

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Juha-Matti Ovaskainen
Mia Rouvinen

VESIENSUOJELUTEKNISTEN RAKENTEIDEN VAIKUTUS JOENSUUN JUKAJÄR-
VEEN LASKEVAN KISSAPURON TILAAN

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2017



OPINNÄYTETYÖ

Kesäkuu 2017

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3

80200 Joensuu

Puh. +358 13 260 600

Tekijät

Juha-Matti Ovaskainen ja Mia Rouvinen

Nimeke

Vesienpuhdistusteknisten rakenteiden vaikutus Joensuun Jukajärveen laskevan Kissapuron tilaan

Toimeksiantaja

Selkien kyläyhdistys ry

Tiivistelmä

Kissapuron kunnostuksen tarve on lähtöisin tarpeesta vähentää Joensuun Jukajärveen päätyvää kiintoaine- ja raskasmetallimäärää sekä parantaa vesistön pH-arvoa. Kissapuron valuma-alueelle on rakennettu kunnostustarkoituksessa laskeutusaltaita sekä itse puroon pohjapatoja laajennettuine allastuksineen. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa uutta tietoa pohjapatorakenteiden toimivuudesta vesistöissä, joita on tarve ennallistaa.

Kissapuron nykytilaa selvitettiin vesi- ja pohjaeläinnäytteiden sekä kasvillisuuskartoituksen avulla. Näytteiden analysointi tapahtui laboratorioissa. Aineiston käsittelyssä hyödynnettiin alan kirjallisuutta ja asiantuntijoita. Tutkimustietoa kerättiin syksystä 2016 toukokuuhun 2017 saakka mahdollisimman kattavan aineiston luomiseksi. Yksittäisiä näytteenottoja on tehty myös aikaisemmin.

Tutkimusten perusteella Kissapuron ongelmana on veden matala pH-arvo yhdistettynä korkeisiin rauta- ja alumiinipitoisuuksiin. Kiintoainepitoisuus on laboratoriotulosten perusteella kohtuullisella tasolla. Pohjaeläimistö on lajistoltaan yksipuolista. Shannon-Wiener diversiteetti-indeksi saa korkeimmillaan arvon 1,98, joka tarkoittaa matalaa monimuotoisuutta.

Jatkotoimenpiteinä ehdotetaan erityisesti Kissapuron ylä- ja alajuoksun rautapitoisuuksien ja pH-arvon seuranta sekä kattavaa pohjaeläimistön monimuotoisuuden seuranta.

Kieli
suomi

Sivumäärä 108

Liitteet 8

Asiasanat

pohjapato, happamuus, pohjaeläin, raskasmetallit, kiintoaine



THESIS
June 2017
Degree Programme in Environmental Technology
Karjalankatu 3
80200 Joensuu, FINLAND
Tel. +358 13 260 600

Authors
Juha-Matti Ovaskainen & Mia Rouvinen

Title
The Impact of Water Protection Structures on Condition of Kissapuro

Commissioned by
Selkien kyläyhdistys ry

Abstract

The acidity and significant amounts of solid matter and heavy metals are the main reasons for restoration plans of the brook Kissapuro which outflows to the lake Jukajärvi. Sedimentation pools and submerged weirs with expanded pools have been built to catchment area and in Kissapuro itself. The purpose of this study was to investigate functionality of submerged weirs in water bodies in a need of restoration.

The present stage of the brook Kissapuro was investigated by taking water and benthic fauna samples and carrying out a vegetation survey. The samples were analyzed in laboratories. Literature and experts from this field of study were utilized to handle the data. The samples were collected from the autumn of 2016 to the spring of 2017 for the aim of representative data. Separate samplings have also been made earlier.

It was concluded that the main issue of the brook Kissapuro is low pH level combined with high concentrations of iron and aluminium. According to laboratory results, the concentration of suspended solids is moderate. The diversity of benthic fauna is low - Shannon-Wiener diversity index had a value of 1.98 at its peak.

Monitoring of iron and pH levels of upstream and downstream of Kissapuro are the main suggestions for the future actions. Also the adequate monitoring of diversity of benthic fauna is recommended.

Language
Finnish

Pages 108

Pages of Appendices 8

Keywords

submerged weir, acidity, benthic fauna, heavy metals, suspended solids

Sisältö

1	Johdanto	9
1.1	Toimeksiantaja.....	9
1.2	Keskeiset käsitteet.....	9
2	Valuma-aluekuormitus ja vedenlaadun muuttujia	11
2.1	Happi ja lämpötila	11
2.2	Fosfori ja typpi	12
2.3	Humus ja kiintoaine	15
2.4	Happamuus	16
2.5	Raskasmetallit	18
2.5.1	Rauta	18
2.5.2	Alumiini	19
2.5.3	Mangaani.....	19
2.6	Sähkönjohtavuus ja hapetus-pelkistysaste	20
3	Työn tavoitteet, aiheen rajausta ja työn toteutus.....	21
3.1	Työn tavoitteet ja aiheen rajausta	21
3.2	Työn toteutus.....	21
4	Tutkimusalueen kuvaus	22
4.1	Valuma-alueen maankäyttö sekä maa- ja kallioperä	25
4.1.1	Maankäyttö	25
4.1.2	Maa- ja kallioperä	26
4.2	Kunnostusmenetelmät Kissapuron valuma-alueella	27
4.2.1	Pohjapadot.....	29
4.2.2	Laskeutusaltaat.....	29
4.2.3	Kosteikot.....	30
4.3	Pohjapatojen sekä muiden näytteenottoaikkujen kuvaukset.....	30
4.3.1	Havaintokohde: Kissapuron alajuoksu, pohjoisin näytteenottoaika.....	32
4.3.2	Havaintokohde: Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä uoma	33
4.3.3	Havaintokohde: Pohjapato 1B	34
4.3.4	Havaintokohde: Lietekuoppa	35
4.3.5	Havaintokohde: Pohjapato 1A	36
4.3.6	Havaintokohde: Pohjapato 1	37
4.3.7	Havaintokohde: Pohjapato 2.....	38
4.3.8	Havaintokohde: Pohjapato 3.....	39
4.3.9	Havaintokohde: Pohjapato 4.....	40
4.3.10	Havaintokohde: Pohjapato 5.....	41
4.3.11	Havaintokohde: Pohjapato 6.....	42
4.3.12	Havaintokohde: Pohjapato 7.....	43
4.3.13	Havaintokohde: Pohjapato 8A	44
4.3.14	Havaintokohde: Pohjapato 9.....	45
4.3.15	Havaintokohde: Pohjapato 10, ”PP10 luontaisen uoman yläpuolelta”.....	46
4.3.16	Havaintokohde: Luontainen uoma, lähtevä.....	47
4.3.17	Havaintopaikka: Pohjapato 11	48
4.3.18	Havaintokohde: Pohjapato 12, Särkivaarantie	49
4.3.19	Havaintokohde: Pohjapato 13.....	50
4.3.20	Havaintokohde: Pohjapato 14.....	51
4.3.21	Havaintokohde: Pohjapatojen 14 ja 15 välinen laskeutusallas	52
4.3.22	Havaintokohde: Pohjapato 15.....	53
4.3.23	Havaintokohde: Pohjapato 16.....	54
4.3.24	Havaintokohde: Pohjapato 17.....	55

4.3.25	Havaintokohde: Pohjapato 18.....	56
4.3.26	Havaintokohde: Pohjapatojen 18 ja 19 välinen laskeutusallas	57
4.3.27	Havaintokohde: Pohjapato 19.....	58
4.3.28	Havaintokohde: Pohjapato 20.....	59
4.3.29	Havaintokohde: Myllyvaarantie	60
4.3.30	Havaintokohde: Uittopato	61
5	Aineisto ja tutkimusmenetelmät	62
5.1	Virtaamamittaus.....	62
5.2	Vesinäytteenotto ja analysointi	63
5.2.1	Vesinäytteenotto	63
5.2.2	Laboratorioanalyysit.....	65
5.3	Pohjaeläintutkimukset.....	67
5.4	Kasvillisuuskartoitus	70
5.5	Pohjapatojen allastusten määrittäminen	73
6	Tutkimustulokset.....	74
6.1	Valumaolot tutkimuksen eri ajankohtina	74
6.2	Vesinäytteiden tulokset.....	76
6.2.1	Rauta	76
6.2.2	Alumiini ja mangaani.....	78
6.2.3	Happamuus	80
6.2.4	Kiintoaine	82
6.2.5	Sähkönjohtavuus, redox-potentiaali ja happitilanne.....	82
6.3	Pohjaeläimistö	83
6.4	Kasvillisuuskartoitus	84
6.5	Pohjapatojen allastukset.....	85
7	Tulosten tulkinta.....	86
7.1	Vesinäytetulosten tulkinta	86
7.1.1	Rauta	86
7.1.2	Alumiini ja mangaani.....	89
7.1.3	Happamuus	93
7.1.4	Kiintoaine	96
7.1.5	Sähkönjohtavuus, redox-potentiaali ja happitilanne.....	97
7.2	Pohjaeläimistö	98
7.2.1	Shannon-Wiener diversiteetti-indeksi	98
7.2.2	Tasaisuusindeksi	100
8	Pohdinta.....	102
8.1	Toimenpide-ehdotuksia	103
8.2	Luotettavuus	103
9	Kiitokset	104
	Lähteet.....	105

Liitteet

- Liite 1. Pohjapatojen koordinaatit.
- Liite 2. Rauta-analyysien tulokset havaintopaikoittain.
- Liite 3. Alumiinianalyysien tulokset havaintopaikoittain.
- Liite 4. pH-analyysien tulokset havaintopaikoittain.
- Liite 5. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy, kiintoaineraportti 17.5.2017.
- Liite 6. Pohjapatovälien alku- ja loppupisteiden koordinaatit ja syvyydet (P09/16/431 Maanmittausalan perustutkintoon valmistava koulutus 2017).
- Liite 7. Kasvillisuuskartoituksen tuloksia.
- Liite 8. Pohjaeläintutkimusten tuloksia.

Kuvat, kuvat ja taulukot

- Kuva 1. Raudan pitoisuuksien keskiarvoja vuosilta 1998–2002 suomalaisissa jokivesissä.
- Kuva 2. Kissapuron valuma-alue.
- Kuva 3. Kissapuro ja sen lähivaluma-alueen ojitetut suot.
- Kuva 4. Kissapuron lähivaluma-alueen maaperä.
- Kuva 5. Pohjapatojen sijainnit.
- Kuva 6. Kissapuron alajuoksu syksyllä 2016.
- Kuva 7. Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä, Kissapuroon laskeva uoma toukokuussa 2017.
- Kuva 8. Pohjapato 1B toukokuussa 2017.
- Kuva 9. Pohjapatojen 1B ja 1A välillä sijaitseva, Kissapuroon laskeva lietekuoppa toukokuussa 2017.
- Kuva 10. Pohjapato 1A toukokuussa 2017.
- Kuva 11. Pohjapato 1 toukokuussa 2017.
- Kuva 12. Pohjapato 2 toukokuussa 2017.
- Kuva 13. Pohjapato 3 toukokuussa 2017.
- Kuva 14. Pohjapato 4 toukokuussa 2017.
- Kuva 15. Pohjapato 5 toukokuussa 2017.
- Kuva 16. Pohjapato 6 toukokuussa 2017.
- Kuva 17. Pohjapato 7 toukokuussa 2017.
- Kuva 18. Pohjapato 8A toukokuussa 2017.
- Kuva 19. Pohjapato 9 toukokuussa 2017.
- Kuva 20. Pohjapato 10 toukokuussa 2017.
- Kuva 21. Luontaisen uoman yhtymäkohta pohjapadon 10 pohjoispuolella toukokuussa 2017.
- Kuva 22. Pohjapato 11 toukokuussa 2017.
- Kuva 23. Tarmo Tossavainen pohjapadolla 12 syksyllä 2016.
- Kuva 24. Pohjapato 13 toukokuussa 2017.
- Kuva 25. Pohjapato 14 toukokuussa 2017.
- Kuva 26. Pohjapatojen 14 ja 15 välinen laskeutusallas kevätylivirtaaman aikaan 2017.
- Kuva 27. Pohjapato 15 toukokuussa 2017.
- Kuva 28. Pohjapato 16 toukokuussa 2017.
- Kuva 29. Pohjapato 17 toukokuussa 2017.
- Kuva 30. Pohjapato 18 toukokuussa 2017.

- Kuva 31. Pohjapatojen 18 ja 19 välinen laskeutusallas kevätylivirtaaman aikaan 2017.
- Kuva 32. Pohjapato 19 toukokuussa 2017.
- Kuva 33. Pohjapato 20 toukokuussa 2017.
- Kuva 34. Myllyvaarantien havaintopaikka marraskuussa 2016.
- Kuva 35. Näytteenottopaikka "Uittopato" toukokuussa 2017.
- Kuva 36. Vesinäytteenottoa marraskuun 2016 lopulla.
- Kuva 37. WTW S12-A -filtterifotometri.
- Kuva 38. Mettler Toledo -pH-mittari.
- Kuva 39. Petrimaljaan kerättyjä ja tunnistettuja pohjaeläimiä.
- Kuva 40. Pohjoisempi kasvillisuuskartoitusalue kevään 2017 näytteenottokierroksen yhteydessä 5.5.2017.
- Kuva 41. Kasvillisuuskartoitusta 23.9.2016 pohjapadon 12 yläpuolisella tulvatasanteella.
- Kuva 42. Allastusten määrittystä 30.10.2016.
- Kuva 43. Surviaissääsken (Chironomidae) alalajin Tanypodinae toukka, sekä useita sulkasääsken toukkia (Chaoboridae).
- Kuvio 1. Suomen sisä- ja rannikkovesien suurimmat kuormittajat - fosfori.
- Kuvio 2. Suomen sisä- ja rannikkovesien suurimmat kuormittajat - typpi.
- Kuvio 3. Pienen Jukajärven syvänteestä mitattuja rautapitoisuuksia.
- Kuvio 4. Myllyvaarantien näytteenottopaikalta mitatut rautapitoisuudet.
- Kuvio 5. Särkivaarantien näytteenottopaikalta mitatut rautapitoisuudet.
- Kuvio 6. Kissapuron alajuoksun näytteenottopaikalta mitatut rautapitoisuudet.
- Kuvio 7. Rautapitoisuuksia 14.12.2015–8.5.2017.
- Kuvio 8. Alumiinipitoisuudet Pienen Jukajärven syvänteestä mitattuna.
- Kuvio 9. Myllyvaarantien näytteenottopaikalta mitatut alumiiniarvot.
- Kuvio 10. Särkivaarantien näytteenottopaikalta mitatut alumiiniarvot.
- Kuvio 11. Kissapuron alajuoksun näytteenottopaikalta mitatut alumiiniarvot.
- Kuvio 12. Mitatut alumiiniarvot aikavälillä 29.3.2016–8.5.2017.
- Kuvio 13. Mitatut mangaaniarvot 31.3.2016, 5.4.2016 ja 2.6.2016.
- Kuvio 14. Mangaaniarvot 31.3.2016, 6.4.2016 ja 2.6.2016.
- Kuvio 15. Pienen Jukajärven veden pH-arvoja kahdesta eri syvyydestä mitattuna.
- Kuvio 16. Myllyvaarantien näytteenottopaikalta mitatut pH-arvot.
- Kuvio 17. Särkivaarantien näytteenottopaikalta mitatut pH-arvot.
- Kuvio 18. Kissapuron alajuoksun näytteenottopaikalta mitatut pH-arvot.
- Kuvio 19. pH-arvoja 14.12.2015–8.5.2017.
- Kuvio 20. Kiintoaineanalyysin tulokset pylväsdiagrammin avulla esitettynä.
- Kuvio 21. Shannon-Wiener diversiteetti-indeksi (joulukuu 2015–syyskuu 2016) Pienen Jukajärven ja Kissapuron alajuoksun pohjaeläinnäytteenottoasemien väliseltä alueelta.
- Kuvio 22. Tasaisuusindeksi (joulukuu 2015–syyskuu 2016) Pienen Jukajärven ja Kissapuron alajuoksun pohjaeläinnäytteenottoasemien väliseltä alueelta.
- Taulukko 1. Järvien rehevyysluokitus kokonaisfosforin perusteella.
- Taulukko 2. Järvien rehevyysluokitus kokonaistypen perusteella.
- Taulukko 3. Kokonaistyyppipitoisuuksia.
- Taulukko 4. pH-arvot ja niiden luokituksia.
- Taulukko 5. Redox-potentiaalin vaikutus eri yhdisteisiin.
- Taulukko 6. Maankäyttömuotojen suhteellinen osuus, sekä osuus Kissapuron

valuma-alueen kokonaispinta-alasta Corine maanpeite 2012 -aineiston mukaan.

- Taulukko 7. Havaintopaikkojen koordinaatteja, kaistalla 36V, ETRS-TM35FIN.
- Taulukko 8. Kissapuroon liittyvien tutkimusten toteutukseen vuosina 2015–2017 käytetyt laitteet ja menetelmät pääpiirteittäin.
- Taulukko 9. Shannon-Wiener diversiteetti-indeksin laatukriteerit.
- Taulukko 10. Pohjaeläinnäytteenottoasemien koordinaatit kaistalla 36V, ETRS-TM35FIN.
- Taulukko 11. Myllyvaarantien, Särkivaarantien ja Kissapuron alajuoksun näytteenottopisteiden osavaluma-alueiden virtaamat ja valumat.
- Taulukko 12. Saadut rautapitoisuudet kolmelta keskeisimmältä näytteenottopaikalta.
- Taulukko 13. Rauta-analyysien tulokset Pienen Jukajärven syvänteestä (kokonaissyvyys noin 3 metriä).
- Taulukko 14. Alumiiniarvot kolmelta keskeisimmältä näytteenottopaikalta.
- Taulukko 15. Alumiinianalyysien tulokset, Pienen Jukajärven syvänte.
- Taulukko 16. Mangaaniarvot kolmelta keskeisimmältä näytteenottopaikalta.
- Taulukko 17. Mangaanianalyysien tulokset, Pienen Jukajärven syvänte.
- Taulukko 18. Mitatut pH-arvot kolmelta keskeisimmältä näytteenottopaikalta.
- Taulukko 19. Pienen Jukajärven syvänteestä saadut pH-arvot.
- Taulukko 20. Kiintoaineanalyysin tulokset. Näytteenotto suoritettu 8.5.2017.
- Taulukko 21. Sähköjohtavuus havaintopaikoittain.
- Taulukko 22. Happipitoisuudet 22.3.2017, Pienen Jukajärven syvänte.
- Taulukko 23. Pohjapatojen muodostamien altainen pinta-alat, tilavuudet ja syvyysvaihtelut.
- Taulukko 24. 26.9.2016 ja 29.9.2016 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut Shannon-Wiener diversiteetti-indeksit.
- Taulukko 25. Keväällä 2016 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut Shannon-Wiener diversiteetti-indeksit.
- Taulukko 26. 11.12.–14.12.2015 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut Shannon-Wiener diversiteetti-indeksit.
- Taulukko 27. Keväällä 2016 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut tasaisuusindeksit (E).
- Taulukko 28. 26.9. ja 29.9.2016 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut tasaisuusindeksit (E).
- Taulukko 29. 11.12.–14.12.2015 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut tasaisuusindeksit (E).

1 Johdanto

Kissapuro on Joensuussa sijaitseva, Pienestä Jukajärvestä Jukajärveen laskeva, tummavetinen puro. Kissapuron kunnostuksen tarve on lähtenyt tarpeesta vähentää Jukajärveen päätyvää kiintoaine- ja raskasmetallimäärää sekä laskea vesistön happamuutta. Puron ja sen valuma-alueen valjastaminen metsäteollisuuden ojituksin, ja puun uittoon, on ratkaisevasti vaikuttanut Kissapuron ja niin edelleen Jukajärven nykytilaan. Kissapuron täydellinen ennallistaminen on haasteellinen ja kallis keino parantaa puron tai Jukajärven tilaa. Kunnostustarkoituksessa on Kissapuron valuma-alueelle rakennettu laskeutusaltaita sekä itse puuroon konetyönä pohjapatoja laajennettuine allastuksineen.

1.1 Toimeksiantaja

Vuonna 2010 Jukajärven lasku-uoma Jukajoella ja Jukajärvellä havaitut kalakuolemat antoivat alkusysäyksen kyläyhdistysten koordinoimalle kunnostustoiminnalle. Selkien kyläyhdistys ry on yhteistyössä useiden eri toimijoiden kanssa toiminut Jukajoen ja Jukajärven valuma-alueiden aktiivisen kunnostamisen puolesta. Toimeksianto on luonnollinen jatkumo jo aiemmin Jukajärven alueelle tehdyille tutkimuksille ja opinnäytetöille. Kissapuroon liittyvän opinnäytetyön sisältöä voidaan tulevaisuudessa hyödyntää alueen vesistön vedenlaadun parantamiseksi.

1.2 Keskeiset käsitteet

Alkaliniteetti	Veden kyky vastustaa happamoitumista (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2017).
Eroosio	Maa- tai kallioperän kulumisen veden, jään tai muun kulutustekijän vaikutuksesta (Eloranta 2010, 253).
Fosfaattifosfori	Liukoinen epäorgaaninen fosfori (Niinimäki & Penttinen 2014, 13).
Habitaatti	Elinympäristö.

Humus	Eloperäisen aineksen maatuessa muodostuva orgaaninen aines, joka aiheuttaa veden ruskean värin (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 59).
Kiintoaine	Hiukkasmainen aines, joka koostuu sekä eloperäisestä että mineraaliaineksesta (Eloranta 2010, 255).
Luonnonhuuhtouma	Luontaisesti, ilman ihmistoiminnan vaikutusta, vesistöön huuhtoutuvat ainekset (esim. kiintoaine ja ravinteet) (Eloranta 2010, 256).
Perkaus	Ruoppausta keveämpi toimenpide, jossa uomasta poistetaan käyttötarkoituksen kannalta haitalliset tekijät (Eloranta 2010, 258).
Perustuotanto	Vihreiden kasvien yhteyttämällä sitoma energiamäärä tai kasvien valmistama orgaaninen aines (Niinimäki & Penttinen 2014, 7).
Pohjaeläin	Vesistön pohjalla elävä eläin (Eloranta 2010, 259).
Redox-potentiaali	Sähköinen potentiaali, joka tarvitaan elektronien siirtämiseksi hapettimesta pelkistimeen (Tieteen termipankki 2014).
Sedimentti	Järven pohjalle kerääntynyt aines (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 60).
Valuma	Aikayksikössä valuma-alueelta virtaavan veden määrä pinta-alayksikköä kohden ($l/s/km^2$), symboli q (Eloranta 2010, 262).
Valuma-alue	Alue, jolta pinta- ja pohjavedet laskevat vesistöön (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 60).
Viipymä	Veden vaihtumiseen kuluva aika (Eloranta 2005, 114).
Virtaama	Uoman poikkileikkauksen läpi kulkevan vesimäärän tilavuus aikayksikköä kohden (m^3/s , l/s). Keskivirtaamalla (MQ) tarkoitetaan tietyn havaintojakson keskimääräistä virtaamaa ja ylivirtaamalla (HQ) tietyn havaintojakson suurinta virtaamaa. (Ympäristö 2016.)

2 Valuma-aluekuormitus ja vedenlaadun muuttujia

Kissapuron osavaluma-alue on Jukajärven suurimpia kuormittajia happamine ja rautapitoisine vesineen. Tossavaisen (2013) mukaan Jukajärven ravinne- ja kiintoainekuormitukset ovat maltillisella tasolla, jolloin ne eivät ole keskeisiä tekijöitä järven tilaa tai valuma-aluekuormitusta tarkasteltaessa. (Kiiskinen 2013, 137.)

Tutkimuksissa on Kissapuron lämpötilan ja virtausominaisuuksien lisäksi tarkkailtu veden happamuutta, rauta-, alumiini- ja mangaanipitoisuuksia, kiintoainemäärää, sähkönjohtavuutta sekä pohjaeläimistön tilaa. Kissapuron lähteen, Pienen Jukajärven tilaa on tarkkailtu happamuuden, rauta-, alumiini-, ja mangaanipitoisuuksien lisäksi pohjaeläimistön ja pohjasedimentin tilan sekä veden happipitoisuuden osalta. Kasvillisuuskartoitusta, luontotyyppien määrittystä ja kasviinventointia on myös toteutettu osana opinnäytetyötä.

2.1 Happi ja lämpötila

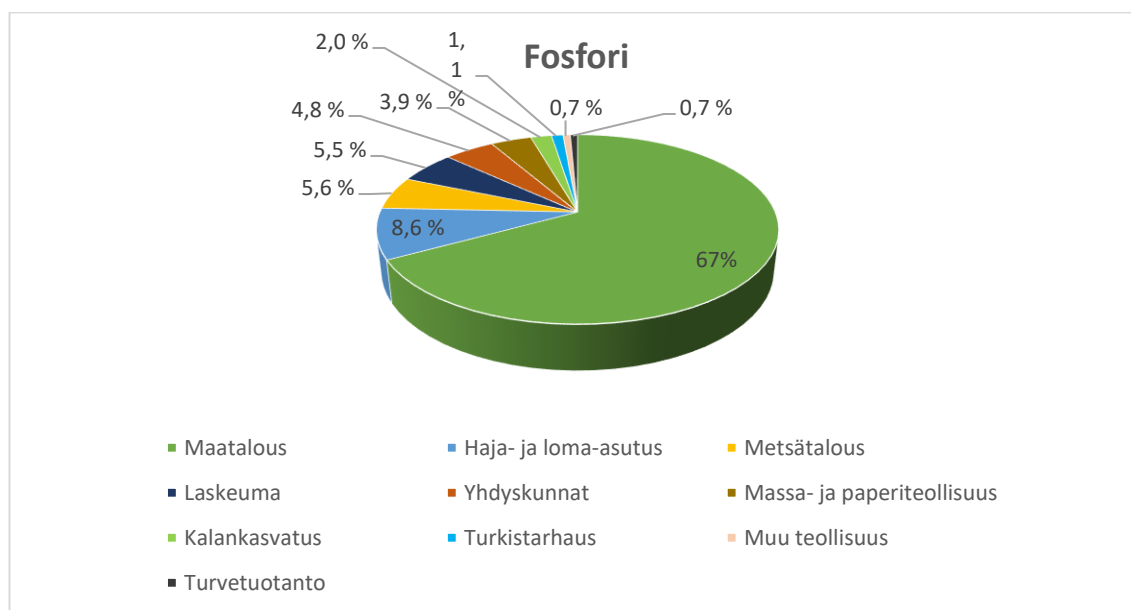
Happea (O) esiintyy vedessä sekä vesimolekyyleissä (H₂O) että liuenneena kaasuina. Happea liukenee veteen yhteyttämisen seurauksena, tai se voi siirtyä suoraan ilmasta vesimassaan. Vesieläimille elintärkeän, liuenneessa muodossaan olevan hapen liukenemisaste veteen on riippuvainen lämpötilasta: vesi on sitä happipitoisempaa, mitä kylmempää vesi on. Veden lämpötila vaikuttaa suoraan myös vesieläimien hapen tarpeeseen. Mitä lämpimämpää vesi on, sitä enemmän eliöt kuluttavat liuennutta happea kiihtyneen soluhengityksen johdosta. Esimerkiksi liian lämpimässä vedessä vaihtolämpöiset kalat lakkaavat syömästä, ettei energiaa kuluisi kuin välttämättömään eli hengittämiseen. Happipitoisuudesta riippuvaista on myös esimerkiksi pohjanläheisten vesikerroksien fosfaattipitoisuus. Tämä johtuu siitä, että hapetus-pelkistyspotentiaalilaskiessa ferriyhdisteet pelkistyvät ferroyhdisteiksi, joiden liukoiset fosfaatit vapautuvat veteen. (Niinimäki & Penttinen 2014, 11, 14.)

