11.2019	+2,5	90,2	22,0	4,7	2,00*10 <sup>-5</sup>	4,0	430	1300	596
28.11.2019	+0,6	21,6	5,3	4,9	1,26*10 <sup>-5</sup>	5,1	400	1300	493
11.12.2019	+0,1	118,4	28,9	4,6	2,51*10 <sup>-5</sup>	4,3	430	1330	594
<b>virt. pain. keskipit.</b>				<b>5,0</b>	<b>1,08*10<sup>-5</sup></b>		<b>257</b>	<b>1356</b>	<b>490</b>

**Taulukko 12.** Savisuon kosteikkoon idästä laskevan uoman vedenlaadun ja virtaaman havainnot vuonna 2019.

Pvm	Lt [°C]	Q [l/s]	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> [mol/l]	Sähk.joht. [mS/m]	Al [µg/l]	Fe [µg/l]	Mn [µg/l]
01.04.2019	+0,1	34,0	4,8	1,58*10 <sup>-5</sup>	3,1	300	4040	452
07.05.2019	+2,6	218,9	4,7	2,00*10 <sup>-5</sup>	2,9	380	710	493
14.05.2019	+7,3	111,2	4,6	2,51*10 <sup>-5</sup>	2,7	350	1000	471
04.06.2019	+12,4	14,8	4,8	1,58*10 <sup>-5</sup>	3,2	340	1110	491
21.11.2019	+3,2	44,6	4,5	3,16*10 <sup>-5</sup>	3,7	510	940	505
28.11.2019	+0,2	10,7	4,6	2,51*10 <sup>-5</sup>	4,2	420	840	393
11.12.2019	+0,1	58,6	4,4	3,98*10 <sup>-5</sup>	3,9	510	970	530
<b>Virt.pain. Keskipit.</b>			<b>4,6</b>	<b>2,42*10<sup>-5</sup></b>		<b>395</b>	<b>1072</b>	<b>489</b>

**Taulukko 13.** Savisuon kosteikkoon kaakosta laskevan uoman vedenlaadun ja virtaaman havainnot vuonna 2019.

Pvm	Lt [°C]	Q [l/s]	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> [mol/l]	Sähköjoht. [mS/m]	Al [µg/l]	Fe [µg/l]	Mn [µg/l]
26.02.2019	+0,1	5,7	5,4	3,98*10 <sup>-6</sup>	8,0	140	1340	458
01.04.2019	+0,1	32,3	5,3	5,01*10 <sup>-6</sup>	3,6	240	1390	507
07.05.2019	+5,0	208,1	5,1	7,94*10 <sup>-6</sup>	4,1	198	1420	454
14.05.2019	+8,9	105,8	5,2	6,31*10 <sup>-6</sup>	4,4	146	1560	443
04.06.2019	+11,9	14,0	5,4	3,98*10 <sup>-6</sup>	5,1	242	1810	553
21.11.2019	+3,1	42,5	4,7	2,00*10 <sup>-5</sup>	4,3	420	1320	587
28.11.2019	+0,1	10,2	5,1	7,94*10 <sup>-6</sup>	5,1	340	1120	456
11.12.2019	+0,1	55,7	4,7	2,00*10 <sup>-5</sup>	4,7	390	1420	553
<b>Virt.pain. Keskipit.</b>			<b>5,0</b>	<b>9,70*10<sup>-6</sup></b>		<b>235</b>	<b>1444</b>	<b>482</b>

**Taulukko 14.** Savisuon kosteikkoon etelästä laskevan uoman vedenlaadun ja virtaaman havainnot vuonna 2019.

Pvm	Lt [°C]	Q [l/s]	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> [mol/l]	Sähköjoht. [mS/m]	Al [µg/l]	Fe [µg/l]	Mn [µg/l]
07.05.2019	+6,4	15,2	5,5	3,16*10 <sup>-6</sup>	4,9	113	1540	401
14.05.2019	+9,4	7,7	5,5	3,16*10 <sup>-6</sup>	5,1	74	1570	375
11.12.2019	+0,1	4,1	5,0	0,00001	4,5	299	1330	417
<b>Virt.pain. Keskipit.</b>	..	..	<b>5,4</b>	<b>4,20*10<sup>-6</sup></b>	..	<b>130</b>	<b>1517</b>	<b>396</b>

#### 4.7.2 Kosteikon vedenlaatu, pohjasedimentti ja pohjaeläimistö

Kevättalvella 04.04.2019 Savisuon kosteikon veden happitilanne (10,4...10,7 mg/l, kyllästysaste 72...74 %) oli tyydyttävän hyvä (taulukko 15). Näkösyvyys oli 0,5 metriä. Vesi oli siten hyvin tummaa, polyhumoosiseksi luokiteltavaa. Humusyhdisteiden lisäksi vettä tummensi havaintoajankohtana melko korkeat raudan (1430...3320 µg/l) ja mangaanin (484...529 µg/l) pitoisuudet (taulukko 15).

Savisuon kosteikon pohjaeläimistö koostui enimmäkseen pienistä hernesimpukoista (*Pisidium* spp.), surviaissääsken (*Chironomidae*) toukista ja harvasukasmadosta (*Oligochaeta*) (kuvat 79-86, liite 8). Biodiversiteetti oli Shannon-Wiener -indeksillä (0,98 ja 1,13) arvioituna hyvin alhainen. Useat surviaissääskilajit (niiden toukat) ja harvasukasmadot kestävät vaativaa elinympäristöä, kuten voimakasta liettyneisyyttä ja rehevöitymistä. Savisuon kosteikko on vasta rakennettu, sen pohjalle on kertynyt hyvin vähäinen määrä orgaanista sedimenttiä ja happitilanne on hyvä. Kosteikon vesi on varsin hapanta, pH vuonna 2019 korkeintaan noin pH 5. Yhdessä korkeiden metallipitoisuuksien kanssa se tekee elinympäristöstä toistaiseksi vaikean ja jopa mahdottoman useille vaatelialle vesieläimille, kuten monille pohjaeläin- ja eläin- sekä kasviplanktonlajeille ja vesimakrofyteille. Siten on luonnollista, että esimerkiksi nyt näytteistä saadut hernesimpukat olivat hyvin pienikokoisia. Happaman veden kalkin (kalsiumin) määrä on aina vähäinen. Kosteikon eliöyhteisön kehittyessä, nimenomaan happamuutta sitovista perustuottajista lähtien, kosteikon tehokkuus happamuuden neutraloijana todennäköisesti vuosien saatossa tehostuu. Useimmilla Savisuon tutkimusmatkoilla kosteikosta pölähti ilmaan vaihteleva määrä vesilintuja, kuten telkkiä ja sinisorsia. Niiden aiheuttama lievä ravinnekuormitus on pelkästään myönteistä kosteikon eliöstön sukkession etenemiselle. Vastaava skenaario on ilmeinen myös muilla nyt raportoiduilla kosteikoilla, Linnunsuolla ja Töppösuolla. Linnunsuosta onkin jo kehkeytynyt erinomainen lintualue. Savisuon tavoin Töppösuon kosteikko on vasta äskettäin konstruoitu, kaikkinaisen sukkessionsa alkutaipaleella Savisuon tavoin.

**Taulukko 15.** Savisuon kosteikon vedenlaadun havainnot 04.04.2019. Vesinäytesyvyys = kokonaissyvyys/2.

Vedenlaadun ominaisuus	Havaintopaikka 6	Havaintopaikka 4	Havaintopaikka 2
lämpötila (°C)	+0,1	+0,2	+0,1
kokonaissyvyys (m)	1,17	0,87	0,65
näkösyvyys (m)	0,54	0,53	-
pH	4,9	4,9	4,9
sähkönjohtavuus (mS/m)	4,5	4,4	4,1
alumiini (µg/l)	287	321	329
rauta (µg/l)	3320	1570	1430
mangaani (µg/l)	490	529	484
happi (mg/l)	10,5	10,4	10,7
happi (%)	72	72	74

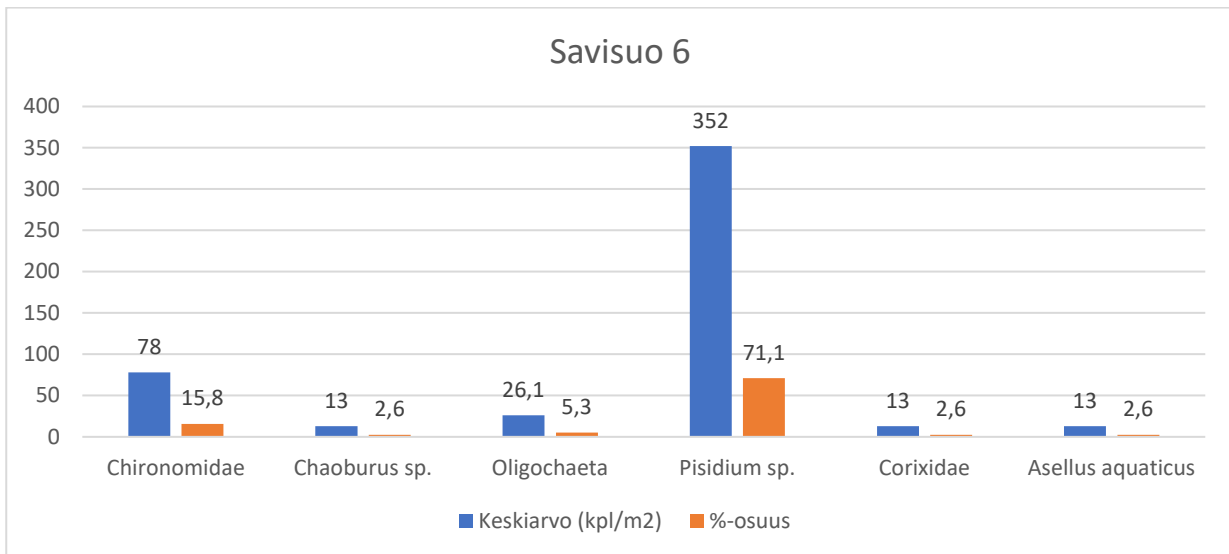


**Kuva 77.** Savisuon kosteikon havaintopaikan 6 sedimenttinäyte 04.04.2019.

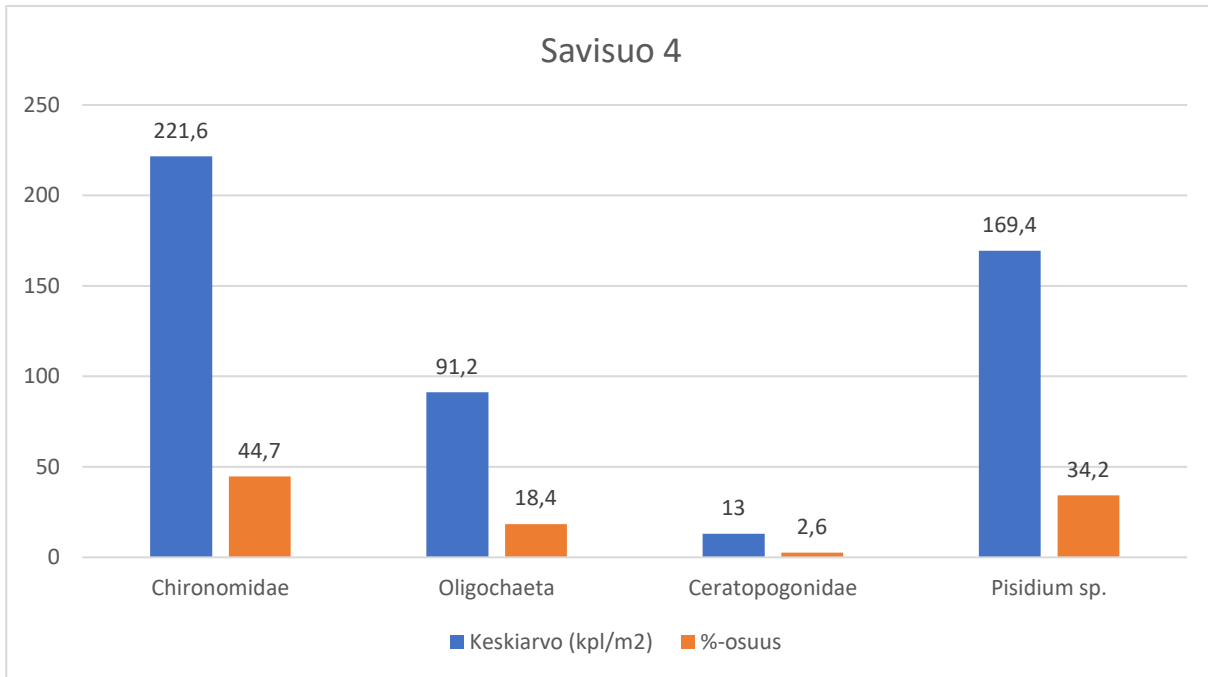




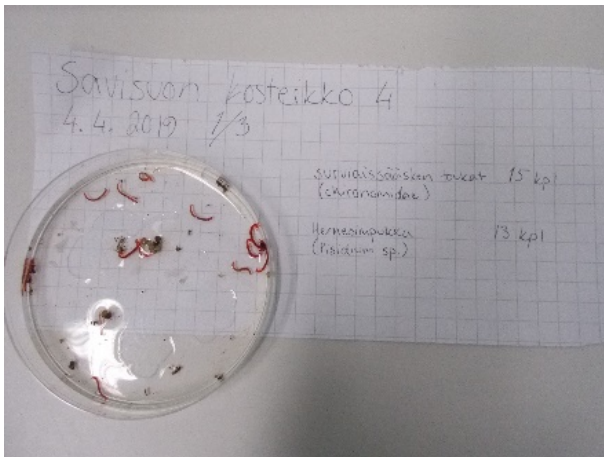
**Kuva 78.** Savisuon kosteikon havaintopaikan 4 sedimenttinäyte 04.04.2019.



