

Arkadian yhteislyseon ja Muonion lukion Tunturivesitutkimus 2014

Mika Sipura (toim.)

Johdanto

Arkadian yhteislyseo on toteuttanut vuosina 2012 ja 2013 vaelluskurssin Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa liikunnan, terveystiedon, biologian ja maantieteen yhteistyönä. Kurssilla on vaellettu Hetta-Pallas -reitti 6-21 kilometrin päivätaipaleisiin jaettuna, ja yövytty teltoissa neljästi autiotu-pien tuntumassa. Erä- ja vaellustaitojen harjoittelun ohessa kurssilla on tehty eliömaantieteellinen tutkimus, jossa on selvitetty Pallas- ja Ounastuntureiden väliin jäävän Suastunturin kasvillisuuden vertikaalijakaumaa.

Juomavesi on otettu vaelluksilla matkan varrelle osuneista tunturipuroista, lammista ja järivistä. Vaikka tunturipurojen raikkaus on yllättänyt monet sameisiin eteläsuomalaisiin vesiin tottuneista, syyskesän pintavedet ovat olleet usein lämpimiä, ja niissä on joskus erottunut vieraita makuja. Silloin tällöin vedenottoaikoilla on ollut varoituksia likaantuneesta vedestä ja vatsatautiriskistä, ja veden keittämistä ennen käyttöä on yleisesti suositeltu. Tämä on herättänyt vaeltajien keskuudessa keskustelua. Onko tuntureiden kirkas pintavesi sittenkään juomakelpoista? Mistä johtuvat vesien makuerot? Likaavatko porot vesiä? Miksi purojen vesi on maultaan niin erilaista nurmijärveläisiin luonnonvesiin ja hanaveteen verrattuna?

Vuoden 2014 vaelluskurssin tutkimusosioksi nostimme edellä mainittujen kysymysten innoittamina vesitutkimuksen, jonka tavoitteena on selvittää tunturipurojen, lampien ja järvien veden kemiallisia ja biologisia ominaisuuksia suhteessa Arkadian yhteislyseon Valkjärvi-projektin yhteydessä tutkittujen nurmijärveläisten vesien ominaisuuksiin. Teimme tutkimuksen Arkadian yhteislyseon vaelluskurssilaisten, Muonion lukion vaelluskurssilaisten ja Arkadian yhteislyseon ensimmäisen jakson biologian opiskelijoiden yhteistyönä.

Tutkitut vedet

Valitsimme vaellusreittimme varrelta 18 potentiaalista juomaveden lähdettä tutkimukseen. Mukana on kuusi tuntureilta alkunsa saavaa puroa, seitsemän järveä tai lampea, kaksi autiotuvan kaivoa, ja kolme maan sisältä pulppuavaa taukopaikkojen pientä vesinoroa. Lisäksi tutkimme Muonion lukion kieliluokan hanaveden, ja Muoniojoen eli Väylän vedenlaadun. Verrokeiksi valitsimme Nurmijärveltä hyvin tutkitun rehevöityvän Valkjärven, Valkjärveen laskevan Hyypiänmäenojan, kirkasvetisenä tunnetun Sääksin, Salpausselän soiselta rinteeltä lähtevän ruskeavetisen Matkunojan, Luhtajokeen laskevan Klaukkalan jätevedenpuhdistamon poistoputken pään, ja Vantaanjoen Nukarinkosken jyrkimmältä kohdalta. Tutkittuja vesiä on näin ollen 27. Tarkat sijainnit ja perustiedot näistä vesistä on esitetty taulukossa 1 ja tunturivesien näytteenottoaikojen sijainnit kuvassa 1.

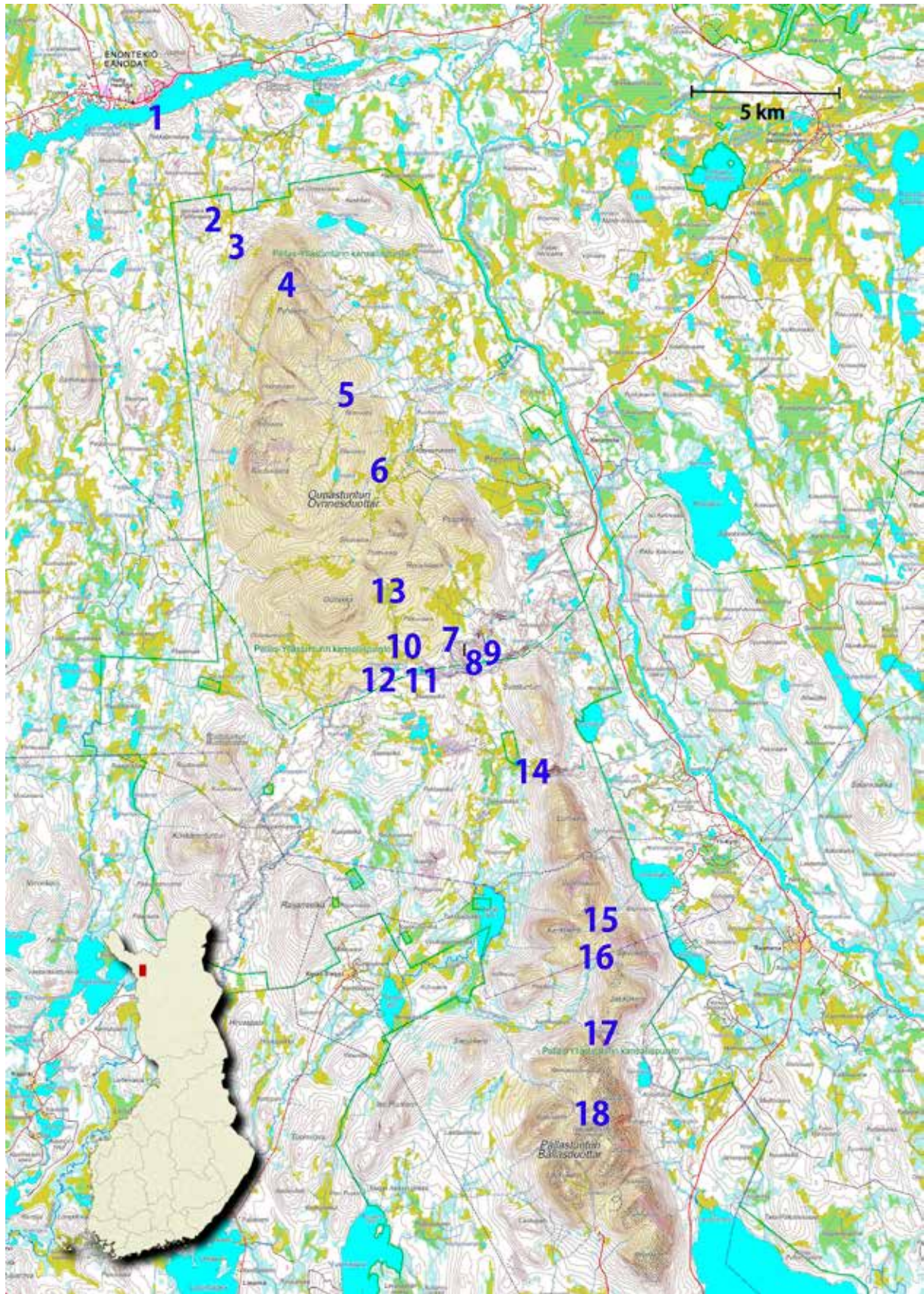
Menetelmät

Teimme maastomittaukset viiden senttimetrin syvyydeltä, keskeltä puroa, tai puolen metrin etäisyydeltä seisovan veden rannasta. Mittasimme maastossa veden lämpötilan, sähkönjohtavuuden ja TDS:n (Total Dissolved Solids) Aquashock Water Purity Kit -mittarilla (Kuva 2). Veden pH:n, redox-potentiaalin ja happipitoisuuden mittaamiseen käytimme Vernier Labquest2 mittaria ja sen antureita PH-BTA, ORP-BTA ja DO-BTA. Näiden tulokset varmistimme laboratorioissa YSI Professional Plus mittarilla. Leirissä tehtyjä analyyseja varten otimme näytteen muovipulloon, ja Arkadian yhteislyseon laboratorioissa tehtäviä analyyseja varten kahden desilitran näytteen muovipurkkiin.