Talvella normaali päällysveden happipitoisuus on 12–13 mg/l 0,5–1,0 asteen

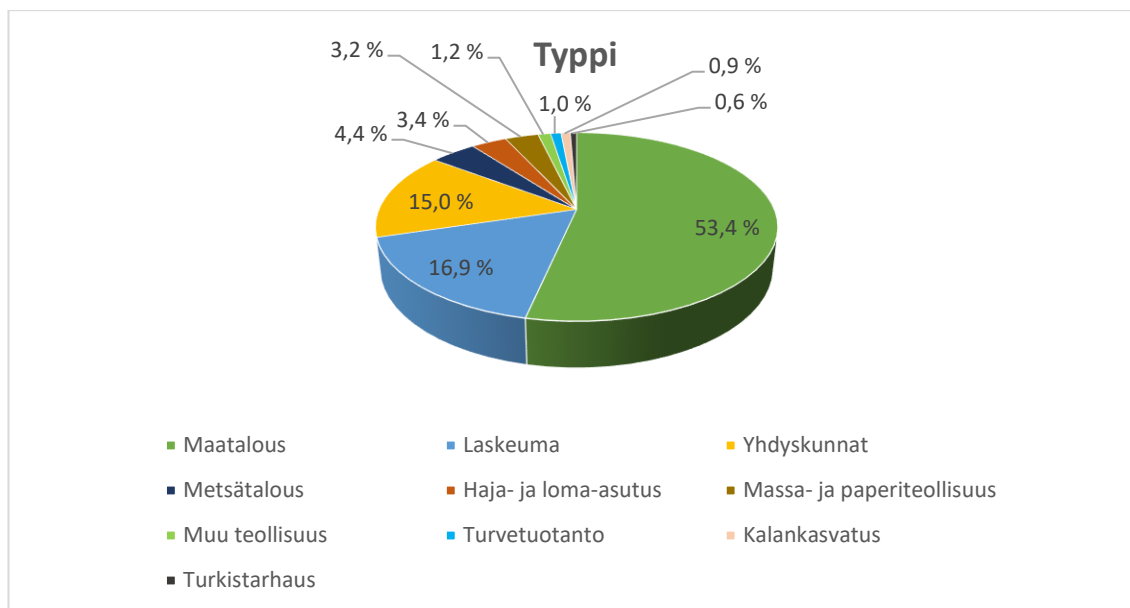
lämpötilassa, jolloin happikyllästysaste on 80–90 %. Kesällä 18–20 asteen lämpötilassa, on normaali happipitoisuus välillä 8–9 mg/l, jolloin happikyllästysaste on myös 80–90 %. Happipitoisuus on heikoimmillaan lämpötilakerrosteisuusajan lopulla, loppupalvella maaliskuussa ja loppukesällä elokuussa, jotka ovat näin ollen parhaita ajankohtia happitilanteen tulkitsemiseksi. Normaalissa, puhtaana säilyneessä järvessä, happea on alusvedessä kerrosteisuusajojen lopullakin 4–8 mg/l. (Oravainen 1999, 4.)

2.2 Fosfori ja typpi

Fosfori on typen ohella vesistöjemme perustuotantoa rajoittava minimiravinne. Fosforin ja typen suurimpia ihmistoiminnasta aiheutuvia kuormituslähteitä ovat maatalous, asutus sekä metsätalous (kuviot 1 & 2).



Kuvio 1. Suomen sisä- ja rannikkovesien suurimmat kuormittajat - fosfori (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 48).



Kuvio 2. Suomen sisä- ja rannikkovesien suurimmat kuormittajat - tyyppi (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 48).

Elottoman luonnon fosforia esiintyy kallioperissä fosfaatteina (PO_4^{3-}), ja sen vapautuminen maaperään sekä vesistöön tapahtuu kallioperän rapautumisen kautta. Muita vesistön fosforikuormituksen lähteitä ovat luonnonhuuhtouman lisäksi esimerkiksi maatalous sekä asutus. Tuottajien kautta epäorgaanisesta orgaaniseksi muuttunut fosfori muuttuu vedessä jälleen hajotustoiminnan kautta fosfaattifosforiksi. (Happonen, Holopainen, Sotkas, Tenhunen, Tihtarinen-Ulmanen & Venäläinen 2008, 89–90, 95.) Ainoastaan fosfaattimuodossa oleva fosfori on kasviplanktonin sekä korkeampien vesikasvien käytössä (Särkkä 1996, 64).

Fosfori voi siis esiintyä vedessä useissa eri kemiallisissa muodoissa tai sitoutuneena eri aineisiin, kuten sedimentinkin fosfori. Perinteisen käsityksen mukaan hapen määrällä on oletettu olevan olennainen rooli fosforin sitoutumisessa pohjasedimenttiin – mitä enemmän happea, sitä paremmin fosfori sitoutuu. Käsitystä on osittain kyseenalaistettu 2000-luvulla, koska järvien hapetushoidon ei huomattu vähentävän fosforin sisäkuormitusta ja veden fosforipitoisuus oli riippumaton alusveden happitilanteesta. Hupferin ja Lewadowskin (2008) sekä Sarvalan (2010) mukaan hapetusta voitiin perustella vain kalojen elinympäristön laajenemisella. (Niinimäki & Penttinen 2014, 13.)

Fosfaatteja esiintyy tavallisesti virtaavissa vesissä ja pohjavesissä järvivesiä

enemmän (Särkkä 1996, 64). Wetzelin (2001, 241) mukaan karun vesistön kokonaisfosforin pitoisuus on alle 10 µg/l, kun taas ylirehevöityneessä vesistössä määrä on yli 100 µg/l (taulukko 1). Suomen järvien keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus on noin 23 µg/l ja jokivesien noin 60 µg/l. Kokonaisfosforin luonnonhuuhtouma on 17 µg/l. (Tossavainen 2015, 37, 77.)

Taulukko 1. Järvien rehevyysluokitus kokonaisfosforin perusteella (Wetzel 2001, 241)

Kok. P (µg/l)	Rehevyysluokitus	
< 5	ultraoligotrofinen	erittäin karu
5 - 10	oligotrofinen	karu
10 - 30	mesotrofinen	lievästi rehevöitynyt
30 - 100	eutrofinen	rehevöitynyt
> 100	hypereutrofinen	ylirehevöitynyt

Vesistössä typpi esiintyy valtaosin liuenneena kaasuna (N₂), mutta myöskin mm. ammoniumina (NH₄⁺), ammoniakkinä (NH₃), nitraattina (NO₃⁻), nitriittinä (NO₂⁻) sekä muina liuenneina, liukenemattomina tai kolloidisina orgaanisina yhdisteinä. (Jokiniemi 2013, 10; Niinimäki & Penttinen 2014, 17.) Typpiyhdisteitä päätyy ilmakehään mm. salamoinnin tuloksena, päästöjen ja palamustuotteiden mukana sekä elollisen aineksen hajotessa (Särkkä 1996, 66). Ilman typpikaasu sitoutuu ammoniumiksi, joka hapettuu nitrifikaatiobakteerien vaikutuksesta edelleen nitriitti- ja nitraattimuotoiseksi typeksi ja joka pelkistyy jälleen kaasumaiseksi typeksi (Jokiniemi 2013, 10; Niinimäki & Penttinen 2014, 18). Järvet voidaan luokitella rehevyysluokkiin kokonaistypen määrän perusteella (taulukko 2).

Epäorgaaniset typpiyhdisteet, kuten nitraatti ja ammonium, ovat leville käyttökelpoisimpia. (Niinimäki & Penttinen 2014, 17). Kasvit käyttävät mieluummin ammoniumia nitraatin sijaan, koska nitraatin käyttö vaatii entsyymiä sekä enemmän energiaa. Suomen järvien keskimääräinen nitraattityppipitoisuus on 92 µg/l. (Särkkä 1996, 67.) Kokonaistypen määrä jokivesissä vaihtelee eteläisessä Suomessa välillä 340–4 800 µg/l, Keski-Suomessa välillä 260–7 250 µg/l ja pohjoisessa Suomessa välillä 150–1 127 µg/l (Niemi & Raateland 2007, 576). Ammoniumtypeä esiintyy luonnonvesissä vähän ja sen pitoisuus on yleensä alle 100 µg/l. Poikkeuksena turvesoiden valumavesien ammoniumtypen määrä voi olla luonnostaan korkeampi, 100–300 µg/l. (Oravainen 1999, 21.) Kokonaistypipitoi-

suudet ja niitä vastaavat vesistötyypit Oravaisen (1999, 19–20) mukaan ovat taulukossa 3.

Taulukko 2. Järvien rehevyysluokitus kokonaistypen perusteella (Tossavainen 2015, 83).

Kok. N (µg/l)	Rehevyysluokitus	
< 400	oligotrofinen	karu
400 - 600	mesotrofinen	lievästi rehevöitynyt
600 - 1500	eutrofinen	rehevöitynyt
> 1500	hypereutrofinen	ylirehevöitynyt

Taulukko 3. Kokonaistyyppipitoisuuksia (Oravainen 1999, 19–20).

Typen määrä µg/l	Vesistötyppi
200 - 500	Luonnontilaiset kirkkaat vedet
400 - 800	Humusvedet
> 1000	Hyvin ruskeat vedet
2000 - 4000	Runsaasti viljeltyjen alueiden joki- ja ojavedet

2.3 Humus ja kiintoaine

Runsaasti humusta esiintyy suoovesissä sekä soisten valuma-alueiden järvi- ja jokivesissä, sillä alhainen lämpötila ja suuri kosteus hidastavat eloperäisen aineksen hajoamista maaperässä (Palviainen & Finér 2013, 12; Särkkä 1996, 71). Suomalaisten järvien humus sisältää pääasiassa humus- ja fulvohappoja (84 %) ja vähäisemmässä määrin emäksisiä ja neutraaleja komponentteja (Kortelainen 1993, Palviainen & Finér 2013, 30 mukaan). Humuksen määrää mitataan yleensä liuenneena orgaanisena hiilenä (DOC) tai kemiallisena hapen kulutuksena (COD) (Eloranta 2010, 253).

Kiintoaineeksi luetaan aines, jonka raekoko ylittää 0,45 µm. Sen määrää lisäävät mm. jätevesikuormitus, vesieliöstön biomassa sekä eroosio. (Eloranta 2010, 255.) Kiintoaineen huuhtoutuminen uomiin sekä sen kulkeutuminen niissä, on luonnollinen ja tarpeellinen prosessi, joka ylläpitää muutosta ja elinympäristöjä joki- ja puroympäristöissä. Ongelman kiintoaine muodostaa, mikäli sen määrä ylittää virtaveden läpikuljetuskyvyn ja kiintoaine alkaa kertyä uomiin. (Marttila,

Tammela & Kløve 2008, 16.) Tällöin kiintoaine mataloittaa vesistöjä, tukkii rakenteita, peittää alleen arvokkaiden lajien elinympäristöjä sekä aiheuttaa veden sameutta ja arvokalakantojen taantumista (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 28). Kirkkaissa ja puhtaissa vesissä kiintoaineen pitoisuus on yleensä alle 1 mg/l (Eloranta 2010, 84).

Maaperän eroosiosta peräisin oleva, uomassa veteen sekoittuneena tai pohjaa pitkin liikkuva kiintoaine, vaikuttaa omalta osaltaan vesistön humuspitoisuuteen mm. hajoamalla ajan myötä mikrobien ja pohjaeläinten yhteistyön tuloksena, jolloin siitä voi syntyä humusaineita. Näitä liuenneita orgaanisia yhdisteitä esiintyy kaikissa luonnonvesistöissä vaihtelevissa määrin. Kivennäismaiden vesien kirkkaus johtuu orgaanisen aineen hajotuksen erilaisista lopputuotteista: kivennäismailla nämä lopputuotteet ovat pääasiassa vettä ja ilmaan vapautuvaa hiilidioksidia, kun taas suomaille lopputuloksena on hapettomuudesta johtuen epätäydellisesti hajonneita yhdisteitä. (Palviainen & Finér 2013, 11–13.)

2.4 Happamuus

Muutokset pH:ssa vaikuttavat veden kemiaan. Vesistön happamuutta lisäävät esimerkiksi valuma-alueella olevat suot, ilmakehän hapan laskeuma sekä teollisuuden happamat jätevedet (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, 2017).

Fossiilisten polttoaineiden käytöstä syntyvät rikin ja typen oksidit reagoivat ilman kosteuden kanssa muodostaen happoja, jotka päätyvät sateiden mukana vesistöihin, jolloin niistä vapautuu vesistön pH-arvoa laskevia vetyioneja (Penttinen & Niinimäki 2010, 101). Sadeveden keskimääräiseksi happamuudeksi on mitattu vuonna 1998 Ilomantsissa 4,91 (Tossavainen 2015, 47). pH:n laskua aiheuttaa myös ilmasta vesimassaan liukeneva hiilidioksidi (Särkkä 1996, 59). Alusveteen hiilidioksidia vapautuu hajotustoiminnan tuloksena. Hiilidioksidin reagoi vedden kanssa muodostuu pH-arvoa laskevaa hiilihappoa. (Oravainen 1999, 12.) Maaperässä esiintyvät rikkiyhdisteet, sulfidit ja sulfaatit, aiheuttavat happamuutta niiden joutuessa kosketuksiin ilman kanssa, jolloin ne hapettuvat (Eloranta 2010,

83). Suomaiden vedet ovat luonnostaan happamia niiden sisältämän runsaan humusmäärän vuoksi. Lisäksi suomailta viihtyvät rahkasammalet tuottavat orgaanisia happoja vesistöihin (Palviainen & Finér 2013, 13).

Happamoituminen näkyy aluksi veden alkaliniteetin eli puskurikyvyn laskuna ennen pH-arvon laskua (Vesistöjen tilan kehitys 2014). Vesistöjen puskurijärjestelmä pystyy tiettyyn rajaan asti vähentämään hapoista vapautuvien vetyionien vaikutusta. Puskurijärjestelmän kannalta tärkeitä yhdisteitä ovat heikon hiilihapon suolat, karbonaatit ja bikarbonaatit, jotka sitovat itseensä vapaita vetyioneja ja hidastavat näin pH:n laskua. (Penttinen & Niinimäki 2010, 101.)

Laaksosen (1970) tutkimusten mukaan Suomen sisävesien keskimääräinen happamuus pintavedessä kesäaikaan on virtaavien vesien havaintopaikoilla 6,6 ja järvien syvänehavaintopaikoilla 6,9 (Särkkä 1996, 59–60). Niemen ja Raatelandin (2007, 577) mukaan jokivesien pH:n keskiarvot vaihtelevat sijainnin mukaan välillä 4,2–7,6, joista alin mediaani (4,2) on määritetty Keski-Suomessa sijaitsevista jokivesistä. Talousvedessä tavoiteltu pH-arvo on välillä 6,5–9,5 (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015). Taulukossa 4 on eriteltyinä joitakin pH-arvoja ja niiden luokituksia.

Taulukko 4. pH-arvot ja niiden luokituksia (Ympäristö 2017).

Pitoisuus	Luokitus
> 7	Emäksinen
7	Neutraali
< 7	Hapan
6,5 - 6,8	Lievästi hapan, Suomen vesistöille tyypillinen arvo
6,0 - 8,0	Taso, jolla vesieliöstö on sopeutunut elämään vähintään tyydyttävästi
< 5,5	Taso, jolla särjen ja lohikalojen lisääntyminen häiriintyy

Lisääntyvä happamuus vaikuttaa heikentävästi vesieliöstöön, mikä johtaa monimuotoisuuden vähenemiseen - pH 4 on useille lajille kohtalokas (Penttinen & Niinimäki 2010, 103). Veden happamuudella on vaikutusta myös metallien esiintymiseen ja myrkyllisyyteen (Eloranta 2010, 84). Erityisen haitallista on happamuus

yhdistettynä korkeaan rauta- tai alumiinipitoisuuteen, mikä johtaa metallien saostumiseen kalojen kiduksiin estäen näin kaasujen vaihdon ja aiheuttaen kalan kuoleman (Tossavainen 2013, 47).

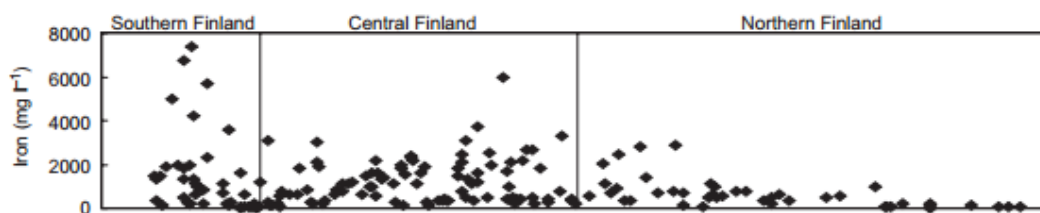
2.5 Raskasmetallit

Eviran (2017) määritelmän mukaan raskasmetallit ovat metallisia alkuaineita, joita esiintyy luonnostaan maan kuoressa. Humusvesissä metallit sitoutuvat usein humusaineisiin, kun taas vähähumuksisissa vesissä ne ovat reaktiivisessa muodossa ja näin ollen usein myrkyllisiä (Eloranta 2010, 84). Opinnäytetyön yhteydessä tarkasteltavia raskasmetalleja ovat rauta (Fe), alumiini (Al) ja mangaani (Mn).

2.5.1 Rauta

Rauta esiintyy luonnon vesissä liukoisena ferro- (Fe^{2+}) tai liukenemattomana ferriyhdisteenä (Fe^{3+}). Laaksosen mukaan (1970) rautaa on Suomen sisävesien pintavedessä kesäisin keskimäärin $262 \mu\text{g/l}$. (Särkkä 1996, 60, 62.) Kuvassa 1 on esitettyä Suomen jokivesien keskimääräisiä rautapitoisuuksia.

Pienimpiä pitoisuuksia esiintyy kirkkaissa, karuissa vesissä, joissa päällysveden rautapitoisuus on välillä $50\text{--}200 \mu\text{g/l}$. Raudan määrä humusvesissä on huomattavasti korkeampi, sillä humusyhdisteet sitovat rautaa. Myös eroosio lisää rautapitoisuuksia. Erittäin sameissa jokivesissä rautapitoisuudet voivat olla jopa $3\ 000\text{--}6\ 000 \mu\text{g/l}$. Raudan liukoisuuteen sedimentistä veteen vaikuttaa oleellisesti veden happitilanne. Vapautunut rauta hapettuu täyskiertojen yhteydessä ja sitoo samalla fosforia sedimenttiin. (Oravainen 1999, 21–22.) Talousveden suurin sallittu rautapitoisuus on $200 \mu\text{g/l}$ (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015).



Kuva 1. Raudan pitoisuuksien keskiarvoja vuosilta 1998–2002 suomalaisissa jokivesissä (Niemi & Raateland 2007, 580).

2.5.2 Alumiini

Alumiinin pitoisuudet vedessä ovat usein hyvin pieniä ja sen biologinen merkitys huonosti tunnettua. Alumiinia päätyy vesistöön esimerkiksi muitakin raskasmetalleja liuottavien happosateiden seurauksena. Happamuuden laskiessa alumiinin liukoisuus maaperästä kasvaa ja se voi olla kaloille myrkyllistä. (Särkkä 1996, 60, 70.) Rosenin (1982) mukaan alumiini on jokivesissä erittäin huuhtoutumisherkkää pH-alueella 4–6 (Ahtiainen 1990, 88). Alumiini on haitallisimmillaan pH:n ollessa noin 5, jolloin vedessä on kalojen tukehtumisen aiheuttavaa alumiinihydroksidia. Jo 200 µg/l määrä liukoista alumiinia on kaloille vahingollista. (Eloranta 2010, 84.) 200 µg/l on myös suurin talousvedessä sallittu alumiinipitoisuus (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015).

Ihmiselle alumiinin tiedetään aiheuttavan joitakin sairauksia, kuten astmaa ja keskushermostoperäisiä oireita. Sen on myös epäilty yli 30 vuoden ajan olevan yksi Alzheimerin taudin riskitekijöistä, mutta tätä ei olla lukuisista tieteellisistä tutkimuksista huolimatta pystytty varmentamaan. (Majaneva-Keijälä, Linnainmaa & Seuri 2017.)

2.5.3 Mangaani

Mangaani on kemiallisilta ominaisuuksiltaan raudan lähisukulainen, josta on korkeina pitoisuuksina haittaa lähinnä vedenhankintavesistöissä, koska kulkeutessaan verkostoon se aiheuttaa bakteerikasvua, joka irrotessaan johtaa mustaan

sakkaan vesijohtovedessä. Hapellisissa olosuhteissa sen pitoisuudet ovat varsin pieniä (alle 50 µg/l), mutta hapettomissa olosuhteissa sitä vapautuu veteen pohjalietteestä. (Oravainen 1999, 23.) Suomen sisävesien mangaanipitoisuus on noin 30 µg/l (Särkkä 1996, 63). Ihmiselle mangaani on välttämätön, joskin suurina pitoisuuksina erityisesti keskushermostolle haitallinen hivenaine (Nurminen 1998, 195). Pinta- ja pohjavesille ei ole olemassa mangaanille määriteltyjä normaalipitoisuuksia (Ratava 2013, 15). Mangaanin suurin sallittu pitoisuus talousvedessä on 50 µg/l (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015).

2.6 Sähkönjohtavuus ja hapetus-pelkistysaste

Sähkönjohtavuudella mitataan vedessä olevien, liuenneiden suolojen määrää. Sisävesien sähkönjohtavuutta lisäävät mm. natrium, kalium ja magnesium (kationeja) sekä kloridit ja sulfaatit (anioneja). Yleisesti ottaen Suomen vedet ovat vähäsuolaisia, mistä johtuu myös järvien heikko puskurikyky. Suomen sisävesien keskimääräinen sähkönjohtavuus on välillä 5–10 mS/m. Järvissä sähkönjohtavuus kasvaa pinnasta pohjaan siirryttäessä, sillä orgaanisen aineen hajoaminen vapauttaa suoloja veteen. Suolojen määrää ja tätä myötä myös sähkönjohtavuutta lisäävät jätevedet ja peltolannoitus. (Oravainen 1999, 10.) Jokivesien sähkönjohtavuuden mediaanit ovat 5–29 mS/m (Etelä-Suomi), 1,6–69 mS/m (Keski-Suomi) ja 1,7–6,3 mS/m (Pohjois-Suomi) (Niemi & Raateland 2007, 578).

Hapetus-pelkistysaste eli redox-potentiaali (Eh) kertoo veden happipitoisuudesta. Järviveden ollessa hapella kyllästettyä, on sen redox-potentiaali noin +520 mV, ja happipitoisuuden laskiessa myös redox-potentiaali laskee. Riippuvuussuhde ei ole kuitenkaan näin suoraviivainen, sillä redox-potentiaaliin vaikuttavat mm. lämpötila, pelkistyneiden aineiden määrä ja happamuus. Esimerkiksi veden ja sedimentin kosketuspinnan tapahtumille tärkeä redox-potentiaali, n. +200 mV, on raudan hapettumista ja pelkistymistä olennaisesti määräävä arvo. Jos redox-potentiaali laskee alle +200 mV, ferriyhdisteet muuttuvat veteen liukeneviksi ferroyhdisteiksi. (Särkkä 1996, 60–62.) Taulukossa 5 on esitetty joidenkin yhdisteiden muuttumista toisiksi redox-potentiaalimukaan.

Taulukko 5. Redox-potentiaalin vaikutus eri yhdisteisiin (Särkkä 1996, 60).

Redox-potentiaali (mV)	Yhdiste
+450 - +400	$\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2$
+400 - +350	$\text{NO}_2 \rightarrow \text{NH}_4$
+300 - +200	$\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
+100 - +60	$\text{SO}_3 \rightarrow \text{S}$

3 Työn tavoitteet, aiheen rajausta ja työn toteutus

3.1 Työn tavoitteet ja aiheen rajausta

Opinnäytetyössä on sekä tutkimuksellisia että toiminnallisia piirteitä. Toiminnallisen opinnäytetyön lähtökohtana voidaan pitää konkreettista tehtävää, johon opinnäytetyön avulla haetaan ratkaisua (Karelia-ammattikorkeakoulu 2016, 7–8). Tässä tapauksessa tehtävänä on kerätä uutta tietoa liittyen Kissapuroon tehtyjen kunnostustoimenpiteiden vaikutuksiin. Opinnäytetyön toiminnalliseen laatuun viittaavat lisäksi opinnäytetyön tekemiseen tarvittavat useat kenttätyöskentelypäivät. Tutkimuksellisuuteen viittaavat esimerkiksi aiheen raportointi ja teoreettisen tiedon yhdistäminen uuteen tutkimustietoon.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa uutta tietoa pohjapatorakenteiden toimivuudesta vesistöissä, joita on tarve ennallistaa. Opinnäytetyö rajautuu maantieteellisesti Kissapuron valuma-alueeseen. Pääpaino on Kissapuroon vuonna 2016 rakennetuissa pohjapatorakenteissa.

3.2 Työn toteutus

Aineistoa opinnäytetyötä varten on kerätty valmiiden dokumenttien ja kirjallisuuden lisäksi näytteenotoin, haastatteluin ja poimien tietoa vapaamuotoisten keskustelujen yhteydessä. Tutkittavan kohteen silmämääräinen havainnointi on myös tärkeää, sillä näin saadaan karkea kuva vesistön tilasta ja virtausolosuhteista, vallitsevista luonnonolosuhteista, vuodenajasta, kasvillisuudesta ja niin

edelleen.

Näytteenottopaikat on nimetty ja määritelty koordinaatein, tulosten tarkasta kirjaamisesta on huolehdittu ja näytteenottopaikat on valokuvattu, mikäli tämä on todettu tarpeelliseksi. Valokuvat, kartat ja muu havaintoaineisto selkeyttävät lukijalle tutkittavan kohteen sijaintia ja ominaisuuksia.

Näytteiden ja aineiston hankinnasta ja arvioinnista huolehtivat asianosaiset Karelia-ammattikorkeakoulun opettaja, limnologi Tarmo Tossavaisen sekä opiskelijaryhmien ja asiantuntijoiden avustuksella. Keväällä 2017 puron ylivirtaaman aikana kiintoaineen mittausta varten kerätyt vesinäytteet on toimitettu Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n laboratorioon tulosten laadun varmistamiseksi. Syyseuraus-suhteita pyrittiin löytämään ja tuomaan mahdollisimman selkeästi ilmi opinnäytetyössä.

4 Tutkimusalueen kuvaus

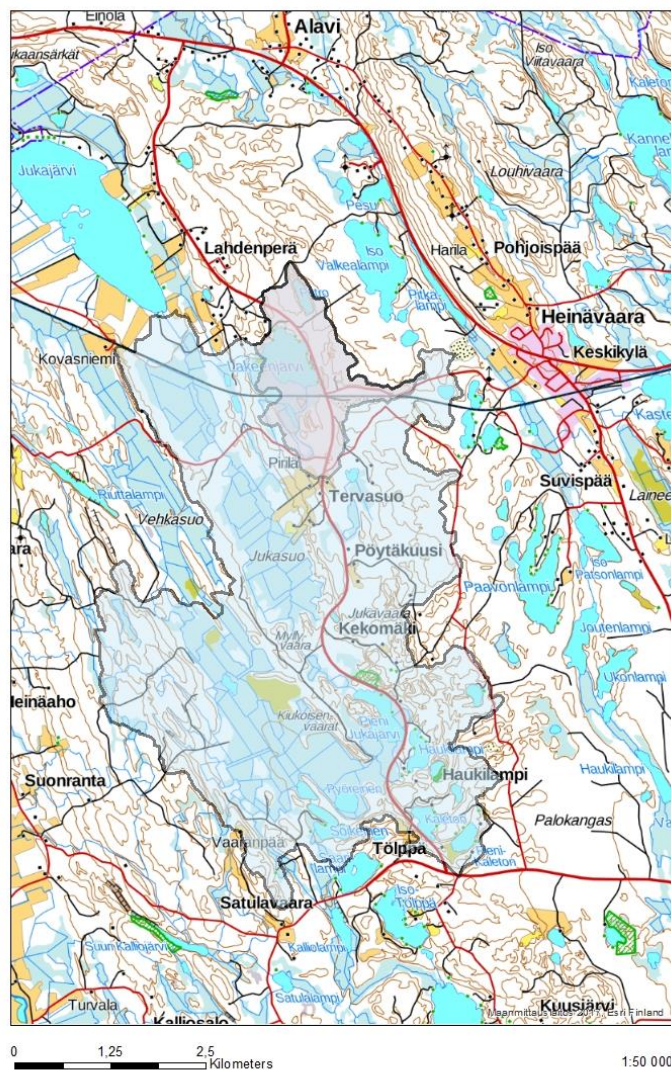
Jukajärvi ja sen osavaluma-alueet, mukaan lukien Kissanpuron valuma-alue kuuluvat Vuoksen vesistöön, joka laskee Laatokkaan. Pääosa Jukajärven vesialueesta kuuluu Joensuun kaupunkiin ja noin 8,5 hehtaarin osuus Kontiolahden kuntaan.