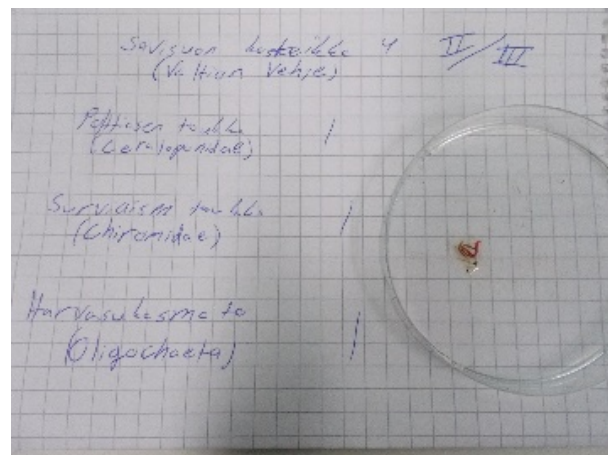
**Kuva 79.** Savisuon kosteikon havaintopaikan 6 pohjaeläimistö 04.04.2019. Lukemat ovat kolmen Ekman-noutimella otetun rinnakkaisnäytteen keskiarvoja. Shannon-Wiener -indeksi on 0,98.



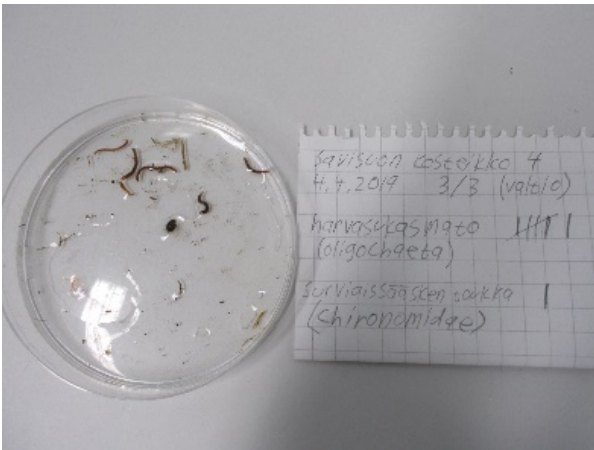
**Kuva 80.** Savisuon kosteikon havaintopaikan 4 pohjaeläimistö 04.04.2019. Lukemat ovat kolmen Ekman-noutimella otetun rinnakkaisnäytteen keskiarvoja. Shannon-Wiener -indeksi on 1,13.



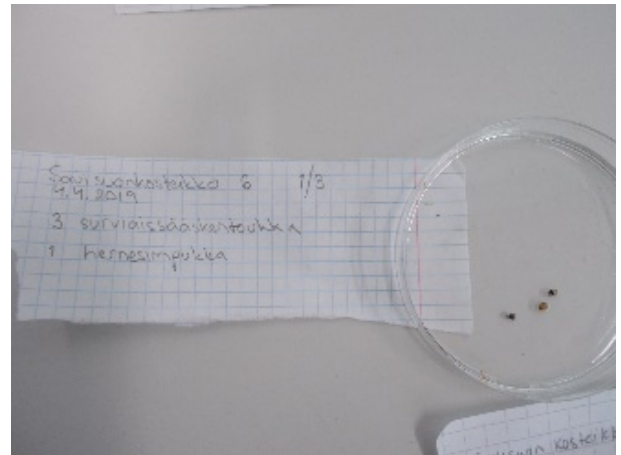
**Kuva 81.** Savisuon havaintopaikan 4 rinnakkaisnäytteestä 1/3 löydetyt pohjaeläimet 04.04.2019.



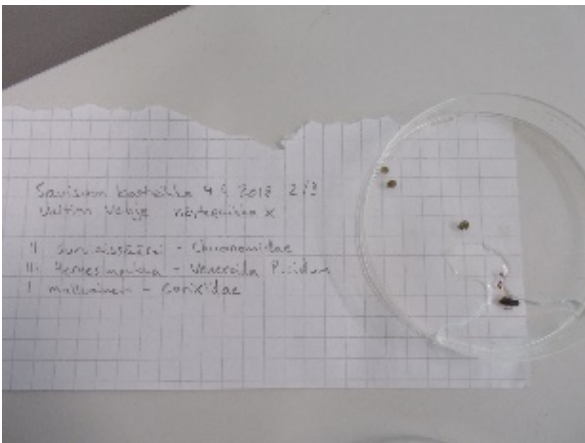
**Kuva 82.** Savisuon havaintopaikan 4 rinnakkaisnäytteestä 2/3 löydetyt pohjaeläimet 04.04.2019.



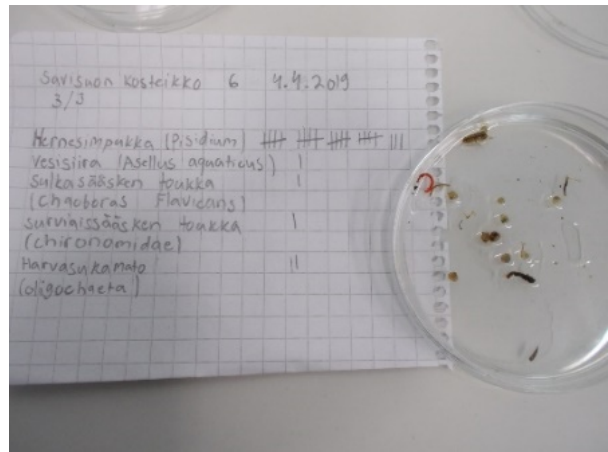
**Kuva 83.** Savisuon havaintopaikan 4 rinnakkaisnäytteestä 3/3 löydetyt pohjaeläimet 04.04.2019.



**Kuva 84.** Savisuon havaintopaikan 6 rinnakkaisnäytteestä 1/3 löydetyt pohjaeläimet 04.04.2019.



**Kuva 85.** Savisuon havaintopaikan 6 rinnakkaisnäytteestä 2/3 löydetyt pohjaeläimet 04.04.2019.



**Kuva 86.** Savisuon havaintopaikan 6 rinnakkaisnäytteestä 3/3 löydetyt pohjaeläimet 04.04.2019.

#### 4.8 TÖPPÖSUON KOSTEIKON TULEVA JA LÄHTEVÄ VEDENLAATU

Syksyllä 2018 rakennettuun Töppösuon kosteikkoon tuleva ja lähtevä vesi oli varsin hapanta vuonna 2019. Tulevan veden virtaamapainotettu keskiarvo oli pH 4,2 (vaihteluväli pH 4,1...4,9) ja lähtevän veden pH 4,3 (vaihteluväli pH 4,2...5,4) vuonna 2019 (taulukot 16 ja 17). Nämä ovat tavanomaisia arvoja esimerkiksi niukkavuustoisten rämeiden ja nevojen valumavesille. Peruskartan perusteella valuma-alue koostuu ojitetusta turvemaasta sekä kivennäismetsämaasta ja luultavasti niiden ojitetuista soistumista. Sähkönjohtavuuden havainnot (3,7...4,5 mS/m) ovat tavanomaisen pieniä ”Metsä-Suomen” metsätalousmaidan valumavesille, eivätkä ne viittaa mustaliuskeesta aiheutuvaan sulfaattien kohottamaan sähkönjohtavuuteen. Tulevan veden mangaanin pitoisuudet (700...909 µg/l) olivat korkeita (taulukko 16). Kosteikko hieman pidatti happamuutta, mangaania ja rautaa (ks. tarkemmin kappale 4.9). Alumiinin kuormitukseen kosteikolla ei ollut vaikutusta.

**Taulukko 16.** Töppösuon kosteikkoon tulevan uoman vedenlaadun ja virtaaman havainnot vuonna 2019.

Pvm	Lt (°C)	Q (l/s)	pH	q (l/s km <sup>2</sup> )	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (mol/l)	Sähköjoht. (mS/m)	Al (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)
04.06.2019	+11,1	12,2	4,9	10,2	1,26*10 <sup>-5</sup>	3,8	179	2720	787
21.11.2019	+3,5	26,5	4,2	22,1	6,31*10 <sup>-5</sup>	3,8	280	2120	884
28.11.2019	+0,5	11,0	4,6	9,2	2,51*10 <sup>-5</sup>	4,0	210	2150	700
11.12.2019	+0,1	59,9	4,1	49,9	7,94*10 <sup>-5</sup>	4,5	241	1910	909
<b>virt.pain.keskipit.</b>	..	..	<b>4,2</b>		<b>6,26*10<sup>-5</sup></b>	..	<b>240</b>	<b>2075</b>	<b>868</b>

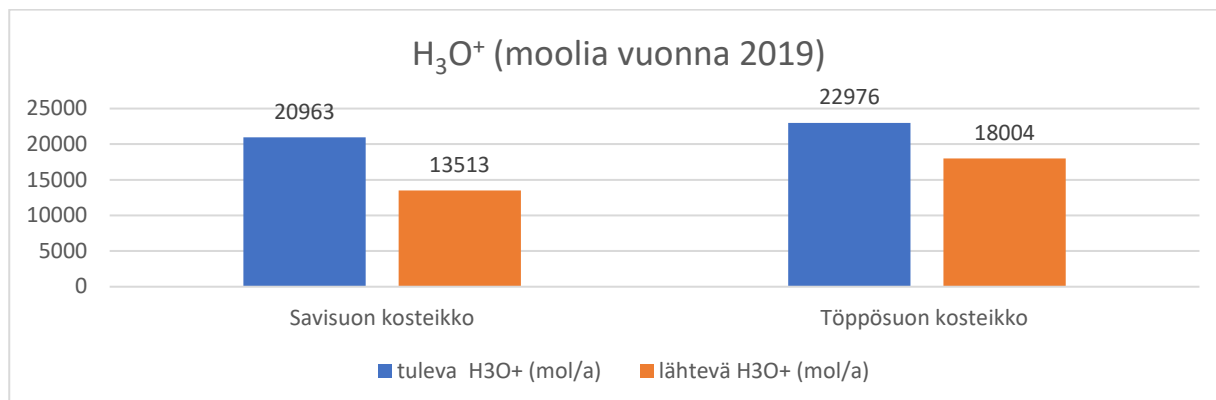
**Taulukko 17.** Töppösuon kosteikosta lähtevän uoman vedenlaadun ja virtaaman havainnot vuonna 2019.

Pvm	Lt (°C)	Q (l/s)	q (l/s km <sup>2</sup> )	pH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (mol/l)	Sähköjoht. (mS/m)	Al (µg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)
04.06.2019	+15,1	12,2	10,2	5,4	3,98*10 <sup>-6</sup>	4,4	210	1680	516
21.11.2019	+3,2	26,5	22,1	4,3	5,01*10 <sup>-5</sup>	3,7	260	2180	861
28.11.2019	+0,4	11,0	9,2	4,7	2,00*10 <sup>-5</sup>	3,9	210	2550	741
11.12.2019	+0,1	59,9	49,9	4,2	6,31*10 <sup>-5</sup>	4,5	242	1980	879
<b>virt.pain.keskipit.</b>	..	..	..	<b>4,3</b>	<b>4,90*10<sup>-5</sup></b>	..	<b>240</b>	<b>2052</b>	<b>820</b>

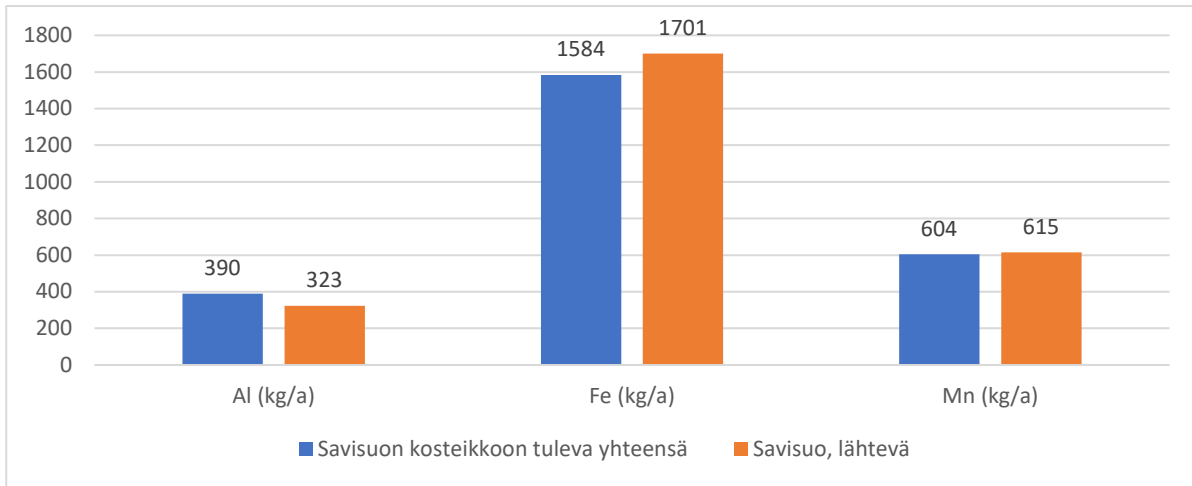
#### 4.9 SAVISUON JA TÖPPÖSUON KOSTEIKKOJEN VAIKUTUKSET HAPPAMUUDEN JA ERÄIDEN RASKASMETALLIEN AINEVIRTAAMIIN

Savisuon kosteikko pidätti (neutraloi) vuonna 2019 noin 36 % sinne tulleesta veteen liuenneiden protonien (oksoniumionien, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) virtaamasta (kuva 87). Töppösuon kosteikko pidätti vastaavasta kuormasta noin 22 % (kuva 87).

