

Vastaanottaja
Terrafame Oy

Asiakirjatyyppi
Neljännesvuosiraportti (2/4) 2019

Päivämäärä
28.11.2019

Viite
1510046315-015

TERRAFAME OY KAIVOKSEN PINTAVE- SIEN TARKKAILU VUONNA 2019 – Q2

Laatija	Hanna Kangas, Niklas Virkkala
Tarkastaja	Sanna Sopanen
Kuvaus	Ympäristötarkkailun neljännesvuosiraportti

Viite	1510046315-015
-------	----------------

SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	1
2.	HYDROLOGISET OLOT JA VESIEN JOHTAMINEN	1
3.	NÄYTTEENOTTO JA ANALYYSIT	4
4.	OULUJOEN SUUNTAAN LASKEVAT VEDET	6
4.1	Salminen, Salmisenpuro ja Kalliojärvi	7
4.2	Härkäpuro ja Kuusijoki	9
4.3	Korentojoki	10
4.4	Aittopuro	10
4.5	Kalliojoki, Kolmisoppi ja Tuhkajoki	10
4.6	Talvijoki	12
4.7	Jormasjärvi	12
4.8	Jormasjoki	15
4.9	Rehja-Nuasjärvi	15
4.9.1	Vesinäytteiden tulokset	15
4.9.2	Kenttämittaukset	17
4.9.3	Jatkuvatoimiset mittaukset	18
4.9.4	Leviämiskartoitus	22
4.9.5	Rantavesinäytteet	23
4.10	Kajaaninjoki	24
4.11	Oulujärvi	24
4.12	Pirttipuro ja Kivipuro	24
5.	VUOKSEN SUUNTAAN LASKEVAT VEDET	25
5.1	Ylä-Lumijärvi ja Lumijärvi	25
5.2	Lumijoki	25
5.3	Kivijärvi	25
5.4	Kivijoki	27
5.5	Laakajärvi	27
5.6	Kiltuanjärvi	29
5.7	Haajaistenjärvi, Haapajärvi, Nurmijoki, Sälevä, Atrojoki ja Syväri	29
6.	KAIVOSPIIRIN ULKOPUOLISET JÄRVET	30
7.	YHTEENVETO	30

LIITTEET

Liite 1

Tarkkailualue ja näytteenottopaikat

Liite 2

Oulujoen suunta - kehityskuvaajat

Liite 3

Vuoksen suunta – kehityskuvaajat

Liite 4

Tulosten yhteenvetotaulukko

1. JOHDANTO

Vuoden 2019 huhti-kesäkuussa (Q2) pintavesien tarkkailua tehtiin 6.2.2017 päivitetyn, Kainuun ELY-keskuksen ja Pohjois-Savon ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailuohjelman (Pöyry, 28.11.2016), mukaisesti. Terrafamen kaivoksen pintavesien tarkkailu perustuu osin pitkään käytössä olleiden seurantapaikkojen ja osin myöhemmin tarkkailuun lisättyjen seurantapaikkojen veden laadun seurantaan.

Terrafamen kaivoksen vesistötarkkailua painotetaan alueille, joihin vesistövaikutukset kohdistuvat ja ovat kohdistuneet, eli Oulujoen ja Vuoksen vesistöjen suuntaan. Nykyisin kaivoksen purkuvesien juoksutus suuntautuu pääosin Oulujoen vesistöön, eikä Vuoksen vesistöön ole johdettu kaivosvesiä vuoden 2016 kevään jälkeen. Tarkkailun tavoitteena on selvittää teollisuusalueelta johdettavien vesien vaikutusalueen laajuutta sekä vesien johtamisesta aiheutuvia vesistövaikutuksia.

Nuasjärven purkuputken tarkkailu lisättiin tarkkailuohjelmaan vuonna 2015. Purkuputken myötä vesistö-tarkkailua lisättiin Jormasjärvellä, Jormasjoella, Nuasjärvellä, Kajaaninjoessa sekä Oulujärvellä. Vuoden 2019 tarkkailuraporteissa esitetään myös Nuasjärven purkuputkeen liittyvän tarkkailun tulokset. Kivipu-ron ja Pirttipuron vedenlaadun tarkkailua lisättiin vuonna 2018, millä vastataan Terrafamen Kuusilammen avolouhoksen itäpuolelle rakennettavan sivukiven varastoalueen sekä siihen liittyvien toimintojen tark-
kailuvelvoitteisiin.

Vuoden 2019 toisessa neljännesvuosiraportissa (Q2) tarkastellaan huhtikuun ja kesäkuun välisenä aikana otettujen vesinäytteiden ja tehtyjen mittausten tuloksia. Terrafamen teollisuusalueelta johdettavien ve-sien vaikutuksia tarkkaillaan Oulujoen vesistössä välillä Salminen - Oulujärvi ja Vuoksen vesistössä välillä Ylä-Lumijärvi - Syväri. Vesistöpisteiden sijainnit on esitetty liitteen 1 kartoissa.

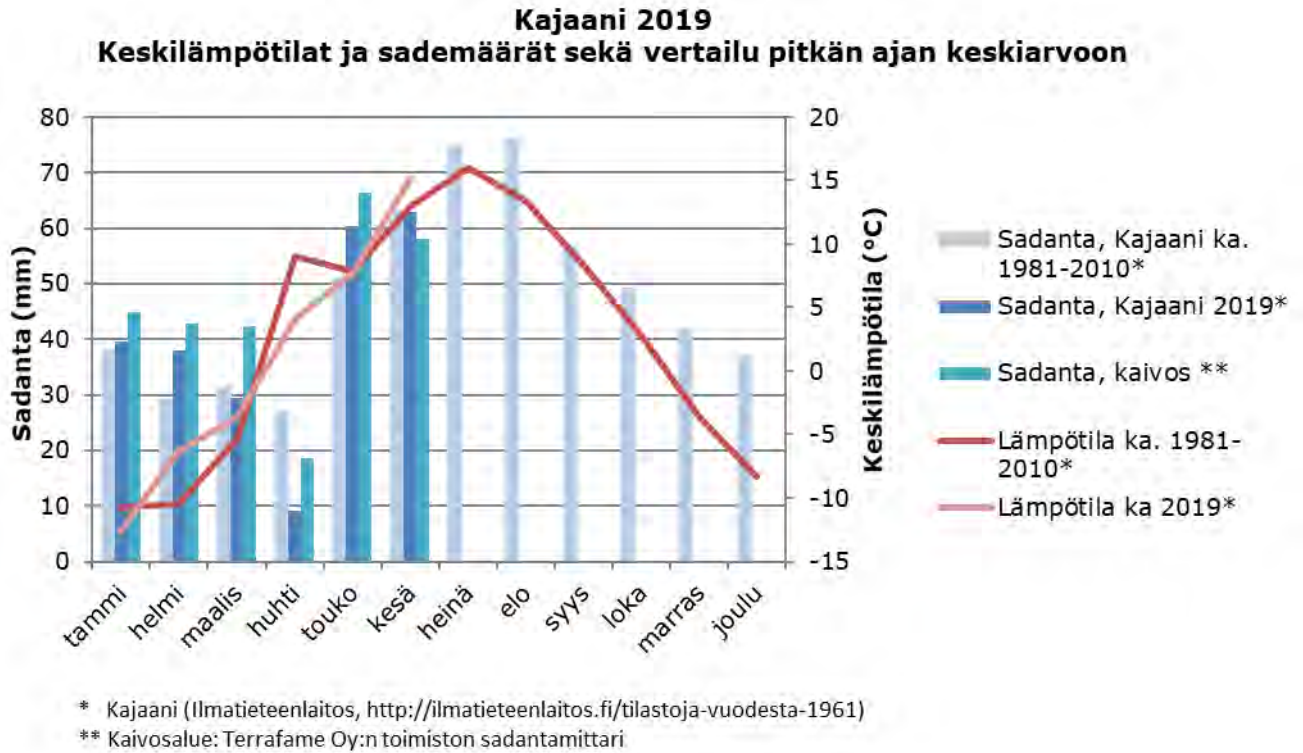
2. HYDROLOGISET OLOT JA VESIEN JOHTAMINEN

Huhti-kesäkuussa teollisuusalueelta vesistöön johdettujen käsiteltyjen jätevesien määrä oli 2,03 milj. m³. Kaikki vedet johdettiin pohjoiselle purkureitille. 77 % (1,58 milj. m³) vesistä johdettiin Nuasjärven pur-
kuputken ja 22 % (0,45 milj. m³) Latosuon altaasta Kuusijoen ja Kalliojoen kautta Kolmisoppeen (Tau-
lukko 2-1). Johdettujen vesien määrä oli 0,68 milj. m³ enemmän kuin vuotta aiemmin samaan aikaan
(1,35 milj. m³).

Taulukko 2-1. Terrafamen juoksutusmäärät purkupaikoittain (m³/kk).

	Pohjoinen					Etelä	
	Purkuputki	Latosuo	Kärsälampi	Kuusilampi	SEM2	Kortelampi 1	Kortelampi 2
Tammikuu	0	0	0	0	0	0	0
Helmikuu	0	0	0	0	0	0	0
Maaliskuu	0	11 200	0	0	0	0	0
Huhtikuu	452 251	160 860	0	0	0	0	0
Toukokuu	596 747	186 000	0	0	0	0	0
Kesäkuu	527 458	102 000	0	0	0	0	0

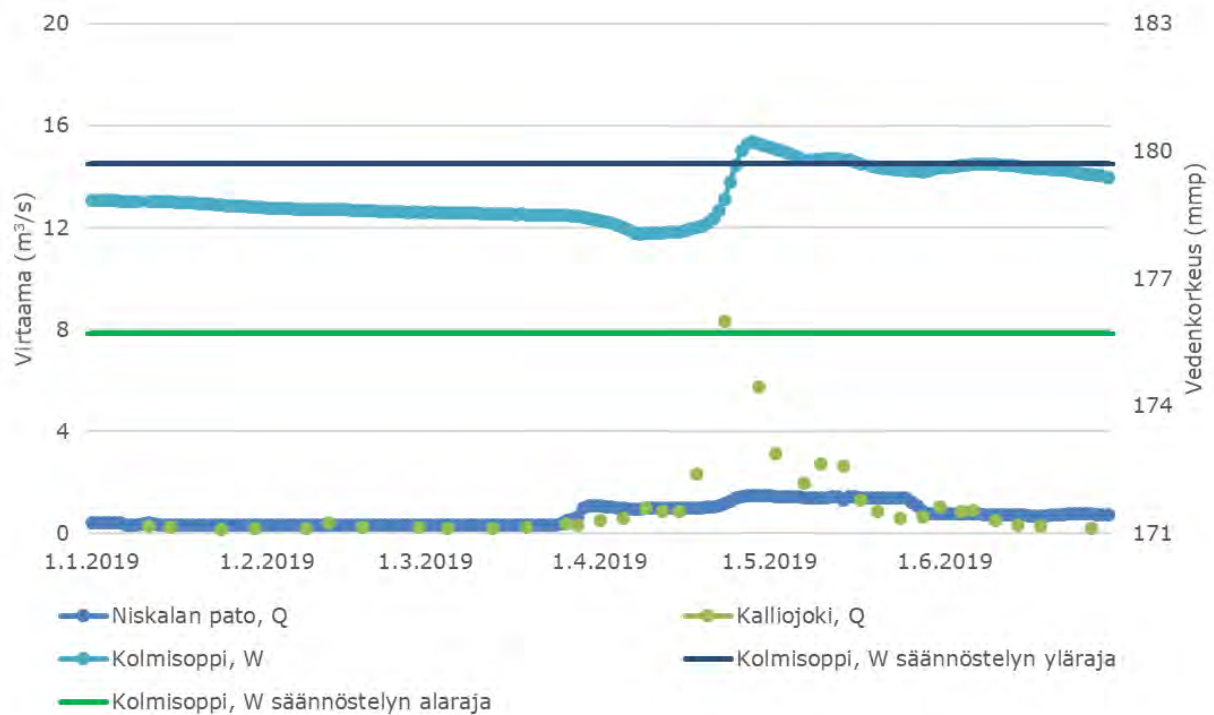
Vuoden 2019 huhtikuu oli Kajaanissa keskimääräistä kylmempi ja vähäsateisempi (Kuva 2-1). Toukokuu oli lämpötilaltaan tavanomainen, mutta keskimääräistä sateisempi. Kesäkuu sen sijaan oli hieman tavanomaista lämpöisempi ja sademäärältään tavanomainen. Kaivoksella mitattu sademäärä oli huhti- ja toukokuussa suurempi ja kesäkuussa pienempi kuin ilmatieteenlaitoksen Kajaanin mittauspisteeltä mitattu sademäärä.



Kuva 2-1. Kuukausittaiset lämpötilat ja sademäärät vuonna 2019 sekä vertailu pitkän ajan (1981–2010) keskiarvoihin.

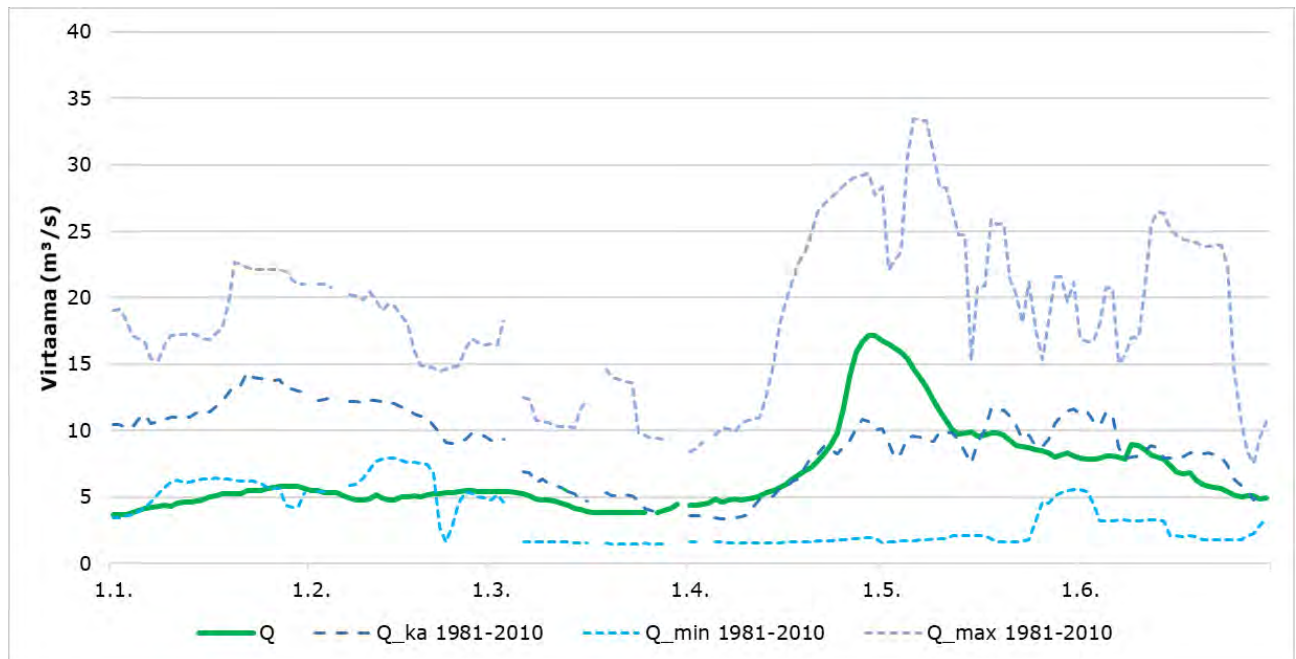
Niskalan padon ja Kalliojoen virtaamia sekä Kolmisopen vedenkorkeutta tarkkaillaan kaivoksen toimesta. Kalliojoen mittauspiste on noin 300–400 m ennen Kolmisopen laskukohtaa. Niskalan padolla puolestaan säädellään Kolmisopen vedenkorkeutta ja Tuhkajoen virtaamaa.

Kalliojoen virtaama vaihteli huhti-kesäkuussa välillä 0,2-8,3 m³/s ja kevään virtaamahuippu kohdistui huhtikuun loppupuolelle. Kesäkuun loppuun mennessä virtaama oli palautunut tammi-maaliskuun tasolle (Kuva 2-2). Niskalan padolla virtaama vaihteli välillä 0,7-1,5 m³/s. Niskalan padon mitatut virtaamat olivat touko-heinäkuun mittausjaksolla hieman suurempia kuin tammi-maaliskuun mittausjaksolla. Kolmisopen pinnankorkeuden lasku jatkui huhtikuun alkupuolelle saakka, jonka jälkeen pinnankorkeus nousi huhtikuun loppuun saakka. Toukokuun alusta kesäkuun loppuun saakka pinnankorkeus pääosin laski hiljalleen. Kolmisopen pinnankorkeus vaihteli välillä 178-180 mmp ja ylitti vesitalousluvan mukaisen säännöstelyn ylärajan 26.4.-16.5.2019. Muina aikoina pinnankorkeus pysyi vesitalousluvan mukaisten säännöstelyrajojen sisällä.



Kuva 2-2. Niskalan padon ja Kalliojoen virtaama, Kolmisopen havaittu pinnankorkeus sekä vesitalousluvan mukaisen pinnankorkeuden säännöstelyn ylä- ja alaraja.

Vuoksen puolen hydrologinen havaintopiste sijaitsee Kiltuanjärven ja Haapajärven välisessä salmessa. Virtaama vaihteli Jyrkän havaintopisteellä välillä 4,4-17,2 m³/s ja virtaamahuippu ajoittui huhti-toukokuun vaihteeseen, jonka jälkeen virtaama pieneni kesäkuun loppuun saakka (Kuva 2-3, Hertta 9.7.2019). Virtaama pysyi pitkän ajan virtaamaminimin yläpuolella ja virtaamamaksimin alapuolella. Terrafamella ei ole omaa virtaamamittausta Kiltuanjärven Jyrkän havaintopisteellä, vaan virtaamatiedot on saatu ympäristöhallinnon ylläpitämästä ympäristötiedon hallintajärjestelmästä (Hertta).



Kuva 2-3. Kiltuanjärven (04.643) Jyrkän tarkkailupisteen virtaamat tammi-kesäkuussa vuonna 2019 (Hertta 9.7.2019)

3. NÄYTTEENOTTO JA ANALYYSIT

Näytteet otettiin ja analyysit tehtiin voimassa olevien tarkkailuohjelmien mukaisesti. Näytteenotosta vastasivat sertifioidut näytteenottajat ja näytteiden analysoinnista Eurofinsin ympäristölaboratorio Lahdessa. Eurofins Environment Testing Oy on FINAS:n akkreditoima (SFS-EN ISO/IEC 17025:2005) testauslaboratorio T039, jonka kaikki keskeiset analyysit on akkreditoitu. Näytteistä analysoitiin tarkkailuohjelman mukaiset fysikaalis-kemialliset määritykset, joissa käytetyt menetelmät ovat valvovan viranomaisen hyväksymiä ja/tai akkreditoituja.

Huhti-kesäkuun vesinäytteiden, 1 metrin välein toteutettujen kenttämittausten ja jatkuvatoimisen vedenlaadun seurannan havaintopaikat sekä toteutunut näytteenotto on koottu Oulujoen vesistön osalta taulukkoon 3-1 ja Vuoksen vesistön osalta taulukkoon 3-2 seuraaville sivuille. Havaintopaikkojen sijainnit on esitetty kartalla liitteessä 1.

Taulukko 3-1. Toteutunut näytteenotto tammi-syyskuussa Oulujoen suunnalla.

