

Vastaanottaja  
**Boliden Kevitsa Mining Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Raportti**

Päivämäärä  
**28.2.2018**

Viite  
**1510031322**

# **BOLIDEN KEVITSA MINING OY**

## **KEVITSA KAIVOKSEN POHJAVE- SIEN TARKKAILU VUONNA 2017**



**BOLIDEN KEVITSA MINING OY**  
**KEVITSA KAIVOKSEN POHJAVESIEN TARKKAILU**  
**VUONNA 2017**

Päivämäärä **28.2.2018**  
Laatija **Teemu Roikonen, Maija Jylhä-Ollila**  
Tarkastus **Anna Hakala**

Viite **1510031322**

*Kannen kuva. Pohjavesinäytteenottoa putkelta KevG-31 marraskuussa 2016.*

## SISÄLTÖ

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>JOHDANTO</b>                        | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>ALUEEN GEOLOGISET OLOSUHTEET</b>    | <b>1</b>  |
| <b>3.</b> | <b>POHJAVESI</b>                       | <b>2</b>  |
| 3.1       | Yleistä                                | 2         |
| 3.2       | Pohjavesiputket                        | 2         |
| 3.3       | Näytteenotto                           | 3         |
| 3.4       | Pohjavedenpinnan korkeudet             | 5         |
| <b>4.</b> | <b>ANALYYSITULOKSET</b>                | <b>11</b> |
| 4.1       | Nikkeli                                | 11        |
| 4.2       | pH                                     | 14        |
| 4.3       | Happipitoisuus                         | 17        |
| 4.4       | Sähkönjohtavuus                        | 17        |
| 4.5       | Sulfaatti                              | 20        |
| 4.6       | Typpi                                  | 22        |
| 4.7       | Fosfaattifosfori                       | 24        |
| 4.8       | Kloridi                                | 24        |
| 4.9       | Kalium, kalsium ja natrium             | 26        |
| 4.10      | Muut aineet                            | 28        |
| 4.11      | Polttoaineen jakeluaseman tarkkailu    | 29        |
| <b>5.</b> | <b>KOKONAISEPÄVARMUUDEN TARKASTELU</b> | <b>29</b> |
| <b>6.</b> | <b>TULOSTEN TARKASTELU</b>             | <b>30</b> |
| <b>7.</b> | <b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b>                  | <b>31</b> |
| <b>8.</b> | <b>LÄHTEET</b>                         | <b>32</b> |

## LIITTEET

### Liite 1

Pohjavesiputkien sijainti

### Liite 2

Laboratorioanalyysien tulokset 2017

### Liite 3

Laboratorion mittausepävarmuudet 2017

## 1. JOHDANTO

Bolidenin Kevitsan kaivoksella louhitaan nikkeliä, kuparia, kultaa, kobolttia ja platinaryhmän metalleja. Kaivoksen tuotteita ovat nikkeli- ja kuparirikasteet.

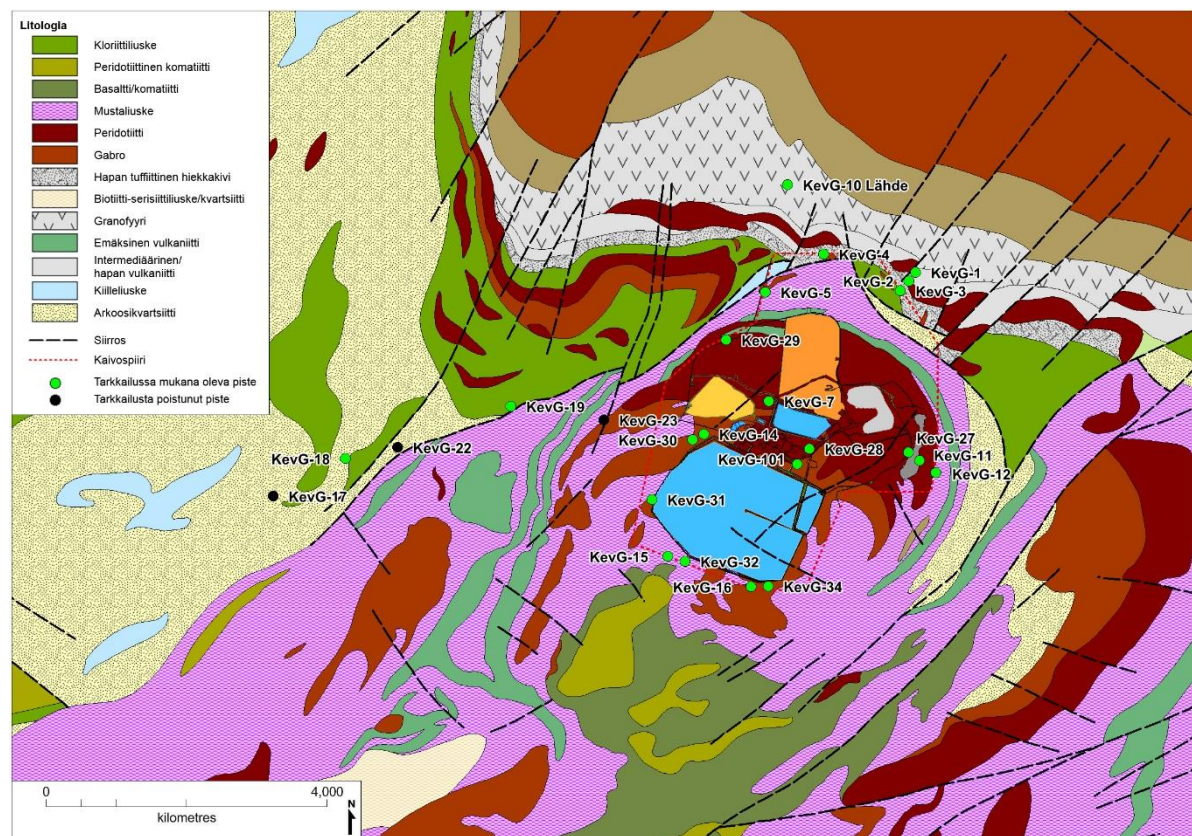
Kevitsan monimetallikaivoksen rakentaminen aloitettiin keväällä 2010. Kaivoksen tuotanto käynnistyi kesällä 2012, jolloin toiminnan tuotannon ja tuotannon ylösjövaiheen mukainen ympäristötarkkailu käynnistettiin. Vuonna 2017 ylitevesiä johdettiin ympäristöluvan (PSAVI 79/2014/1) mukaisesti. Ympäristötarkkailua toteutettiin vuonna 2017 päivitetyn tuotantovaiheen tarkkailuohjelman mukaisesti. Lisäksi rikastushiekka-alueen pohjavesien havaintoputkista otettiin näytteet kausittain.

Tässä raportissa esitetään vuoden 2017 pohjavesitarkkailun tulokset ja verrataan niitä vuosien 2009–2016 tuloksiin.

## 2. ALUEEN GEOLOGISET OLOSUHTEET

Kevitsan kerrosintruusio sijaitsee varhaisproterotsooisen Keski-Lapin vihreäkivialueen itäosassa. Intruusioon liittyvä malmio sijaitsee Kevitsansarvessa, noin 1,5 km Kevitsanvaarasta pohjoiseen. Intruusioon liittyvät kivilajit ovat pääosin gabroja ja ultramafisia kumulaatteja (Manninen ym. 1996).

Kevitsan esiintymä on suuri ja suhteellisen matalapitoinen Ni-Cu-PGE -malmi. Metallit ovat sitoutuneet sulfidimineraaleihin, jotka esiintyvät pirootteina intruusioon liittyvissä ultramafisissa kumulaateissa, lähinnä oliviinipyrokseeniiteissä. Nikkelin ja kuparin lisäksi malmissa esiintyy kobolttia, platinaa, palladiumia ja kultaa.



**Kuva 2-1. Kevitsan alueen pohjavesiputket, sekä niiden sijainti suhteessa alueen kallioperään (GTK 2018).**

Kaivospiirin sisäiset pohjavesiputket KevG-5, KevG-12, KevG-15 ja KevG-32 sijaitsevat mustaliuskealueella. Putket KevG-7, KevG-11, KevG-27 ja KevG-28 sijaitsevat peridotitiialueella, eli saman kivilajiyksikön alueella kuin itse louhittava mineralisaatio, mikä heijastuu myös pohjaveden laatuun kyseisillä alueilla.

Muut kaivospiirin sisällä tai sen läheisyydessä sijaitsevat pohjavesiputket jakaantuvat monen eri kivilajiyksikön alueelle. KevG-1 ja KevG-4 sijaitsevat intermediääriseen vulkaniitin alueella, KevG-2

metaperidotiittialueella ja KevG-3 kiillearkoosialueella. Putket KevG-14, KevG-16, KevG-30, KevG-34 ja piste KevG-101 sijaitsevat gabroalueella.

Rikastushiekka-altaan padolla on tehty geofysikaalisia mittalinjoja, joiden avulla on selvitetty sähköntohtavuuden muutoksia. Mittaustuloksia hyödynnettiin, kun uusien pohjavesiputkien paikkoja valittiin (KevG-30, KevG-31, KevG-32 ja KevG-34). Tutkimuksissa on myöhemmin havaittu, että putki KevG-30 sijaitsee sähköntohtavuuden muutosvyöhykkeellä, mikä voi vaikuttaa putkelta havaittavaan vedenlaatuun.

Tienvarsitarkkailun pohjavesiputkista KevG-18 sijaitsee kvartsiittikallioperän alueella ja KevG-19 kloriittiliuskealueella, mikä heijastuu myös pohjaveden luontaiseen laatuun kyseisellä alueella. Tarkkailuun kuuluva kaivospiirin pohjoispuolinen lähde KevG-10 sijaitsee granofyyrialueella.

Maa- ja kallioperän koostumus vaikuttaa suuresti myös pohjavesien laatuun ja pitoisuuksiin, joten pohjavesitarkkailun tuloksia tarkasteltaessa on huomioitu alueen paikallinen geologia ja siitä aiheutuvat alkuainepitoisuudet kallio- ja maaperässä sekä pohjavedessä. Lähdeaineistona on hyödynnetty suomalaisten kivilajien tyypillistä koostumusta (Rasilainen ym. 2008), tuhannen suomalaisen kaivon kaivosvesitutkimusta (Lahermo ym. 2002) sekä Suomen pohjavesien hydrogeokemiallista kartoitusta (Lahermo ym. 1990).

## **3. POHJAVESI**

### **3.1 Yleistä**

Kevitsan kaivoksen lähialueella ei sijaitse luokiteltuja pohjavesialueita, eikä alueen pohjavesiä hyödynnetä talousvetenä.

### **3.2 Pohjavesiputket**

Pohjavesiputket ovat siiviläputkilla varustettuja PEH-muoviputkia, joiden sisähalkaisija on 52 mm. Kasvillisuuslinjojen (KevG-24–KevG-26) putket on asennettu vain pinnankorkeuden tarkkailua varten. Pohjavesiputkien perustiedot on esitetty oheisessa taulukossa (taulukko 3-1). Tarkemmat putkikohtaiset tiedot ja pohjavesiputkikortit on esitetty kaivoksen velvoitetarkkailuohjelmassa.

Vuoden 2017 pohjavesitarkkailussa oli mukana yhteensä 22 pohjavesiputkea. Viitasammakkoalueen tarkkailua varten suunniteltu pohjavesiputki KevG-33 on toistaiseksi asentamatta hankalien asennusolosuhteiden vuoksi ja se lisätään tarkkailuun asennuksen jälkeen. Yksittäisiä näytteitä jäi ottamatta putkien kuivuuden tai jäätymisen vuoksi, mutta näytteenotto onnistui kaikilta putkilta ainakin kertaalleen vuonna 2017.

Pohjavesiputkien perustietoja on koottu taulukkoon (Taulukko 3-1) ja sijainti on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 3-1. Kevitsan kaivoksen ympäristössä sijaitsevat pohjavesiputket.

| Tunnus   | Koordinaatit<br>ETRS-TM35FIN |        | Maanpinnan korkeus,<br>N60 | Putken pään korkeus,<br>N60 | Näytepisteen kuvaus  | Näytemäärät |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |
|----------|------------------------------|--------|----------------------------|-----------------------------|--|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
|          | y                            | x      |                            |                             |  | 2008        | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |    |
| KevG-1   | 7511097                      | 499407 | 228,66                     | 229,62                      | Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      | 2    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4  |
| KevG-2   | 7510967                      | 499313 | 231,76                     | 232,88                      | Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      | 2    | 4    | 4    | 3    | 3    | 4    | 2    | 4    |    |
| KevG-3   | 7510831                      | 499186 | 229,41                     | 230,59                      | Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      | 2    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4  |
| KevG-4   | 7511355                      | 498092 | 225,23                     | 226,12                      | Sivukiven ja pintamaiden läjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      | 2    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4  |
| KevG-5   | 7510814                      | 497263 | 217,29                     | 218,35                      | Sivukiven ja pintamaiden läjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      | 2    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4  |
| KevG-7   | 7509258                      | 497315 | 216,81                     | 217,98                      | Sivukiven ja pintamaiden läjitysalueiden vaikutusten seuraaminen. Lisäksi vesivarastoaltaan ja pintavalutuskentän rakentamisen vaikutusten seuranta. |             |      | 1    | 3    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4  |
| KevG-9   | 7509130                      | 499483 | 227,64                     | 228,59                      | Sivukiven ja pintamaiden läjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      | 2    | 4    | 4    | 4    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0  |
| KevG-10  | 7512342                      | 497581 | 228,46                     |                             | Vaiskonselän lähde, taustapiste  | 10          | 9    | 7    | 6    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    | 3  |
| KevG-11  | 7508412                      | 499464 | 237,22                     | 238,52                      | Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      | 2    | 4    | 4    | 1    | 2    | 4    | 1    | 2    |    |
| KevG-12  | 7508241                      | 499696 | 228,05                     | 229,27                      | Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      | 2    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4  |
| KevG-13  | 7508203                      | 498049 | 230,54                     | 231,68                      | Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen  |             |      | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0  |
| KevG-14  | 7508789                      | 496391 | 219,16                     | 220,22                      | Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen  |             |      | 1    | 4    | 4    | 2    | 2    | 2    | 4    | 5    |    |
| KevG-15  | 7507047                      | 495878 | 227,51                     | 228,65                      | Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen  |             |      | 2    | 4    | 4    | 4    | 4    | 4    | 7    | 12   |    |
| KevG-16  | 7506610                      | 497061 | 228,47                     | 229,67                      | Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen  |             |      | 2    | 4    | 2    | 4    | 4    | 3    | 4    | 5    |    |
| KevG-17  | 7507906                      | 490255 | 206,45                     | 207,44                      | Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu  |             | 4    | 6    | 2    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 0    |    |
| KevG-18  | 7508441                      | 491283 | 208,8                      | 207,13                      | Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu  |             |      | 6    | 6    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |    |
| KevG-19  | 7509188                      | 493644 | 206,28                     | 207,42                      | Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu  |             |      | 4    | 8    | 2    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |    |
| KevG-20  | 7509050                      | 495000 | 212,37                     | 213,38                      | Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu  |             |      | 3    | 9    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |    |
| KevG-21  | 7508486                      | 491280 | 206,94                     | 208,16                      | Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu, putken KevG-18 vertailukaivo  |             | 3    | 4    | 2    | 2    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    |    |
| KevG-22  | 7508598                      | 492030 | 202,08                     | 202,98                      | Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu, vertailukaivo   |             | 2    | 2    | 2    | 2    | 0    | 1    | 1    | 1    | 0    |    |
| KevG-23  | 7508990                      | 494968 | 212,78                     | 213,77                      | Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu, putken KevG-20 vertailukaivo  |             | 4    | 7    | 2    | 1    | 0    | 1    | 1    | 1    | 0    |    |
| KevG-24  | 7511590                      | 499546 | -                          | -                           | Vain pinnankorkeuden tarkkailu kasvillisuuslinjojen tarkkailun yhteydessä  |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |
| KevG-25  | 7508505                      | 500076 | -                          | -                           | Vain pinnankorkeuden tarkkailu kasvillisuuslinjojen tarkkailun yhteydessä  |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |
| KevG-26  | 7508653                      | 501265 | -                          | -                           | Vain pinnankorkeuden tarkkailu kasvillisuuslinjojen tarkkailun yhteydessä  |             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |
| KevG-27  | 7508525                      | 499307 | 237,89                     | 239,26                      | Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.  |             |      |      |      |      | 0    | 3    | 4    | 4    | 3    |    |
| KevG-28  | 7508203                      | 498049 | 228,5                      | 229,43                      | Polttoaineen jakeluaseman vaikutusten tarkkailu.   |             |      |      |      |      | 1    | 4    | 4    | 4    | 3    |    |
| KevG-29  | 7510131                      | 496706 | 216,65                     | 217,65                      | Moreenialueen pohjoispuolen, sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueen vaikutusten tarkkailu   |             |      |      |      |      |      |      |      |      | 0    | 4  |
| KevG-30  | 7508707                      | 496231 | 222,77                     | 223,77                      | Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen  |             |      |      |      |      |      |      |      |      | 0    | 7  |
| KevG-31  | 7507854                      | 495649 | 239,38                     | 240,38                      | Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen  |             |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    | 9  |
| KevG-32  | 7506969                      | 496125 | 228,17                     | 229,17                      | Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen  |             |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    | 12 |
| KevG-34  | 7506620                      | 497310 | 236,12                     | 237,12                      | Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen  |             |      |      |      |      |      |      |      |      | 3    | 7  |
| KevG-101 | 7508361                      | 497718 |                            |                             | Primäärimurskan pohjalle purkautuvan pohjaveden laadun seuranta.   |             |      |      |      |      |      |      |      |      | 1    | 7  |

### 3.3 Näytteenotto

Kaivokselle vievän tien tienvarsitarkkailun pohjavesiputkista (KevG-18 ja KevG-19) otetaan näytteet kerran vuodessa, muista pohjavesitarkkailun putkista neljä kertaa vuodessa. Vuonna 2017 pohjavesiputkista otettiin tarkkailuohjelman mukaiset näytteet pääasiassa huhti-, kesä-, elo- ja lokakuussa. Lisäksi rikastushiekka-altaan ympäryspotkista otettiin näytteitä kuukausittain (Taulukko 3-2). Tiheimmässä tarkkailussa olivat putket KevG-15 ja KevG-32, joilta otettiin näytteet joka kuukausi vuonna 2017. Putkelta KevG-16 saatiin näytteet kesä-lokakuussa, putkelta KevG-30 ja KevG-34 heinä-joulukuussa sekä putkelta KevG-31 tammi-helmi ja kesä-joulukuussa. Näytteet otettiin Ramboll Finland Oy:n ja Eurofins Scientific Finland Oy:n sertifioitujen näytteenottajien toimesta.

Näytteenoton yhteydessä pohjavesiputkesta mitattiin ensin pohjavedenpinnan korkeus, jonka jälkeen suoritettiin tyhjennyspumppaus. Tyhjennyspumppauksen kesto oli vähintään 10 minuuttia putkilla, joilla antoisuus oli riittävä. Vettä pumpattiin vähintään sen verran, että vesi vaihtui putkessa minimissään kerran, jolloin näytteet edustivat ympäröivää pohjavettä eivätkä putkessa seisyyttä vettä. Tyhjennyspumppaus ja näytteenotto suoritettiin akkukäyttöisellä uppopumppukalustolla (Proactive SS Hurricane), joka oli varustettu jännitteensäätöyksiköllä. Yksikön avulla oli

mahdollista säädellä pumppausnopeutta. Huonoantoisilla putkilla (KevG-2, KevG-11, KevG-27, KevG-31 ja KevG-34) näytteet jouduttiin välillä ottamaan noutimella.

Pohjaveden pinnankorkeuden lisäksi näytteenoton yhteydessä pohjavesiputkesta mitattiin lämpötila sekä havainnoitiin mahdollista hajua, sameutta tai muuta tavallisuudesta poikkeavaa. Näytteenotto pyrittiin suorittamaan siivilöiden syvyydeltä ja metallinäytteet suodatettiin kentällä.

Näytteet analysoitiin Ramboll Analytictsin (4/2017 alkaen Eurofins Oy) laboratoriossa Lahdessa. Laboratorio on FINAS:n akkreditoima testauslaboratorio, T039 (SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 ja ISO 9001:2000).

**Taulukko 3-2. Pohjavesinäytteenotot vuonna 2017.**

| Tunnus           | KevG-1 | KevG-2 | KevG-3 | KevG-4 | KevG-5 | KevG-7 | KevG-10 | KevG-11 | KevG-12 | KevG-14 | KevG-15 | KevG-16 | KevG-18 | KevG-19 | KevG-27 | KevG-28 | KevG-29 | KevG-30 | KevG-31 | KevG-32 | KevG-33 | KevG-34 | KevG-101 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| <b>tammikuu</b>  |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         | 1       |         |         |         |         |         |         |         | 1       | 1       |         |         |          |
| <b>helmikuu</b>  |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         | 1       |         |         |         |         |         |         |         | 1       | 1       |         |         |          |
| <b>maaliskuu</b> |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         | 1       |         |         |         |         |         |         |         | 1       | 1       |         |         |          |
| <b>huhtikuu</b>  | 1      |        | 1      | 1      | 1      | 1      |         |         | 1       |         | 1       |         |         |         |         |         |         |         | 1       | 1       |         |         | 1        |
| <b>toukokuu</b>  |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         | 1       |         |         |         |         |         |         |         |         | 1       |         |         |          |
| <b>kesäkuu</b>   | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |        | 1       |         |         |         | 2       | 1       |         |         | 1       | 1       |         | 1       | 1       | 1       |         | 1       | 1        |
| <b>heinäkuu</b>  |        |        |        |        |        | 1      | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1        |
| <b>elokuu</b>    | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |        | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1        |
| <b>syyskuu</b>   |        |        |        |        |        | 1      |         |         |         | 1       | 1       | 1       |         |         |         |         |         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1        |
| <b>lokakuu</b>   | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1       | 0       | 1       | 1       | 1       | 1       |         |         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1        |
| <b>marraskuu</b> |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         | 1       |         |         |         |         |         |         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1        |
| <b>joulukuu</b>  |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         | 1       |         |         |         |         |         |         | 1       | 1       | 1       | 1       | 1       | 1        |

= jäässä, ei näytettä  
 = kuiva, tai vesi loppui kesken, ei näytettä

#### Tammikuu

Tammikuun näytteenottokierroksella 10.1.2017 saatiin näytteet rikastushiekka-altaan ympäristön putkilta KevG-15, KevG-31, ja KevG-32. Putket KevG-30, KevG-14 sekä KevG-16 olivat jäässä ja putkella KevG-34 vesi loppui kesken, joten näytteitä ei saatu.

#### Helmikuu

Helmikuun näytteenottokierroksella 7.2.2017 otettiin näytteet rikastushiekka-altaan ympäristön putkilta KevG-15, KevG-31, ja KevG-32. Putket KevG-30, KevG-14 sekä KevG-16 olivat jäässä ja putkella KevG-34 vesi loppui kesken, joten näytteitä ei saatu.

#### Maaliskuu

Maaliskuun näytteenottokierroksella 7.3.2017 otettiin näytteet rikastushiekka-altaan ympäristön putkilta KevG-15 ja KevG-32. Putket KevG-30, KevG-14 sekä KevG-16 olivat jäässä ja putkilla KevG-34 sekä KevG-31 vesi loppui kesken, joten näyteitä ei saatu.