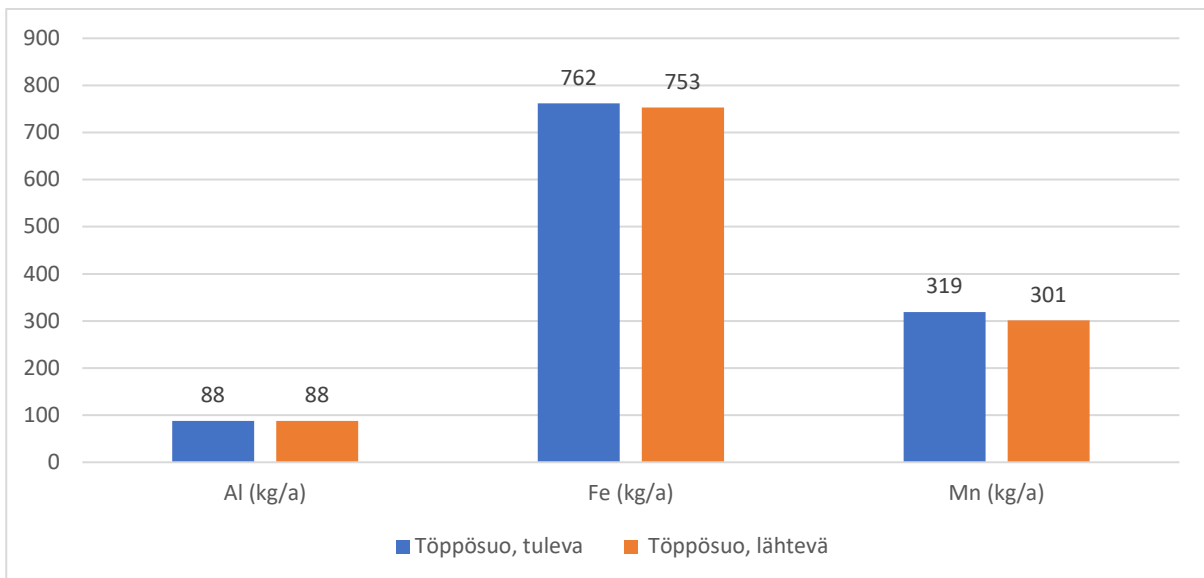
Savisuon kosteikko pidätti noin 17 % sinne tulleesta alumiinin vuosikuormasta (kuva 88). Töppösuon kosteikko pidätti puolestaan vajaat 6 % mangaanin vuosikuormasta (kuva 89). Muutoin nämä kosteikot eivät mainittavasti pidättäneet tutkittuja aineita tai niiden kuorma hiukan lisääntyi kosteikon läpi kuljettuaan. Kuormituksen kasvu oli kuitenkin hyvin maltillinen ja ymmärrettävää, koska rakenteet oli tehty vasta edellisen vuoden syksyllä järeällä kaivinkonekalustolla.



**Kuva 87.** Savisuon ja Töppösuon kosteikkoihin tulevat ja lähtevät veteen liuenneiden protonien (oksoniumionien, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) virtaamat vuonna 2019.



**Kuva 88.** Savisuon kosteikkoon tulevat ja lähtevät alumiinin sekä raudan ja mangaanin ainevirtaamat vuonna 2019.



**Kuva 89.** Töppösuon kosteikkoon tulevat ja lähtevät alumiinin sekä raudan ja mangaanin ainevirtaamat vuonna 2019.

#### 4.10 JUKAJÄRVEN VEDENLAATU

Jukajärven veden pH (5,6...6,4) oli tyydyttävän hyvällä tasolla kesäkuun ja syksyn havaintojen aikana vuonna 2019 (taulukot 18, 19 ja 20). Suomen kalalajeille minimivaatimus on pH 5,5, mikäli vedenlaatu muuten on riittävän hyvä.

Jukajärven kaakkoisen syvänehavaintopaikan veden happamuusastetta on seurattu helmikuusta 1968 lähtien (kuvat 90, 92 ja 93, taulukko 21, liite 4). Järven vesi on ollut lukuisia kertoja erittäin vakavasti happamoitunut ja ainakin akuutisti kelvoton kaikille luontaisille kalalajeillemme sekä useimmille eläinplankton- ja pohjaeläinlajeille sekä makrofyteille ja kasviplanktonille. pH on ollut alimmillaan 3,7 vuosina 1973, 1983, 1985 ja 1986 (kuva 92, taulukko 21). Vuosien 1968-2010 päällysveden (näytesyvyys

1,0 metriä) ja alusveden (1,0 metriä pohjan yläpuolelta) mittaustuloksia on yhteensä 55 kpl. Näistä kalastollemme yleisesti kriittinen pH-arvo 5,5 on alittunut 29 kertaa (kuva 92 ja taulukko 21).

Kesäkerrosteisuusjakson alkutaipaleella 13.06.2019 alusveden happitilanne (6,2...6,5 mg/l, kyllästysaste 54...58 %) oli ajankohtaan nähden välttävän tyydyttävä (taulukko 18). Jukajärnessä on ollut ja on edelleen vaihtelevan toistuvasti heikko happitilanne lähinnä alusvedessä (kuvat 94 ja 95 sekä taulukot 22 ja 23). Yleisenä nyrkkisääntönä kaikille kalalajeillemme ja niiden eri kehitysasteille happipitoisuuden minimivaatimus on 5 mg/l, mikäli vedenlaatu muutoin on riittävän hyvä, kuten vain lievä happamuus sekä maltilliset raskasmetallien ja kiintoaineen pitoisuudet.

Aiempien tutkimusten perusteella tiedetään, että Jukajärven pohjaan on kertynyt runsaasti happea kuluttavaa orgaanista, löyhää sedimenttiä (Tossavainen 2014, 29-33). Lisäksi Jukajärven veden voimakas tummuus (näkösyvyys 0,8...1,3 metriä) suuren humuksen, raudan ja myös mangaanin pitoisuuksien vuoksi kaventaa tuottavan vesikerroksen paksuutta. Tällöin happea vapauttavan fotosynteesin määrä järvestä on suhteellisen vähäinen verrattuna sen alapuoliseen veteen, jossa esiintyy vain happea kuluttavaa heterotrofista elämää ja hajotustoimintaa. Tuottavan vesikerroksen paksuus on korkeintaan noin kaksinkertainen näkösyvyyslukemaan verrattuna. Siten esimerkiksi Jukajärven 17 metrin syvännealueella happea vapauttavaa fotosynteesiä tapahtuu vain noin parin metrin syvyyteen saakka ja loput 15 metriä on happea kuluttavan toiminnan valtakunta. Tämä vesien tummuus on eräs keskeinen tekijä järviemme mataluuden (pienen tilavuuden) ja pitkän jääpeitteisen kauden (kaasujen vaihto estynyt) lisäksi, joka aiheuttaa järviekosysteemiemme arkuuden ylimääräiselle, sietokyvyn helposti ylittävälle kuormitukselle.

Rautapitoisuuden havainnot vaihtelivat 1470...2950 µg/l vuonna 2019 (taulukot 19 ja 20). Nämä ovat varsin korkeita ja tyypillisiä Jukajärvelle. Jukajärven veden rautapitoisuudet näyttävät vakautuneen kunnostushankkeen töiden alettua vuodenvaihteessa 2012/2013. Esimerkiksi syksyllä 2012 Jukajärven syvännehavaintopaikalla 100 rautapitoisuus vaihteli 3400...3500 µg/l (Tossavainen 2014, 29). Kaakkoisen syvännehavaintopaikan (Jukajärvi 13) veden rautapitoisuutta on monitoroitu ajoittain varsin intensiivisesti huhtikuusta 1971 lähtien. Rautapitoisuudet ovat heittelehtineet rajusti ja olleet ajoittain erittäin korkeita, huippuhavaintona 21.04.1988 mitattu 27400 µg/l (kuva 91, taulukko 21).

Jukajärven näkösyvyys (0,8...5,5 metriä) on vaihdellut erittäin voimakkaasti vuosina 1968-2010 (kuva 92, taulukko 21). Humusyhdisteiden ja raudan pitoisuudet ovat merkittävimmät Jukajärven näkösyvyyteen vaikuttavat tekijät. Myös kohonnut mangaanin määrä pienentää näkösyvyyttä. Kun vesi happamoituu voimakkaasti (pH selkeästi alle 5), niin humusyhdisteet saostuvat ja vesi kirkastuu. Tällaista voidaan todeta tapahtuneen ajoittain myös Jukajärnessä (kuva 92, taulukko 21).

Metsätalous on keskeinen Jukajärven valuma-alueen maankäyttömuoto. Happamuuden ja raudan kuormitusta sekä näkösyvyyden muutoksia ajatellen metsien ojitus (suot, kivennäismetsämaiden soistumat; sekä uudisojitukset että kunnostus- ja täydennysojitukset) on aiheuttanut merkittävimmät kielteiset muutokset. Jukajärven lähivaluma-alueella on kohtalaisesti viljelysmaita. Niitä yleisesti joudutaan kalkitsemaan maassamme maaperän luontaisen happamuuden vuoksi. Tämä kohottaa valumavesien pH:ta.

**Taulukko 18.** Jukajärven syvännehavaintopaikan (”Jukajärvi 100”) veden lämpötila, pH ja happipitoisuus 13.06.2019. Kokonaissyvyys oli tuolloin 15,9 metriä ja näkösyvyys 1,2 metriä.

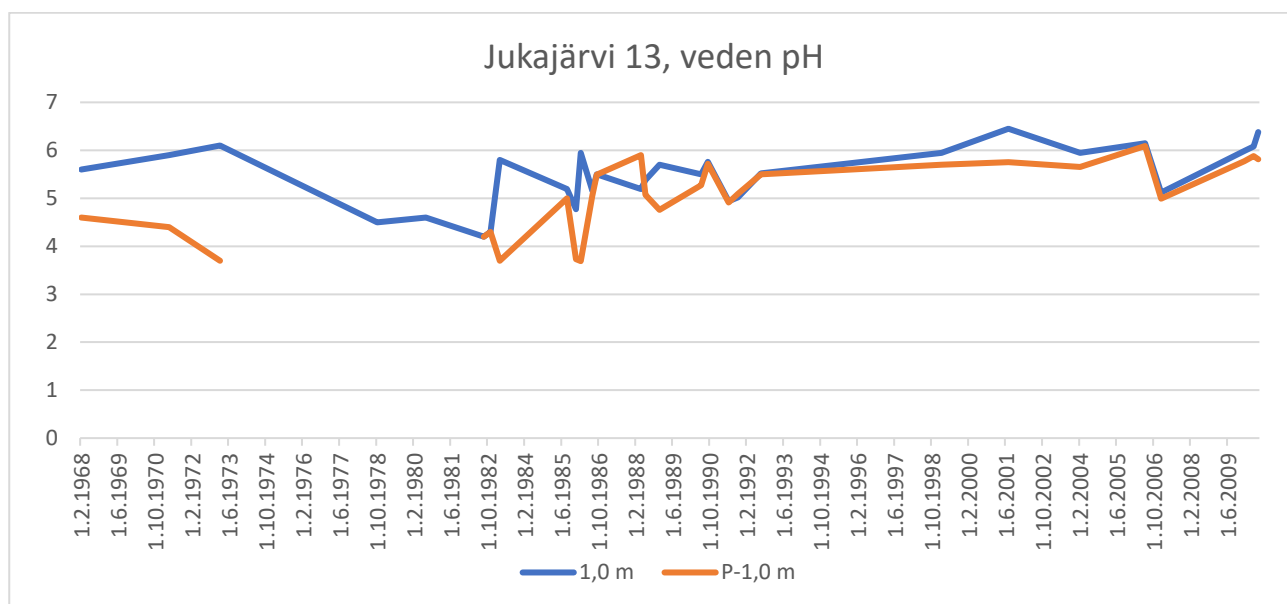
Näytesyvyys [m]	Lt. [°C]	pH	O <sub>2</sub> [mg/l]	O <sub>2</sub> [kyll. %]
1,0	+17,9	6,1	8,9	93
3,0	+17,8	6,1	8,7	92
6,0	+13,7	5,8	7,6	73
10,0	+10,2	5,6	6,5	58
14,9	+9,2	5,6	6,2	54

Taulukko 19. Jukajärven vedenlaadun havainnot 24.09.2019.