Tutkimusalueen keskiössä ovat Kissapuro, sen vesiensuojelurakenteet ja Kissanpuron valuma-alue eri tekijöineen, jotka vaikuttavat Kissanpuron veden laatuun. Tutkimukseen olennaisesti liittyviä alueita ovat myös Pieni Jukajärvi, josta Kissapuro saa pääosin vetensä, sekä Pienen Jukajärven valuma-alue.

Kissanpuron valuma-alueen rajaukseen (kuva 2) käytettiin Suomen ympäristökeskuksen VALUE-valuma-alueen rajaustyökalua (SYKE 2017). Rajaustyökalu laskee valuma-alueen pinta-alaksi noin 26 km², mutta sovellus laskee valuma-alueeseen virheellisesti mukaan myös Lakeenjärven valuma-alueineen. Maastokäynnillä (syksy 2016) todettiin, ettei Lakeenjärvi voi olla yhteydessä Kissanpuroon karttaan merkityn ojan mukaisesti, sillä maasto nousee Lakeenjärveltä lännen

suuntaan. Valuma-alueen pinta-alana käytetään siis lukua 23,5 km², josta Laakejärvi valuma-alueineen on poistettu.

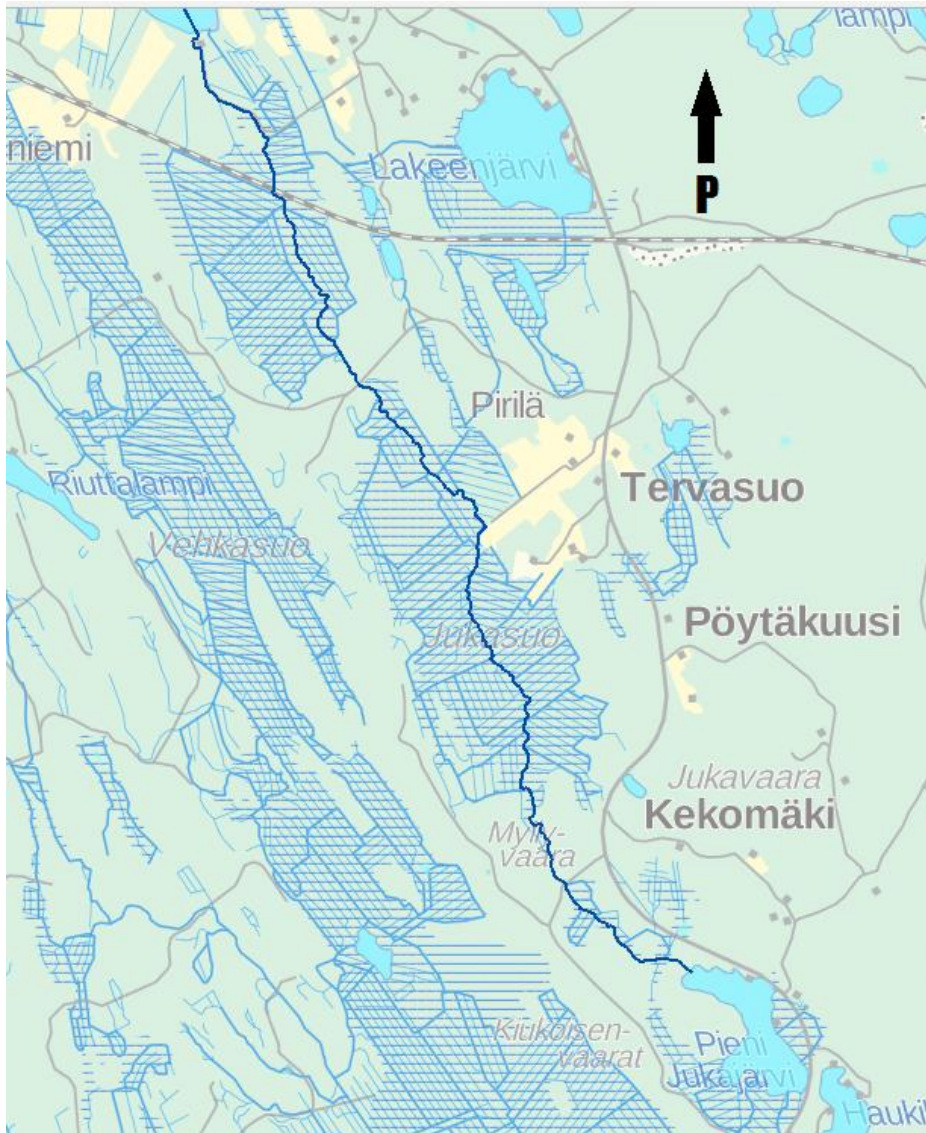
Vesilain määritelmän mukaisesti Kissapuron valuma-alueen koon 23,5 km² (Suomen ympäristökeskus 2017) perusteella Kissapuro määritetään jokea pienemmäksi virtaavan veden vesistöksi, mutta kuitenkin noroa isommaksi, eli puroksi (Vesilaki 3 §).



Kuva 2. Kissapuron valuma-alue (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen, © SYKE 2017, pohjakartta © Maanmittauslaitos 2017).

Kissapuron osavaluma-alue on suurin Jukajärven valuma-alueista. Kissapuron veden virtaussuunta on karkeasti kaakosta luoteeseen. Puro saa alkunsa Pie-

nestä Jukajärvestä kaakossa, päättyen luoteessa Jukajärven eteläisimpään reunaan, kuljettuaan 7,3 km matkan pääsääntöisesti ojitettujen suomaiden lävitse. Pienen Jukajärven korkeus (meren pinnan yläpuolella) on 106,0 m ja Jukajärven 98,2 m, josta saadaan korkeuseroa järvien välille 7,8 m. Kissapuron valuma-alueelle on tyypillistä ojitetut rämesuot ja metsätalouden piiriin kuuluvat kangasmet-sät (kuva 3).



Kuva 3. Kissapuro ja sen lähivaluma-alueen ojitetut suot (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen, pohjakartta © Maanmittauslaitos 2017).

4.1 Valuma-alueen maankäyttö sekä maa- ja kallioperä

4.1.1 Maankäyttö

Valtaosa Kissapuron valuma-alueesta on metsätalousmaata. Tossavaisen (2013) mukaan fosforin ja typen pitoisuudet eivät ole Kissapurossa haitallisella tasolla Jukajärven kuormitusta ajatellen ja niiden suurimman lähteen, viljelysmaan, osuus on vain noin 0,6 % valuma-alueen maa-alasta (taulukko 6), joten sen vaikutuksen voidaan olettaa olevan vähäinen veden laatua tarkastellessa.

Metsissä tehtävät päätehakuut, maanmuokkaukset, ojitukset ja muut toimenpiteet lisäävät aineiden vesistöihin kulkeutumista, eli kuormitusta. Kasvillisuuden haihdunta ja ravinteiden otto pienenevät päätehakkuiden jälkeen. Ravinteita vapautuu ja huuhtoutuu vesistöihin myös hakkuutähteistä sekä maaperästä. (Finér, Mattsson, Joensuu, Koivusalo, Laurén, Makkonen, Nieminen, Tattari, Ahti, Kortelainen, Koskiahho, Leinonen, Nevalainen, Piirainen, Saarelainen, Sarkkola & Vuollekoski 2010, 7.) Vesistöä rehevöittävät typpi ja fosfori kulkeutuvat valtaosin vesistöön ojitusalueiden valumavesien myötä kiintoaineeseen sitoutuneena, mutta myös liuenneina yhdisteitä (Palviainen & Finér 2013, 6). Avohakkuun jälkeistä kiintoaineksen huuhtoutumista on Bormannin ja Likensin (1979) mukaan pidetty yhtenä vesistölle haitallisimmista ilmiöistä (Ahtiainen 1990, 84).

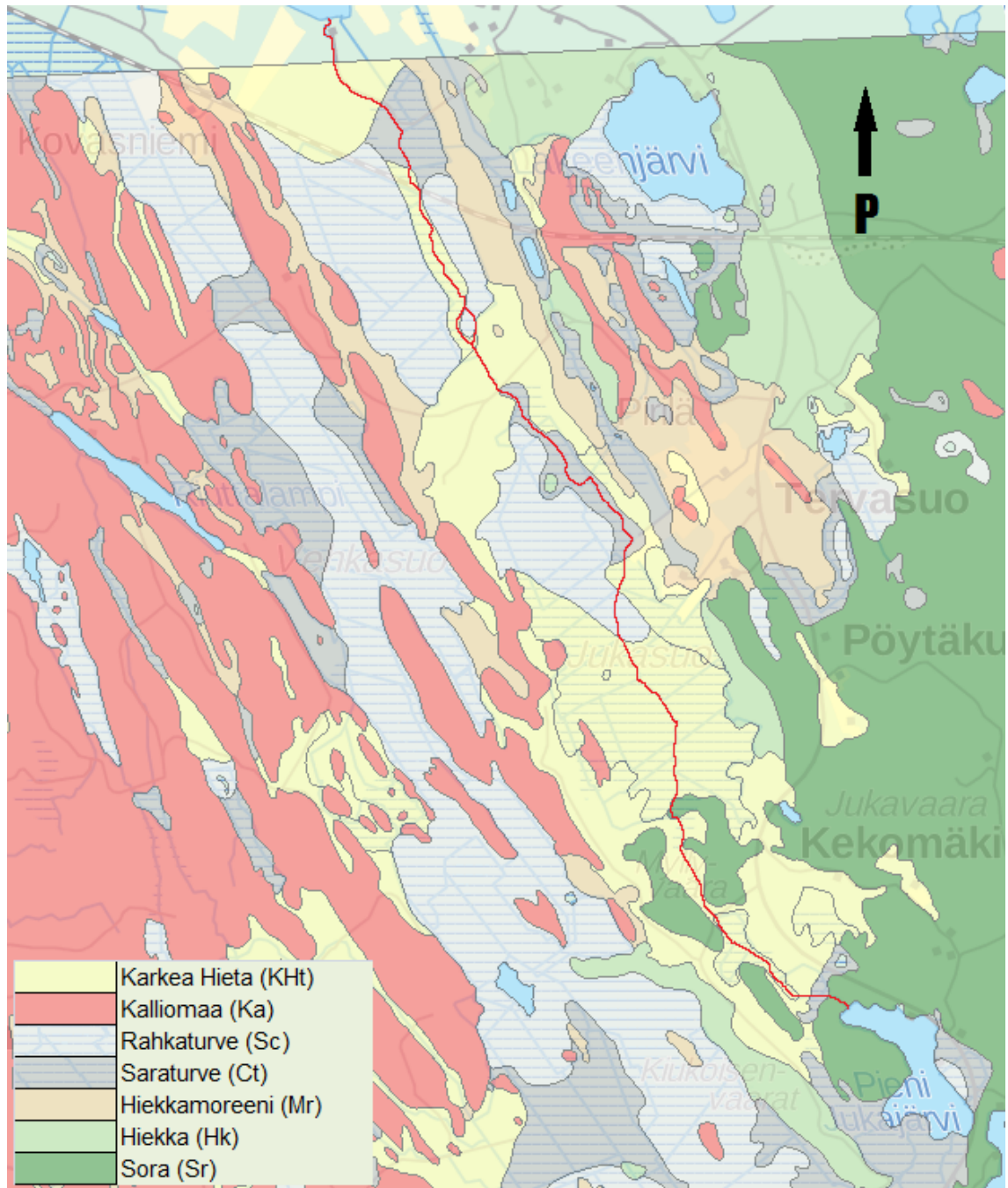
Kuormituksen suuruuteen vaikuttavat eniten toimenpide, sen etäisyys vesistöön, alueen maaperän ominaisuudet ja topografia, sekä myös eroosioon ja virtaamiin vaikuttavat tekijät, kuten sademäärä. Metsätalouden aiheuttama kuormitus on vähentynyt viimeisten kahdenkymmenen vuoden aikana tehostuneiden vesiensuojelutoimien johdosta. (Joensuu, Kauppila, Lindén & Tenhola 2013, 11.)

Taulukko 6. Maankäyttömuotojen suhteellinen osuus, sekä osuus Kissapuron valuma-alueen kokonaispinta-alasta Corine maanpeite 2012 -aineiston (Suomen ympäristökeskus 2014) mukaan.

Maankäyttö	Pinta-ala, (ha)	Osuus maa- alasta (%)
Asuinalueet	9,39	0,4
Teollisuuden, palveluiden ja liikenteen alueet	30,5	1,3
Maa-ainesten ottoalueet, kaatopaikat ja rakennusjätealueet	7,04	0,3
Virkistys- ja vapaa-ajan toiminta	11,7	0,5
Viljelysmaat	14	0,6
Heterogeeniset maatalousvaltaiset alueet	18,7	0,8
Sulkeutuneet metsät	1932,5	82,3
, josta ojitettuja	688,5	29,3
Harvapuustoiset metsät, pensastot sekä avoimet kankaat	199,5	8,5
Kosteikot ja avosuot	46,9	2
Sisävedet	105,6	4,5

4.1.2 Maa- ja kallioperä

Kissapuron ja sen valuma-alueen kallioperä on kiilleliusketta. Kallioperätutkimukset on toteutettu kallioperäkairauksina Heinäaholla noin 4 kilometriä Kissapurosta länteen vuonna 1977. Valuma-alueen maaperä koostuu karkeasta hiedasta (KHt), kalliomaasta (Ka), rahkaturpeesta (Sc), saraturpeesta (Ct), hiekkamoreenista (Mr), hiekasta (Hk) ja sorasta (Sr) (kuva 4). (Geologian tutkimuskeskus 2009.)

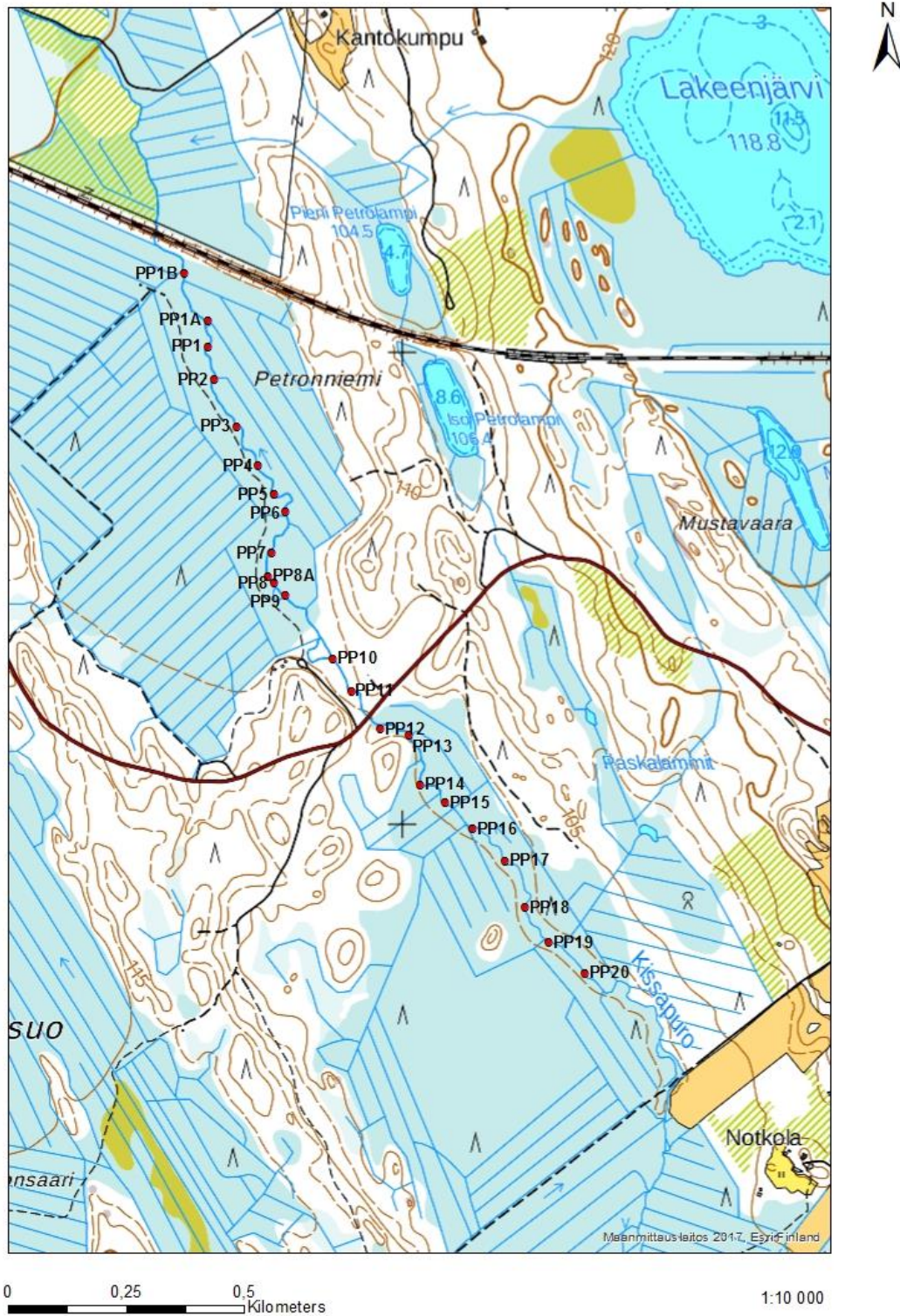


Kuva 4. Kissapuron lähivaluma-alueen maaperä (Kuva: Juha-Matti Ovas-kainen, Geologian tutkimuskeskus 2009).

4.2 Kunnostusmenetelmät Kissapuron valuma-alueella

Kissapuroon on rakennettu vuoden 2016 loppukesän aikana 23 pohjapatoa al-lastuksineen (kuva 5). Puron länsipuolelle sijoittuu yhteensä 4 laskeutusallasta, joista viimeisimmät on rakennettu vuonna 2015. Pohjapatojen 14 ja 15 sekä 18

ja 19 välillä olevat laskeutusaltaat on rakennettu vuonna 2005. Kissapuron osa-
valuma-alueelle, Vehkasuolle on rakennettu kosteikko talven 2016–2017 aikana.



Kuva 5. Pohjapatojen sijainnit (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen, pohjakartta © Maanmittauslaitos 2017).

4.2.1 Pohjapadot

Kivestä, puusta tai muista materiaaleista tehdyillä, maisemallisestikin kauniilla pohjapadoilla, voidaan hidastaa veden virtausnopeutta ja näin vähentää maa-aineksen syöpymistä. Tämän lisäksi pohjapadot pidättävät myös pohjaa pitkin liikuvaa karkeaa kiintoainetta. Patoja voidaan tehdä useita peräkkäin, jolloin puhutaan pohjapatosarjasta tai putousportaista. Ojien kaltevuutta pienennetään pohjapatosarjan avulla siten, että pohjapatojen välillä veden virtausnopeus saadaan laskettua tarpeeksi pieneksi ojien syöpymisen kannalta. Pohjapatoja voidaan käyttää myös laskeutusaltaiden toiminnan tehostamiseen sijoittamalla patoja altaiden purkukynnykselle. (Joensuu ym. 2013, 30.)

4.2.2 Laskeutusaltaat

Laskeutusaltaiden toiminta perustuu veden virtausnopeuden hidastamiseen, jolloin veden mukana kulkeutuvat hiukkaset laskeutuvat altaan pohjalle. Laskeutusaltaat eivät ole ensisijainen vesiensuojelukeino varsinkaan ojitusalueella, jossa ojat ulottuvat hienojakoiseen kivennäismaahan tai ojat on kaivettu maatumeneeseen turpeeseen. Sen sijaan suositellaan eroosiota vähentäviä vesiensuojelutoimia, kuten erilaisia virtausnopeutta hidastavia rakenteita. Käytettyyn maalajitteeseen kuuluvan hiukkasen pidättymistä altaaseen pidetään mitoituksen perusteena. Yleensä edellä mainittuna mitoituksen maalajina käytetään hienoa hietää. Myös karkeampaa maalajia voidaan käyttää mitoituksessa, mikäli laskeutusaltaan yläpuolisen ojaston maalajit tunnetaan riittävän hyvin. Allas tyhjennetään tarvittaessa. (Joensuu ym. 2013, 22–25.) Laskeutusaltaat sijoitetaan useimmiten ojaan ja harvemmin purouomaan (Eloranta 2010, 256).

4.2.3 Kosteikot

Kosteikot ovat osittain tai täysin kasvillisuuden kattamia alueita, jotka ovat pysyvästi tai tilapäisesti veden peittämiä. Niiden avulla on mahdollista parantaa vedenlaatua sekä hidastaa ja viivyttää suuriakin vesimääriä ja näin ehkäistä eroosiota sekä alapuolisten vesien tulvimista. Haitta-aineita (esim. typpi, fosfori ja raskasmetallit) kiinnittyy kiinto-aineeseen ja laskeutuu kosteikon pohjalle sen sedimentoitua. Myös kasvillisuus sitoo itseensä ravinteita biologisten prosessien avulla sekä tehostaa fysikaalisia ja kemikaalisia puhdistusprosesseja. Aktiivisella mikrobitoiminnalla on myös osuutensa veden puhdistamisessa. (Kasvio, Ulvi, Koskiaho & Jormola 2016, 16.)

Kosteikkoja on Suomessa kuivatettu suurissa määrin viimeisten vuosisatojen aikana maa- ja metsätalouden tehostamisen nimissä ja kosteikot kuuluvat maailmanlaajuisestikin uhanalaisimpien elinympäristöjen joukkoon. Kosteikkoja hoitamalla, kunnostamalla ja uusia kosteikkoja perustamalla voidaan lisätä ja ylläpitää luonnon monimuotoisuutta ja riistan elinympäristöjä. Kosteikkojen perustaminen ja hoito edistävät lisäksi vesiensuojelua, maisemanhoitoa sekä kala- ja raputaloutta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2015, 7–8.) Riistan- ja luonnonhoidossa huomio kohdistuu yleensä kosteikkoalueisiin, jotka ovat ominaisuuksiltaan tehokkaita kiintoaineen ja ravinteiden pidättäjiä tai vesi- ja kahlaajalintujen suosiossa olevia alueita (Alhainen, Niemelä, Siekkinen, Svensberg, Kuittinen, Nurmi, Väyrynen, Rautiainen, Väänänen, Nummi, Berndtson & Korhonen 2015).

4.3 Pohjapatojen sekä muiden näytteenottoaikojen kuvaukset

Pohjapatojen koordinaatit ovat liitteessä 1. Keskeisten havaintopaikkojen koordinaatit ovat taulukossa 7.

Taulukko 7. Havaintopaikkojen koordinaatteja, kaistalla 36V, ETRS-TM35FIN.

Havaintopaikka	I	P
Uittopato	351796	6935612
Myllyvaarantien havaintopaikka	351269	6936063
Pohjapato 20	350830	6938209
PP18 & PP19 välinen laskeutusallas, lähtevä	350751	6938288
PP14 & PP15 välinen laskeutusallas, lähtevä	350596	6938541
Pohjapato 14	350517	6938640
Särkivaarantie	350445	6938765
PP10 luontaisen uoman yläpuolelta	350354	6938922
PP10 luontainen uoma, lähtevä	350334	6938963
Pohjapato 5	350266	6939280
Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä uoma	350094	6939763
Lietekuoppa	350127	6939750
Pohjapato 1B	350120	6939765
Kissapuron alajuoksu	349810	6940375

4.3.1 Havaintokohde: Kissapuron alajuoksu, pohjoisin näytteenottopiste



Kuva 6. Kissapuron alajuoksu syksyllä 2016 (Kuva: Mia Rouvinen).

Muuta:

Havaintokohde sijaitsee noin 350 metrin päässä Jukajärvestä. Kohteessa sijaitseva silta yhtenäistää näytteenottoa helpon saavutettavuutensa takia. Havaintokohteesta voidaan tehdä oletus, että Jukajärven ja näytteenottopisteen välisellä alueella ei ole puora oleellisesti kuormittavia tekijöitä, joten kohteesta mitatut pitoisuudet ovat yhtä kuin Kissapuron kuormitus Jukajärveen.

4.3.2 Havaintokohde: Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä uoma



Kuva 7. Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä, Kissapuroon laskeva uoma toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Näytteenottokohteen oja kerää vesiä Kissapuron länsipuoliselta alueelta, ojitetulta metsätalousalueelta. Valuma-alueelle on rakennettu kaksi laskeutusallasta vuonna 2015.

4.3.3 Havaintokohde: Pohjapato 1B



Kuva 8. Pohjapato 1B toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapatoa ympäröivät luontotyytit ovat isovarpuräme (IR) itäpuolella ja mustikatyytin kangasmetsä (MT) läntisellä puolella.

4.3.4 Havaintokohde: Lietekuoppa



Kuva 9. Pohjapatojen 1B ja 1A välillä sijaitseva, Kissapuroon laskeva liete-kuoppa toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Havaintokohteen liete-kuoppa kerää vesiä Kissapuron itäpuolelta metsätalousvaltaiselta, luontotyypiltään isovarpurämeeltä (IR). Lietekuopan kaivamisvuosi ei ole tiedossa.

4.3.5 Havaintokohde: Pohjapato 1A



Kuva 10. Pohjapato 1A toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapatoa ympäröivät luontotyypit ovat idässä isovarpuräme (IR) ja lännessä mustikkatyyppin kangasmetsä (MT).

4.3.6 Havaintokohde: Pohjapato 1



Kuva 11. Pohjapato 1 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapatoa ympäröivät luontotyytit ovat molemmin puolin isovarpurämettä (IR). Padon itäpuolella on kapea alue mustikkatyytin kangasmetsää (MT) puron läheisyydessä.

4.3.7 Havaintokohde: Pohjapato 2



Kuva 12. Pohjapato 2 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapadon itäpuolella luontotyyppi on mustikkatyyppin kangasmetsää (MT) ja länsipuolella isovarpurämettä (IR).

Kohteella havaittua kasvillisuutta:

Siniheinä (*Molinia caerulea*), korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*), korpiorahasammal (*Sphagnum girgensohnii*), korpipaatsama (*Rhamnus frangula*), metsälauha (*Deschampsia flexuosa*).

4.3.8 Havaintokohde: Pohjapato 3



Kuva 13. Pohjapato 3 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapadon luontotyyppi molemmin puolin kohteella on isovarpurämettä (IR).

Kohteella havaittuja kasveja:

Kataja (*Juniperus communis*), korpipaatsama (*Rhamnus frangula*), siniheinä (*Molinia caerulea*), järviruoko (*Phragmites australis*), suopursu (*Rhododendron tomentosum*), vaivero (*Chamaedaphne calyculata*), juolukka (*Vaccinium uliginosum*), kanerva (*Calluna vulgaris*), suoputki (*Peucedanum palustre*), pullosara (*Carex rostrata*), korpirahkasammal (*Sphagnum girgensohnii*), korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*).

4.3.9 Havaintokohde: Pohjapato 4



Kuva 14. Pohjapato 4 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapatoa ympäröivä luontotyyppi on molemmin puolin isovarpurämettä (IR).

Kohteella havaittuja kasveja:

Kataja (*Juniperus communis*), variksenmarja (*Empetrum nigrum*), rämerahkasammal (*Sphagnum angustifolium*), järviruoko (*Phragmites australis*), lakka (*Rubus chamaemorus*), taskulapasammal (*Pellia epiphylla*), suoputki (*Peucedanum palustre*), puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*).

4.3.10 Havaintokohde: Pohjapato 5



Kuva 15. Pohjapato 5 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Luontotyyppi pohjapadon länsipuolella on mustikkatyyppin kangasmetsän (MT) soistuma noin 10 metrin matkalta rannasta, minkä jälkeen se vaihettuu isovarapurämeeksi (IR). Luontotyyppiä pohjapadon itäpuolella ei ole määritetty.

Kohteella havaittuja kasveja:

Siniheinä (*Molinia caerulea*), juolukka (*Vaccinium uliginosum*), kangasrahkasammal (*Sphagnum capillifolium*), korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*), korpilahkasammal (*Sphagnum girgensohnii*).

4.3.11 Havaintokohde: Pohjapato 6



Kuva 16. Pohjapato 6 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapadon luontotyyppi sen länsipuolella on korpirämettä (IR) ja mustikkatyypin kangasmetsän (MT) soistumaa 50 metrin matkalta rannasta, jonka jälkeen luontotyyppi muuttuu isovarpurämeeksi (IR). Pohjapadon itäpuolen luontotyyppiä ei määritetty.