Leiripaikalle kannetuista noin puolen litran vesinäytteistä mittasimme kenttälaboratoriossa (Kuva 3) sameuden, värin, absorbanssin aallonpituuksil-

Taulukko 1. Tunturivesitutkimuksessa tutkitut vedet, niiden sijainti koordinaatteina ja kuvaus.

Vesi	ETRS-TM35FIN	Kuvaus
1. Ounasjärvi	7589058 : 362297	Järvi Hetan taajaman eteläpuolella (6900 ha)
2. Pahtalampi	7585402 : 364431	Suorantainen lampi Pahtavaaran juurella
3. Pyhäkeron kaivo	7584659 : 364981	Pumppukaivo Pyhäkeron autiotuvan pihassa
4. Pyhäjärvi	7583121 : 366704	646 mmpy sijaitseva 3,4 ha:n lampi (kuva 5)
5. Siosjoki	7579366 : 368700	Vaellusreitän vuolain, Sioskurusta lähtevä joki
6. Marastojoki	7576824 : 370006	Rautuvaaran rinteiltä lähtevän joen yläjuoksu
7. Pahakurun lähde	7570908 : 372397	Pahakurun tuvan vedenottoaikka rotkolaaksossa
8. Hannukurun kaivo	7573544 : 373553	Pumppukaivo Haukkajärven rannassa
9. Haukkajärvi	7570415 : 373589	Hannukurun suosittu leirialueen matala järvi
10. Porttioja	7570523 : 371015	Outtakan rinteiden lompoloista lähtevä puro
11. Pahtajärvi	7570226 : 371405	Jyrkkärantainen järvi Pahakurun rotkolaaksossa
12. Maanselkäjärvi	7570121 : 370702	Kuten Pahtajärvi, mutta loivarantaisempi
13. Porttilampi	7575939 : 370409	Pieni lompolo Porttiojan varressa, Porttikurun alla
14. Suaskurun puro	7566611 : 375270	Piskuinen noro Lumikeron juurella (kuva 10)
15. Montellin puro	7561207 : 376987	Keräskeron rinteestä lähteestä alkava pieni puro
16. Nammalakurun puro	7560336 : 377614	Suosittu leirialueen lähteestä virtaava puro
17. Rihmakurun puro	7557900 : 377395	Pieni puro, Rihmakurun kodan vedenottoaikka
18. Taivaskeron puro	7554786 : 377365	Taivaskurun rinteeltä alkava kivipohjainen puro
19. Muoniojoki	7541293 : 359855	Kookas, myöhemmin Torniojoeksi muuttuva virta
20. Muonio lukio	7542814 : 360941	Muonion lukion kieliluokan kylmä hanavesi
21. Sääksi	6710954 : 373155	Kirkasvetinen, kookas, laskujoeton lähdejärvi
22. Matkunoja	6711860 : 375269	Salpausselän rinteiltä virtaava puro (kuva 12)
23. Hyypiänmäenoja	6698422 : 373785	Savialueiden läpi Valkjärveen virtaava puro
24. Valkjärvi	6697483 : 373670	Rehevä, eteläisen Nurmijärven savikkoalueen järvi
25. Nukarinkoski	6711790 : 385602	Vantaanjoen koskijakso Pohjois-Nurmijärvellä
26. Jätevedenpuhdistamo	6696376 : 377318	Klaukkalan puhdistamon käsittelemä vesi
27. Arkadian yhteislyseo	6695895 : 375318	Arkadian yhteislyseon labran kylmä hanavesi



Kuva 1. Näytteenotto- ja mittauspaikat Hetta-Pallas -vaellusreitillä. Näiden lisäksi otimme Lapis-ta näytteet Muoniojoen vedestä Muonion kirkonkylän edustalta, ja Muonion lukion hanavedestä. Kenttälaboratorioanalyytit teimme Pyhäkeron tuvalla (3), Hannukurussa (8), Montellin majalla (15) ja Hotelli Pallaksella (kartan eteläreunassa). Karttapohja on otettu Maanmittauslaitoksen tiedostopalvelusta.



Kuva 2. Elias mittamassa Montellin majan luona virtaavasta purosta lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja veteen lienneiden suolojen määrää (TDS). Montellin puro on ollut aiemmilla vaelluskerroilla lähes kuiva, ja juomaveteen tuli pohjan kariketta, mutta nyt puro virtasi vuolaana, ja sen vesi osoittautui puhtaaksi.

la 450 nm ja 650 nm ja alkaliteetin, sekä kaliumin, magnesiumin ja raudan määrän YSI 9300 fotometrillä. Fotometrillä mitattu sameusarvo perustuu suodatetun ja suodattamattoman vesinäytteen, ja väriarvo tislattun veden ja suodatetun näytteen absorbanssieroon. Koska tunturivedet ovat hyvin kirkkaita, ja fotometrin alle yhden FTU-yksikön arvot pyöristyivät nolnaan, käytimme absorbanssiarvoja veden kirkkauden tarkempaan arviointiin. Etenkin punaisen valon aallonpituuden on todettu korreloivan vahvasti veden sameusarvon kanssa.

Kahden desilitran purkeissa Arkadian yhteislyseon laboratorioon kuljetetuista vesinäytteistä mittasimme YSI 9300 fotometrillä fosfaattifosforin, nitraattitypen, nitriittitypen, ammoniumtypen, alumiinin, sulfaatin ja sulfidin määrät. YSI 9300:n ravinnemittaukset perustuvat luonnonveden ja spesifeillä reagensseilla värjätyyn veden absorbanssieroon. Vesinäytteet olivat vaelluksen ja paluulennon ajan huoneenlämpöisiä, joten purkeissa on saattanut tapahtua mikrobien aiheuttamia muutoksia, mm. denitrifikaatiota. Vertailun mahdollistamiseksi säilytimme myös Nurmijärveltä kerätyt näytteet samanlaisissa purkeissa huoneenlämmössä neljän vuorokauden ajan. Oletamme näytteiden olevan näin täysin vertailukelpoisia.

Kaikkien heterotrofisten bakteerien määrän, koliformisten bakteerien määrän ja *Escheria colin* määrän mittasimme LaMotte BioPaddle-putkilla NA ja NUT-TTC/MAC (Kuva 4). Menetelmässä otetaan vesinäyte putkeen, ja annetaan bakteerien tarttua 15 sekunnin ajan elatusainelevyihin. Inkubointi tulisi tehdä pitämällä putkia tasaisessa 35 °C lämpötilassa vuorokauden ajan, mikä on mahdollonta kenttäolosuhteissa. Niinpä suoritimme inkuboinnin pitämällä putkia kaksi yötä teltassa nukkuvan makuupussissa, jossa lämpötila vaihteli välillä +22 - + 32 °C. Inkuboimme myös Nurmijärveltä otetut näytteet samanlaisissa olosuhteissa.

Koska bakteerien kasvu oli BioPaddle-alustoilla alhaisesta inkubointilämpötilasta johtuen hyvin vähäistä, tutkimme heterotrofisten bakteerien, ja koliformisten bakteerien määrät myös säilytyistä näytteistä 3M Petrifilm -alustoilla AQHC ja AQCC. Menetelmässä kuiville elatusainealustoille pipetoidaan steriilillä pipetillä millilitra vettä, ja näyte tasoitetaan levyllä painamalla kalvon alle elatusaineen päälle. Bakteeripesäkkeet on laskettavissa, ja määritettävissä pesäkkeiden ominaisuuksien perusteella vuorokauden inkuboinnin (+35 °C) jälkeen. Ennen bakteerinäytteen ottoa säilytimme vesinäytteitä 5-8 vuorokautta vaellusolosuhteissa