Paikka	Tunnus	Q1			Q2		
		tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä
Oulujoen suunta							
Salminen	Sal			1			1
Salmisenpuro	Salpu1			1			1*
Kalliojärvi	Kal1		1	1	1	1	1
Korentojoki	Kor			1			
Härkäpuro	Härp1			2*			1
Kuusijoki	Kuujo	1	1	1	1	1	1
Kalliojokisuu	Kal su	1	1	1	1	1	1
Aittopuro	Ait			1			
Kolmisoppi	Kol1			1	1		1
Kolmisoppi lähtevä	Kol läh			1	1		1
Tuhkajoki	Tuh1	1	1	1	1	1	1
Talvijoki	Talvijoki1			1			
Jormasjärvi etelä	Jor5			1	1		1
Jormasjärvi syv	Jor3 (J4)			1	1		1
Jormasjärvi pohjoinen				1	1		1
Jormasjärvi rantavesi	J1,J2,J3,J4						1
Jormasjoki	FM8	1	1	1	1	1	1
Nuasjärvi, Jormaslahti	FM6			1			1
Nuasjärvi 23	FM12, Nj23	1		1 L			1 L
Nuasjärvi 34	Nj34 (J1)	1		1 L			1 L
Nuasjärvi 35	Nj35	1		1 L			1 L
Nuasjärvi 37, Rimpilänsalmi	Nj37	1		1 L			1 L
Nuasjärvi 24	Nj24			1 L			1 L
Nuasjärvi 46	Nj46, Nj30, NjL5 (J2)	1		1 L			1 L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL1			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL2			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL3			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL4			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL6			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL7			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL8			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL9			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL10			L			L
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL11			L			L
Nuasjärvi rantavesi	NR1-NR6						1
Nuasjärvi - Rehja	Rehja itä (J3)	1		1 L			1L
Nuasjärvi - Rehja	Reh135	1		1 L			1L
Kajaaninjoki	VP12100			1*			1L
Oulujärvi	Ouj16			1 L			1L
Oulujärvi	Ouj139			1 L			1L
KL2-sivukivialueen tarkkailu							
Kivipuro				1		1	1
Pirttipuro				1		1	1
Nuasjärven purkuputken vaikutusten lisätarkkailu							
Nj23-1		1		1			1
Nj34-1		1		1			1
Nj35-1		1		1			1

vesinäytteiden lukumäärä 1

leviämiskartoitus L

poikkeama tarkkailuohjelmasta *

jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta

kenttämittaukset 1 m syvyysvälein

Taulukko 3-2. Toteutunut näytteenotto huhti-kesäkuussa Vuoksen suunnalla sekä kaivospiirin ulkopuolisilla järvillä.

Paikka	Tunnus	Q1			Q2		
		tamm i	helmi	maalis	huhti	touko	kesä
Vuoksen suunta							
Ylä-Lumijärvi	Ylu			1			
Lumijärvi	Lujä			1			
Lumijoki 1, silta	Lum	1	1	1	1	1	1
Kivijärvi 2	Kiv2			1			1
Kivijärvi 7	Kiv7		1	1	1	1	1
Kivijärvi 10	Kiv10			1			1
Kivijoki 4	Kivj4	1	1	1	1	1	1
Laakajärvi 9	Laa9			1	1	1	1
Laakajärvi 13	Laa13			1	1		1
Laakajärvi 081	Laa081			1	1		1
Laakajärvi 12	Laa12			1			
Kiltuanjärvi	Kil4			1			1
Haajaistenjärvi							1
Haapajärvi	Haa070			1			1
Nurmijoki, Koirakoski	Koirak7			1			1
Sälevä 012				1			1
Nurmijoki Itäkoski 09				1			1
Atrojoki, Koivukoski				1			1
Syväri 21				1			
Kaivospiirin ulkopuoliset järvet							
Iso-Savonjärvi	IsoS			1			
Hakonen	Hako1			1			
Raatelampi	Raa			1			

vesinäytteiden lukumäärä 1

kenttämittaukset 1 m syvyyssvälein

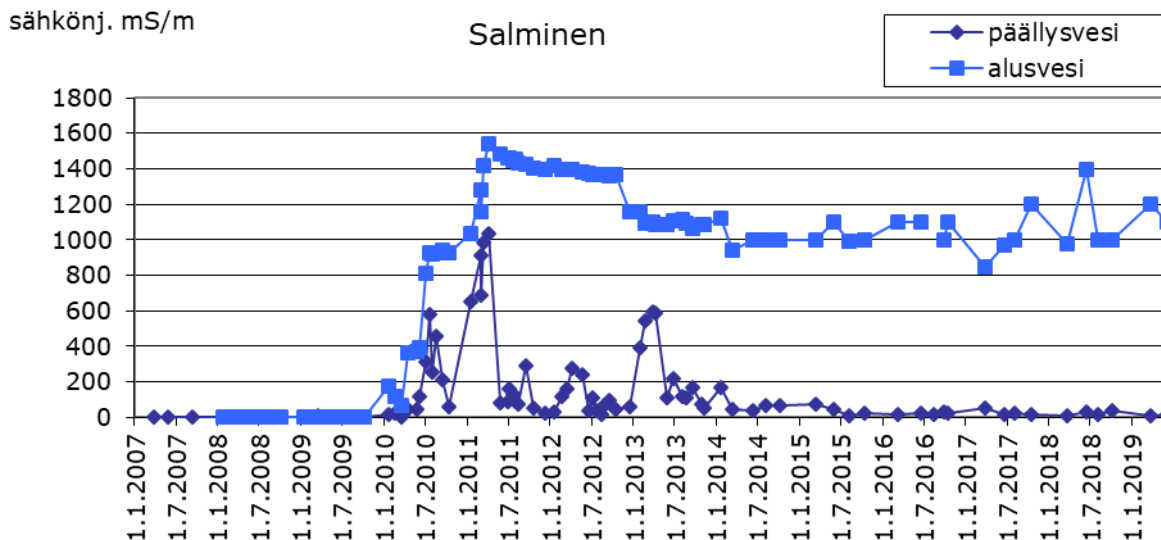
4. OULUJOEN SUUNTAAN LASKEVAT VEDET

Oulujoen suuntaan vettä johdetaan pääasiassa Latosuon altaalta lähtevän purkuputken kautta Nuasjärveen sekä Latosuon vesivarastoaltaalta Kuusijokeen ja edelleen Kalliojoen kautta Kolmisoppeen. Vettä voidaan johtaa Oulujoen suuntaan myös alueen pohjoiselta vedenkäsittely-yksiköltä Kärsälammelta Salmiseen sekä kaivoksen sekundääriliuotusalueen suojapumppausvesiä ja muita hulevesiä käsiteltyinä SEM2-altaan vedenkäsittely-yksiköltä Kuusijoen kautta Kalliojokeen. Lisäksi vesiä voidaan johtaa Kuusilammen vesivarastoaltaalta Härkäpuron ja Kuusijoen kautta. Kärsälammelta Salmiseen sekä Kuusilammelta Härkäpuron kautta Kuusijokeen vesiä on purettu viimeksi vuonna 2016. SEM2-altaan kautta vesiä ei ole purettu vuosiin. Luonnollinen vesireitti laskee Kolmisopesta Tuhkajoen kautta Jormasjärveen ja Jormasjärvestä Jormasjoen kautta Nuasjärveen (Liite 1). Vuoden 2019 huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla vesiä johdettiin teollisuusalueelta Oulujoen suuntaan Latosuolta purkuputken ja Kuusijoen kautta.

4.1 Salminen, Salmisenpuro ja Kalliojärvi

Salmisesta ja Salmisenpurosta (Liite 1.1) otettiin vesinäytteitä kesäkuussa. Kalliojärvestä otettiin vesinäytteitä kaikkina kuukausina sekä kenttämittauksia touko- ja kesäkuun näytteenottokerroilla. Salmisen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2007 alkaen, Salmisenpuron vedenlaatua vuodesta 2012 alkaen ja Kalliojärven vedenlaatua vuodesta 2005 alkaen. Purkureitille on juoksutettu vesiä edellisen keran Kärsälammelta toukokuussa vuonna 2016.

Kesäkuun näytteenottokierroksella Salmisen vedenlaatu ei poikennut aiemmin tarkkailussa havaitusta. Vesinäytteiden analyysitulosten perusteella Salmisen vesi on ollut selvästi kerrostunutta vuodesta 2011 alkaen (Kuva 4-1). Sekä päänly- että alusveden sähkönjohtavuus on pienentynyt vuosien 2011-2012 tasosta, mutta siinä on viime vuosina ollut havaittavissa suurta näytteenottokertojen välistä vaihtelua. Kaikista näytesyvyyksistä otettu vesi oli hapanta (pH 3,4-4,9). Alus- ja väliveden näytteet olivat lähes hapettomia (1,6-1,7 % O₂) ja niiden sähkönjohtavuus (1100 mS/m) sekä sulfaattipitoisuus (8500-9100 mg/l) olivat suuria. Metallipitoisuudet ovat edelleen suuria, mutta joidenkin metallien (esim. Al, Mn, Ni) osalta pitoisuudet ovat pienentyneet vuoden 2013 tasosta.

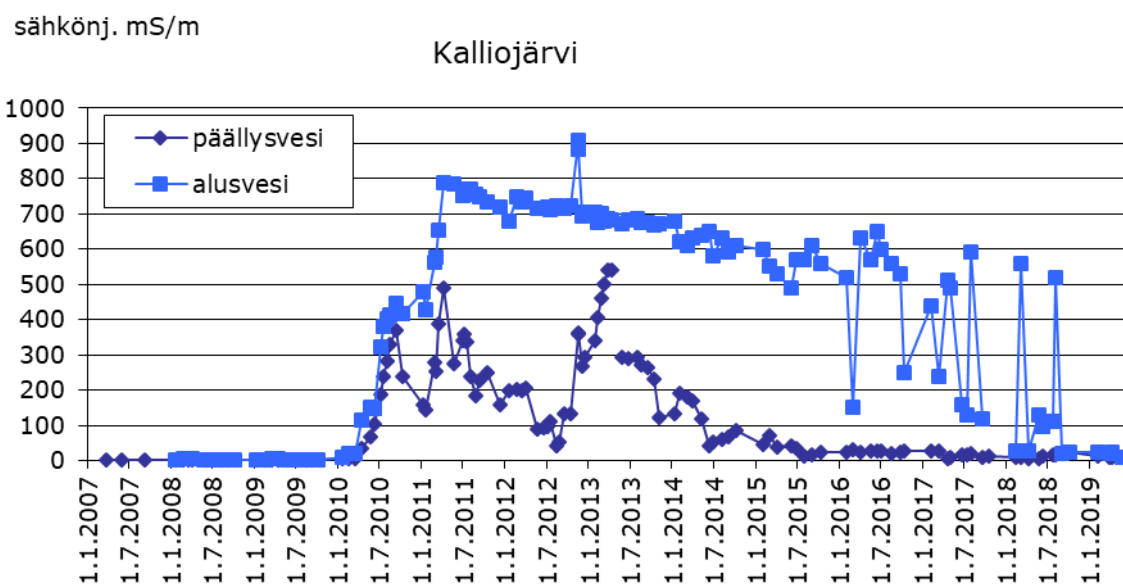


Kuva 4-1. Sähkönjohtavuus Salmisen päänly- ja alusvedessä tarkkailuvuosina 2007-2019

Salmisenpuron vedenlaatu ei poikennut kesäkuun näytteenottokierroksella aiemmin tarkkailussa havaitusta. Vesi oli hapanta (pH 5,2) ja puskurikyky aiempaan tapaan huono (<0,02 mmol/l). Toisin kuin maaliskuussa, sulfaattipitoisuus (61 mg/l) ja metallipitoisuudet pääosin olivat hieman pienempiä kuin Salmisen päänlyvedessä. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määrittäysrajan (<0,03 µg/l). Liukoisen nikkelin¹ pitoisuus oli 15 µg/l. Salmisenpuron happinäyte jäi ottamatta 6.6. näytteenottokierroksella, mistä syystä happinäyte otettiin vasta 13.6. Happipitoisuus oli hyvä (9 mg/l).

¹ Osan pitoisuudesta voidaan katsoa olevan ns. biosaatavassa muodossa. Liukoisen nikkelin biosaatava pitoisuus on laskennallinen suure, joka voidaan laskea, kun tunnetaan veden DOC- ja Ca-pitoisuus sekä nikkelin liukoinen pitoisuus. Biosaatavan nikkelin pitoisuutta voidaan verrata nikkelin ympäristölaatuunormiin, jonka mukaan vuosikeskiarvon tulisi olla alle 4 µg/l (AA-EQS) ja yksittäisten havaintujen pitoisuuksien alle 34 µg/l (MAC-EQS).

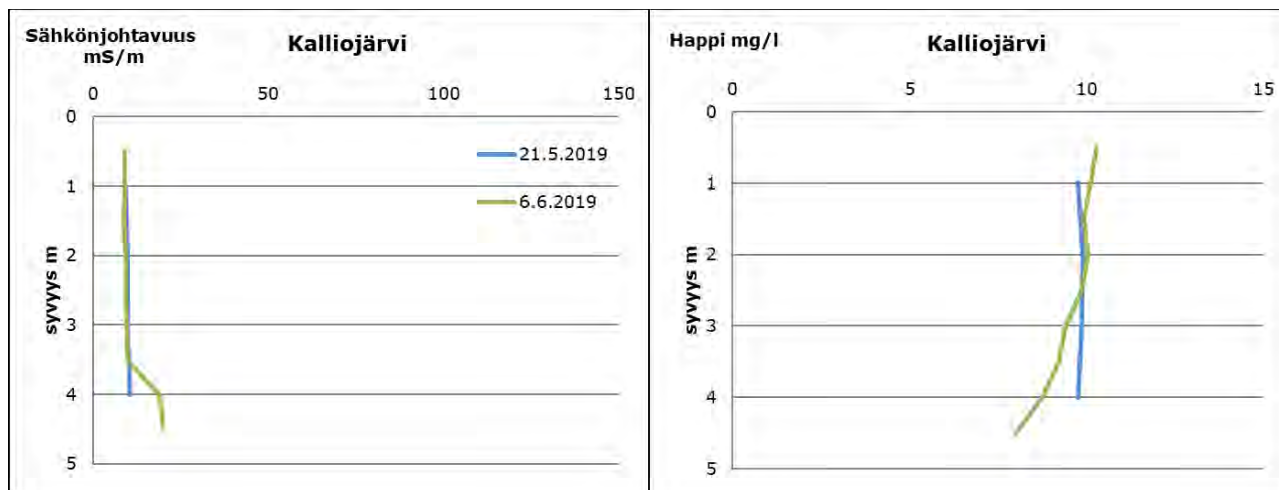
Huhti-kesäkuussa Kalliojärven vedenlaatu ei poikennut aiemmin tarkkailussa havaitusta. Järvi on ollut Salmisen tapaan voimakkaasti kerrostunut (Kuva 4-2), mutta viime vuosien aikana sekä päällys- että alusveden vedenlaadussa on ollut havaittavissa suuntaus parempaan. Vesinäytteiden analyysitulosten perusteella Kalliojärven päällysveden sulfaattipitoisuus (24-35 mg/l) sekä metallien pitoisuudet (esim. liuk. Ni 4,6-5,7 µg/l) olivat huomattavasti pienempiä kuin Salmisessa kesäkuussa. Kalliojärven alusveden happipitilanne oli huhtikuussa huono (19 % O₂), mutta toukokuussa tyydyttävä (72 % O₂) ja kesäkuussa hyvä (86 % O₂). Sulfaattipitoisuus (28-77 mg/l) oli hieman suurempi kuin päällysvedessä. Metallipitoisuuksissa on ollut havaittavissa selvä laskeva suuntaus jo usean vuoden ajan. Liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat alle määrittäysrajan tai sen tuntumassa (<0,03-0,04 µg/l).



Kuva 4-2. Sähkönjohtavuus Kalliojärven päällys- ja alusvedessä tarkkailuvuosina 2007-2019

Salmisen tapaan myös Kalliojärvessä veden sähkönjohtavuus on pienentynyt. Viime vuosina alusveden sähkönjohtavuudessa on ollut havaittavissa huomattavaa näytteenottokertojen välistä vaihtelua ja vuosina 2018 sekä 2019 alusveden vesinäytteestä mitattu sähkönjohtavuus on useina näytteenottokertoina ollut päällysveden sähkönjohtavuuden tasolla. Pääosin tämä on johtunut siitä, että alusveden vesinäyte on toisinaan otettu harppauskerroksen yläpuolelta.

Toukokuun kenttämittaustulosten perusteella Kalliojärven vesi pääsi usean vuoden kerrostuneisuuden jälkeen sekoittumaan pohjaan saakka (Kuva 4-3). Kesäkuussa sähkönjohtavuus kasvoi hieman pohjan tuntumassa ja happipitoisuus laski jonkin verran pinnasta pohjaan, mutta suurimmat mitatut sähkönjohtavuusarvot olivat huomattavasti viime vuosina mitattuja pienempiä. Kalliojärven harppauskerros on ollut viime vuosina hyvin jyrkkä ja alusveden osuus koko vesitilavuudesta on vaihdellut kierto-olosuhteiden sekä veden pinnankorkeuden vaihtelun mukaan.



Kuva 4-3. Kalliojärven kenttämittausten (YSI-mittari) tulokset touko- ja kesäkuussa vuonna 2019

4.2 Härkäpuro ja Kuusijoki

Kuusilammella varastoituja vesiä voidaan johtaa Härkäpuron kautta Kuusijokeen tai vaihtoehtoisesti Härkäpuron kautta Latosuon patoaltaaseen varastoitavaksi. Latosuon varastoaltaasta vesiä voidaan johtaa edelleen Kuusijokeen tai purkuputken kautta Nuasjärveen. Vesiä johdettiin Latosuon altaasta Kuusijokeen tarkkailujakson huhti- kesäkuu kaikkina kuukausina. Härkäpuron kautta suoraan Kuusijokeen, Latosuon ohi, vesiä on johdettu viimeksi vuonna 2016. Kummankin virtapisteen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2012 alkaen. Huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla Härkäpurosta otettiin vesinäytteitä kesäkuussa ja Kuusijoesta kaikkina kuukausina.

Härkäpuron kesäkuun näytteenottokerralla vesinäytteistä mitattiin koholla olevia metallipitoisuuksia ja myös kiintoainepitoisuus (160 mg/l) oli keskimääräistä suurempi. Muiden vedenlaatumuuttujien osalta vedenlaadussa ei ollut havaittavissa mitään poikkeavaa. Alumiinin kokonaispitoisuus oli 8300 µg/l, liukoisen alumiinin 790 µg/l, liukoisen kadmiumin 9 µg/l, liukoisen kuparin 12 µg/l, mangaanin 5800 µg/l, liukoisien nikkelin 720 µg/l, raudan 9100 µg/l ja liukoisien raudan 820 µg/l. Vesi oli aiempaan tapaan emäksistä (pH 7,3), sähkönjohtavuus oli 90 mS/m ja sulfaattipitoisuus 430 mg/l.

Todennäköisimpänä syynä poikkeuksellisiin pitoisuuksiin voidaan pitää Härkälammen neutraloinnista Härkäpuroon kulkeutunutta sakkaa, jota on näytteenotossa sekoittunut vesinäytteeseen. Sakkaa on kertynyt Härkäpuron neutralointiasemalle, josta sitä toisinaan kulkeutuu alaspäin kohti Härkäpuron näytteenotopistettä. Neutralointipaikka sijaitsee Kuusilammelta Härkäpuroon johtavassa ojassa juuri ennen Härkäpuron alkua. Pohjasedimentin pöllähtäminen näytteenottopaikalla sekä sen sekoittuminen vesinäytteeseen

ovat mahdollisia etenkin alhaisen virtaaman aikaan. Näytteenottohetkellä purouomassa oli niin vähän vettä, että näyte jouduttiin ottamaan 15 cm:n syvyydestä. Vesinäytteen kiintoainepitoisuus oli koholla, mikä saattaa johtua pohjasedimentin sekoittumisesta näytteeseen. Edellisen kerran sama tapahtui vuoden 2018 maaliskuun näytteenottokerralla.

Kuusijoen huhti-kesäkuun vesinäytteissä vedenlaadun muuttujien arvot vaihtelivat aiemmin havaitulla tasolla. Toisin kuin Härkäpuron vesi, Kuusijoen vesi oli hapanta (pH 6,4-6,8). Sähkönjohtavuus (100-180 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (480-970 mg/l) olivat suurempia kuin Härkäpuron vedestä mitatut.

4.3 Korentojoki

Korentojoen vedenlaatua ei tarkkailtu huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla.

4.4 Aittopuro

Aittopuro laskee Kolmisoppiin pohjoisesta eikä ole kaivoksen vaikutusalueella. Vuoden 2019 ensimmäiset näytteet otettiin maaliskuussa mutta, koska tulokset jäivät raportoimatta Q1-raportissa, on ne raportoitu osana Q2-raporttia. Aittopuron vedenlaatua on tarkkailtu osana kaivoksen pintavesitarkkailua vuodesta 2008 alkaen. Nykyisin vesinäytteitä otetaan kolmen vuoden välein.

Maaliskuussa Aittopuron vedenlaadussa ei havaittu poikkeamia aiempiin tarkkailuvuosiin verrattuna. Sähkönjohtavuus oli alhainen (3,1 mS/m) ja sulfaattipitoisuus pieni (3,6 mg/l). Liukoisen kadmiumin ja liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat pieniä (Cd liuk. <0,03 µg/l ja Ni liuk. 1 µg/l).

4.5 Kalliojoki, Kolmisoppi ja Tuhkajoki

Nuasjärven purkuputkeen juoksutettavia vesiä lukuun ottamatta kaikki pohjoiseen Oulujoen suuntaan teollisuusalueelta juoksutettavat vedet kulkevat Kalliojoen ja Kolmisopen kautta Tuhkajokeen. Kalliojoen tarkkailupiste sijaitsee jokisuussa laskussa Kolmisoppeen. Kolmisopessa on kaksi tarkkailupistettä, joista toinen sijaitsee keskellä järveä ja toinen on Kolmisopesta Tuhkajokeen johdettavien vesien laatua kuvaava tarkkailupiste. Tuhkajoen vedenlaatua seurataan noin joen puolivälissä sijaitsevalta näytepisteeltä. Kalliojoen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2007 alkaen, Kolmisopen vedenlaatua vuodesta 2005 alkaen ja Tuhkajoen vedenlaatua vuodesta 2012 alkaen.