Kohteelta havaittuja kasveja:

Rämekarhunsammal (*Polytrichum strictum*), metsäkerrossammal (*Hylocomium splendens*), seinäsammal (*Pleurozium schreberi*), kangaskynsisammal (*Dicranum polysetum*), korpikarhunsammal (*Polytrichum commune*), riidenlieko

(*Lycopodium annotinum*), suopursu (*Rhododendron tomentosum*), vaivero (*Chamaedaphne calyculata*), juolukka (*Vaccinium uliginosum*), harmaaporonjäkälä (*Cladonia rangiferina*), kanerva (*Calluna vulgaris*), tupasvilla (*Eriophorum vaginatum*).

4.3.12 Havaintokohde: Pohjapato 7



Kuva 17. Pohjapato 7 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

4.3.13 Havaintokohde: Pohjapato 8A



Kuva 18. Pohjapato 8A toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapato kohteella 8A on rakennettu joen luontaiseen uomaan. Se sijaitsee luontaisen uoman loppuvaiheessa ennen yhtymistään pääuomaan. Kohteessa ei ole määritetty luontotyyppiä.

4.3.14 Havaintokohde: Pohjapato 9



Kuva 19. Pohjapato 9 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapato sijaitsee purossa siten, että luontainen uoma lähtee sen yläpuolelta, kuvassa 19 oikealle, eli maastossa länteen. Pohjapadon allastava vaikutus lisää veden kulkua luontaiseen uomaan. Kohteesta ei ole määritetty luontotyyppiä.

4.3.15 Havaintokohde: Pohjapato 10, ”PP10 luontaisen uoman yläpuolelta”



Kuva 20. Pohjapato 10 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Pohjapato 10 sijaitsee Kissapurossa siten, että luontainen uoma lähtee sen yläpuolelta, kuvassa 20 oikealle, eli maastossa länteen. Pohjapadon allastava vaikutus lisää veden määrää luontaiseen uomaan. Kohteessa ei ole määritetty luontotyyppejä.

4.3.16 Havaintokohde: Luontainen uoma, lähtevä



Kuva 21. Luontaisen uoman yhtymäkohta pohjapadon 10 pohjoispuolella toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Havaintokohteessa luontainen uoma yhtyy takaisin pääuomaan kuljettuaan noin 100 m:n matkan. Kohteessa ei ole määritetty luontotyyppejä.

4.3.17 Havaintopaikka: Pohjapato 11



Kuva 22. Pohjapato 11 toukokuussa 2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Muuta:

Kohteessa pohjapadon rakenteet eivät ole näkyvissä alivirtaamien aikana. On mahdollista, että kohteeseen aseteltu materiaali on vajonnut osin sedimenttiin tai sitä ei ole ollut riittävästi olosuhteet huomioiden.

4.3.18 Havaintokohde: Pohjapato 12, Särkivaarantie



Kuva 23. Tarmo Tossavainen pohjapadolla 12 syksyllä 2016 (Kuva: Mia Rouvinen).

Muuta:

Itäpuolen kasvillisuustyyppi on korpiräme (IR) ja länsipuolella puolukkatyyppin kangasmetsä (VT).

Kohteelta havaittuja kasveja:

Puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*), suopursu (*Rhododendron tomentosum*), vai-
vero (*Chamaedaphne calyculata*), juolukka (*vaccinium uliginosum*).

4.3.19 Havaintokohde: Pohjapato 13



Kuva 24. Pohjapato 13 toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

4.3.20 Havaintokohde: Pohjapato 14



Kuva 25. Pohjapato 14 toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

4.3.21 Havaintokohde: Pohjapatojen 14 ja 15 välinen laskeutusallas



Kuva 26. Pohjapatojen 14 ja 15 välinen laskeutusallas kevätylivirtaaman aikaan 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

4.3.22 Havaintokohde: Pohjapato 15



Kuva 27. Pohjapato 15 toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

4.3.23 Havaintokohde: Pohjapato 16



Kuva 28. Pohjapato 16 toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

4.3.24 Havaintokohde: Pohjapato 17



Kuva 29. Pohjapato 17 toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

Muuta:

Itäpuolen kasvillisuustyyppi on isovarpuräme (IR), kuin myös länsipuolella.

4.3.25 Havaintokohde: Pohjapato 18



Kuva 30. Pohjapato 18 toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

4.3.26 Havaintokohde: Pohjapatojen 18 ja 19 välinen laskeutusallas



Kuva 31. Pohjapatojen 18 ja 19 välinen laskeutusallas kevätylivirtaaman aikaan 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

4.3.27 Havaintokohde: Pohjapato 19



Kuva 32. Pohjapato 19 toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

Muuta:

Havaintokohteen idänpuoleinen luontotyyppi on purosta noin 10 m:n matkalta mustikkatypin kangasmetsän (MT) soistumaa, jonka jälkeen luontotyyppi muuttuu isovarpurämeeksi (IR). Lännenpuoleinen luontotyyppi rajoittuu samoin mustikkatypin kangasmetsäksi ja isovarpurämeeksi kauempana purosta.

4.3.28 Havaintokohde: Pohjapato 20



Kuva 33. Pohjapato 20 toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

Muuta:

Havaintokohteen idänpuoleinen luontotyyppi on korpirämettä (KR) ja lännenpuoleinen isovarpurämettä (IR).

4.3.29 Havaintokohde: Myllyvaarantie



Kuva 34. Myllyvaarantien havaintopaikka marraskuussa 2016 (Kuva: Mia Rouvinen).

Muuta:

Havaintokohde sijaitsee noin 800 metriä Pienen Jukajärven luoteispuolella, jossa metsäautotie ylittää puroon. Kohteessa havaittiin myös ilmeistä, varhaisempaa ihmistoiminnan vaikutusta puroon.

4.3.30 Havaintokohde: Uittopato



Kuva 35. Näytteenottoaikka "Uittopato" toukokuussa 2017 (Kuva: Mia Rouvinen).

Muuta:

Kohde sijaitsee noin 100 metriä Pienestä Jukajärvestä luoteeseen. Kohteessa on selvästi havaittavissa uittopadon jäänteet.

5 Aineisto ja tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön toteutuksesta valtaosa suoritettiin maastossa yhteistyössä eri alojen opiskelijoiden sekä Karelia-ammattikorkeakoulun opettajien kanssa. Taulukossa 8 on esitetty maastotutkimusten keskeisimmät laitteet ja menetelmät.

Taulukko 8. Kissapuroon liittyvien tutkimusten toteutukseen vuosina 2015–2017 käytetyt laitteet ja menetelmät pääpiirteittäin.

Tutkimusvaihe	Laitteet ja menetelmät	Lisähuomautukset
Koordinaattien tallennus	Garmin GPSMAP 60CSx	Koordinaattien tarkkuus $\pm 2 \dots \pm 3$ metriä
Virtaamamittaus	Flowatch-virtausmittari varusteineen, rullamitta, mittakeppi	
Vesinäytteenotto	Ruttner-vesinäytteenotin, muovikauha, erillinen lämpömittari	
Vesinäytteiden analyysit	SevenEasy Mettler Toledo (pH) WTW photoLab S12-A -filtterifotometri, (Fe, Al, Mn) G-8200M yhdistelmämittari (sähkönjohtavuus ja happipitoisuus) Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, FINAS-akkreditoitu toiminta (kiintoaine)	pH, rauta, alumiini, mangaani, sähkönjohtavuus, happipitoisuus, kiintoaine
Pohja-eläinnäytteenotto	Potkuhaavi, sanko, näyterasiat, tunnistuksessa hyödynnetty Vesikirppu ja sudenko- rento, makean veden eläimiä (2013) -teosta	
Kasvillisuuskar- toitus	Tunnistuksessa hyödynnetty Suomen rantakasvio (2011), Otavan värikasvio (2011) ja Jäkälät & sammalet Suomen luonnossa (2008) -teoksia sekä lehtori Jari Spoofin asiantuntevuutta Puukehikko (1m ²)	

5.1 Virtaamamittaus

1800-luvulla virtaamamittaukseen kehitetyn siivikon virtausanturin potkurin pyö-

rimisnopeus on verrannollinen veden virtausnopeuteen. Mittauksen toteuttamiseksi merkitään mitattava poikkileikkaus, josta valitaan ns. mittapystysuoria, joiden määrä on riippuvainen uoman leveydestä, ja joiden pystysuuntainen virtausnopeuden jakauma määritetään mittaamalla virtausnopeus eri syvyyksillä. 5–10 m:n levyisissä uomissa mittapystysuoria on tyypillisesti 10–20 ja suositeltava syvyyksien määrä on uomasta riippuen 2–6 kappaletta. Mitattavan uoman tulisi olla suora, pohjan vähäkasvustoinen, poikkileikkauksen säännöllisen muotoinen, rannoiltaan selkeä (erityisesti pienissä uomissa) ja virtauksen pyörteetön. Virtausnopeuden tulisi olla pääosin välillä 0,1–2 m ja vesisyvyyden 2–3 m, joista jälkimmäinen on pienissä uomissa väistämättä pienempi. Mittauksen voi toteuttaa tilanteesta riippuen esimerkiksi kahlaten, sillalta tai liikuteltavasta veneestä käsin mittavaijerin varassa. (Korhonen 2007, 12.)

Virtausmittaukset toteutettiin Flowatch-merkkisellä virtausmittarilla liikuttamalla potkuria kohtisuoraan virtausta vastaan. Siivikkoa liikutettiin veden pinnan tuntumasta pohjan tuntumaan, ilman että potkuri pysähtyy, ottaa kontaktia pohjaan tai nousee veden pinnan yläpuolelle. Saatu virtausnopeus tarkastettiin ja kirjattiin ylös, kun siivikko oli kuljetettu uoman läpi. Virtaama laskettiin kertomalla saatu virtausnopeus uoman märkäpiirin koolla. Valuma-arvot laskettiin jakamalla saatu virtaama kunkin mittauspaikan valuma-alueen koolla. Myllyvaarantien, Särkivaarantien ja Kissapuron alajuoksun näytteenottopisteiden osavaluma-alueiden koon määrittämiseksi käytettiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) valuma-alueen rajaustyökalua (Suomen ympäristökeskus 2017).

5.2 Vesinäytteenotto ja analysointi

5.2.1 Vesinäytteenotto

Vesinäytteiden ottaminen on analyysin tärkein vaihe (kuva 36). Analyysituloksen tarkkuuden varmistamiseksi näytteenottovälineiden ja näytepullojen kontaminaatiota tulee välttää ja aikaväli näytteenoton ja analyysin välillä on pyrittävä pitä-

mään alle vuorokaudessa. (Suomen ympäristöpalvelu 2016.) Esimerkiksi kontakti korkin sisustaan tai täyttöaukkoon johtaa analyysien vääristymään. Myös pohjasedimentin ja roskien päätyminen näytteeseen pyritään estämään.

Liikuttaessa maastossa näytteenotto paikalle on huomioitava, ettei näytealaan vaikuteta ihmistoimin näytteenottoalan virtaaman yläpuolella. Näytepullojen numerointi ja näyteala on merkittävä ylös, jotta näytteelle saadaan sidottua paikkatieto raportointia varten. Näytteenotossa huuhdellaan pullo ennen näytteenottoa vedellä, joka on otettu näytealasta. Näytteet pyrittiin suojaamaan valolta ja liialta lämmöltä sijoittamalla ne mahdollisimman pian kylmälaukkuun näytteenoton jälkeen.



Kuva 36. Vesinäytteenottoa marraskuun 2016 lopulla (Kuva: Tarmo Tossavainen).

Lämpötilamittaukset sekä Pienen Jukajärven happipitoisuusarvot mitattiin vesinäytteenoton yhteydessä. Vesinäytteet otettiin mahdollisuuksien mukaan joko Ruttner-tyyppisellä näytteenottomella, kauhalla tai käsin, mikäli matala vedenkorkeus ei sallinut kauhan käyttöä.

5.2.2 Laboratorioanalyysit

Vesinäytteiden happamuutta, sähkönjohtavuutta, rauta-, alumiini- ja mangaanimäärää sekä typpi- ja fosforiyhdisteiden pitoisuuksia analysoitiin Karelia-ammattikorkeakoulun Sirkkala-kampuksen laboratoriossa limnologi Tarmo Tossavaisen johtamana, kunkin laitteen käyttöohjeiden mukaan. Raskasmetallit rauta, alumiini ja mangaani analysoitiin WTW photoLab S12-A -filterifotometrillä (kuva 37).



Kuva 37. WTW S12-A -filterifotometri (Kuva: Mia Rouvinen).

pH:n mittaamiseen käytettiin Mettler Toledo -pH-mittaria (kuva 38). Sähkönjohtavuuden sekä happipitoisuuksien mittaamiseen käytettiin G-8200M-yhdistelmämittaria.



Kuva 38. Mettler Toledo -pH-mittari (Kuva: Mia Rouvinen).

Pohjaeläinten tunnistus ja laskeminen toteutettiin laboratoriossa. Tutkittavasta, nimikoidusta näytteestä otettiin pieniä määriä kerrallaan pienempään astiaan, josta pohjaeläimet eroteltiin edelleen pinseteillä petrimaljaan tunnistettavaksi (kuva 39). Näytteenottoaikan tulokset kirjattiin paperilapulle petrimaljan kanteen, josta tulokset siirrettiin edelleen taulukkoon. Tunnistuksessa hyödynnettiin Vesikirppu ja sudenkorento, makean veden eläimiä (2013) -teosta, ohjaavan opettajan materiaaleja ja asiantuntemusta sekä tarvittaessa suurennuslasia ja/tai mikroskooppia.



Kuva 39. Petrimaljaan kerättyjä ja tunnistettuja pohjaeläimiä (Kuva: Mia Rouvinen).

5.3 Pohjaeläintutkimukset

Pohjaeläimistön tutkimuksessa oli tavoitteena selvittää Kissapuron pohjaeläimistön perustilaa tulevia selvityksiä varten, sekä rakennettujen vesiensuojeluteknisten rakenteiden mahdollisesti aiheuttamien lyhyen aikavälin muutosten takia. Pohjaeläinnäytteenoton yhteydessä tarkasteltiin myös yleisesti pohjan rakennetta. Muutokset pohjan rakenteessa on näin yksinkertaista todeta mahdollisissa jatkoselvityksissä.

Tossavaisen (2012, 11) mukaan useimmat pohjaeläintutkimukset tehdään vesistön muutosten selvittämiseksi indikaattorilajien perusteella. Kustannustehokkaana pohjaeläintutkimukset ovat kuitenkin Kissapuron tapauksessa merkittävä keino selvittää puron yleistilaa, sillä pohjaeläinyhteisöiden rakenne, lajit ja lajien diversiteetti indikoivat hyvin vesistön tilaa, pohjanominaisuuksia ja habitaattityyppejä. Pohjaeläintutkimuksien merkittäviä etuja ovat mm. suhteellisen helppo kerättyvyys, helpohko määrittäminen taksonomitasolle, pohjaeläimien yleisyys ja runsaus, sekä suhteellisen vähäinen liikkuvuus. Pohjaeläimet reagoivat myös nopeasti muuttuviin ympäristöolosuhteisiin, kuten happipitoisuuteen ja pH-tasoon (Lodenius, Manninen, Nieminen, Raiskinen, Ranta & Willamo 2010, 29–30). Toisaalta on huomioitava, että pohjaeläimet eivät reagoi kaikkiin ympäristömuutoksiin ja että myös vuodenaikavaihtelu vaikuttaa esiintymien runsauteen ja erilaisten biologisten ja diversiteetti-indeksien kirjo kertoo tyytymättömyydestä tuloksiin.

Habitaattityypin on todettu olevan pohjaeläinyhteisöjen koostumuksen kannalta määräävin yksittäinen tekijä, kuten myös se, että yhteisöjen koostumus eri habitaattityypeillä poikkeaa toisistaan (Luotonen, Tolonen, Kotanen, Hokkanen, Niinioja, Ryabinkin, Litvinenko & Kalmikov 2005, 13). Pohjaeläintuloksista on myös perinteisesti laskettu rehevöitymistasoa kuvaavia indeksejä, jotka perustuvat indikaattorilajien lukumääriin (Vuori, Bäck, Hellsten, Karjalainen, Kauppila, Lax, Lepistö, Londesborough, Mitikka, Niemelä, Niemi, Perus, Pietiläinen, Pilke, Riihimäki, Rissanen, Tammi, Tolonen, Vehanen, Vuoristo & Westberg 2006, 75).

Tutkimuksessa pohjaeläimien monimuotoisuudesta käytetään Shannon-Wiener diversiteetti-indeksiä (H'), jolla pystytään määrittämään lajien kokonaismäärän ja niiden keskinäisten määrien suhteet näytealueittain. Shannon-Wiener diversiteetti-indeksi lasketaan kaavalla: $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_e P_i$, jossa H' =Diversiteetti, P_i =taksonin i osuus kokonaisyksilömäärästä ja S =lajimäärä. (Luotonen ym. 2005, 14). Shannon-Wiener diversiteetti-indeksiä tulkitaan seuraavanlaisesti: mitä enemmän lajeja havaitaan ja mitä tasaisemmin ne esiintyvät, sitä suuremman arvon indeksi saa. Laatukriteerinä indeksille tehdyssä tutkimuksessa käytetään taulukon 9 mukaisia Ruotsin EPA:n (Environmental Protection Agency) esittämiä kriteerejä ja rajoja, joita on käytetty mm. Pöyryn tuottamassa selvityksessä Vapo

Oy:lle Iljansuon turvetuotantohankkeen vesistöjen pohjaeläinselvityksessä (Majuri 2010, 4).

Taulukko 9. Shannon-Wiener diversiteetti-indeksin laatuksiteerit (Majuri 2010, 4).

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

Tutkimuksessa käytetään myös Shannon-Wiener diversiteetti-indeksin lisäksi taksonien yksilömäärien samankaltaisuutta kuvaamaan tasaisuus-indeksiä (evenness). Tasaisuusindeksi lasketaan kaavalla: $E = H' / \log_e S$, jossa H' = diversiteetti ja S = lajimäärä (Luotonen ym. 2005, 14). Tasaisuusindeksi saa arvon 0 ja 1 välillä, jossa 1 kuvaa täydellistä tasaisuutta (Beals, Gross & Harrell 2000).

Pohjapatojen rakentamisen jälkeiset pohjaeläinnäytteenottoasemat valittiin maastossa vallitsevan vedenpinnantason mukaan, jotta standardin mukaista käsihaavimenetelmää voidaan käyttää, kuitenkin pysyen pohjapatojen läheisyydessä rakenteiden vaikutusten selvittämiseksi.

Pohjaeläinnäytteenasemien koordinaatit on esitetty taulukossa 10. Myllyvaarantie-, Särkivaarantie- ja Kissapuron alajuoksu -näytteenottoaikojen koordinaatit ovat tässä yhteydessä samat, kuin vesinäytteenotossa tallennetut koordinaatit. Tämä johtuu siitä, että pohjaeläinnäytteenoton yhteydessä ei tarkkaa paikkatietoa ole kirjattu ylös.

Taulukko 10. Pohjaeläinnäytteenottoasemien koordinaatit kaistalla 36V, ETRS-TM35FIN.

Kohde	I	P
Pieni Jukajärvi, syväne	6935439	0352049
Myllyvaarantie	6936075	0351256
Särkivaarantie	6938766	0350430
Pohjapato 20	6938209	0350830
Pohjapato 19	6938281	0350759
Pohjapato 17	6938462	0350682
Pohjapato 12	6938766	0350430
Pohjapato 6	6939245	0350286
Pohjapato 5	6939289	0350262
Pohjapato 4	6939343	0350242
Pohjapato 3	6939440	0350202
Kissapuron alajuoksu	6940375	0349810

Pohjaeläimet kerättiin käyttäen standardin SFS 5077 mukaista näytteenottomenetelmää. Menetelmässä näytteenottaja potkii ja pöyhii puronpohjaa noin nelimetrin laajuiselta alueelta 30 sekunnin ajan alavirran suunnassa pitelemäänsä standardin mukaiseen haaviin. Menetelmän tarkoituksena on saada pohjassa elävät eläimet irtoamaan ja päätyään haaviin. Saatu näyte seulotaan 0,5 mm:n seulalla ja siirretään näyteastioihin. Näytteenotto suoritetaan näytteenottoasemittain kolme kertaa, jotta saadaan riittävän kattava tieto alueen pohjaeläimistä.

Varhaisempia pohjaeläinnäytteenottoja on toteutettu myös noudattaen standardin SFS 5076 mukaista näytteenottomenetelmää. Menetelmässä käytetään mekaanista Ekman -mallista noudinta, joka lasketaan tutkittavan vesistön pohjalle ja laukaistaan, jolloin pohjan pinnassa tai sen sisässä elävät eliöt jäävät noutimeen. Saatu näyte käsitellään samoin kuin potkuhaavimenetelmässä.

5.4 Kasvillisuuskartoitus

Kasvillisuuskartoituksen tavoitteena oli tehdä perustilaselvitystä, jotta mahdoli-

sesti tulevissa selvityksissä voidaan hyödyntää hankittua tietoa vesiensuojeluteknisten rakenteiden vaikutuksista ympäristöön. Metsä- ja suotyyppien arviointi suoritettiin maastossa Karelia-ammattikorkeakoulun opettaja Jari Spoofin avustuksella.

Metsätyyppien luokituksessa hyödynnettiin A.K. Cajanderin metsätyyppiteoriaa, jonka mukaan tietylle paikalle syntyy kasvilajien kasvupaikkavaatimusten ja kasvien välisen kilpailun seurauksena tietynlainen kasviyhdyskunta - eli keskenään samankaltaisille kasvupaikoille syntyy samankaltainen kasvillisuus (Laine, Vasander, Hotanen, Nousiainen, Saarinen & Penttilä 2012, 9).

Maastossa pyrittiin löytämään kartoituskohtia, joihin vesi mahdollisesti nousisi ylivirtaamajaksoilla, sekä alueita, joissa tallausvaikutus olisi mahdollisimman vähäinen. Pohjoisemman tutkittavan kohteen osalta löydettiin niemeke, jolla voidaan olettaa olevan vain vähäisiä tallausvaikutuksia (kuva 40). Eteläisempi kartoituskohteista taas sijaitsee pohjapadon 12 yläpuolella, johon tulva-aikaan todennäköisesti on merkittävä vaikutus, mutta joka on mahdollista tallausvaikutusta ajatellen hankalalla alueella. Kevään 2017 näytteenottokierroksella todettiin, että molemmat kartoitusalueista jäivät veden alle ylivirtaamajaksoilla.



Kuva 40. Pohjoisempi kasvillisuuskartoitusalue kevään 2017 näytteenotto-kierroksen yhteydessä 5.5.2017 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

Rantakasvillisuuden kartoituksessa käytettiin apuna sisämitaltaan 1 m²:n kokoista puukehikkoa (kuva 41). Kehikkoa siirrettiin eteenpäin seitsemän kertaa kartoituskohteissa uoman suuntaisesti, eli kartoitus kattaa paikoin n. 7 m²:n kokoisen alueen ja yhteensä siis noin 14 m²:n alueen. Osa kasveista otettiin mukaan lajintunnistusta varten. Kasvien tunnistuksessa ja nimeämisessä on käytetty apuna seuraavia kirjoja: Suomen rantakasvio (2011), Otavan värikasvio (2011) ja Jäkälät & sammalat Suomen luonnossa (2008).



Kuva 41. Kasvillisuuskartoitusta 23.9.2016 pohjapadon 12 yläpuolisella tulvatasanteella (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

5.5 Pohjapatojen allastusten määrittäminen

Pohjapatojen allastusten koot määrittivät maanmittausalan perustutkinnon opiskelijat ohjaajanaan Seppo Myller (kuva 42). Mittauksissa käytettiin pääasiassa takymetria, GNSS-laitetta geoidin mallilla ja tarvittaessa vaaituslattiaa. Näkyvyyden parantamiseksi kasvillisuutta jouduttiin joissakin mittauspaikoissa kevyesti poistamaan. Mittausten tarkkuus oli parhaimmillaan noin 10 cm:n luokkaa. Lopullinen kartan teko suoritettiin ETRS GK30 koordinaattijärjestelmässä sekä N-60 korkeusjärjestelmässä. Mittauksesta saatu tieto muunnettiin 3D-Win -ohjelmiston ymmärtämään muotoon ja patovälien mittaukset yhdistettyä, jolloin tuloksena oli

puron muodon kuvaava kolmioverkko. Kolmioverkon avulla oli mahdollista laskea tarvittava tieto. (P09/16/431 Maanmittausalan perustutkintoon valmistava koulu- tus 2017, 3–4).



Kuva 42. Allastusten määrittystä 30.10.2016 (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

6 Tutkimustulokset

6.1 Valumaolot tutkimuksen eri ajankohtina

Taulukossa 11 on esitettyä havaintopaikkojen *Myllyvaarantie*, *Särkivaarantie* ja *Kissapuron alajuoksu* virtaamat ja valumat. Virtaamia on mitattu aikavälillä 11.12.2015–8.5.2017. BIYNS15-opiskelijaryhmän mittaamien tilavuusvirtojen ja maanmittausalan opiskelijoiden mittaamien tilavuuksien perusteella laskettiin pohjapatojen 7 ja 13 muodostamille altaille viipymät jakamalla altaan tilavuus (m^3) tilavuusvirralla (m^3/s) (Tossavainen 2017). Pohjapadon 7 muodostamalle altaalle

saatiin viipymäksi 94 minuuttia ja pohjapadon 13 muodostamalle altaalle 41 minuuttia, valuman vaihdella 4,0 ja 8,0 l/s/km² välillä.

Taulukko 11. Myllyvaarantien, Särkivaarantien ja Kissapurin alajuoksu näytteenotto pisteiden osavalmu-alueiden virtaamat ja valumat.

Havaintopaikka	Päivämäärä	Valuma-alue (km ²)	Virtaama (l/s)	Valuma (l/s/km ²)
Myllyvaarantie	22.3.2016	13	78,0	6,0
	29.3.2016	13	69,1	5,3
	31.3.2016	13	73,2	5,6
	6.4.2016	13	122,4	9,4
	15.4.2016	13	421,2	32,4
	2.6.2016	13	88,8	6,8
	2.9.2016	13	65,7	5,1
Särkivaarantie	11.12.2015	21	268,6	12,8
	22.3.2016	21	140,4	6,7
	29.3.2016	21	81,6	3,9
	31.3.2016	21	104,1	5,0
	6.4.2016	21	167,2	8,0
	15.4.2016	21	577,5	27,5
	2.6.2016	21	125,8	6,0
	2.9.2016	21	93,1	4,4
	26.9.2016	21	85,0	4,0
	29.9.2016	21	167,5	8,0
	9.11.2016	21	100,8	4,8
	26.1.2017	21	239,6	11,4
	21.3.2017	21	139,0	6,6
8.5.2017	21	620,0	29,5	
Kissapurin alajuoksu	11.12.2015	23,3	290,8	12,5
	22.3.2016	23,3	148,2	6,4
	29.3.2016	23,3	88,8	3,8
	6.4.2016	23,3	186,8	8,0
	15.4.2016	23,3	646,0	27,7
	2.6.2016	23,3	136,5	5,9
	2.9.2016	23,3	100,8	4,3

6.2 Vesinäytteiden tulokset

6.2.1 Rauta

Kaikki Kissapuron valuma-alueen aikavälillä 11.12.2015–8.5.2017 mitatut rauta-analyysien tulokset ovat luettavissa liitteessä 2. Kolmen keskeisimmän näytteenottoaikan, Myllyvaarantien, Särkivaarantien sekä Kissapuron alajuoksun, tulokset ovat taulukossa 12. Pienen Jukajärven syvänteen (syvyys noin 3 metriä) rauta-arvot ovat taulukossa 13.

Taulukko 12. Saadut rautapitoisuudet kolmelta keskeisimmältä näytteenottopaikalta.

Havaintopaikka	Päivämäärä	Fe (µg/l)	Valuma (l/s/km ²)
Myllyvaarantie	14.12.2015	1 320	
	29.3.2016	1 170	5,3
	31.3.2016	1 210	5,6
	6.4.2016	1 440	9,4
	2.6.2016	1 010	6,8
	2.9.2016	1 800	5,1
	29.9.2016	1 380	
	9.11.2016	2 220	
	21.3.2017	1 220	
	8.5.2017	1 490	
Särkivaarantie	11.12.2015	1 590	12,8
	14.12.2015	1 670	
	29.3.2016	1 440	3,9
	31.3.2016	1 510	5,0
	6.4.2016	2 160	8,0
	2.6.2016	1 310	6,0
	2.9.2016	2 180	4,4
	29.9.2016	1 880	8,0
	9.11.2016	1 830	4,8
	21.3.2017	1 600	6,6
8.5.2017	1 180	29,5	
Kissapuron alajuoksu	11.12.2015	2 040	12,5
	14.12.2015	2 090	
	29.3.2016	1 940	3,8
	6.4.2016	2 380	8,0
	2.6.2016	1 950	5,9
	2.9.2016	2 840	4,3
	9.11.2016	2 440	
	21.3.2017	2 250	
8.5.2017	1 530		

Taulukko 13. Rauta-analyysien tulokset Pienen Jukajärven syvänteestä (kokonaissyvyys noin 3 metriä).