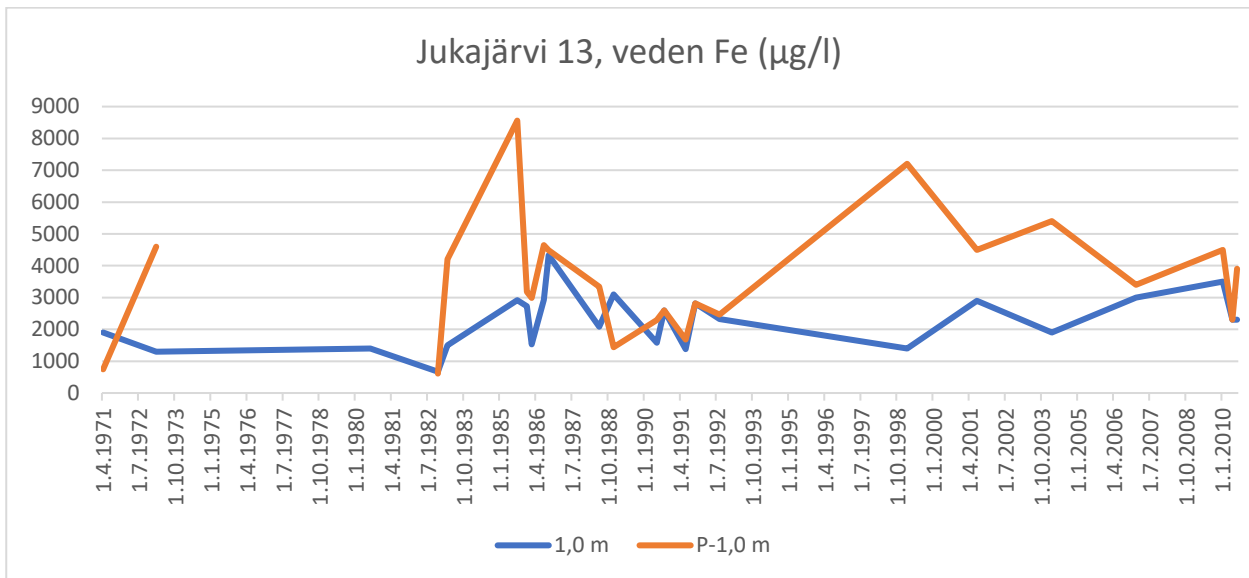
Havaintopaikka	Näytesyv. (m)	Lt. (°C)	pH	Sähk.joht. (mS/m)	Fe (µg/l)	Näkösyv. (m)
Jukajärvi 100, syväne, kok. syv. 15,3 m	1,0	+9,7	6,3	6,5	2560	1,2
	3,0	+9,8	6,3	6,6	2610	
	6,0	+9,8	6,3	6,6	2530	
	10,0	+9,8	6,1	7,8	2440	
	14,3	+9,6	6,2	6,6	2430	
Jukajärvi 83 Ruukkilahti, kok. syv. 5,2 m	1,0	+8,3	6,2	7,0	2950	0,8
	3,0	+8,3	6,3	6,8	2870	
	4,2	+8,1	6,2	7,8	2460	

Taulukko 20. Jukajärven vedenlaadun havainnot 02.10.2019.

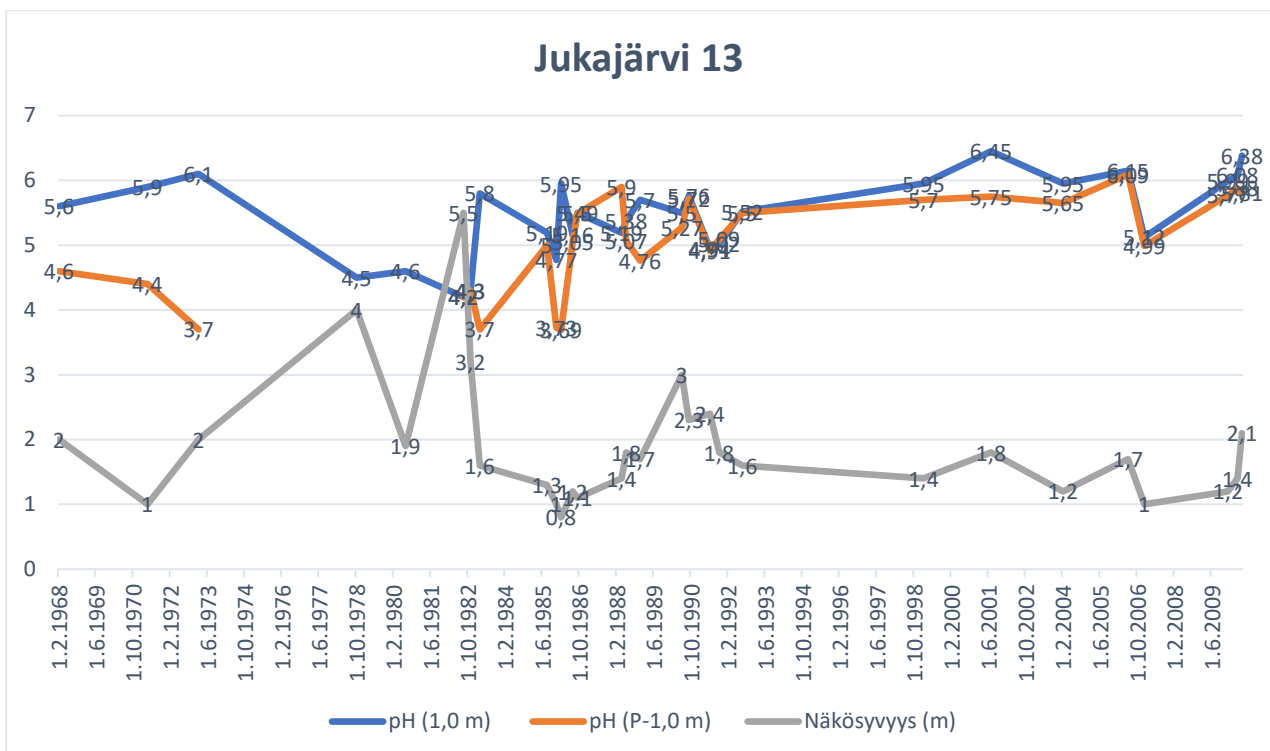
Havaintopaikka	Näytesyv. (m)	Lt. (°C)	pH	Sähk.joht. (mS/m)	Fe (µg/l)	Näkösyv. (m)
Jukajärvi 100, syväne, kok. syv. 16,4 m	1,0	9,4	6,3	6,1	2320	1,3
	3,0	9,4	6,4	6,1	2370	
	6,0	9,4	6,3	6,1	..	
	10,0	9,4	..	..	2425	
	15,4	9,2	6,4	6,1	2450	
Jukajärvi 13, kaakkoinen syväne, kok. syv. 11,2 m	1,0	9,3	6,4	6,0	1950	1,2
	3,0	9,3	6,4	6,0	1740	
	6,0	9,3	6,4	6,2	1820	
	10,2	8,9	6,2	6,1	1470	



Kuva 90. Jukajärven kaakkaisen syvänehavaintopaikan ("Jukajärvi 13", kokonaissyvyys noin 11 metriä) päänäyteen (näytesyvyys 1,0 metriä) ja alusveden (P-1,0 metriä, ts. 1,0 metriä pohjan yläpuolelta) pH vuosina 1968-2010. Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 15.01.2020. Yksityiskohtaiset lukuarvot on esitetty taulukossa 21.

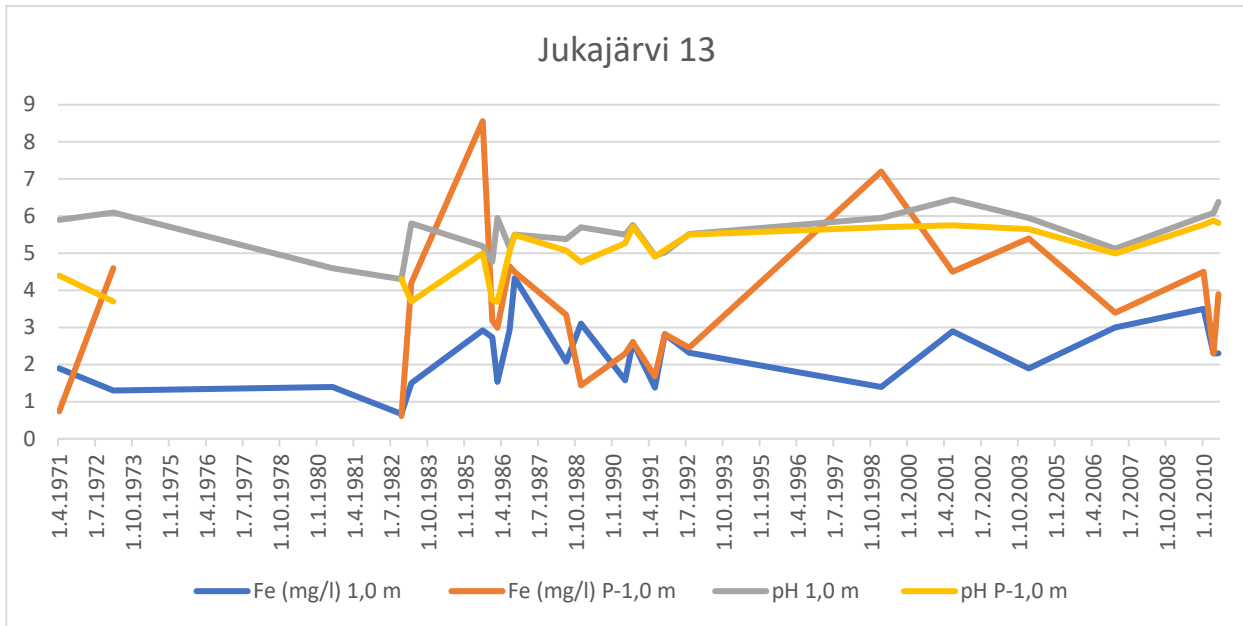


**Kuva 91.** Jukajärven kaakkoisen syvänehavaintopaikan ("Jukajärvi 13", kokonaissyvyys noin 11 metriä) päällysveden (näytesyvyys 1,0 metriä) ja alusveden (P-1,0 metriä, ts. 1,0 metriä pohjan yläpuolelta) rautapitoisuuden havainnot vuosina 1971-2010. Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 15.01.2020. Huom. Kuvasta puuttuvat mittaustulokset 21.04.1988; 1,0 m 1940 µg/l ja P-1,0 m 27400 µg/l. Yksityiskohtaiset lukuarvot on esitetty taulukossa 21.



**Kuva 92.** Jukajärven kaakkoisen syvänehavaintopaikan ("Jukajärvi 13", kokonaissyvyys noin 11 metriä) veden näkösyydyden sekä päällysveden (näytesyvyys 1,0 metriä) ja alusveden (näytesyvyys P-1,0 metriä; ts. 1,0 metriä pohjan yläpuolelta) happamuusasteen havainnot vuosina 1968-2010. Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 14.01.2020.



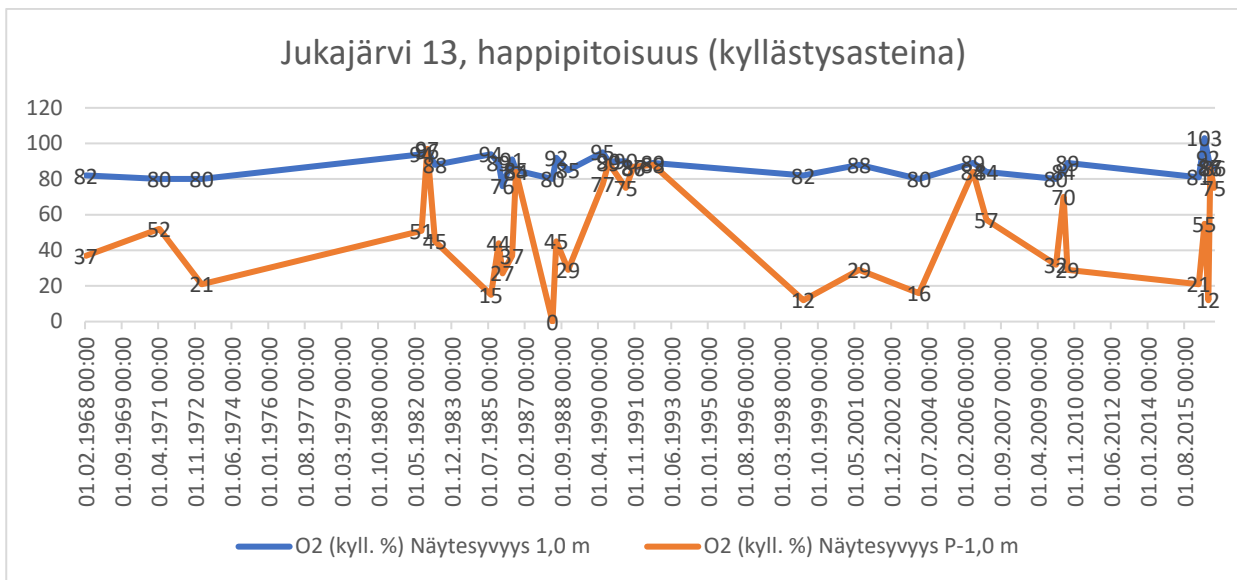


**Kuva 93.** Jukajärven kaakkoisen syvänehavaintopaikan ("Jukajärvi 13", kokonaissyvyys noin 11 metriä) veden rautapitoisuuden ja happamuusasteen havainnot vuosina 1971-2010. Näytesyvytydet: päällysvesi (1,0 metriä) ja alusvesi (P-1,0 metriä, ts. 1,0 metriä pohjan yläpuolelta). Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 14.01.2020. Yksityiskohtaiset rautapitoisuuksien ja happamuusasteen mittaustulokset on esitetty taulukossa 21.