#### Huhtikuu

Huhtikuun näytteenottokierroksella 4.-5.4.2017 tarkkailussa oli 20 havaintopistettä ja näytteet saatiin otettua 9 pisteeltä. Putket KevG-14, KevG-16 ja KevG-30 olivat jäässä. Putket KevG-2, KevG-11, KevG-28, KevG-29 sekä KevG-31 olivat kuivia. Lähteellä eli pisteellä KevG-10 sekä putkilla KevG-27 ja KevG-34 vettä oli liian vähän edustavan näytteen saamiseksi.

#### Toukokuu

Toukokuun näytteenottokierroksella 2.5.2017 otettiin näytteet rikastushiekka-altaan ympäristön putkilta KevG-15 ja KevG-32. Putket KevG-14, KevG-16 sekä KevG-30 olivat jäässä ja putket KevG-30 sekä KevG-34 liian vähävetisiä, joten näytteitä ei saatu.

#### Kesäkuu

Kesäkuun näytteet otettiin 28.-29.6.2016. Näytteet saatiin kaikilta näytteenoton kohteina olleilta pisteiltä (11/11). Osa kesäkuulle suunnitelluista näytteenotoista toteutettiin aikatauluongelmien vuoksi heinäkuun puolella.

#### Heinäkuu

Alun perin kesäkuulle aikataulutetuista näytteistä osa (9 kpl) otettiin heinäkuun puolella 5.7.2017. Lisäksi otettiin näytteitä 26.-27.7.2017 rikastushiekka-altaan ympärillä sijaitsevilta pohjavesiputkilta KevG-30, KevG-31, KevG-32 ja KevG-34, sekä vanhoilta pohjavesien havaintoputkilta KevG-14, KevG-15 ja KevG-16. Näytteet saatiin otettua onnistuneesti kaikista putkista.

#### Elokuu

Elokuun näytteenottokierroksella 22.-25.8. näytteet otettiin 19 pisteeltä. Näytteenoton yhteydessä oli ongelmia, joiden seurauksena putken KevG-7 näyte jäi ottamatta. Korvaava näyte otettiin syyskuussa. Elokuussa haettiin näytteet myös putkilta KevG-18 ja KevG-19, joilta otetaan näytteet kerran vuodessa tarkkailuohjelman mukaisesti lokakuussa.

#### Syyskuu

Syyskuussa 6.9.2017 otettiin näytteet rikastushiekka-altaan ympärillä sijaitsevilta pohjavesiputkilta KevG-30, KevG-31, KevG-32 ja KevG-34 sekä vanhoilta pohjavesien havaintoputkilta KevG-14, KevG-15 ja KevG-16 ja primäärimurskan pohjalla sijaitsevalta pisteeltä KevG-101. Lisäksi 21.9. otettiin elokuun kierroksella ottamatta jäänyt putken KevG-7 näyte. Näytteet saatiin otettua onnistuneesti kaikista putkista.

#### Lokakuu

Lokakuun näytteet otettiin 10.-11.10.2017. Lokakuun kierroksella tarkkailussa oli 20 havaintopistettä. Putki KevG-11 oli kuiva, muilta putkilta näytteenotto onnistui.

#### Marraskuu

Marraskuun näytteet rikastushiekka-altaan ympäristön putkilta otettiin 27.11.2017. Näytteet saatiin yhteensä 6 havaintopisteeltä putkien KevG-14 ja KevG-16 ollessa jäässä.

#### Joulukuu

Joulukuun näytteet otettiin 5 rikastushiekka-altaan ympäristön putkelta sekä pisteeltä KevG-101. Putket KevG-14 ja KevG-16 olivat jäässä eikä näytteitä saatu. Pohjaveden pinnankorkeuden mittaukset eivät onnistuneet mittarin hajottua ensimmäisellä havaintoputkella.

### **3.4 Pohjavedenpinnan korkeudet**

Pohjavedenpinnan korkeuden kuvaajissa pohjavedenpinnan korkeudet on ilmoitettu tasona N60 korkeusjärjestelmässä (m). Pinnankorkeuksista on esitetty kuvaajissa vuoden 2017 tarkkailun lisäksi myös aikaisempien vuosien pinnankorkeushavainnot alueittain. Vuonna 2017 näytteitä haettiin rikastushiekka-altaan putkilta myös hieman eri aikaan kuin aikaisemmin, joten kuvaajissa on havaittavissa myös vuodenaikaisvaihtelua.

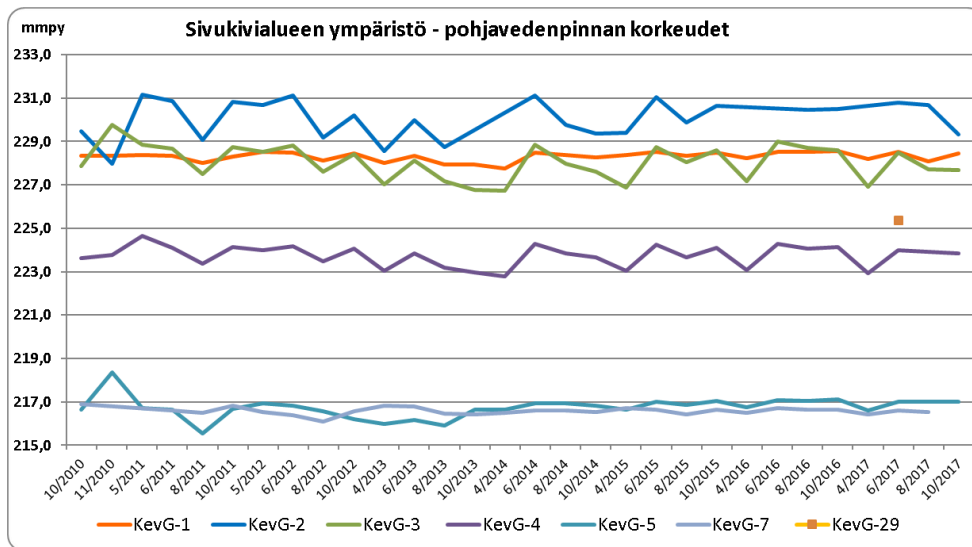
Kaivoksen mahdollinen vaikutus pohjaveden pinnankorkeuksiin peittyy pinnankorkeuden luonnollisen vaihtelun alle. Etenkään alenevaa pinnankorkeutta ei ole ollut havaittavissa. Vuodet 2015 ja 2016 ovat olleet erityisesti kesäaikaan sateisia, jolloin vettä on ollut runsaasti kaivoksen ympärillä sijaitsevilla suoalueilla. Sen sijaan vuodet 2013 ja 2017 ovat olleet vähäsateisia. Läjitykset rikastushiekka-altaille ja sivukivialueelle ovat voineet aiheuttaa muutoksia pohjavesien virtauksissa tai suotautumisessa.

#### Sivukivialueen ympäristö

Vuoden 2017 tarkkailussa sivukivialueen, pintamaiden läjitysalueen ja avolouhoksen mahdollisten vaikutusten toteamiseksi asennetuissa pohjavesiputkissa (KevG-1–KevG-7, KevG-29) pohjavedenpinnankorkeudet noudattivat edellisten vuosien tarkkailuissa todettuja tasoja. Keskimääräiset pinnankorkeudet ovat nousseet alueella verrattuna vuoden 2013 havaintoihin, jolloin pinnankorkeudet olivat yleisesti alhaalla. Putkella KevG-7 pinnankorkeus on kuitenkin laskenut vuoteen 2013 verrattuna (-10 cm). Kaikkien kyseisen alueen putkien keskimääräiset pinnankorkeudet laskivat hieman vuodesta 2016. Suurin muutos keskimääräisessä pinnankorkeudessa edellisvuoteen verrattuna havaittiin putkella KevG-3 (-66 cm). Kyseisen putken vedenpinta oli kuitenkin edelleen korkeammalla vuoteen 2013 verrattuna (+43 cm). (Kuva 3-2 ja Kuva 3-7, s. 10)

Lokakuussa 2016 asennettiin sivukivialueen länsipuolelle uusi tarkkailuputki KevG-29. Pinnankorkeus oli kesäkuussa 2017 tasolla 225,37 mmpy.





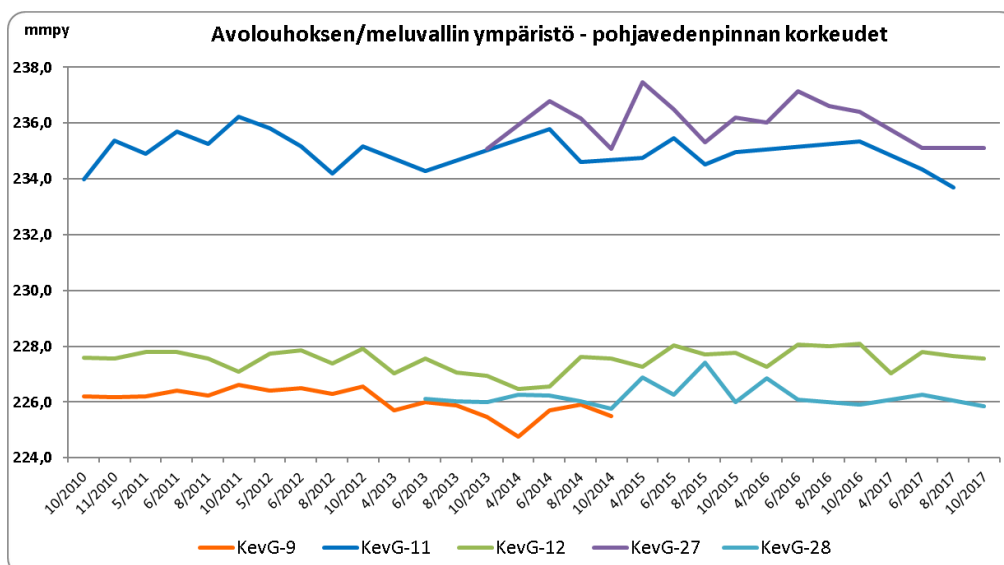
Kuva 3-1. Pohjavedenpinnan korkeudet siviukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa.

### Avolouhoksen/meluvallin ympäristö

Putket KevG-11 ja KevG-12 on asennettu meluvallin itäpuolelle, jotta voidaan seurata avolouhoksen kuivana pidon aiheuttamaa mahdollista pohjavedenpinnan alentumista sekä meluvallin läjityksen vaikutuksia Satojärven suuntaan. Putkella KevG-11 pinnankorkeudet vaihtelevat paljon vuodenaikojen mukaan. Putken pinnankorkeus oli alhaisempi edellisvuoteen verrattuna (-133 cm). Ero vuoteen 2013 oli kuitenkin selkeästi pienempi (-26 cm). Satojärveä lähemmän putken KevG-12 keskimääräinen pinnankorkeus oli laskenut hieman edellisvuoteen verrattuna (-35 cm), mutta oli korkeampi kuin vuonna 2013 (+36 cm), jolloin pinnankorkeudet olivat alueella yleisesti alhaalla. Meluvallia on korotettu ja jatkettu vuosina 2015 ja 2016, jolloin maamassojen paine muuttaa pohjavesien virtauksia. (Kuva 3-3)

Putket KevG-27 ja KevG-28 otettiin tarkkailuun vuonna 2013. Pohjaveden pinnankorkeudet ovat vaihdelleet verrattain runsaasti etenkin putkessa KevG-27, joka sijaitsee meluvallin länsireunalla aivan tien vieressä. Keskimääräinen pinnankorkeus oli vuonna 2017 selkeästi alhaisempi edellisvuoteen (-143 cm) sekä muihin tarkkailuvuosiin verrattuna. Putken KevG-28 pinnankorkeuksissa ei sen sijaan ollut havaittavissa suuria muutoksia edellisvuoteen verrattuna (-23 cm). (Kuva 3-3)

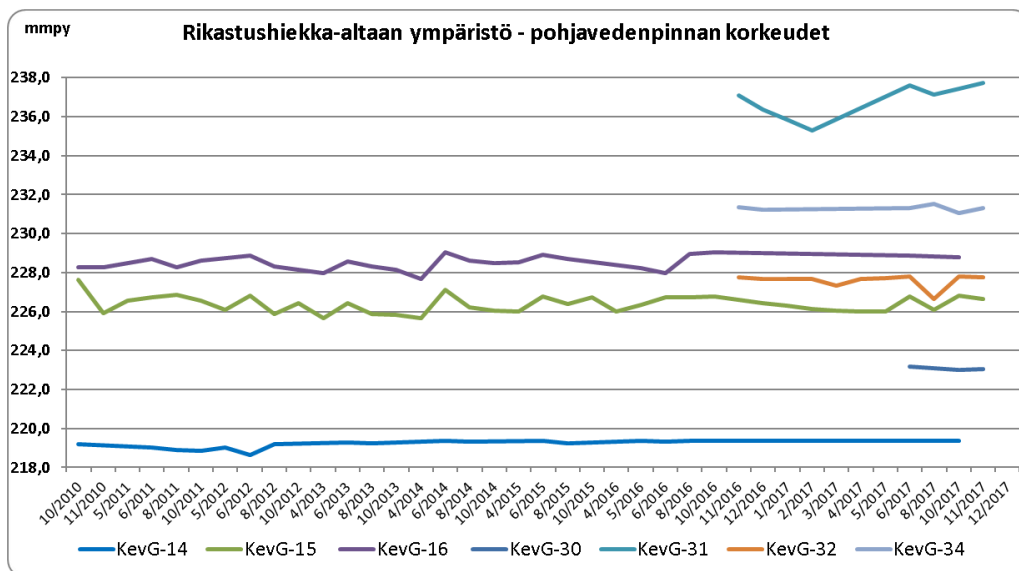
Vuonna 2015 tuhoutunut pohjavesiputki KevG-9 sijaitsi meluvallin välittömässä läheisyydessä sen länsipuolella, avolouhokselta itään. Pohjavedenpinta laski avolouhoksen kuivana pidon seurauksena kyseisessä putkessa ennen sen tuhoutumista alkuvuodesta 2015. (Kuva 3-3)



Kuva 3-2. Pohjavedenpinnan korkeudet avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa.

### Rikastushiekka-altaan ympäristö

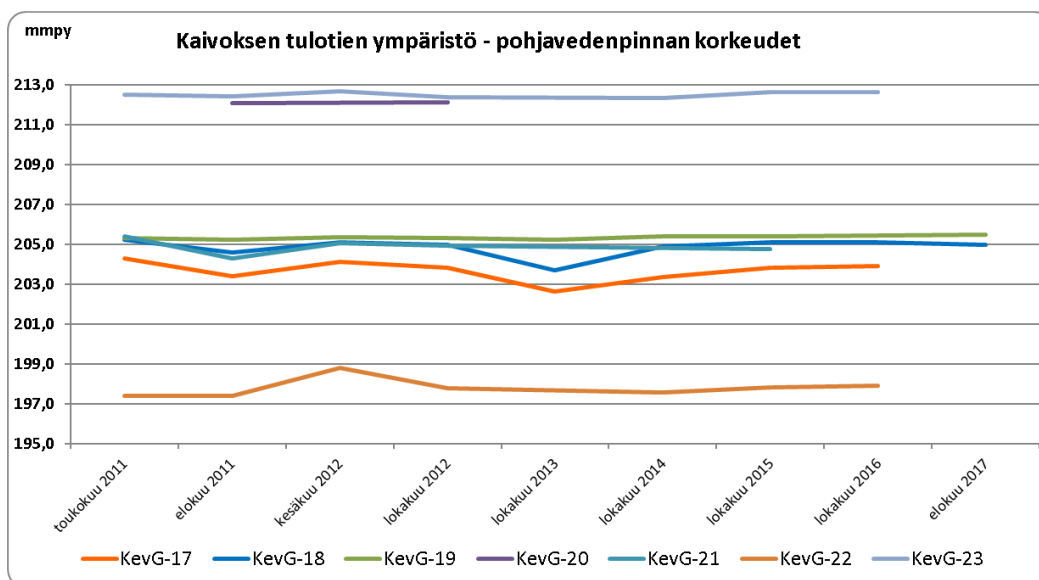
Rikastushiekka-altaan ympäristössä pohjaveden pinnankorkeudet olivat pääasiassa samaa tasoa aiempiin havaintoihin verrattuna. Vuoteen 2016 verrattuna suurimmat keskimääräiset pinnankorkeuden muutokset todettiin putkella KevG-16 (+28 cm). Selkeimmin pinnankorkeus vaihteli vuoden aikana putkella KevG-31 jonka pohjaveden pinta oli matalimmillaan helmikuussa ja korkeimmillaan marraskuussa (vaihteluväli 274 cm). (Kuva 3-4) Joulukuun tarkkailukierroksella pinnan korkeuden mittari hajosi, eikä pinnankorkeuksia saatu.



Kuva 3-3. Pohjavedenpinnan korkeudet rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.

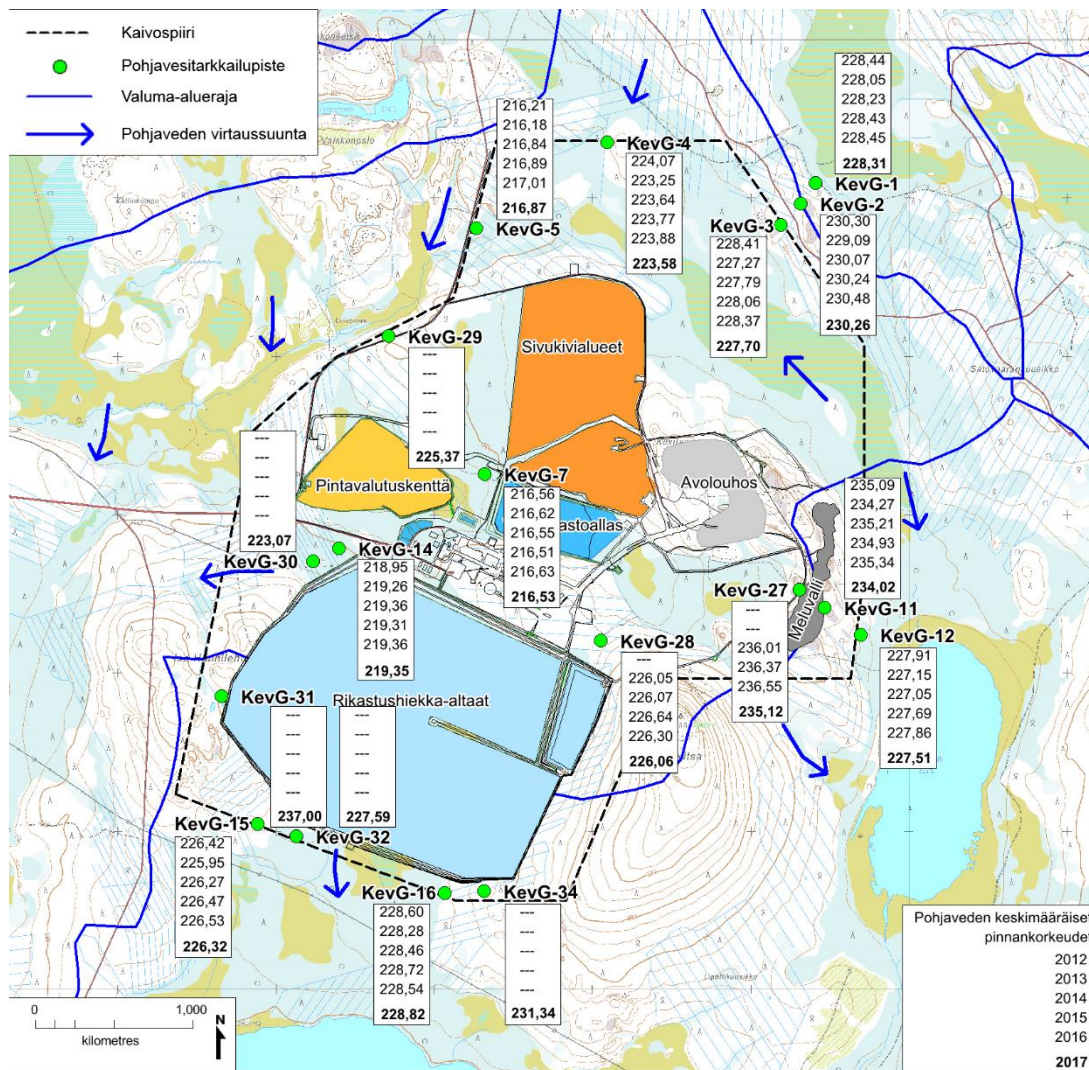
### Kaivoksen tulotien ympäristö

Kaivoksen tulotien varrella olevista pohjavesiputkista otetaan uuden tarkkailuohjelman mukaan näytteet kerran vuodessa lokakuussa putkilta KevG-18 ja KevG-19. Putkien pinnankorkeus oli vastaavalla tasolla edellisvuosiin verrattuna. (Kuva 3-5)



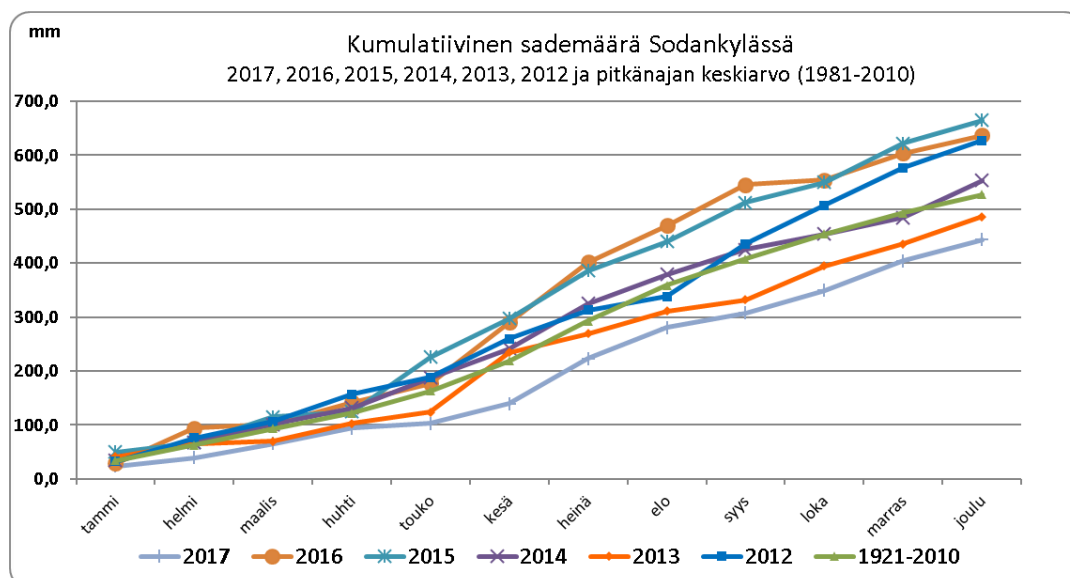
Kuva 3-4. Pohjavedenpinnan korkeudet tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa.