Fe, Pienen Jukajärven syvänte (µg/l)	1 m pinnasta	1 m pohjasta
29.3.2016	1 380	3 930
31.3.2016	1 660	4 830
5.4.2016	1 620	5 280
2.6.2016	970	
2.9.2016	1 850	1 910
22.3.2017	1 330	4 900

6.2.2 Alumiini ja mangaani

Kaikki KISSAPURON valuma-alueelta mitatut alumiinianalyysien tulokset ovat liitteessä 3. Kolmen keskeisimmän näytteenottoapaikan, Myllyvaarantien, Särkivaarantien sekä KISSAPURON alajuoksun, tulokset ovat taulukossa 14. Pienen Jukajärven syvänteen (syvyys noin 3 metriä) alumiinipitoisuudet ovat taulukossa 15. Mangaanipitoisuudet on analysoitu sekä keskeisimmiltä näytteenottoapaikoilta (taulukko 16) että Pienen Jukajärven syvänteestä (taulukko 17).

Taulukko 14. Alumiiniarvot kolmelta keskeisimmältä näytteenottoaikalta.

Havaintopaikka	Päivämäärä	Al ($\mu\text{g/l}$)	Valuma (l/s/km^2)
Myllyvaarantie	29.3.2016	30	5,3
	31.3.2016	70	5,6
	6.4.2016	180	9,4
	2.6.2016	100	6,8
	9.11.2016	110	
	21.3.2017	70	
	8.5.2017	160	
Särkivaarantie	29.3.2016	70	3,9
	31.3.2016	90	5,0
	6.4.2016	120	8,0
	2.6.2016	80	6,0
	9.11.2016	110	4,8
	21.3.2017	80	6,6
	8.5.2017	140	29,5
Kissapuron alajuoksu	29.3.2016	120	3,8
	6.4.2016	150	8,0
	2.6.2016	110	5,9
	9.11.2016	130	
	21.3.2017	100	
	8.5.2017	160	

Taulukko 15. Alumiinianalyysien tulokset, Pienen Jukajärven syväne.

Al, Pienen Jukajärven syväne ($\mu\text{g/l}$)	1 m pinnasta	1 m pohjasta
29.3.2016	260	80
31.3.2016	110	80
5.4.2016	100	80
2.6.2016	90	
22.3.2017	100	100

Taulukko 16. Mangaaniarvot kolmelta keskeisimmältä näytteenottoaikalta.

Havaintopaikka	Päivämäärä	Mn ($\mu\text{g/l}$)	Valuma (l/s/km^2)
Myllyvaarantie	31.3.2016	229	5,6
	6.4.2016	344	9,4
	2.6.2016	272	6,8
Särkivaarantie	31.3.2016	217	5,0
	6.4.2016	386	8,0
	2.6.2016	271	6,0
Kissapuron alajuoksu	6.4.2016	389	8,0
	2.6.2016	283	5,9

Taulukko 17. Mangaanianalyysien tulokset, Pienen Jukajärven syvänte.

Mn, Pienen Jukajärven syvänte (µg/l)	1 m pinnasta	1 m pohjasta
31.3.2016	329	650
5.4.2016	390	610
2.6.2016	279	

6.2.3 Happamuus

Kaikki Kissapuron valuma-alueelta mitatut pH-arvot ovat liitteessä 4. Kolmen keskeisimmän näytteenottoaikan, Myllyvaarantien, Särkivaarantien sekä Kissapuron alajuoksun, tulokset ovat taulukossa 18. Pienen Jukajärven syvänteen (syvyys noin 3 m) pH-arvot ovat taulukossa 19.

Taulukko 18. Mitatut pH-arvot kolmelta keskeisimmältä näytteenottoaikalta.

Havaintopaikka	Päivämäärä	pH	Valuma (l/s/km ²)
Myllyvaarantie	14.12.2015	5,33	
	22.3.2016	6,00	6,0
	29.3.2016	6,08	5,3
	31.3.2016	5,88	5,6
	6.4.2016	6,08	9,4
	15.4.2016	4,54	32,4
	2.6.2016	5,94	6,8
	2.9.2016	5,88	5,1
	29.9.2016	6,12	
	9.11.2016	5,47	
	21.3.2017	6,04	
8.5.2017	4,45		
Särkivaarantie	11.12.2015	5,25	12,8
	14.12.2015	5,35	
	22.3.2016	6,10	6,7
	29.3.2016	6,17	3,9
	31.3.2016	5,91	5,0
	6.4.2016	5,90	8,0
	15.4.2016	4,54	27,5
	2.6.2016	5,95	6,0
	2.9.2016	5,91	4,4
	26.9.2016	6,09	4,0
	29.9.2016	5,93	8,0
	9.11.2016	5,48	4,8
	21.3.2017	6,14	6,6
8.5.2017	4,40	29,5	
Kissapuron alajuoksu	11.12.2015	5,12	12,5
	14.12.2015	5,27	
	22.3.2016	6,03	6,4
	29.3.2016	6,15	3,8
	6.4.2016	5,95	8,0
	15.4.2016	4,51	27,7
	2.6.2016	5,80	5,9
	2.9.2016	5,89	4,3
	9.11.2016	5,39	
	21.3.2017	5,53	
8.5.2017	4,30		

Taulukko 19. Pienen Jukajärven syvänteestä saadut pH-arvot.

pH, Pienen Jukajärven syvänteestä	1 m pinnasta	1 m pohjasta
22.3.2016	5,83	5,88
29.3.2016	5,90	5,97
31.3.2016	5,89	5,83
5.4.2016	5,60	5,81
2.6.2016	5,90	
2.9.2016	5,86	5,87
22.3.2017	5,93	6,20

6.2.4 Kiintoaine

Kiintoaineen analysointi tapahtui Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy:n laboratoriossa. Näytteet otettiin kevätylivirtaaman aikaan toukokuussa 2017. Tulokset ovat esitettynä taulukossa 20. Kopio raportista on liitteenä (liite 5).

Taulukko 20. Kiintoaineanalyysin tulokset. Näytteenotto suoritettu 8.5.2017.

Havaintopaikka	Näytepullo	Kiintoaine (mg/l)
Pohjapato 20	BK-14	0,77
Särkivaarantie	BK-15	0,81
PP 10 luontaisen uoman yläpuolelta	BK-13	0,89
PP 10 luontainen uoma, lähtevä	BK-12	0,93
Pohjapato 5	BK-19	0,92
Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä uoma	BK-20	1,26
Pohjapato 1B	BK-16	1,40

6.2.5 Sähkönjohtavuus, redox-potentiaali ja happitilanne

Kissapuron sähkönjohtavuus on ollut 21.3.2017 välillä 2,9–6,9 mS/m ja toukokuussa 2017 3,3–10,9 mS/m (taulukko 21). 22.3.2017 Pienen Jukajärven näkösyvyudeksi saatiin 0,8 metriä ja sedimentin redox-potentiaaliksi mitattiin +52 mV. 22.3.2017 Pienen Jukajärven syvänteestä mitatut sähkönjohtavuudet olivat 5,4 mS/m (1 m pinnasta) ja 7,2 mS/m (1 m pohjasta). Pienen Jukajärven happipitoisuudet ovat taulukossa 22.

Taulukko 21. Sähkönjohtavuus havaintopaikoittain.

Sähkönjohtavuus havaintopaikoittain (mS/m)	21.3.2017	8.5.2017
Uittopato	5,7	3,3
Myllyvaarantie	5,8	3,3
Pohjapato 20	5,9	3,6
PP18 & PP19 välinen laskeutusallas, lähtevä	5,4	3,5
PP14 & PP15 välinen laskeutusallas, lähtevä	2,9	4,1
Pohjapato 14	5,9	3,5
Särkivaarantie	5,7	3,5
PP10 luontaisen uoman yläpuolelta	5,8	3,5
PP10 luontainen uoma, lähtevä	5,7	3,6
Pohjapato 5	5,7	3,6
Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä uoma	6,9	10,9
Pohjapato 1B	5,7	3,9
Lietekuoppa		7,8
Kissapuron alajuoksu	5,9	4,4

Taulukko 22. Happipitoisuudet 22.3.2017, Pienen Jukajärven syväne

Hapen määrä, Pienen Jukajärven syväne	1 m pinnasta	1 m pohjasta
mg/l	5,2	3,6
%	40	26

6.3 Pohjaeläimistö

Kissapuron ja Pienen Jukajärven pohjaeläinnäytteenotossa tunnistettiin taksonitasolle yhteensä 1495 yksilöä. Eri taksoneita havaittiin kaikista näytteistä yhteensä 21 kappaletta (liite 8). Yksilömääräisesti tarkasteltuna suurinta taksoniosuutta edustaa vesiperhosen toukat (Trichoptera). Toiseksi eniten näytteistä havaittiin surviaissääsken toukkia (Chironomidae) ja kolmanneksi eniten sulkahtytysen toukkia (Chaoboridae) (kuva 43). Osa näytteistä on otettu ohjeenmukaisen näytteenottoajankohdan ulkopuolella (Tossavainen 2007, 83).



Kuva 43. Surviaissääsken (Chironomidae) alalajin Tanytarsinae toukka, sekä useita sulkasääsken toukkia (Chaoboridae). (Kuva: Juha-Matti Ovaskainen).

6.4 Kasvillisuuskartoitus

Mustikkatyyppin kangasmetsälle tyypillisiä kasveja ovat mm. mustikka, puolukka, vanamo, riidenlieko, metsäkerrossammal sekä seinäsammal. (Metla & Evtek-ammattikorkeakoulu 2017). Kissanpuron ympäristössä tavattiin mustikkatyyppin kangasmetsän (MT) soistumaa, mistä johtuen kasvillisuus ei vastannut täysin kuvausta mustikkatyyppin kangasmetsälle tyypillisestä kasvillisuudesta ja näin ollen soistumien kasvilajiston joukossa havaittiin myös suotyypeille ominaista kasvilajistoa.

Puolukkatyyppin kangasmetsissä tavataan useimmiten puolukkaa, mustikkaa ja kanervaa. (Metla & Evtek-ammattikorkeakoulu 2016). Jokainen edellä mainittu kasvilaji havaittiin Kissanpuron ympäristössä.

Isovarpurämeen kenttäkerrokselle tyypillistä lajistoa ovat mm. erilaiset varpu- kasvit: suopursu, juolukka, vaivero ja kanerva sekä saramainen tupasvilla. Suo- muurain eli lakka on useimmiten ainoa ruoholaji. Sammalkerros on yhtenäinen, rahkasammalet valtalajinaan. (Laine ym. 2012, 43–44.) Edellä mainituista jo- kaista lajia havaittiin Kissapuron ympäristössä suomuurainta lukuun ottamatta.

Korpirämeen kenttäkerrokselle tyypillisiä kasvilajeja ovat mm. rämevarvut, kuten juolukka ja suopursu sekä mustikka, puolukka ja pallosara. Ruohoista vain suo- muurain ja kangasmaitikka kasvavat korpirämeellä. Varvikkorahkasammal on yh- tenäisen sammalkerroksen tyypillinen laji. (Laine ym. 2012, 38.) Kissapuron ympäristössä havaittiin mm. juolukkaa, suopursua sekä vaiveroa.

Sekä korpi- että isovarpurämeen hallitsevana puulajina on mänty, joka hallitsee- kin koko Kissapuron alueen puustoa erityisesti sen länsipuolella, metsä- tai suo- tyypistä riippumatta. Isovarpurämeelle ominaista mäntyjen kitukasvuisuutta voi havaita myös Kissapuron ympäristössä.

Rantakasvillisuutta määriteltäessä on haastavaa rajata kasveja tarkasti juuri ran- takasveihin kuuluviksi. Monet kasveista viihtyvät rantojen lisäksi muissakin ympäristöissä. Aitoa vesikasvia ei voida sanoa rantakasviksi, mutta rantakasvi voi kasvaa myös vedessä. (Väre 2011, 9.) Valtaosa Kissapuron ympäristössä havai- tuista kasvilajeista voidaan kuitenkin lukea kosteassa ympäristössä viihtyviin ran- takasveihin. Kahden kasvillisuuskartoituksen tulokset ovat liitteessä 8.

6.5 Pohjapatojen allastukset

Pohjois-Karjalan aikuisopiston maanmittausalan perustutkintoon valmistavan koulutuksen opiskelijoiden mittaamat pohjapatojen allastusten pinta-alat, tilavuu- det sekä syvyysvaihtelut ovat taulukossa 23. Pinta-alaltaan pienin allas sijaitsee pohjapatojen 12 ja 13 välillä ja suurin patojen 9 ja 10 välillä. Tilavuus vaihtelee 99 m³–408 m³ välillä. Syvyysvaihtelu altaiden välillä on pientä. Kissapuron poh- japatovälien alkua- ja loppupisteet sekä niiden syvydet ovat liitteessä 6. Mittauk- set on suoritettu 3.–4.10.2016. Myllyvaarantieltä mitattiin valumaksi 8,0 l/s/km²

29.9.2016.

Taulukko 23. Pohjapatojen muodostamien altaiden pinta-alat, tilavuudet ja syvyysvaihtelut (P09/16/431 Maanmittausalan perustutkintoon valmistava koulutus 2017).

Patoväli	Pinta-ala	Tilavuus	Syvyysvaihtelu
1B-1A	399 m ²	242 m ³	0.2 m - 1.2 m
1A-1	185 m ²	99 m ³	0.2 m - 1.2 m
1-2	227 m ²	148 m ³	0.3 m - 1.2 m
2-3	353 m ²	243 m ³	0.5 m - 1.4 m
3-4	397 m ²	295 m ³	0.5 m - 1.4 m
4-5	190 m ²	133 m ³	0.2 m - 1.2 m
5-6	297 m ²	238 m ³	0.2 m - 1.5 m
6-7	352 m ²	205 m ³	0.5 m - 1.4 m
7-8	347 m ²	154 m ³	0.3 m - 1.2 m
8-9	261 m ²	140 m ³	0.3 m - 1.4 m
9-10	709 m ²	408 m ³	0.3 m - 1.7 m
10-11	206 m ²	164 m ³	0.4 m - 1.1 m
11-12 ylä (Kissapurontien pohjoispuoli)	363 m ²	161 m ³	1.1 m - 0.7 m
11-12 ala (Kissapurontien eteläpuoli)	106 m ²	62 m ³	0.3 m - 0.7 m
12-13	170 m ²	88 m ³	0.4 m - 0.8 m
13-14	283 m ²	206 m ³	0.7 m - 1.3 m
14-15	204 m ²	152 m ³	0.5 m - 1.0 m
15-16	246 m ²	171 m ³	0.2 m - 1.0 m
16-17	308 m ²	200 m ³	0.4 m - 1.0 m
17-18	423 m ²	284 m ³	0.6 m - 1.0 m
18-19	372 m ²	209 m ³	0.4 m - 0.9 m
19-20	324 m ²	230 m ³	0.3 m - 0.9 m
20-loppu	240 m ²	185 m ³	0.3 m - 0.9 m

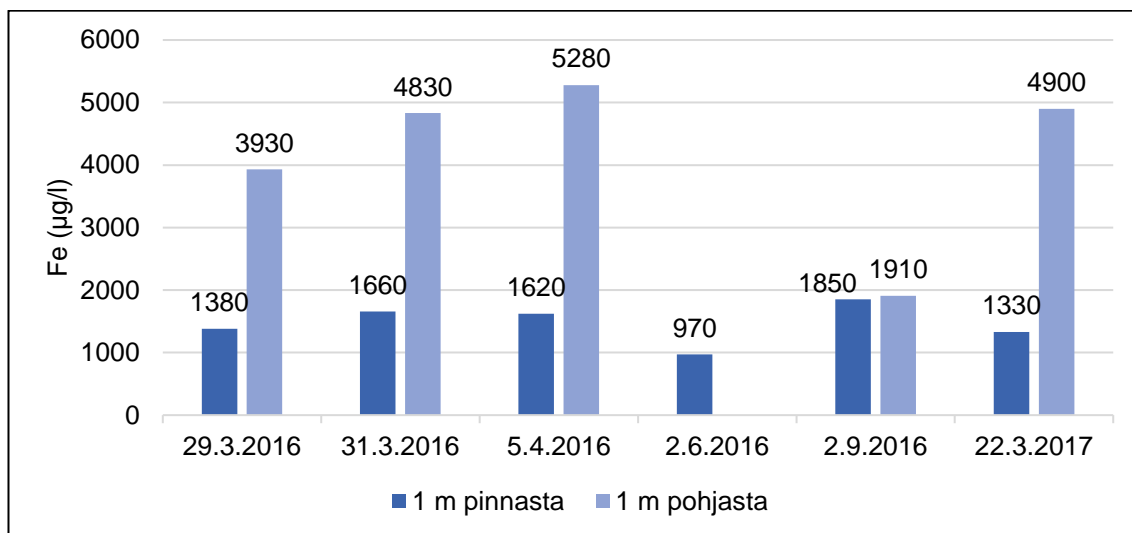
7 Tulosten tulkinta

7.1 Vesinäytetulosten tulkinta

7.1.1 Rauta

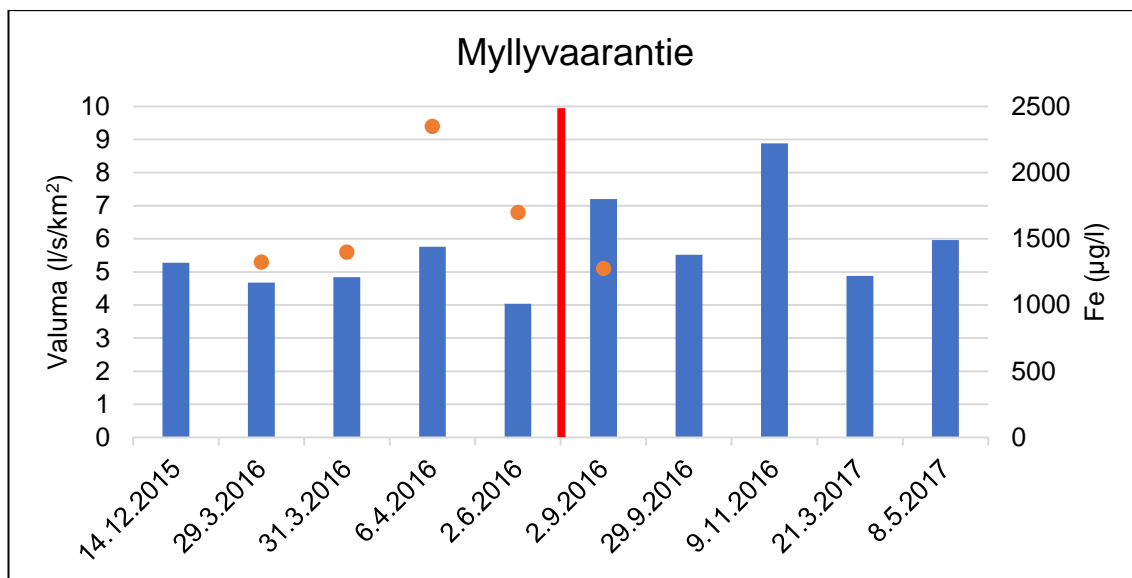
Pienen Jukajärven pintavesien rautapitoisuudet ovat olleet mittausten aikaan

kohtuulliset (kuvio 3). Järven pohjanläheisen veden suurten rautapitoisuuksien määrästä voidaan päätellä alusveden olevan vähähappinen. 22.3.2017 mitattu happitilanne (taulukko 22) tukee aiempaa päätelmää. Syystäyskierto on mahdollisena tekijänä syyskuussa 2016 saatujen tulosten tasaisuuteen. Kuvioissa 4,5 ja 6 esitetään punaisella pystyviivalla pohjapatojen rakentamisen ajankohta ja oransseilla pisteillä valunta näytteenottopäivänä.



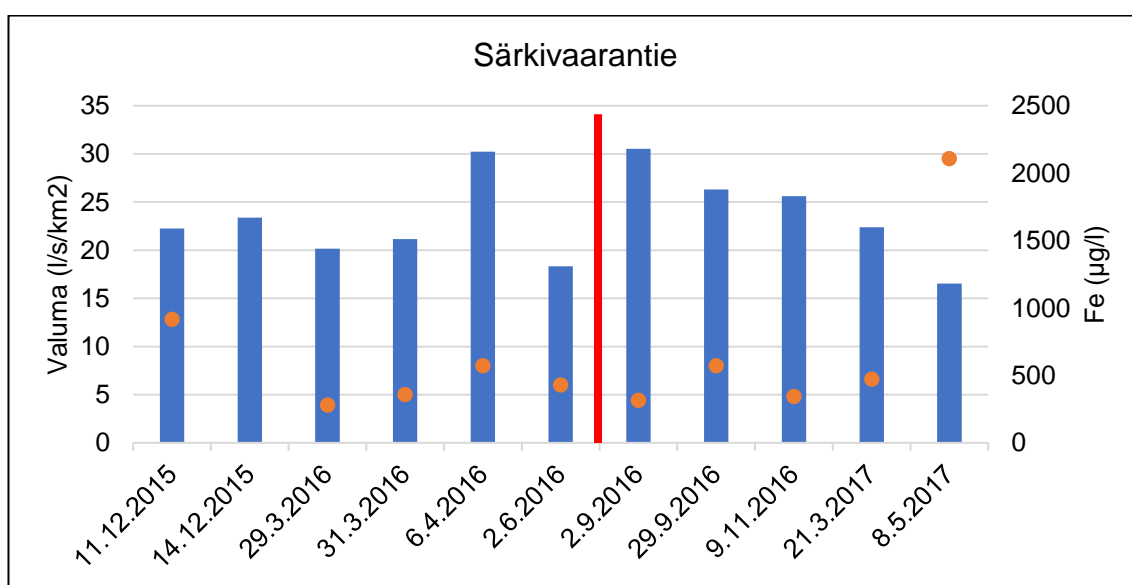
Kuvio 3. Pienen Jukajärven syvänteestä mitattuja rautapitoisuuksia.

Myllyvaarantien näytteenotto paikalta saadut tulokset (kuvio 4) ovat vaihdelleet välillä 1 010–2 220 µg/l. Myllyvaarantie sijaitsee pohjapatojen yläpuolisella alueella, joten tulokset ilmaisevat puron tilaa ennen laskeutusaltaiden ja pohjapatojen vaikutusta. Myllyvaarantien havaintopaikalta saadut tulokset ovat kohtuullisia ottaen huomioon valuma-alueen suomaiden määrän.

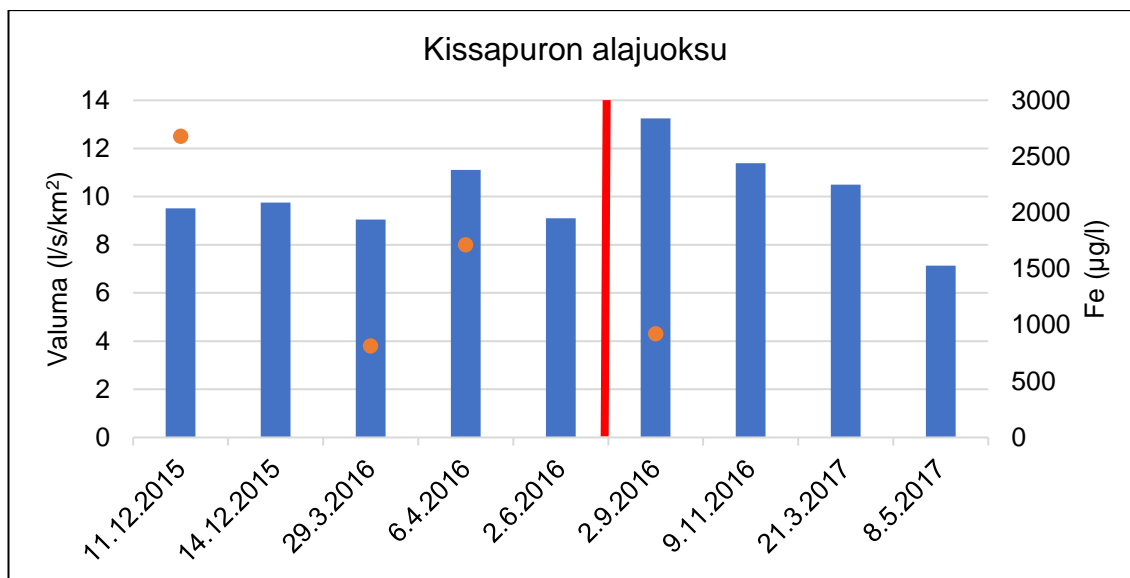


Kuvio 4. Myllyvaarantien näytteenotto paikalta mitatut rautapitoisuudet.

Särkivaarantien näytteenotto paikalta tuloksiin (kuvio 5) vaikuttavat olennaisesti paikan valuma-alueeseen kuuluva, osittain ojitetulta Jukasuolta liikkeelle lähtevät raskasmetalliyhdisteet. Pohjapatojen 14 ja 15 sekä 18 ja 19 välillä olevien laskeutusaltaiden kautta tulevat vedet ovat voimakkaasti rautapitoisia (liite 2), jotka näin ollen vaikuttavat myös Särkivaarantien havaintopisteen tuloksiin. Kissapuuron alajuoksun näytteenotto paikalta rautapitoisuudet vaihtelivat välillä 1 530–2 840 µg/l (kuvio 6).

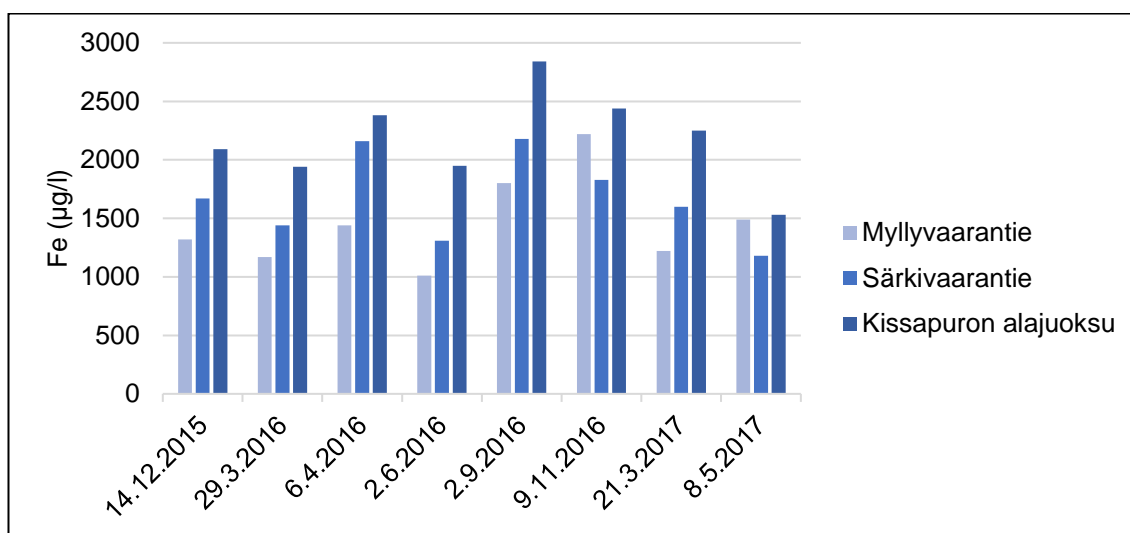


Kuvio 5. Särkivaarantien näytteenotto paikalta mitatut rautapitoisuudet.



Kuvio 6. Kissapuron alajuoksun näytteenotto paikalta mitatut rautapitoisuudet.

Raudan määrä pääsääntöisesti lisääntyy Myllyvaarantien ja Kissapuron alajuoksun näytteenottpisteiden välillä (kuvio 7). Poikkeamat ovat päivämäärät 9.11.2016 sekä 8.5.2017, joista viimeksi mainittuna raudan pitoisuus on pysynyt Kissapuron alajuoksulla lähes samana Myllyvaarantien näytteenottpaikkaan nähden. 8.5.2017 raudan pitoisuus on lähtökohtaisestikin suhteessa alhainen.