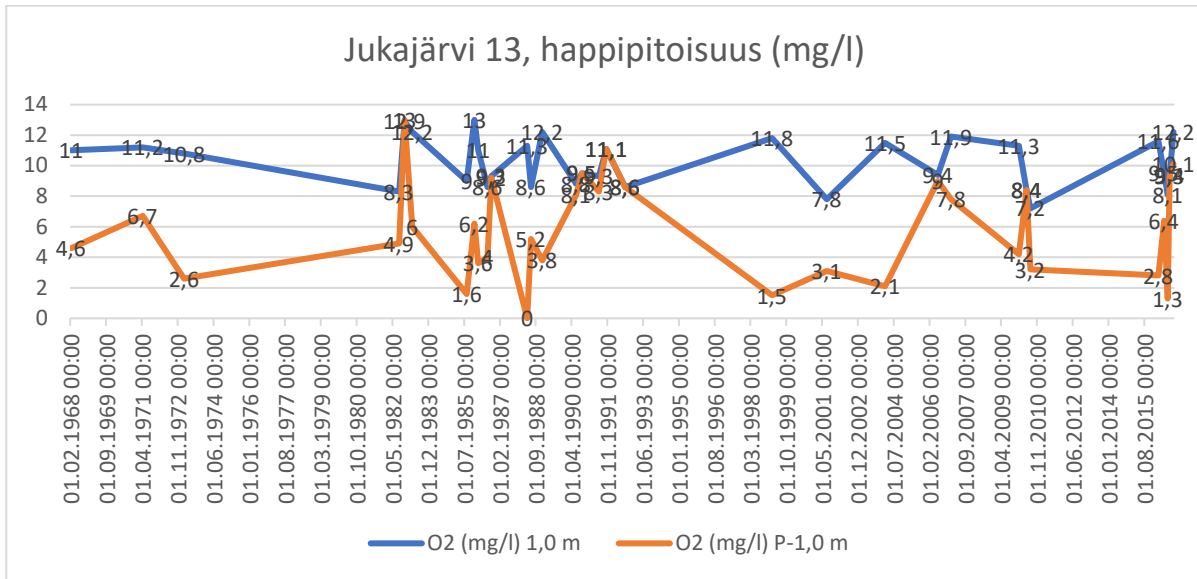
**Taulukko 21.** Veden näkösyvyys sekä päällysveden (näytesyvyys 1,0 metriä) ja alusveden (näytesyvyys P-1,0 metriä eli 1,0 metriä pohjan yläpuolelta) pH ja rautapitoisuus Jukajärven havaintopaikalla 13 (kokonaissyvyys noin 11 metriä) vuosina 1968-2010. Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 14.01.2020.

Jukajärvi 13	pH (1,0 m)	pH (P-1,0 m)	Näkösyvyys (m)	Fe (µg/l) 1,0 m	Fe (µg/l) P-1,0 m
09.02.1968	5,6	4,6	2,0	..	..
05.04.1971	5,9	4,4	1,0	1900	740
21.02.1973	6,1	3,7	2,0	1300	4600
02.10.1978	4,5	..	4,0	..	..
31.07.1980	4,6	..	1,9	1400	..
04.08.1982	4,2	4,2	5,5	..	..
17.11.1982	4,3	4,3	3,2	670	610
14.03.1983	5,8	3,7	1,6	1500	4200
27.08.1985	5,19	5,0	1,3	2920	8560
12.12.1985	4,77	3,73	1,0	2730	3180
06.02.1986	5,95	3,69	0,8	1530	2990
03.07.1986	5,16	5,05	1,2	2930	4650
11.09.1986	5,5	5,49	1,1	4330	4490
21.04.1988	5,19	5,9	1,4	1940	27400

22.06.1988	5,38	5,07	1,8	2080	3340
21.12.1988	5,7	4,76	1,7	3100	1440
28.06.1990	5,5	5,27	3,0	1580	2290
10.09.1990	5,76	5,72	2,3	2600	2600
12.06.1991	4,94	4,91	2,4	1380	1680
28.10.1991	5,02	5,09	1,8	2820	2820
11.08.1992	5,52	5,5	1,6	2320	2460
22.02.1999	5,95	5,7	1,4	1400	7200
30.07.2001	6,45	5,75	1,8	2900	4500
23.02.2004	5,95	5,65	1,2	1900	5400
06.06.2006	6,15	6,09	1,7	..	..
17.01.2007	5,12	4,99	1,0	3000	3400
18.01.2010	5,99	5,77	1,2	3500	4500
25.05.2010	6,08	5,88	1,4	2300	2300
15.07.2010	6,38	5,81	2,1	2300	3900



**Kuva 94.** Jukajärven kaakkoisen syvänehavaintopaikan ("Jukajärvi 13", kokonaissyvyys noin 11 metriä) veden happipitoisuuden (kyllästysasteina) havainnot vuosina 1968-2016. Näytesyvyudet: päällysvesi (1,0 metriä) ja alusvesi (P-1,0 metriä, ts. 1,0 metriä pohjan yläpuolelta). Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 17.01.2020. Yksityiskohtaiset happipitoisuuksien mittaustulokset on esitetty taulukossa 23.



**Kuva 95.** Jukajärven kaakkoisen syvänehavaintopaikan ("Jukajärvi 13", kokonaissyvyys noin 11 metriä) veden happipitoisuuden (kyllästysasteina) havainnot vuosina 1968-2016. Näytesyvyudet: päällysvesi (1,0 metriä) ja alusvesi (P-1,0 metriä, ts. 1,0 metriä pohjan yläpuolelta). Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 17.01.2020. Yksityiskohtaiset happipitoisuuksien mittaustulokset on esitetty taulukossa 23.

**Taulukko 22.** Jukajärven keskisen syvänehavaintopaikan ("Jukajärvi 100", kokonaissyvyys noin 17 metriä, ts. Jukajärven suurin syvyys) veden happipitoisuuden havainnot vuosina 1992-2012. Näytesyvyudet: päällysvesi (1,0 metriä) ja alusvesi (P-1,0 metriä, ts. 1,0 metriä pohjan yläpuolelta). Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 17.01.2020.

Jukajärvi 100	O <sub>2</sub> (mg/l)	
	1,0 m	P-1,0 m
11.08.1992	8,6	7,8
11.04.2012	6,5	<b>0,1</b>
19.06.2012	8,0	<b>3,9</b>
07.11.2012	11,4	11,7

**Taulukko 23.** Jukajärven kaakkoisen syvännelävaintopaikan ("Jukajärvi 13", kokonaissyvyys noin 11 metriä) veden happipitoisuuden havainnot vuosina 1968-2016. Näytesyvyydet: päällysvesi (1,0 metriä) ja alusvesi (P-1,0 metriä, ts. 1,0 metriä pohjan yläpuolelta). Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 17.01.2020.

Jukajärvi 13	O <sub>2</sub> [mg/l]	O <sub>2</sub> [kyll. %]	O <sub>2</sub> [mg/l]	O <sub>2</sub> [kyll. %]
Havaintopvm	1,0 m	1,0 m	P-1,0 m	P-1,0 m
09.02.1968	11,0	82	4,6	37
05.04.1971	11,2	80	6,7	52
21.02.1973	10,8	80	2,6	21
04.08.1982	8,3	94	4,9	51
17.11.1982	12,9	96	13	97
14.03.1983	12,2	88	6,0	45
27.08.1985	9,0	94	1,6	15
12.12.1985	13,0	89	6,2	44
06.02.1986	11,0	76	3,6	27
03.07.1986	8,6	91	4,0	37
11.09.1986	9,3	85	9,2	84
21.04.1988	11,3	80	0,0	0
22.06.1988	8,6	92	5,2	45
21.12.1988	12,2	85	3,8	29
28.06.1990	8,8	95	8,1	77
10.09.1990	9,5	90	9,5	89
12.06.1991	9,3	90	8,3	75
28.10.1991	11,1	86	11,1	87
11.08.1992	8,6	89	8,6	88
22.02.1999	11,8	82	1,5	12
30.07.2001	7,8	88	3,1	29
23.02.2004	11,5	80	2,1	16
06.06.2006	9,4	89	9,0	84
17.01.2007	11,9	84	7,8	57
18.01.2010	11,3	80	4,2	32
25.05.2010	8,4	84	8,4	70
15.07.2010	7,2	89	3,2	29
09.03.2016	11,6	81	2,8	21
02.06.2016	9,5	103	6,4	55
08.08.2016	8,1	92	1,3	12
22.09.2016	9,4	87	9,3	86
09.11.2016	12,2	86	10,1	75

## 5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Jukajoen vesistöalueen (noin 89 km<sup>2</sup>, järvisyys noin 5 %) keskeiset vesiekosysteemit, sekä Jukajärvi (noin 2,2 km<sup>2</sup>) että siitä alkunsa saava Jukajoki, ovat ajoittain olleet vakavasti happamoituneita (pH 3...4) ja veden rautapitoisuudet ovat olleet erittäin korkeita, enimmillään kymmeniä milligrammoja litrassa vuonna 1968 alkaneen virallisen vedenlaadun seurannan mittaustulosten perusteella. Tällainen vedenlaatu on täysin kestämaton kaikille luontaisille kalalajeillemme sekä useimmille pohjaeläin-, eläinplankton- ja kasviplanktonlajeille sekä vesimakrofyyteille. Jukajoessa oli laajoja kalakuolematapauksia vuonna 2010. Tällöin Jukajoen keskijuoksun lähivaluma-alueella sijaitsevan Linnunsuon turvetuotantoalueelta lopetettiin turpeen kaivuu. Vuonna 2013 tämä noin 100 hehtaarin alue muutettiin noin 70 hehtaarin kosteikoksi. Syksyllä 2018 Jukajoen lähivaluma-alueelle rakennettiin Savisuon (noin 4 hehtaaria) ja Töppösuon (runsas 1 hehtaari) kosteikot. Lisäksi syksyllä 2017 välittömästi Linnunsuon suuren kosteikon alapuolelle, alkuperäisen VAPO Oy:n laskeutusaltaan paikalle, rakennettiin noin 2000 m<sup>2</sup>:n laskeutusallas. Kevättalvella 2019 aloitettiin Jukajoen kalataloudellinen kunnostus heti Ilomantsintien alapuolisella koskimaisella jokialueella. Kaikkien edellä mainittujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden sekä Jukajoen ja Jukajärven nykytilaa on tarkasteltu tässä raportissa. Jukajärven valuma-alueelle on rakennettu vuodesta 2013 lähtien useita vesiensuojeluteknisiä rakenteita sekä tehty kunnostustöitä. Näistä keskeisimmät ovat Ruukkisuon kosteikko (noin 1 hehtaari) ja sen lähialueen rakenteet (pintavalutuskentät, pohjapadot, laskeutusallas) sekä Jukajokeen laskevan vuolaimman uoman, aikoinaan uittoperatun Kissapuron kunnostustyöt (useita kymmeniä pohjapatoja, luontaiseen uomaan ohjauksen kohteet, Vehkasuon kosteikko). Vuonna 2015 Kissapuron lähivaluma-alueella tehtiin suhteellisen laaja kunnostus- ja täydennysojitus. Tällöin kuormituksen pidättymistä pyrittiin tehostamaan uusilla laskeutusallasrakenteilla ja putkipadoilla. Lisäksi Jukajoen lähivaluma-alueen happamia turvemaita on jonkin verran kalkittu valumaveden pH:n nostamiseksi.

Vuonna 2019 Jukajärven pH-taso oli tyydyttävällä tasolla. Happitilanne heikkeni melko nopeasti kesäkerrosteisuuden alettua järven 17 metrin syvänteessä. Pohjassa on runsaasti orgaanista, happea kuluttavaa ainesta menneiden vuosien ja vuosikymmenten ajoittain raskaasta ulkoisesta kuormituksesta, ts. valuma-alueen maankäytöstä. Tällöin järven sietokyky on ajoittain ylittynyt mm. vaarallisen alhaisten pH-arvojen ja erittäin heikkojen happipitoisuuksien perusteella. Heikkojen happitilanteiden riski on jatkuva ja niitä saattaa edelleen esiintyä Jukajärven lähinnä pitkien talvi- ja kesäkerrosteisuusjaksojen aikana. Siten valuma-alueelta tulevan kiintoaineen ja rehevöittävien ravinteiden kuormitus on ehdottomasti pidettävä kurissa, mikäli Jukajärven tilaa tahdotaan näiltä osin kohentaa. Jukajärven 17 metrin syväntealueelle asennettu hapetinlaite kohentaisi tätä ongelmallista tilannetta merkittävästi. Kyseeseen voisi tulla nimenomaan tekniikka, joka johtaa varsin hyvähappista päällisvettä alusveteen termistä kerrosteisuutta särkemättä. Hapetus tehostaisi myös eliöstölle haitallisten metallien (rauta ja mangaani) pidättymistä pohjaan, kuten myös keskeisten rehevöittävien ravinteiden, fosforin ja typen. Tämä pienentäisi edelleen Jukajoen metallien pitoisuutta ja edistäisi jokieliöstön, myös tavoitteena olevan taimenen, lisääntymis- ja elinoloja.

Linnunsuon ja samalla Savisuon alapuolisessa Jukajoessa veden pH (5,2...5,3) painui alle minimivaatimusrajan pH 5,5 loppuvuodesta 2019. Jokiveden happamuus on merkittävästi vähentynyt Linnunsuon kosteikon konstruoinnin (vuonna 2013) jälkeen. Siihen nähden Jukajoen vastarannalle rakennetun Savisuon kosteikon tehokkuuden kuormituksen pidättäjänä voimme olettaa merkittävästikin tehostuvan, kun kosteikon perustuotanto (kasviplankton sekä vesi- ja rantamakrofyytit ja myös perifytonlevät) ja kaikkalainen heterotrofinen eliöstö (eläinplankton ja pohjaeläimistö) monipuolistuu. Vastaavaa myönteistä kehitystä voimme odottaa sekä äskettäin rakennetulla Töppösuon kosteikolla että myös hyvin nuorella Linnunsuon kosteikon ekosysteemillä. Jukajärven länsirannalle vuonna 2013 rakennettu Ruukkisuon kosteikko pidatti happamuuden (liuenneiden protonien, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) kuormasta noin 2/3 jo muutama vuosi rakentamisen jälkeen

(Tossavainen 2016a, 2016b). Sekä Savisuon että Töppösuon kosteikon pinta-alan suhde yläpuolisen valuma-alueen pinta-alaan on noin 1 % Ruukkisuon tavoin.