Pohjavedenpinnan korkeuksissa ei ole havaittavissa merkittäviä muutoksia eri alueiden välillä. Pääsääntöisesti pinnankorkeudet olivat hieman alempana kuin kahtena edellisvuonna. Selkeimmin pohjaveden pinta laski meluvallin kummallakin puolella putkilla KevG-11 ja KevG-27. (Kuva 3-6)



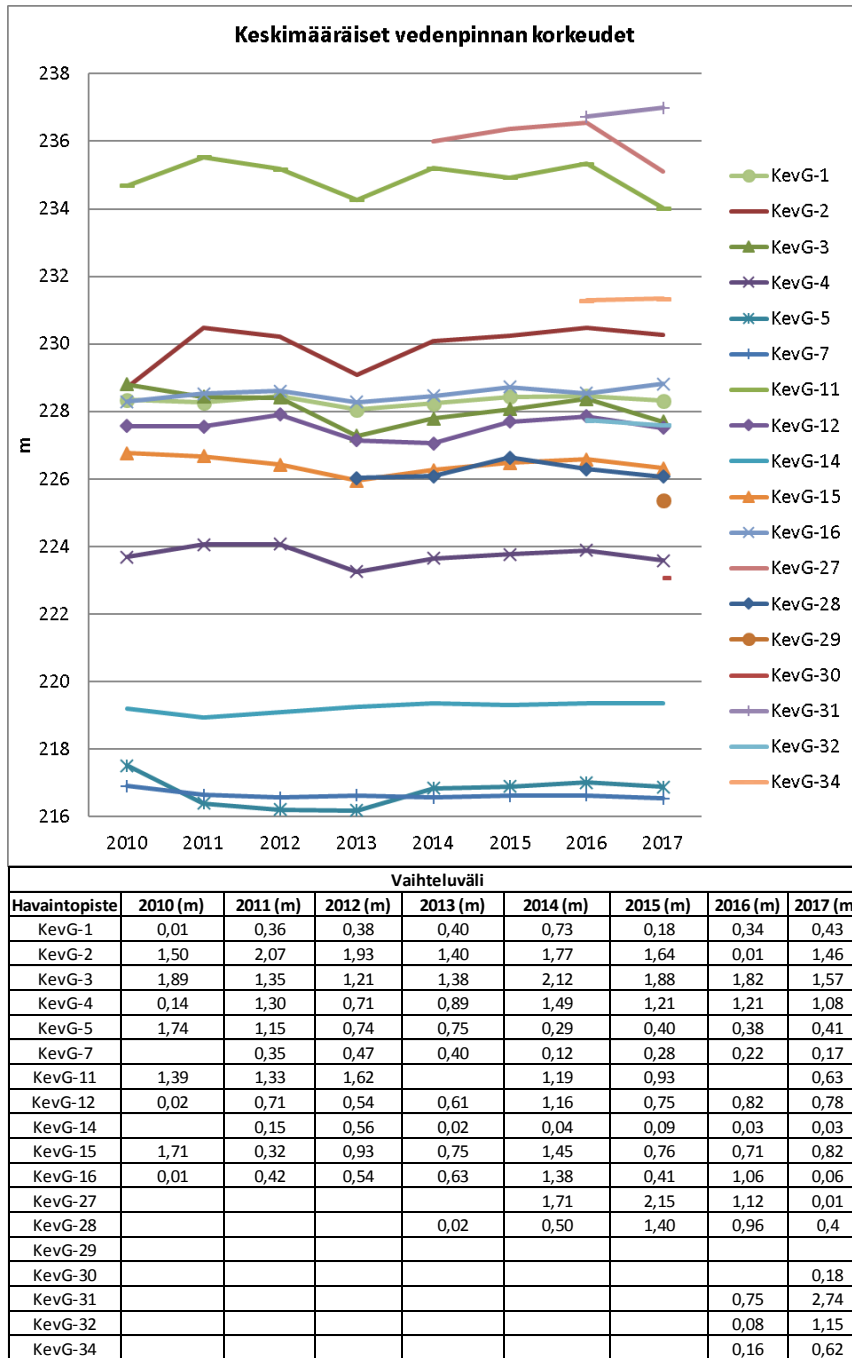
**Kuva 3-5. Kaivoksen lähialueen pohjavesien keskimääräiset pinnankorkeudet (2012-2017), valuma-alueet, sekä pohjaveden virtaussuunnat ennen kaivostoiminnan alkua (Pöyry 2012).**

Keskimääräisissä pohjaveden pinnankorkeuksissa on havaittavissa jonkin verran muutoksia vuosina 2012–2017. Vuodet 2013 ja 2017 olivat selkeästi vähäsateisempia muihin tarkkailuvuosiiin verrattuna. Pohjaveden pinnat olivat vuonna 2017 kuitenkin yleisesti ottaen ylempänä kuin toisena vähäsateisena vuonna 2013. Ilmatieteen laitoksen mukaan vuonna 2017 kokonaissademäärä oli 443 mm, mikä on huomattavasti pienempi kuin pitkänajan keskiarvo. Varsinkin touko-kesäkuu oli poikkeuksellisen vähäsateinen. Vuonna 2016 sadesumma oli 637 mm, vuonna 2015 665 mm, vuonna 2014 553 mm, vuonna 2013 486 mm ja vuonna 2012 627 mm. Pitkän ajan (1981–2010) keskiarvo on 527 mm. (Kuva 3-7)



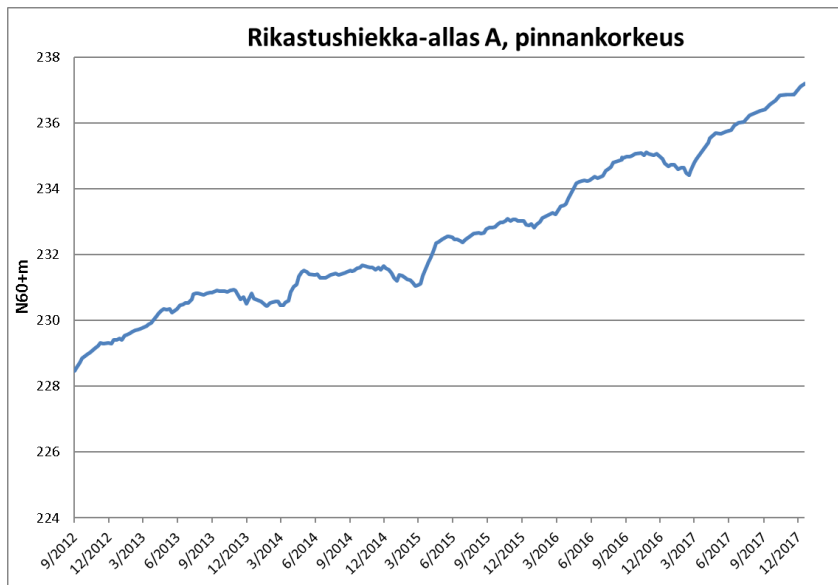
**Kuva 3-6. Kumulatiivinen sademäärä Ilmatieteen laitoksen Sodankylän sääasemalta vuosilta 2012–2017 sekä pitkänajan keskiarvo (1981–2010).**

Pohjaveden pinnankorkeuksien vaihteluväli on tarkkailtavissa havaintoputkissa pysynyt suurin piirtein samana viime vuosina. Vedenpinnan korkeuksien vaihteluväli on Suomessa keskimäärin 0,1–1,0 metriä vuodessa (Ympäristöhallinto 2013). Vuonna 2017, kuten aikaisempinakin vuosina, joillakin Kevitsan havaintoputkista vaihteluväli oli yli metrin. Suurin vaihteluväli (2,74 m) havaittiin putkella KevG-31, jonka keskimääräinen pinnankorkeus oli myös tarkkailuputkista suurin. Keskimäärin pinnankorkeuden vaihteluväli vuonna 2017 (0,73 m) samaa tasoa edellisvuoden kanssa (0,64 m) ja hieman pienempi kuin vuonna 2014 (1,07 m) ja 2015 (0,93 m).



**Kuva 3-7. Pohjavedenpinnan keskimääräiset korkeudet ja pohjaveden pinnan vaihteluväli putkikohtaisesti vuosina 2010–2017. Kuvassa ei ole esitetty tulotien varrella sijaitsevia putkia, koska niistä mitataan pinnankorkeus vain kerran vuodessa. Tulokset niistä on esitetty luvussa 3.4. Taulukkoon ei ole merkitty myöskään vaihteluväliä, mikäli mittauksia on ollut vain yksi vuoden aikana.**

Kaivoksen rakentamisen ja ylösajon jälkeen rikastushiekka-allas keinotekoisena rakenteena ohjaa pohjaviesien virtauksia ja altaan suunnasta virtaukset kohdistuvat todennäköisesti suurimmaksi osaksi etelään. Rikastushiekka-altaan pinnankorkeus on vähitellen noussut kaivoksen perustamisesta alkaen. Pinnankorkeuden lähtötaso oli syksyllä 2012 tasolla 228,5 m (N60) ja taso 230 m ylitettiin toukokuussa 2013, 232 m toukokuussa 2015 ja 234 m toukokuussa 2016. Vuoden 2017 lopussa pinnankorkeus oli noussut tasolle 237 m (kuva 3-9). Pinnankorkeuden nousu vaikuttaa pohjaveteen kohdistuvaan paineeseen. Rikastushiekka-altaan pohja on todennäköisesti roudaton ja suotautuminen sitä kautta pohjaveteen on mahdollista ympäri vuoden.



Kuva 3-9. Rikastushiekka-altaan A pinnankorkeus v. 2012–2017.

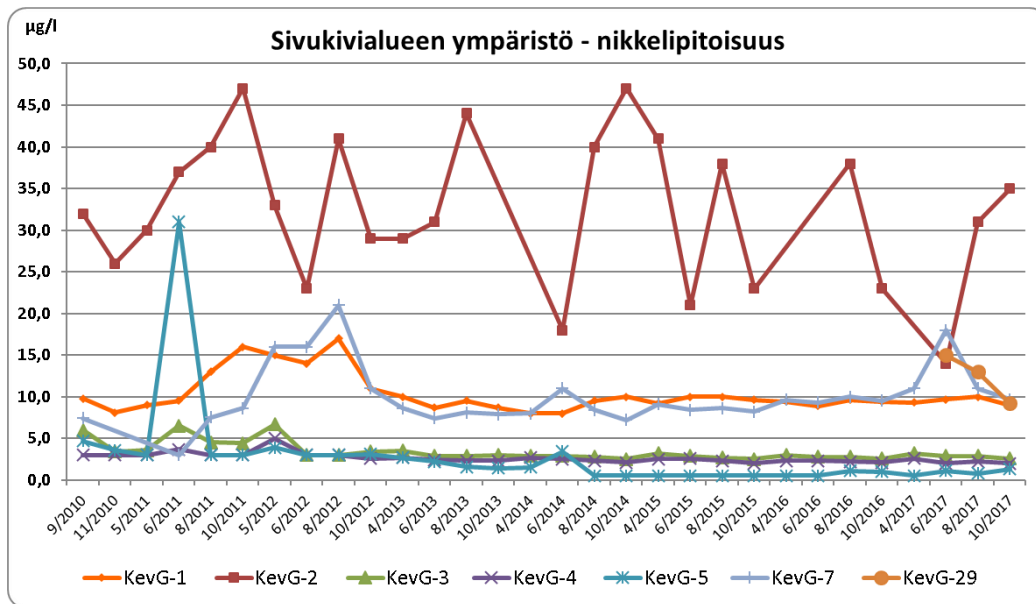
## 4. ANALYYSITULOKSET

Analyysituloksista on tarkasteltu keskeisimpiä muuttujia. Kaikki analyysitulokset vuodelta 2017 on koottu liitteeseen 2. Laboratorion mittausepävarmuudet on esitetty liitteessä. 3 ja kokonaisepävarmuuksia on käsitelty kappaleessa 5.

### 4.1 Nikkeli

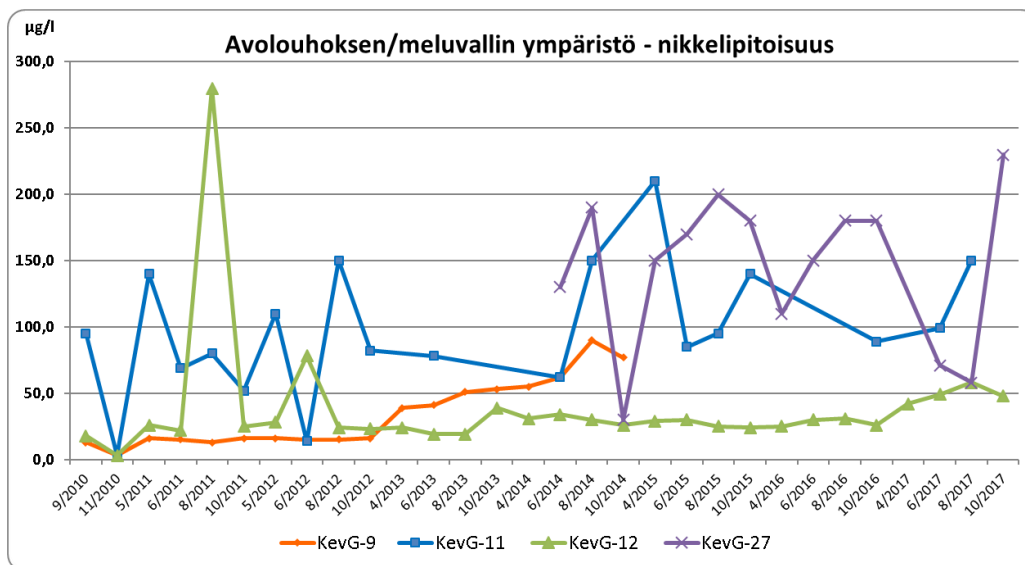
Nikkeli on geologisessa ympäristössä yleinen, pieninä pitoisuuksina esiintyvä raskasmetalli. Nikkelin keskipitoisuudet Suomen pora- ja rengaskaivosvesissä ovat tuhannen kaivon tutkimuksessa olleet 1,8–3,3 µg/l. Nikkelipitoiset sulfidimineralisaatiot kallioperässä voivat kuitenkin nostaa pohjaveden pitoisuuksia tavallista suuremmiksi (Lahermo ym. 2002).

Vuonna 2017 nikkelpitoisuudet vaihtelivat sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-1-KevG-7 ja KevG-29 välillä <1,0–35 µg/l. Nikkelipitoisuus oli suomalaisten kaivojen keskipitoisuuksien tasoilla putkilla KevG-3, KevG-4 ja KevG-5. Korkeimmat pitoisuudet ovat edellisten vuosien tapaan vähävetisellä pohjavesiputkella KevG-2, joka sijaitsee samankaltaisen kallioperän alueella kuin itse malmikin. Myös putkien KevG-1 ja KevG-7 pitoisuuksiin on mahdollisesti vaikutusta alueen kallioperällä. Vuoden 2017 nikkelpitoisuudet olivat täysin yhteneväisiä edellisvuosiin. Uuden havaintoputken KevG-29 pitoisuudet vaihtelivat välillä 9,2–15 µg/l laskien vuoden loppua kohden. (Kuva 4-1)



Kuva 4-1. Nikkelpitoisuudet sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa.

Avolouhoksen kaakkoispuolella sijaitsevilla pohjavesiputkissa korkeimmat nikkelpitoisuudet vuonna 2017 havaittiin lokakuussa putkelta KevG-27 (230 µg/l), mikä oli korkeampi kuin vuoden 2016 korkein pitoisuus (180 µg/l). Vähävetisen putken KevG-27 nikkelpitoisuudet ovat vaihdelleet eri kierrosten välillä, ja keskipitoisuus oli vuonna 2017 pienempi kuin vuosina 2015-2016. Putken KevG-11 nikkelpitoisuudet olivat vastaavalla tasolla edellisvuosiin verrattuna. Putken KevG-12 pitoisuuksissa havaittiin pientä nousua, sillä vuoden 2017 keskipitoisuus (49 µg/l) oli korkein sitten vuoden 2011 (88 µg/l). Vuoden 2011 keskipitoisuutta nostaa huomattavasti kyseisen vuoden elokuussa todettu yksittäinen korkea nikkelpitoisuus (280 µg/l). Vuonna 2017 pitoisuuksien vaihteluväli oli selkeästi vuotta 2011 pienempi (16 µg/l). (Kuva 4-2)

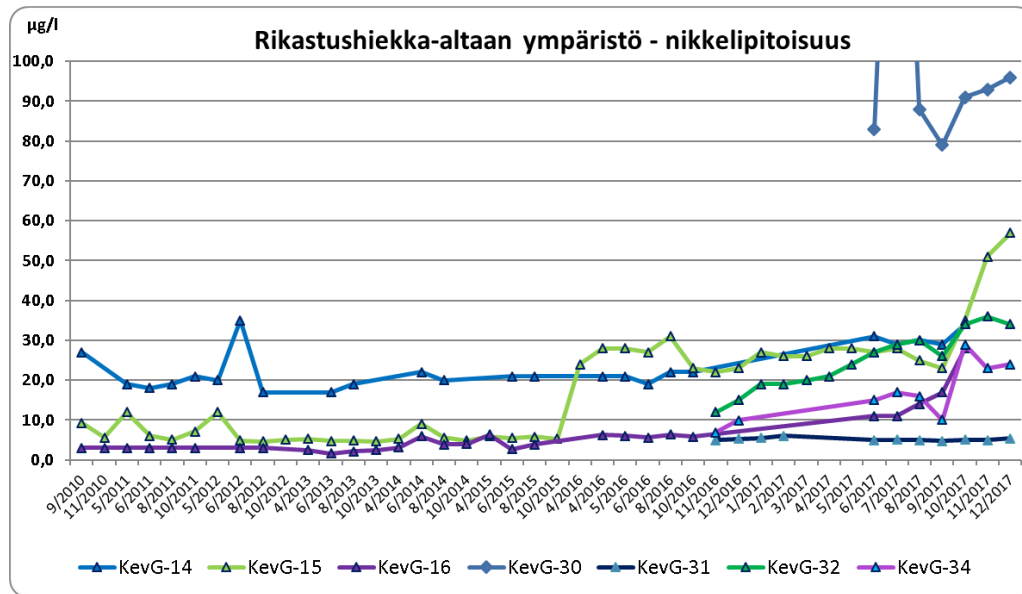


Kuva 4-2. Nikkelpitoisuudet avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa. Kuvaajan skaalaus on suurempi kuin muiden alueiden kuvaajissa.

Rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkista selkeästi korkeimmat keskipitoisuudet todettiin putkella KevG-30 (106 µg/l), jonka ensimmäiset tulokset ovat peräisin vuodelta 2017. Putken KevG-14 nikkelin keskipitoisuus oli vuonna 2017 (31 µg/l) hieman edellisvuosia korkeampi. Putken KevG-15 keskipitoisuus nousi edellisvuosiin verrattuna vuonna 2016 (26 µg/l) ja nousi edelleen hieman vuonna 2017 (32 µg/l). Myös putken KevG-16 nikkelpitoisuudet nousivat vuonna 2017 (16 µg/l).

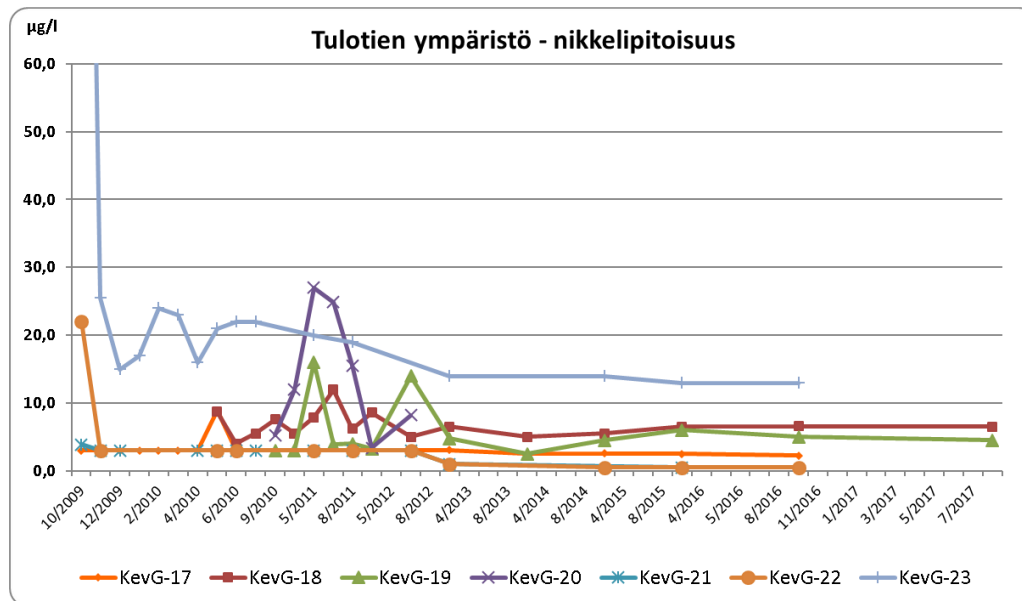
Vuonna 2016 asennetun putken KevG-31 nikkelpitoisuudet ovat olleet tasaisen alhaisia jokaisessa näytteessä (keskiarvo 5 µg/l). Niin ikään vuonna 2016 asennettujen putkien KevG-32 (27 µg/l) ja

KevG-34 (19 µg/l) pitoisuudet ovat olleet hieman korkeampia ja etenkin putken KevG-32 tuloksissa on havaittavissa kasvava trendi. (Kuva 4-3)



**Kuva 4-3. Nikkelpitoisuudet rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa. Putken KevG-30 heinäkuun 2017 määrittelytulos (210 µg/l) on kuvaajan ulkopuolella.**

Kaivoksen tulotien pohjavesiputkissa KevG-18 ja KevG-19 otettiin näytteet elokuussa. Pitoisuudet olivat vastaavalla tasolla edellisiin havaintoihin verrattuna (Kuva 4-4).

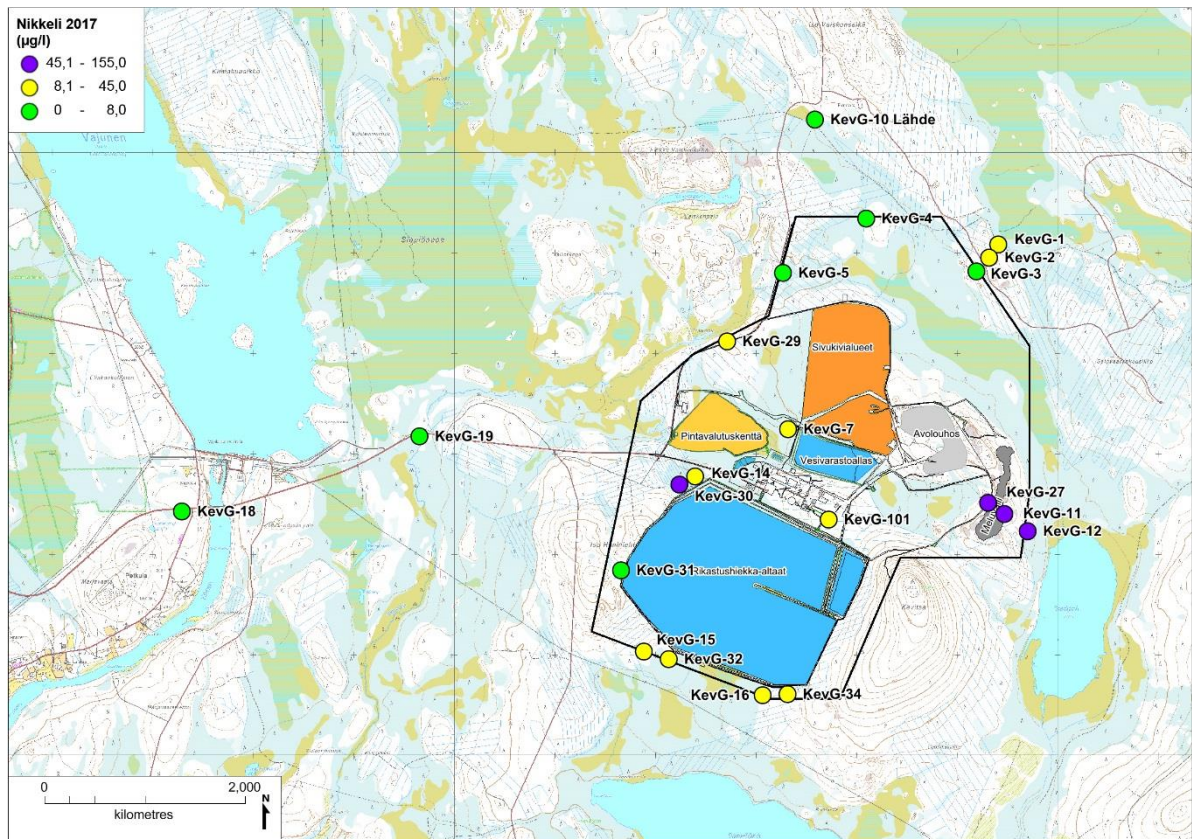


**Kuva 4-4. Nikkelpitoisuudet tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa. Putken KevG-23 lokakuun 2009 määrittelytulos (190 µg/l) on kuvaajan ulkopuolella**

Primäärimurskan pohjalla sijaitsevan pisteen KevG-101 nikkelpitoisuudet vaihtelivat välillä 15-19 µg/l keskipitoisuuden ollessa 17 µg/l.