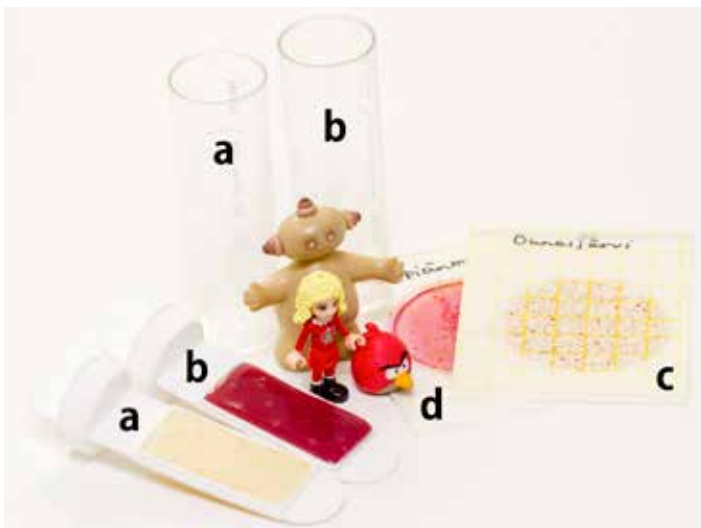


Kuva 3. Kenttälaboratorio Haukkajärven rannassa Hannukurussa. Ylärivissä kaksi Vernierin pH-anturia, orp-anturi, happipitoisuusanturi ja lämpötila-anturi. Keskellä kaksi Vernier Labquest2 tiedonkeräintä. Alarivissä Aquashock Water Purity mittari ja YSI 9300 fotometri. Vesinäytteet keräsimme vihreäkantiiniin purkkeihin (oikealla) ja pakastuspulloihin (oikeassa yläreunassa). Näyteastioiden välissä BioPaddlet.

rinkassa, ja kolme vuorokautta jääkaapissa +5 °C. Säilytysaika ei korreloi bakteerimäärien kanssa (Spearmanin korrelaatio: heterotrofiset bakteerit $r_s = -0,104$ ja koliformiset bakteerit $r_s = 0,022$). Matkan varrella BioPaddleilla tehtyjen kasvatusten tulokset korreloivat voimakkaasti Petrifilmeillä tehtyjen kasvatusten tulosten kanssa (kuva 18), joten pidämme Petrifilmeillä saatuja tuloksia par-

haana tapana vertailla bakteerimääriä, vaikka absoluuttiset määrät lienevätkin yliarvioita.

Tilastollisiin analyyseihin (Pearsonin ja Spearmanin korrelaatiot ja lineaarinen regressioanalyysi) ja diagrammeihin olemme käyttäneet piirto-ohjelmaa SigmaPlot 12.5, ja tilasto-ohjelma MYSTATin opiskelijaversiota 12.02.



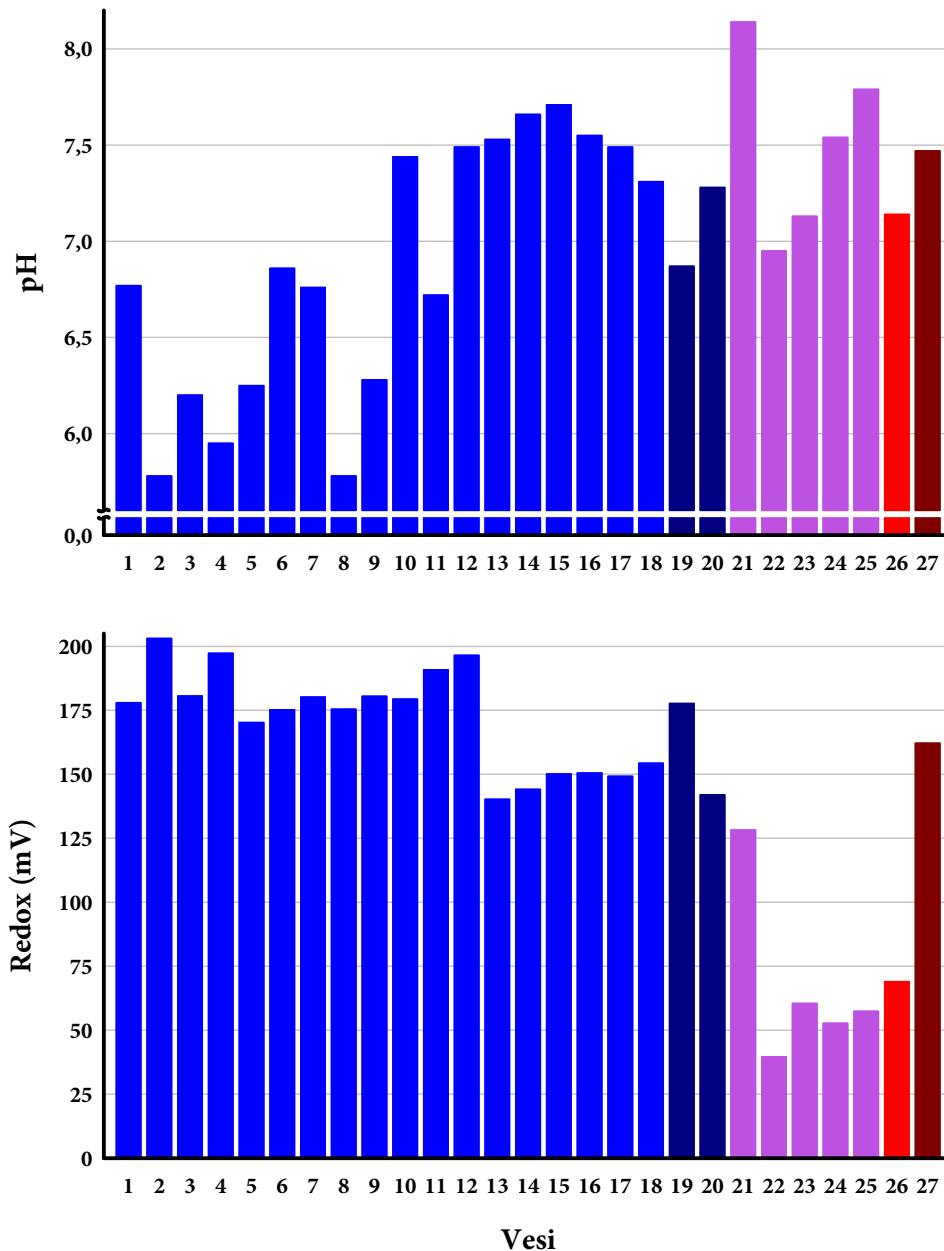
Kuva 4. Bakteerimäärien laskemiseen käytetyt välineet. Vasemmalla LaMotte BioPaddlet heterotrofisille bakteereille (a) ja koliformeille (b). Oikealla 3M Petrifilm -alustat kaikille heterotrofisille bakteereille (c) ja kolifomeille (d). Mukana myös Makapaka, Isabella ja Lintu.



Kuva 5. Pyhäjärvi (4) on tutkimuskohteistamme omalaatuisin, sillä sen pinta on 646 metriä merenpinnan yläpuolella, ja sen itäreunalta avautuu vertikaalisuunnassa noin 380 metrin alamäki kohti Ounasjokea. Kvartsiittialustalla lepävällä Pyhäjärvellä ei kuitenkaan ole laskuojaa.



Kuva 6. Tinja mittaamassa veden happipitoisuutta Pyhäjärvellä. Kaikkien tunturivesien hapen määrä oli lähellä saturaatiopistettä. Virtaavissa vesissä tavattiin jopa ns. supersaturaatiota.