Jukajoki on aikoinaan voimakkaasti perattu uiton tarpeisiin sekä yläjuoksultaan myös Jukajärven vedenpinnan laskemiseksi. Morfologialtaan jokea voi luonnehtia ”monokulttuurimaiseksi ränniksi”. Siten keväällä 2019 aloitettu jokiuoman kunnostustyö (kuten kynnykset, suisteet, asentokivet) on tärkeää biodiversiteetin lisäämiseksi. Töiden ansiosta ensinnäkin virtausolot monipuolistuvat merkittävästi ja uomaan tulee oleellisesti enemmän kasvupintaa ja -paikkoja perustuotannolle (esim. päällyslevät, vesisammalet) ja heterotrofiselle pohjaeliöstölle ja lopulta jopa kalalle. Joen koskimaisilla osuuksilla on jo jonkin verran vaatelioiden pohjaeläinryhmien (Trichoptera, Plecoptera, Odonata, Ephemeroptera) edustajia, ja niiden elinmahdollisuudet tulevat kohentumaan kunnostustöiden ansiosta. Nykyiset joen pohjassa möllöttävät kivet näyttävät olevan kuorruttuneita vedessä virtaavista metalleista, kuten suurina pitoisuuksina jatkuvasti esiintyvistä raudasta ja mangaanista. Voiko tämä aiheuttaa niin suuren toksisuuden, että esimerkiksi vesisammalien (kuten *Fontinalis antipyretica*) ja päällyslevien elinmahdollisuudet ovat olleet Jukajoessa toistaiseksi enimmäkseen heikot? Ainakaan tätä kasvillisuutta ei joesta ole toistaiseksi voinut mainittavammin havaita, joskaan sitä ei ole järjestelmällisesti kartoitettu. Erilaiset jokiuomaan nyt asetetut ja asetettavat kivet, kynnykset ja suisteet tehostavat paikoitellen voimakkaasti veden hapettumista ja metallien sitoutumista jokiuoman pinnoille. Kuten jo edellä on todettu, näitä metalleja olisi tärkeä saada pidätettyä jo Jukajärveen. Tässäkin korostuu riittävästä vesiensuojelutekniikasta huolehtiminen kaikkinaisessa valuma-alueen maankäytössä, metsätaloudesta alkaen.

Jukajoen vesistöalueella on tehty erittäin paljon arvokasta työtä vesiensuojelun eteen, kuten lukuisa joukko monipuolisia vesiensuojeluteknisiä rakenteita ja kunnostustöitä. Valuma-alueella on vielä useita potentiaalisia kunnostuskohteita, kuten merkittävimmän Jukajoen osavaluma-alueen, Kissapuron, pitkiä luontaisen meanderoivan jokiuoman osuuksia. Kissapuroon jo rakennettujen lukuisten pohjapatojen (kynnysten) vaikutusta ainevirtaamiin ja eliöstöön kannattaa ehdottomasti edelleen jossain vaiheessa lähivuosina monitoroida. Lähtölaukauksen tälle yleisesti vähän tutkittujen pohjapatojen vaikutusten arvioinnille antoivat Kissapuron osalta Ovaskainen ja Rouvinen (2017) Karelia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyössään. Samoin nyt vesiekosysteemin elämässään vasta aivan alkutaipaleella olevien Linnunsuon, Savisuon ja Töppösuon kosteikon toimivuutta kuormituksen pidättäjinä on erittäin aiheellista edelleen seurata.

## Lähteet

- Ahtiainen, M. 1991. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja, sarja A 45. <http://hdl.handle.net/10138/182619>
- Ekholm, M. 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja A 126. <http://hdl.handle.net/10138/166681>
- Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Kalatalouden Keskusliitto, julkaisu nro 165.
- Hiltunen, J. & Hämäläinen, L. 2017. Jukajoen suiston nykytila ja mahdolliset kunnostustekniset toimenpiteet. Opinnäytetyön aineisto 2017. Karelia-ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma, Joensuu.
- Huttunen, J. T., Väisänen, T. S., Martikainen, P. J. & Lappalainen, K. M. 1997. Pohjasedimentin pöyhinnän vaikutukset metaanin syntyyn, kulutukseen ja päästöön ylirehevissä järvissä. Tutkimusraportti I. Kuopion yliopisto, ympäristötieteiden laitos, Kansanterveyslaitos, ympäristömikrobiologian laboratorio, Kuopio, VTT, yhdyskuntateknikka, Oulu ja Vesi-Eko Oy, Kuopio.
- 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.
- Kiiskinen, T. 2013. Jukajärven valuma-alueen kunnostustarpeen arviointi. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Komulainen, H. 2014. Juomaveden mangaaniin liittyy terveysriski. Ympäristö ja Terveys nro 2/2014, 20-24.
- Laventure, M. & Scherer, A. 2017. Ecological study of the Linnunsuo wetland and of the Jukajoki river (North Karelia, Finland) using biological and physio-chemical indicators. Internship report, 2<sup>nd</sup> year of MSc. Université de Lille. Receiving organisations Karelia University of Applied Sciences & Snowchange Cooperative, supervisors Tero Mustonen & Tarmo Tossavainen. January 10th – July 31th 2017. 88 pages. (Kooste sekä Marion Laventuren että Antoine Schererin opinnäytetöistä).
- Mustonen, T. ja Mustonen, K. (toim.) 2013. Jukajärven ja -joen hoitosuunnitelma – Selkien perinteestä ja luonnosta 5. Selkien kyläyhdistys, Alajärvi-Jukajärvi -seudun kyläyhdistys, Selkien osakaskunta, Heinävaaran osakaskunta.
- Ovaskainen, J.-M. ja Rouvinen, M. 2017. Vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutus Joensuun Jukajärven laskevan Kissapuron tilaan. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Paloniitty, P. ja Pehkonen, L. 2017. Kontiolahtien Linnunsuon kosteikon nykytila ja vesiensuojeluteknisten rakenteiden suunnitelma kosteikolta Jukajokeen laskevaan uomaan. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2013. Suomen sadanta- ja valuntatietoja 2000 – 2011. Julkaisematon aineisto. DI Teppo Linjama.
- Raassina, J. 2016. Suullinen tiedonanto Aajeenpuron tilaan vaikuttavista tekijöistä. Huhtikuu 2016. Joensuu.
- Sutinen, I. 2019. Automaattisen vedenlaadun monitorointi Linnunsuon kosteikolla (Kontiolahti) ja sen alapuolinen Jukajoen vedenlaatu 1978-2019. Opinnäytetyö. Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Torpström, H. 2011. Kosteikon rakennesuunnitelmat. VAPO Oy, 22.3.2017.

Tossavainen, T. 2009. Mujejärven-Palojärven vesistöalueen ympäristönhoitohanke vuosina 1998 – 2000. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen raportteja nro 267.

Tossavainen, T. 2014. Jukajärven nykytila sekä alustava kunnostus- ja hoitotoimien pohdinta. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C:12. ISBN 978-952-275-103. Joensuu. 97 sivua.

Tossavainen, T. 2016a. Jukajärven pintavalutuskentän ja kosteikon toimivuus hajakuormituksen pidättäjänä. Tutkimusraportti. Karelia-ammattikorkeakoulu, C-sarja.

Tossavainen, T. 2016b. Ruukkisuon kosteikon toimivuus hajakuormituksen pidättäjänä 2 – 3 vuotta rakentamisen jälkeen. Tutkimusraportti. Karelia-ammattikorkeakoulu, C-sarja.

Tossavainen, T. 2016c. Jukajokeen laskevan Aajeenpuron vesistöalueen vedenlaadun ja virtaamien havainnot, alustava kooste. Raporttiluonnos. Karelia-ammattikorkeakoulu, Joensuu.

Tossavainen, T. 2017. Jukajoen lähivaluma-alueen happamuustutkimus, kevät ja alkukesä 2017. Jukajoen vesistöalueen kunnostushanke. Toimeksiantaja Selkien kyläyhdistys ry. Julkaisematon raporttiluonnos. Karelia-ammattikorkeakoulu, Joensuu.

Tossavainen, T. 2018. Jukajoen (Kontiolahti) nykytila ja alustava kunnostussuunnitelma. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C, raportteja: 49.



## Liite 1. Havaintopaikkojen koordinaatit [ETRS-TM35FIN]. 1/2.

H SOFTWARE NAME & VERSION  
I GPSU 5,32 01 FREEWARE VERSION  
S DateFormat=d.M.yyyy  
S Units=M,M  
S SymbolSet=2

H R DATUM  
M E WGS 84 100 0,000000E+00 0,000000E+00 0 0 0

H COORDINATE SYSTEM  
U UTM UPS

F ID-----	Zne	Eastng	Northng	Symbol-----	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W HEINÄPURONKOSTEIKKOETELÄPÄÄ	36V	349522	6947548	Golf	I	99,4	26.2.2019	07.30.26	
W HEINÄPURONKOSTEIKKOONTULEVA	36V	349578	6947488	Golf	I	87,5	26.2.2019	07.38.08	NÄYTTEET 26022019
W HEINÄPURONKOSTEIKKOLÄHTEVÄ	36V	349469	6948108	Golf	I	84,7	26.2.2019	08.09.16	
W JUKAJOKI51MYLLYLÄ	36V	349035	6948005	Golf	I	89,1	26.2.2019	08.56.23	
W JUKAJOKI35UKONNURMI	36V	349414	6948761	Golf	I	86,9	26.2.2019	09.12.33	
W LINNUNSUOIKKUKOSTEIKONLÄHTEVÄ	36V	348469	6947631	Golf	I	93,5	26.2.2019	09.35.56	
W LINNUNSUONKOSTEIKONLÄHTEVÄ	36V	348447	6947555	Golf	I	87,7	26.2.2019	09.50.30	

H SOFTWARE NAME & VERSION  
I GPSU 5,32 01 FREEWARE VERSION  
S DateFormat=d.M.yyyy  
S Units=M,M  
S SymbolSet=2

H R DATUM  
M E WGS 84 100 0,000000E+00 0,000000E+00 0 0 0

H COORDINATE SYSTEM  
U UTM UPS

F ID-----	Zne	Eastng	Northng	Symbol-----	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W SAVISUONKOSTEIKKO1 METRIÄ	36V	349500	6947657	Golf	I	90,1	1.4.2019	07.10.07	VESISYVYYS 0,66
W SAVISUONKOSTEIKKO2 METRIÄ	36V	349484	6947705	Golf	I	86,0	1.4.2019	07.17.58	VESISYVYYS 0,67
W SAVISUONKOSTEIKKO3 METRIÄ	36V	349444	6947809	Golf	I	80,2	1.4.2019	07.29.32	VESISYVYYS 0,81
W SAVISUONKOSTEIKKO4 METRIÄ	36V	349465	6947861	Golf	I	85,3	1.4.2019	07.36.54	VESISYVYYS 0,84
W SAVISUONKOSTEIKOLLETULEVAITÄ	36V	349536	6947902	Golf	I	84,6	1.4.2019	07.41.30	
W SAVISUONKOSTEIKKO5	36V	349461	6947997	Golf	I	81,9	1.4.2019	07.54.19	VESISYVYYS 0,62 M
W SAVISUONKOSTEIKKO6	36V	349460	6948047	Golf	I	82,4	1.4.2019	07.58.32	VESISYVYYS 0,92 M
W JUKAJOKI50ILOMANTSINTIE	36V	347721	6944515	Golf	I	100,7	1.4.2019	10.52.20	

H SOFTWARE NAME & VERSION  
I GPSU 5,25 01 FREEWARE VERSION  
S DateFormat=d.M.yyyy  
S Units=M,M  
S SymbolSet=0

H R DATUM  
M E WGS 84 100 0,000000E+00 0,000000E+00 0 0 0

H COORDINATE SYSTEM  
U UTM UPS

F ID-----	Zne	Eastng	Northng	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W LINNUNSUO3	36V	348387	6947157	I	82,5	10.4.2019	07.52.30	VESISYVYYS 0,67 M
W LINNUNSUO1	36V	348291	6947456	I	90,1	10.4.2019	09.22.57	0,95 M

## Liite 1. Havaintopaikkojen koordinaatit [ETRS-TM35FIN]. 2/2.

H SOFTWARE NAME & VERSION  
I GPSU 5,35 01 FREEWARE VERSION  
S DateFormat=d.M.yyyy  
S Units=M,M  
S SymbolSet=2

H R DATUM  
M E WGS 84 100 0,000000E+00 0,000000E+00 0 0 0

H COORDINATE SYSTEM  
U UTM UPS

F ID-----	Zne	Eastng	Northng	Symbol-----	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W LINNUNSUO2017ALLASLÄHTEVÄ	36V	348470	6947629	Golf	I	101,2	21.11.2019	10.30.38	
W LINNUNSUO2013KOSTEIKKOLÄHTEVÄ	36V	348449	6947554	Golf	I	85,0	21.11.2019	10.47.23	
W SAVISUOKOSTEIKKOLÄHTEVÄ	36V	349470	6948106	Golf	I	83,2	21.11.2019	11.25.41	
W SAVISUOIDÄSTÄTULEVA	36V	349517	6947897	Golf	I	84,3	21.11.2019	11.53.26	
W SAVISUOKAAKOSTATULEVA	36V	349545	6947521	Golf	I	80,7	21.11.2019	12.22.41	
W SAVISUOETELÄSTÄTULEVA	36V	349507	6947531	Golf	I	78,5	21.11.2019	12.41.57	
W JUKAJOKI51MYLLYLÄ	36V	349036	6948003	Golf	I	84,6	21.11.2019	12.59.25	
W TÖPPÖSUOKOSTEIKKOLÄHTEVÄ	36V	349536	6950760	Golf	I	79,5	21.11.2019	13.25.36	
W TÖPPÖSUOKOSTEIKKOTULEVA	36V	349397	6950657	Golf	I	80,6	21.11.2019	13.54.14	
W JUKAJOKI35UKONNURMI	36V	349420	6948751	Golf	I	83,8	21.11.2019	14.16.32	

