

Vastaanottaja

**Taina Koivisto**  
**Porin kaupunki**

Asiakirjatyyppi

**Selvitys**

Päivämäärä

**24.11.2020**

# **PORIN KAUPUNKI**

## **HONKALUODON 2. VAIHEEN**

### **SULFIDIMAASELVITYS**

# **PORIN KAUPUNKI HONKALUODON 2. VAIHEEN SULFIDIMAASELVITYS**

Projekti **Porin Honkaluodon 2. vaiheen sulfidimaaseelvitys**  
Projekti nro **1510056388**  
Vastaanottaja **Porin kaupunki**  
Asiakirjatyyppi **Selvitys**  
Versio **01**  
Laatija **Sanna Vienonen, Ramboll Finland Oy**  
Tarkastaja **Sari Suvanto, Ramboll Finland Oy**  
Hyväksyjä **Taina Koivisto, Porin kaupunki**

Ramboll  
Kiviharjunlenkki 1 A  
90220 OULU

P +358 20 755 611  
<https://fi.ramboll.com>

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>Johdanto</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Happamat sulfaattimaat</b>	<b>6</b>
2.1	Tausta	6
2.2	Luokittelu	7
2.3	Sulfaattimaiden tunnistaminen	8
2.3.1	Kenttähavainnot	9
2.3.2	Laboratoriotutkimukset	9
2.4	Happaman valunnan muodostuminen	11
2.5	Vaikutukset	11
2.5.1	Korroosio	11
2.5.2	Vesistövaikutukset	12
2.6	Sulfidimaista aiheutuvien haittojen ehkäisy	12
2.6.1	Pohjaveden pinnan alin taso	13
2.6.2	Massanvaihto ja ylijäämämaiden käsittely	13
2.6.3	Maanalaiset rakenteet ja paalutus	14
<b>3.</b>	<b>Näytteenotto</b>	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>Maaperänäytteiden tulokset</b>	<b>15</b>
4.1	Maalajit ja vesipitoisuus	15
4.2	pH-taso	16
4.3	Kokonaisrikkipitoisuus	16
4.4	Puskurikapasiteetti	16
<b>5.</b>	<b>Vesinäytteiden tulokset</b>	<b>16</b>
<b>6.</b>	<b>Tulosten yhteenveto</b>	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>Lyhenteet</b>	<b>18</b>
<b>8.</b>	<b>Kirjallisuusviitteet</b>	<b>19</b>

## **LIITTEET**

### **Liite 1**

Tutkimustodistukset

## 1. JOHDANTO

Porin kaupunki suunnittelee Honkaluodon alueelle asemakaavamuutosta (jatkossa selvitysalue). Selvitysalue on esitetty kuvassa 1-1.

Tämän työn lähtökohtana oli selvittää, onko suunnittelualueen maaperä luokiteltavissa happamaksi sulfaattimaaksi sekä missä maakerroksissa ja kuinka syvällä selvitysalueella on sulfidimaita, ja millä edellytyksillä rakennustoimia voidaan toteuttaa ilman happaman valunnan muodostumisen vaaraa. Sulfaatti- ja sulfidimaat tulee huomioida alueen rakentamisessa niiden happamoittavan vaikutuksen vuoksi. Hapan vesi liottaa maa-aineksista metalleja, jotka voivat aiheuttaa haittaa ympäristölle ja erityisesti vesieliöstölle.

Sulfidimaatutkimuksia tehtiin selvitysalueelta kolmelta pisteestä. Lisäksi otettiin vesinäyte alku- ja loppukesästä selvitysalueen läpi kulkevasta ojasta. Aiempien selvitysten yhteydessä on otettu vesinäyte samasta ojasta vuonna 2018. Tulosten vertailukelpoisuuden vuoksi otetaan vesinäyte nytkin samasta ojasta. Tässä raportissa on esitetty kootusti sulfidimaaselvityksen tulokset.

Työ on tehty Porin kaupungin toimeksiannosta yhteyshenkilönä Taina Koivisto. Tutkimukset on tehty Ramboll Finland Oy:n ja Eurofinsin laboratorioissa. Rambollissa työstä ovat vastanneet:

- |                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| – <b>Sulfidimaaselvitys:</b> | Sanna Vienonen   |
| – <b>Näytteenotto:</b>       | Ville Vähävuori  |
| – <b>Laboratoriotyöt:</b>    | Tuomas Suikkanen |
| – <b>Laadunvarmistus:</b>    | Sari Suvanto     |



Kuva 1-1. Selvitysalueen sijainti.