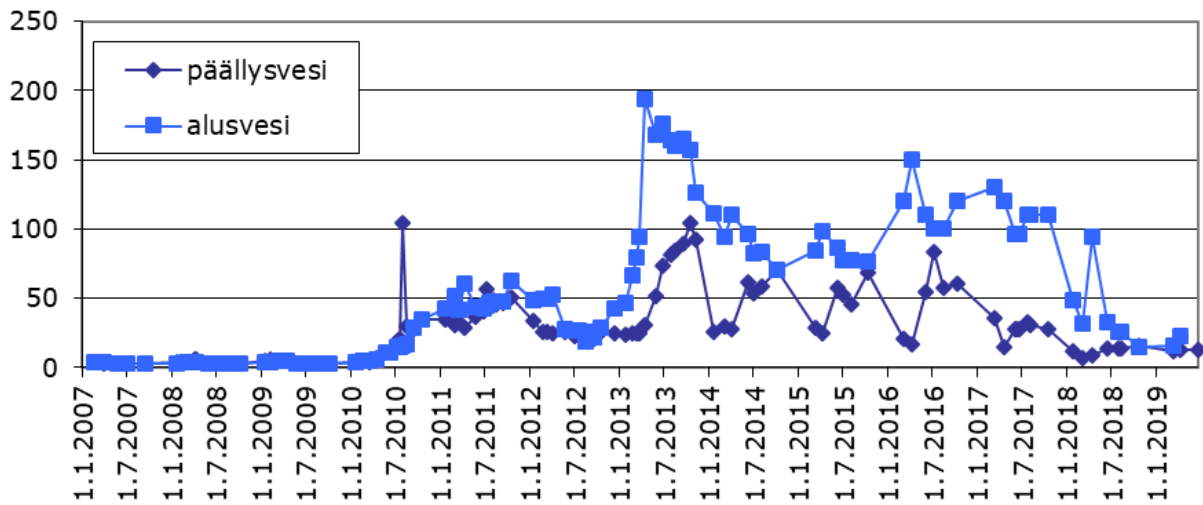
Kalliojokisuun näytteenottopisteeltä otetaan vesinäytteitä kuukausittain. Huhti-kesäkuussa vesi oli aiempaan tapaan hapanta (pH 6,1–6,4) eikä vedenlaatu poikennut muidenkaan tutkittujen muuttujien osalta aiemmin tarkkailussa havaitusta. Sähkönjohtavuus vaihteli välillä 28-41 mS/m ja sulfaattipitoisuus välillä 110-180 mg/l.

Kolmisopesta sekä järvestä lähtevästä vedestä otettiin huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla vesinäytteitä touko- ja kesäkuussa. Kolmisopessa tehtiin lisäksi kesäkuun näytteenottokierroksella kenttämittaukset metrin syvyysvälein. Kolmisopen vesinäytteissä pH vaihteli välillä 6,1-6,6. Alus- ja väliveden happitilanne oli huhtikuussa välttävä (53-57 % O₂) ja kesäkuussa tyydyttävä (71-73 % O₂).

Päällys- ja alusveden sähkönjohtavuus on laskenut vuodesta 2013 vuoteen 2019 (Kuva 4-4). Viimeisinä näytteenotokertoina alusveden vesinäytteestä mitattu sähkönjohtavuus on ollut samalla tasolla tai lähes samalla tasolla kuin päällysvedestä mitattu. Samansuuntainen kehitys on havaittavissa myös sulfaattipitoisuudessa. Päällysveden sulfaattipitoisuus vaihteli huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla välillä 44-49 mg/l ja alusveden välillä 44-90 mg/l. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli päällysvedessä <0,03-0,04 µg/l ja liukoisen nikkelin 5-6 µg/l. Alusvedessä liukoisen kadmiumin pitoisuus oli 0,05 µg/l ja liukoisen nikkelin pitoisuus 6-7 µg/l. Myös liukoisen kadmiumin ja nikkelin pitoisuudet ovat pienentyneet suurimmista pitoisuuksista. Kolmisopesta lähtevän veden laatu vastasi Kolmisopen päällysveden vedenlaatua.

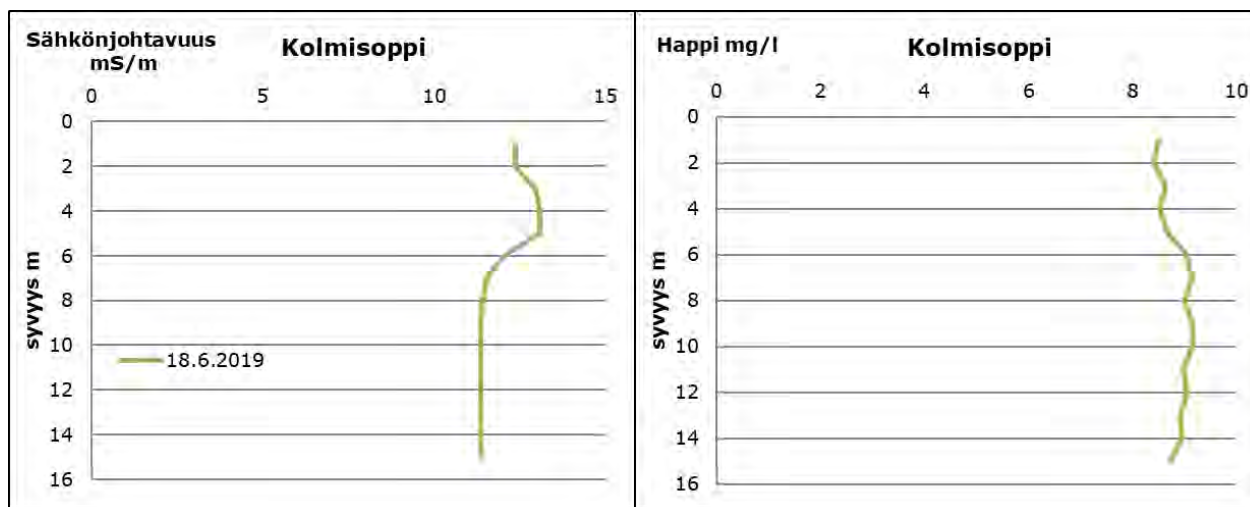
sähkönj. mS/m

Kolmisoppi



Kuva 4-4. Sähkönjohtavuuden kehitys Kolmisopessa v. 2007–2019

Kenttämittausten perusteella Kolmisopen vesi oli kesäkuussa sekoittunutta pinnasta pohjaan (Kuva 4-5). Sähkönjohtavuudessa ei voitu havaita harppauskerrosta. Happitilanne oli hyvä myös pohjan tuntumassa.



Kuva 4-5. Kolmisopen kenttämittausten (YSI-mittari) mukainen sähkönjohtavuus ja happipitoisuus eri syvyyksissä kesäkuussa 2019

Tuhkajoesta otetaan vesinäytteitä kuukausittain. Huhti-kesäkuussa veden pH oli lievästi hapan 6,3–6,5 ja happitilanne oli hyvä (82–88 % O₂). Sähkönjohtavuus (10–13 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (32–42 mg/l) ovat pienentyneet vuodesta 2014 alkaen. Liukoisen kadmiumin pitoisuus vaihteli välillä <0,03–0,06 µg/l ja liukoisen nikkelin pitoisuus välillä 4,3–5,4 µg/l. Tuhkajoen veden pitoisuustasot olivat hieman korkeampia kuin Kolmisopesta lähtevän veden.

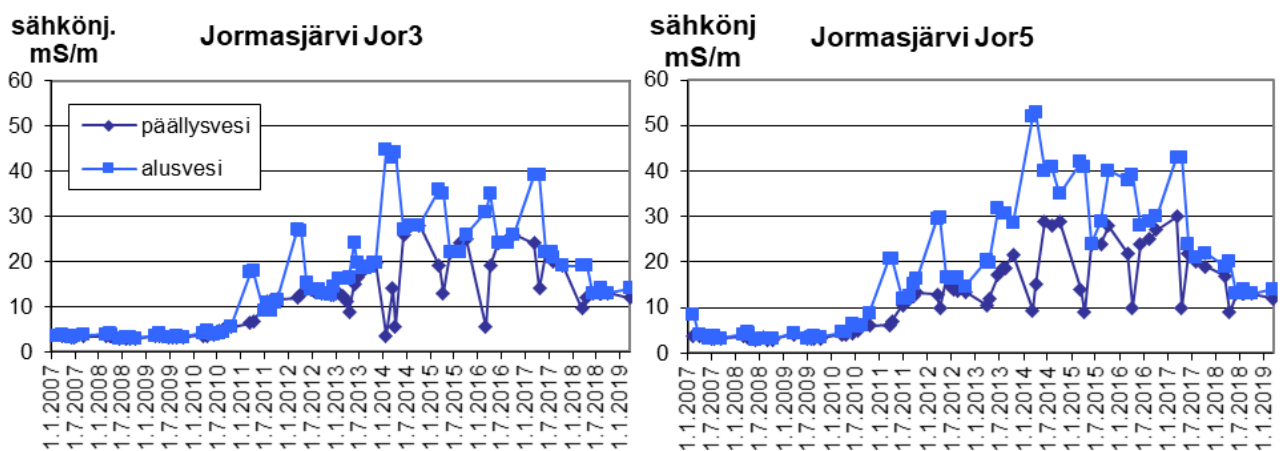
4.6 Talvijoki

Talvijoen vedenlaatua ei tarkkailtu tarkkailujaksolla huhtikuusta kesäkuuhun.

4.7 Jormasjärvi

Huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla Jormasjärvestä otettiin vesinäytteitä huhti- ja kesäkuussa tarkkailuohjelman mukaisesti kolmesta tarkkailupisteestä: Talvilahdelta Tuhkajoen suualueen läheltä (Jor5), syvänteestä (Jor3) sekä pohjoisesta läheltä Jormasjärven luusuaa (Jormasjoen alkukohta). Lisäksi kesäkuussa järveltä otettiin rantavesinäytteitä, joiden tulokset on esitetty seuraavassa kappaleessa. Syvännepisteellä toimii myös automaattinen vedenlaadun mittausasema. Jormasjärven pohjoisen pisteen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2014 alkaen ja kahden muun pisteen vedenlaatua vuodesta 2004 alkaen.

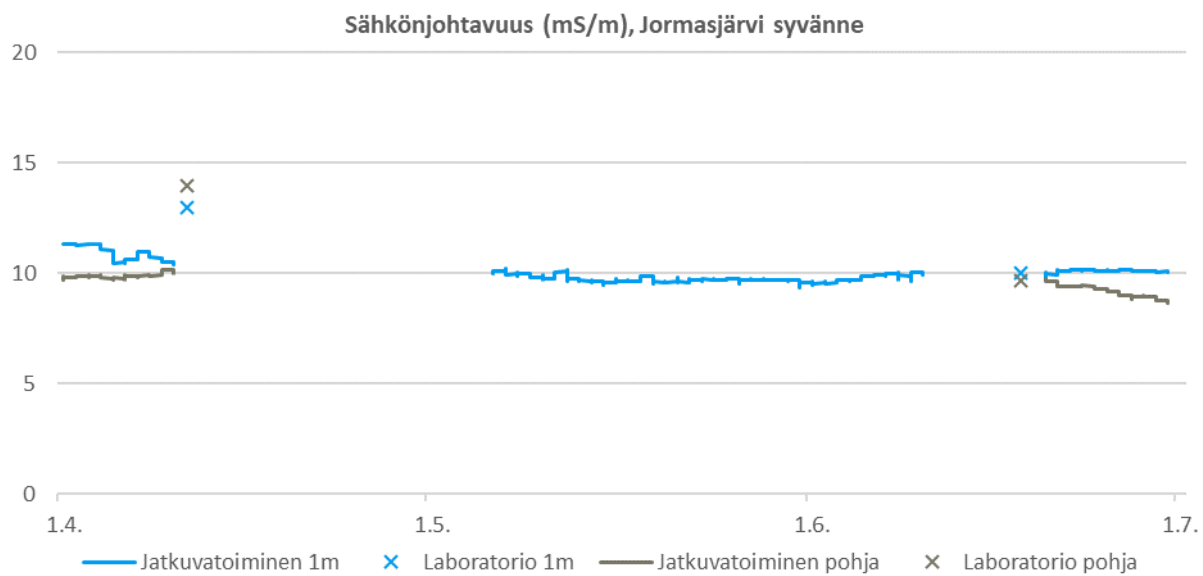
Jormasjärven happitilanne oli päänlyysvedessä hyvä (83-94 %). Alusvedessä happitilanne oli huhtikuussa huono (14-38 %) ja kesäkuussa happitilanne vaihteli välttävästä tyydyttävään (66-75 %). Veden happamuus oli ajankohdalle tyypillisellä tasolla pH-arvojen vaihdella välillä 6,2-6,8. Veden sähkönjohtavuus vaihteli välillä 9-14 mS/m ollen alusvedessä samalla tasolla kuin päänlyysvedessä. Sulfaattipitoisuus vaihteli välillä 26-48 mg/l, lähes samalla tasolla kaikilla näytteenottopisteillä. Sähkönjohtavuudessa (Kuva 4-6) ja sulfaattipitoisuudessa on ollut havaittavissa laskeva suuntaus vuodesta 2015 alkaen. Näytteenottopisteiden alusvedestä mitattiin kesäkuussa tarkkailun pienimmät kalsiumin (6,8-7,2 mg/l), magnesiumin (1,3-1,4 mg/l), liukoisen nikkelin (4-5 µg/l) ja rikin (11 000 µg/l) pitoisuudet. Kalsiumin, magnesiumin ja rikin pitoisuuksia on määritetty näytteistä vuodesta 2014 alkaen, mutta liukoisen nikkelin pitoisuuksia jo vuodesta 2007 ennen kaivostoimintaa. Lisäksi eteläisen ja pohjoisen näytteenottopisteen alusvedestä kesäkuussa mitatut natriumpitoisuudet (5,3-5,6 mg/l) sekä syvänpisteen alusvedestä mitattu sinkkipitoisuus (8 µg/l) olivat pienempiä kuin aiempina tarkkailuvuosina.



Kuva 4-6. Sähkönjohtavuuden kehitys Jormasjärvessä pinta- ja alusvedessä (Jor3, Jor5) vuosina 2007-2019

Osana Nuasjärven purkuputken tarkkailua Jormasjärven syvänpisteellä on ollut syksystä 2015 lähtien käytössä automaattinen mittausasema, joka seuraa lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja pH:ta 1 metrin syvyydessä sekä pohjanläheisessä vesikerroksessa. Mittausaseman avulla voidaan seurata, miten vesien johtaminen purkuputken kautta Nuasjärveen Jormasjärven ohi, vaikuttaa Jormasjärven tilaan.

Mittausaineiston perusteella päänlyysveden sähkönjotavuus pysyi melko samalla tasolla (9-11 mS/m) huhtikuun alusta kesäkuun loppuun saakka (Kuva 4-7). Mittareissa oli mittausjakson aikana häiriöitä, mistä syystä alusveden sähkönjotavuusarvot saatiin ainoastaan huhtikuun alun ja kesäkuun lopun ajalta, jolloin sähkönjotavuus oli hieman pienempi (9-10 mS/m) kuin päänlyysvedessä. Mittarit eivät olleet lainkaan toiminnassa 11.4.-6.5. välisenä aikana jäidenlähdon vuoksi. Sähkönjotavuudet olivat pienempiä kuin vuotta aiemmin samaan aikaan (päänlyysvesi 10-17 mS/m, alusvesi 13-20 mS/m). Automaattisen mittausaseman ja laboratorioanalyysin mukaiset sähkönjotavuudet olivat kesäkuussa hyvin linjassa keskenään, mutta huhtikuussa laboratorioanalyysien mukaiset sähkönjotavuudet olivat hieman suurempia kuin jatkuvatoimisen mittarin mukaiset. Mittarin toimittajan mukaan alusveden johtokykyanturi on mahdollisesti ollut viallinen.



Kuva 4-7. Jormasjärven syvännepisteen sähkönjotavuus huhti-kesäkuussa vuonna 2019. Mittarit olivat poissa toiminnasta 11.4.-6.5. jäidenlähdon vuoksi.

1.1.1 Rantavesinäytteet

Vuonna 2019 Jormasjärven rantavesinäytteet otettiin vuosien 2015–2018 tapaan rantavesien näytepisteiltä JR1-JR4. Näytteet otettiin 4.6.-18.6. välisenä aikana.

Veden laatu vastasi pääosin muualta Jormasjärveltä tehtyjä havaintoja päänlyysveden laadusta. Veden pH oli rantavesinäytteissä tavanomainen (6,3-6,7). Sähkönjotavuus (10 mS/m), natriumpitoisuudet (5,1-6,7 mg/l) ja sulfaattipitoisuudet (33-36 mg/l) olivat edellisvuosia pienempiä. Aiempien vuosien tapaan liukoista elohopeaa tai uraania ei näytteissä havaittu.

Liukaisen kadmiumin pitoisuudet (<0,03-0,05 µg/l) olivat edellisvuoden tasolla, eivätkä ne ylittäneet pitoisuudelle asetettua ympäristölaatumormia. Liukaisen nikkelin pitoisuudet (4,1-4,9 µg/l) olivat hieman pienempiä kuin aiempina vuosina. Jormasjärvellä luontainen nikkelpitoisuus on tavanomaista korkeampi ja vastaavia nikkelpitoisuuksia on havaittu jo ennen kaivostoiminnan aloittamista Terrafamen kaivoksen alueella.

Mangaanin pitoisuus näytteissä vaihteli välillä 54-75 µg/l. Nyt havaitut pitoisuudet olivat samalla tasolla kuin aiempina vuosina. Talousveden laatusuositus mangaanin osalta on vesilaitosten jakamassa vedessä <50 µg/l ja yksityiskaivoissa <100 µg/l. Pintavesissä laatusuosituksen ylittyminen on yleistä ja mangaanipitoisuus voi vaihdella paljonkin kuukausien välillä. Jäiden sulamisen jälkeen suomalaisille järville tyypillisessä kevätkierrossa pohjan läheisten kerrosten mangaanirikkaampaa vettä pääsee sekoittumaan pintakerrokseen, mikä näkyy myös ranta-alueiden veden mangaanipitoisuudessa.

Kokonaisuutena arvioiden rantaveden laatu vastasi tutkituilla näytepisteillä Jormasjärven tavanomaista tasoa, eikä merkittäviä eroja näytteenottopisteiden vedenlaadussa havaittu. Mitattujen aineiden pitoisuudet olivat edellisten vuosien tasolla tai pienentyneet.

4.8 Jormasjoki

Jormasjoen vedenlaatua tarkkailtiin kuukausittain maantiesillan kohdalta ennen laskua Nuasjärven Jormaslahteen. Jormasjoen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2014 alkaen. Tarkkailupiste kuuluu myös Mondo Mineralsin Lahnaslammen kaivoksen tarkkailuun. Vedenlaadussa ei ollut havaittavissa poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna. Sähkönjohtavuus oli 14–15 mS/m, sulfaattipitoisuus 51–52 mg/l, liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määritysrajan (<0,03 µg/l) ja liukoisen nikkelin pitoisuus 5,2–5,5 µg/l. Jormasjoen vedenlaatu on parantunut tarkkailuvuosien aikana.

4.9 Rehja-Nuasjärvi

Huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla Rehja-Nuasjärven vedenlaatua tarkkailtiin vesinäyttein kaikkiaan yhdeksältä tarkkailupisteeltä (Nj23, Nj24, Nj34, Nj35, Nj37, Nj46, Jormaslahti, Rehja Itä ja Reh135) (Liite 1.4) kesäkuussa. Jormasjoki laskee Jormasjärveltä Rehja-Nuasjärven Jormaslahteen. Näytteenottopisteen Nj23 vedenlaatua on tarkkailtu osana kaivoksen toiminnan tarkkailua vuodesta 2008 alkaen. Muiden näytteenottopisteiden vedenlaadun tarkkailu on aloitettu vuosien 2014-2016 aikana. Jormaslahden tarkkailupistettä lukuun ottamatta kaikilla tarkkailupisteillä tehdään kenttämittaukset näytteenottojen yhteydessä. Tarkkailupisteiden syvyydet vaihtelevat matalista lahdistä järven syvänealueisiin (2–41 m). Nuasjärvi on myös Lahnaslammen kaivoksen vaikutusalueella ja mukana Lahnaslammen kaivoksen tarkkailussa. Rehja-Nuasjärven alueella on kolme automaattista vedenlaadun mittausasemaa.