Vuoden 2017 nikkelpitoisuudet olivat pääasiassa samalla tasolla edellisvuosien kanssa. Pohjavesiputkista havaittujen pitoisuuksien eroja eri havaintoputkissa on havainnollistettu temaattisella kartalla, johon on merkitty putkikohtaisesti keskimääräiset pitoisuudet. Meluvallin ympäristön pohjaveden havaintoputkissa todettiin muihin putkiin verrattuna korkeampi nikkelpitoisuus (Kuva 4-5). Meluvallin itäpuolella sijaitsevassa havaintopisteen KevG-12 nikkelpitoisuus ei poikkea yhtä selvästi kaivosalueen muista tarkkailupisteistä, vaikkakin myös kyseisen pisteen pitoisuuksissa on havaittavissa pientä nousua.

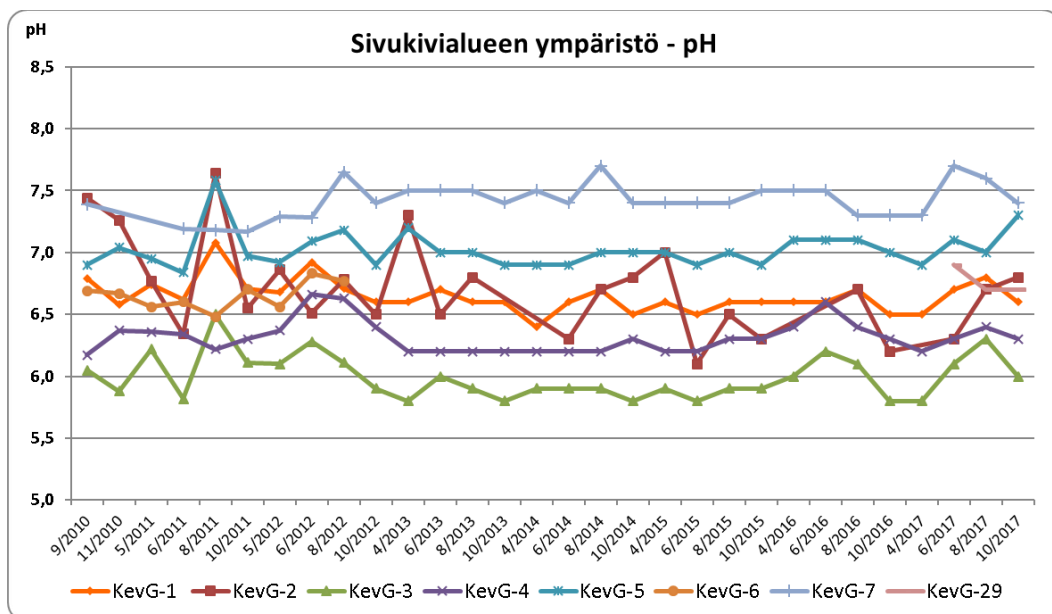




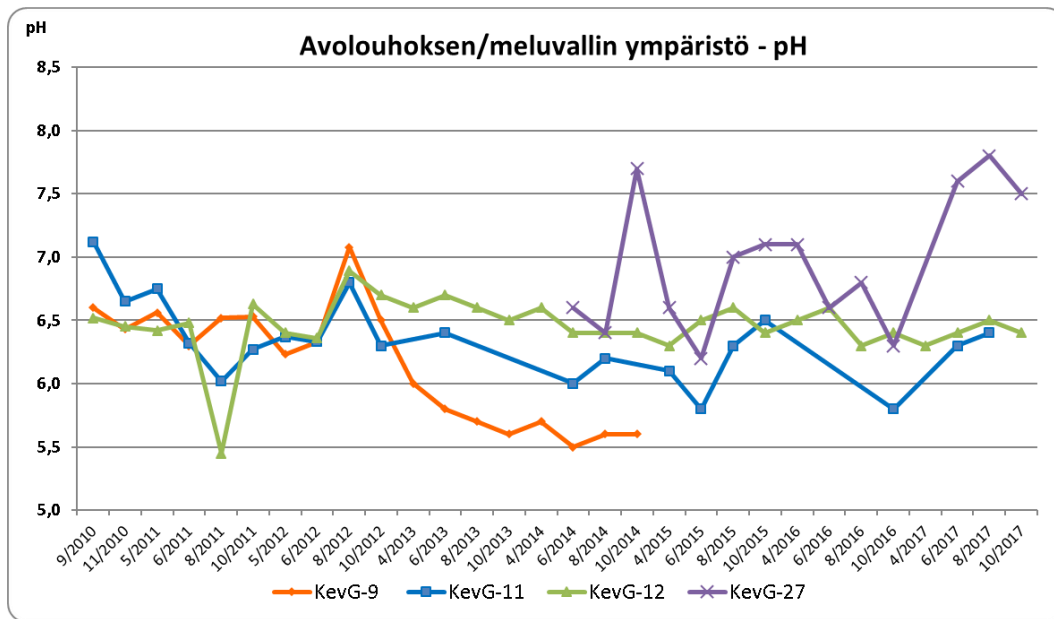
Kuva 4-5. Keskimääräiset nikkelipitoisuudet ( $\mu\text{g/l}$ ) vuonna 2017.

#### 4.2 pH

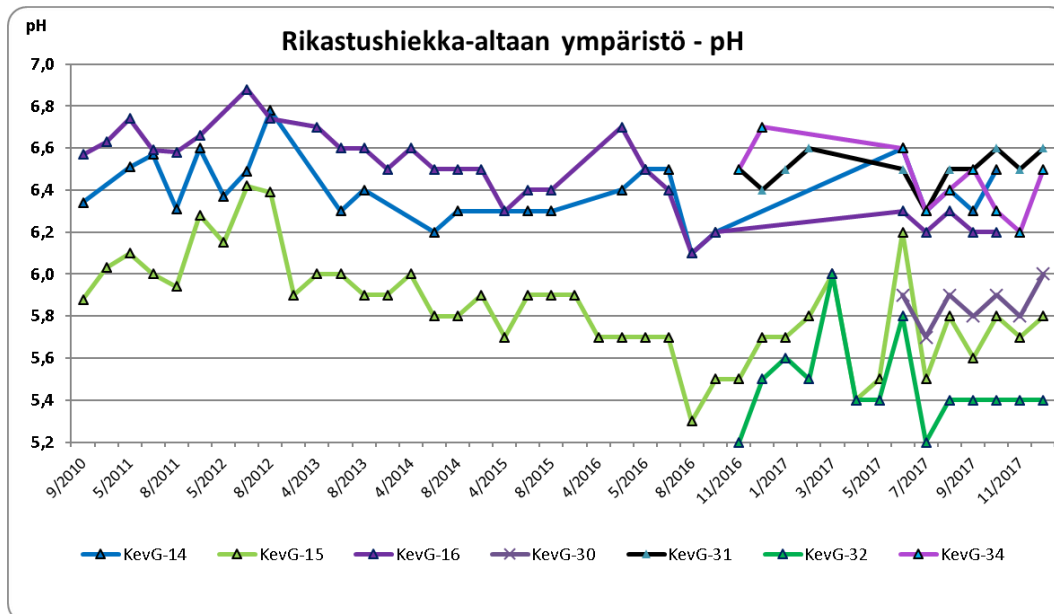
Luonnontilaisten pohjavesien pH:n tavanomainen vaihteluväli on 5,5–7,5 (Lahermo ym. 2002). Vuoden 2017 tarkkailussa kaikkien pisteiden pohjaveden pH vaihteli välillä 5,2–7,7. Alimmat pH-arvot 5,2–6,0 todettiin putkelta KevG-32, jolle voi päätyä myös suovesiä. (Kuvat 4-6 – 4-9).



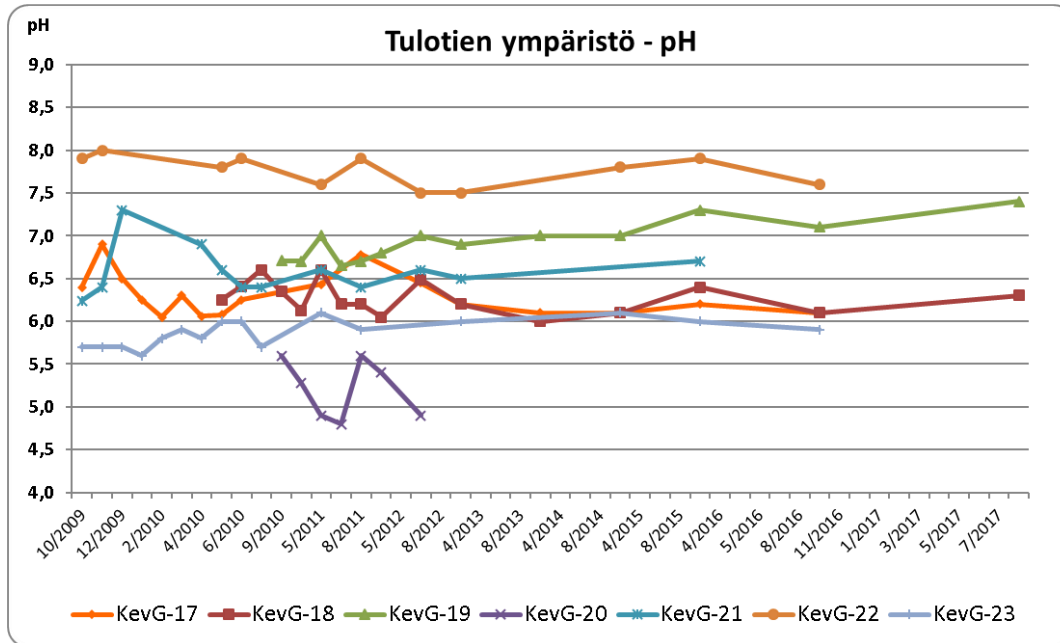
Kuva 4-6. pH-arvot sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa.



Kuva 4-7. pH-arvot avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa.



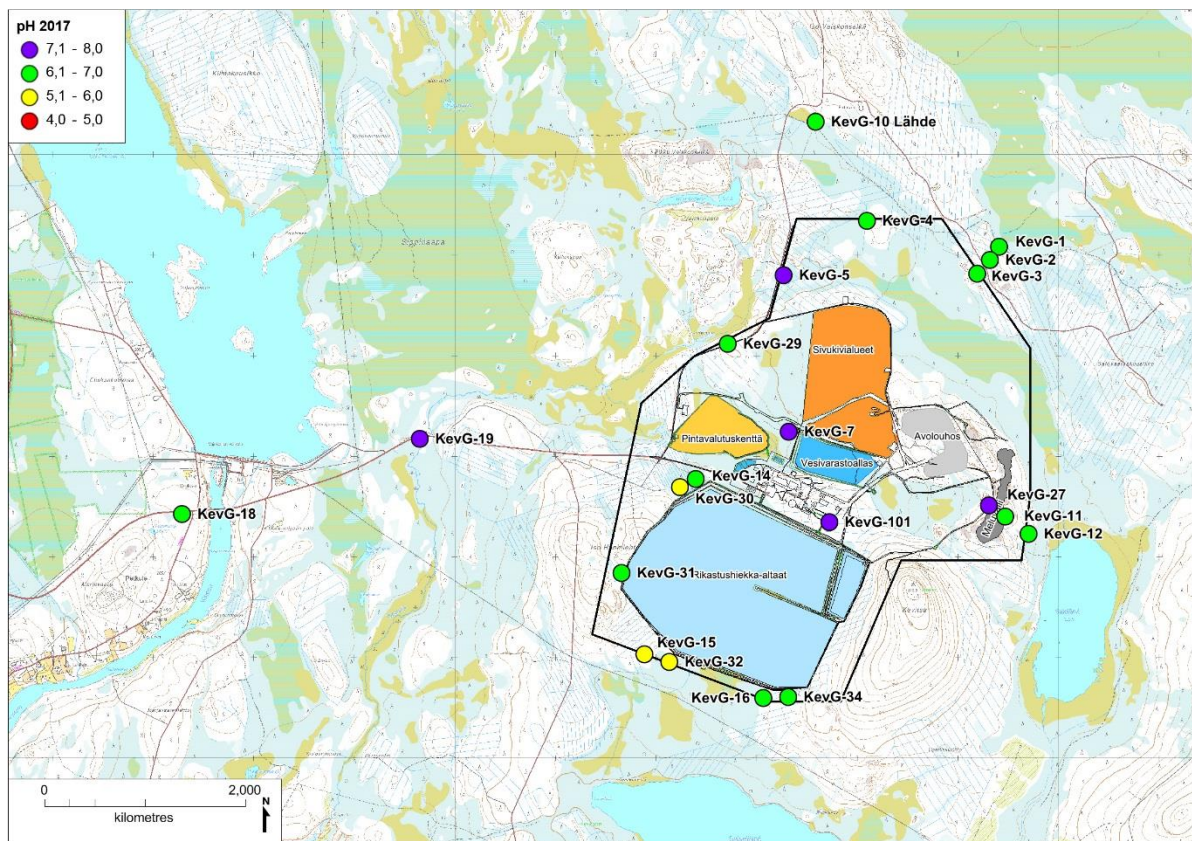
Kuva 4-8. pH-arvot rikastushiekka-altaan ympäristön pohjavesiputkissa.



Kuva 4-9. pH-arvot tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa.

Vuoden 2016 tarkkailussa havaittiin rikastushiekka-altaan ympäristön putkien veden pH-arvojen KevG-14 - KevG-16 laskeva trendi, joista putken KevG-15 arvot olivat loppuvuonna 2016 nousussa. Vuoden 2017 tulosten perusteella lasku on pysähtynyt ja keskimääräiset pH-arvot olivat edellisvuoden tasolla.

Vuoden 2017 tarkkailussa todettujen pH-arvojen havainnollistamiseksi on laadittu temaattinen kartta, jossa on esitetty pistekohtaisesti keskimääräiset pH-arvot (Kuva 4-10).



Kuva 4-10. Keskimääräiset pH-arvot vuonna 2017.

### 4.3 Happipitoisuus

Suomalaisissa kaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) happikylläisyyskeskiarvo rengaskaivojen osalta oli 58 % ja porakaivojen osalta 45 % (Lahermo ym. 2002).

Happipitoisuus ja hapen kyllästysaste vaihtelivat suuresti eri putkien välillä vuoden 2017 tarkkailussa. Useiden pisteiden osalta happitilanne parani edellisvuodesta. Selkein nousu keskimääräisessä kyllästysasteessa todettiin putkella KevG-11 (13->105 %).

Alhaisimmillaan happipitoisuudet olivat soisen ympäristön havaintoputkissa KevG-1, KevG-7, KevG-14, KevG-16, KevG-30, KevG-32 ja KevG-27, joissa hapen keskimääräinen kyllästysaste vaihteli välillä 11-20 %. Eniten happipitoisuus heikkeni edellisvuoteen verrattuna putkella KevG-27 (86->20 %).

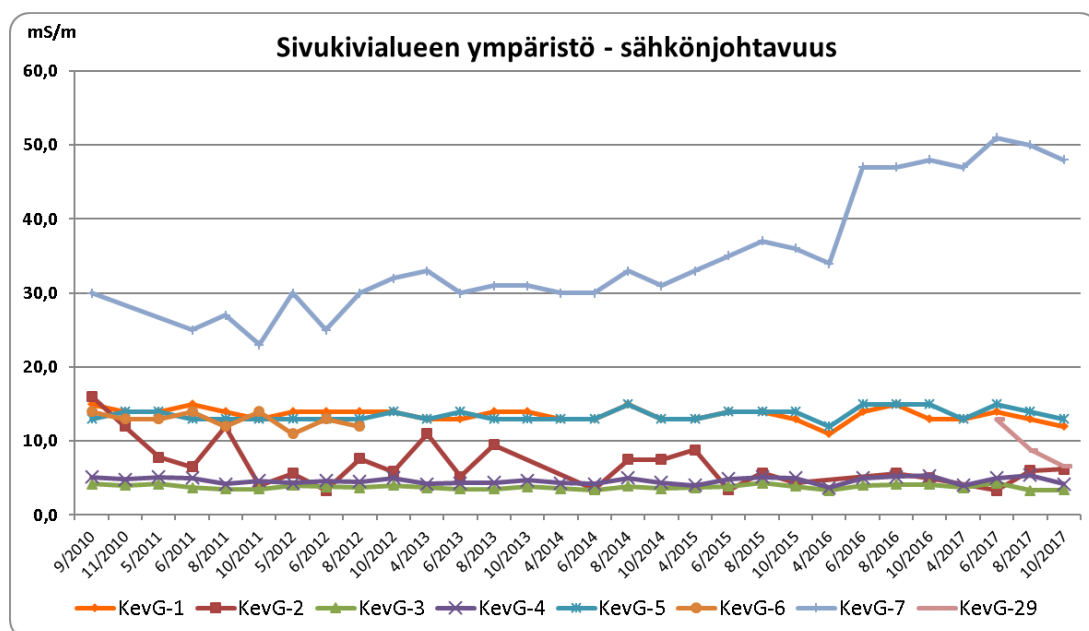
Putken KevG-14 happipitoisuus laski tasaisesti vuodesta 2012 vuoteen 2015, jolloin keskimääräinen kyllästysaste oli 5 %. Tämän jälkeen kyllästysaste on noussut hieman ollen 9 % vuonna 2016 ja 11 % vuonna 2017. Putkella KevG-15 happipitoisuudet laskivat edelleen edellisvuosiin verrattuna. Kehitys keskimääräisessä kyllästysasteessa vuodesta 2012 vuoteen 2017 on ollut 78→64→60→56→25→21 %. Putkella KevG-16 keskimääräinen hapen kyllästysaste laski vuonna 2013 ja 2014, mutta pysytteli sen jälkeen tasaisena. Vuonna 2017 happipitoisuus kuitenkin laski selkeästi edellisvuodesta. Kehitys tällä putkella on ollut vuodesta 2012 vuoteen 2017 86→64→54→48→49→16 %.

Pistekohtaisissa happipitoisuuksissa ja hapen kyllästysasteessa on huomattaviakin vaihteluita vuosien 2010–2017 välillä. Pääosin happipitoisuudet ja hapen kyllästysasteet ovat aiemmin mainittuja putkia lukuun ottamatta vaihdelleet edellisvuosien tarkkailutulosten vaihteluvälillä. (Liite 2)

### 4.4 Sähkönjohtavuus

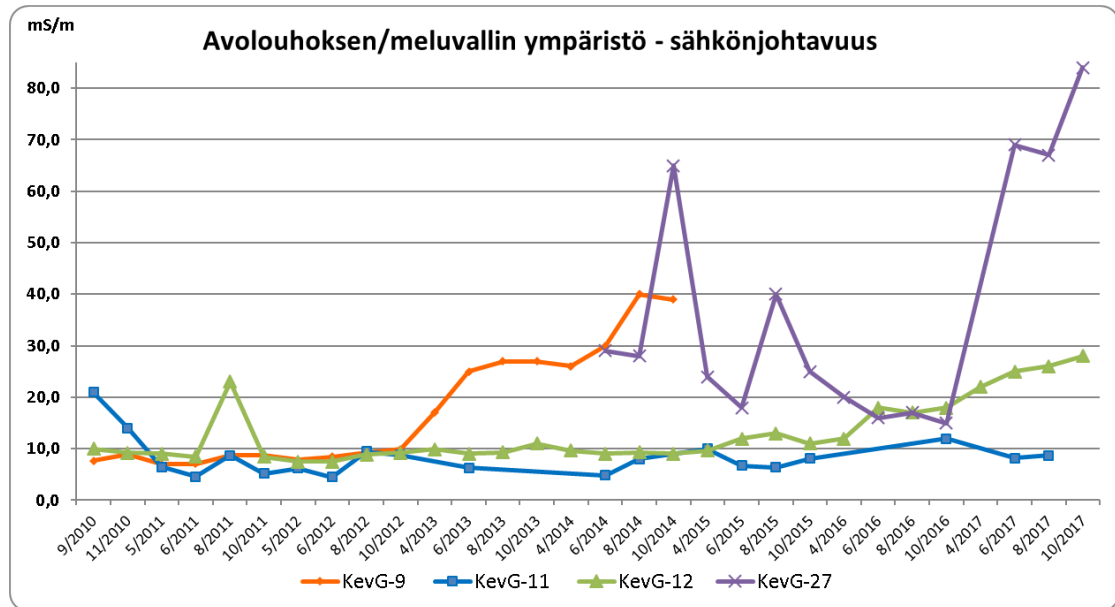
Veden sähkönjohtavuus on verrannollinen veteen liuenneiden elektrolyyttien eli ionimuodossa esiintyvien yhdisteiden määrään ja kuvaa niiden yhteistä suhteellista kokonaispitoisuutta. Suomen rengas- ja porakaivovesien keskimääräiset sähkönjohtavuusarvot olivat tuhannen kaivon tutkimuksessa 16,4 mS/m (rengaskaivot) ja 34,4 mS/m (porakaivot) (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2017 tarkkailussa pohjaveden havaintoputkista mitatut sähkönjohtavuudet olivat pääasiassa alle porakaivovesien keskiarvojen muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Yksi poikkeuksista oli sivukivialueen havaintoputki KevG-7 (49 mS/m), jonka sähkönjohtavuus kohosi kesäkuussa 2016 ja pysytellyt sen jälkeen samalla tasolla. (Kuva 4-11)



Kuva 4-11. Sähkönjohtavuus sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa.

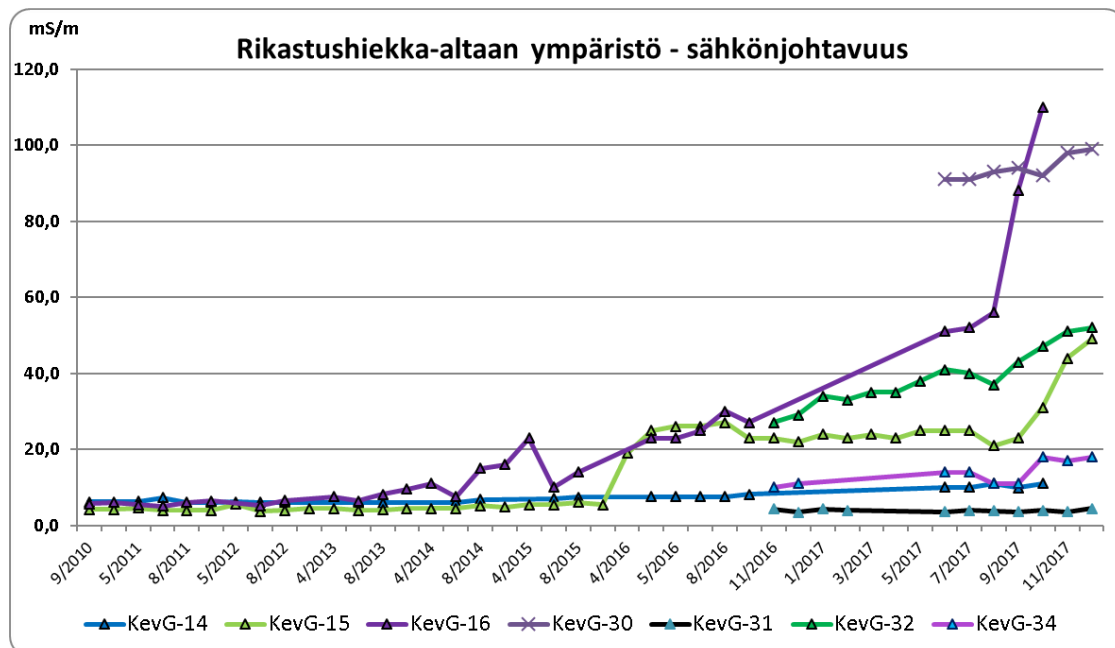
Avolouhoksen alueen havaintoputken KevG-27 sähkönjohtavuus (73 mS/m) kohosi selkeästi vuonna 2017. Sähkönjohtavuudessa on todettu selkeästi kohonnut arvo aiemmin lokakuussa 2014. Myös putken KevG-12 sähkönjohtavuus on ollut hitaassa kasvussa. (Kuva 4-12)



Kuva 4-12. Sähkönjohtavuus avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa.