## 2. HAPPAMAT SULFAATTIMAAT

### 2.1 TAUSTA

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan maaperässä luontaisesti esiintyviä rikkipitoisia sedimenttejä, joista vapautuu hapettumisen seurauksena haitallisia määriä happamuutta maaperään ja vesistöihin. Happamoitumisen seurauksena liikenee maaperästä myös haitallisia metalleja (esim. Al, Cd, Co, Cu, Ni, Zn, U), jotka kulkeutuvat edelleen vesistöihin. Maaperän happamoitumiseen on syynä rautasulfidien hapettuminen sedimenttien joutuessa pohjavedenpinnan yläpuolelle maankohoamisen ja maankäyttöön liittyvän kuivatustoiminnan seurauksena. Hapettumisen seurauksena sulfideista muodostuu maaperässä rikkihappoa, joka alentaa maan pH-tasoa. Rikkipitoiset sedimentit ovat pääasiassa veteen kerrostuneita sedimenttejä, jotka ovat syntyneet ympäristössä, jossa sulfaattipitoiseen veteen, pääasiassa meriveteen, on kerrostunut orgaanista ainesta ja sekoittunut mantereelta kulkeutuneita sedimenttien rautaoksideja. Hapettomissa olosuhteissa bakteerit hajottavat orgaanista ainesta pohjan sedimentissä pelkistäen sulfaatin sulfidiksi, joka saostuu edelleen raudan kanssa rautasulfideiksi (Boman, et al., 2008).

Sulfidisedimentit ovat tyypillisesti liejuista silttiä tai savea ja esiintyvät rannikkoseudun alavilla mailla. Ne ovat usein väriltään mustia tai tumman harmaita. Paikoin rikkiä saattaa esiintyä kuitenkin haitallisia määriä myös karkeammassa maalajeissa kuten hiekassa ja hiekkaisessa siltissä. Näille

maalajeille on tyypillistä heikko puskurikyky happamoitumista vastaan, jolloin jo pienikin määrä hapettuvaa sulfidia voi alentaa maaperän pH:ta voimakkaasti.

Suomessa sulfidisedimentit ovat kerrostuneet pääasiassa viime jääkauden jälkeisten meri- ja järvivaiheiden aikana ja esiintymien arvioidaan olevan Euroopan laajimmat. Ongelmallisimpia ovat Litorina-merivaiheessa ja sen jälkeen kerrostuneet sedimentit, koska tällöin ympäristöolot ovat olleet suotuisimmat rikkipitoisten kerrostumien muodostumiselle. Litorina-meri on ulottunut noin 9800 vuotta sitten ylimmillään Perämeren seudulla yli 100 metrin, Pohjanmaalla hieman alle 100 metrin ja Etelä-Suomessa noin 50 metrin korkeudelle nykyisen merenpinnan yläpuolelle.

Kuivana ajanjaksona happamoitumisen seurauksena lienneet happosuolat ja metallit pidättäytyvät maaperään. Sateiden tai sulamisvesien mukana sulfaattimaiden vedet huuhtoutuvat vesistöihin ja valumien pH voi olla alle 3. Herkimmät kalat voivat kuolla, jos vesistön pH laskee tason 5,5 alle. Happaman veden liuottama alumiini saostuu vesistöissä kalan kiduksissa aiheuttaen kalojen tukehtumista.

## 2.2 LUOKITTELU

Happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jossa on sekä hapettunut hapan maakerros, että hapettumaton sulfidirikkipitoinen maakerros, tai vain toinen näistä. Maaperä määritellään happamaksi sulfaattimaaksi maastohavaintojen ja laboratorioanalyysien perusteella, mikäli vähintään yksi seuraavista kriteereistä täyttyy:

- pH < 4,0 mineraalimaassa tai liejussa sulfidien hapettumisen seurauksena; ja/tai
- näytteen pH < 4,0 inkubaation (hapettunut kosteana 9–19 viikkoa huoneenlämmössä) jälkeen

Happamat sulfaattimaat ovat yleisesti liejuisia ja hienorakeisia maalajeja (savi ja siltti), mutta myös karkearakeiset maalajit (silttinen hiekka ja hiekka), joissa kokonaisrikkipitoisuus on alhainen (< 0,2 %, jopa 0,01%) voivat hapettuessaan tuottaa happamuutta huonon puskurikapasiteetin takia (Nieminen, et al., 2016).

Happamat sulfaattimaat voidaan luokitella kahteen ryhmään: 1. Todelliset happamat sulfaattimaat (THS) ja 2. Potentiaaliset happamat sulfidimaat (PHS).