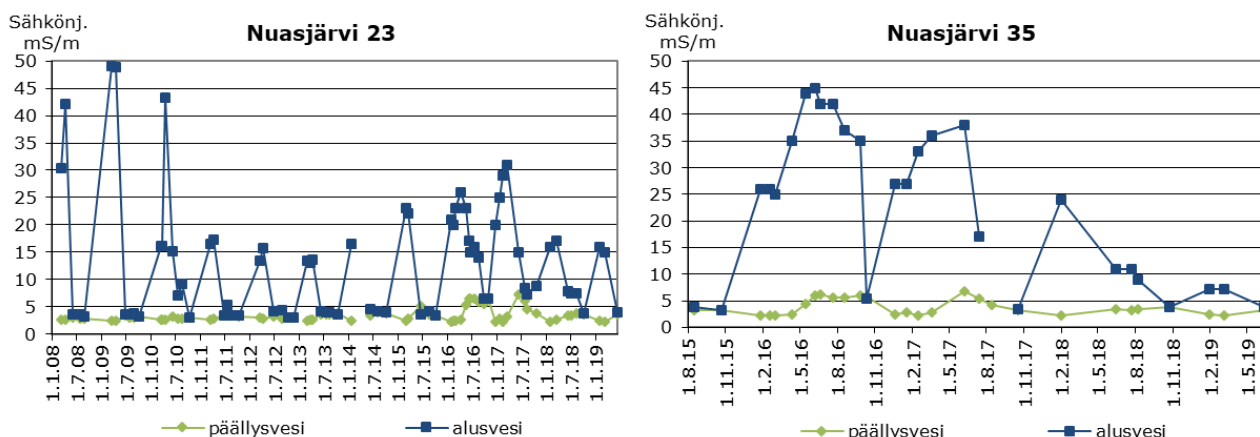
Vuoden 2019 alusta alkaen purkuputken tarkkailua laajennettiin kolmella lisätarkkailupisteellä. Piste Nj23-1 sijaitsee veden virtausreitillä purkuputkesta kohti näytepistettä Nj23. Pisteet Nj34-1 ja Nj35-1 sijaitsevat purkuputken päästä itäpuolisen matalikon reunamille kohti pisteitä Nj34 ja Nj35 meneviä virtauksia. Myös uudet pisteet on esitetty kartalla liitteessä 1.4. Uusilta pisteiltä otetaan vesinäytteitä ja kenttämittauksia tammi-, maalisk-, kesä-, heinä-, elo- ja lokakuussa.

4.9.1 Vesinäytteiden tulokset

Lisätarkkailuohjelman myötä Nuasjärven tarkkailuun lisättiin vuodesta 2019 alkaen tehtäväksi strontiummääritykset kaikilta Rehja-Nuasjärven tarkkailupisteiltä. Lisäksi näytepisteeltä Nj23 tulee maalisk- ja elokuussa määrittää litiumin, bromin, rubidiumin, tantaalin, niobiumin, yttriumin, neodyymin ja praseodyymin pitoisuudet.

Kesäkuussa järven vesi oli näytepisteestä ja näytteenottosyvyydestä riippumatta aiempaan tapaan lievästi hapanta (pH 6,6-6,9). Happitilanne oli päällysvedessä ja Jormaslahdella erinomainen (94-110 % O₂). Alusvedessäkin happitilanne oli hyvä tai erinomainen (83-100 % O₂). Liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat pieniä (<0,030–0,03 µg/l) samoin kuin liukoisen nikkelin (1,0–1,9 µg/l). Strontiumin pitoisuudet vaihtelivat välillä 11–14 µg/l.

Kesäkuussa syvännepisteiden päällyys- ja alusveden vesinäytteistä mitatuissa sähkönjohtavuusarvoissa oli vain vähän vaihtelua (3,1–4,4 mS/m). Jormaslahden vesinäytteestä mitattu sähkönjohtavuus oli hieman muita suurempi (5,3 mS/m), mutta pienempi kuin Jormaslahteen laskevan Jormasjoen vesinäytteestä mitattu sähkönjohtavuus (10 mS/m). Vuotta aiemmin vesinäytteistä mitattu sähkönjohtavuus vaihteli välillä 2,6-11 mS/m. Nuasjärven pisteillä 23 ja 35 sähkönjohtavuus on vaihdellut pääosin kerrostuneisuusolojen muutosten mukaisesti siten, että alusvedessä sähkönjohtavuus on ollut suurimmillaan kerrostuneisuuskaudella ja päällysvedessä veden ollessa sekoittunutta (Kuva 4-8). Näytteenottopisteen Nuasjärvi 23 alusvedestä kerrostuneisuuskaudella mitattu sähkönjohtavuus on ollut vuosina 2011-2019 pienempi kuin vuosina 2008-2010, jotka ajoittuvat aikaan ennen kaivostoimintaa sekä kaivoksen ensimmäisille toimintavuosille.

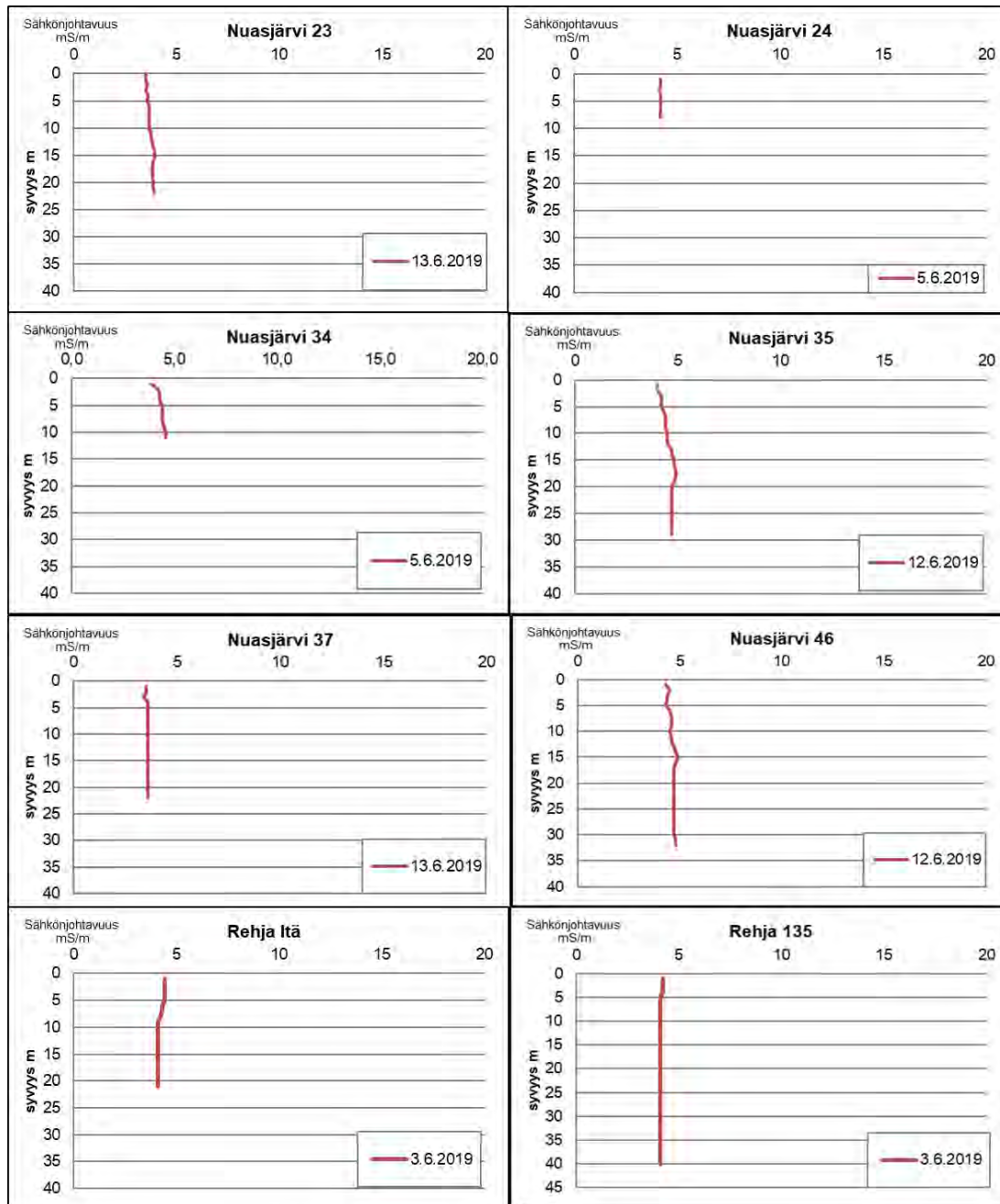


Kuva 4-8. Sähkönjohtavuuden kehitys Nuasjärven pisteellä Nj23 vuosina 2008–2019 ja pisteellä Nj35 vuosina 2015–2019.

Sulfaattipitoisuudessa voidaan havaita sähkönjohtavuuden tapaan vaihtelua kerrostuneisuusolojen muutosten myötä. Kesäkuussa sulfaattipitoisuus vaihteli syvännepisteiden vesinäytteissä välillä 6–11 mg/l. Jormaslahden vesinäytteestä mitattu sulfaattipitoisuus oli hieman muita suurempi (15 mg/l), mutta pienempi kuin Jormaslahteen laskevan Jormasjoen vesinäytteestä mitattu (36 mg/l). Vuotta aiemmin vesinäytteistä mitatut sulfaattipitoisuudet vaihtelivat välillä 4–38 mg/l.

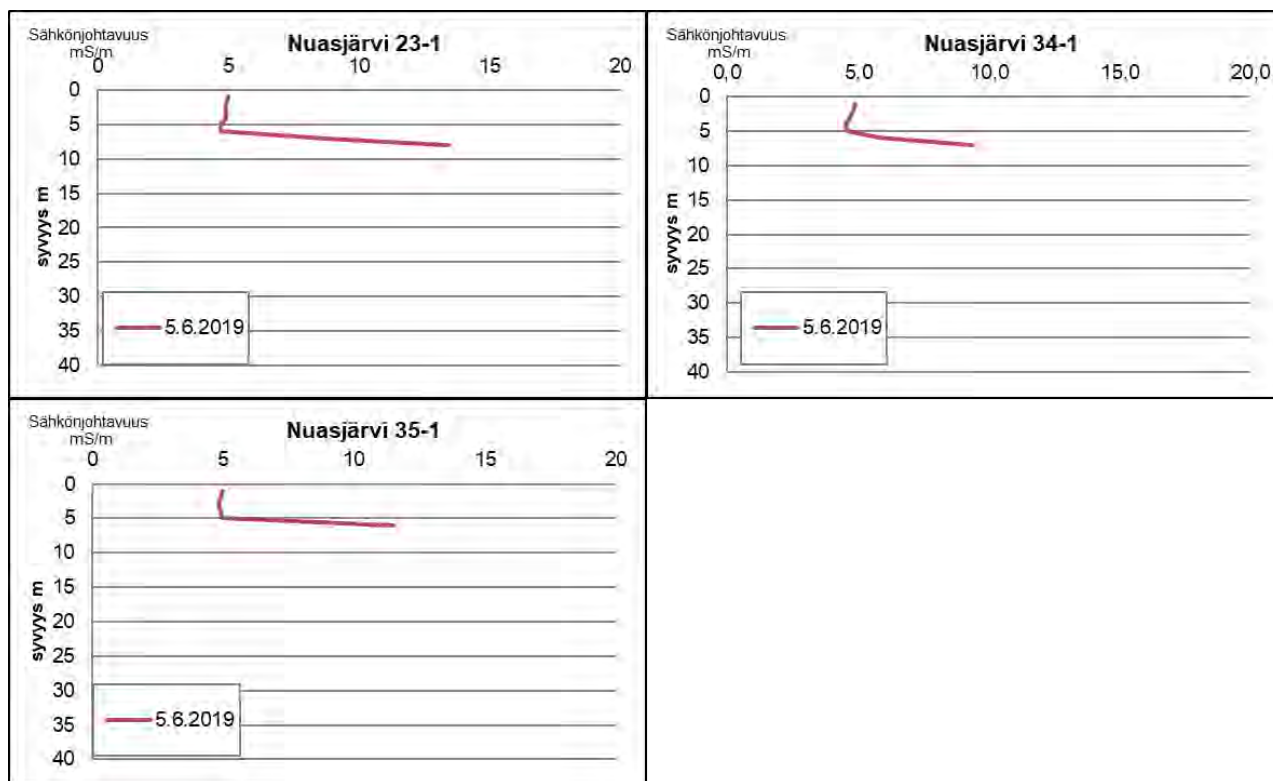
4.9.2 Kenttämittaukset

Rehja-Nuasjärven havaintopaikoilla, lisätarkkailun havaintopaikkoja lukuun ottamatta, vesi oli kenttämitausaineiston perusteella sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunut. Sähkönjohtavuus oli kaikilla havaintopaikoilla 4 mS/m tuntumassa (Kuva 4-9).



Kuva 4-9. Sähkönjohtavuus Rehja-Nuasjärven tarkkailupisteillä lisätarkkailun havaintopisteitä lukuun ottamatta kesäkuussa vuonna 2019. Kuvaajien syvyysakseli on skaalattu samoin kaikissa kuvaajissa, jotta näytteenottopisteiden syvyydet suhteessa toisiinsa tulisivat esiin. Sähkönjohtavuus on mitattu kaikilla pisteillä pinnasta pohjaan.

Kaivoksen purkuvesien vaikutus oli havaittavissa purkuputken läheisimmillä lisätarkkailun havaintopisteillä. Kesäkuun kenttämittausaineiston perusteella kyseisten tarkkailupisteiden vesi oli sähkönjohtavuuden suhteen kerrostunut (Kuva 4-10). Sähkönjohtavuuden harppauskerros sijaitsi pohjan tuntumassa.



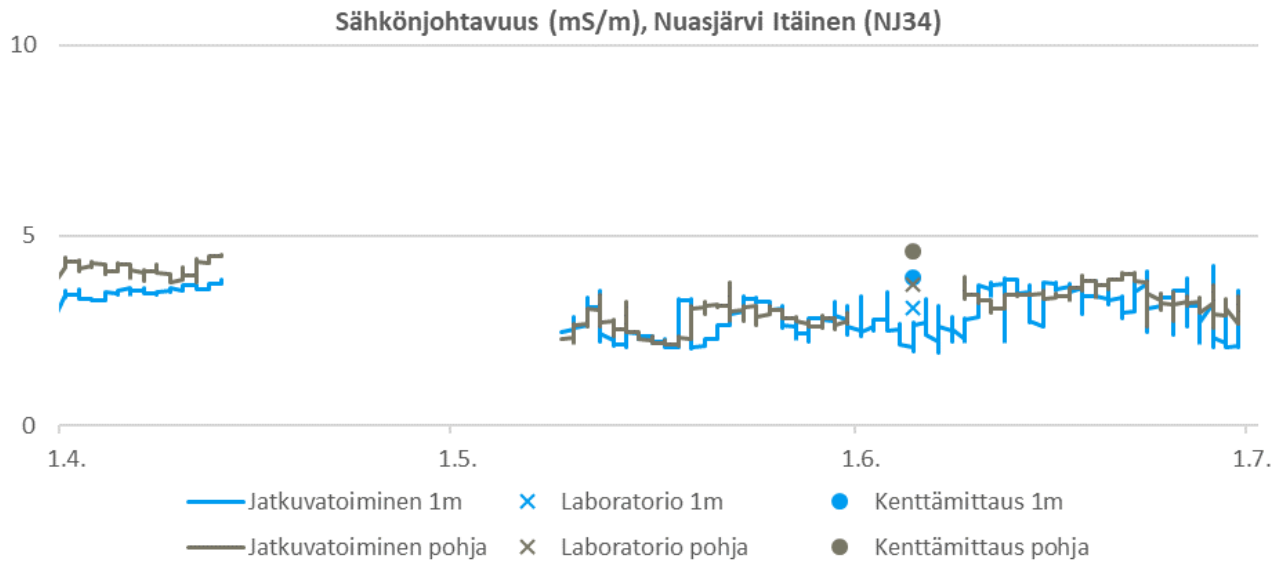
Kuva 4-10. Sähkönjohtavuus Rehja-Nuasjärven lisätarkkailun havaintopaikoilla kesäkuussa 2019. Kuvaajien syvyysakseli on skaalattu samoin kaikissa kuvaajissa, jotta näytteenottopisteiden syvyydet suhteessa toisiinsa tulisivat esiin. Sähkönjohtavuus on mitattu kaikilla pisteillä pinnasta pohjaan.

4.9.3 Jatkuvatoimiset mittaukset

Osana purkuputken tarkkailua Nuasjärvellä on ollut käytössä syksystä 2015 lähtien kaksi (Nj34, Nj46) ja Rehjassa yksi (Rehja itä) automaattinen mittausasema, joka seuraa lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja pH:ta 1 metrin syvyydessä sekä pohjanläheisessä vesikerroksessa.

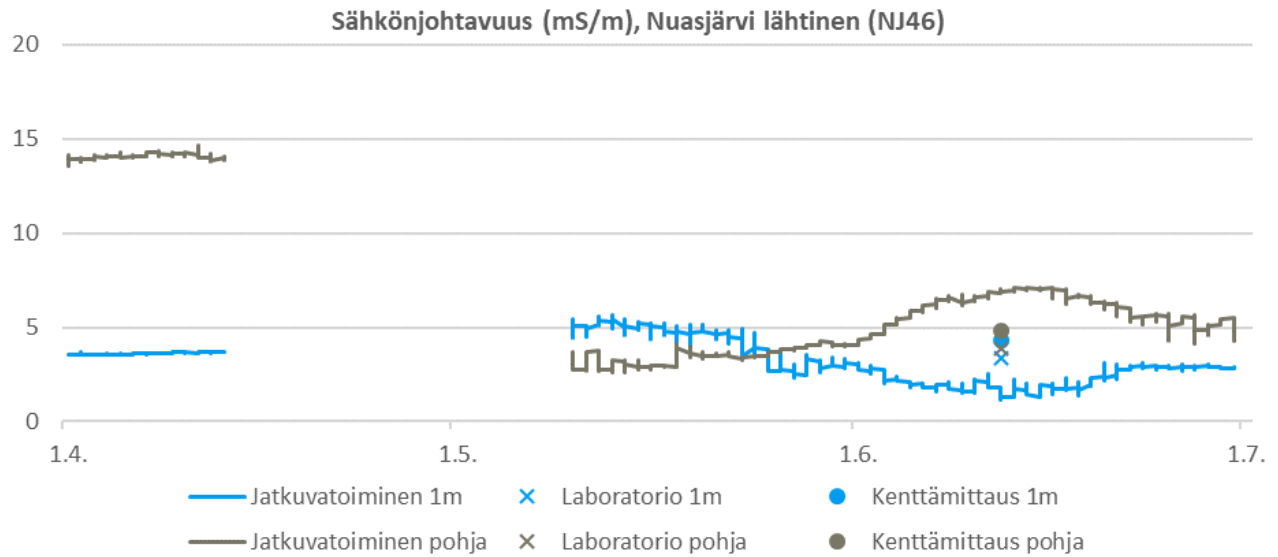
Jatkuvatoiminen mittaaminen järvivedestä on haastavaa. Toisin kuin putkesta tai esim. purosta mitattaessa, vesi ei huuhtele järvessä olevaa mitta-anturia, jolloin anturin pinnalle kertyy helposti leväkasvustoa. Jatkuvatoimisia mitta-antureita kalibroidaan ja huolletaan säännöllisesti, jotta mittaukset olisivat mahdollisimman luotettavia. Tästäkin huolimatta tuloksissa voi esiintyä ajoittain virhettä, joka pyritään tunnistamaan mm. vertaamalla automaattimittauksien tuloksia vesinäytteiden analyysituloksiin. Virallinen velvoitetarkkailu perustuu standardimenetelmin otettuihin vesinäytteisiin ja akkreditoidussa laboratoriossa tehtyihin analyysihin. Jatkuvatoimisia mittauksia toteuttaa ulkopuolinen asiantuntijayritys.

Nuasjärven itäisellä mittauspisteellä huhti-kesäkuussa päällysveden anturin havaitsema sähkönjohtavuus vaihteli välillä 1,9–4,2 mS/m ja alusvedessä arvot vaihtelivat välillä 2,1–4,5 mS/m (Kuva 4-11). Kenttämittarin ja laboratoriomittausten mukaiset sähkönjohtavuudet olivat hieman suurempia kuin jatkuvatoimisen mittarin mittaama. Ero oli kuitenkin etenkin laboratoriomittausten osalta pieni. Laboratorio-, kenttä- ja jatkuvatoimisen mittarin tulosten perusteella pintaveden sähkönjohtavuus pysyi varsin tasaisena koko alkuvuoden tarkkailujakson ajan. Jatkuvatoimisen mittarin tuloksiin on tehty korjaus laboratoriotulosten perusteella.