H SOFTWARE NAME & VERSION  
I GPSU 5,35 01 FREEWARE VERSION  
S DateFormat=d.M.yyyy  
S Units=M,M  
S SymbolSet=2

H R DATUM  
M E WGS 84 100 0,000000E+00 0,000000E+00 0 0 0

H COORDINATE SYSTEM  
U UTM UPS

F ID-----	Zne	Eastng	Northng	Symbol-----	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W JUKAJOKI166JOKELA	36V	349601	6950829	Golf	I	86,0	28.11.2019	09.40.21	
W LINNUNSUOAUTOMAATTIANTURI	36V	348452	6947569	Golf	I	84,5	28.11.2019	13.21.31	
W JUKAJOKI50ILOMANTSINTIE	36V	347713	6944515	Golf	I	98,9	28.11.2019	14.50.44	

**Liite 2.** Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n analyysituloslomakkeet Jukajoen vesistöalueen vedenlaadun mittauksista vuonna 2019. Kaikki ko. vesinäytteet ovat Tarmo Tossavaisen ottamia.  
1/4



SAVO-KARJALAN  
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY

TESTAUSSELOSTE  
J Vesitutkimus  
8.5.2019

19-2682 1 (2)  
#1

Osoituskuhta Lumimuutos  
Mustonen Tero  
tero@lum.fi  
Haukkavaarantie 29  
81235 LEHTOI



Tilausnro 249964 (5621JVESINAYT), saapunut 7.5.2019, näytteet otettu 7.5.2019  
Näytteenottaja: Tossavainen Tarmo

**NÄYTTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
10854	Jukajoki 35 Ukkonummi
10855	Jukajoki 51 Mjylä
10856	Jukajoki 50 Ilomantsintie
10857	Linnunsuo, kosteikosta lähtevä 2017
10858	Linnunsuo, automaattianturi
10859	Linnunsuo, kosteikosta lähtevä 2013
10860	Savusuo, kosteikoilta lähtevä
10861	Savusuo, kosteikkoon tuleva itäinen
10862	Savusuo, kosteikkoon tuleva kaakkoinen
10863	Savusuo, kosteikkoon tuleva eteläinen

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET**

Määrittely	Yksikkö	10854	10855	10856	10857	10858
*pH		5,5	5,7	5,9	5,9	5,9
*Sähkönjohtavuus 25 °C	µS/cm	48	51	51	69	69

Määrittely	Yksikkö	10859	10860	10861	10862	10863
*pH		5,9	5,1	4,7	5,1	5,5
*Sähkönjohtavuus 25 °C	µS/cm	69	40	29	41	49

Merkitöiden selitykset: P = määrittely kesken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
Menetelmätiedot viimeiseltä sivulta. \* = akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamäärittely

Anna Liisa Heikkilä  
kemisti FM

**TIEDOKSI**

Tossavainen Tarmo tarmo.tossavainen@karelia.fi

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Kierrät. mikrobiologisille menetelmille mittauspäätökset ilmoitetaan pyydetessä. Mittauspäätökset ei luokitella valintatiedot.

Kaluste	Postiosoite	Puhelin	Sähköposti	Y-tunnus
Yrittäjien 24	Yrittäjien 24	050-3004 172	anna-liisa.heikkila@ymparistotutkimus.fi	1889409-1
70150 KUOPIO	70150 KUOPIO	017-2647200		



SAVO-KARJALAN  
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY

TESTAUSSELOSTE  
J Vesitutkimus  
8.5.2019

19-2682 2 (2)  
#1

**MENETELMÄTIEDOT**

Määrittely	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (sulussa)
*pH	SFS 3021 (1979) (TL77)
*Sähkönjohtavuus 25 °C	SFS-EN 27868 (1994) (TL77)

**TUTKIMUSLAITOSTIEDOT**

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL77	SKYT Oy, Joensuun laboratorio

**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT**

Määrittely	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittelypvm.
*pH	2019/10854	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10855	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10856	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10857	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10858	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10859	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10860	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10861	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10862	±0,2 yks.	8.5.2019
	2019/10863	±0,2 yks.	8.5.2019
*Sähkönjohtavuus 25 °C	2019/10854	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10855	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10856	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10857	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10858	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10859	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10860	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10861	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10862	±7 µS/cm	8.5.2019
	2019/10863	±7 µS/cm	8.5.2019

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Kierrät. mikrobiologisille menetelmille mittauspäätökset ilmoitetaan pyydetessä. Mittauspäätökset ei luokitella valintatiedot.

**Liite 2.** Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n analyysituloslomakkeet Jukajoen vesistöalueen vedenlaadun mittauksista vuonna 2019. Kaikki ko. vesinäytteet ovat Tarmo Tossavaisen ottamia.  
2/4



SAVO-KARJALAN  
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY

TESTAUSSELOSTE  
J Vesitutkimus  
16.5.2019

19-2855 1 (2)  
#1

Osuuskunta Lumimuutos  
Musiכוןen Tero  
tero@lum.fi  
Havukivakaaranatie 29  
81235 LEHTOI



Tilausno 260454 (5621JVESINÄYT), saapunut 14.5.2019, näytteet otettu 14.5.2019  
Näytteenottaja: Tossavainen Tarmo

**NÄYTTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
11859	Linnunsuo kosteikko automaattinen anturi
11860	Jukajoki 35, Ukkonnummi
11861	Jukajoki 51, Mjlyä

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET**

Määrittely	Yksikkö	11859	11860	11861
*pH		5,2	5,8	5,9
*Sähkönjohtavuus 25 °C	µS/cm	76	53	54

Merkintöjen selityksiä: P = määräys kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, <= = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, >= = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
Menetelmätiedot viivitsellä sivulla. \* = akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamääritys

Anna-Liisa Heikkilä  
kemisti FM

**TIEDOKSI**

Tossavainen Tarmo:tarmo.tossavainen@karelia.fi



SAVO-KARJALAN  
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY

TESTAUSSELOSTE  
J Vesitutkimus  
16.5.2019

19-2855 2 (2)  
#1

**MENETELMÄTIEDOT**

Määrittely	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (sulussa)
*pH	SFS 3021 (1979) (TL77)
*Sähkönjohtavuus 25 °C	SFS EN 27888 (1994) (TL77)

**TUTKIMUSLAITOSTIEDOT**

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL77	SKYT Oy, Joensuu laboratorio

**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT**

Määrittely	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittelypvm.
*pH	2019/11860	±0,2 yks.	15.5.2019
	2019/11860	±0,2 yks.	15.5.2019
	2019/11861	±0,2 yks.	15.5.2019
*Sähkönjohtavuus 25 °C	2019/11859	±7 µS/cm	15.5.2019
	2019/11860	±7 µS/cm	15.5.2019
	2019/11861	±7 µS/cm	15.5.2019

Tulokset koskevat vastaannettuja näytteitä. Akkreditointi ei koske lausuntoja. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Kivert, mikrobiologisille menetelmille mittausepävarmuudet ilmoitetaan pyydetessä. Mittausepävarmuudet ei luokitoida valittuunäytteenä.

Tulokset koskevat vastaannettuja näytteitä. Akkreditointi ei koske lausuntoja. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Kivert, mikrobiologisille menetelmille mittausepävarmuudet ilmoitetaan pyydetessä. Mittausepävarmuudet ei luokitoida valittuunäytteenä.

Katso ote	Ristosoite	Puhelin	Sähköposti	Y-tunnus
Yhtäjäntie 24 70150 KUOPIO	Yhtäjäntie 24 70150 KUOPIO	050-3004 172 *017-2647200	anna-lisa.heikkila@ymparistotutkimus.fi	1809466-1

**Liite 2.** Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n analyysituloslomakkeet Jukajoen vesistöalueen vedenlaadun mittauksista vuonna 2019. Kaikki ko. vesinäytteet ovat Tarmo Tossavainen ottamia.  
3/4



TESTAUSSELOSTE  
J Vesitutkimus  
5.12.2019

19-9497  
#1 1 (2)

Mustonen Tero  
tero@lumi.fi  
Hävikkavaarantie 29  
81235 LEHTOI



Tilausno 259777 (6621JMESINÄYT), saapunut 29.11.2019, näytteet otettu 28.11.2019  
Näytteenottaja: Tossavainen Tarmo

**NÄYTYTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
33420	Jukajoki 35 Ukonnurmi
33421	Jukajoki 51 Mälylä
33422	Jukajoki 50 Ilomantsinle
33423	Linnunsuo, v. 2017 tehdystä kosteikosta lähtävä
33424	Linnunsuo, automaattianturin sijaintipaikka 2019
33425	Linnunsuo, v. 2013 tehdystä kosteikosta lähtävä
33426	Savsuon kesteikko lähtävä
33427	Savsuon kesteikko itäinen tuleva
33428	Savsuon kesteikko kaakoinen tuleva
33429	Töppösuon kesteikko lähtävä
33430	Töppösuon kesteikko tuleva
33431	Jukajoki 166 Jokela

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTYTEET**

Määntys	Yksikkö	33420	33421	33422	33423	33424	33425
*pH		6,1	6,2	6,0	4,4	4,4	4,3
Määntys	Yksikkö	33426	33427	33428	33429	33430	33431
*pH		5,0	4,8	5,3	4,8	4,7	6,0

Merkitöjen selityksiä: P = määntys kosken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
\* = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
Menetelmätiedot viimeisellä sivulla, \* = akkreditoitu menetelmä, (A) = vähäntamämääntys

Anna Liisa Heikkilä  
kemisti FM

**TIEDOKSI**

Karelia ANK/Tossavainen Tarmo:tarmo.tossavainen@karelia.fi

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Klienti mikrobiologian menetelmille mitauserpärmuudet ilmoitetaan pyydettäessä. Mitausepärmuudat ei huomioida väärinääntöissä.  
Kallusitie Postiosoite Puhelin Sähköposti Y-tunnus  
Yrittäjänite 24 Yrittäjänite 24 050-3004 172 1859466-1  
70150 KUOPO 70150 KUOPO \*017-2847200 anna.liisa.heikkila@ymparistotutkimus.fi



TESTAUSSELOSTE  
J Vesitutkimus  
5.12.2019

19-9497  
#1 2 (2)

**MENETELMÄTIEDOT**

Määntys	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (sulussa)
*pH	SFS 3021 (1979) (TL77)

**TUTKIMUSLAITOSTIEDOT**

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL77	SKYT Oy, Joensuun laboratorio

**MITTAUSEPÄRVARMUUSTIEDOT**

Määntys	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määntyspvm.
*pH	2019/33420	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33421	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33422	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33423	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33424	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33425	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33426	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33427	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33428	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33429	±0,2 yks.	29.11.2019
*pH	2019/33430	±0,2 yks.	29.11.2019
	2019/33431	±0,2 yks.	29.11.2019

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Klienti mikrobiologian menetelmille mitauserpärmuudet ilmoitetaan pyydettäessä. Mitausepärmuudat ei huomioida väärinääntöissä.

**Liite 2.** Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n analyysituloslomakkeet Jukajoen vesistöalueen vedenlaadun mittauksista vuonna 2019. Kaikki ko. vesinäytteet ovat Tarmo Tossavaisen ottamia.  
4/4

**SAVO-KARJALAN YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY** TESTAUSSELOSTE 19-9789 1 (2)  
#1  
J "vesitutkimus" 13.12.2019

Mustonen Tero  
tero@jumi.fi  
Havakkasentie 29  
61200 LEHTO



Tilausno 200268 (562 JUMESNÄYT), saapunut 12.12.2019, näytteet otettu 11.12.2019 (10)  
Näytteenottaja: Tossavainen Tarmo

**NÄYTTEET**

Lab nro	Näytteen kuvaus
34785	Limnusuo, automaattienturin paikka
34786	Limnusuo, 2013 rakennettu, kosteikosta lähtevä
34787	Limnusuo, 2017 rakennettu, kosteikosta lähtevä

**MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET**

Määntys	Yksikkö	34785	34786	34787
*pH		4,3	4,2	4,3

Määrityksen syy: Jukaja. P = määntys kesken. E = ei tehty. - = not, < = pienempi kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, < = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
Menetelmätiedot viitataan sivulta. \* = akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamääntitys

Anna Liisa Heikkilä  
kemisti FM

**TIEDOKSI**

Karelia AAK/Tossavainen Tarmotarmo.tossavainen@karelia.fi

**SAVO-KARJALAN YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY** TESTAUSSELOSTE 19-9789 2 (2)  
#1  
J "vesitutkimus" 13.12.2019

**MENETELMÄTIEDOT**

Määntys	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluisissa)
*pH	SFS 3021 (1979) (TL77)

**TUTKIMUSLAITOSTIEDOT**

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL77	SKYT Oy, Joensuun laboratorito

**MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT**

Määntys	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määntyspvm.
*pH	2019/34785	±0,2 yks.	12.12.2019
	2019/34786	±0,2 yks.	12.12.2019
	2019/34787	±0,2 yks.	12.12.2019

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Kvant. mikrobiologialle menetelmille mittausepävarmuudet ilmoitetaan pyöritettävässä. Mittausepävarmuutta ei huomioida valintasääntöissä.  
Kalusteille: Pöytäsovellus: Puhelin: 050-3004 172 Sähköposti: Y-tunnus: 1809456-1  
Yrityksen 24 Yrityksen 24 \*017-2647200 anna-liisa.heikkila@ymparistotutkimus.fi

Tulokset koskevat vastaanotettuja näytteitä. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Kvant. mikrobiologialle menetelmille mittausepävarmuudet ilmoitetaan pyöritettävässä. Mittausepävarmuutta ei huomioida valintasääntöissä.