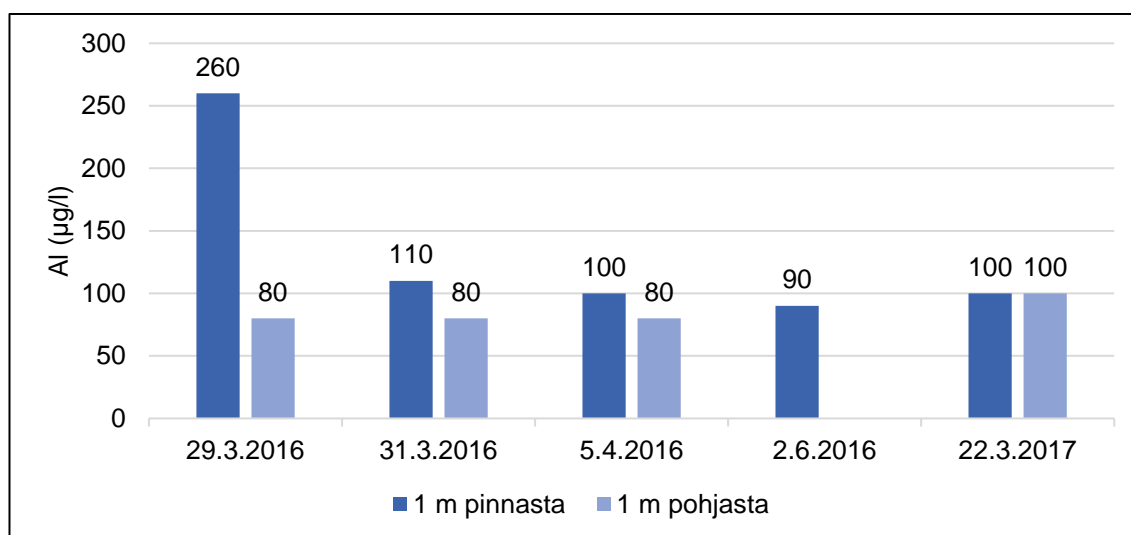
Kuvio 7. Rautapitoisuuksia 14.12.2015–8.5.2017.

7.1.2 Alumiini ja mangaani

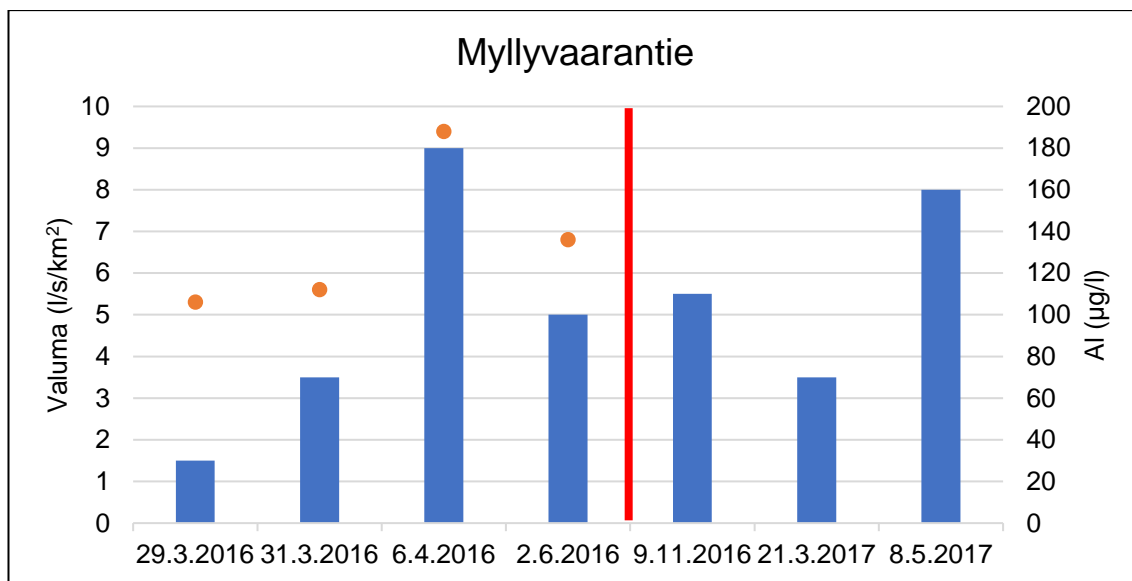
Alumiinipitoisuudet ylittivät kaloille myrkyllisen arvon mittausten aikana harvoin

(kuviot 8, 9, 10, 11 ja 12). Poikkeuksena on pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä, Kissapuroon laskeva uoma, jonka alumiinipitoisuus oli kolmena mittauspäivänä pitkälti yli 200 µg/l. Myös Pienen Jukajärven vesinäytteessä 29.3.2016 (näytteenotto syvyys 1,0 m) (kuvio 8) havaittiin poikkeuksellisen korkea alumiinipitoisuus 260 µg/l, jonka vaikutus ei kuitenkaan näkynyt yläjuoksulla sijaitsevan Myllyvaaran havaintopaikan (kuvio 9) saman päivämäärän tuloksessa. Kuvioissa 9,10 ja 11 esitetään punaisella pystyviivalla pohjapatojen rakentamisen ajankohta.

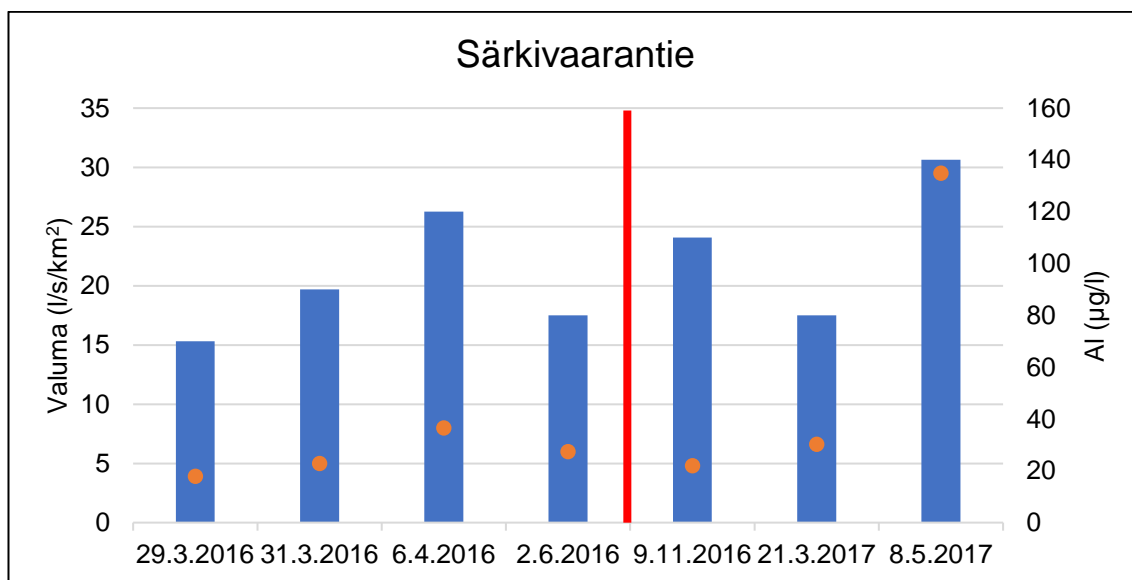
Kissapurossa virtaavan veden pH on myös pääsääntöisesti riittävän matala alumiinin huuhtoutumiselle ja näin ollen vedessä voidaan olettaa olevan kaloille haitallista alumiinihydroksidia. Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevän uoman ja pohjapato 1B:n välillä sijaitsevalla lietekuopalla voi olla kohottavaa vaikutusta pohjapato 1 B:n alumiinituloksiin.



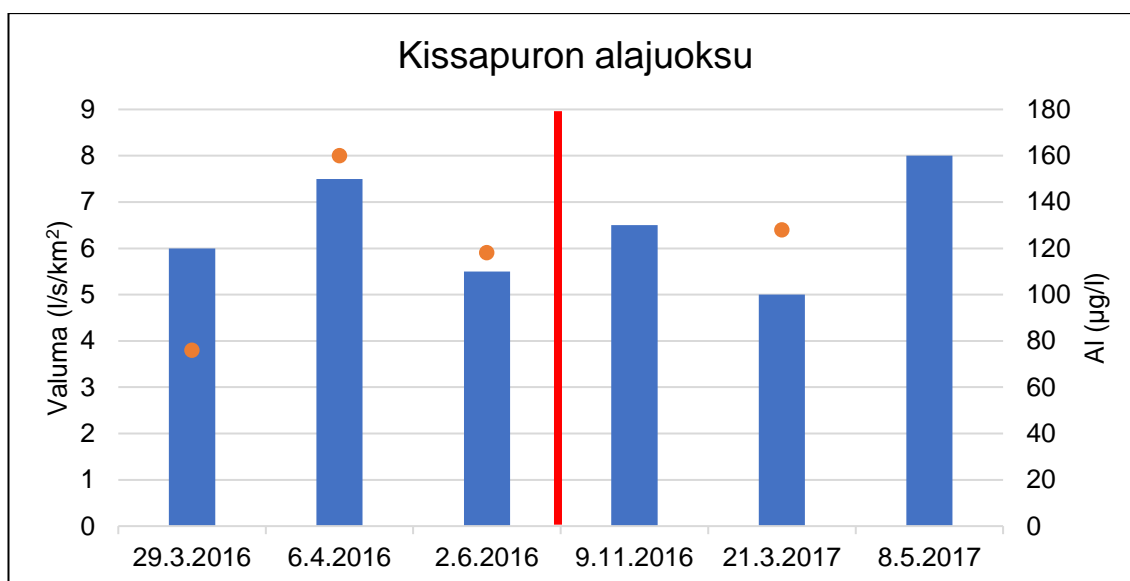
Kuvio 8. Alumiinipitoisuudet Pienen Jukajärven syvänteestä mitattuna.



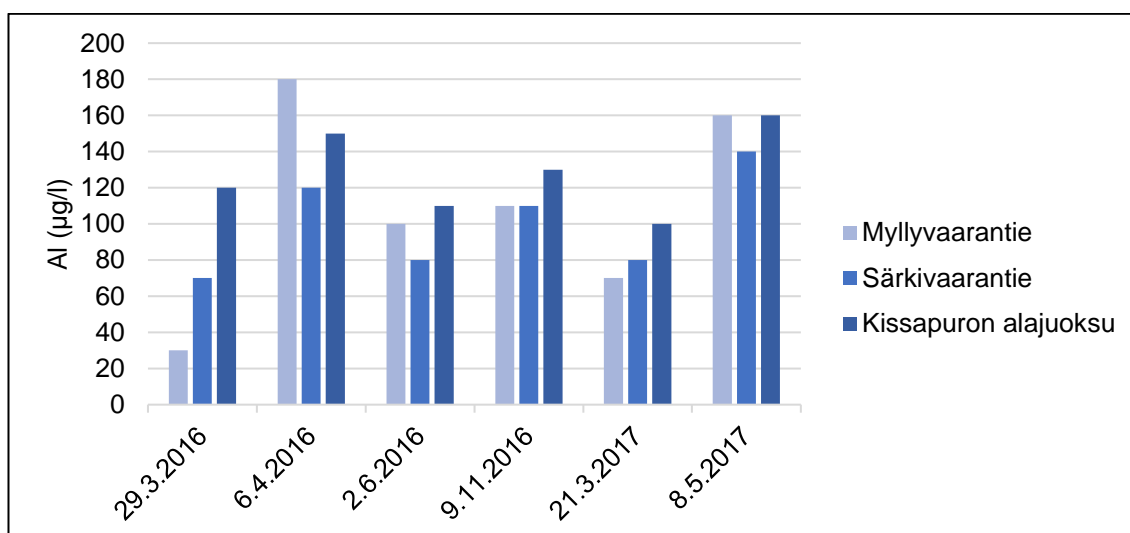
Kuvio 9. Myllyvaarantien näytteenottoaikalta mitatut alumiiniarvot.



Kuvio 10. Särkivaarantien näytteenottoaikalta mitatut alumiiniarvot.

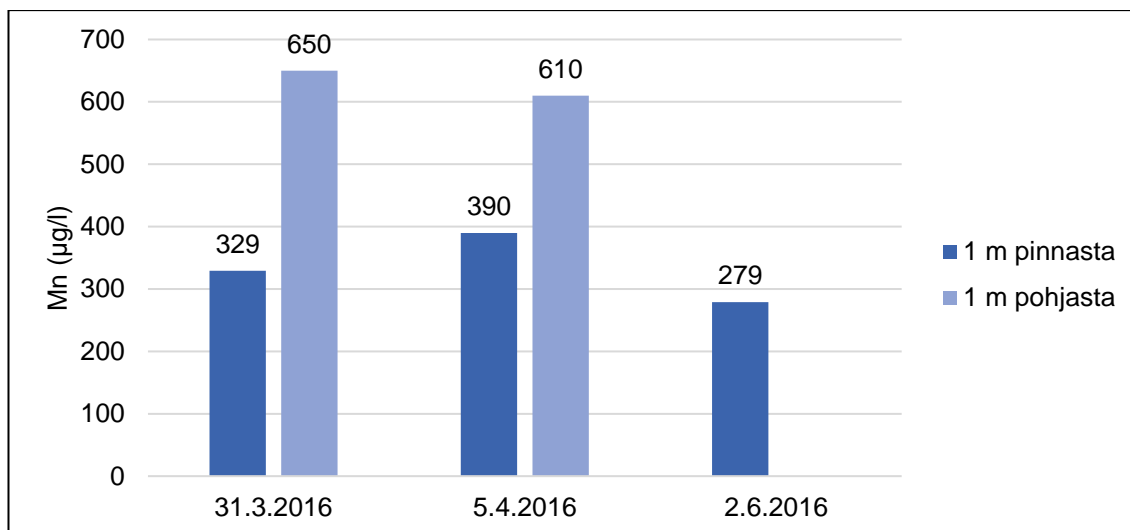


Kuvio 11. Kissapuron alajuoksun näytteenotto paikalta mitatut alumiiniarvot.

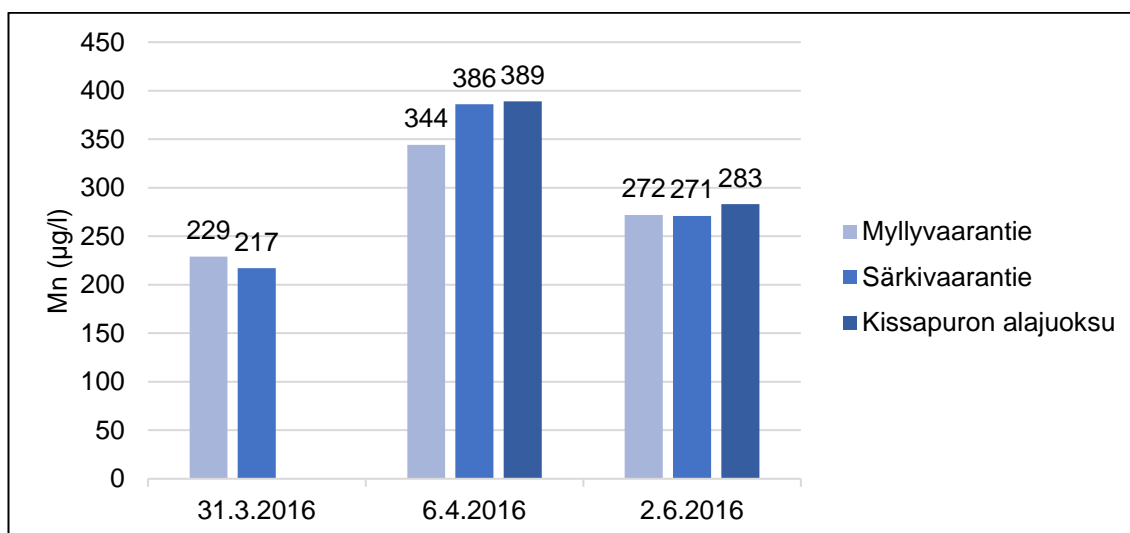


Kuvio 12. Mitatut alumiiniarvot aikavälillä 29.3.2016–8.5.2017.

Kolmena eri päivänä tehdyt analyysit osoittivat, että Kissapuron sekä Pienen Jukajärven mangaanipitoisuudet ovat korkeat maan sisävesien keskiarvoon sekä korkeimpaan sallittuun juomaveden mangaanipitoisuuteen verrattuna (kuviot 13 ja 14). Pienen Jukajärven pohjan tuntuman tulokset kertovat alusveden hapettomuudesta, joka edesauttaa mangaanin vapautumista pohjalietteestä veteen. Kissapurossa mangaanipitoisuuksien vaihtelu ylä- ja alajuoksun välillä on pientä, joten voidaan olettaa, että mangaani on peräisin Kissapuron eteläiseltä osavaluma-alueelta.



Kuvio 13. Mitatut mangaaniarvot 31.3.2016, 5.4.2016 ja 2.6.2016.

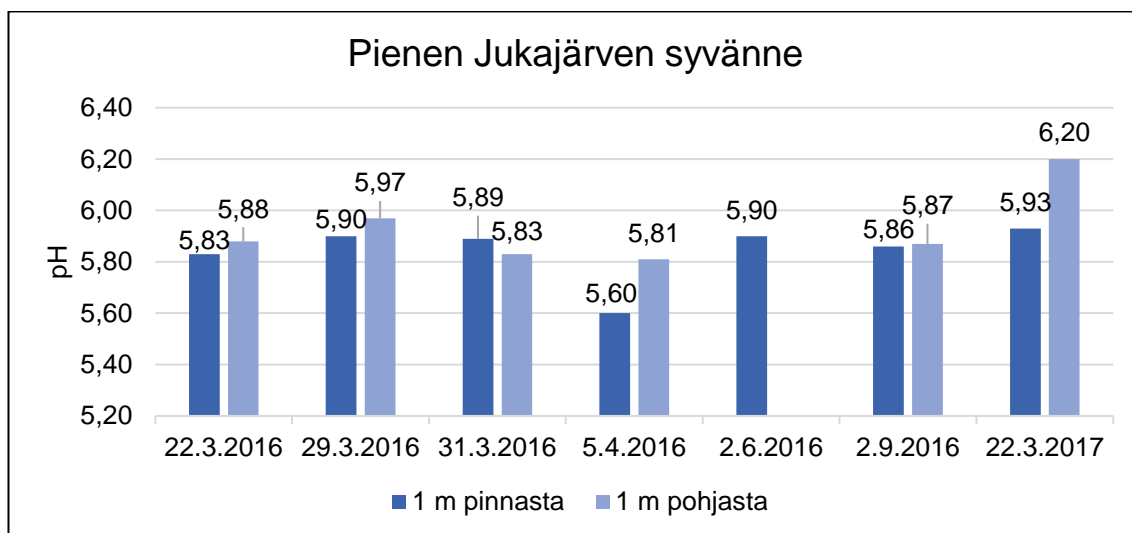


Kuvio 14. Mangaaniarvot 31.3.2016, 6.4.2016 ja 2.6.2016.

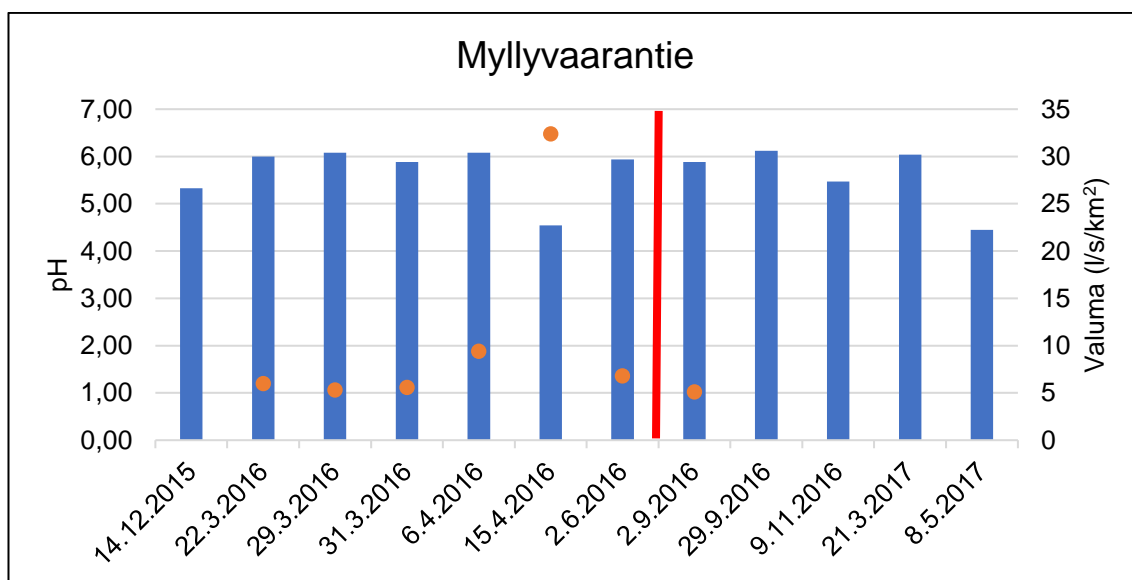
7.1.3 Happamuus

Kissapuron valuma-alueelta mitatut pH-arvot ovat pääsääntöisesti välillä 4–6. Tulokset alittavat sekä virtavesien keskimääräisen pH-arvon sekä talousveden matalimman sallitun arvon. Alhainen pH-arvo yhdistettynä korkeisiin raskasmetallipitoisuuksiin on olennaisena syynä mm. Kissapuron vesieliöstön yksipuolisuuteen. Pienessä Jukajärvessä pH-arvot ovat pohjan tuntumassa odotetusti pintaa matalammat (kuvio 15), lukuun ottamatta päivämäärän 31.3.2016 tuloksia. Päivämäärät 15.4.2016 sekä 8.5.2017 erottuvat tuloksista alhaisilla pH-arvoillaan (kuviot 16, 17, 18 ja 19). Syinä tähän voivat olla lumien sulaminen ja tätä myötä

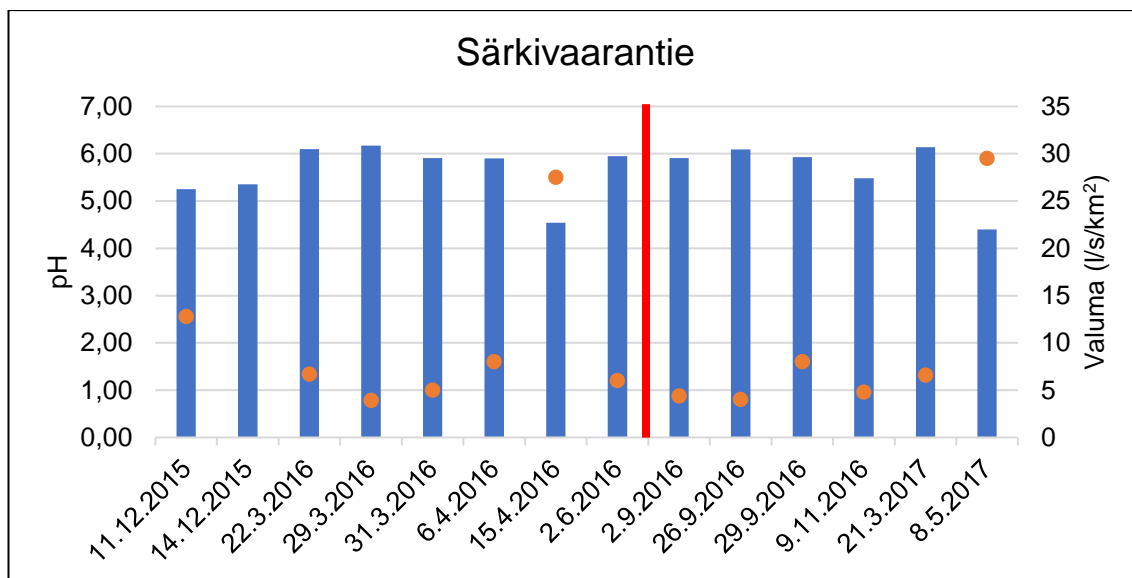
happamien yhdisteiden päätyminen uomaan sekä lisääntyneen virtaaman mukana lisääntynyt eroosio. Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevän uoman ja pohjapato 1B:n välillä sijaitsevalla lietekuopalla voi olla kohottavaa vaikutusta pohjapato 1 B:n pH-arvoihin. Kuvioissa 16,17 ja 18 esitetään punaisella pystyviivalla pohjapatojen rakentamisen ajankohta.



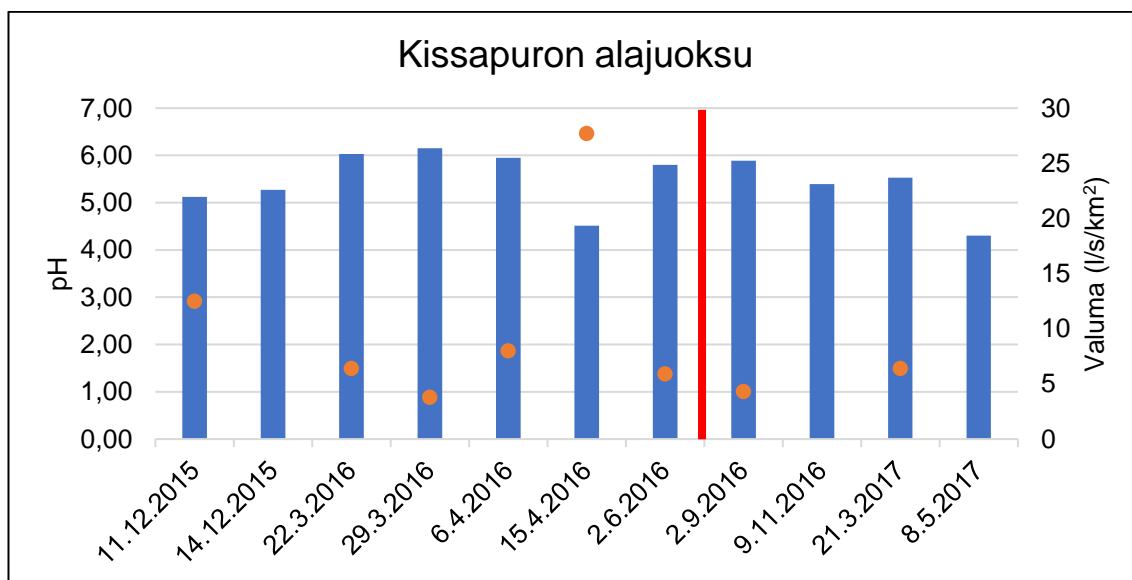
Kuvio 15. Pienen Jukajärven veden pH-arvoja kahdesta eri syvyydestä mitattuna.



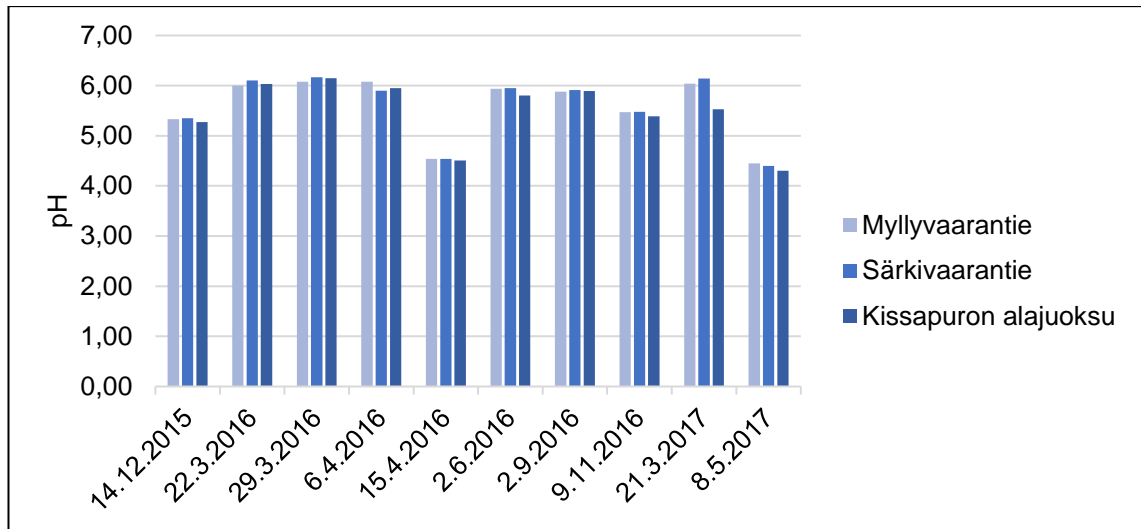
Kuvio 16. Myllyvaarantien näytteenotto paikalta mitatut pH-arvot.