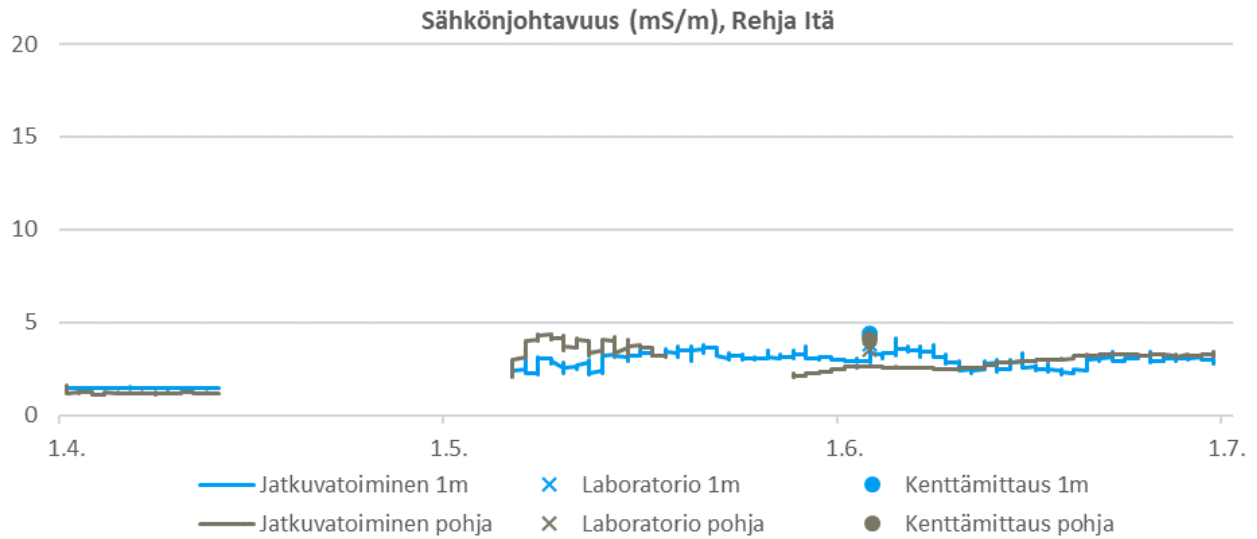
Kuva 4-11. Nuasjärven itäisen jatkuvatoimisen mittausslaitteen (Nj34) tuottama sähkönjohtavuusaineisto, kenttämittausten tiedot sekä vedenlaatuhavainnot huhti-kesäkuussa 2019.

Nuasjärven läntisellä mittauspaikalla (Nj46) päänlysvden sähkönjohravuus vaihteli välillä 1,2-5,7 mS/m ja alusvden välillä 2,6-14,7 mS/m (Kuva 4-12). Jatkuvatoimiset mittarit otettiin pois järvestä jäiden lähdön aikaan, mistä syystä mittautietoja ei ole 14.4.-9.5. väliseltä ajalta. Huhtikuussa vesi oli mittauspaikalla sähkönjohravuuden suhteen kerrostunut, mutta jäiden lähdön jälkeen kerrostuminen oli purkautunut. Kesäkuussa mittauspisteen vedessä oli jälleen havaittavissa lievää kerrostuneisuutta, jota ei voitu havaita laboratorionäytteistä tai kenttämittausaineistosta.



Kuva 4-12. Nuasjärven itäisen jatkuvatoimisen mittauslaitteen (Nj46) tuottama sähkönjohravuusaineisto, kenttämittaustiedot sekä vedenlaatuhavainnot huhti-kesäkuussa 2019.

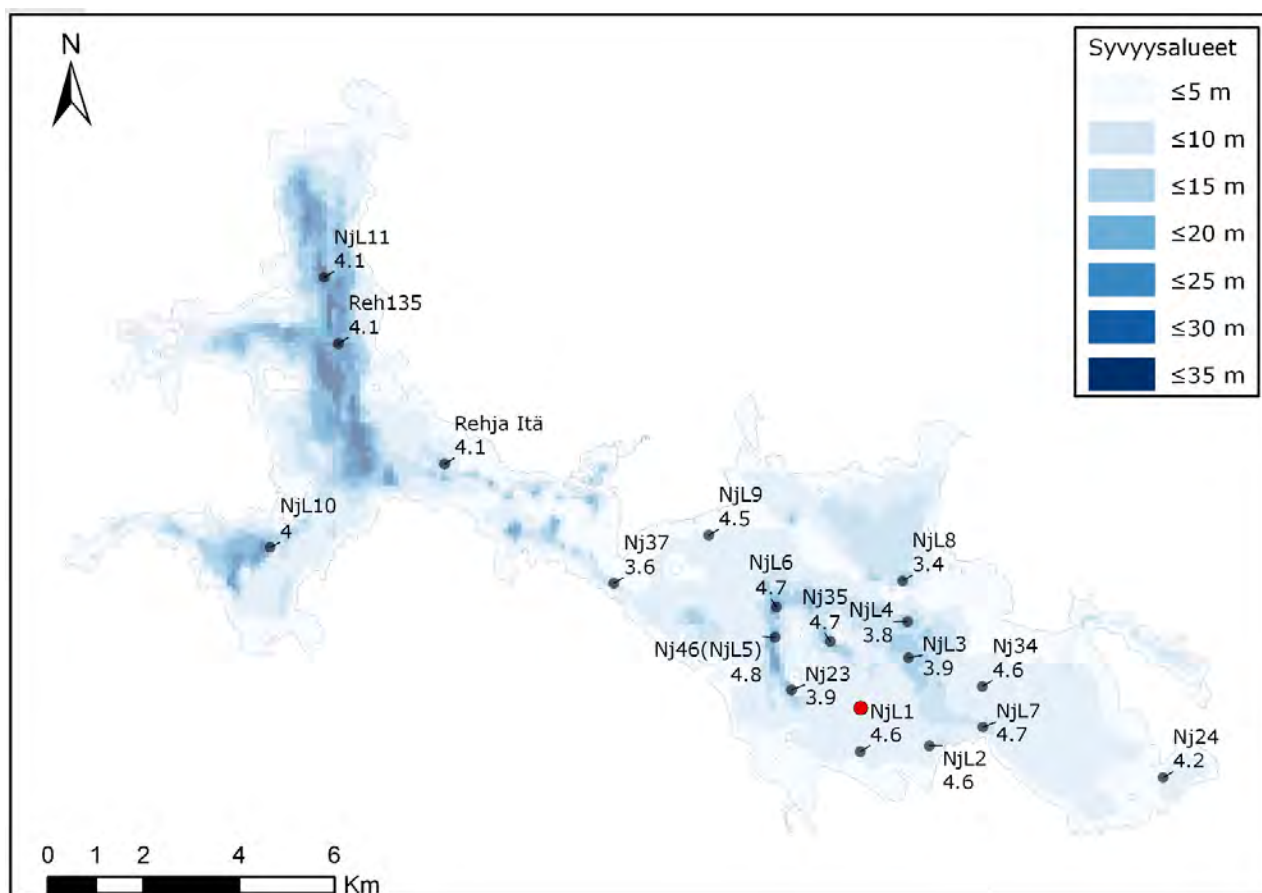
Mittauspisteellä Rehja Itä päänlyysveden sähköjohtavuus vaihteli huhti-kesäkuussa jatkuvatoimisessa mit-
tausaineistossa välillä 1,4–4,2 mS/m ja alusvedessä välillä 1,1–4,4 mS/m (Kuva 4-13). Vedessä ei ollut
havaittavissa kerrostuneisuutta. Mittari poistettiin järvestä jäiden lähdön ajaksi, mistä syystä mittausai-
neistoa ei ole 14.4.-5.5. väliseltä ajalta. Jatkuvatoimisen mittarin mitaamat sähköjohtavuusarvot vas-
tasivat melko hyvin kenttä- ja laboratoriomittausten mukaisia sähköjohtavuuksia.



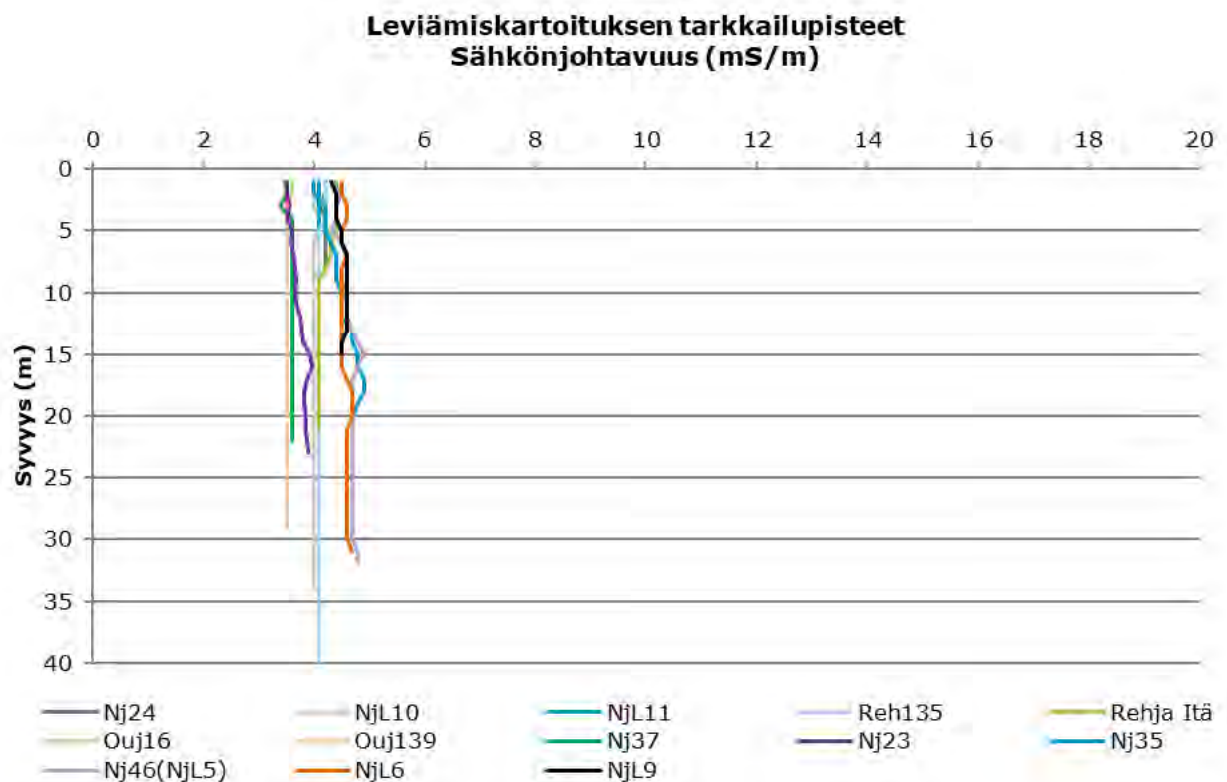
Kuva 4-13. Rehjan (Rehja Itä) jatkuvatoimisen mittauslaitteen kenttämittausten ja laboratorioanalyysien mukaiset sähköjohtavuudet huhti-kesäkuussa 2019.

4.9.4 Leviämiskartoitus

Nuasjärven purkuputken tarkkailuun liittyvän purkuveden leviämiskartoituksen mittaukset tehtiin kesäkuussa. Rehja-Nuasjärvellä sijaitsevien tarkkailupisteiden sijainti sekä sähkönjohtavuus metrin etäisyydellä pohjasta on esitetty alla olevalla kartalla (Kuva 4-14). Vesi oli tarkkailupisteillä vuodenajalle ominaisesti sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunutta (Kuva 4-15, seuraava sivu), mistä syystä vaihtelu sähkönjohtavuudessa eri pisteillä oli pientä. Kesän kerrostuneisuuskausi ei ollut vielä kesäkuussa alkanut. Alusveden sähkönjohtavuus on pääosin pienentynyt leviämiskartoituksen tarkkailupisteillä aiempien vuosien tuloksiin verrattuna.



Kuva 4-14. Rehja-Nuasjärven leviämiskartoituksen kenttämittausten sähkönjohtavuustulokset (mS/m) metrin etäisyydellä pohjasta kesäkuussa 2019. Purkuputken sijainti on merkitty kuvaan punaisella. Syvyystiedot: © Maanmittauslaitoksen maastotieto.



Kuva 4-15. Sähkönjohtavuus (mS/m) pinnasta pohjaan osalla purkuputken leviämistarkkailun havaintopisteistä kesäkuussa 2019.

4.9.5 Rantavesinäytteet

Vuonna 2019 näytteet otettiin vuosien 2015–2018 tapaan rantavesien näytepisteiltä NR1–NR6. Näytteet otettiin 4.6.–19.6. välisenä aikana. Lisäksi näytteitä otettiin Heterannan vedenottamon edustan näytteenottopisteeltä.

Veden laatu vastasi pääosin muualta Nuasjärveltä tehtyjä havaintoja päänlyysveden laadusta. Veden pH vastasi neutraalia (pH 7). Sähkönjohtavuus vaihteli välillä 3,2–8,5 mS/m. Sulfaattipitoisuus oli pisteellä NR2 30 mg/l ja muilla pisteillä välillä 6–9 mg/l. Nuasjärven sulfaattipitoisuudet ovat pienempiä kuin Jormasjärven tai Jormasjoessa. Kaikissa edellä mainituissa vesistöissä on viime vuosien aikana ollut havaittavissa sulfaattipitoisuuksien pienenemistä.

Liukoisen kadmiumin ja uraanin pitoisuudet olivat kaikilla näytepisteillä alle määritysrajan (Cd < 0,03 µg/l ja U < 0,1 µg/l). Liukoisen nikkelin pitoisuudet vaihtelivat välillä 1–3 µg/l. Pitoisuudet olivat tavanomaisia.

Mangaanipitoisuus oli Heterannan puhdistamon edustan näytteenottopisteellä 40 µg/l ja muilla näytteenottopisteillä 27–31 µg/l. Talousveden laatusuositus mangaanin osalta on vesilaitosten jakamassa vedessä < 50 µg/l ja yksityiskaivoissa < 100 µg/l. Havaittuja pitoisuuksia ei voida pitää haitallisina.

Kokonaisuutena arvioiden Nuasjärven rantaveden laatu vastasi tutkituilla näytepisteillä Nuasjärven ulappa-alueelta havaittua tasoa. Heterannan vedenottamon edustan näytteenottopisteellä pitoisuudet olivat jonkin verran suurempia kuin Rehjan syvännepisteiden päällysvedessä. Pisteellä NR2 sulfaattipitoisuus oli suurempi ja Heterannan voimalan edustan pisteellä mangaanipitoisuus oli suurempi kuin muilla rantapisteillä, mutta muuten minkään rantavesipisteen vedenlaatu ei erottunut muista. Mitattujen liukoisten aineiden pitoisuudet olivat edellisten vuosien tasolla tai pienempiä.

4.10 Kajaaninjoki

Nuasjärven purkuputken tarkkailun myötä Kajaaninjoki (VP12100) otettiin mukaan vuosittaiseen tarkkailuun vuonna 2015. Kesäkuussa otetun näytteen vedenlaadussa ei ollut havaittavissa poikkeamia aiemman tarkkailuun nähden. Sähkönjohtavuus oli 3,6 mS/m ja sulfaattipitoisuus 5,9 mg/l. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määritysrajan (<0,03 µg/l) ja liukoisen nikkelin 1,3 µg/l. Kajaaninjoen tarkkailupiste kuuluu ainoana virtavesipisteeksi leviämiskartoitukseen, jolla selvitetään purkuputken vaikutuksia. Kesäkuun kenttämittauksessa 12.6. sähkönjohtavuus oli hieman suurempi (4,8 mS/m) kuin 4.6. otetusta vesinäytteestä analysoitu.

4.11 Oulujärvi

Nuasjärven purkuputken tarkkailun myötä myös Oulujärvelle lisättiin vuonna 2015 kaksi näytepistettä (Liite 1.4) mukaan vuosittaiseen tarkkailuun. Oulujärven pisteiltä kesäkuussa otettujen näytteiden perusteella vedenlaatu ei poikennut aikaisemmista tarkkailuvuosista. Sähkönjohtavuus vaihteli näytteenottopisteillä eri syvyyksissä vain vähän (2,5-2,8 mS/m). Sulfaattipitoisuudet vaihtelivat välillä 2,6-2,9 mg/l ja ne olivat alusvedessä sekä pienempiä kuin aiemmin tarkkailussa. Myös mangaanipitoisuudet (13-22 µg/l) olivat osassa näytteistä aiempaa pienempiä. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määritysrajan (0,03 µg/l) ja liukoisen nikkelin pitoisuus pieni (0,7-0,8 µg/l).

4.12 Pirttipuro ja Kivipuro

Pirttipuron ja Kivipuron vedenlaatua on seurattu osana kaivoksen veloitettarkkailua ja kaivoksen omaa ympäristötarkkailua säännöllisesti. Pirttipuroilta ensimmäiset vedenlaadun tulokset ovat vuodelta 2005 ja Kivipurolta vuodelta 2007. Nykyisellä tarkkailulla seurataan erityisesti sivukivialueen maanrakennustyömaan ja sivukiven läjitysalueen mahdollisia vaikutuksia ko. puroihin. Sivukivialueen rakentaminen on aloitettu talvella 2016-2017 ja sen ensimmäinen osa otettiin tuotannolliseen käyttöön loppuvuonna 2017. Rakentaminen alueella jatkuu edelleen. Kivi- ja Pirttipuro laskevat Talvijokeen, josta vedet laskevat edelleen Jormasjärveen.

Kivipuron vedenlaatu oli touko- ja kesäkuun näytteenottokierroksilla kohentunut talven tilanteesta. Veloitettarkkailun tulosten perusteella vesi on ollut hapanta ja vähähappista kaivostoimintaa edeltävältä ajalta lähtien (2007-2017 pH 22-69 % O₂). Touko- ja kesäkuun näytteenottokerroilla veden pH oli tavanomainen (4,2). Happitilanne (19-39 % O₂) oli kohentunut talven tilanteesta (9-14 % O₂), mutta se oli edelleen huono. Myös sähkönjohtavuus (21-24 mS/m), sulfaattipitoisuus (74-86 µg/l) ja kokonaistypen pitoisuus (990-1000 µg/l) sekä metallien pitoisuudet (esim. liuk. Cd 5,8-5,9 µg/l ja liuk. Ni 430-490 µg/l) olivat pienentyneet. Näytteistä mitatut rautapitoisuudet (380-690 µg/l) olivat pienempiä kuin aiemmin tarkkailussa.

Pirttipuron vedenlaadussa ei ollut touko- ja kesäkuussa havaittavissa poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna. Kivipuron tapaan Pirttipuron vesi on ollut tarkkailun alusta alkaen hapanta (pH 2005-2018 3,4-6,4). Touko- ja kesäkuun näytteenottokerroilla veden pH oli 4,6. Happitilanne oli toukokuussa tyydyttävä (79 % O₂) ja kesäkuussa hyvä (85 % O₂). Sähkönjohtavuus (5,7-5,9 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (16-17 mg/l) olivat aiemmin tarkkailussa havaitulla tasolla. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli 0,5-0,6 µg/l ja liukoisen nikkelin 17-21 µg/l. Pirttipuron vedenlaatu on kohentunut alueella tehtyjen vedenhallintajärjestelyjen ansiosta mm. sähkönjohtavuuden sekä sulfaatin, mangaanin ja liukoisen nikkelin pitoisuuden osalta. Pirttipurosta mitatut rautapitoisuudet (touko-kesäkuu 1200-1500 µg/l) ovat usein olleet suurempia kuin Kivipurossa.

5. VUOKSEN SUUNTAAN LASKEVAT VEDET

Vuoksen suuntaan ei ole johdettu vesiä toukokuun 2016 jälkeen.

5.1 Ylä-Lumijärvi ja Lumijärvi

Ylä-Lumijärven ja Lumijärvestä ei otettu vesinäytteitä tarkkailujaksolla huhtikuusta kesäkuuhun.

5.2 Lumijoki

Lumijoen vedenlaatua on tarkkailtu vuodesta 2007 alkaen. Voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaan näytteenottopisteeltä otetaan näytteitä kuukausittain.

Huhti-kesäkuun näytteistä mitatut pitoisuudet olivat aiemmin havaitulla vaihteluvälillä. Sähkönjohtavuus oli 4-8 mS/m, sulfaattipitoisuus 8-17 mg/l, mangaanipitoisuus 260-610 µg/l ja liukoisen nikkelin pitoisuus 4-8 µg/l. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määritysrajan tai sen tuntumassa (<0,03-0,03). Aiempina vuosina juoksutusten vaikutus voitiin havaita Lumijoessa selvästi suurempana sähkönjohtavuutena sekä sulfaatin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin ja rikin pitoisuuksina.