**Liite 3.** Jukajoen havaintopaikan 35 (Ukonnurmi) veden happamuusasteen sekä raudan ja alumiinin pitoisuuksien havainnot vuosina 2009-2012. Mittaustulokset on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 13.01.2020.

Jukajoki 35 Ukonnurmi	pH	Fe (µg/l)	Al (µg/l)
04.06.2009	6,4	2000	..
29.06.2009	4,0	6100	..
17.08.2009	4,9	4600	..
19.10.2009	4,3	6200	..
08.09.2010	3,4	15000	..
30.09.2010	3,8	9300	..
08.06.2011	5,9	1800	..
25.07.2011	6,2	2100	..
23.08.2011	3,7	8000	..
14.09.2011	3,7	6900	..
03.10.2011	3,7	..	..
25.10.2011	3,9	7100	..
21.11.2011	4,2	6100	590
07.12.2011	4,2	5500	..
14.12.2011	4,4	..	..
10.04.2012	5,8	3900	..
08.05.2012	4,6	2000	..
12.06.2012	5,2	..	..
19.07.2012	4,5	4200	..
31.07.2012	5,0	4000	..
10.09.2012	4,6	4300	..
12.10.2012	4,9	4600	..
16.10.2012	4,5	4000	..
31.10.2012	5,0	3900	..
06.11.2012	5,0	3600	..
04.12.2012	5,2	4200	..

**Liite 4. Taulukko 1/2.** Jukajärven veden pH havaintopaikalla 13 vuosina 1968-1990. Mittaustulokset (näytesyvydet 1,0 m ja P-1,0 m; niiden puuttuessa muu näytesyvyys) on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 14.01.2020.

Näytteenottoaika	Näytesyvyys (m)	pH
09.02.1968	1,0	5,6
09.02.1968	10,0	4,6
05.04.1971	1,0	5,9
05.04.1971	8,5	4,4
21.02.1973	1,0	6,1
21.02.1973	11,0	3,7
02.10.1978	0,5	4,5
31.07.1980	0,0-2,0	4,6
04.08.1982	1,0	4,2
04.08.1982	9,0	4,2
17.11.1982	1,0	4,3
17.11.1982	9,5	4,3
14.03.1983	1,0	5,8
14.03.1983	9,5	3,7
27.08.1985	1,0	5,19
27.08.1985	9,0	5,0
12.12.1985	1,0	4,77
12.12.1985	10,0	3,73
06.02.1986	1,0	5,95
06.02.1986	10,0	3,69
03.07.1986	1,0	5,16
03.07.1986	9,5	5,05
11.09.1986	1,0	5,5
11.09.1986	9,3	5,49
21.04.1988	1,0	5,19
21.04.1988	10,0	5,9
22.06.1988	1,0	5,38
22.06.1988	10,0	5,07
21.12.1988	1,0	5,7
21.12.1988	10,0	4,76
28.06.1990	1,0	5,5
28.06.1990	10,0	5,27
10.09.1990	1,0	5,76
10.09.1990	10,0	5,72



**Liite 4. Taulukko 2/2.** Jukajärven veden pH havaintopaikalla 13 (kokonaissyvyys noin 11 m) vuosina 1991-2016. Mittaustulokset (näytesyvydet 1,0 m ja P-1,0 m; niiden puuttuessa muu näytesyvyys) on poimittu Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietojärjestelmästä 14.01.2020.

Näytteenottoaika	Näytesyvyys (m)	pH
12.06.1991	1,0	4,94
12.06.1991	9,0	4,91
28.10.1991	1,0	5,02
28.10.1991	9,5	5,09
11.08.1992	1,0	5,52
11.08.1992	9,0	5,5
22.02.1999	1,0	5,95
22.02.1999	9,6	5,7
30.07.2001	1,0	6,45
30.07.2001	9,6	5,75
23.02.2004	1,0	5,95
23.02.2004	9,6	5,65
06.06.2006	1,0	6,15
06.06.2006	10,0	6,09
17.01.2007	1,0	5,12
17.01.2007	9,6	4,99
18.01.2010	1,0	5,99
18.01.2010	9,6	5,77
25.05.2010	1,0	6,08
25.05.2010	9,6	5,88
15.07.2010	1,0	6,38
15.07.2010	10,0	5,81
09.03.2016	1,0	6,0
09.03.2016	9,8	5,9
02.06.2016	1,0	6,3
02.06.2016	10,0	5,9
08.08.2016	1,0	6,5
08.08.2016	9,0	6,3
22.09.2016	1,0	6,4
22.09.2016	9,0	6,4
09.11.2016	5,0	6,3

**Liite 5.** Jukajoen havaintopaikan 50 (Ilomantsintie) ja yläjuoksun koskialueen (noin 500 metriä havaintopaikasta 50 pohjoiseen) pohjaeläimistön havainnot 24.09. ja 02.10.2019.

Jukajoki 50 Ilomantsintie, taksoni (kpl/noin 1 m <sup>2</sup> ), näytteet otettu potkuhaavilla standardimenetelmän (näytteenottoaika 30 sekuntia, noin 1 m <sup>2</sup> ) mukaisesti 24.09.2019													
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Oligochaeta	Ceratopogonidae	Plecoptera	Vaaksainen	Ostracoda	Arachnidia	Ephemeroptera	<i>Stylaria lacustris</i>	Cordulegastridae	Nematoda	Trichoptera	Yht.
1	52	0	0	14	0	1	1	1	9	0	2	1	
2	0	1	1	8	0	0	0	0	0	0	0	20	
3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	50	
4	9	0	1	13	0	0	0	0	0	0	0	14	
5	0	0	2	1	0	0	5	0	0	1	0	44	
6	3	2	0	11	1	0	0	0	0	0	0	7	
Keskiarvo (kpl/m <sup>2</sup> )	10,7	0,5	0,7	8,3	0,2	0,2	1	0,2	1,5	0,2	0,3	22,7	46,3
%-osuus	23,0	1,1	1,4	18,0	0,4	0,4	2,2	0,4	3,2	0,4	0,7	48,9	100

Shannon-Wiener -indeksi 1,42

Jukajoki, yläjuoksun koskialue, taksonit (kpl/m <sup>2</sup> ), 02.10.2019										
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Ceratopogonidae	Plecoptera	Hydrachnidia	Ephemeroptera	Paraleptophlebia	Trichoptera	Odonata sp.	Yhteensä	
1	0	4	8	0	1	0	0	0	13	
2	3	0	4	0	1	0	5	0	13	
3	0	14	2	2	2	0	1	0	21	
4	1	0	5	1	0	0	1	0	8	
5	1	0	3	0	2	0	4	0	10	
6	6	2	0	0	0	1	0	1	10	
Keskiarvo (kpl/m <sup>2</sup> )	1,8	3,3	3,7	0,5	1	0,2	1,8	0,2	12,5	
%-osuus	14,7	26,7	29,3	4,0	8,0	1,3	14,7	1,3	100	

Shannon-Wiener -indeksi 1,72

**Liite 6.** Jukajoen ainevirtaamien laskelmat ja virtaamapainotetut keskipitoisuudet vuosina 2012-2019 sekä Linnunsuon, Savisuon ja Töppösuon kosteikkojen ainevirtaamien laskelmat vuonna 2019.

Vuoden 2019 kokonaiskuormat (ts. ainevirtaamat = luonnonhuuhtoutuma + antropogeeninen kuormitus)				
<b>JUKAJOKI</b>	<b>H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (mol/a)</b>	<b>Al (kg/a)</b>	<b>Fe (kg/a)</b>	<b>Mn (kg/a)</b>
Jukajoki 50 Ilomantsintie	21872	750	26604	5425
Jukajoki 51 Myllylä	28448	1093	37650	7990
Jukajoki 35 Ukonnurmi	50983	2066	43369	10132
<b>LINNUNSUON KOSTEIKKOALUE</b>	<b>H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (mol/a)</b>	<b>Al (kg/a)</b>	<b>Fe (kg/a)</b>	<b>Mn (kg/a)</b>
Linnunsuon isosta (2013) kosteikosta lähtevä	9350	34	858	132
Linnunsuu, pienestä altaasta (2017) lähtevä	8807	32	896	143
<b>SAVISUON KOSTEIKKO</b>	<b>H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (mol/a)</b>	<b>Al (kg/a)</b>	<b>Fe (kg/a)</b>	<b>Mn (kg/a)</b>
Savisuo, idästä tuleva uoma	15054	245	666	303
Savisuo, kaakosta tuleva uoma	5728	139	853	284
Savisuo, etelästä tuleva uoma	181	6	65	17
<b>Savisuon kosteikkoon tuleva yhteensä</b>	<b>20963</b>	<b>390</b>	<b>1584</b>	<b>604</b>
Savisuon kosteikosta lähtevä	13513	323	1701	615
<b>TÖPPÖSUON KOSTEIKKO</b>	<b>H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (mol/a)</b>	<b>Al (kg/a)</b>	<b>Fe (kg/a)</b>	<b>Mn (kg/a)</b>
Töppösuu, tuleva	22976	88	762	319
Töppösuu, lähtevä	18004	88	753	301

Havaintopaikka	Fe kg/a vuonna 2012-2013	*Fe <sub>virtaamapainotettu ka.</sub> (pitoisuushavaintojen vaihteluväli) vuonna 2012-2013	Fe kg/a vuonna 2015	*Fe <sub>virtaamapainotettu ka.</sub> (pitoisuushavaintojen vaihteluväli) vuonna 2015	Fe kg/a vuonna 2019	*Fe <sub>virtaamapainotettu ka.</sub> (pitoisuushavaintojen vaihteluväli) vuonna 2019
Jukajoki 50 Ilomantsintie	36532	3533 (3400-3600)	20386	1972 (1640-2570)	26604	2059 (1350-2700)
Jukajoki 51 Myllylä	73507	3337 (3200-3500)	40500	1839 (1600-2230)	36650	1957 (1350-2460)
Jukajoki 35 Ukonnurmi	97803	4047 (3600-4600)	43341	1973 (1550-3270)	43369	1961 (1460-3360)
Jukajoki 166 Jokela	108984	4049 (3500-4600)	48757	1811 (1510-3020)	..	..

Havaintopaikka	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> mol/a vuonna 2012-2013	*pH <sub>virtaamapainotettu ka.</sub> (pH-havaintojen vaihteluväli) vuonna 2012-2013	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> mol/a vuonna 2015	*pH <sub>virtaamapainotettu ka.</sub> (pH-havaintojen vaihteluväli) vuonna 2015	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> mol/a vuonna 2019	*pH <sub>virtaamapainotettu ka.</sub> (pH-havaintojen vaihteluväli) vuonna 2019
Jukajoki 50 Ilomantsintie	18276	5,8 (5,7-6,3)	21333	5,7 (5,6-6,0)	21872	5,8 (5,6-5,9)
Jukajoki 51 Myllylä	51631	5,6 (5,4-6,6)	74203	5,5 (5,3-6,2)	28448	5,8 (5,6-6,1)
Jukajoki 35 Ukonnurmi	219759	5,0 (4,7-6,5)	107523	5,4 (5,1-6,4)	50983	5,6 (5,3-6,0)
Jukajoki 166 Jokela	220175	5,1 (4,9-6,4)	141200	5,3 (5,1-6,2)	..	..

**Liite 7.** Linnunsuon ja Savisuon kosteikkojen pohjaeläimistön havainnot huhtikuussa 2019.

Linnunsuon kosteikon pohjaeläimistön havainnot 10.04.2019.

Linnunsuo 1		Taksoni (kpl/m <sup>2</sup> )				
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	<i>Asellus aquaticus</i>	Cyclopoida		Yht.	
1	270	34	0		304	
2	0	40	40		79	
3	135	34	0		169	
Keskiarvo	135	36	13,2		184	
%	73,4	19,4	7,2		100	
Shannon-Wiener -indeksi 0,73						
Linnunsuo 3		Taksoni (kpl/m <sup>2</sup> )				
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Oligochaeta	Ceratopogonidae	Megaloptera	<i>Cyclops</i> sp.	Yht.
1	1029	277	0	40	0	1345
2	1048	34	34	0	33,8	1149
3	712	0	0	0	0	712
Keskiarvo	930	104	11,3	13,3	11,3	1069
%	86,7	9,7	1,1	1,2	1,1	100
Shannon-Wiener -indeksi 0,50						

Savisuon kosteikon pohjaeläimistön havainnot 04.04.2019.

Savisuo 6		Taksoni (kpl/m <sup>2</sup> )					
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	<i>Chaoborus</i> sp.	Oligochaeta	<i>Pisidium</i> sp.	Corixidae	<i>Asellus aquaticus</i>	Yht.
1	117	0	0	39	0	0	156
2	78	0	0	117	39	0	235
3	39	39	78	899	0	39	1095
Keskiarvo	78	13,0	26,1	352	13	13	495
%-osuus	15,8	2,6	5,3	71,1	2,6	2,6	100
Shannon-Wiener -indeksi 0,98							
Savisuo 4		Taksoni (kpl/m <sup>2</sup> )					
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Oligochaeta	Ceratopogonidae	<i>Pisidium</i> sp.		Yht.	
1	587	0	0	508		1095	
2	39	39	39	0		117	
3	39	235	0	0		274	
Keskiarvo	221,6	91,2	13	169,4		495	
%-osuus	44,7	18,4	2,6	34,2		100	
Shannon-Wiener -indeksi 1,13							