Rikastushiekka-altaan ympäristön putket KevG-30 (94 mS/m), KevG-16 (71 mS/m) ja KevG-32 (41 mS/m) ylittivät tutkimuksen porakaivosvesien keskiarvot. Putken KevG-16 sähkönjohtavuus on kohonnut vuodesta 2013 alkaen, mutta vuonna 2017 sähkönjohtavuus oli huomattavasti aiempia vuosia korkeampi. Putken KevG-32 sähkönjohtavuus on vähitellen noussut koko tarkkailun ajan.

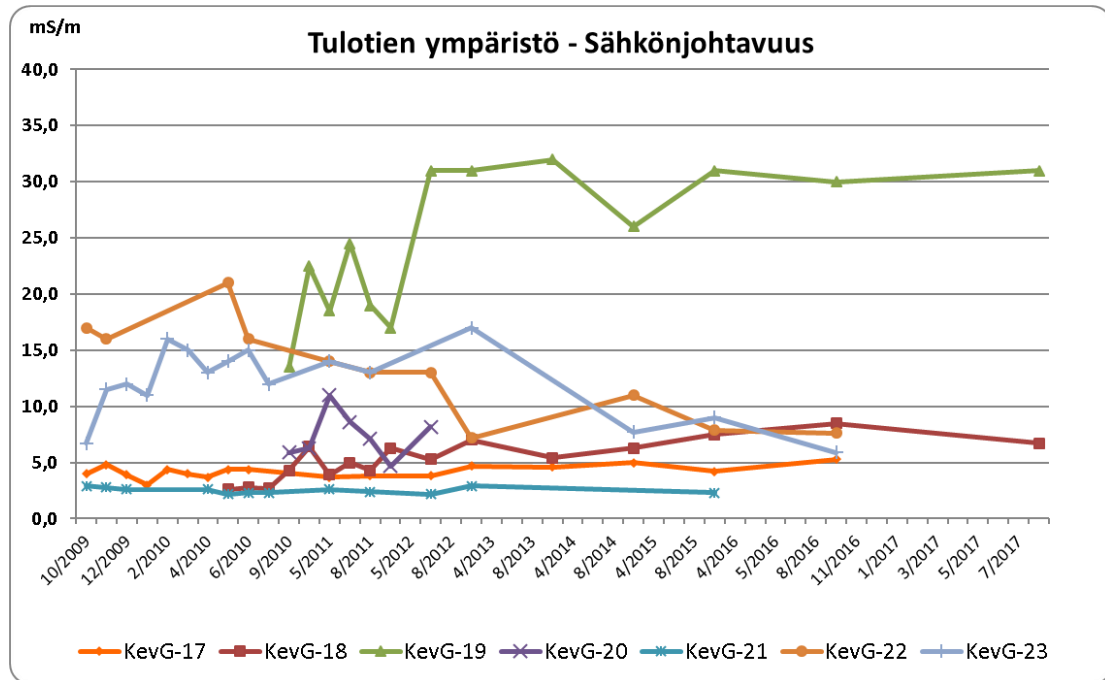
Putken KevG-15 sähkönjohtavuus nousi vuoden 2015 tasolta 6 mS/m vuonna 2016 tasolle 24 mS/m ja vuonna 2017 edelleen tasolle 28 mS/m vuosikeskiarvona tarkasteltuna. Sähkönjohtavuus on ollut nousussa elokuusta 2017 lähtien. (Kuva 4-13)



Kuva 4-13. Sähkönjohtavuus rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa. Kuvaajan skaalaus on suurempi kuin muiden alueiden kuvaajissa.

Tulotien pohjavesiputkella KevG-19 sähkönjohtavuus on ollut muihin alueen havaintoputkiin nähden korkea, mutta pysytellyt samalla tasolla vuodesta 2013. Havaintoputken muita korkeammalle

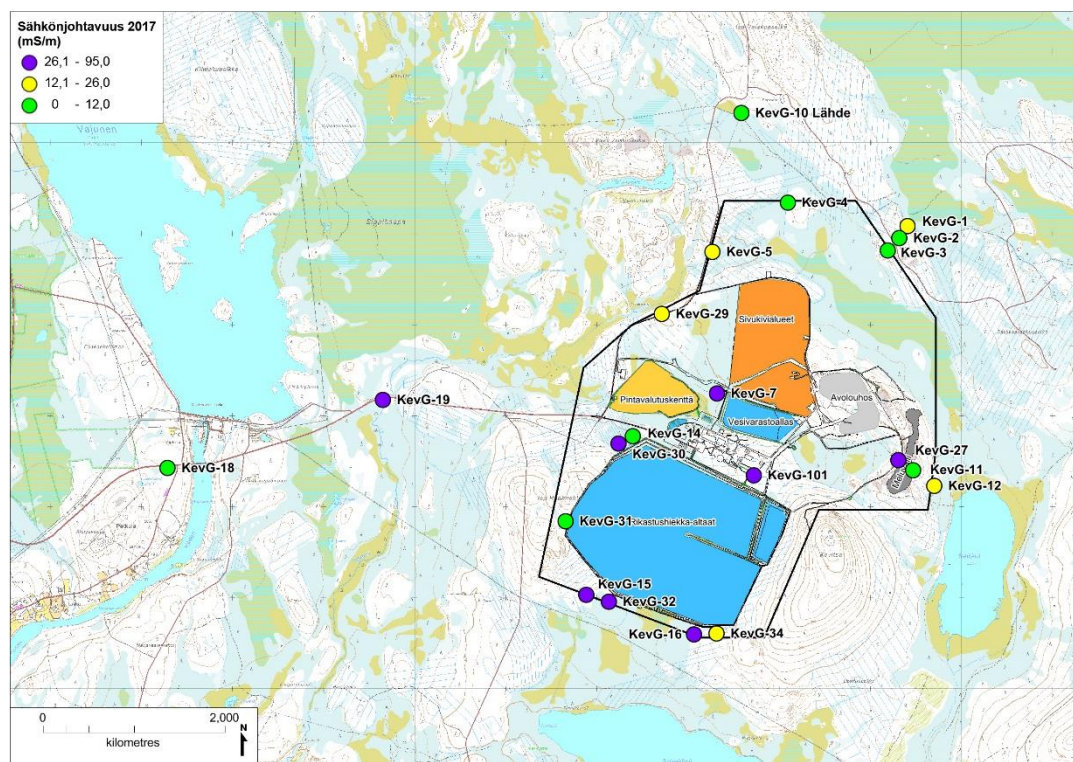
sähkönjohtavuudelle ei tuloksien perusteella voida yksilöidä syytä, sillä esim. kloridi- ja sulfaatti-pitoisuudet ovat alhaisia. Todennäköisesti johtavuudet ovat seurausta sellaisten ionien pitoisuuksista, joita ei ole tarkkailun yhteydessä määritetty (esim. alkalimetallit). (Kuva 4-14)



Kuva 4-14. Sähkönjohtavuus tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa.

Primäärimurskan pohjalla sijaitsevan pisteen KevG-101 sähkönjohtavuus vaihteli välillä 48-61 mS/m keskiarvon ollessa 55 mS/m.

Vuoden 2017 tarkkailussa todettujen sähkönjohtavuuksien havainnollistamiseksi on laadittu teemaattinen kartta, jossa on esitetty pistekohtaisesti keskimääräiset sähkönjohtavuudet (Kuva 4-15).



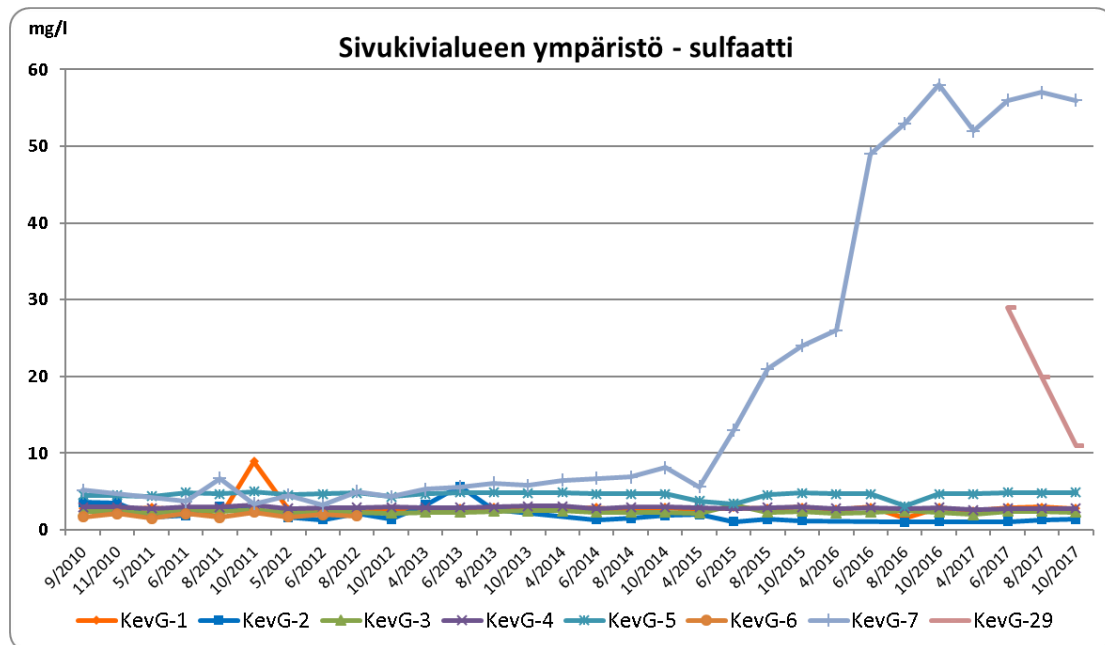
Kuva 4-15. Keskimääräiset sähkönjohtavuudet (mS/m) vuonna 2017.

#### 4.5 Sulfaatti

Suomen rengas- ja porakaivovesien sulfaatin keskipitoisuudet tuhannen kaivon tutkimuksessa olivat 14,6 ja 19,9 mg/l (Lahermo ym. 2002).

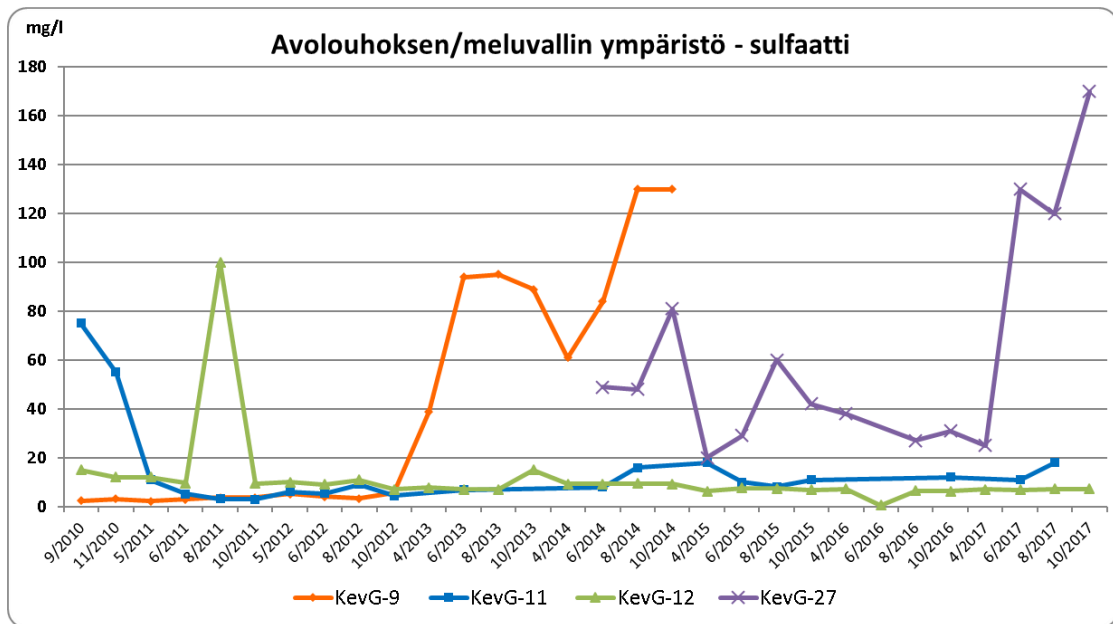
Vuoden 2017 tarkkailussa sulfaattipitoisuudet alittivat tuhannen kaivon tutkimuksen porakaivovesien keskipitoisuuden (19,9 mg/l) lukuun ottamatta putkia KevG-7 (55 mg/l), KevG-16 (134 mg/l), KevG-27 (140 mg/l), KevG-30 (43 mg/l) ja KevG-29 (20,0 mg/l). Muiden tarkkailuputkien tulokset olivat vastaavalla tasolla aiempien tulosten kanssa. Sulfaatin ympäristölaatu normi 150 mg/l (VNa 341/2009) ylittyi pohjavesiputkista ainoastaan lokakuussa putkella KevG-27 (Kuvat 4-16 – 4-19). Primäärimurskan pohjalla sijaitsevan pisteen KevG-101 sulfaattipitoisuus vaihteli välillä 140-180 mg/l keskiarvon ollessa 160 mg/l.

Putken KevG-7 sulfaattipitoisuudet alkoivat nousta vuoden 2015 alussa. Vuonna 2014 keskipitoisuus oli 7,1 mg/l, vuonna 2015 15,9 mg/l ja vuonna 2016 46,5 mg/l. Kasvu jatkui edelleen vuonna 2017 keskipitoisuuden ollessa 55 mg/l. Nousu vaikuttaa kuitenkin pysähtyneen. Kyseinen havaintoputki sijaitsee pintavalutus Kentän ja sivukivialueen välissä, joiden läheisyydellä on vaikutusta putkelta havaittuihin pitoisuuksiin. Pintavalutus Kentälle pumpattavien vesien sulfaattipitoisuudet olivat vuonna 2017 keskimäärin 606 mg/l. Sivukivialueella sulfaattipitoisuudet olivat keskimäärin 1100 mg/l. (Kuva 4-16)



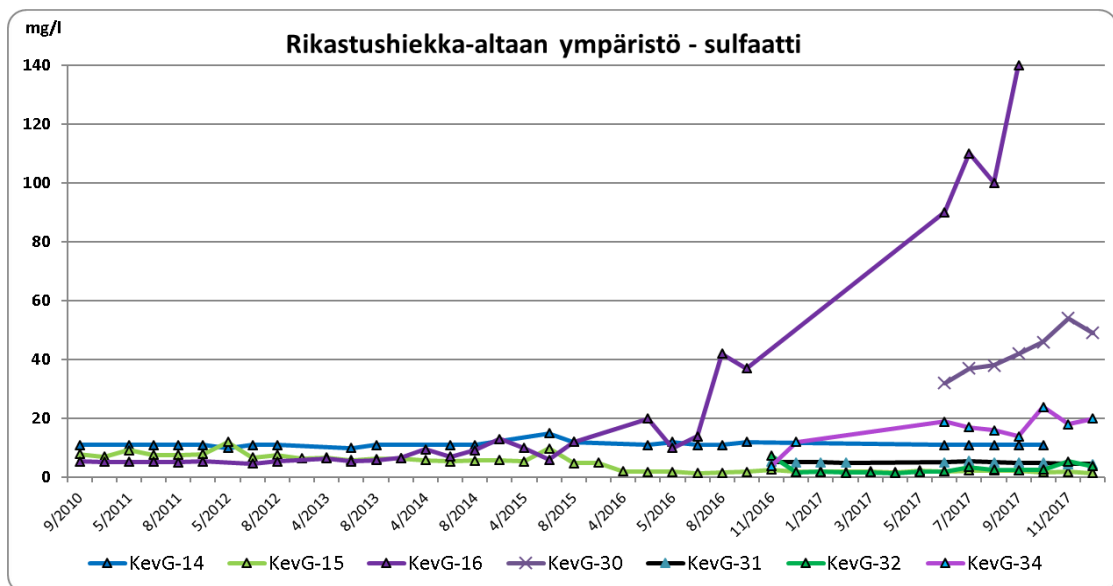
Kuva 4-16. Sulfaattipitoisuus sivukivialueen läjitysalueen ympäristön pohjavesiputkissa.

Putken KevG-27 sulfaattipitoisuudet olivat edellisvuosien tapaan suuremmat kuin avolouhoksen ja meluvallin alueen muilla putkilla, ja kasvoivat huomattavasti edellisvuodesta. (Kuva 4-17)



Kuva 4-17. Sulfaattipitoisuus avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa.

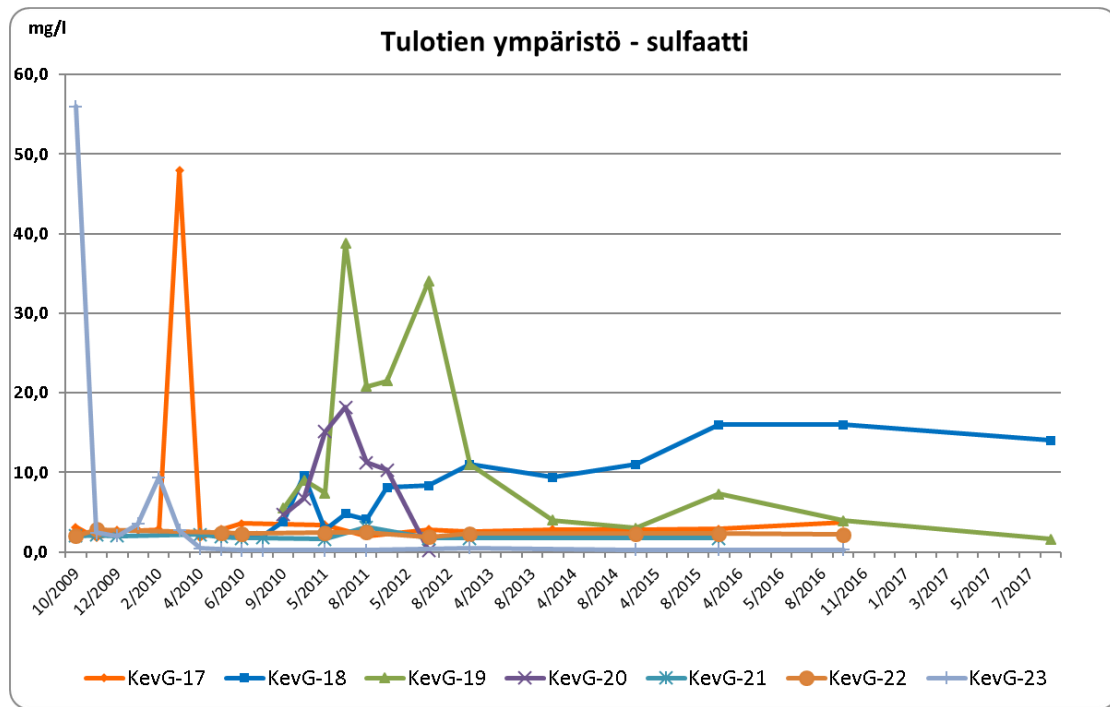
Putken KevG-16 sulfaattipitoisuus on ollut kasvussa vuodesta 2016 alkaen. Vuoden 2017 pitoisuudet olivat edellisvuotta korkeammat ja kasvoivat loppuvuotta kohden. (Kuva 4-18)



Kuva 4-18. Sulfaattipitoisuus rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.

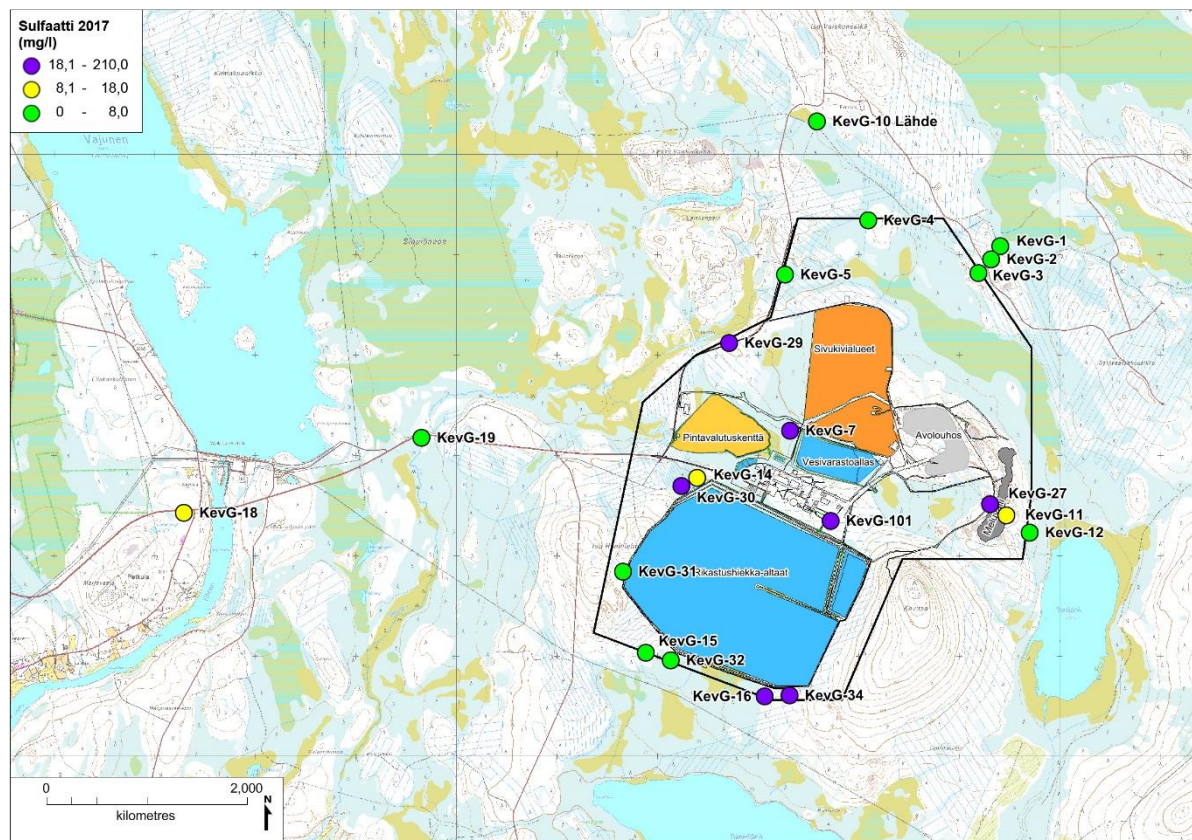
Tulotien putkilla sulfaattipitoisuudet olivat tavanomaisen alhaisia ja laskeneet viime vuodesta (Kuva 4-19).