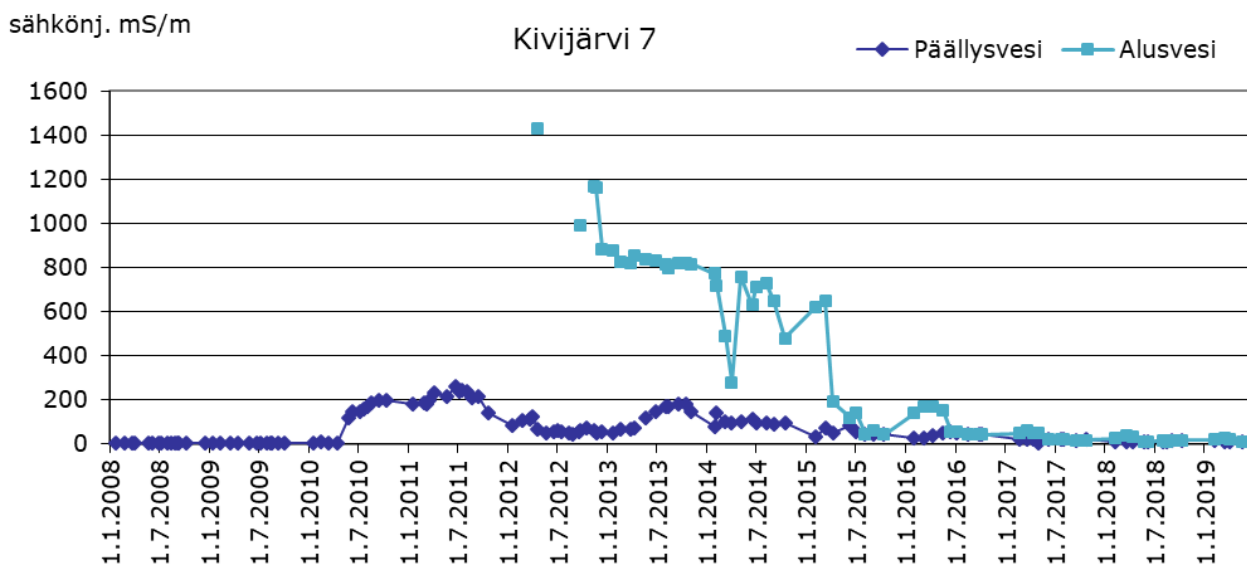
5.3 Kivijärvi

Kivijärvellä vedenlaatua seurattiin pisteillä Kiv2 sekä Kiv10 kesäkuussa ja pisteellä Kiv7 kaikkina tarkkailujakson kuukausina. Pisteellä Kiv7 tehtiin myös kenttämittaukset touko- ja kesäkuussa. Vuosittainen vedenlaadun seuranta aloitettiin näytteenottopisteellä Kiv7 vuonna 2008, näytteenottopisteellä Kiv2 vuonna 2011, ja näytteenottopisteellä Kiv10 vuonna 2012.

Pisteellä Kiv2 vedenlaatu ei poikennut aiemmin tarkkailussa havaitusta. Alusveden happitilanne oli kesäkuussa huono, mutta hapen kyllästysprosentti oli hieman suurempi (5 % O₂) kuin muutamina aiempina tarkkailuvuosina (2013-2018: <2-3 %). Päälysveden happitilanne oli hyvä (81 %). Sähkönjohtavuuden (pinta 11 mS/m, pohja 310 mS/m), sulfaattipitoisuuden (pinta 40 mg/l, pohja 1600 mg/l) sekä useiden metallien (mm. liuk. Ni pinta ja pohja 3 µg/l) pitoisuuksien kehitys on ollut laskeva vuoden 2011 jälkeen. Alusveden rautapitoisuudessa on ollut havaittavissa nouseva suuntaus tarkkailuvuosina 2013-2018 (26 000-41 000 µg/l) mutta kesäkuussa pitoisuus (36 000 µg/l) oli pienempi kuin vuotta aiemmin mitatut pitoisuudet.

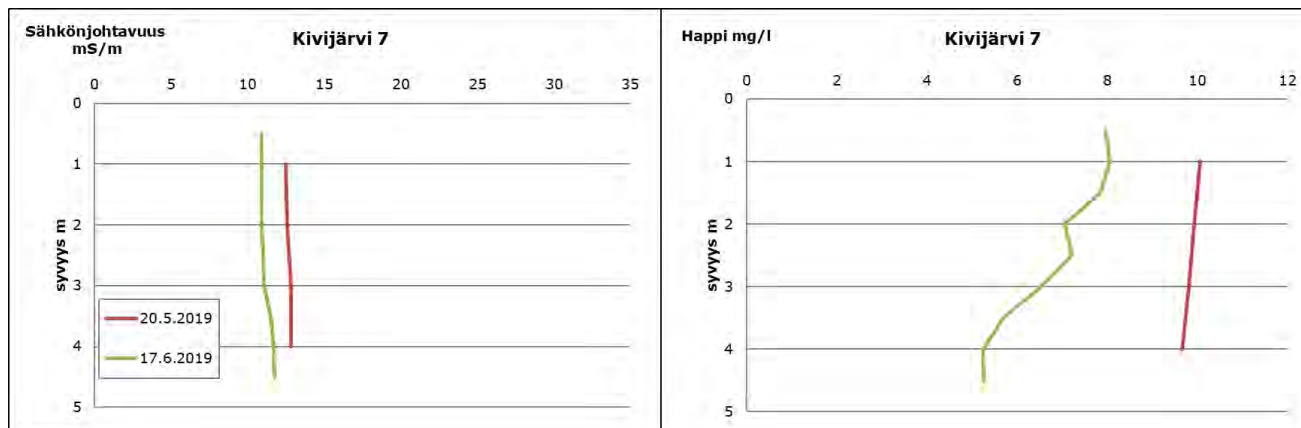
Myös pisteen Kiv10 alusveden happitilanne oli kesäkuussa huono (2 %). Vuoteen 2016 asti alusvesi oli pääosin hapetonta, mutta vuodesta 2017 lähtien pohjanäytteestä on pääosin havaittu pieni määrä happea. Pintaveden happitilanne oli erinomainen (87 %). Päälyllysveden sähkönljohtavuudessa (10 mS/m), sulfaattipitoisuudessa (42 mg/l) sekä useiden metallien pitoisuuksissa (liuk. nikkeli 4 µg/l) voidaan havaita laskeva suuntaus vuodesta 2014 alkaen. Alusvedessä ei ole vielä ollut havaittavissa samankaltaista laskevaa pitoisuuskehitystä kuin kahdella muulla Kivijärven pisteellä (sähkönljohtavuus 920 mS/m, SO₄ 4900 mg/l).

Pisteellä Kiv7 sähkönljohtavuuden (pinta 10-12 mS/m, pohja 11-22 mS/m) (Kuva 5-1), sulfaattipitoisuuden (pinta 34-42 mg/l, pohja 36-82 mg/l) sekä useiden metallien (esim. liuk. Ni pinta 3-4 µg/l, pohja 3-10 µg/l) pitoisuuden kehitys on ollut jo usean vuoden ajan laskeva. Alusveden happitilanne oli toukuussa tyydyttävä (76 % O₂) ja kesäkuussa välttävä (47 % O₂). Huhtikuun hapen kyllästysastetta ei laskettu, koska näytteen lämpötilaa ei oltu ilmoitettu, mutta happipitoisuuden (1,5 mg/l) sekä pintaveden happitilanteen perusteella alusveden happitilanne oli huono. Päälyllysveden happitilanne oli huhtikuussa välttävä (61 %), mutta touko- ja kesäkuussa hyvä tai erinomainen (84-85 %).



Kuva 5-1. Sähkönljohtavuuden kehitys Kivijärvenissä vuosina 2008–2019

Kenttämittaustulosten perusteella piste Kiv7 oli toukokuussa ja kesäkuussa sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunutta pinnasta pohjaan (Kuva 5-2). Happipitoisuus pieneni pinnasta pohjaan, mutta toukokuussa vain aavistuksen.



Kuva 5-2. Kivijärven kenttämittausten tulokset touko- ja kesäkuussa vuonna 2019.

5.4 Kivijoki

Kivijärvestä lähtevän Kivijoen vedenlaatua tarkkaillaan kuukausittain. Vedenlaatu vastasi suurelta osin Kivijärven päänlyysveden vedenlaatua eikä muutoksia viime vuosiin verrattuna havaittu. Sähkönjohtavuus vaihteli välillä 10-14 mS/m ja sulfaattipitoisuus välillä 36-46 mg/l. Kivijoen vesinäytteistä mitatut sähkönjohtavuudet ja sulfaattipitoisuudet ovat pienentyneet vuodesta 2014 alkaen.

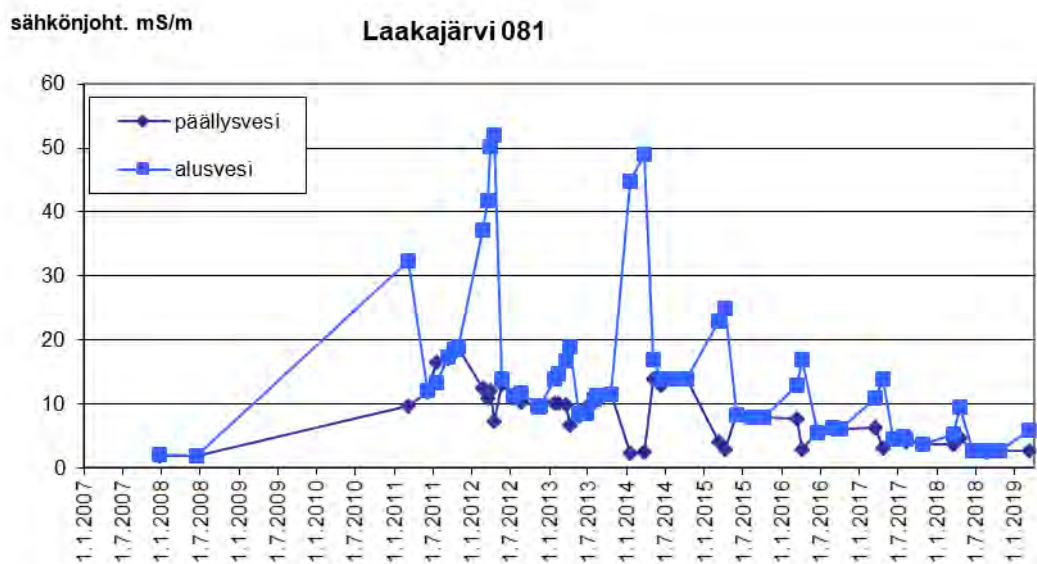
5.5 Laakajärvi

Laakajärven vedenlaatua seurattiin huhti- ja kesäkuussa kolmelta pisteeltä (Laakajärvi 9, 13 sekä 081) ja toukokuussa ainoastaan pisteeltä Laakajärvi 9. Lisäksi pisteellä Laakajärvi 081 tehtiin kesäkuussa kenttämittauksia. Pisteet Laakajärvi 081 ja Laakajärvi 13 ovat syvännepisteitä.

Syvännepisteellä Laakajärvi 13 vedenlaatu vastasi pääosin viime vuosien tasoa, eikä huomattavia poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna ollut havaittavissa. Päänlyysveden happitilanne oli huhtikuussa tyydyttävä (76 % O₂), mutta kesäkuussa hyvä (93 % O₂). Alusveden happitilanne oli jäätalven lopussa huhtikuussa huono (15 % O₂), mutta kevätkierron jälkeen kesäkuussa hyvä (98 % O₂). Vesinäytteistä kesäkuussa mitatut hapen kyllästysasteet (93-99 %) olivat aiempaa suurempia ja sulfaattipitoisuudet (6,1-6,3 mg/l) aiempaa pienempiä.

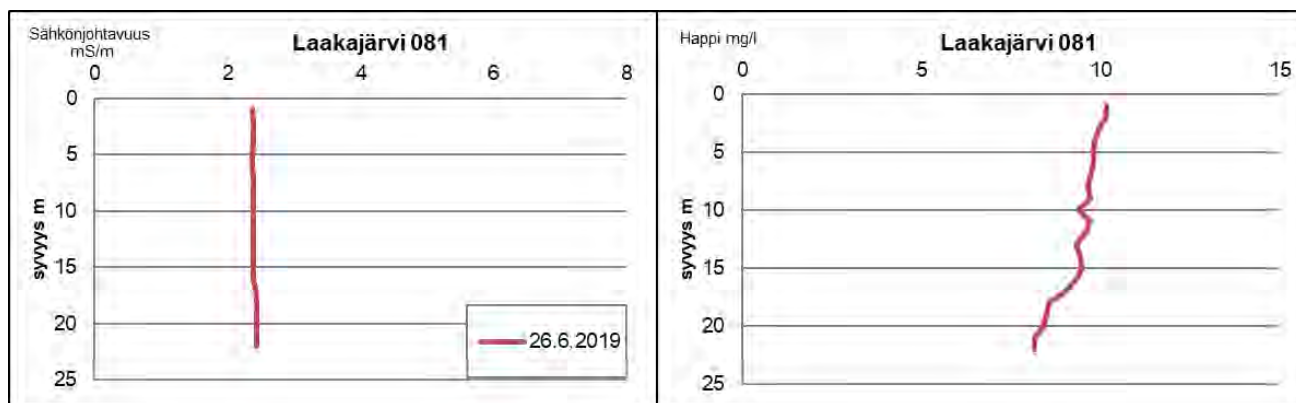
Myös pisteellä Laakajärvi 9 vedenlaatu vastasi pääosin viime vuosien tasoa, eikä huomattavia poikkeamia aiempaa tarkkailuun verrattuna ollut havaittavissa. Happitilanne oli jäätalven lopulla huhtikuussa tyydyttävä (73 % O₂), mutta kevätkierron jälkeen touko- sekä kesäkuussa hyvä (91-94 O₂). Sähkönjohtavuus vaihteli eri näytteenottokuukausina välillä 2,7-3,7 mS/m, sulfaattipitoisuus välillä 6,5-8,3 mg/l. Liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat pieniä (1,4-1,6 µg/l) ja liukoisen kadmiumin pitoisuudet alle määrittäjärajaa (0,03 µg/l).

Syvännepisteellä Laakajärvi 081 vedenlaatu vastasi pääosin viime vuosien tasoa, eikä huomattavia poikkeamia aiempaa tarkkailuun verrattuna ollut havaittavissa. Päälysveden happitilanne oli huhti- ja kesäkuussa hyvä (85-100 % O₂). Alusveden happitilanne oli huhtikuussa huono (10 % O₂) ja kesäkuussa tyydyttävä (75 % O₂), mikä viittaa järven luonnolliseen vuodenvaihteluun. Vesinäytteistä mitattu sähkönjohtavuus on pienentynyt vuodesta 2015 alkaen sekä päälysvetessä että alusvedessä (Kuva 5-3).



Kuva 5-3. Sähkönjohtavuuden kehitys Laakajärven syvänteellä 081 vuosina 2008–2019

Kenttämittaustulosten perusteella Laakajärven vesi oli näytteenottopisteellä 081 kesäkuussa sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunut. Happipitoisuus pieneni hieman pinnasta kohti pohjaa (Kuva 5-4). Tulokset vastasivat viime vuoden tuloksia.

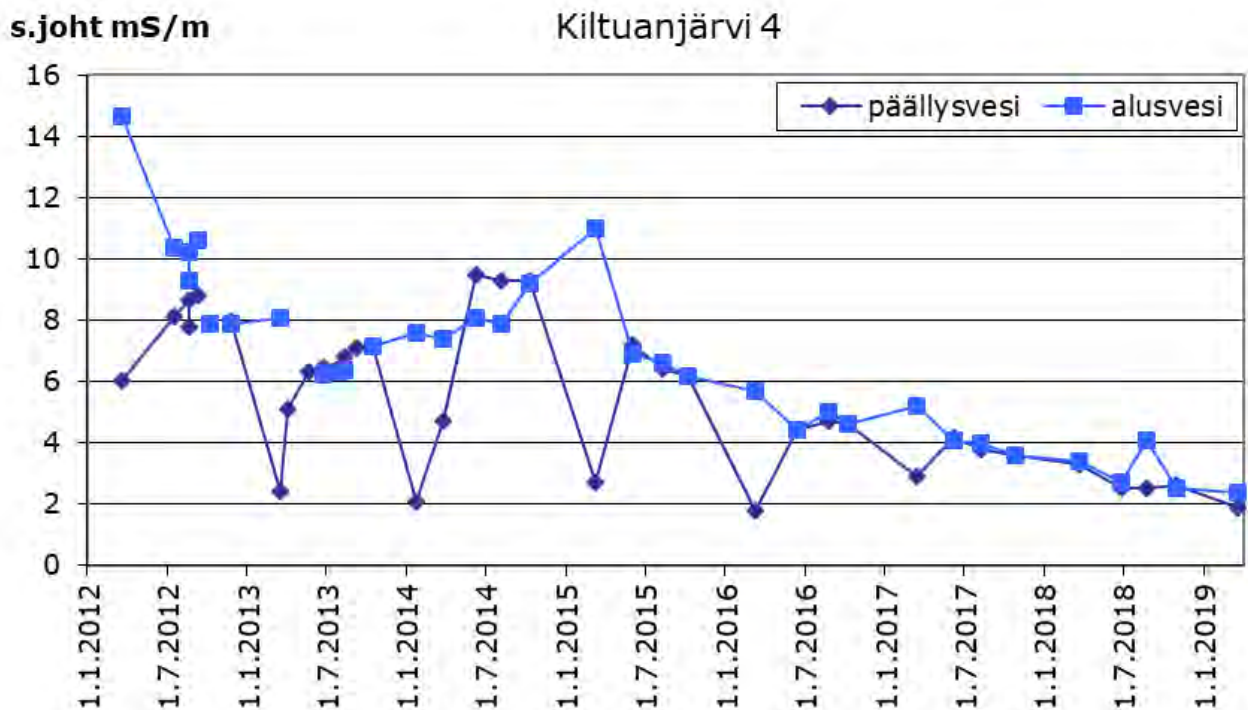


Kuva 5-4. Laakajärven kenttämittausten tulokset kesäkuussa vuonna 2019.

5.6 Kiltuanjärvi

Kiltuanjärven vedenlaatua tarkkaillaan viisi kertaa vuodessa syvännetarkkailupisteeltä. Kiltuanjärven näytteenottopiste on ollut mukana vuosittaisessa tarkkailussa vuodesta 2007 alkaen.

Laboratoriotulosten perusteella happitilanne oli kesäkuussa pintavedessä hyvä (90 % O₂) ja alusvedessä tyydyttävä (79 % O₂). Muun muassa sähkönjohtavuus (2 mS/m) (Kuva 5-5), sulfaattipitoisuus (pinta 4 mg/l, pohja 5 mg/l), natriumpitoisuus (2 mg/l) sekä liukoisin nikkelin pitoisuus (0,6 µg/l) ovat viime vuosina pienentyneet ja veden kerrostuminen ei ole kerrostuneisuuskausina ollut yhtä voimakasta kuin aiemmin.



Kuva 5-5. Sähkönjohtavuuden kehitys Kiltuanjärven vuosina 2012–2019.

5.7 Haajaistenjärvi, Haapajärvi, Nurmijoki, Sälevä, Atrojoki ja Syväri

Haajaistenjärveltä, Haapajärveltä, Nurmijoelta, Sälevästä, Atrojoelta ja Syväristä on otettu vesinäytteitä vuosittain vuodesta 2014 alkaen. Syvärin vedenlaatua ei tarkkailtu huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla, mutta muista tarkkailupisteistä otettiin vesinäytteitä kesäkuussa.

Haajaistenjärven vedenlaatu on vaihdellut eri tarkkailuvuosina maltillisesti. Happitilanne oli kesäkuussa hyvä (82-100 % O₂). Sähkönjohtavuus (2 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (2 mg/l) olivat samalla tasolla eri näytteenottosyvyyksissä. Liukoisin nikkelin ja liukoisin kadmiumin pitoisuudet olivat alle määrittämissä (Cd <0,03 µg/l, Ni <1,0 µg/l). Haajaistenjärvi on Haajaistensalmen kautta yhteydessä Kiltuanjärveen.

Haapajärven vedenlaadussa ei havaittu poikkeamia aiempiin tarkkailuvuosiin verrattuna. Muun muassa sähkönjohtavuus (2 mS/m), sulfaattipitoisuus (4-5 mg/l), natriumpitoisuus (1-2 mg/l) sekä liukoisen nikkelin pitoisuus (0,5-0,7 µg/l) ovat viime vuosina pienentyneet. Alusveden mangaanipitoisuus (160 µg/l) on vaihdellut voimakkaasti happitilanteen mukaan.