Kuvio 17. Särkivaarantien näytteenotto paikalta mitatut pH-arvot.



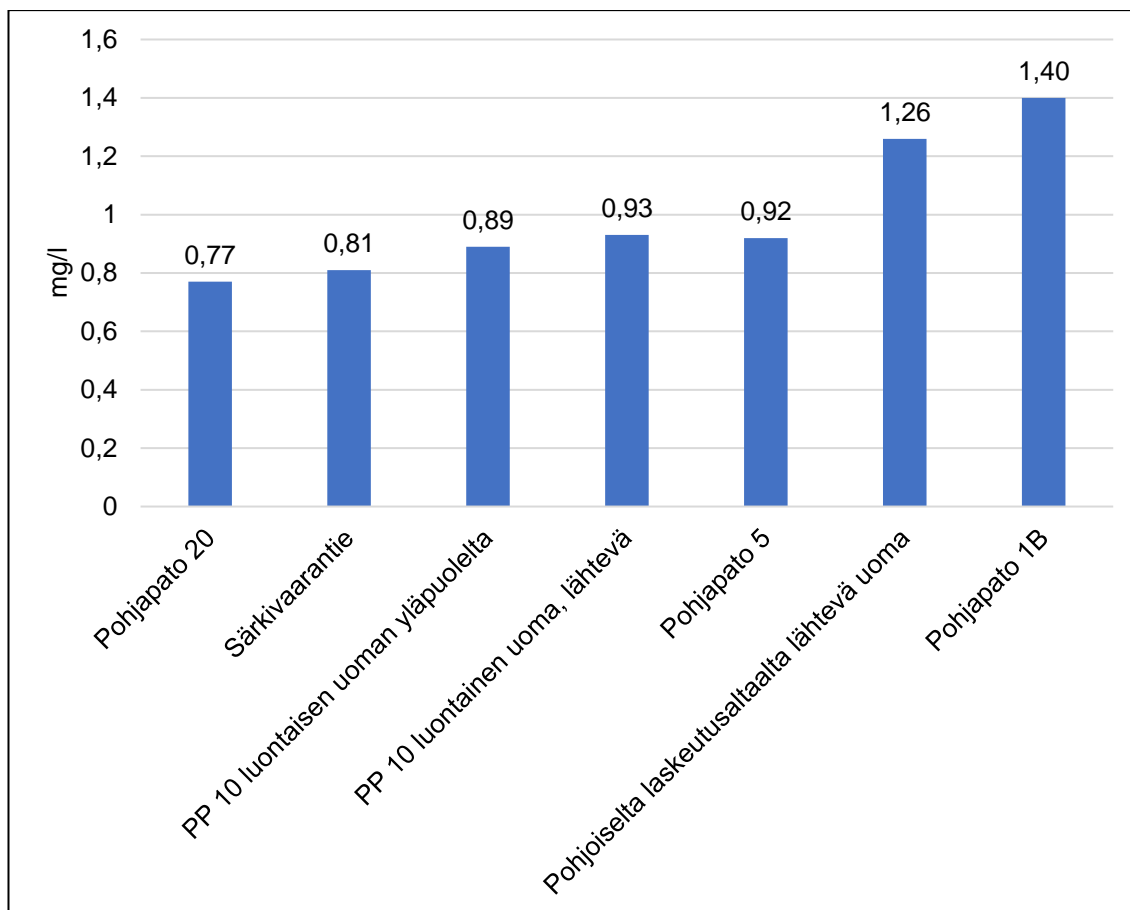
Kuvio 18. Kissapuron alajuoksun näytteenotto paikalta mitatut pH-arvot.



Kuvio 19. pH-arvoja 14.12.2015–8.5.2017.

7.1.4 Kiintoaine

Kiintoainepitoisuus nousee yläjuoksulta alajuoksulle siirryttäessä (kuvio 20) (liite 5). Kevätylivirtaaman aikaan 8.5.2017 suoritetun näytteenoton perusteella Kissapuron vedessä liikkuvan kiintoaineen määrän voidaan todeta olevan kohtuullisella tasolla, huolimatta siitä, että kevätylivirtaaman aikaan Kissapurossa liikkui suuri vesimassa, jonka osaltaan tulisi kasvattaa Jukajärveen päätyvää kiintoaineen määrää.



Kuvio 20. Kiintoaineanalyysin tulokset pylväsdiagrammin avulla esitettynä.

7.1.5 Sähkönjohtavuus, redox-potentiaali ja happitilanne

Sähkönjohtavuusmittausten (21.3.2017 ja 8.5.2017) tulokset ovat olleet välillä 2,9–10,9 mS/m, joiden voidaan sanoa olevan keskimääräisellä tasolla Suomen sisävesien sähkönjohtavuuteen nähden. Korkein arvo, 10,9 mS/m, on mitattu kevytlivirtaaman aikaan 8.5.2017 pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevästä uomasta. Korkeampi sähkönjohtavuus voi johtua laskeutusaltaan valuma-alueen metsätalousojitetuista alueista.

22.3.2017 Pienen Jukajärven syvänteestä mitattu redox-potentiaali (+52 mV) on alhainen. Rautayhdisteet muuttuvat ferriyhdisteistä vesiliukoiksi ferroyhdisteiksi redox-potentiaalin +200 mV, joten tuloksella on suora yhteys samana päivämääränä saatuihin suuriin rautapitoisuuksiin. Samana päivänä mitatut happipitoisuudet 5,2 mg/l (1 m pinnasta) ja 3,6 mg/l (1 m pohjasta) ovat ajankohtaan nähden

alusveden pitoisuuksiksi kohtalaisia, joskin happikyllästysasteet 40 % (1 m pinnasta) ja 26 % (1 m pohjasta) kertovat erityisesti Pienen Jukajärven pohjanläheisen veden heikosta happitilanteesta.

7.2 Pohjaeläimistö

7.2.1 Shannon-Wiener diversiteetti-indeksi

Tulokset pohjaeläimistöstä kauttaaltaan tutkimusalueelta osoittavat alhaista luonnon monimuotoisuutta Shannon-Wiener diversiteetti-indeksin saavuttaessa vain parhaimmillaankin arvon 1,98 pohjapadolla 17, joka kertoo matalasta luonnon monimuotoisuuden tilasta. Syksyllä 2016 (taulukko 24) saatujen pohjaeläinnäytteiden diversiteetti-indeksin tulosten keskiarvoksi saadaan 1,21, mikä kertoo erittäin matalasta luonnon monimuotoisuuden tilasta.

Taulukko 24. 26.9.2016 ja 29.9.2016 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut Shannon-Wiener diversiteetti-indeksit.

Näytteenottoasema	H'
Uittopato	0,85
Pohjapato 17	1,98
Pohjapato 16	1,18
Pohjapato 15	0,87
Pohjapato 14	1,88
Pohjapato 13	1,04
Pohjapato 12	0,88
Pohjapato 7	1,15
Pohjapato 6	1,16
Pohjapato 5	1,07

Maaliskuussa otetut näytteet ja niistä lasketut diversiteetti-indeksit Kissapuroilta (taulukko 25) osoittavat matalaa ja Pienestä Jukajärvestä saatu tulos erittäin matalaa luonnon monimuotoisuuden tilaa. Pohjaeläinnäytteistä lasketut Shannon-Wiener diversiteetti-indeksit joulukuulta 2015 kertovat matalasta ja erittäin matalasta luonnon monimuotoisuuden tilasta (taulukko 26).

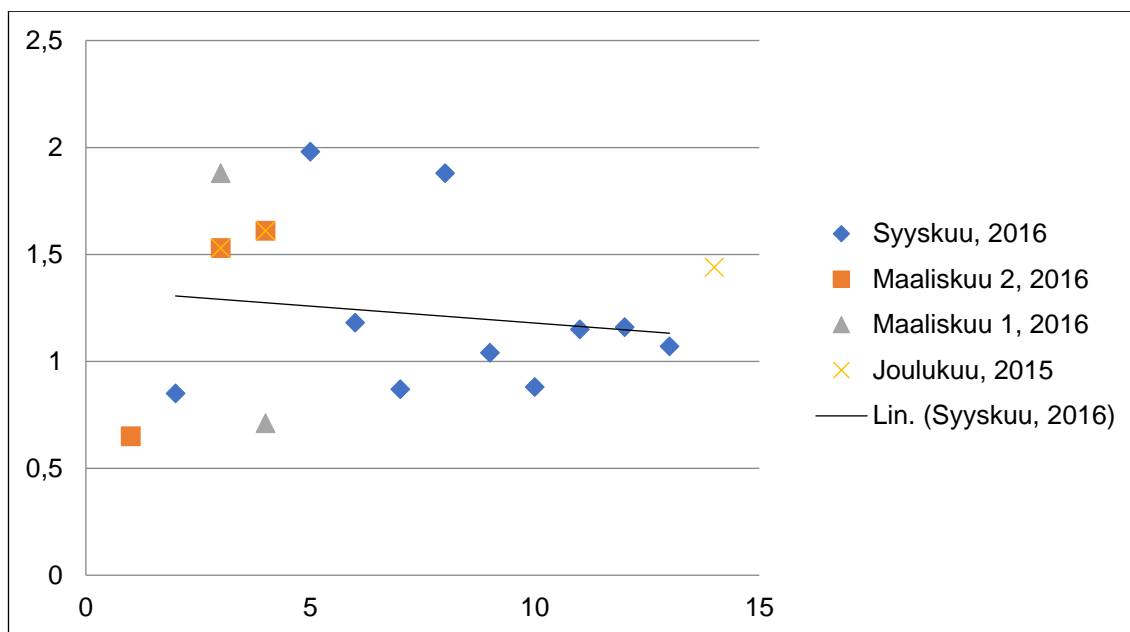
Taulukko 25. Keväällä 2016 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut Shannon-Wiener diversiteetti-indeksit.

Pvm.	Näytteenottoasema	H'
22.3.2016	Myllyvaarantie	1,88
22.3.2016	Särkivaarantie	0,71
31.3.2016	Pieni Jukajärvi, syväne	0,65
31.3.2016	Myllyvaarantie	1,53
31.3.2016	Särkivaarantie	1,61

Taulukko 26. 11.12.–14.12.2015 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut Shannon-Wiener diversiteetti-indeksit.

Näytteenottoasema	H'
Myllyvaarantie	1,53
Särkivaarantie	1,61
Kissapuron alajuoksu	1,44

Kuvion 21 koosteesta voidaan todeta, että syyskuun 2016 osalta diversiteetti-indeksin lineaarinen regressioanalyysi on laskeva. Tämä osoittaa diversiteetti-indeksin laskevan Jukajärveä kohti siirryttäessä.



Kuvio 21. Shannon-Wiener diversiteetti-indeksi (joulukuu 2015–syyskuu 2016) Pienen Jukajärven ja Kissapuron alajuoksun pohjaeläinnäytteenottoasemien väliseltä alueelta.

7.2.2 Tasaisuusindeksi

Tasaisuusindeksiä käytetään kuvaamaan määrällisesti eri lajien välisiä suhteita. Tasaisuusindeksi saa arvon 0 ja 1 välillä, jossa 1 kuvaa täydellistä tasaisuutta. (Beals ym. 2000.)

Tasaisuusindekseissä näytteenottoasemien välillä on merkittäviä eroja. Tulos 0,94 Pienen Jukajärven syvänteestä (taulukko 27) osoittaa pohjaeläinlajien lähestulkoon tasaista jakautumista ympäristössään. Liitteen 8 mukaan lajeja havaittiin kuitenkin näytteestä vain kahta eri tyyppiä, surviaissääsken (*Chironomidae*) ja sulkasääsken (*Chaoboridae*) toukkia. Molemmat lajit ovat tyyppisiä vähähappisen vesiympäristön lajeja ja ne myös indikoivat habitaattinsa eutrofiaa (Tossavainen 2007, 112–121). Tulosten toinen ääripää, 0,35, (taulukko 28) taas kuvaa lajimäärien voimakasta epätasaisuutta uittopadon alueella. Liitteen 8 mukaisesti uittopadon alueelta saaduista näytteistä on laskettu lähes 300 vesiperhosen (*Trichoptera*) toukkaa, mutta muiden lajien yksilöitä hyvin vähän. Tossavaisen (2007, 123) mukaan vesiperhosen toukka karttaa likaantuvia vesistöjä, eli se indikoi habitaattinsa oligotrofiaa. Taulukon 29 tasaisuusindeksit ovat keskimäärin samankaltaisia Kissapuron pohjaeläimien tasaisuusindeksejä tarkasteltaessa.

Taulukko 27. Keväällä 2016 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut tasaisuusindeksit (E).

Pvm.	Näytteenottoasema	E
22.3.2016	Myllyvaarantie	0,81
22.3.2016	Särkivaarantie	0,64
31.3.2016	Pieni Jukajärvi, syväne	0,94
31.3.2016	Myllyvaarantie	0,66
31.3.2016	Särkivaarantie	0,83

Taulukko 28. 26.9. ja 29.9.2016 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut tasaisuusindeksit (E).

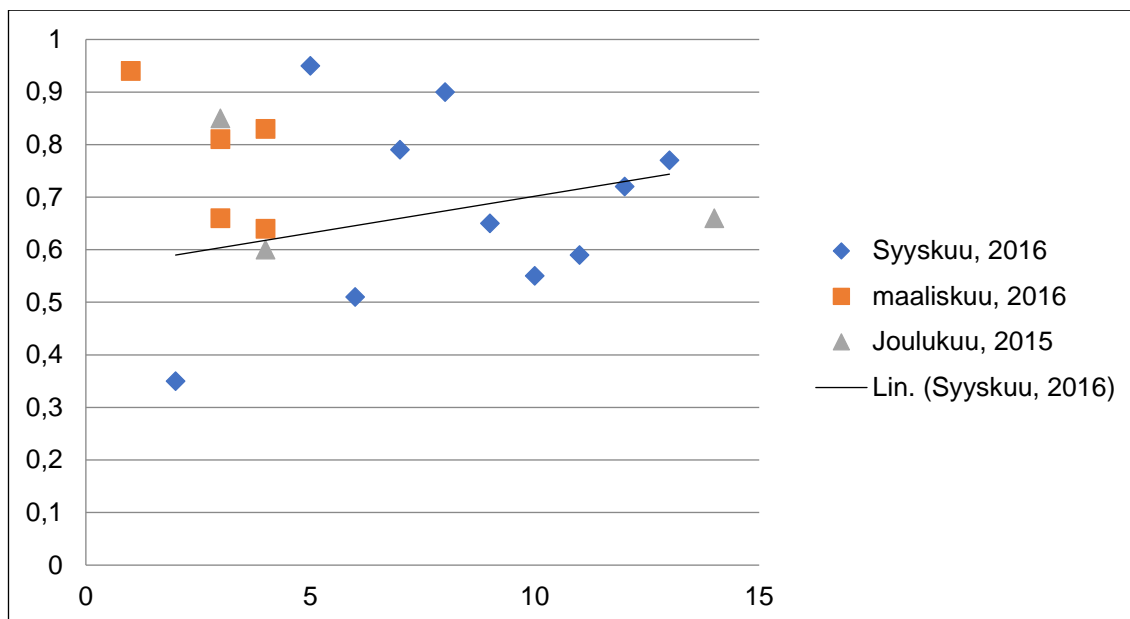
Näytteenottoasema	E
Uittopato	0,35
Pohjapato 17	0,95
Pohjapato 16	0,51
Pohjapato 15	0,79
Pohjapato 14	0,90
Pohjapato 13	0,65
Pohjapato 12	0,55
Pohjapato 7	0,59
Pohjapato 6	0,72
Pohjapato 5	0,77

Taulukko 29. 11.12.–14.12.2015 saatujen pohjaeläinnäytteiden perusteella lasketut tasaisuusindeksit (E).

Näytteenottoasema	E
Myllyvaarantie	0,85
Särkivaarantie	0,60
Kissapuron alajuoksu	0,66

Kuviota 22 tulkittaessa nähdään, että tasaisuusindeksi kasvaa siirryttäessä lähemmäs Jukajärveä lineaarisen regressioanalyysin mukaan. Kasvava tasaisuusindeksi voi kuvastaa siis myös lajimäärien vähyyttä. Syksyn 2016 Shannon-Wiener diversiteetti-indeksejä seuraten voidaan todeta myös, että lajien monimuotoisuus pienenee. Liitteestä 8 lisäksi huomataan, että saatujen yksilöiden määrä on vähäinen. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että Kissapuron rakenteen ja virtausolosuhteiden muutoksesta on suhteellisen lyhyt aika, sillä pohjaeläimet siirtyvät suhteellisen hitaasti uusille alueille.

Merkittävä tekijä pohjaeläimien vähyydelle ja tietynlaisen lajiston esiintymiselle, tutkimustulosten perusteella, voi olla vesistössä pääsääntöisesti yläjuoksun ja alajuoksun välillä lisääntyvä happamuus (Lodenius ym. 2010, 30). Myös voimakas uittoperkaus ja siten monotoninen uoman rakenne vaikuttavat omalta osaltaan heikentävästi pohjaeläimien tilaan (Tossavainen 2017).



Kuvio 22. Tasaisuusindeksi (joulukuu 2015–syyskuu 2016) Pienen Jukajärven ja Kissapuron alajuoksun pohjaeläinnäytteenottoasemien väliseltä alueelta.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön intensiivisimmät tutkimukset asettuivat ajallisesti syksyn 2016 ja kevään 2017 välille. Kesän 2016 aikana rakennettujen pohjapatojen vaikutusten tulkintaan aika on kuitenkin suhteellisen lyhyt, sillä mm. muokatun purouoman sammalkatteen palautuminen voi kestää toistakymmentä vuotta (ks. Eloranta 2010, 189). Yleisesti vesistöjen kunnostusvaikutusten seurannalla ja niiden tuloksilla on merkitystä niin paikallisesti, valtakunnallisesti kuin myös kansainvälisesti.

Pohjapatojen allastavan ja toisaalta virtausta voimistavan vaikutuksen voidaan arvioida parantavan varsinkin pohjaeläimien monimuotoisuutta ja luovan niille myös uudenlaisia elinympäristöjä. Virtausolosuhteiden muuttuminen ja mahdollisesti tulvien voimistuminen aiheuttanee muutoksia myös rantakasvillisuuteen.

8.1 Toimenpide-ehdotuksia

Kunnostuksen jatkuvan seurannan merkitystä koko Jukajärven kunnostushankkeelle ei voi liiaksi korostaa. Kunnostusvaikutusten seurannalle ja vaikuttavuuden arvioinnille tulee asettaa peruskysymykset: a) onko alueella tapahtunut muutoksia ja b) johtuvatko muutokset toimenpiteistä vai muista seikoista (Eloranta 2010, 56). Seurannassa tulee käyttää tässä opinnäytetyössä mainittuja näytteenotto-paikkoja, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Näytteenottoaikojen määrää voidaan rajata, jotta seuranta ei kuluta käytettävissä olevia voimavaroja tarpeettomasti. Jokaisen pohjapadon rakennetta olisi kuitenkin seurattava, jotta voidaan varmistua esimerkiksi vaeltavien kalojen mahdollisuudesta kulkea uomassa.

Seurannassa on tarkkailtava vähintään raudan ja pH:n tilaa Kissapuron ylä- ja alajuoksulla sekä pohjaeläimien monimuotoisuutta kattavasti Kissapuron alueella. Seurantaan olisi tärkeää liittää myös selvitys, mistä Pienen Jukajärven ja niin edelleen Kissapuron korkeat mangaanipitoisuudet johtuvat, tutkimalla Kissapuron eteläisen valuma-alueen vesiä. Tutkimusten perusteella Kissapuron kiintoaineen määrä on kohtuullisella tasolla, joten kyseisen muuttujan seuraaminen ei ole tarpeellista, mikäli valuma-alueella ei tehdä laajoja kunnostusohjelmia tai vastaavaa maanmuokkausta, josta kiintoainetta vapautuisi puroon (Tossavainen 2017).

8.2 Luotettavuus

Opinnäytetyön luotettavuuteen ovat olennaisesti vaikuttaneet käytettyjen lähteiden laatu sekä maasto- ja laboratoriotyöskentelyyn osallistuneiden henkilöiden taitotaso. Aineiston voidaan olettaa olevan kriittisen tarkastelun kestävä ja sekundäärilähteiden käyttöä on pyritty välttämään. Opinnäytetyön toteutuksessa käytetyt mittausrakenteet on kalibroitu mahdollisuuksien mukaan ennen käyttöä. Havaintopaikat sekä käytetyt menetelmät on kuvattu. Maasto- ja laboratoriotyöskentely rutinoitui toistuvuuden myötä.

Virhettä saatuihin tuloksiin voi aiheuttaa opinnäytetyön tekoon käytettyjen useimpien laitteiden ja välineiden mittaustarkkuuteen liittyvät virhemarginaalit, joiden vaikutuksen tuloksiin voidaan kuitenkin sanoa olevan pientä. Myös inhimilliset virheet ovat voineet vaikuttaa opinnäytetyön luotettavuuteen.

9 Kiitokset

Opinnäytetyöhön tarvittavan tutkimustiedon kerääminen oli aikaa vievä prosessi kaikkine mielenkiintoisine maasto- ja laboratoriopäivineenkin, ja siksi haluammekin kiittää seuraavia henkilöitä ja ryhmiä sekä työpanoksesta että hienojen muistojen luomisesta:

Tarmo Tossavainen, Jari Spoof, Matti Syväne, Marion Laventure, Antoine Scherer, ympäristö- ja energiatekniikan opiskelijaryhmät BIYNS13 ja BIYNS15 sekä maanmittausalan opiskelijat Jouko Heinonen, Dmitrii Iaroshenko, Hannu Kempainen, Ilja Korpelainen, Melina Kuosmanen, Jaakko Lavonen, Jari Nygren, Arttu Piitulainen, Aimo Anola-Pukkila, Niina Siekkeli ja Jan Taari opettaja Seppo Myllerin johdolla.

Viimeisimpänä, vaan ei vähäisimpänä, haluamme kiittää myös perheitämme sekä läheisiämme saamastamme tuesta.

Lähteet

- Ahtiainen, M. 1990. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja A 45. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus.
- Alhainen, M., Niemelä, T., Siekkinen, J., Svensberg, M., Kuittinen, J., Nurmi, J., Väyrynen, H., Rautiainen, M., Väänänen, V.-M., Nummi, P., Berndtson, S. & Korhonen, P. 2015. Kosteikko-opas. Suomen riistakeskus. <https://kosteikko.fi/julkaisut-ja-linkit/hankkeen-esitteet/>. 20.3.2017.
- Beals, M., Gross, L. & Harrell, S. 2000. Diversity indices: Shannon's H and E. <http://www.tiem.utk.edu/~gross/bioed/bealsmodules/shannonDI.html>. 2.6.2017.
- Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Helsinki: Kalatalouden keskusliitto.
- Eloranta, P. 2005. Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet. Teoksessa Ulvi, T. & Lakso, E. (toim.) Järvien kunnostus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Evira. 2017. Elintarvikkeiden sisältämät raskasmetallit. <https://www.evira.fi/yhteiset/vierasaineet/tietoa-vierasaineista/raskasmetallit/>. 31.5.2017.
- Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiahho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. Suomen Ympäristö 10. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37973/SY_10_2010.pdf. 10.1.2017.
- Geologian tutkimuskeskus. 2009. Maankamara - karttapalvelu. <http://gtkdata.gtk.fi/maankamara>. 1.6.2017.
- Happonen, P., Holopainen, M., Sotkas, P., Tenhunen, A., Tihtarinen-Ulmanen, M. & Venäläinen, J. 2008. BIOS 3. Ympäristöekologia. Helsinki: WSOY.
- Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. 2013. Hyvän metsänhoidon suositukset – Vesien suojeleminen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.
- Jokiniemi, A. 2013. Jäteveden leviäminen neljällä suomalaisella järvellä. Helsingin yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Pro-gradu - tutkielma. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40875/ProGradu_Jokiniemi.pdf?sequence=2. 9.1.2017.
- Karelia-ammattikorkeakoulu 2016. Opinnäytetyön ohje. Karelia-ammattikorkeakoulu. https://student.karelia.fi/fi/opinnot/oppari/opinnaytetyo_asiakirjakirjasto/Karelia_opinnaytetyon_ohje_03052016.pdf. 29.9.2016.
- Kasvio, P., Ulvi, T., Koskiahho, J. & Jormola, J. 2016. Kosteikkojen ja biosuodatusalueiden toimivuus hulevesien käsittelyssä. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2016. HULE-hankkeen loppuraportti. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/160201/SYKEra_7_2016.pdf?sequence=1. 4.5.2017.
- Kiiskinen, T. 2013. Jukajärven valuma-alueen kunnostustarpeen arviointi. Karelia-ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/handle/10024/55739>. 16.9.2016.
- Kokemäenjoen vesistön vesien suojeleminen ry. 2017. Vedenlaadun arvoste-

- luperusteet. <http://www.vesikeskus.fi/vedenlaatu/index.php?sivu=arvosteluperusteet>. 30.1.2017.
- Korhonen, J. 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Suomen ympäristö 45/2007. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38428/SY_45_2007.pdf?sequence=3. 19.1.2017.
- Laine, T., Vasander, H., Hotanen, J.-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2012. Suotyypit ja turvekankaat – opas kasvupaikkojen tunnistamiseen. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Lodenius, M., Manninen, S., Nieminen, T., Raiskinen, H., Ranta, P. & Willamo, R. 2010. Bioindikaattorit. http://www.helsinki.fi/ymparistotieteet/opiskelu/ymparistomuutos_ja_politiikka/opmon/Opmon21-2010c.pdf. 1.6.2017.
- Luotonen, H., Tolonen, K., Kotanen, J., Hokkanen, H., Niinioja, R., Ryabinkin, A., Litvinenko, A. & Kalmikov, M. 2005. Rantavyöhykkeen pohjaeläimistö niukkaravinteisen ja kirkasvetisen Karjalan Pyhäjärven ekologisen tilan ilmentäjänä. Rajavesien ekologisen tilan arviointi -hanke. Kajaani: Kainuun Sanomat Oy.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2015. Suomen riistataloudellinen kosteikkostrategia. http://mmm.fi/documents/1410837/1516659/MMM_3_2015_+Suomen+riistatalouden+kosteikkostrategia.pdf/00d75297-dcb1-4aef-86f9-003e82f73853. 20.3.2017.
- Maanmittauslaitos. 2017. Karttapalvelu. <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta?lang=fi>. 29.5.2017.
- Majaneva-Keijälä, T., Linnainmaa, M. & Seuri, M. 2017. Alumiinin terveysvaikutukset. http://www.ebm-guidelines.com/dtk/shk/avaa?p_artikkeli=ttl00016#R8. 10.1.2017.
- Majuri, P. 2010. Oulu: Iljansuon turvetuotantohanke - Vesistöjen pohjaeläinselvitys, Pöyry.
- Marttila, H., Tammela, S. & Kløve, B. 2008. Johdatus virtavesien prosesseihin. Teoksessa Ahola, M. & Havumäki, M. (toim.) Purokunnostusopas. Käsikirja metsäpurojen kunnostajille. Kajaani: Kainuun ympäristökeskus. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38835>. 20.3.2017.
- Metla & Evték-ammattikorkeakoulu. 2017. Metsätyypit – opas kasvupaikkojen luokitteluun. <http://www.metla.fi/metinfo/kasvupaikkatyypit/metsatyyppit.swf>. 20.5.2017.
- Niemi, J. & Raateland, A. 2007. River water quality in the Finnish Eurowaternet. BER 12:571-584. <http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber12/ber12-571.pdf>. 10.5.2017.
- Niinimäki, J. & Penttinen, K. 2014. Vesienhoidon ekologiaa. Ravintoverkkokunnostus. Helsinki: Books on Demand GmbH.
- Nurminen, M.-L. 1998. Vitamiinien ja kivennäisaineiden ABC. 2. painos. Helsinki: WSOY.
- Ohlsen, L.-H., Sunesen, J. & Pedersen, P.V. Vesikirppu ja sudenkorento, maakean veden eläimiä. Helsinki: WSOY.
- Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen. 2. painos. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.
- P09/16/431 Maanmittausalan perustutkintoon valmistava koulutus. 2017. Kissa-puro mittausraportti 2017. Joensuu: Pohjois-Karjalan aikuisopisto.

Julkaisematon materiaali.