Kuva 4-19. Sulfaattipitoisuus tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa.

Pistekohtaiset keskimääräiset sulfaattipitoisuudet vuodelta 2017 on esitetty alla olevalla temaattisella kartalla (Kuva 4-20).

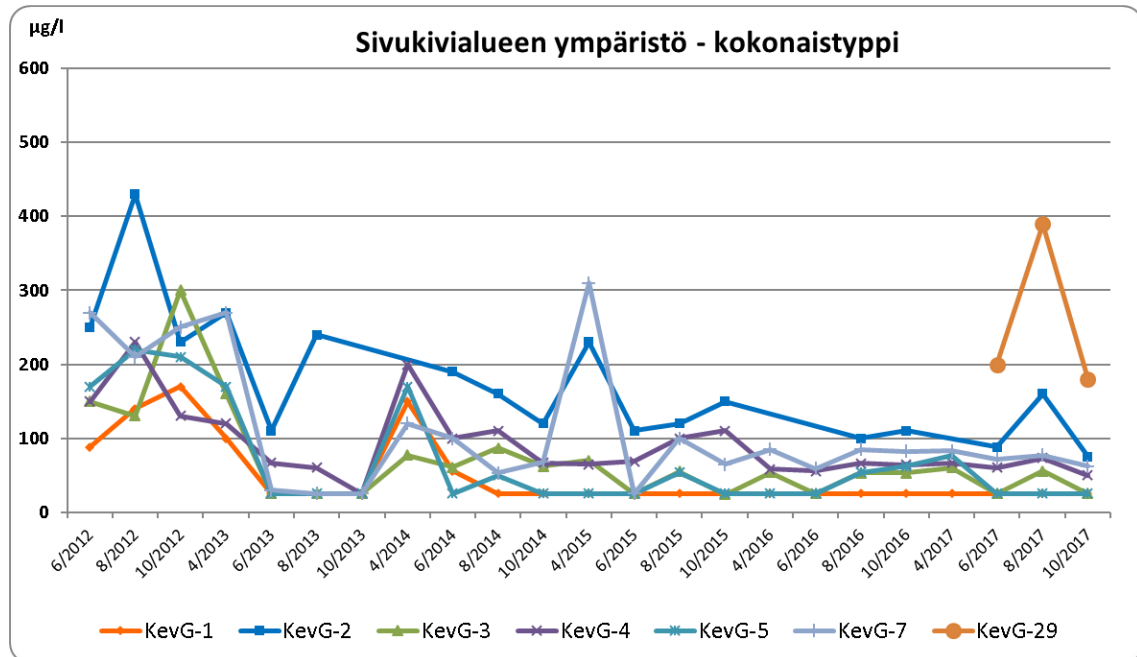


Kuva 4-20. Keskimääräiset sulfaattipitoisuudet (mg/l) vuonna 2017.

#### 4.6 Typpi

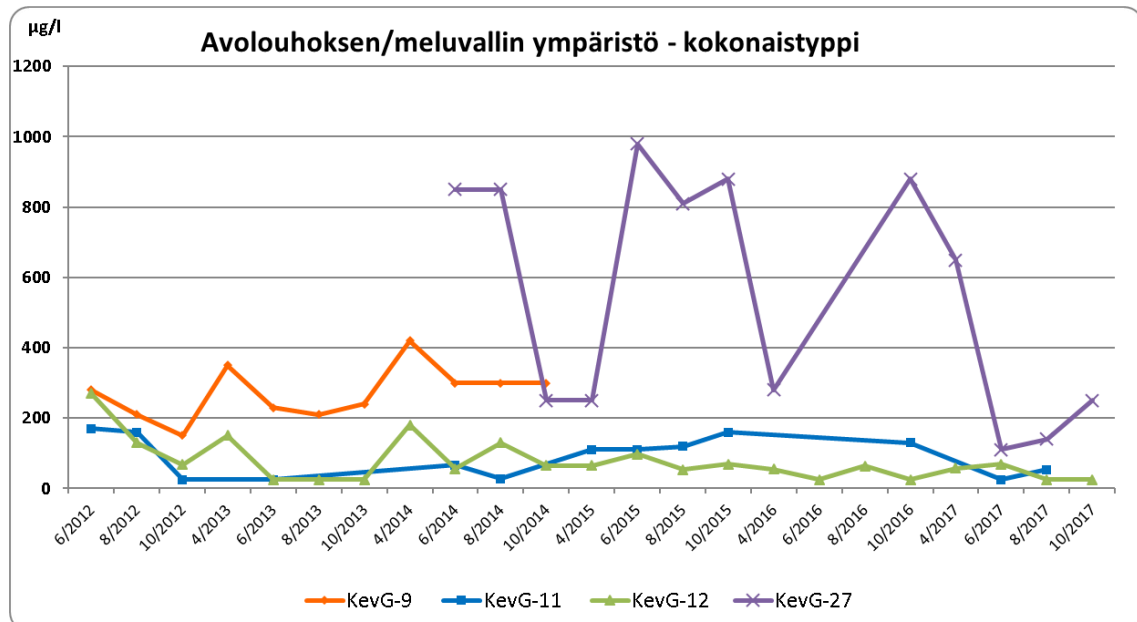
Vuonna 2017 pohjavesistä havaitut kokonaistypen pitoisuudet vaihtelivat tarkkailualueella välillä <math><50\text{--}2000\ \mu\text{g/l}</math>. Primäärimurskan pohjalla sijaitsevan pisteen KevG-101 typpipitoisuus vaihteli

välillä 1900-2200 µg/l keskiarvon ollessa 2100 µg/l. Sivukivialueen korkeimmat kokonaistyyppi-  
pitoisuudet todettiin elokuussa putkella KevG-29 (390 µg/l). Kaiken kaikkiaan alueen pitoisuudet  
olivat edellisvuoden tasolla ja alhaisia. (Kuva 4-21)



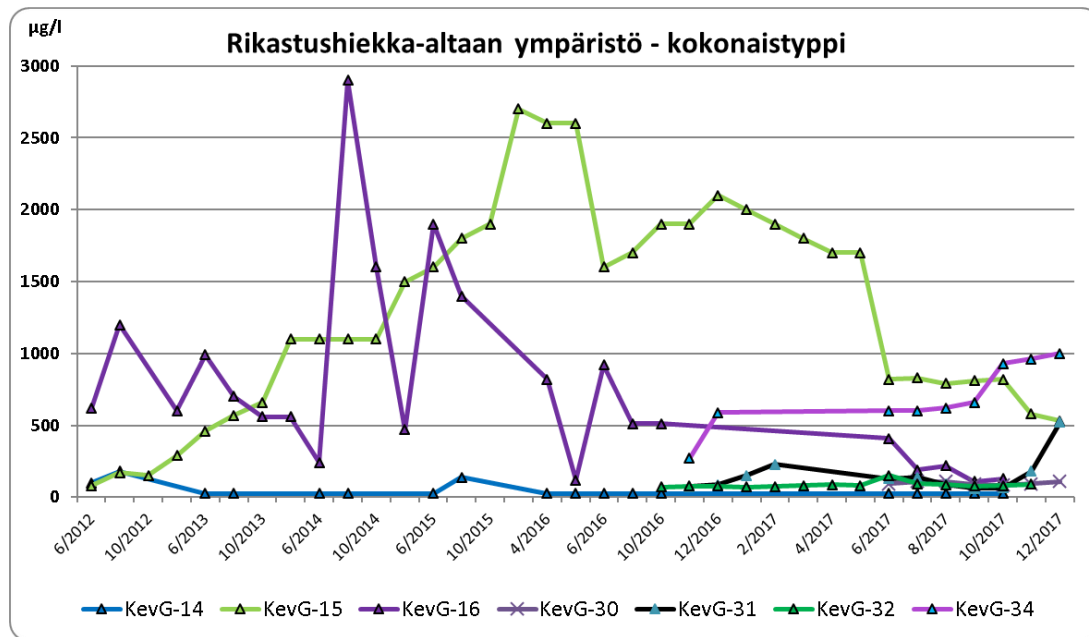
Kuva 4-21. Kokonaistyyppipitoisuus sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa.

Avolouhoksen ja meluvallin ympäristön kokonaistyyppipitoisuudet olivat alhaisia. Putken KevG-27  
pitoisuus laski vuonna 2017. (Kuva 4-22)



Kuva 4-22. Kokonaistyyppipitoisuus avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa.

Rikastushiekka-altaan eteläpuolisella putkella KevG-16 kokonaistyyppipitoisuudet olivat vuonna  
2014 ja 2015 korkeahkoja verrattuna edellisiin tarkkailuvuosiin. Vuonna 2016 pitoisuudet palau-  
tuivat vuosien 2012 ja 2013 tasolle ja laskivat edelleen vuonna 2017. Myös putken KevG-15 pitoi-  
suudet laskivat, mutta olivat kyseisellä putkella edelleen keskimäärin korkeammat (1200 µg/l) kuin  
alueen muilla putkilla. (Kuva 4-23)



**Kuva 4-23. Kokonaistyyppipitoisuus rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa. Kuvaajan skaalauksen suurempi kuin muiden alueiden kuvaajissa.**

Kokonaistyyppi esiintyi suurimmaksi osaksi nitraattityypinä. Suurimmat kokonaistyyppipitoisuudet olivat vuonna 2017 edellisvuoden tapaan putkella KevG-15 (530–2000 µg/l). Kyseisen putken kokonaistyyppipitoisuus laski kuitenkin selvästi edellisvuodesta.

Ammoniumtyyppipitoisuudet olivat useimmissa näytteissä alle määrittämiskrajan <4 µg/l. Korkeimmat ammoniumtyyppipitoisuudet todettiin putkilla KevG-32 (40–55 µg/l) ja KevG-19 (68 µg/l) sekä primäärimurskan pohjan pisteellä KevG-101 (<4–130 µg/l).

Edellä mainituilla putkilla happipitoisuudet olivat myös melko alhaisia ja ne sijaitsivat suoalueella. Pelkistävässä olosuhteissa nitraatit pelkistyvät alemmalla hapetusasteella oleviksi tyyppiyhdisteiksi kuten ammoniumtyypeksi (Lahermo ym. 2002). Vuoden 2017 ammoniumpitoisuudet olivat kaiken kaikkiaan vastaavalla tasolla aiempien vuosien tulosten kanssa. (Liite 2)

#### 4.7 Fosfaattifosfori

Suomalaisissa rengas- ja porakaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) fosfaattipitoisuuksien mediaaniarvo on <20 µg/l. Tuhannen kaivon tutkimuksessa rengaskaivoissa vain 20 % ja porakaivoissa 27 % näytteistä ylitti fosfaatin määrittämiskrajan (<20 µg/l). Pohjaveden hyvin pieniin fosfaattipitoisuuksiin on syynä fosfaatin suuri taipumus sitoutua heti vapauduttuaan rapautumisprosessissa (Lahermo ym. 2002).

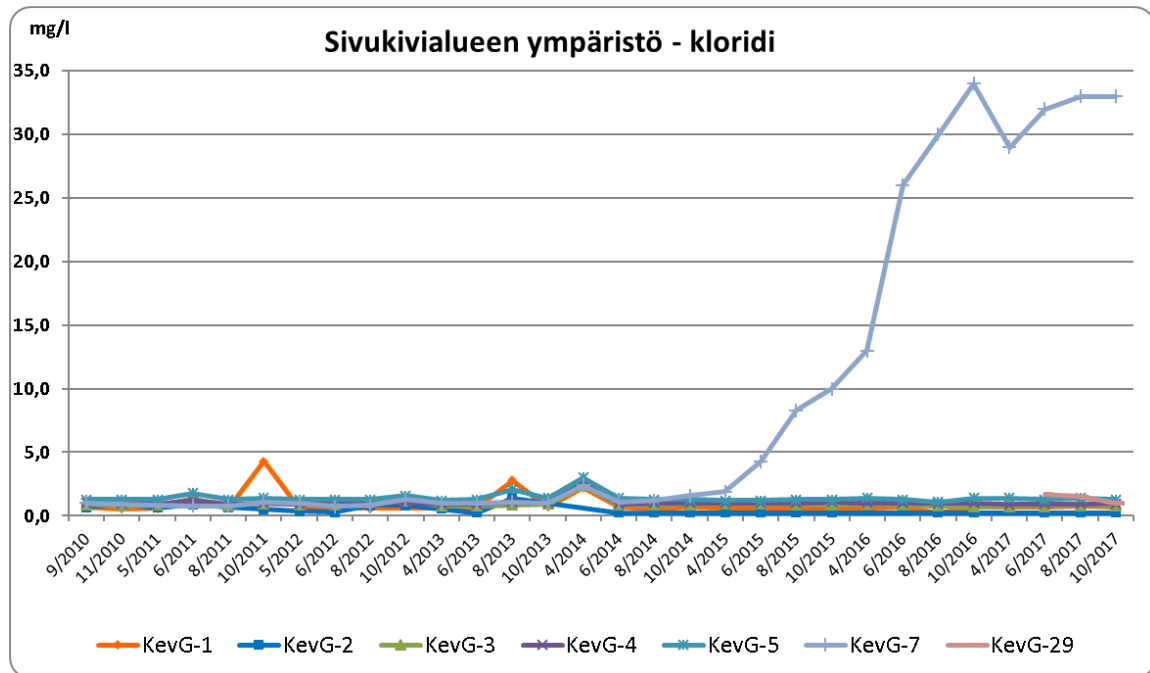
Kevitsan vuoden 2017 tarkkailussa fosfaattifosforin (liuennut epäorgaaninen fosfori) pitoisuudet alittivat tuhannen kaivon tutkimuksen mediaaniarvon <20 µg/l lukuun ottamatta sivukivialueen koillispuolen putkea KevG-4, jossa pitoisuudet vaihtelivat välillä 30–34 µg/l (Liite 2).

#### 4.8 Kloridi

Suomalaisissa rengaskaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) on kloridia keskimäärin 8,6 mg/l. Porakaivovesissä kloridia on usein moninkertainen määrä, etenkin rannikkoalueilla (Lahermo ym. 2002). Pohjavesille asetettu kloridin ympäristölaatuunormi on 25 mg/l (VNa 341/2009).

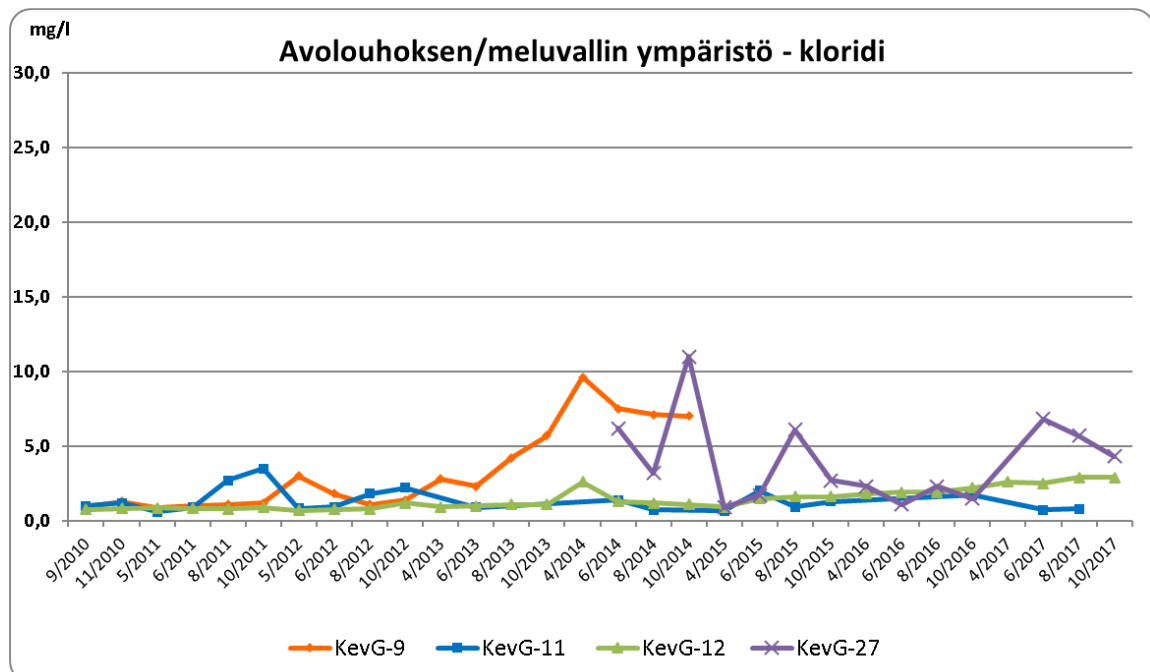
Kevitsan vuoden 2017 tarkkailussa kloridipitoisuudet vaihtelivat välillä <0,5–250 mg/l. Muista selvästi poikkeavat pitoisuushavainnot tehtiin putkilta KevG-7 (pitoisuudet 29–33 mg/l), KevG-15 (55–139 mg/l), KevG-16 (65–210 mg/l), KevG-30 (250–250 mg/l) ja KevG-32 (87–150 mg/l). (Kuvat 4-24, 4-25 ja 4-26). Primäärimurskan pohjalla sijaitsevan pisteen KevG-101 kloridipitoisuus vaihteli välillä 21–30 mg/l keskiarvon ollessa 27 mg/l.

Pintavalutuskentän laidalla sijaitsevalla putkella KevG-7 kloridipitoisuudet lähtivät sulfaattipitoisuuksien tapaan nousuun kesällä 2015. Pitoisuusnousu vaikuttaa pysähtyneen, mutta pitoisuudet ovat edelleen koholla (Kuva 4-24). Kyseinen putki sijaitsee pintavalutuskentän ja sivukivialueen välissä. Pintavalutuskentälle pumpattavien vesien kloridipitoisuudet olivat vuonna 2017 keskimäärin 345 mg/l. Sivukivialueella kloridipitoisuudet olivat keskimäärin 93 mg/l.



**Kuva 4-24. Kloridipitoisuus sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa.**

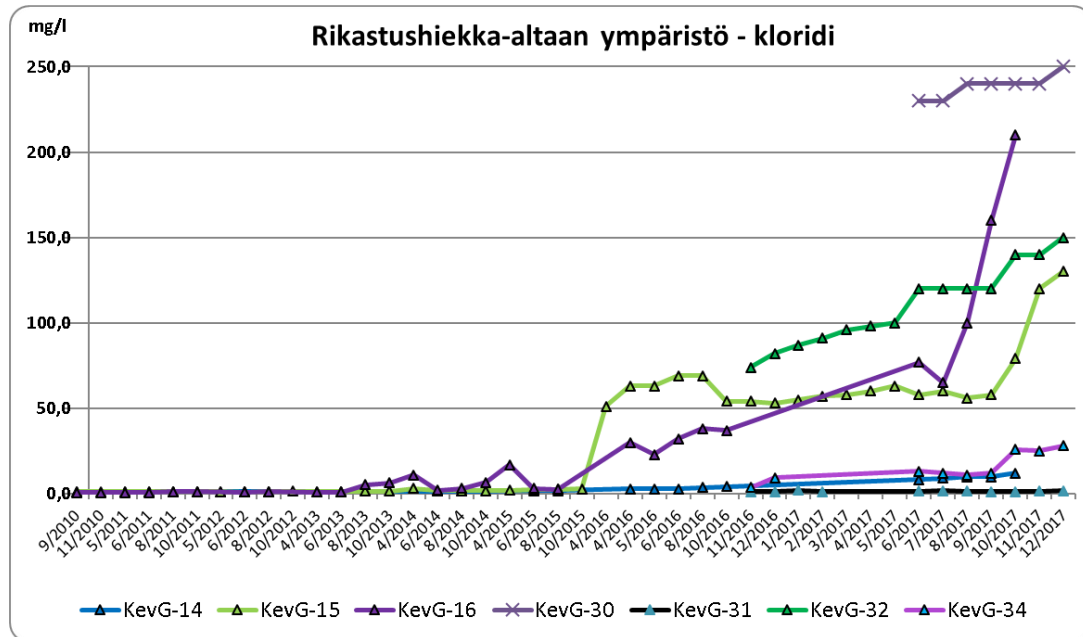
Avolouhoksen ja meluvallin ympäristön havaintoputkilla kloridipitoisuudet olivat tavanomaisia (Kuva 4-25).



**Kuva 4-25. Kloridipitoisuus avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa.**

Putken KevG-30 pitoisuudet olivat korkeita ja korkeampia kuin muilla putkilla. Putkella KevG-16 kloridipitoisuuksien nouseva trendi jatkui vuonna 2017 ja kasvu oli erityisen suurta vuoden loppua kohti. Viereisessä putkessa KevG-34 pitoisuudet olivat huomattavasti alhaisempia. Myös putkella KevG-32 pitoisuudet ovat olleet jatkuvassa kasvussa, mutta kasvu ei ole ollut yhtä jyrkkää kuin

putkella KevG-16. Putken KevG-15 pitoisuudet pysyttelivät tasaisena vuoden 2016 loppupuolelta vuoden 2017 syksyyn saakka, mutta kääntyivät sen jälkeen kasvuun. (Kuva 4-26)



**Kuva 4-26. Kloridipitoisuus rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa. Kuvaajan skaalaus on suurempi kuin muiden alueiden kuvaajissa.**

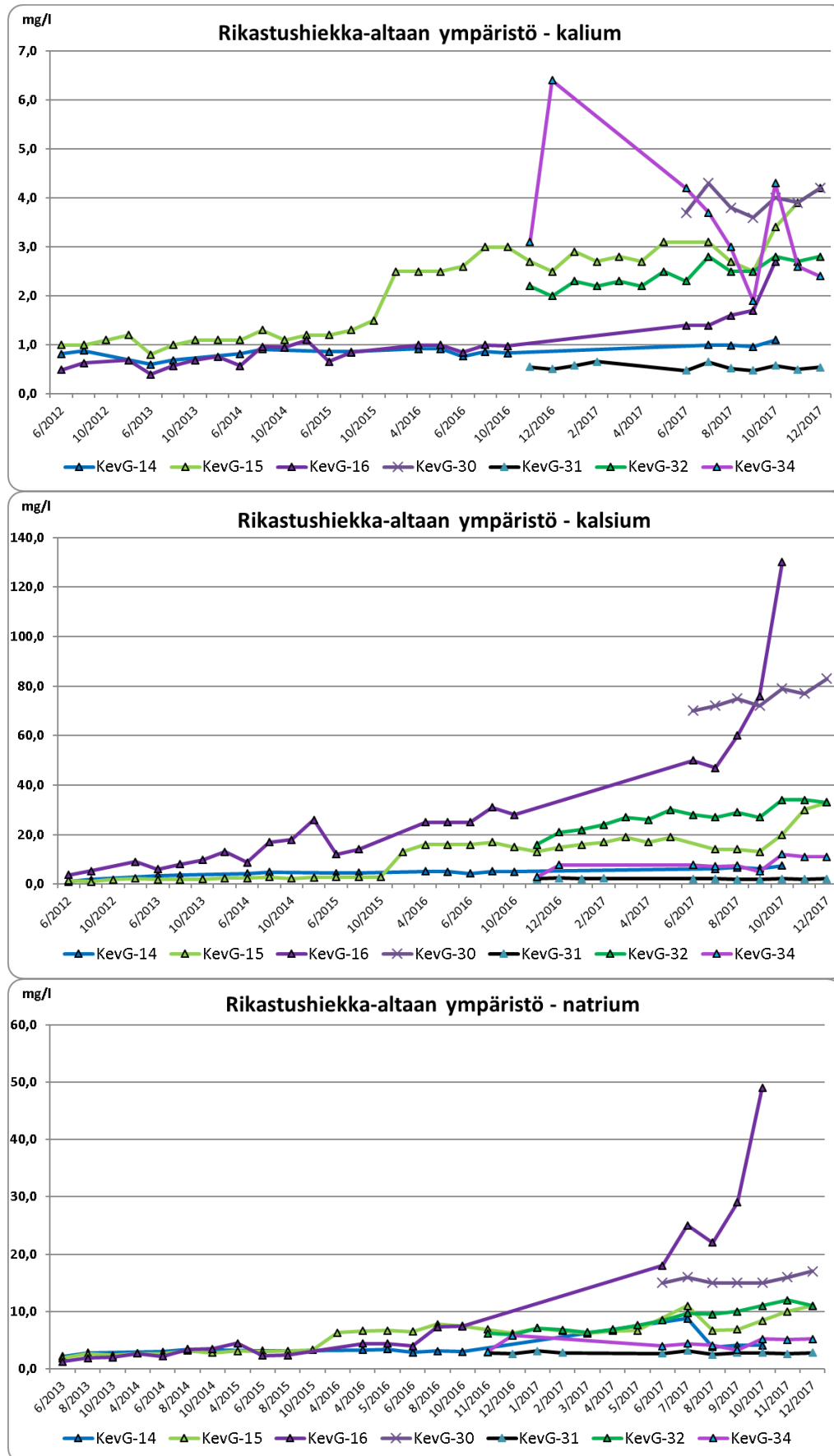
Tarkkailuputkien KevG-15, KevG-32 ja etenkin KevG-16 kloridipitoisuuksien nousu on ollut merkittävä. Rikastushiekka-altaan suotovesien kloridipitoisuudet altaan eteläisellä padolla sijaitsevalla sisäisten vesien tarkkailupisteellä KevP-4a2 olivat keskimäärin 139 mg/l.