Nurmijoen näytteenottopisteiden vedenlaadussa ei havaittu poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna. Sekä Nurmijoen Koirakosken että Itäkosken veden sähkönjohtavuus (2 mS/m), sulfaattipitoisuus (4 mg/l) ja natriumpitoisuus (1 mg/l) ovat pienentyneet vuodesta 2016 alkaen.

Sälevän vedenlaatu ei poikennut aiempina tarkkailuvuosina havaitusta. Sähkönjohtavuus (2 mS/m) sekä sulfaatti- (4 mg/l) ja natriumpitoisuus (1 mg/l) ovat pienentyneet vuodesta 2015 alkaen. Kuten Haapajärvessä, myös Sälevässä alusveden mangaanipitoisuus (91 µg/l) on vaihdellut voimakkaasti happitilanteen mukaan.

Atrojoellakin veden sähkönjohtavuus (2 mS/m) sekä sulfaatti- (3 mg/l) ja natriumpitoisuus (1 µg/l) ovat pienentyneet vuodesta 2015 alkaen, eikä poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna havaittu.

6. KAIVOSPIIRIN ULKOPUOLISET JÄRVET

Kaivospiirin ulkopuolisista järvistä ei otettu vesinäytteitä huhti-kesäkuun tarkkailujaksolla.

7. YHTEENVETO

Terrafamen teollisuusalueelta johdettiin vuoden 2019 huhti- ja kesäkuun välisellä jaksolla vesistöön vettä yhteensä 2,03 milj. m³. Vesistä 77 % johdettiin Nuasjärven purkuputkeen ja 22 % Latosuon altaasta Kuusijokeen ja edelleen Kalliojoen kautta Kolmisoppeen.

Huhtikuu oli Kajaanissa keskimääräistä kylmempi ja vähäsateisempi. Toukokuu oli lämpötilaltaan tavanomainen, mutta keskimääräistä sateisempi. Kesäkuu sen sijaan oli hieman tavanomaista lämpoisempi ja sademäärältään tavanomainen. Kaivoksella mitattu sademäärä oli huhti- ja toukokuussa suurempi ja kesäkuussa pienempi kuin ilmatieteenlaitoksen Kajaanin mittauspisteeltä mitattu.

Kalliojoen kevään virtaamahuippu kohdistui huhtikuun loppupuolelle ja kesäkuun loppuun mennessä virtaama oli palautunut tammi-maaliskuun tasolle. Niskalan padolla virtaama saavutti huippunsa toukokuun alussa. Virtaamahuipun jälkeen toukokuun puolesta välistä kesäkuun loppuun saakka virtaama pieneni, muttei ehtinyt saavuttaa tammi-maaliskuun tasoa. Kolmisopen pinnankorkeuden lasku jatkui huhtikuun alkupuolelle saakka, jonka jälkeen pinnankorkeus nousi huhtikuun loppuun saakka. Toukokuun alusta kesäkuun loppuun saakka pinnankorkeus pääosin laski hiljalleen. Pinnankorkeus ylitti vesitalousluvan mukaisen säännöstelyn ylärajan 26.4.-16.5.

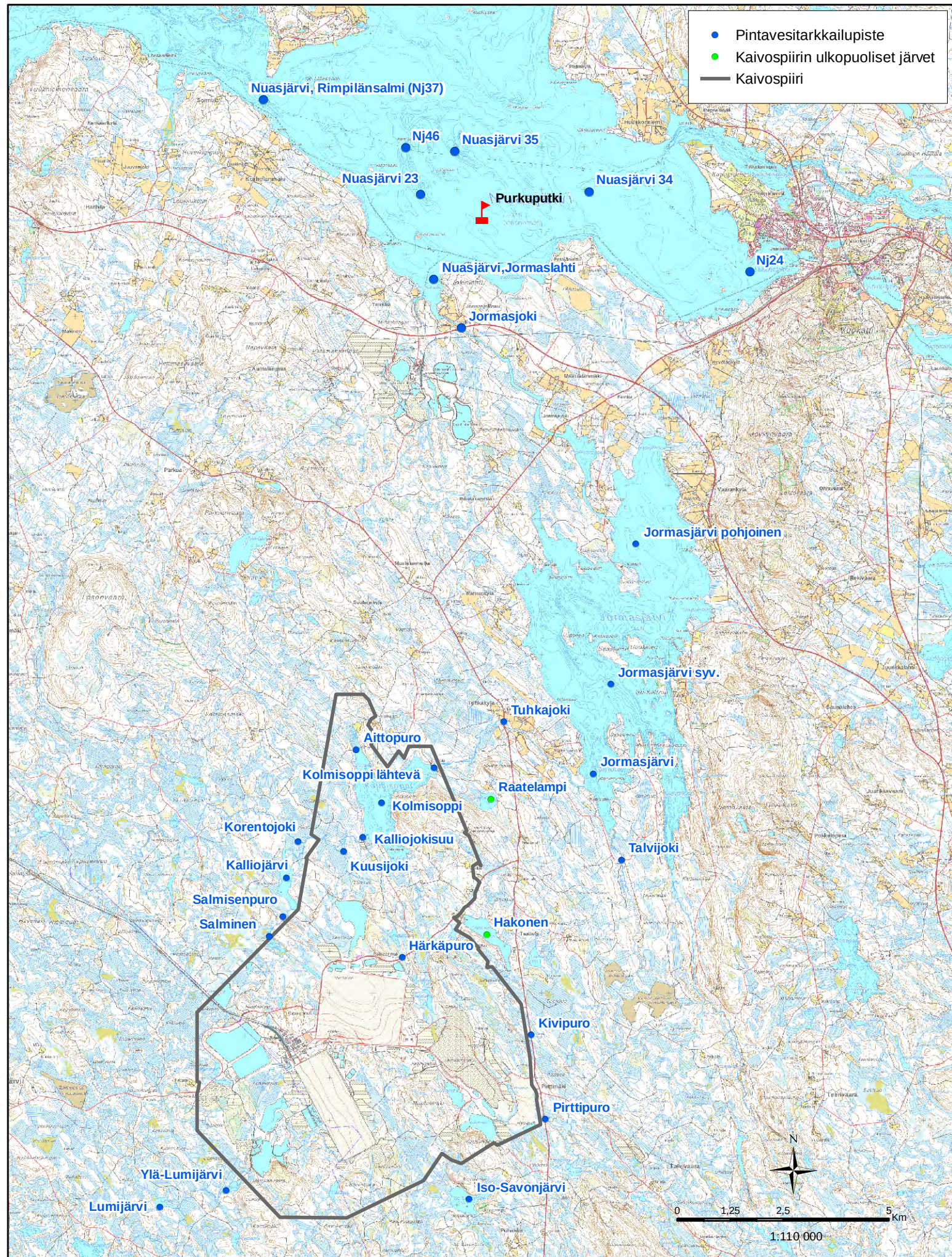
Oulujoen purkusuunnassa kaivoksen vaikutukset näkyvät voimakkaimmin Salmisen ja Kalliojärven vedenlaadussa siitä huolimatta, että järvien purkureitille on edellisen kerran juoksutettu vesiä Kärsälamelta toukokuussa vuonna 2016. Kalliojoen vedenlaadussa on muutaman viime vuoden aikana ollut havaittavissa huomattavaa kohenemistä. Toukokuun kenttämittaustulosten perusteella Kalliojärven vesi pääsi usean vuoden kerrostuneisuuden jälkeen sekoittumaan pohjaan saakka. Myös virtaussuunnassa

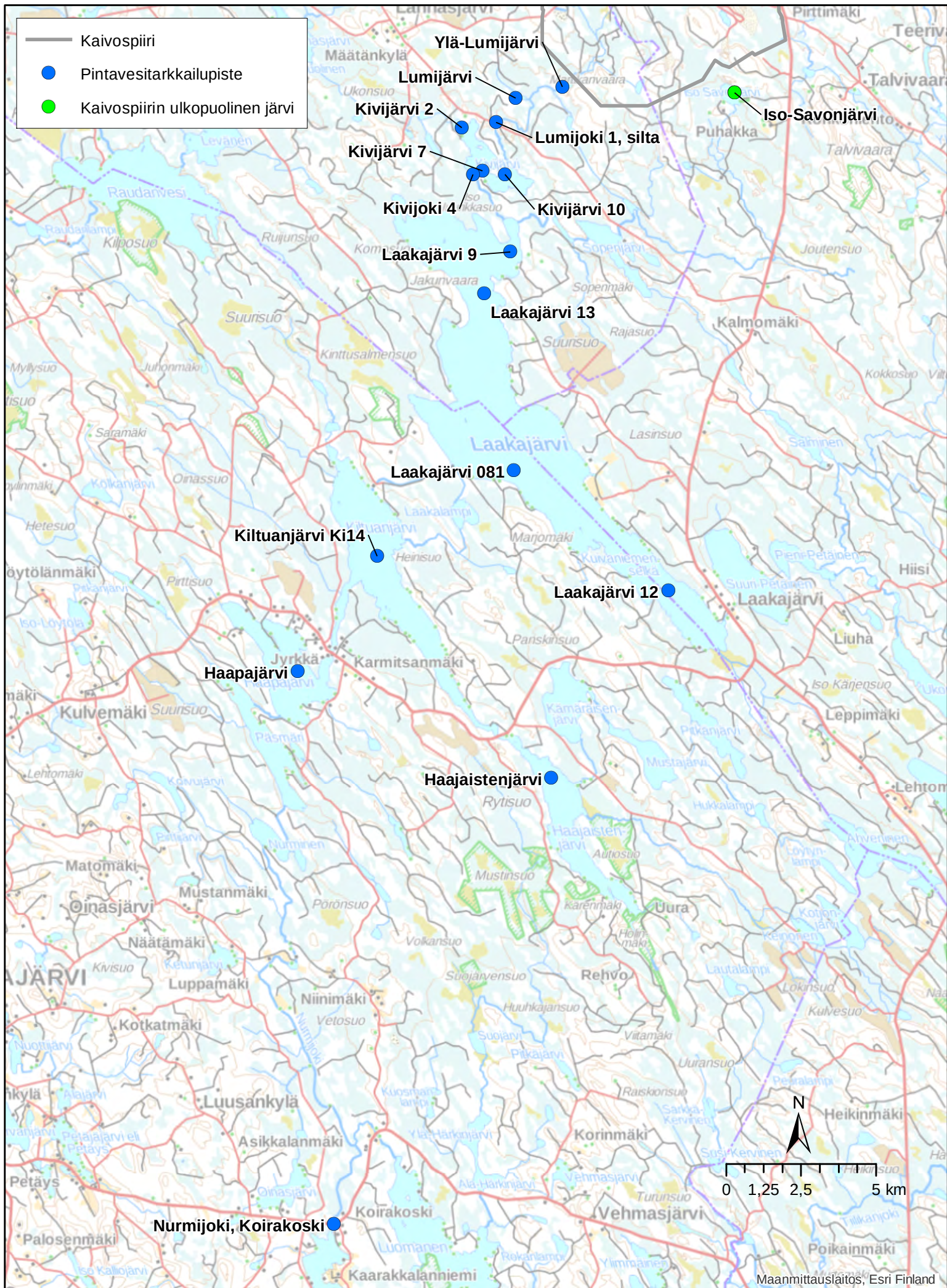
seuraavilla alueen alapuolisilla järvillä, Kolmisopessa ja Jormasjärvellä sekä päälly- että alusveden vedenlaatu on kohentunut viime vuosien aikana. Kaivostoiminnan vaikutus on niissä kuitenkin edelleen havaittavissa. Jormasjärven rantavesinäytteistä analysoidut pitoisuudet olivat edellisten vuosien tasolla tai pienentyneet, eikä merkittäviä eroja näytteenottopisteiden vedenlaadussa havaittu. Kaivostoiminnan vaikutus oli havaittavissa myös sivukiven läjitysalueen rakennustyömaan vaikutusalueella Kivipurossa, mutta puron vedenlaatu oli kohentunut talven tilanteesta.

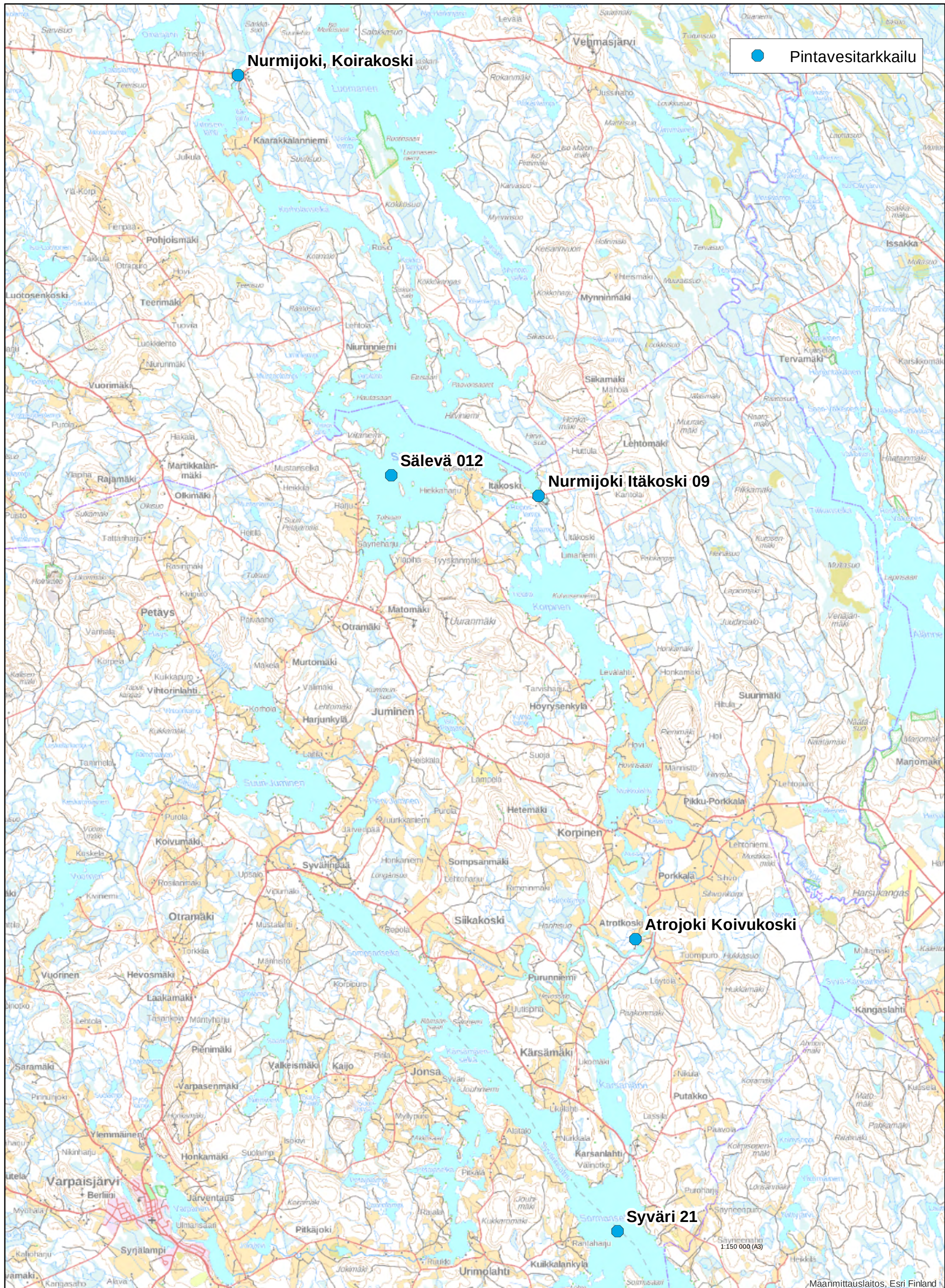
Nuasjärveen purkuputken kautta johdettavien vesien vaikutus on ollut havaittavissa etenkin purkuputkea lähimpien syvänteiden alusveden kohonneena sähkönjohtavuutena ja sulfaattipitoisuutena. Kesäkuussa vaikutus oli havaittavissa lähinnä kolmella purkuputkea lähimmällä havaintopisteellä, joiden vedenlaadun tarkkailu aloitettiin vuoden 2019 alussa. Muilla Rehja-Nuasjärven havaintopisteillä vesi oli kenttämittausaineiston perusteella kesäkuussa sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunut. Jatkuvatoimisten mittareiden mittausaineiston perusteella vesi oli sähkönjohtavuuden suhteen kerrostunut ainoastaan huhtikuussa Nuasjärven läntisellä mittauspisteellä. Nuasjärven rantaveden laatu vastasi tutkituilla näytepisteillä Nuasjärven ulappa-alueelta havaittua tasoa. Heterannan vedenottamon edustan näytteenottopisteellä pitoisuudet olivat jonkin verran suurempia kuin Rehjan syvännepisteiden päällysvedessä. Mitattujen aineiden pitoisuudet olivat edellisten vuosien tasolla tai pienempiä eikä mikään näytteenottopiste erottunut vedenlaadultaan selvästi muista pisteistä.

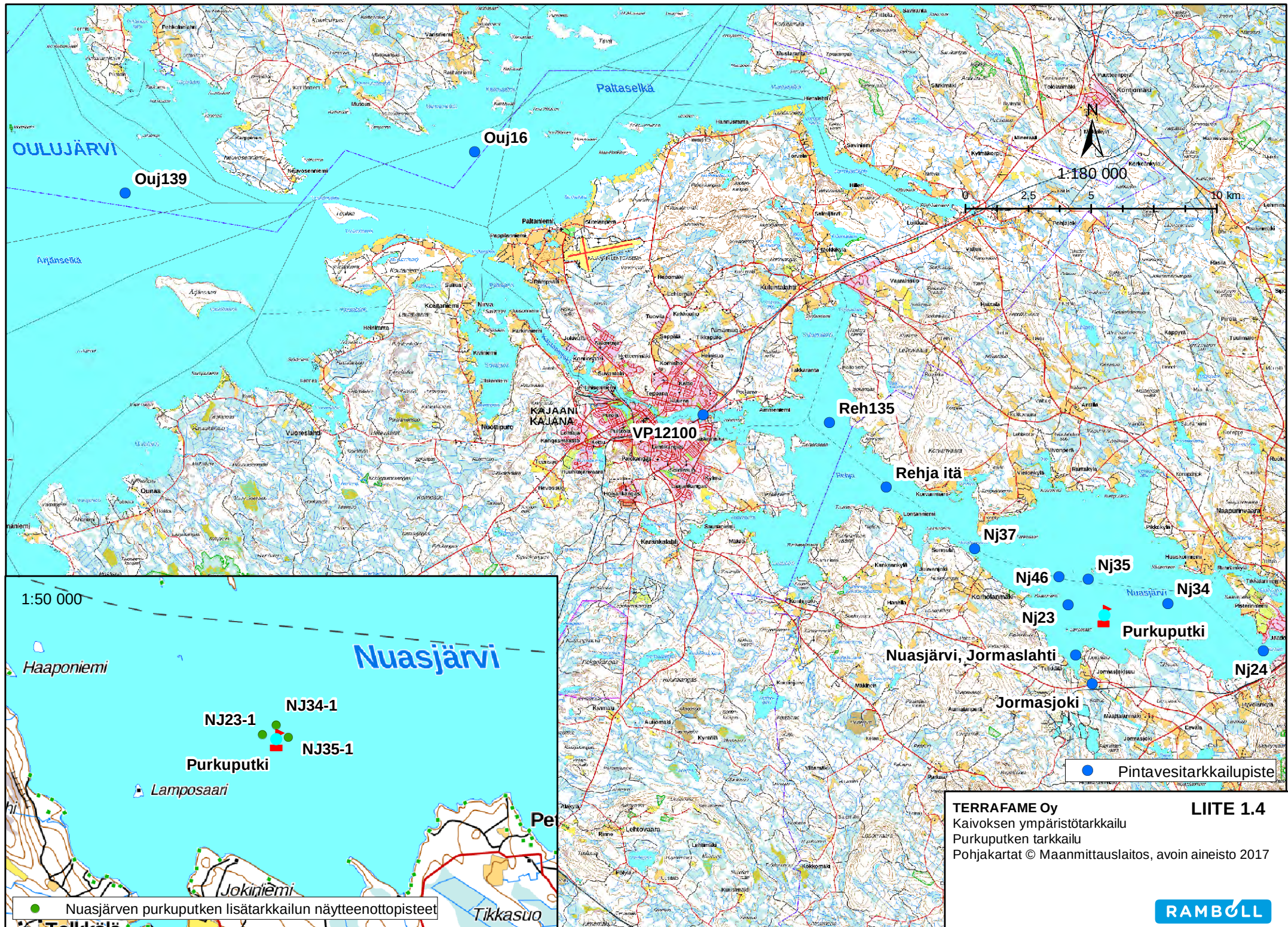
Vuoksen purkusuuntaan ei ole johdettu kaivokselta vesiä toukokuun 2016 jälkeen. Purkusuunnassa ensimmäisellä alapuolisella järvellä, Kivijärvellä, pysyvä kerrostuneisuus on havaittavissa kahdella kolmesta tutkimuspisteestä. Näillä pisteillä alusveden sulfaattipitoisuudet ovat suuria. Kivijärven alapuolisella Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä vedenlaatu on viime vuosina kohentunut ja täyskierrot ovat onnistuneet normaalisti. Kaivoksen aiemman kuormituksen vaikutus voidaan edelleen havaita Vuoksen vesistöissä ainakin Laakajärveen saakka. Kiltuanjärvessä ja Haapajärvessä pitoisuudet alkavat olla luontaisten taustapitoisuuksien tasolla. Haapajärvestä alaspäin vaikutuksia ei voida erottaa taustapitoisuuksista.