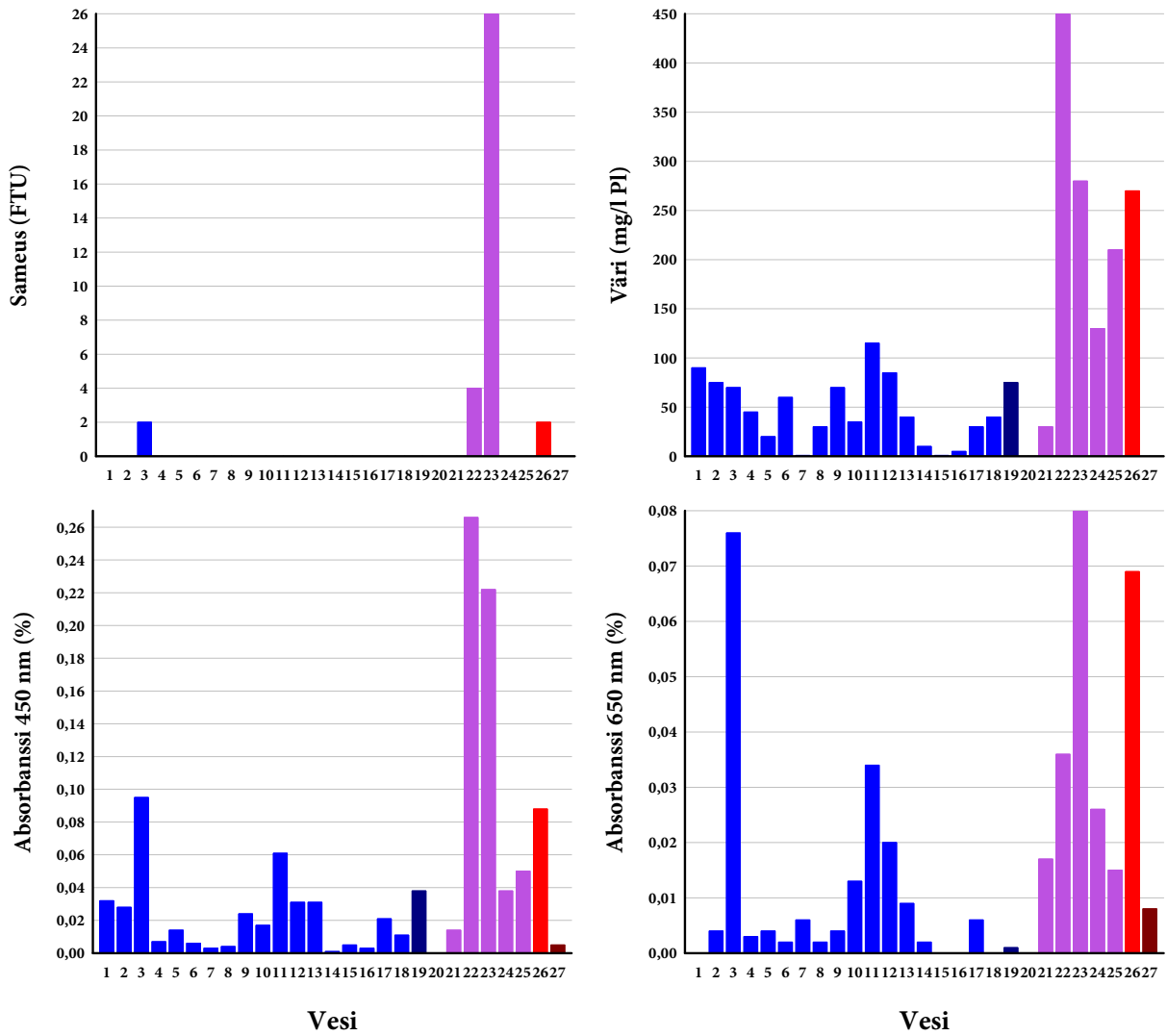
Kuva 7. pH ja redox-potentiaali tutkituissa vesissä. Siniset pylväät ovat Lapin vesiä, violetit Nurmijärven luonnonvesiä, punainen jätevedenpuhdistamon poistoputki ja ruskea Arkadian yhteislyseon hanavesi.

Tulokset

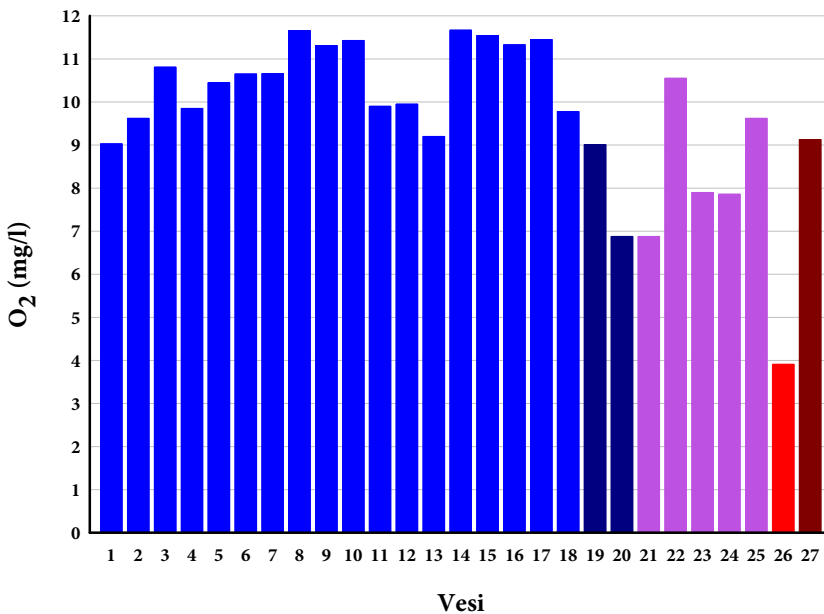
Vesien lämpötilat näytteenottohetkellä vaihtelivat välillä +5,9 - 18,3 °C. Kylmintä oli Pyhäkeron kaivon vesi, ja lämpimintä Klaukkalan jätevedenpuhdistamon poistoputken vesi. Montellin puron lämpötila oli vain 6,2 °C, Porttiojan 6,3 °C, Hannukurun kaivon 7,2 °C ja Suaskurun puron 7,8 °C. Nurmijärven vesistä viilein oli Matkunoja (12,0 °C). Molempien isompien järvien, Sääksin ja Valkjärven, pintaveden lämpötila oli + 17,6 °C. Vesien lämpötiloihin vaikuttaa aurinkoisena päivänä myös vuorokauden aika. Siten korkealla sijaitsevan Pyhäjärven lämpötila oli 10,6 °C, mutta alempana sijaitsevan Haukkajärven vain 7,9 °C.

Veden pH ja redox-potentiaali on esitetty kuvassa 7. Vaellusreitit vesien pH vaihteli neutraalin moollempin puolin, kuitenkin niin, että Ounastunturien vedet olivat lievästi happamia, ja Pallastunturien vedet lievästi emäksisiä. Happaminta vesi oli suorantaisessa Pahtalammessa, ja hieman yllättäen myös Hannukurun kaivossa. Nurmijärven luonnonvedet olivat suoalueilta alkunsa saavaa Matkunojaa lukuun ottamatta lievästi emäksisiä. Valkjärvestä mitattiin kuitenkin kevään ja kesän mittaan yleisesti lukemia väliltä 8,5-8,8, joten pH oli syksyä kohti laskenut.

Redox-potentiaali oli hyvin tasainen Ounastuntureilla ja Outtakkon puroista vetensä saavissa



Kuva 8. Sameus, väri ja valon absorbanssit 450 nm:n ja 650 nm:n aallonpituuksilla tutkituissa vesissä. Käytetyt värit kuten kuvassa 7.



Kuva 9. Veden happipitoisuus tutkituissa vesissä. Käytetyt värit kuten aiemmissa kuvissa.

Pahakurun järvissä. Lukemat laskivat hieman Pallastuntureille siirryttäessä. Nurmijärven luonnonvesien redox-potentiaali oli Sääksiä lukuun ottamatta selvästi Lapin vesiä alempi.

Veden sameuteen ja väriin liittyvät muuttujat on esitetty kuvassa 8. YSI 9300 -mittari pyöristää lukemat lähimpään täyteen parilliseen FTU-arvoon, minkä seurauksena Lapin vesistä vain Pyhäkeron kaivon vedellä on nollasta poikkeava arvo. Tätä tukevat myös absorbanssitulokset, sillä Pyhäkeron kaivon lukemat ovat Lapin vesistä selvästi korkeimmat. Myös maastossa sameilta näyttäneiden Pahakurun järvien absorbanssilukemat olivat melko korkeita. Suaskurun, Montellin majan ja Nammalakurun purojen, ja Pahakurun lähteen veden kirkkaus sen sijaan erosi vain hieman tislatus vedestä. Muut Lapin vedet eivät olleet täysin kirkkaita. Väriarvot viittaavat tämän johtuvan humuspitoisuudesta.

Sameinta vesi oli savipohjaisessa Hyypiänmäenojassa ja värikkäintä Matkunojassa. Nurmijärven luonnonvesistä Sääksi oli kirkkaudeltaan Lapin vesien luokkaa, ja Valkjärvin oli kirkastunut kesän jälkeen. Valkjärven näkösyvyydeksi mittasimme 5.9.2014 158 cm, kun se keväällä oli vain 34 cm. Myös puhdistettu jätevesi oli värikästä, ja siitä mitatut absorbanssi-arvot melko korkeita.

Veden happipitoisuus (kuva 9) oli odotetusti korkea tuntureilla, erityisesti virtavesissä, joiden kylästysprosentti oli yleisesti yli sata. Alimmillaan happipitoisuus oli tunturiylängön Porttilammissa. Hyypiänmäenojan ja Valkjärven happipitoisuus oli hieman alle 8 mg/l, ja Sääksissä alle 7 mg/l. Jätevedenpuhdistamon prosesseissa happipitoisuus vedessä oli pudonnut hyvin alhaiseksi.