#### 4.9 Kalium, kalsium ja natrium

Alkalimetalleista kalium, kalsium ja natrium määritetään rikastushiekka-altaan putkilta sekä primäärimurskan pohjalta pisteeltä KevG-101 ja taustapisteeltä KevG-10. Kevitsan alueella on hyödynnettävään malmioon liittyen havaittu kaliumin, kalsiumin ja natriumin pitoisuusanomaliaita. Kevitsan alueella kaliumin purovesien luontaiseksi taustapitoisuudeksi on esitetty 0,6–1,3 mg/l. Kalsiumin osalta taustapitoisuus alueella on noin 3–10 mg/l ja natriumin osalta taustapitoisuutena voidaan pitää pitoisuuksia 2–3,5 mg/l (Lahermo ym. 1990 ja Tenhola ym. 2003).

Vuonna 2017 rikastushiekka-altaiden ympäristön havaintoputkilta määritetyt pitoisuudet on esitetty kuvassa 4-27. Putken KevG-16 kaliumpitoisuudet ovat pysyneet alhaisina, mutta kalsium- ja natriumpitoisuuksissa on ollut havaittavissa nousevaa kehitystä tarkkailun alusta eli vuodesta 2012 alkaen. Vuoden 2017 lokakuussa kyseisen putken kalsium- ja natriumpitoisuus olivat huomattavasti korkeampia kuin aiemmin. Nousua on tapahtunut myös putkien KevG-15 ja KevG-32 vastaavien parametrien osalta, mutta nousu on ollut huomattavasti pienempää.

Pitoisuuksien taustalla ovat todennäköisesti osaksi rikastushiekka-altaiden suotovedet. Vuonna 2017 eteläisen suotovesien keruualtaan keskimääräiset pitoisuudet olivat korkeita (K 8,2 mg/l, Ca 80,2 mg/l ja Na 38,3 mg/l). Rikastushiekka-altaan korkeat pitoisuudet ovat peräisin rikastuskemikaaleina käytettävistä ksantaateista.



Kuva 4-27. Alkalimetallipitoisuudet rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.

#### 4.10 Muut aineet

##### Kupari

Suomalaisissa kaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) kuparia on keskimäärin rengas- ja pora-kaivovesissä 14,1 µg/l ja 32,3 µg/l (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2017 tarkkailussa havaitut pohjavesien kuparipitoisuudet olivat pääsääntöisesti alhaisia (alle 6 µg/l), osalla putkilla alle määritysrajan <0,5 µg/l. Heikkotuottoiselta ja meluvallin laidalla sijaitsevilla putkelta KevG-11 (33-57 µg/l) havaittiin korkeampia pitoisuuksia. Näytteisiin on todennäköisesti sekoittunut pohjan kiintoainesta pohjavesiputken vähävetisyyden vuoksi. Putken KevG-27 pitoisuudet olivat laskeneet edellisvuodesta (keskiarvo 44->5 µg/l). Yleisesti ottaen vuonna 2017 havaitut pitoisuudet olivat vastaavalla tasolla edellisvuosien tuloksiin verrattuna.

##### Kromi

Suomalaisten kaivovesien keskimääräiset kromipitoisuudet (tuhannen kaivon tutkimus) pora- ja rengaskaivoissa ovat olleet keskimäärin 0,26 ja 0,33 µg/l (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2017 tarkkailussa havaitut kromipitoisuudet olivat pääosin alle määritysrajan (<1 µg/l) tai muutaman mikrogramman (1,0–2,5) litraa kohden. Muista tuloksista korkeammat pitoisuudet havaittiin vähävetisessä putkessa KevG-2 (4,7–7,6 µg/l), jonka pitoisuudet olivat samaa tasoa edellisvuosien kanssa. Kromipitoisuuden ympäristölaatumnormi on 10 µg/l (VNa 341/2009).

##### Koboltti

Suomalaisten kaivojen keskimääräiset kobolttipitoisuudet pora- ja rengaskaivoissa olivat 0,42 ja 0,77 µg/l (tuhannen kaivon tutkimus) (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2017 tarkkailussa kobolttipitoisuudet vaihtelivat alueen pohjavesiputkissa välillä <0,1 µg/l-41 µg/l välillä. Kobolttin ympäristölaatumnormi 2 µg/l (VNa 341/2009) ylittyi putkilla KevG-1 (ka 4,9 µg/l), KevG-2 (ka 4,3 µg/l) KevG-7 (ka 6,7 µg/l), KevG-11 (ka 32,5 µg/l), KevG-12 (ka 4,4 µg/l), KevG-15 (ka 8,3 µg/l), KevG-27 (ka 6,1 µg/l), KevG-29 (6,1 µg/l), KevG-31 (ka 2,5 µg/l), KevG-32 (ka 17,4 µg/l) ja KevG-34 (ka 24,0 µg/l). Suurimmat pitoisuudet havaittiin vähävetisiltä putkilta KevG-34 (13–41 µg/l) ja KevG-11 (19–46 µg/l). Vähävetisillä putkilla näytteisiin on todennäköisesti sekoittunut hieman pohja-ainesta, mikä vaikuttaa tuloksiin. (Liite 2)

Selkeimmät muutokset edellisvuoden pitoisuuksiin todettiin putkella KevG-11 (ka 8->32,5 µg/l) ja putkella KevG-27 (ka 19,4->6,1 µg/l). Muutoin vuoden 2017 tulokset olivat vastaavalla tasolla aiempiin tuloksiin nähden.

##### Rauta

Vuoden 2017 tarkkailussa rautapitoisuudet vaihtelivat välillä <10–5 500 µg/l. Korkeimmat pitoisuudet todettiin uudelta putkelta KevG-32 (4 000–5 500 µg/l). Putkella KevG-1 keskimääräinen rautapitoisuus oli edelleen laskussa (ka 2 375->1 345->635->450). Muilla putkilla pitoisuudet olivat yhteneväisiä edellisvuosiin, vaikkakin kierrosten välillä tuloksissa oli vaihteluja. (Liite 2)

##### Mangaani

Mangaanipitoisuudet vaihtelivat välillä <1–1 700 µg/l. Suurimmat mangaanipitoisuudet havaittiin putkelta KevG-7, jossa vuoden keskipitoisuus (1 550 µg/l) oli hieman edellisvuosia korkeampi. Putkilta KevG-32 (220–400 µg/l) ja KevG-34 (180–520 µg/l) sekä KevG-27 (450–800 µg/l) mitattiin suurehkoja pitoisuuksia. Putken KevG-27 keskimääräinen pitoisuus muuttui selkeimmin edellisvuoteen verrattuna (40->570 µg/l). (Liite 2).

### Antimoni

Antimonipitoisuudet olivat vuoden 2017 tarkkailussa kaikissa tarkkailupisteissä alle määrittäysrajan <0,5/0,2 µg/l. Antimonia ei ole havaittu myöskään edellisinä vuosina (Liite 2). Antimonin ympäristölaatunormi on 2,5 µg/l (VNa 341/2009).

### Rikki

Rikkipitoisuudet olivat pääasiassa alhaisia ja vaihtelivat välillä 0,15-73 mg/l. Korkeimmat pitoisuudet todettiin putkilta KevG-16 (27-73 mg/l) ja KevG-27 (38-58 mg/l) sekä primäärimurskan pohjalta pisteeltä KevG-101 (42-57 mg/l). Putkien KevG-16 ja KevG-27 vuoden 2017 korkeimmat pitoisuudet todettiin vuoden viimeisellä näytteenotokerralla.

### Sinkki

Laajassa alkuaineanalyysissä heinäkuun alun näytteessä havaittiin putkella KevG-30 korkea sinkkipitoisuus 990 µg/l. Sinkin ympäristölaatunormi (VNa 341/2009) on 60 µg/l. Muut havaitut pitoisuudet olivat selvästi tätä alhaisempia. Primäärimurskan pohjalla pisteellä KevG-101 havaittiin pitoisuus 37 µg/l ja putkella KevG-11 11 µg/l. Muuten pitoisuudet olivat alle määrittäysrajan tai muutamia mikrogrammoja litrassa, korkeimmillaan 7,9 µg/l. Pohjaveden sinkkipitoisuuksia on aiemmin määritetty vain yksittäisiä kertoja ja pitoisuudet ovat olleet alhaisia.

### Muut

Lisäksi pohjavesistä analysoitiin kertaalleen arseenin, bariumin, boorin, kadmiumin, rubidiumin, seleenin, strontiumin, toriumin, uraanin ja vanadiinin pitoisuudet. Pitoisuudet eivät ylittäneet pohjavesille asetettuja ympäristölaatunormeja eikä juomavesien laatuvaatimuksia tai -suosituksia. Havaitut pitoisuudet olivat tuhannen kaivon tutkimuksessa havaitulla tasolla.

#### **4.11 Polttoaineen jakeluaseman tarkkailu**

Polttoaineen jakeluaseman tarkkailua varten asennetusta pohjavesiputkesta KevG-28 tutkittiin öljyhiilivedyt osana pohjavesien tarkkailua. Elokuussa havaittiin öljyhiilivetyjen kokonaispitoisuus 0,12 mg/l (keskitisleitä <0,05 mg/l, raskaita öljyjakeita 0,12 mg/l). Muuten pitoisuudet jäivät alle määrittäysrajan (<0,05 mg/l). (Liite 2)

## **5. KOKONAISEPÄVARMUUDEN TARKASTELU**

Vesien tarkkailussa tarkkailutulosten kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat näytteenotopisteen kunto, näytteenotto-olosuhteet, näytteenottajan ammattitaito, näytteiden kuljetus ja käsittely, pitoisuuksien vaihtelu näytepisteittäin, laboratorion mittausepävarmuus sekä tulosten tulkintaan liittyvät epävarmuudet.

Kokonaisepävarmuutta näytteenoton osalta on pyritty minimoimaan käyttämällä samoja näytteenottajia näytteenotokertojen välillä. Näytteenotosta vastasi sertifioitu kokenut näytteenottaja, joka noudattaa työssään näytteenoton standardeja ja ympäristöhallinnon erikseen antamia ohjeita. Sitä näytteenoton aiheuttama epävarmuus minimoituu. Näytteenottajan muistiinpanot tallennetaan ja niiden tietoja voidaan helposti tarkastella myöhemmin. Näytteenotto ja välilineistö ovat standardeitua, jolloin kokonaisepävarmuus pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi. Laboratorion mittausepävarmuudet on esitetty parametrisoitua liitteessä 3.

Näytteenoton aiheuttama epävarmuutta arvioitiin vuonna 2017 huhti-, kesä-, heinä- ja elokuussa. Epävarmuuden arviointiin sovellettiin FINAS:n ohjeistusta ja se perustui rinnakkaisnäytteisiin, joiden kokonaismäärä vastasi 6,7 % tarkkailunäytteiden kokonaismäärästä. Laadunvarmistusnäytteitä kerättiin tasaisesti näytepisteitä vaihdellen tarkkailuvuoden aikana. Pohjavesitarkkailun näytteitä otettiin vuoden aikana yhteensä 105 ja rinnakkaisnäytteitä 7 kappaletta. Laadunvarmistus kohdistettiin tarkkailun kannalta keskeisiin parametreihin, joiksi valittiin sähkönjohtavuus, kloridi, sulfaatti ja nikkeli. Näytteiden tulokset on koottu taulukkoon 5-1.



**Taulukko 5-1. Laadunvarmistusnäytteiden tulokset. Näytteet, joiden rinnakkaisnäytteiden ero ylittää mittausepävarmuuden, on maalattu punaisella.**

| Ottopaikka | Ottopäivä | Sähkönjohtavuus |      | Kloridi (Cl) |      | Sulfaatti (SO <sub>4</sub> ) |      | Nikkeli (Ni) |      |
|------------|-----------|-----------------|------|--------------|------|------------------------------|------|--------------|------|
|            |           | mS/m            | ±mev | mg/l         | ±mev | mg/l                         | ±mev | µg/l         | ±mev |
| KevG-1     | 5.4.2017  | 13              | 0,7  | 0,78         | 0,2  | 3,1                          | 0,78 | 8,9          | 1,6  |
| KevG-1     | 5.4.2017  | 13              | 0,7  | 0,66         | 0,1  | 2,5                          | 0,63 | 9,3          | 1,7  |
| KevG-12    | 4.4.2017  | 22              | 1,1  | 2,6          | 0,5  | 8,5                          | 2,13 | 41           | 6,2  |
| KevG-12    | 4.4.2017  | 22              | 1,1  | 2,6          | 0,5  | 7                            | 1,75 | 42           | 6,3  |
| KevG-32    | 4.4.2017  | 35              | 1,8  | 95           | 9,5  | 2,3                          | 0,58 | 21           | 3,2  |
| KevG-32    | 4.4.2017  | 35              | 1,8  | 98           | 9,8  | 1,5                          | 0,38 | 21           | 3,2  |
| KevG-3     | 28.6.2017 | 4,3             | 0,2  | 0,74         | 0,1  | 2,4                          | 0,60 | 2,9          | 0,5  |
| KevG-3     | 28.6.2017 | 4,3             | 0,2  | 0,75         | 0,2  | 2,4                          | 0,60 | 2,9          | 0,5  |
| KevG-30    | 5.7.2017  | 91              | 4,6  | 230          | 23,0 | 32                           | 4,80 | 130          | 19,5 |
| KevG-30    | 5.7.2017  | 91              | 4,6  | 230          | 23,0 | 32                           | 4,80 | 83           | 12,5 |
| KevG-34    | 23.8.2017 | 14              | 0,7  | 15           | 1,5  | 21                           | 5,25 | 44           | 6,6  |
| KevG-34    | 23.8.2017 | 11              | 0,6  | 11           | 1,1  | 16                           | 4,00 | 16           | 2,4  |
| KevG-29    | 23.8.2017 | 10              | 0,5  | 1,4          | 0,1  | 21                           | 5,25 | 42           | 6,3  |
| KevG-29    | 23.8.2017 | 8,8             | 0,4  | 1,5          | 0,2  | 20                           | 5,00 | 13           | 2,0  |

Laadunvarmistusta varten otettujen rinnakkaisnäytteiden perusteella sähkönjohtavuuden tuloksissa rinnakkaisten määritysten ero oli elokuussa mittausepävarmuutta suurempi. Kloridipitoisuuksissa mittausepävarmuus ylittyi elokuussa toisella tutkituista pisteistä. Nikkelin osalta mittausepävarmuus ylitti pitoisuseron heinä-elokuussa. Sulfaatin rinnakkaisten määritysten tulokset vaihtelivat täysin mittausepävarmuuden rajoissa.

Pohjavesien tarkkailussa vuoden 2017 aikana tehdyn näytteenoton laadunvarmistuksen perusteella näytetulokset vaihtelevat pääosin menetelmäkohtaisen mittausepävarmuuden rajoissa. Mittausepävarmuutta voidaan pohjavesitarkkailun osalta pitää riittävänä kuvaamaan kokonaisepävarmuutta, kun näytteenoton epävarmuus muuten minimoidaan edellä kuvatuin yleisin keinoin.

## 6. TULOSTEN TARKASTELU

Kevitsan kaivoksen pohjavesien tarkkailua toteutettiin vuonna 2017 päivitetyn tarkkailuohjelman mukaisesti. Lisäksi rikastushiekka-altaan alueen havaintoputkilta otettiin näytteitä kuukausittain. Eniten näytteitä saatiin putkilta KevG-15 ja KevG-32, joilta saatiin näytteet joka kuukausi.

Vuoden 2017 tarkkailussa pohjaveden pinnankorkeudet laskivat hieman suurimmalla osalla putkista. Runsaimmin keskimääräinen vedenpinta laski avolouhoksen putkilla KevG-11 ja KevG-27. Vähäsateisen vuoden vuoksi sulamis- ja hulevesiä on ollut edellisvuosiin verrattuna vähemmän. Kaivoksen mahdollinen vaikutus pohjaveden pinnankorkeuksiin peittyi pinnankorkeuden luonnollisen vaihtelun alle.

Pohjavesistä havaitut nikkelpitoisuudet olivat koholla aiempien vuosien tapaan todennäköisesti geologisista syistä johtuen useilla havaintoputkilla. Nikkelpitoisuuksissa ei havaittu merkittäviä muutoksia lukuun ottamatta rikastushiekka-altaan eteläosissa havaittuja pitoisuusnousuja. Pohjavesistä korkeimmat nikkelpitoisuudet havaittiin avolouhoksen ja meluvallin ympäristön havaintoputkilta aiempien vuosien tapaan. Kohonneen nikkelpitoisuuden arvioidaan johtuvan meluvallin rakentamiseen käytettyjen pintamaiden läjityksestä. Lisäksi putken KevG-27 asennustietojen perusteella putken siiviläosuudella on täytenä mursketta, mikä on voinut vaikuttaa havaintopisteen vedenlaatuun paikallisesti. Muita kaivosalueen tarkkailupisteitä korkeamman nikkelin pitoisuuden arvioidaan johtuvan kiviaineksen mekaanisen käsittelyn aiheuttamasta liukoisuuden lisääntymisestä paikallisesti.

Pohjaveden pH oli kullakin alueella pääosin aiemmin havaitulla tasolla. Pohjavesien happipitoisuus vaihteli aiempaan tapaan runsaasti ja parani useilla pisteillä, selkeimmin avolouhoksen kaakkoispuolen putkella KevG-11. Rikastushiekka-altaan eteläosan havaintoputkilla KevG-15 ja KevG-16 havaittiin happipitoisuuksien laskeneen edelleen. Lisäksi se laski huomattavasti meluvallin viereisellä putkella KevG-27. Putkilla, joilla happipitoisuudet laskivat, havaittiin pitoisuusnousuja mm. sulfaatin osalta.

Vuoden 2017 tarkkailussa sulfaatti- ja kloridipitoisuudet olivat pääasiassa alhaisia. Putken KevG-7 korkeisiin pitoisuuksiin vaikuttavat sivukivialueen ja pintavalutuskentän pitoisuudet. Kyseinen piste pinnankorkeudeltaan alueen alin havaintoputki, johon todennäköisesti kerääntyy ympäristöstä vettä. Putkella pitoisuusnousu vaikuttaa pysähtyneen. Avolouhoksen alueen putken KevG-27

korkeaa sulfaatti- ja rikkipitoisuutta voivat selittää putken läheisyydessä tehdyt rakennustyöt ja pintamaiden läjitykset. Lisäksi putken vähävetisyys ja näytteisiin mahdollisesti päässyt kiintoaines voivat vaikuttaa tuloksiin.

Rikastushiekka-alueen putkella KevG-16 todettiin pitoisuusnousua useiden parametrien osalta. Sulfaatti-, kloridi-, kalsium, natrium- ja rikkipitoisuudet kasvoivat edellisvuodesta. Lisäksi happipitoisuus heikkeni. Vastaavalla alueella sijaitsevien putkien KevG-15 ja KevG-32 kloridipitoisuus nousi niin ikään, mutta nousu ei ollut yhtä voimakasta kuin putkella KevG-16. Putken KevG-30 kloridipitoisuus oli korkeampi kuin millään muulla putkella ja sen lisäksi havaittiin kohonneita alkalimetalli- ja sulfaattipitoisuuksia. Rikastushiekka-altaan patojen läpi/alta suotautuu todennäköisesti vesiä, jotka nostavat pohjaveden pitoisuuksia kyseisillä tarkkailupisteillä. Lisäksi rikastushiekka-altaan pinnankorkeuden nousu kasvattaa pohjaveteen kohdistuvaa painetta. Rikastushiekka-altaan pohja on todennäköisesti roudaton ja suotautuminen sitä kautta pohjaveteen on mahdollista ympäri vuoden.

Pohjaveden sähkönjohtavuus oli noussut useammalla pisteellä, enimmäkseen rikastushiekka-altaan alueella. Putkilla, joilla pitoisuusnousua on havaittavissa, on tapahtunut kasvua myös muiden parametrien osalta. Esimerkiksi sulfaatti- ja kloridipitoisuuksien kasvu nostaa tyypillisesti myös sähkönjohtavuutta.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Vuoden 2017 tarkkailutulosten perusteella rikastushiekka-altaan ympäristön pohjavedessä on tapahtunut pitoisuusnousua useiden tarkkailupisteiden ja vedenlaatumuuttujien osalta. Kohonneet pitoisuudet johtuvat todennäköisesti rikastushiekka-altaasta peräisin olevista vesistä, jotka ovat päässeet suotautumaan pohjaveteen.

Lapin ELY-keskus on edellyttänyt kaivosyhtiötä tekemään perustellun ja aikataulutetun toimintasuunnitelman pohjaveden laadun edelleen heikkenemisen ehkäisemiseksi. Tutkimuksista vastaa Golder Associates, joka on aloittanut kolmevaiheisen toimenpideohjelman kesällä 2017. Tutkimus suunnitelman eri vaiheet ovat:

- Vaihe 1. Tiedon keruu, puuteanalyysi ja käsitteellisen mallin luominen (Valmistui marraskuussa 2017)
- Vaihe 2. Pohjaveden riskinarviointi (Valmistuu maaliskuussa 2018)
- Vaihe 3. Toimenpideohjelman laatiminen haittojen vähentämiseksi (Valmistuu keväällä 2018)

Alustavien tutkimusten perusteella pohjavesien laadun muutoksen arvellaan johtuvan monesta osatekijästä, joista yksi on rikastushiekka-altaasta pohjaveteen suotautuva vesi. Kolmannen vaiheen valmistuttua päätetään, millaisiin toimenpiteisiin ryhdytään laadun heikkenemisen ehkäisemiseksi.

Pohjavesien tarkkailua jatketaan nykyisen tarkkailuohjelman mukaisesti vuonna 2018.

## 8. LÄHTEET

Boliden Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma. Päivitys 20.6.2017.

GTK 2018. Geologian tutkimuskeskus. Geo.fi –palvelu.