LIITE 1
TARKKAILUALUE JA NÄYTTEENOTTOPAIKAT





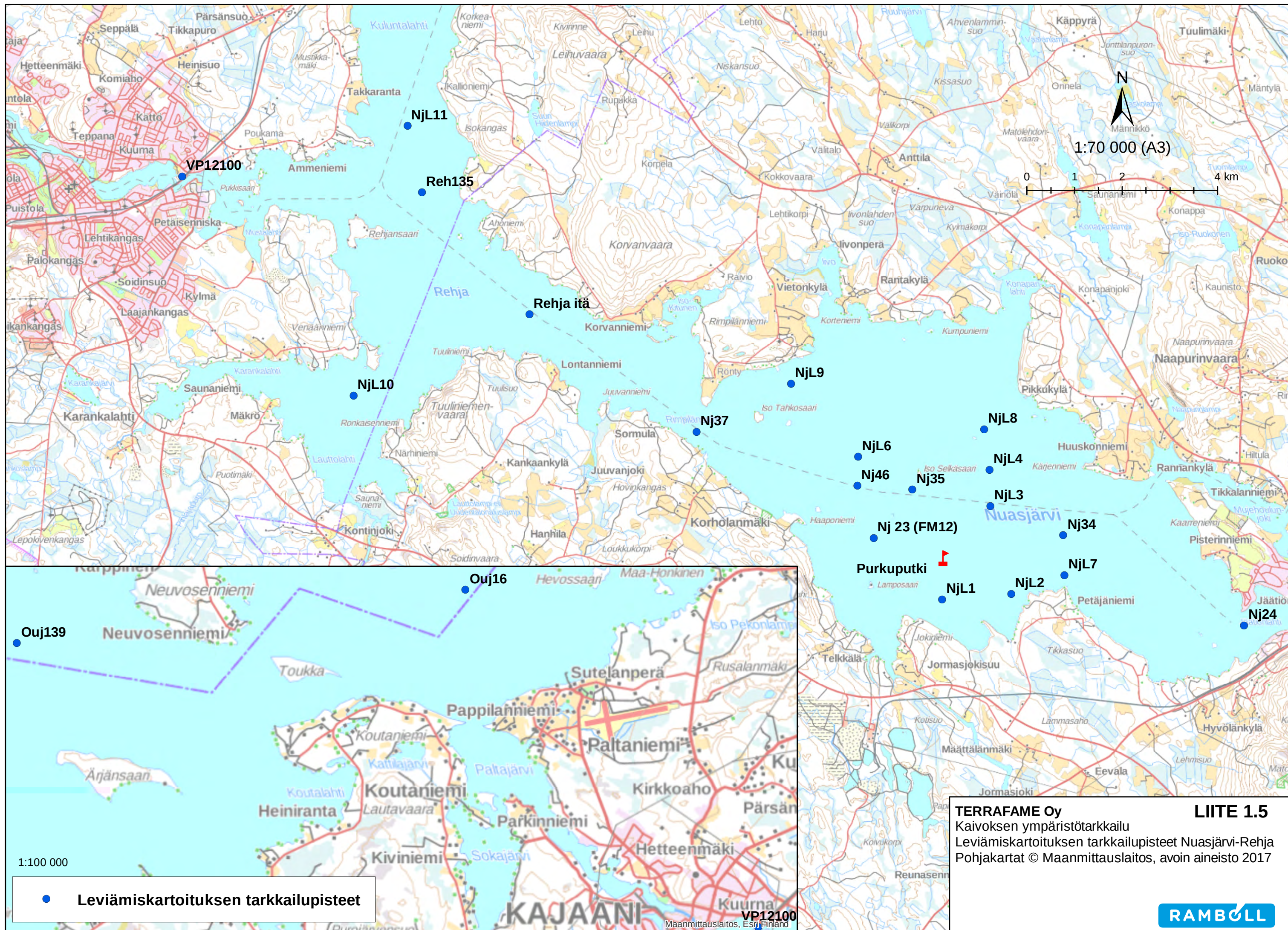




TERRAFAME OY
 Kaivoksen ympäristötarkkailu
 Purkuputken tarkkailu
 Pohjakartat © Maanmittauslaitos, avoin aineisto 2017

LIITE 1.4

RAMBOLL



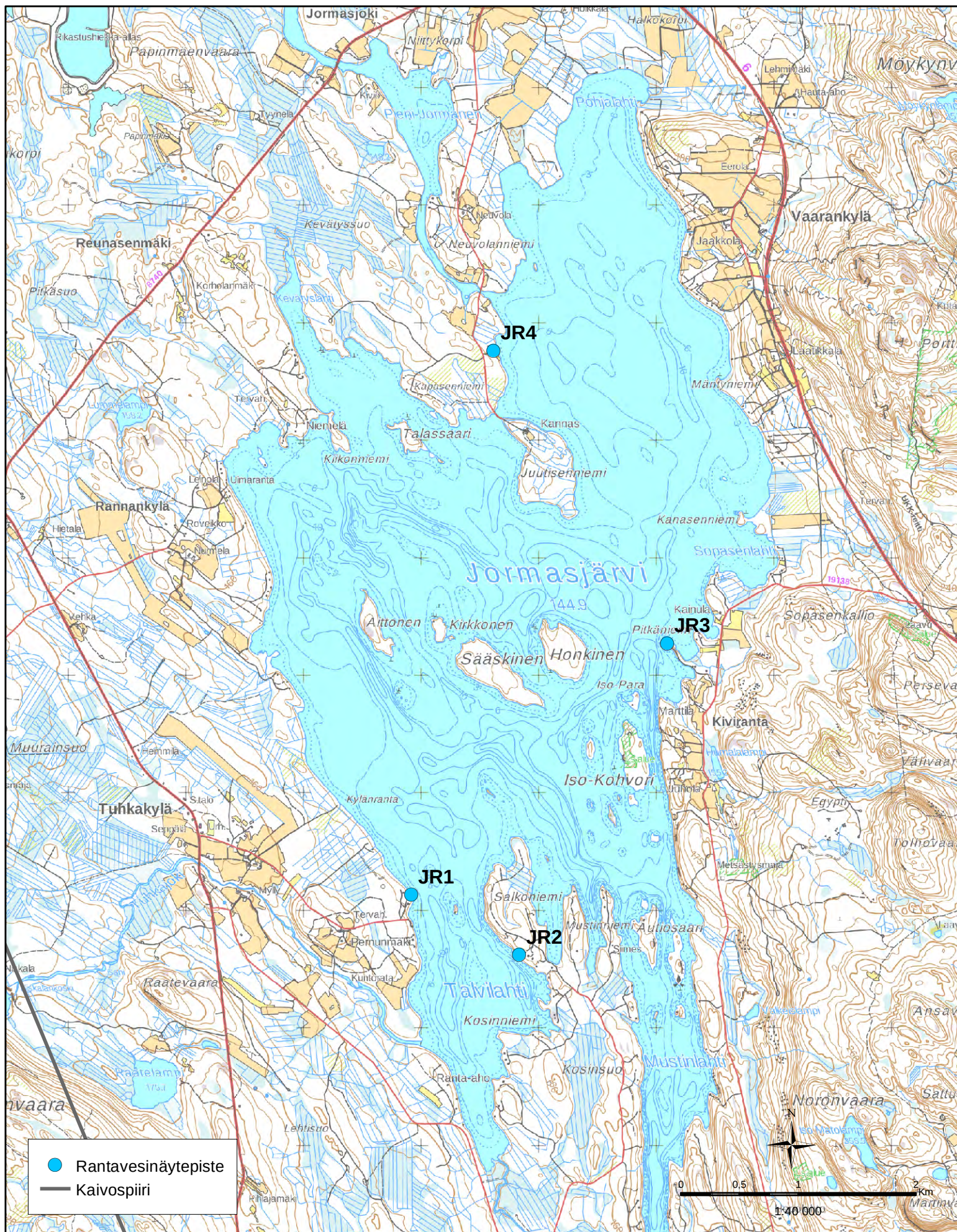
1:100 000

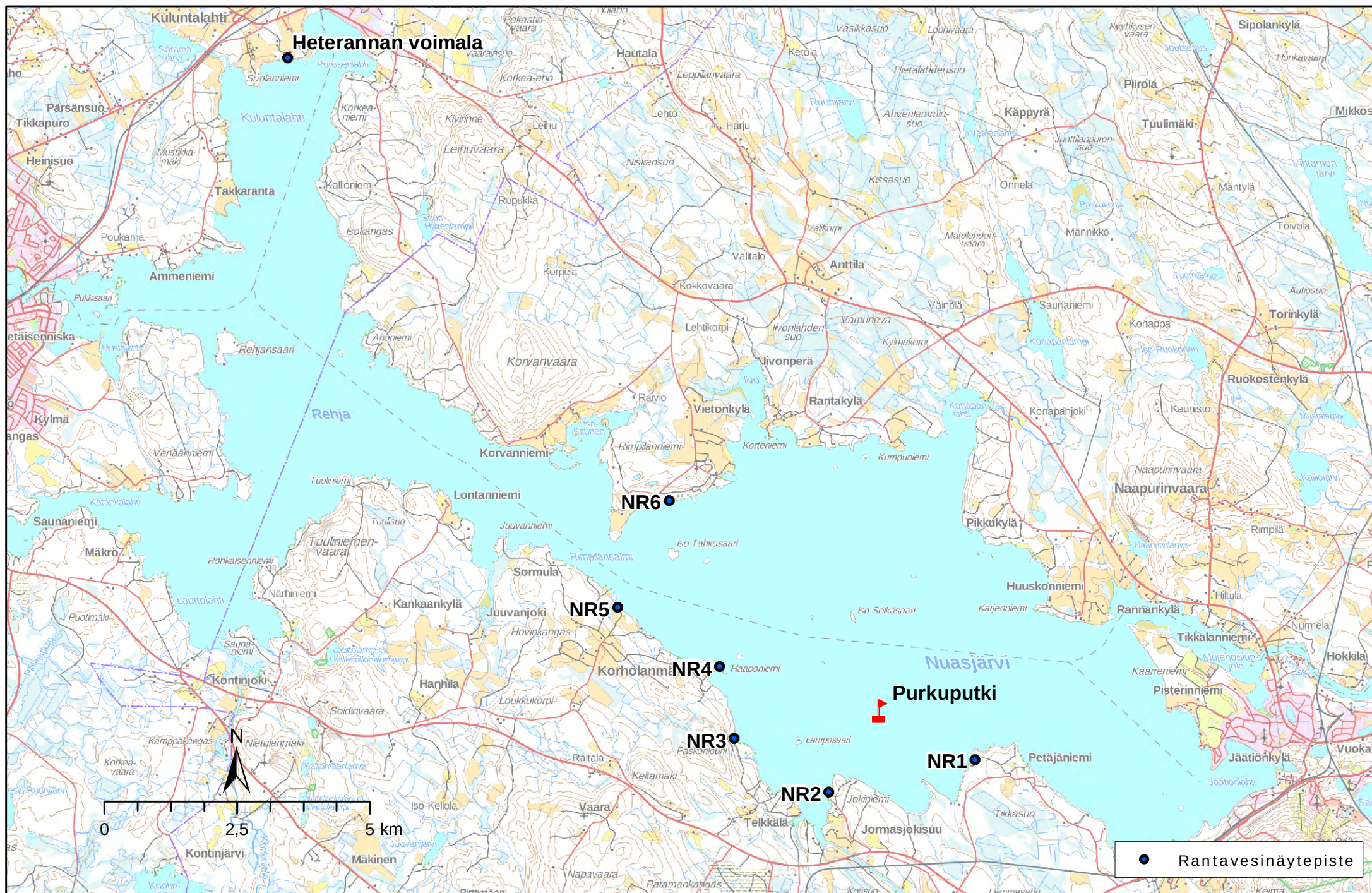
● Leviämiskartoituksen tarkkailupisteet

TERRAFAME Oy
Kaivoksen ympäristötarkkailu
Leviämiskartoituksen tarkkailupisteet Nuasjärvi-Rehja
Pohjakartat © Maanmittauslaitos, avoin aineisto 2017

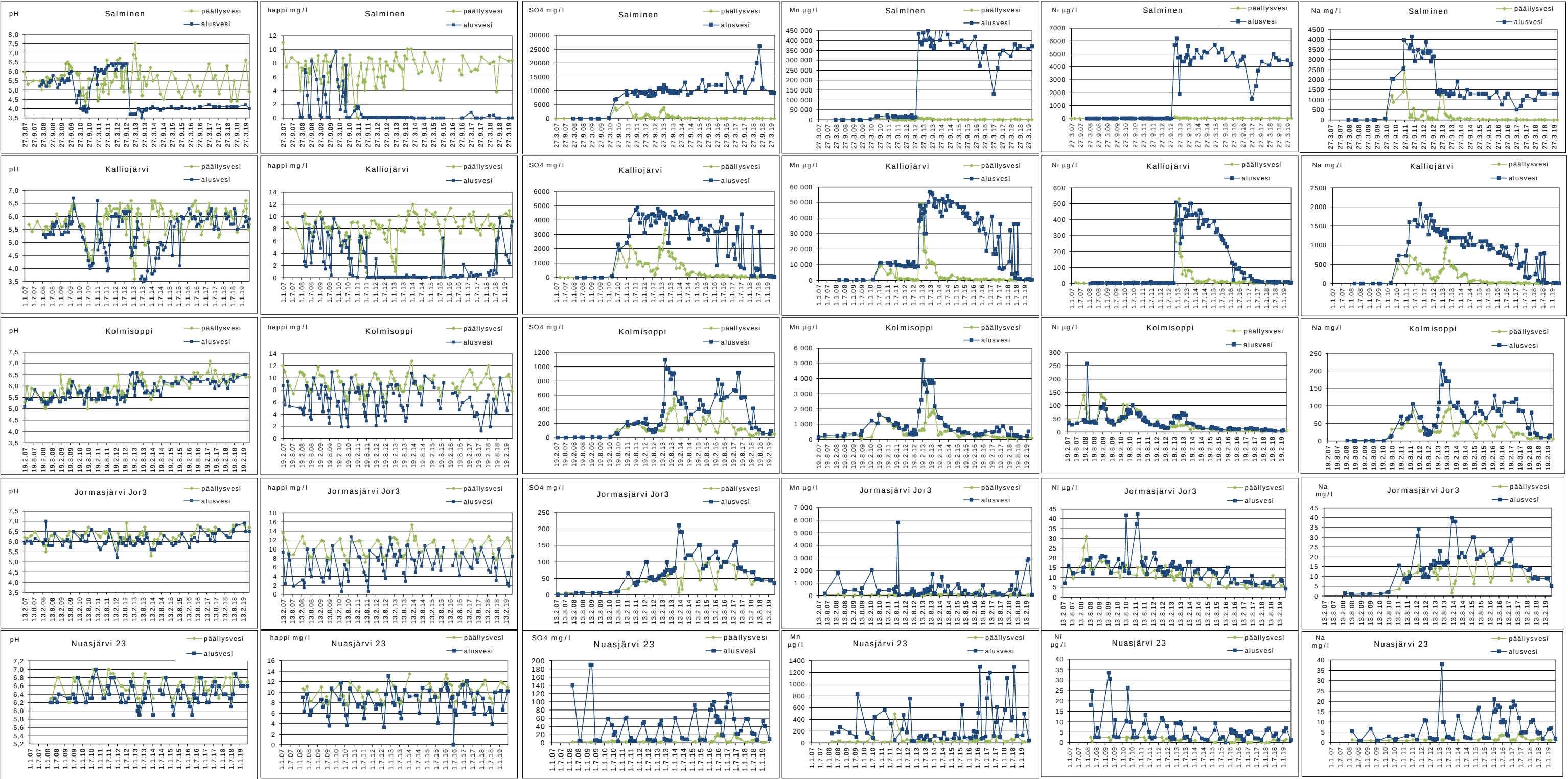
LIITE 1.5



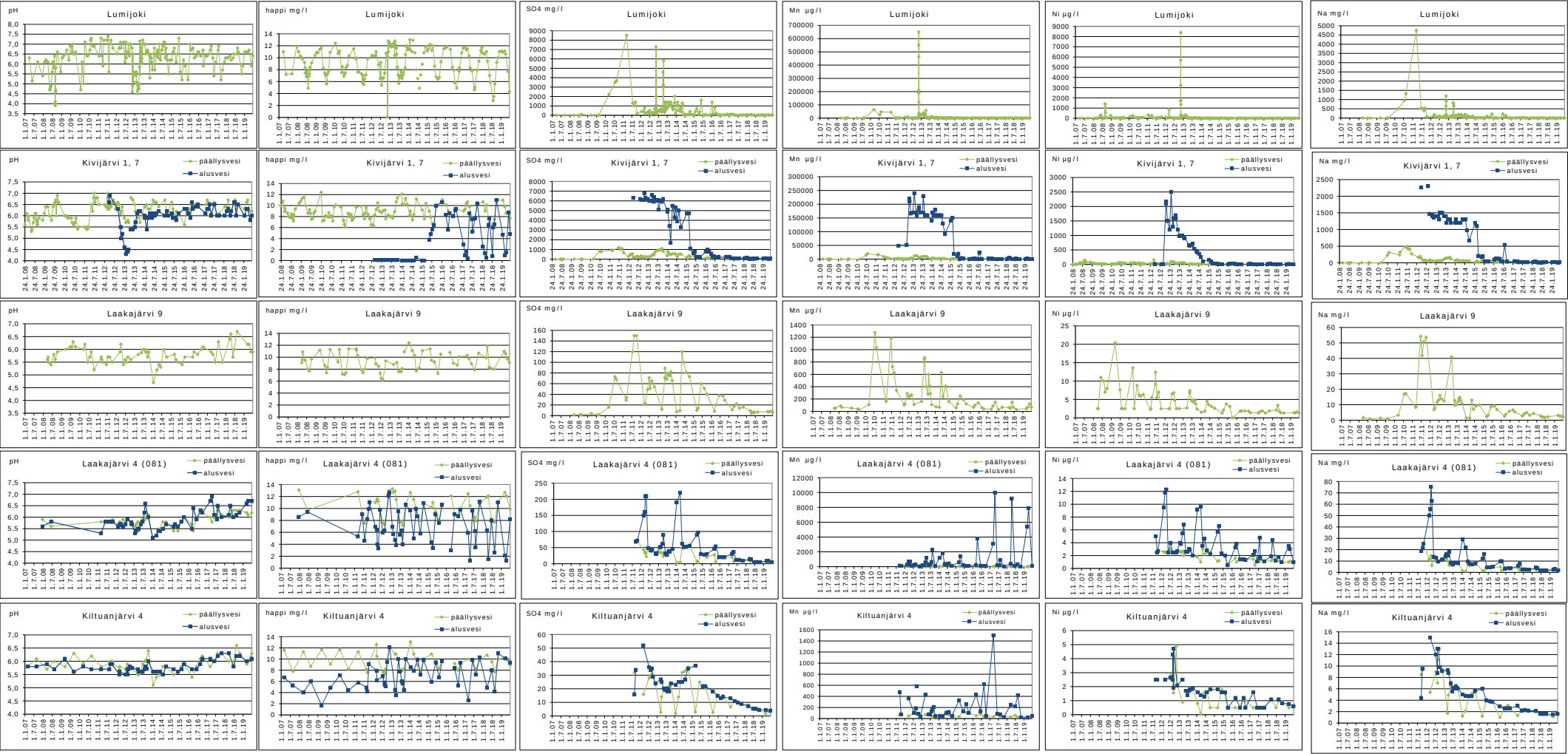




LIITE 2
OULUJOEN SUUNTA - KEHITYSKUVAAJAT



LIITE 3
VUOKSEN SUUNTA – KEHITYSKUVAAJAT



LIITE 4
TULOSTEN YHTEENVETOTAULUKKO

[illegible]