Tunturivesissä oli makua antavaa rautaa vähän (kuva 11). Korkeimmat rautapitoisuudet mittasimme Siosjoesta ja Pyhäkeron kaivosta, ja matalimmat Suaskurun ja Montellin puroista. Nurmijärven vesien rautapitoisuus oli Valkjärveä lukuun ottamatta tunturivesiin verrattuna korkea, erityisesti väriltään punaruskeassa Matkunojassa (kuva 12). Makutesteissä Muonionjoessa oli vahva kitakeen tarttuva rautamainen maku, mutta rautaa oli vedessä kuitenkin vähän. Maku saattoi johtua mangaanista, jota ei tässä tutkimuksessa mitattu.

Emme mitanneet eliöille merkittävimpien ravinteiden, typen ja fosforin, kokonaismääriä, mutta mittasimme niiden eliöille käyttökelpoisimpien muotojen, nitraattitypen, ammoniumtypen ja fosfaattifosforin määrät. Tunturivesissä näitä oli muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta hyvin vähän (kuva 13). Nitraattityppeä oli virtaavissa

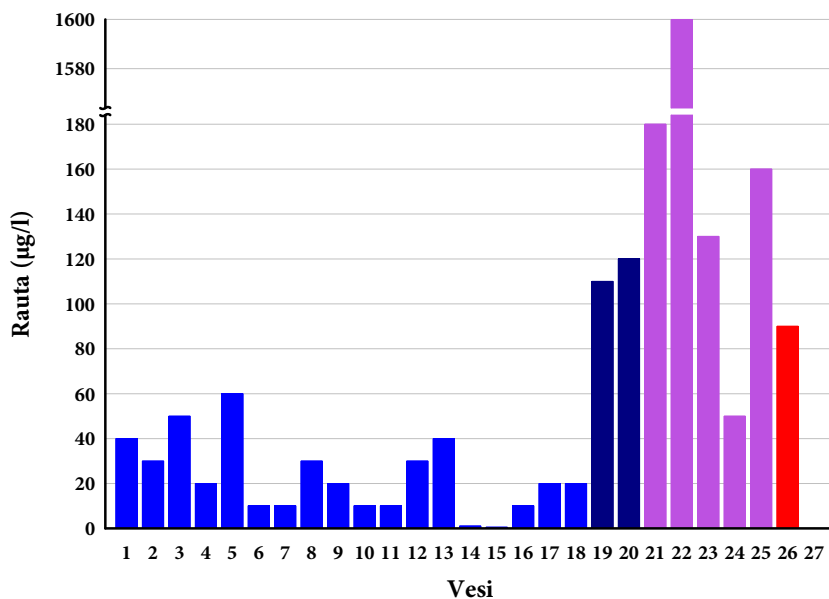
tunturivesissä hyvin vähän, ja ammoniumtyppeä tuskin lainkaan. Näitä molempia oli selvästi eniten Pyhäkeron kaivovedessä. Fosfaattifosforin jakauma oli tunturivesissä paljon tasaisempi, mutta myös sen suurin pitoisuus mitattiin Pyhäkeron kaivosta. Montellin purossa, Nammalakurun purossa ja Taivaskeron purossa fosfaattifosforin määrä oli häviävän pieni.

Nurmijärveläisissä vesissä typpeä ja fosforia oli keskimäärin selvästi enemmän. Jätevesimäisyyteen viittaavan ammoniumtypen määrät olivat hyvin suuria Hyypiänmäenojassa, Vantaanjoessa ja jätevedenpuhdistamon poistovedessä. Samoissa vesissä oli paljon myös nitraattityppeä ja fosfaattifosforia. Valkjärven fosfaattifosforipitoisuus oli noussut huomattavasti kesän mittauksista. Nurmijärveläisistä vesistä vain Sääksin typpi- ja fosforipitoisuuden olivat Lapin vesien tasolla.

Lapin vesien magnesiumpitoisuudet eivät poikenneet suuresti toisistaan (kuva 14). Sen sijaan kaliumin määrä oli Haukkajärvessä 60-kertainen Outtakkon rinteessä sijaitsevaan Porttilampeen



Kuva 10. Suaskurun puro on tutkituista vesistä vähäisin. Lumikeron alarinteeltä, sankan kuusikon alta valuu laaksoon pieni noro, johon on vedenoton helpottamiseksi asetettu pullon puolikas suppiloksi. Tässä Heini ottamassa vesinäytettä.



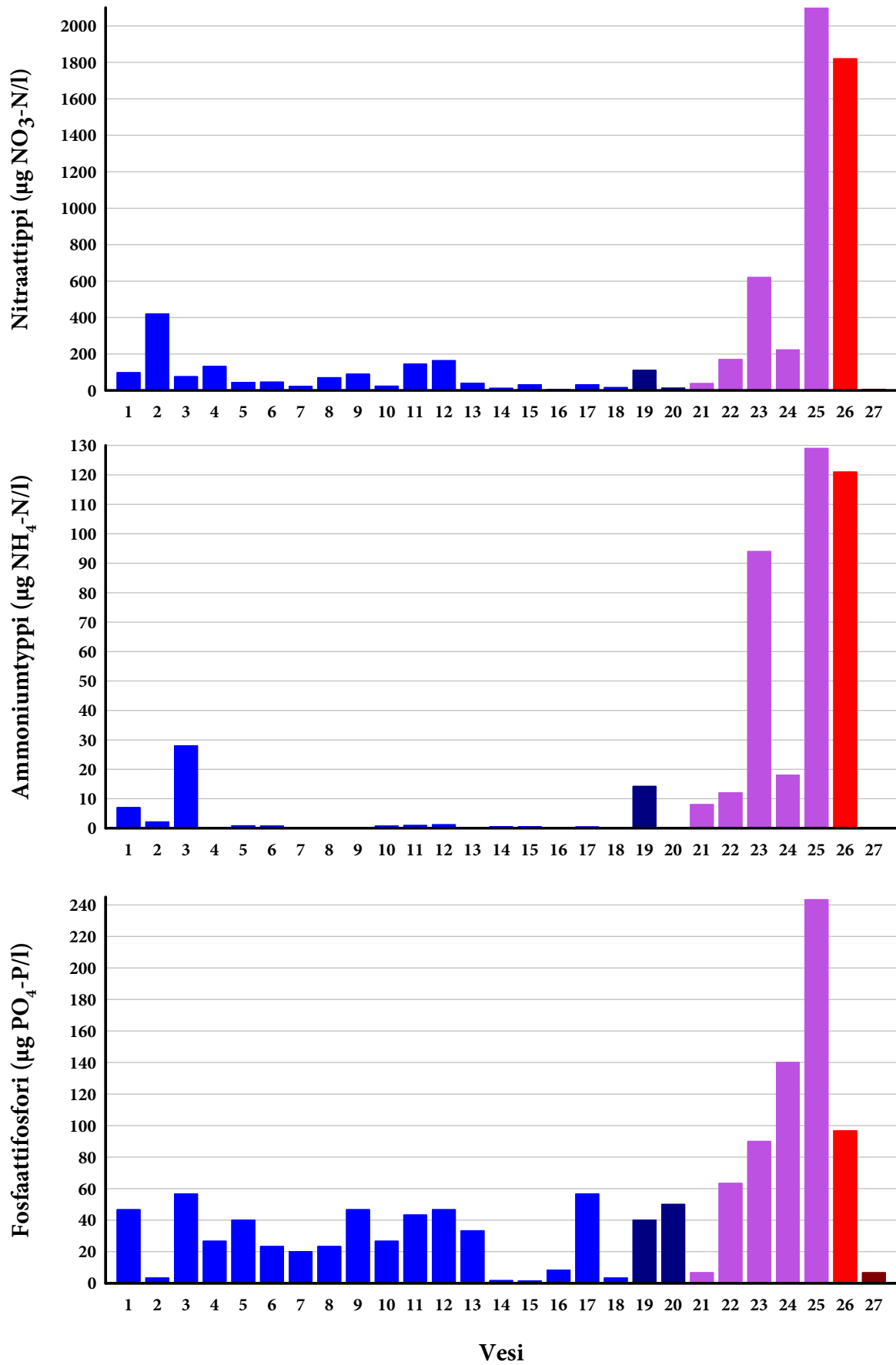
Kuva 11. Veden rautapitoisuus tutkituissa vesissä. Huomaa katkaistu y-akseli. Käytetyt värit kuten aiemmissa kuvissa.

verrattuna. Hyvin puskuroitunut (= korkea alkaliteetti) oli Lapin vesistä Haukkajärvi. Sen sijaan Porttilammen, Pahtajärven ja Maanselkäjärven alkaliteetti oli hyvin alhainen, joten nämä ovat alttiita happamoitumiselle. Nurmijärveläisten vesien magnesium- ja kaliumpitoisuudet olivat keskimäärin Lapin vesiä korkeampia. Selvästi muista erottuivat jätevedenpuhdistamon vesi, ja runsaasti kalsiumia ja magnesiumia sisältävä Arkadian yhteislyseon hanavesi.