Ilmatieteenlaitos 2018. Ilmatieteenlaitoksen internet-sivut, kuukausitilastot. <http://www.fmi.fi/>

Lahermo, P., Ilmasti, M., Juntunen, R., Taka, M. 1990. Suomen Geokemian atlas, osa 1. Suomen pohjavesien hydrogeokemiallinen kartoitus. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 1990.

Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U. ja Suomela, P. 2002. Tuhat Kaivoa – Suomen kaivo-vesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 155. <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr155/tr155.pdf>.

tarkkailusta vuonna 2011.

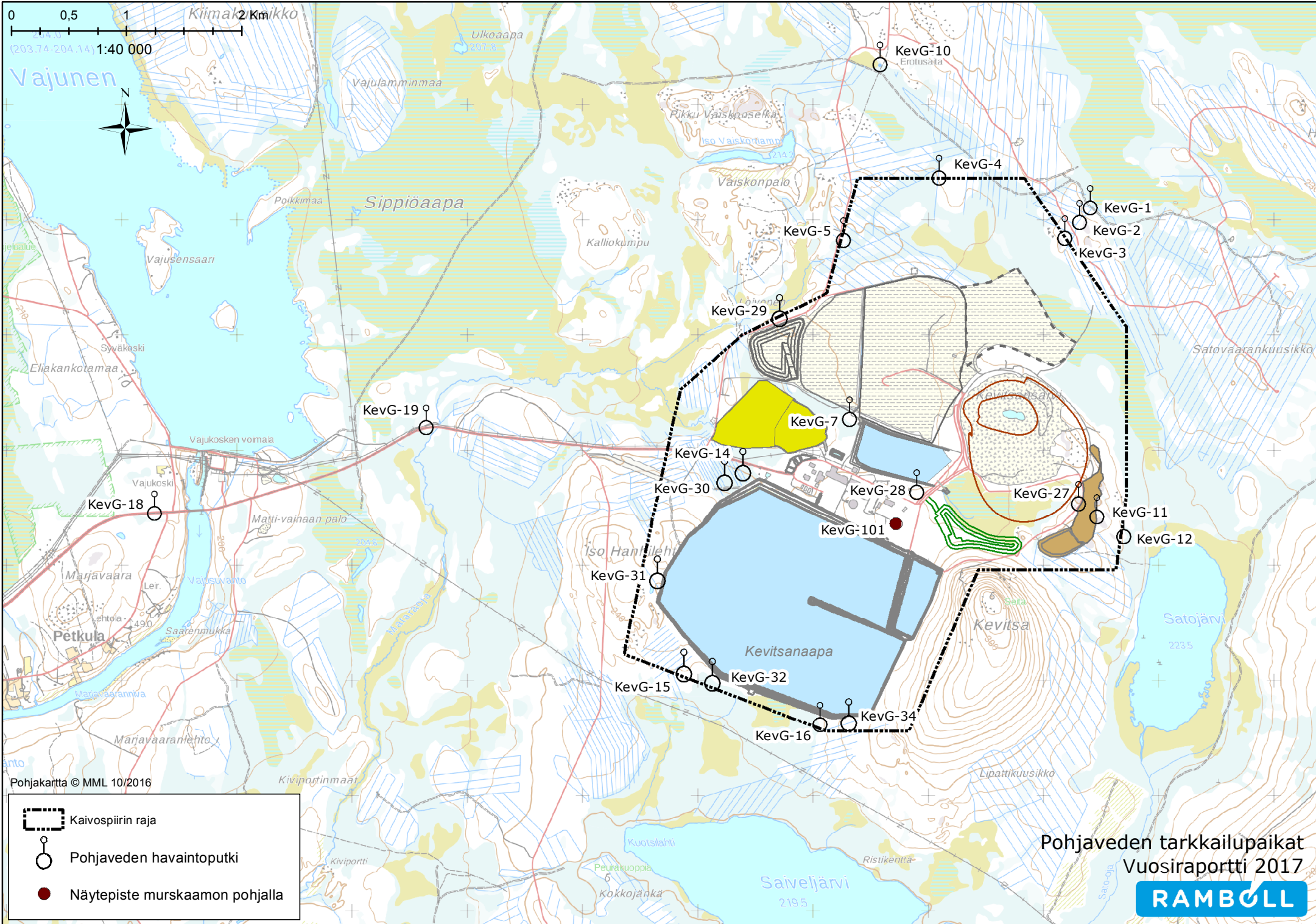
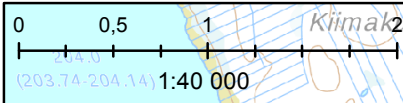
Rasilainen, K., Lahtinen, R., Bornhorst, T.J. 2008. Chemical characteristics of Finnish Bedrock – 1:1 000 000 Scale Bedrock Map Units. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 171. <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr171.pdf>

Tenhola, M., Lahermo, P., Väänänen, P. & Lehto, O. 2003. Alueellisessa geokemiallisessa purove-sikartoituksessa todettujen fysikaalisten ominaisuuksien ja alkuainepitoisuuksien vertailu Suo-messa vuosina 1990, 1995 ja 2000. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 159. [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr\\_159.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_159.pdf)

VNa 341/2009. Valtioneuvoston asetusvesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muutta-misesta

Ympäristöhallinto 2018. Ympäristöhallinnon Internet-sivut. <http://www.ymparisto.fi/>

**LIITE 1**  
**POHJAVEDEN TARKKAILUPAIKAT**



Pohjakartta © MML 10/2016

|  |                                |
|--|--------------------------------|
|  | Kaivospiirin raja              |
|  | Pohjaveden havaintoputki       |
|  | Näytepiste murskaamon pohjalla |

Pohjaveden tarkkailupaikat  
 Vuosiraportti 2017



**LIITE 2**  
**POHJAVESIEN TARKKAILUN ANALYYSITULOKSET**











**LIITE 3**  
**LABORATORION MITTAUSEPÄVARMUUDET**



Eurofins Environmet Testing Finland Oy T039: Menetelmät ja mittausepävarmuudet

Päivitetty

30.10.2017

Boliden Kevitsa Mining Oy

Pj

| Koodi  | Analyysi  | Menetelmä   | Määrittysraja                             | Mittausepävarmuus (ME %)                         | Akkreditointi |
|--------|---|---|---|--|---------------|
| EF2001 | Alkaliniteetti  | SFS-EN ISO 9963-1   | 0,020 mmol/l                              | 10 % (>0,1 mmol/l)<br>±0,01 mmol/l (<0,1 mmol/l) | KYLLÄ         |
| EF2046 | Ammoniumtyppi (spektro.)                                | SFS 3032  | 4 µg/l                                    | 15 % (>20 µg/l)<br>25 % (<20 µg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2034 | Ammoniumtyppi (tisl.)                                   | SFS 5505  | 1,5 mg/l                                  | 20 % (>10 mg/l)<br>25 % (<10 µg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2006 | BOD7  | SFS-EN 1899-2   | 2 mg/l                                    | 20 %   | KYLLÄ         |
| EF2006 | BOD7 ATU  | SFS-EN 1899-1   | 3 mg/l                                    | 20 %   | KYLLÄ         |
| EF2011 | CODCr   | SFS 5504, ISO 15705   | 25 mg/l                                   | 12 % (>500 mg/l)<br>15 % (<500 mg/l)             | KYLLÄ         |
| EF2012 | CODMn   | SFS 3036  | 0,5 mgO2/l                                | 10 % (>2 mgO2/l)<br>20 % (<2 mgO2/l)             | KYLLÄ         |
| EF2007 | DOC   | SFS-EN 1484   | 1,0 mg/l                                  | 15 % (>2 mg/l)<br>35 % (<2 mg/l)                 | KYLLÄ         |
| EF5002 | Fekaaliset koliformiset bakteerit                       | SFS 4088:2001   | 0 pmy/100ml                               |  | KYLLÄ         |
| EF2010 | Fosfaattifosfori (PO4-P), kokonais-                     | kumottu SFS 3025  | 2 µg/l                                    | 15 % (>10 µg/l)<br>20-25 % (2-10 µg/l)           | KYLLÄ         |
| EF2010 | Fosfaattifosfori (PO4-P), liennut                       | kumottu SFS 3025  | 2 µg/l                                    | 10 % (>50 µg/l)<br>15 % (<50 µg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2008 | Fosfori, kokonais- (spektro.)                           | SFS-EN ISO 6878   | 2 µg/l                                    | 11 % (>25 µg/l)<br>15 % (<25 µg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2002 | Hapen kyllästysprosentti                                | SFS-EN 25813  | 2,0 %                                     | 15 %   | EI            |
| EF2002 | Happipitoisuus (potentiometrinen titraus)               | SFS-EN 25813  | 0,2 mg O2/l                               | 10 % (>2 mg/l)<br>20 % (<2 mg/l)                 | KYLLÄ         |
| EF4019 | Öljyhiilivedyt (mineraaliöljyt C10-C40)                 | mod .SFS-EN ISO 9377-2  | 0,05 mg/l                                 | 26 %   | KYLLÄ         |
| EF2029 | Kiintoaine, jätevesi (A-suodatin)                       | SFS-EN 872  | 2,0 mg/l                                  | 17 %   | KYLLÄ         |
| EF2029 | Kiintoaine, vesistövesi (C-suodatin)                    | SFS-EN 872  | 2,0 mg/l                                  | 15 %   | KYLLÄ         |
| EF4016 | Kiintoaineen hehkutushäviö 550 °C                       | SFS-EN 872 + SFS 3008   | 2,0 mg/l                                  | 22 %   | EI            |
| EF4016 | Kiintoaineen hehkutusjäännös 550 °C                     | SFS-EN 872 + SFS 3008   | 2,0 mg/l                                  | 22 %   | EI            |
| EF2018 | Kloridi   | SFS-EN ISO 10304-1  | 0,5 mg/l                                  | 10 % (>5,0 mg/l)<br>20 % (<5,0 mg/l)             | KYLLÄ         |
| EF2031 | klorofylli  | SFS 5772  | 1 µg/l                                    | 20 %   | EI            |
| EF2035 | Nitraattityppi (NO3-N), FIA                             | SFS-EN ISO 13395  | jätevedet 100 µg/l<br>muut vedet 4,0 µg/l | 20 % (>50 µg/l)<br>25 % (<50 µg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2018 | Nitraattityppi (NO3-N), IC                              | SFS-EN ISO 10304-1  | 0,25 mg/l                                 | 15 % (>1,25 mg/l)<br>25 % (<1,25 mg/l)           | KYLLÄ         |
| EF2035 | Nitriittityppi (NO2-N), FIA                             | SFS-EN ISO 13395  | jätevedet 100 µg/l<br>muut vedet 2 µg/l   | 11 % (>10 µg/l)<br>20 % (<10 µg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2018 | Nitriittityppi (NO2-N), IC                              | SFS-EN ISO 10304-1  | 0,02 mg/l                                 | 25 %   | KYLLÄ         |
| EF2035 | Nitraatti- ja nitriittitypen summa (NO2-N + NO3-N), FIA | SFS-EN ISO 13395  | jätevedet 100 µg/l<br>muut vedet 4,0 µg/l | 20 % (>50 µg/l)<br>25 % (<50 µg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2000 | pH  | ISO 10523, SFS 3021   | ± 0,2 yks. 3 %                            |  | KYLLÄ         |
| EF2077 | Redox-potentiaali                                       | Sis. Men.   | -   | 25 %   | EI            |
| EF2024 | sameus  | SFS-EN ISO 7027   | 0,20 FTU                                  | 10 % (>10 FTU)<br>15 % (<10 FTU)                 | KYLLÄ         |
| EF2018 | Sulfaatti   | SFS-EN ISO 10304-1  | 0,5 mg/l                                  | 15 % (>20 mg/l)<br>25 % (<20 mg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2013 | sähkönjohtavuus   | SFS-EN 27888  | 0,1 mS/m                                  | 5 % (>4 mS/m)<br>10 % (<4 mS/m)                  | KYLLÄ         |
| EF2018 | Tiosulfaatti  | SFS-EN ISO 10304-3:1998   | 5 mg/l                                    | 20 %   | KYLLÄ         |
| EF2007 | TC (Kokonaishiili)                                      | SFS-EN 1484   | 1,0 mg/l                                  | 20 % (>10 mg/l)<br>30 % (<10 mg/l)               | KYLLÄ         |
| EF2007 | TIC (Epäorgaaninen kokonaishiili)                       | SFS-EN 1484   | 1,0 mg/l                                  | 20 % (>2 mg/l)<br>35 % (<2 mg/l)                 | KYLLÄ         |
| EF5218 | Toksisuus, valobakteeritesti                            | ISO 11348-3, <i>Vibrio fischeri</i>                                 |   |  | EI            |
| EF5216 | Toksisuus, vesikirpputesti                              | Akuutti toksisuus (OECD 202 ja ISO 6341 mod.), <i>Daphnia magna</i> |   |  | EI            |

| Eurofins Environmet Testing Finland Oy T039: Menetelmät ja mittausepävarmuudet |   |  |                |  | Päivitetty<br>30.10.2017<br>pj |
|--|---|--|----------------|--|--------------------------------|
| Boliden Kevitsa Mining Oy  |   |  |                |  |                                |
| Koodi  | Analyysi                                      | Menetelmä                                  | Määrittäysraja | Mittausepävarmuus (ME %)   | Akkreditointi                  |
| Koodi  | Analyysi                                      | Menetelmä                                  | Määrittäysraja | Mittausepävarmuus (ME %)   | Akkreditointi                  |
| EF2004   | Typpi, kokonais-, FIA                         | SFS-EN ISO 11905-1                         | 50 µg/l        | 25 % (50-70 µg/l)<br>15 % (70-250 µg/l)<br>12 % (>250 µg/l)                      | EI                             |
| EF2087   | Typpi, kokonais-N, Gallery                    | ISO 15923-1, Epa Method 353.1              | 50 µg/l        | 15 % (>70 µg/l)<br>20 % (50-70 µg/l)   | 15-<br>KYLLÄ                   |
| EF2085   | Typpi, kokonais-N, CFA                        | SFS-EN ISO 11905-2                         | 50 µg/l        | 10 µg/l (50-70 µg/l)<br>15 % (>70 µg/l)  | KYLLÄ                          |
| EF2021   | Typpi, kokonais-N, Kjeldahl                   | SFS 5505                                   | 2,0 mg/l       | 15 % (>5 mg/l)<br>25 % (<5 mg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF2014   | Väriluku                                      | SFS-EN ISO 7887                            | 5 mg/l Pt      | 20 %   | KYLLÄ                          |
| <b>Alkuaineet</b>  |   |  |                |  |                                |
| EF3000   | Alumiini, ICP-MS                              | SFS-EN ISO 17294-2                         | 5,0 µg/l       | 15 % (>20 µg/l)<br>19 % (<20 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Antimoni, ICP-MS                              | SFS-EN ISO 17294-2                         | 0,20 µg/l      | 15 % (>2 µg/l)<br>16 % (1-2 µg/l)<br>25 % (0,2-1 µg/l)                           | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Arseeni, ICP-MS                               | SFS-EN ISO 17294-2                         | 0,20 µg/l      | 15 % (>1 µg/l)<br>25 % (0,2-1 µg/l)  | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Barium, ICP-MS                                | SFS-EN ISO 17294-2                         | 0,50 µg/l      | 15 % (>1 µg/l)<br>20 % (<1 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Beryllium, ICP-MS                             | SFS-EN ISO 17294-2                         | 0,20 µg/l      | 15 % (>2 µg/l)<br>20 % (1-2 µg/l)<br>22 % (<1 µg/l)                              | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Boori, ICP-MS                                 | SFS-EN ISO 17294-2                         | 10 µg/l        | 15 % (>200 µg/l)<br>20 % (<200 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Bromi, ICP-MS                                 | SFS-EN ISO 17294-2                         | 10 µg/l        | 25 %   | EI                             |
| EF3000   | Elohopea, ICP-MS                              | SFS-EN ISO 17294-2                         | 0,020 µg/l     | 15 % (>1 µg/l)<br>18 % (0,1-1 µg/l)<br>20 % (0,05-0,1 µg/l)<br>40 % (<0,05 µg/l) | KYLLÄ                          |
| EF3010   | Esikäsittely, mikroaaltohajotus, HNO3         | SFS-EN ISO 15587-2                         |                |  | KYLLÄ                          |
| EF3007   | Esikäsittely, mikroaaltohajotus, kuningasvesi | SFS-EN ISO 15587-1                         |                |  | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Fosfori, ICP-MS                               | SFS-EN ISO 17294-2                         | 2,0 µg/l       | 15 % (>10 µg/l)<br>25 % (5-10 µg/l)<br>30 % (<5 µg/l)                            | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Fosfori, ICP-MS (jätevesi)                    | SFS-EN ISO 17294-2, SFS-EN ISO 15587 (1-2) | 20 µg/l        | 15 % (>10 µg/l)<br>±1,5 (<10 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Hopea, ICP-MS                                 | SFS-EN ISO 17294-2                         | 0,5 µg/l       | 15 % (>50 µg/l)<br>17 % (5-50 µg/l)<br>20 % (<5 µg/l)                            | EI                             |
| EF3000   | Jodi, ICP-MS                                  | SFS-EN ISO 17294-2                         | 10 µg/l        |  | EI                             |
| EF3000   | Kadmium, ICP-MS                               | SFS-EN ISO 17294-2                         | 0,030 µg/l     | 15 % (>1 µg/l)<br>17 % (0,1-1 µg/l)<br>20 % (<0,1 µg/l)                          | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Kalium, ICP-MS                                | SFS-EN ISO 17294-2                         | 50 µg/l        | 12 % (>500 µg/l)<br>15 % (250-500 µg/l)<br>25 % (<250 µg/l)                      | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Kalsium, ICP-MS                               | SFS-EN ISO 17294-2                         | 50 µg/l        | 13 % (>500 µg/l)<br>15 % (250-500 µg/l)<br>25 % (<250 µg/l)                      | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Koboltti, ICP-MS                              | SFS-EN ISO 17294-2                         | 0,10 µg/l      | 15 % (>0,2 µg/l)<br>20 % (<0,2 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3004   | Kokonaiskovuus                                | sisäinen menetelmä (SFS 3003, muunneltu)   | 0,005 mmol/l   | 13 % (>0,27 mmol/l)<br>15 % (0,027-0,27 mmol/l)<br>25% (<0,027 mmol/l)           | KYLLÄ                          |
| Koodi  | Analyysi                                      | Menetelmä                                  | Määrittäysraja | Mittausepävarmuus (ME %)   | Akkreditointi                  |

| Eurofins Environmet Testing Finland Oy T039: Menetelmät ja mittausepävarmuudet |                    |   |                |  | Päivitetty<br>30.10.2017<br>pj |
|--|--------------------|---|----------------|--|--------------------------------|
| Boliden Kevitsa Mining Oy  |                    |   |                |  |                                |
| Koodi  | Analyysi           | Menetelmä                                   | Määrittärajana | Mittausepävarmuus (ME %)   | Akkreditointi                  |
| EF3003   | Kromi(VI) SepPak   | sis.menetelmä                               | 5,0 µg/l       | 25 %   | EI                             |
| EF3000   | Kromi, ICP-MS      | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,50 µg/l      | 15 % (>1 µg/l)<br>25 % (<1 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Kupari, ICP-MS     | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,50 µg/l      | 15 % (>1 µg/l)<br>25 % (<1 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Lantaani, ICP-MS   |   |                |  | EI                             |
| EF3000   | Litium, ICP-MS     | SFS-EN ISO 17294-2, EPA 3051A, SFS-EN 13346 | 1,0 µg/l       | 15 % (>20 µg/l)<br>20 % (2-20 µg/l)<br>25 % (<2 µg/l)                                  | EI                             |
| EF3000   | Lyijy, ICP-MS      | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,10 µg/l      | 15 % (>0,2 µg/l)<br>25 % (<0,2 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Magnesium, ICP-MS  | SFS-EN ISO 17294-2                          | 50 µg/l        | 12 % (>500 µg/l)<br>15 % (250-500 µg/l)<br>25 % (<250 µg/l)                            | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Mangaani, ICP-MS   | SFS-EN ISO 17294-2                          | 1,0 µg/l       | 15 % (>20 µg/l)<br>18 % (<20 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Molybdeeni, ICP-MS | SFS-EN ISO 17294-2                          | 1,0 µg/l       | 15 % (>20 µg/l)<br>17 % (<20 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Natrium, ICP-MS    | SFS-EN ISO 17294-2                          | 50 µg/l        | 12 % (>500 µg/l)<br>15 % (250-500 µg/l)<br>25 % (<250 µg/l)                            | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Nikkeli, ICP-MS    | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,20 µg/l      | 15 % (>1 µg/l)<br>25 % (<1 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Palladium, ICP-MS  | SFS-EN ISO 17294-2                          |                |  | EI                             |
| EF3000   | Pii (ICP-MS)       | SFS-EN ISO 17294-2                          | 20 µg/l        | 20 % (>100 µg/l)<br>25 % (<100 µg/l)   | EI                             |
| EF3000   | Platina, ICP-MS    | SFS-EN ISO 17294-2                          |                |  | EI                             |
| EF3000   | Rauta, ICP-MS      | SFS-EN ISO 17294-2                          | 10 µg/l        | 13 % (>20 µg/l)<br>20 % (<20 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Renium, ICP-MS     | SFS-EN ISO 17294-2                          |                |  | EI                             |
| EF3000   | Rikki (ICP-MS)     | SFS-EN ISO 17294-2                          | 10 µg/l        | 15 % (>4000 µg/l)<br>17 % (1000-4000 µg/l)<br>20 % (100-1000 µg/l)<br>25 % (<100 µg/l) | EI                             |
| EF3000   | Seleen, ICP-MS     | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,20 µg/l      | 15 % (>1 µg/l)<br>35 % (<1 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Sinkki, ICP-MS     | SFS-EN ISO 17294-2                          | 1,0 µg/l       | 15 % (>20 µg/l)<br>20 % (2-20 µg/l)<br>30 % (<2 µg/l)                                  | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Strontium, ICP-MS  | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,50 µg/l      | 15 % (>2 µg/l)<br>18 % (1-2 µg/l)<br>25 % (<1 µg/l)                                    | EI                             |
| EF3000   | Tallium, ICP-MS    | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,20 µg/l      | 15 % (>2 µg/l)<br>18 % (1-2 µg/l)<br>25 % (0,2-1 µg/l)                                 | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Tellurium, ICP-MS  | SFS-EN ISO 17294-2                          |                |  | EI                             |
| EF3000   | Tina, ICP-MS       | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,20 µg/l      | 15 % (>1 µg/l)<br>18 % (<1 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Titaani, ICP-MS    | SFS-EN ISO 17294-2                          | 1 µg/l         | 15 % (>2 µg/l)<br>19 % (<2 µg/l)   | EI                             |
| EF3000   | Torium, ICP-MS     | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,2 µg/l       |  | EI                             |
| EF3000   | Uraani, ICP-MS     | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,1 µg/l       | 15 % (>1 µg/l)<br>15 % (<1 µg/l)   | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Vanadiini, ICP-MS  | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,20 µg/l      | 15 % (>1 µg/l)<br>20 % (0,2-1 µg/l)  | KYLLÄ                          |
| EF3000   | Vismutti, ICP-MS   | SFS-EN ISO 17294-2                          | 0,2 µg/l       |  | EI                             |
| EF3000   | Volframi, ICP-MS   | SFS-EN ISO 17294-2                          | 1,0 µg/l       |  | EI                             |
| EF3000   | Yttrium, ICP-MS    | SFS-EN ISO 17294-2                          |                |  | EI                             |
| EF3000   | Zirkonium, ICP-MS  | SFS-EN ISO 17294-2                          |                |  | EI                             |