- Palviainen, M. & Finér, L. 2013. Kunnostusojituksen vaikutus vesistöjen humuskuormitukseen. TASSO-hankkeen julkaisuja. Jyväskylä: Kopijyvä.
- Penttinen, K. & Niinimäki, J. 2010. Vesiensuojelun perusteet ja vesistöjen kunnostus. Helsinki: Opetushallitus.
- Ratava, P. 2013. Metallimalmikaivosten vesistövaikutukset – esimerkkinä Talvi-vaaran kaivoksen sulfaatti-, natrium- ja mangaanipäästöt. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Pro-gradu -tutkielma.
- Rikkinen, J. 2008. Jäkälät ja sammalet Suomen luonnossa. Helsinki: Otava.
- Sarvilinna, A. & Sammalkorpi, I. 2010. Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito. Ympäristöopas. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. 1352/2015.
- Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2014. Corine maanpeite 2012. <http://meta-tieto.ymparisto.fi:8080/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7BD54C552F-F7F7-489B-8B1E-E093D93C7386%7D>. 2.6.2017.
- Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2017. VALUE - Valuma-alueen rajaustyökalu. <http://paikkatieto.ymparisto.fi/value/>. 29.5.2017.
- Suomen ympäristöpalvelu. 2016. Toimintaohjeet - vesinäytteet. www.suomenymparistopalvelu.fi/filewrap.php?c=&f=vesinaytetilaus_ohjeet.pdf. 19.1.2017.
- Särkkä, J. 1996. Järvet ja ympäristö. Limnologian perusteet. Tampere: Gaudeamus Kirja.
- Tieteen termipankki. 2014. Redox-potentiaali. <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:redox-potentiaali>. 10.5.2017.
- Tossavainen, T. 2007. AY2179. Kasvi- ja eläinplankton-, sekä pohjaeläinopetus -luentomoniste. Joensuu: Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2012. Pohjaeläimistön tunnistusopas. BIY2021 Limnologia -luentomoniste. Joensuu: Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2013. Kontiolahden ja Joensuun alueilla sijaitsevan Jukajärven ja sen lasku-uoman, Jukajoen, nykyinen tila – Yhteenveto vuonna 2012 tehdyistä tutkimuksista ja selvityksistä. Teoksessa Mustonen, K. & Mustonen, T. (toim.) Jukajärven ja -joen hoitosuunnitelma – Selkien perinteestä ja luonnosta 5. Waasa Graphics Oy.
- Tossavainen, T. 2015. BIY2024 Limnologinen projekti -luentomoniste. Joensuu: Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2017. Henkilökohtainen tiedonanto. 7.6.2017.
- Ursing, B. & Gidstam, B. 2011. Otavan värikasvio. Suomentanut: Hiitonen, I., Kurto, A. & Helynranta, L. 8. painos. Helsinki: Otava.
- Vesilaki 587/2011.
- Vesistöjen tilan kehitys. 2014. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/PohjoisPohjanmaan_ymparistohistoria/Vesistojen_tilan_kehitys\(15242\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/PohjoisPohjanmaan_ymparistohistoria/Vesistojen_tilan_kehitys(15242)). 9.1.2017.
- Vuori, K.-M., Bäck, S., Hellsten, S., Karjalainen, S., Kauppila, P., Lax, H.-G., Lepistö, L., Londesborough, S., Mitikka, S., Niemelä, P., Niemi, J., Perus, J., Pietiläinen, O.-P., Pilke, A., Riihimäki, J., Rissanen, J., Tammi, J., Tolonen, K., Vehanen, T., Vuoristo, H. & Westberg, V. 2006. Helsinki: Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet.
- Väre, H. 2011. Suomen rantakasvio. Helsinki: Metsäkustannus.
- Wetzel, R. G. 2001. Limnology: Lake and river ecosystems. Third edition. USA:

Academic press.

Ympäristö. 2016. Tulvasanasto. www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvasanasto. 29.5.2017.

Ympäristö. 2017. Liite 3. Vedenlaatuluokituksen raja-arvot ja lähteet. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8A7CACB5-3A30-4443-8470-E612AEBCF5FA%7D/91995>. 29.5.2017.

Pohjapatojen koordinaatit, ETRS-TM35FIN, kaista 36V

Tunnus	I	P
Pohjapato 20	350830	6938209
Pohjapato 19	350759	6938281
Pohjapato 18	350715	6938360
Pohjapato 17	350682	6938462
Pohjapato 16	350621	6938536
Pohjapato 15	350567	6938598
Pohjapato 14	350517	6938640
Pohjapato 13	350503	6938748
Pohjapato 12	350445	6938765
Pohjapato 11	350390	6938851
Pohjapato 10	350358	6938923
Pohjapato 9	350272	6939065
Pohjapato 8A	350237	6939110
Pohjapato 8	350248	6939094
Pohjapato 7	350251	6939157
Pohjapato 6	350288	6939242
Pohjapato 5	350266	6939280
Pohjapato 4	350239	6939344
Pohjapato 3	350201	6939431
Pohjapato 2	350162	6939535
Pohjapato 1	350156	6939606
Pohjapato 1A	350161	6939662
Pohjapato 1B	350120	6939765

Rauta-analyysien tulokset havaintopaikoittain

Fe-pitoisuudet havaintopaikoittain (µg/l)	11.12.2015	14.12.2015	29.3.2016	31.3.2016	6.4.2016	2.6.2016	2.9.2016	29.9.2016	9.11.2016	21.3.2017	8.5.2017
Uittopato											
Myllyvaarantie		1320	1170	1210	1440	1010	1800	1210 1380	1490 2220	1260 1220	1300 1490
Pohjapato 20								1610	1740	1470	1470
PP18 & PP19 välinen lasketusallas, lähtevä									4070	5110	1450
PP14 & PP15 välinen lasketusallas, lähtevä									3240	1110	580
Pohjapato 14									1800	1590	1190
Pohjapato 12; Sätkivaarantie	1590	1670	1440	1510	2160	1310	2180	1880	1830	1600	1180
PP10 luontaisen uoman yläpuolelta								1910	1830	1610	1200
PP10 luontainen uoma, lähtevä								1940	1870	1600	1240
Pohjapato 5									1910	1680	1290
Pohjapato 3								2140			
Pohjoiselta lasketusaltaalta lähtevä uoma	2680							4960	5190	4960	3350
Lietekuoppa											960
Pohjapato 1B									2070	1820	1310
Kissapuron alalajuksu	2040	2090	1940		2380	1950	2840		2440	2250	1530

Alumiinianalyysien tulokset havaintopaikoittain

Al-pitoisuudet havaintopaikoittain ($\mu\text{g/l}$)	29.3.2016	31.3.2016	6.4.2016	2.6.2016	9.11.2016	21.3.2017	8.5.2017
Uittopato					130	80	130
Myllyvaarantie	30	70	180	100	110	70	160
Pohjapato 20					90	80	160
PP18 & PP19 välinen laskeutusallas, lähtevä					120	150	100
PP14 & PP15 välinen laskeutusallas, lähtevä					260	170	180
Pohjapato 14					120	90	150
Pohjapato 12, Särkivaarantie	70	90	120	80	110	80	140
PP10 luontaisen uoman yläpuolelta					110	90	140
PP10 luontainen uoma, lähtevä					100	90	120
Pohjapato 5					110	90	140
Pohjoiselta laskeutusaltaalta lähtevä uoma					370	290	480
Lietekuoppa							240
Pohjapato 1B					100	90	170
Kissapuron alajuoksu	120		150	110	130	100	160

pH-analysien tulokset havaintopaikoittain

pH-annot havaintopaikoittain (µg/l)	11.12.2015	14.12.2015	22.3.2016	29.3.2016	31.3.2016	6.4.2016	15.4.2016	2.6.2016	2.9.2016	26.9.2016	29.9.2016	9.11.2016	21.3.2017	8.5.2017
Liittopato														
Myllyvaerante		5,33	6,00	6,08	5,88	6,08	4,54	5,94	5,88	6,08	6,12	5,47	6,04	4,45
Pohjapato 20											6,03	5,58	6,21	4,42
PP18 & PP19 välinen lasketusallas, lähtevä												3,93	5,53	3,96
PP14 & PP15 välinen lasketusallas, lähtevä												4,36	4,23	3,89
Pohjapato 14												5,49	6,17	4,42
Pohjapato 12, Sätkivaerante			6,10	6,17	5,91	5,90	4,54	5,95	5,91	6,09	5,93	5,48	6,14	4,40
PP10 luontaisen uoman yläpuolelta											5,96	5,45	6,16	4,41
PP10 luontainen uoma, lähtevä											5,95	5,42	6,16	4,41
Pohjapato 5												5,39	6,15	4,41
Pohjapato 3											5,74			
Pohjoiselta lasketusaltaalta lähtevä uoma		4,29									4,10	4,72	5,21	3,70
Lietekuoppa														3,74
Pohjapato 1B												5,36	6,11	4,36
Kissapuon alajuoksu	5,12	5,27	6,03	6,15		5,95	4,51	5,8	5,89			5,39	5,53	4,30

Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy, kiintoaineraportti 17.5.2017



**SAVO-KARJALAN
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY**

TESTAUSSELOSTE
Vesitutkimus^
17.5.2017

17-2791 1 (2)
#4



Selkien kyläyhdistys ry
Tero Mustonen
Havukkavaarantie 29
81235 LEHTOI

Tilausno 220217 (4546/VESINÄYT), saapunut 8.5.2017, näytteet otettu 8.5.2017
Näytteenottaja: Rouvinen Mia

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
10530	BK-12
10531	BK-13
10532	BK-14
10533	BK-15
10534	BK-16
10535	BK-19
10536	BK-20

**MÄÄRITYSTULOKSET /
NÄYTTEET**

läärittys	Yksikkö	10530	10531	10532	10533	10534	10535
iiintoaine *	mg/l	<1	<1	<1	<1	1,4	<1

läärittys	Yksikkö	10536
iiintoaine *	mg/l	1,3

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

Menetelmätiedot viimeisellä sivulla, * = akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamäärittäminen

LAUSUNTO

Kiintoainetutkimus
Kissapuron alue/Jukajärven valuma-alue, Joensuu. Kiihtelysvaara


Saadut arvot:
BK-12: 0,93 mg/l
BK-13: 0,89 mg/l
BK-14: 0,77 mg/l
BK-15: 0,81 mg/l
BK-16: 1,40 mg/l
BK-19: 0,92 mg/l
BK-20: 1,26 mg/l

Lisätietoja antaa kemisti Kaisa Kokkarinen, p.044 7647205

Sauli Schroderus

Sauli Schroderus
tutkija

Testausselosteen tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Mittausepävarmuudet: kemiallisille menetelmille viimeisellä sivulla, kvant. mikrobiologisille menetelmille ilmoitetaan pyydettyessä

Katuosoite Yrittäjätie 24 70150 KUOPIO	Postiosoite Yrittäjätie 24 70150 KUOPIO	Puhelin *017-2647200	Sähköposti toimisto@ymparistotutkimus.fi	Y-tunnus 1869466-1	
	SAVO-KARJALAN YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY	TESTAUSSELOSTE Vesitutkimus^ 17.5.2017		17-2791 #4	2 (2)

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
Kiintoaine *	SFS-EN 872 (2005), suodatin Whatman GF/C (TL30)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL30	SKYT Oy, Kuopion laboratorio

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisaj.
Kiintoaine *	2017/10530	Määrittämysrajan alitus	9.5.2017
	2017/10531	Määrittämysrajan alitus	9.5.2017
	2017/10532	Määrittämysrajan alitus	9.5.2017
	2017/10533	Määrittämysrajan alitus	9.5.2017
	2017/10534	±25 %	9.5.2017
	2017/10535	Määrittämysrajan alitus	9.5.2017
	2017/10536	±25 %	9.5.2017

Testausselosteen tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Mittausepävarmuudet: kemiallisille menetelmille viimeisellä sivulla, kvant. mikrobiologisille menetelmille ilmoitetaan pyydettyessä

Pohjapatovälien alku- ja loppupisteiden koordinaatit ja syvyydet (P09/16/431 Maanmittausalan perustutkintoon valmistava koulutus 2017)

Patoväli	X	Alkupiste		Syvys	X	Loppupiste		Syvys
		Y				Y		
1B-1A	6939158.836	30504333.925	0.4 m	6939055.766	30504372.294	0.9 m		
1A-1	6939051.820	30504375.520	0.6 m	6939000.422	30504377.874	0.7 m		
1-2	6938997.387	30504374.677	0.5 m	6938928.993	30504386.064	0.3 m		
2-3	6938928.585	30504385.395	0.7 m	6938835.483	30504428.030	0.7 m		
3-4	6938830.707	30504429.705	0.6 m	6938739.291	30504469.762	0.9 m		
4-5	6938737.346	30504469.473	0.4 m	6938682.435	30504497.777	0.5 m		
5-6	6938679.847	30504496.663	0.6 m	6938642.178	30504524.007	0.1 m		
6-7	6938640.459	30504524.228	0.5 m	6938560.379	30504490.972	0.7 m		
7-8	6938563.071	30504484.511	0.6 m	6938488.101	30504489.108	0.5 m		
8-9	6938488.101	30504489.108	0.7 m	6938463.178	30504516.039	0.3 m		
9-10	6938463.178	30504516.039	1.0 m	6938329.678	30504608.665	0.4 m		
10-11	6938327.195	30504608.073	0.7 m	6938258.735	30504640.599	0.8 m		
11-12 ylä (Kissapurontien pohjoispuoli)	6938258.735	30504640.599	1.1 m	6938202.247	30504677.123	0.7 m		
11-12 ala (Kissapurontien eteläpuoli)	6938194.655	30504682.282	0.7	6938175.938	6938175.938	0.3 m		
12-13	6938175.938	30504704.280	0.3 m	6938160.493	30504765.193	0.6 m		
13-14	6938160.493	30504765.193	0.7 m	6938050.860	30504786.103	0.6 m		
14-15	6938050.860	30504786.103	0.5 m	6938008.691	30504832.697	0.7 m		
15-16	6938008.691	30504832.697	0.7 m	6937958.125	30504889.219	0.7 m		
16-17	6937958.125	30504889.219	0.7 m	6937878.744	30504955.549	0.3 m		
17-18	6937878.744	30504955.549	0.3 m	6937780.264	30504991.832	0.5 m		
18-19	6937780.264	30504991.832	0.4 m	6937708.701	30505040.318	0.5 m		
19-20	6937708.701	30505040.318	0.7 m	6937635.231	30505111.409	0.3 m		
20-loppu	6937635.231	30505111.409	0.3 m	6937594.379	30505168.147	0.9 m		

Kasvillisuuskartoituksen tuloksia

HAVAINTOPAIKKA 1

Koordinaatit & aika (alku ja loppu)	Ala	Kasvit	Osuus (%)	Kpl
0350138 6939694 -	1	korpirahkasammal	30	
0350137 6939680		taskulapasammal	5	
		metsälauha	60	
		suo-orvokki	5	
		siniheinä	5	
		terttualpi		12
KLO 12.30 - 13.35	2	korpirahkasammal	15	
		taskulapasammal	1	
		korpikarhunsammal	5	
		paju		2
		metsälauha	40	
		koivu		1
		rantapalpakko	10	
	vehka		1	
	3	korpirahkasammal	10	
		taskulapasammal	40	
		metsälauha	3	
		karheanurmikka	5	
		siniheinä	5	
		suoputki		1
	4	korpirahkasammal	35	
		korpikarhunsammal	10	
		metsälauha	10	
		karheanurmikka	10	
		siniheinä	10	
		sieni		1
		taskulapasammal	3	
		terttualpi		4
	5	korpirahkasammal	30	
		taskulapasammal	2	
		korpikarhunsammal	5	
		karheanurmikka	10	
		siniheinä	10	
		suoputki		1
		metsälauha	3	
		sieni		2
		terttualpi		5
	6	korpirahkasammal	25	
		metsälauha	20	
		sieni		3
		suo-orvokki		3
		karheanurmikka	5	
		siniheinä	15	
		suoputki		1
		terttualpi		4
	7	korpirahkasammal	70	
		puolukka		17
		karheanurmikka	5	
		siniheinä	5	
		suoputki		4
		metsälauha	5	

HAVAINTOPAIKKA 2

Koordinaatit & aika (alku ja loppu)	Ala	Kasvit	Osuus (%)	Kpl		
0350455	1	korporahkasammal	40	9		
6938769		korpikarhunsammal	3			
-		suo-orvokki				
0350450		siniheinä	40			
6938765		rantamatara				
KLO		2	metsälauha		40	1
14.20 - 14.46			ojakellukka			
		korporahkasammal	90	8		
		kurjenjalka		20		
		suo-orvokki				
	3	korporahkasammal	60	28		
		suo-orvokki				
		metsälauha	5			
		siniheinä	35			
		kurjenjalka		2		
		rantapalpakko	3			
	4	korporahkasammal	35	5		
		korpikarhunsammal	2			
		suo-orvokki				
		siniheinä	40			
	5	korporahkasammal	75	8		
		siniheinä	5			
		metsälauha	2			
		suo-orvokki				
		puolukka				
		sieni				
		kurjenjalka				
		korpikarhunsammal	2			
		rantapalpakko	1			
	6	korporahkasammal	50	9		
		siniheinä	70			
		suo-orvokki				
		sieni				
		terttualpi				
		rantapalpakko	1			
	7	korporahkasammal	30	1		
		puolukka				
		suo-orvokki				
		siniheinä	50			
		sieni				
		rantapalpakko	1			

Pohjaeläintutkimusten tuloksia

Havaintopaikka	Havaintopaikka	Shannon-Wiener Indeksi	Survivaissääskien toukka	Harvasukamato	Polttilaisen toukka	Vesiperhosen toukka	Koskikorenon toukka	Sukkulamato
			Chironomidae	Oligochaeta	Ceratopogonidae	Trichoptera	Plecoptera	Nematodi
11.12.2015	Kissapuro, alajoksu, 1/3	-1,44	7	0	0	3	1	0
11.12.2015	Kissapuro, alajoksu, 2/3	1,44	11	1	0	1	0	0
11.12.2015	Kissapuro, alajoksu 3/3		6,3	0,3	1,0	1,3	0,3	0,0
Keskiarvo			0,594	0,031	0,094	0,125	0,031	
Osuus, %								
14.12.2015	Särkivaarantie 1/3	-1,17	1	1	0	4	9	60
14.12.2015	Särkivaarantie 2/3	1,17	2	0	0	1	15	0
14.12.2015	Särkivaarantie 3/3		0	4	0	4	16	11
Keskiarvo			1,0	1,7	0,0	3,0	13,3	23,7
Osuus, %			0,023	0,038		0,069	0,308	0,546
14.12.2015	Myllyvaarantie 1/3	-1,87	4	1	0	0	7	0
14.12.2015	Myllyvaarantie 2/3	1,87	16	2	0	0	8	0
14.12.2015	Myllyvaarantie 3/3		2	1	0	16	19	0
Keskiarvo			7,3	1,3	0,0	5,3	11,3	0,0
Osuus, %			0,191	0,035		0,139	0,296	
22.3.2016	Särkivaarantie 1/3	-0,71	0	3	0	0	15	0
22.3.2016	Särkivaarantie 2/3	0,71	0	0	0	0	6	2
22.3.2016	Särkivaarantie 3/3		0	4	0	0	5	0
Keskiarvo			0,0	2,3	0,0	0,0	8,7	0,7
Osuus, %			0,200				0,743	0,057
22.3.2016	Myllyvaarantie 1/3	-1,88	9	2	0	1	3	0
22.3.2016	Myllyvaarantie 2/3	1,88	0	1	0	2	3	0
22.3.2016	Myllyvaarantie 3/3		6	0	0	15	6	0
Keskiarvo			5,0	1,0	0,0	6,0	4,0	0,0
Osuus, %			0,242	0,048		0,290	0,194	
31.3.2016	Särkivaarantie 1/3	-1,61	1	0	0	5	2	0
31.3.2016	Särkivaarantie 2/3	1,61	0	0	0	1	7	0
31.3.2016	Särkivaarantie 3/3		2	0	0	4	8	0
Keskiarvo			1,0	0,0	0,0	3,3	5,7	0,0
Osuus, %			0,071			0,238	0,405	

Kovakuoriainen	Päiväkorenon toukka	Vesipunkki	Simpukka	Sulkahytysen toukka	Malluainen	Kotilo	Sammakko (kehitysaste)	Sudenkorenon toukka
Coleoptera	Ephemeroptera	Hydrachnidia	Bivalvia	Chaoboridae	Notonectidae	Gastropoda	Amura	Odonata
0	0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0
				0,031	0,031	0,031	0,031	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
0,008								0,008
3	0	1	5	0	0	0	0	0
1	6	2	0	0	0	0	0	0
5	14	1	0	0	0	0	0	1
3,0	6,7	1,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
0,078	0,174	0,035	0,043					0,009
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0	4	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	4	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2
0,0	1,3	0,7	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,7
	0,065	0,032		0,065				0,032
0	0	0	0	3	0	0	0	1
0	4	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0
0,0	1,7	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,7
	0,119			0,095				0,048

Kummitussääskien toukka	Kaislakorennon toukka	Paarmannin toukka	Juotikas	Likakärpänen	Vaaksiaisen toukka	Yhteensä
Ptychopterae	Megaloptera	Tabanidae	Hirudinea	Eristalis	Tipulidae	
0	0	0	0	0	0	15
0	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	13
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,7
0	0	0	0	0	0	1,0
0	0	0	0	0	0	75
0	0	0	0	0	0	20
0	0	0	0	0	0	35
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,3
0	0	0	0	0	0	1,0
0	0	0	0	0	0	21
0	0	0	0	0	0	35
0	0	0	0	0	0	59
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,3
0	0	0	0	0	0	18
0	0	0	0	0	0	8
0	0	0	0	0	0	9
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,7
1	0	0	0	0	0	22
0	0	0	0	0	0	10
0	1	0	0	0	0	30
0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	20,7
0,016	0,016					
0	0	0	0	1	0	13
0	0	0	0	0	0	14
0	0	0	0	0	0	15
0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	14
				0,024		

Havaintoaika	Havaintopaikka	Shannon-Wiener Indeksi	Surviaissääskien toukka Chironomidae	Harvasukasmato Oligochaeta	Pottiläisen toukka Ceratopogonidae	Vesiperhosen toukka Trichoptera	Koskikorenonn toukka Plecoptera	Sukkulamato Nematodi
31.3.2016	Myllyvaarantie 1/3		0	2	0	4	14	0
31.3.2016	Myllyvaarantie 2/3	-1,53	2	3	0	0	8	0
31.3.2016	Myllyvaarantie 3/3	1,53	0	0	0	10	18	0
Keskiarvo			0,7	1,7	0,0	4,7	13,3	0,0
Osuus, %			0,017	0,043		0,120	0,342	
31.3.2016	Pieni Jukajärvi, syväne 1/3		39	0	0	0	0	0
31.3.2016	Pieni Jukajärvi, syväne 2/3	-0,65	68	0	0	0	0	0
31.3.2016	Pieni Jukajärvi, syväne 3/3	0,65	34	0	0	0	0	0
Keskiarvo			47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Osuus, %			0,354					
26.9.2016	Uittopato 1/3		0	4	0	62	0	0
26.9.2016	Uittopato 2/3	-0,85	0	1	0	136	0	0
26.9.2016	Uittopato 3/3	0,85	26	0	0	71	11	0
Keskiarvo			8,7	1,7	0,0	89,7	3,7	0,0
Osuus, %			0,077	0,015		0,801	0,033	
26.9.2016	Pohjapato 12 1/3		1	0	0	0	0	0
26.9.2016	Pohjapato 12 2/3	-0,88	19	1	0	0	2	0
26.9.2016	Pohjapato 12 3/3	0,88	8	0	0	2	0	0
Keskiarvo			9,3	0,3	0,0	0,7	0,7	0,0
Osuus, %			0,824	0,029		0,059	0,059	
26.9.2016	Pohjapato 7 1/3		2	0	0	0	1	0
26.9.2016	Pohjapato 7 2/3	-1,15	6	1	0	0	0	0
26.9.2016	Pohjapato 7 3/3	1,15	0	2	0	0	0	0
Keskiarvo			2,7	1,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Osuus, %			0,444	0,167			0,056	
26.9.2016	Pohjapato 6 1/3		3	0	0	0	0	0
26.9.2016	Pohjapato 6 2/3	-1,16	5	0	1	0	2	0
26.9.2016	Pohjapato 6 3/3	1,16	4	0	0	0	2	0
Keskiarvo			4,0	0,0	0,3	0,0	1,3	0,0
Osuus, %			0,600		0,050		0,200	

Kovakuoriainen Coleoptera	Päiväkorenon toukka Ephemeroptera	Vesipunkki Hydrachnidia	Simpukka Bivalvia	Sulkahytysen toukka Chaoboridae	Malluainen Notonectidae	Kotilo Gastropoda	Sammakko (kehitysaste) Anura
4	15	1	0	0	0	0	0
0	9	0	0	0	0	0	0
0	22	0	0	2	0	0	0
1,3	15,3	0,3	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0
0,034	0,393	0,009		0,017			
0	0	0	0	155	0	0	0
0	0	0	0	68	0	0	0
0	0	0	0	34	0	0	0
0,0	0,0	0,0	0,0	85,7	0,0	0,0	0,0
				0,646			
0	7	4	0	0	0	0	0
0	0	0	2	0	0	0	0
2	7	0	0	0	0	0	0
0,7	4,7	1,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
0,006	0,042	0,012	0,006				
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		0,029					
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
			0,111				
0	0	0	1	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,7	0,0
			0,050			0,100	

Havaintoaika	Havaintopaikka	Shannon-Wiener Indeksi	Surviaissäskien toukka Chironomidae	Harvasukasmato Oligochaeta	Polttaisen toukka Ceratopogonidae	Vesiperhosen toukka Trichoptera	Koskikorenonn toukka Plecoptera	Sukkulamato Nematodi
26.9.2016	Pohjapato 5 1/3	-1,07	5	3	0	0	0	0
26.9.2016	Pohjapato 5 2/3	1,07	2	0	0	0	0	0
26.9.2016	Pohjapato 5 3/3		0	0	0	0	0	0
Keskiarvo			2,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Osuus, %			0,583	0,250				
29.9.2016	Pohjapato 17 1/3	-1,98	2	1	0	0	0	0
29.9.2016	Pohjapato 17 2/3	1,98	0	2	5	2	2	0
29.9.2016	Pohjapato 17 3/3		1	1	0	0	2	0
Keskiarvo			1,0	1,3	1,7	0,7	1,3	0,0
Osuus, %			0,097	0,129	0,161	0,065	0,129	
29.9.2016	Pohjapato 16 1/3	-1,18	3	0	0	0	0	0
29.9.2016	Pohjapato 16 2/3	1,18	15	0	0	0	1	0
29.9.2016	Pohjapato 16 3/3		22	1	0	1	3	0
Keskiarvo			13,3	0,3	0,0	0,3	1,3	0,0
Osuus, %			0,714	0,018		0,018	0,071	
29.9.2016	Pohjapato 15 1/3	-0,87	1	0	0	0	3	0
29.9.2016	Pohjapato 15 2/3	0,87	0	0	0	0	0	0
29.9.2016	Pohjapato 15 3/3		0	0	0	0	1	0
Keskiarvo			0,3	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0
Osuus, %			0,167				0,667	
29.9.2016	Pohjapato 14 1/3	-1,88	0	1	1	2	0	0
29.9.2016	Pohjapato 14 2/3	1,88	5	4	0	0	2	0
29.9.2016	Pohjapato 14 3/3		1	1	0	0	0	0
Keskiarvo			2,0	2,0	0,3	0,7	0,7	0,0
Osuus, %			0,250	0,250	0,042	0,083	0,083	
29.9.2016	Pohjapato 13 1/3	-1,04	0	0	3	0	18	0
29.9.2016	Pohjapato 13 2/3	1,04	0	0	0	0	0	0
29.9.2016	Pohjapato 13 3/3		0	1	0	1	0	0
Keskiarvo			0,0	0,3	1,0	0,3	6,0	0,0
Osuus, %				0,037	0,111	0,037	0,667	

Kovakuorainen Coleoptera	Päiväkorenon toukka Ephemeroptera	Vesipunkki Hydrachnidia	Simpukka Bivalvia	Sulkahyttysen toukka Chaoboridae	Malluainen Notonectidae	Kotilo Gastropoda	Sammakko (kehitysaste) Anura
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		0,083					
0	0	1	8	0	0	0	0
0	2	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0,0	1,0	0,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,097	0,065	0,258				
0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0,3	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,018	0,054	0,018					
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		0,167					
0	2	1	2	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0,0	1,3	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,167	0,042	0,083				
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	3	0	0	0	0	0
0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		0,148					