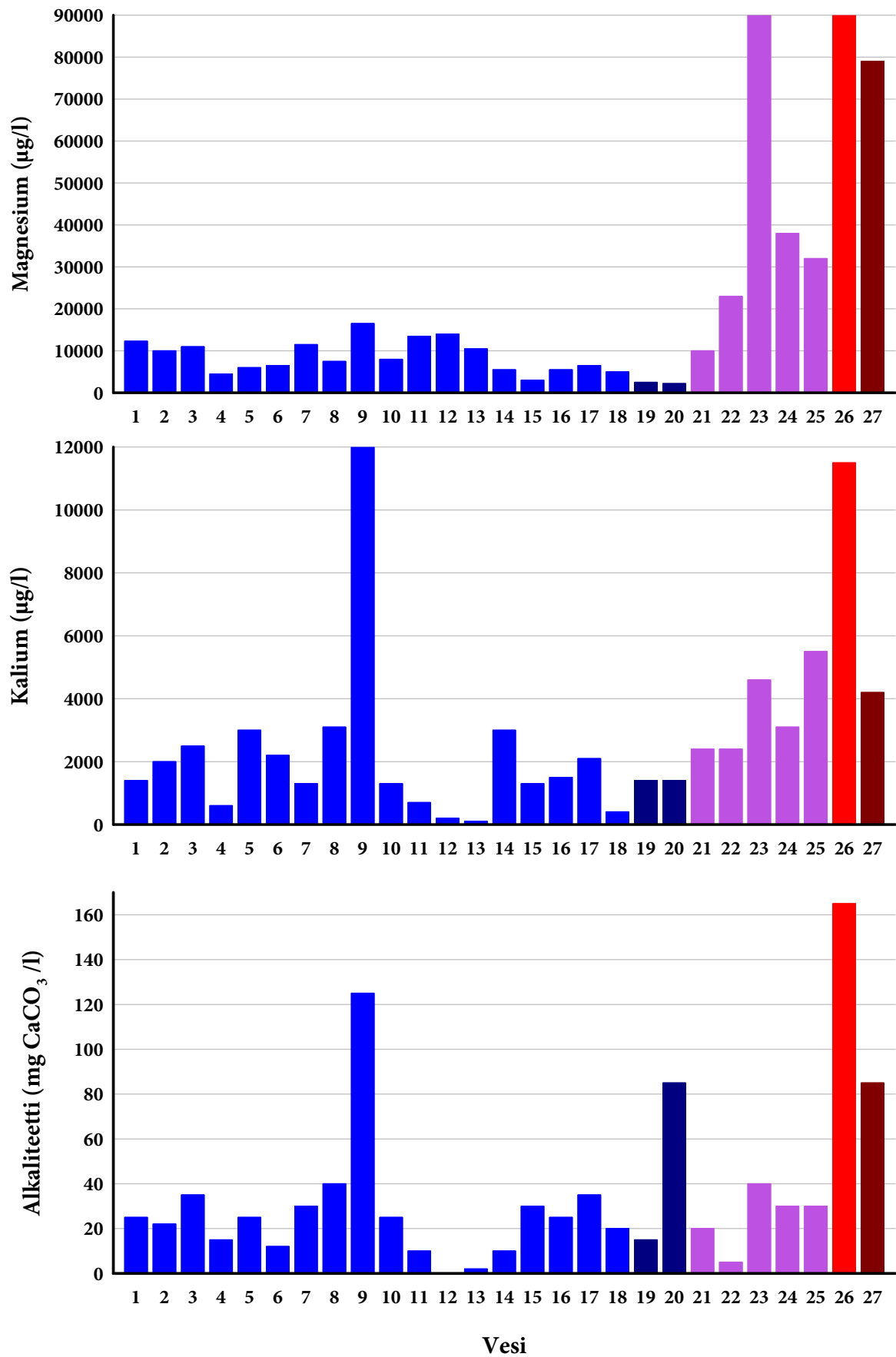
Alumiinia oli vähän kaikissa vesissä, eikä sen vaihtelu muistuttanut muiden muuttujien vaihtelua (kuva 15). Mahdollisia hajuhaittoja aiheuttavista rikkiyhdisteistä sulfaatteja oli erittäin paljon jätevedenpuhdistamon poistovedessä, ja melko paljon Ounasjärven vedessä. Rikkivedyn muodossa kiuksallisia hajuhaittoja aiheuttavaa sulfidia oli kaikissa vesissä vähän, eniten Outtakkan eteläpuolisissa järvisissä, Muoniojoessa ja Säaksissä. Vähiten näitä kaikkia oli Arkadian yhteislyseon vedessä.



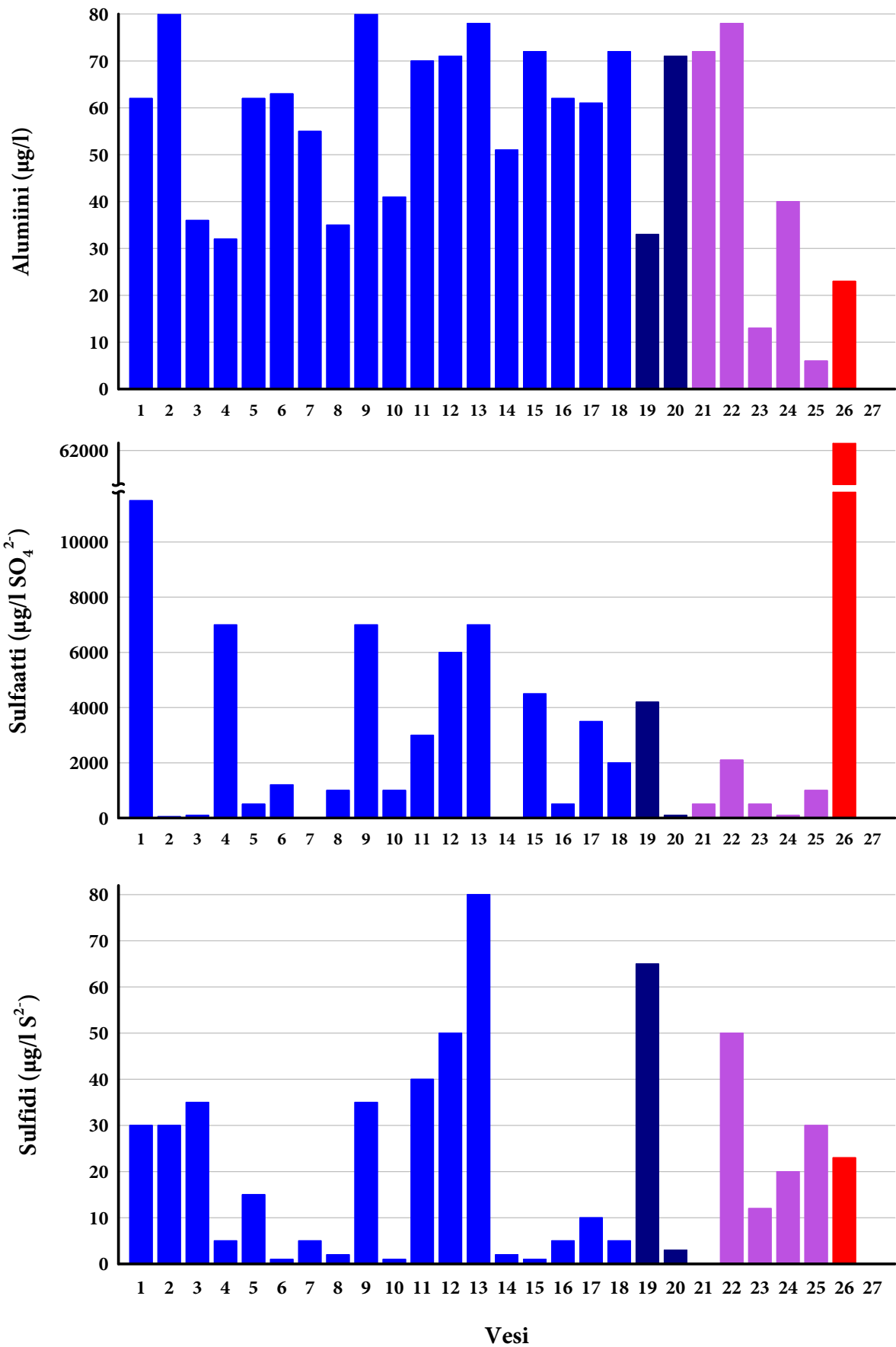
Kuva 12. Pohjois-Nurmijärvellä sijaitseva Matkunoja saa alkunsa Salpausselän etelärinteiden soilta, ja virtaa savikkoalueiden läpi kohti etelää.



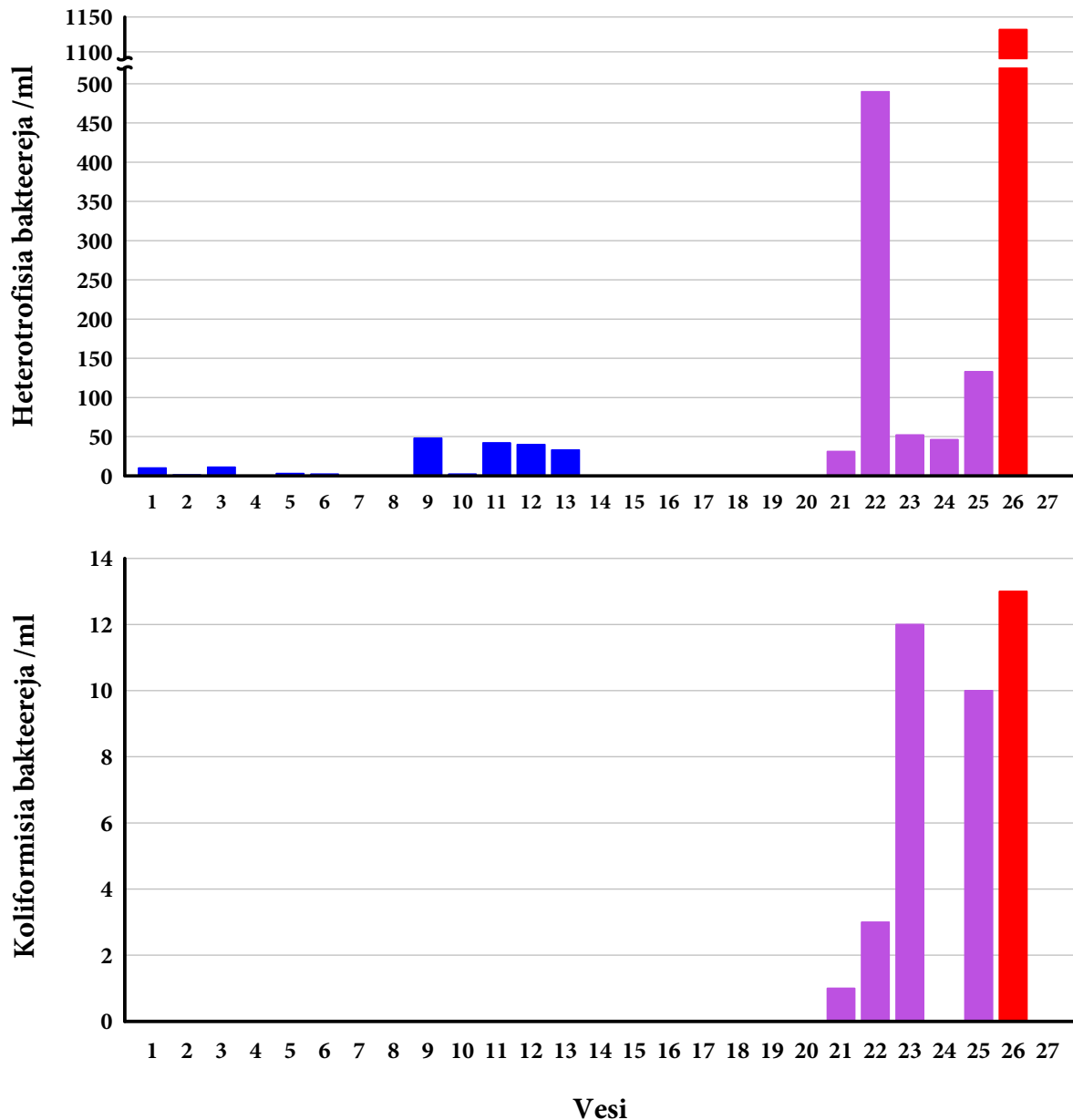
Kuva 13. Nitraattityypen, ammoniumtyypen ja fosfaattifosforin määrät tutkituissa vesissä. Värit kuten aiemmissa kuvissa.



Kuva 14. Magnesiumin ja kaliumin määrät, sekä veden alkaliteetti kalsiumkarbonaatin määränä tutkituissa vesissä. Värit kuten aiemmissa kuvissa.



Kuva 15. Alumiinin, sulfaatin ja sulfidin määrät tutkituissa vesissä. Värit kuten aiemmissa kuvissa. Huomaa yläosasta katkaistu akseli sulfaattikuvassa.



Kuva 16. BioPaddle -elatusatoilta lasketut heterotrofisten bakteerien (alusta NA) ja koliformisten bakteerien (alusta NUT-TTC/MAC) määrät. Käytetyt värit kuten aiemmissa kuvissa.

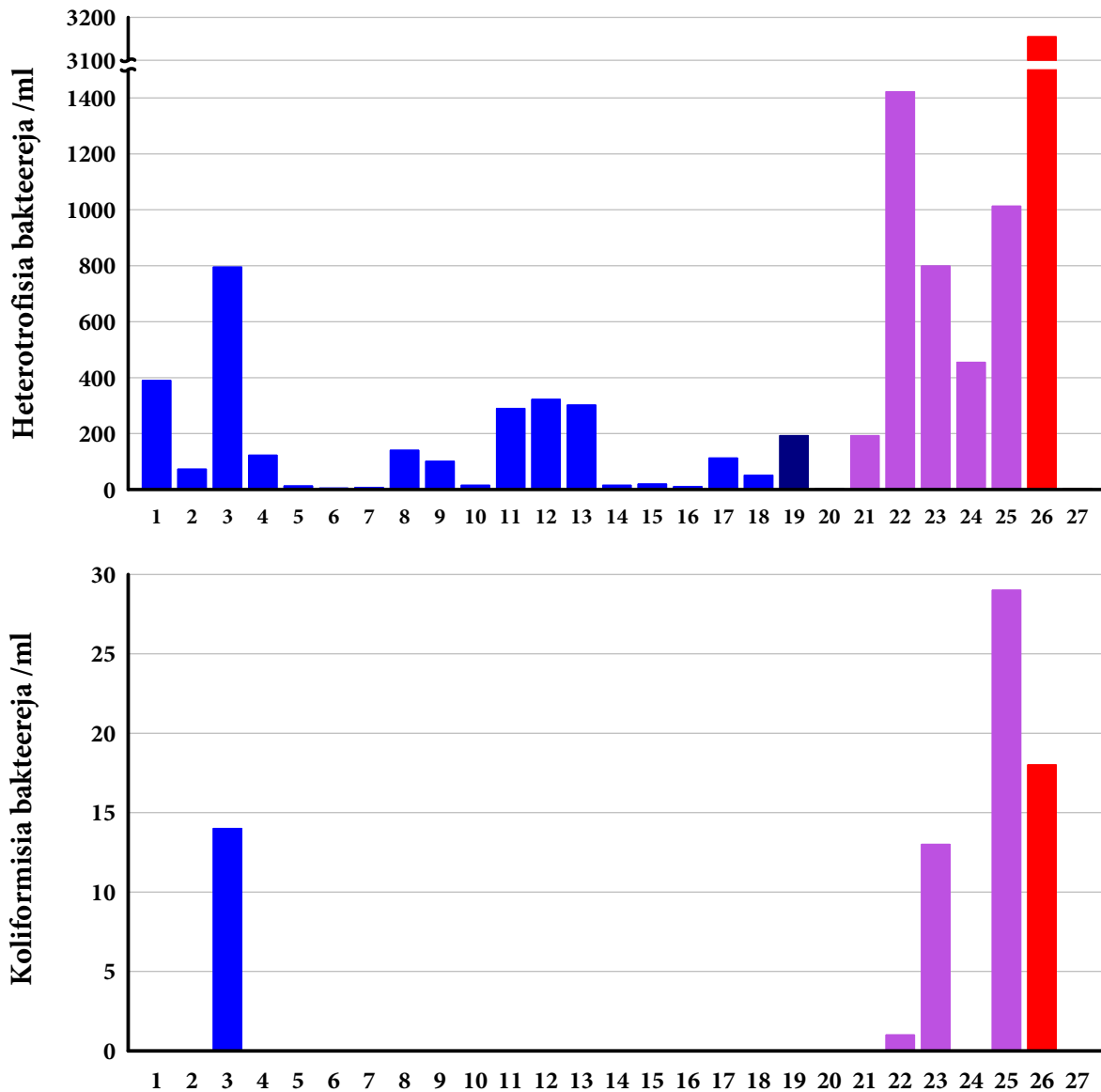
Bakteerit kasvoivat maastossa LaMotte BioPaddleilla melko vähän (kuva 16). Koliformisia bakteereja ei tällä menetelmällä löytynyt Lapin vesistä lainkaan. Suurimman heterotrofisten bakteerien pesäkkeiden määrän laskimme Haukkajärven vedestä. Myös Porttilammessa, Pahtajärvessä ja Maanselkäjärvessä oli heterotrofisia bakteereja melko paljon. Muista Lapin vesistä vain Ounasjärven, Pyhäkeron kaivon, Siosjoen ja Marastojoen näytteissä oli pesäkkeitä. Suurimmassa osassa Lapin virtavesistä ei siis tällä menetelmällä näyttänyt olevan bakteereja lainkaan.

Nurmijärven vesissä oli BioPaddleilla mitattuna selvästi enemmän bakteereja. Eniten heterotrofisia bakteereja oli jätevedenpuhdistamon poisto-

putken ja Matkunojan vesinäytteissä. Koliformisia bakteereja kasvoi Numijärvenkin näytteissä hyvin vähän, eniten jätevedenpuhdistamon, Hyypiänmäenojan ja Vantaanjoen vesissä.

3M Petrifilmeillä mitattuna bakteerien määrät olivat selvästi suurempia, mutta korreloivat hyvin BioPaddleilla saatujen tulosten kanssa (kuva 18). Heterotrofisia bakteereja kasvoi tunturivesistä eniten Pyhäkeron kaivon vedessä, ja järvien (Ounasjärvi, Porttilampi, Pahtajärvi ja Maanselkäjärvi) seisovassa vedessä. Koliformisia tavattiin Lapin vesistä vain Pyhäkeron kaivon näytteessä.

Nurmijärven vesissä oli myös tällä menetelmällä selvästi enemmän bakteereja. Jätevedenpuhdistam-



Vesi

Kuva 17. 3M Petrifilm -elatusalustoilta lasketut heterotrofisten bakteerien (alusta AQHC) ja koliformisten bakteerien (alusta AQCC) määrät. Käytetyt värit kuten aiemmissa kuvissa.

mon näytteessä heterotrofisten bakteerien määrä oli omaa luokkaansa. Koliformisia bakteereja löysimme kuitenkin eniten Vantaanjoen näytteestä.

Laadimme luonnonvesien bakteerimäärien selittämiseksi regressiomallin, jossa selitettävänä muuttujana oli BioPaddleilla ja 3M Petrifilmeillä saatujen heterotrofisten bakteerien määrien keskiarvon logaritmi. Selittävinä muuttujina käytimme lineaarisessa pienimmän neliösumman regressiomallissa veden lämpötilaa, molempia absorbansseja, happamuutta, nitraattitypen määrää, ammoniumtypen määrää ja fosfaattifosforin määrää. Malli selitti kokonaisuudessaan 78 prosenttia bakteerimäärien vaihtelusta. Voimakkain selittävä muuttuja oli fosfaattifosforin määrä ($t = 2,47$, $p =$

$0,025$), ja toinen merkitsevästi vaihtelua selittävä muuttuja valon absorbanssi 450 nm ($t = 2,29$, $p = 0,036$). Sen sijaan typen määrät eivät yllättäen tuntuneet selittävän bakteerimäärien vaihtelua lainkaan: nitraattityppi, $t = 0,323$, $p = 0,751$ ja ammoniumtyppi, $t = -1,192$, $p = 0,251$).

Johtopäätökset

Tunturien vedet osoittautuivat muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta erittäin puhtaiksi, ja monella tapaa erinomaisiksi juomavesiksi. Etenkin tunturipurojen vedessä oli hyvin vähän liuenneita suoloja, ne olivat seisoviin vesiin verrattuna kylmiä ja maastossa havainnoituna täysin värittömiä. Rihmakurun puroa lukuun ottamatta Pallastun-

tai sen läheisyydessä. Veteen joutuneet ruuan tähteet ja pesuaineet selittäisivät muutokset hyvin. Toisaalta, vesi oli kylmää, ja puhtaan näköistä, eikä kukaan ryhmästämme sairastunut vettä juotuaan.

Tutkimamme vedet ryhmittivät kemialtaan toisistaan erottuviin ryhmiin. Ensinnäkin, kallion ja tundran ohuen kunnan päällä virtaavat Lapin vedet erottuvat vähäravinteisina Nurmijärven savikkoalueiden ravinteikkaista ja lämpimistä vesistä. Toiseksi, Lapin soljuvat, hapekkaat, kirkaat ja kylmät purot erottuvat seisovista vesistä parempilaa-tuisena juomavetenä. Kolmanneksi, etenkin pH:n ja redox-potentiaalin perusteella Ounastunturien kvartsiitin ja graniitin päällä seisovat ja valuvat vedet eroavat hieman Pallastunturien amfiboliitin päällä virtaavista puroista.

Tämä tutkimus paljasti suuren osan epäilyistä turhiksi: Hetta-Pallas -vaellusreitillä varrella olevat vedet ovat lähes poikkeuksetta erinomaista juomavettä. Tämän tutkimuksen puhtaimmat vedet, selvästi puurajan yläpuolella virtaavat Pallastunturien purot kestävät hyvin vertailun kaupalliseen

pulloveteen. Vaikka Pyhäkeron kaivon veden laatu oli heikentynyt, tämä olisi jäänyt ilman tätä tutkimusta huomaamatta. Nurmijärven luontaisesti ravinteikkaiden maiden vesien käyttö juomavetenä on sen sijaan hyvin kyseenalaista. Vaikka Hyypiänmäenoja virtaa suurelta osin metsässä, sekin on altis pelloilta ja laitumilta valuille ravinteille, ja eläinten lannasta peräisin oleville ulosteperäisille taudinaiheuttajabakteereille.

Lähteet

Käytimme yleisluontoisina lähteinä seuraavia:

1. Dodds, Walter & Whiles, Matt 2010: Freshwater Ecology; Concepts & Environmental Applications of Limnology. Academic Press.
2. Oravainen, Reijo. 1999. Opasvihkonen vesitötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna [<http://www.kvvy.fi/opasvihkonen.pdf>].
3. Vahtera, Heli, Pajunen, Virpi & Valkama, Pasi 2009: ”Valkjärven puroraportti”. Purot Valkjärven kuormittajina. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry.



Kuva 20. Vaelluskurssin vesitutkijat ryhmäkuvassa Taivaskerolla. Mukana menossa Anni Hekali, Julia Jokela, Tuuli Karjalainen, Vertti Karjalainen, Emilia Kuosmanen, Mikko Kalliainen, Marianne Kauppi, Alekski Kovanen, Tinja Laakso, Tuomas Leidén, Ida Levonperä, Henna Kangosjärvi, Sanna Lindfors, Krista Lindström, Sara Mattila, Juulia Möksy, Minttu Kangosjärvi, Heini Näppä, Marie Pajari, Vilma Riikonen, Heini Siltanen, Elias Takala, Janne Karppinen, Lauri Tolkki, Vertti Vesanto, Lumi Virolainen, Sampo Yrjölä, Viivi Salmi, Linda Yliniemi, Juha Himanen, Mika Sipura. Kuvasta puuttuvat Siirimari Liias ja Eva Vanhapiha. Kiitämme kaikkia muita tähän tutkimukseen osallistuneita.