### 1. Todellinen hapan sulfaattimaa (THS)

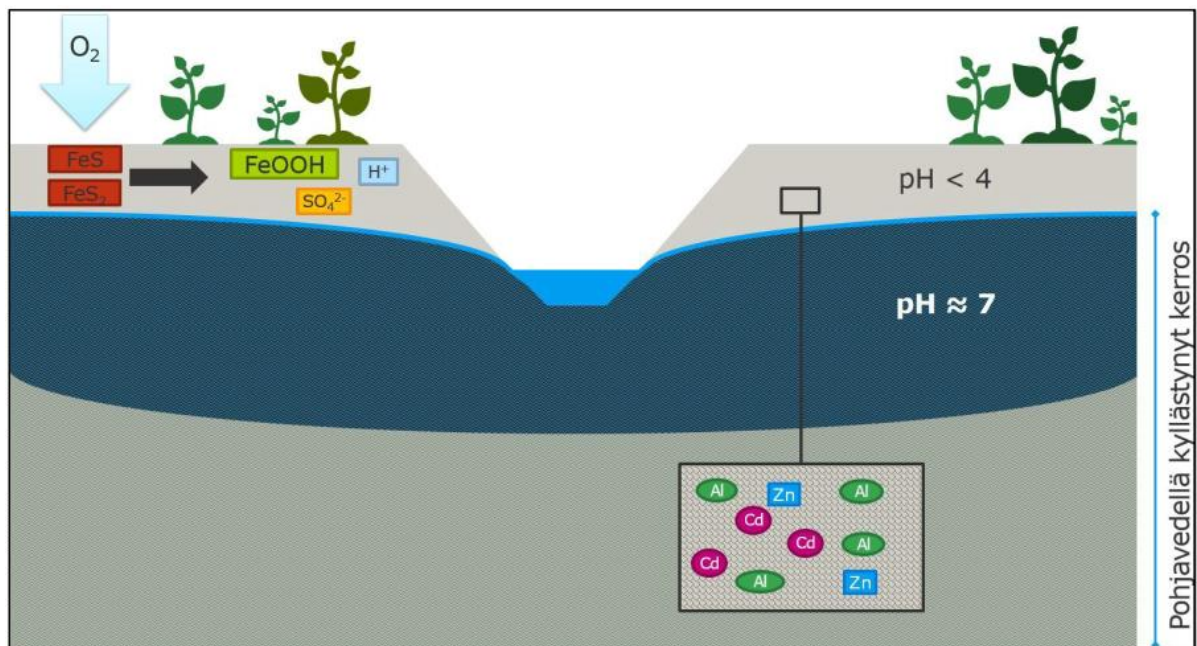
- pH < 4,0 maastossa suoraan näytteestä mitattuna hapettuneessa mineraalimaassa tai liejuissa (ei turpeessa) sulfidien hapettumisen seurauksena.
- mikäli savi-/silttinäytteen maastossa mitattu pH on 4,0 – 4,4 eikä alemmasta maakerroksesta ole tehty sulfidisavihavaintoja, jatkotutkimukset ovat tarpeen. Jatkotutkimuksissa tehdään esimerkiksi pH:n määrittäminen inkuboidusta näytteestä (vetyperoksidihapetus) ja/tai kokonaisrikkipitoisuusmäärittäminen.

Happaman maakerroksen ja sulfidirikkipitoisen maakerroksen välillä on tyypillisesti kapea vaihtumisvyöhyke (noin 0–50 cm) missä pH:n vaihtelu voi olla erittäin suurta (noin 4,0–7,0).

## 2. Potentiaalinen hapan sulfidimaa (PHS)

Potentiaalisella happamalla sulfidimaalla tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jolla on potentiaalia muuttua todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi, mikäli maaperä pääsee hapettumaan. Sulfidirikkipitoisen maakerroksen pääpiirteet ovat:

- rikki esiintyy sulfidimuodossa (pelkistyneenä, ei hapettuneena)
- yleensä  $\text{pH} > 6.0$
- rikin pitoisuus,  $S_{\text{tot}} \geq 0,2 \%$
- inkuboidun näytteen  $\text{pH} < 4,0$  (vetyperoksidihapetetun) ja  $\text{pH}$ :n muutos on yli 0,5 yksikköä verrattuna maastossa mitattuun  $\text{pH}$ -tulokseen



Kuva 2-1. Ylin harmaa maakerros kuvaa jo hapettuneessa tilassa olevaa hapanta sulfaattimaata, joka on vallitsevan pohjavesipinnan yläpuolella. Musta kerros kuvaa pelkistyneessä tilassa pohjavesipinnan alapuolella olevaa sulfidimaata. Sulfidimaahan on sitoutuneena metalleja, jotka hapettuneessa sulfaattimaassa pääsevät liukenemaan ja kulkeutumaan vesistöön.

### 2.3 SULFAATTIMOIDEN TUNNISTAMINEN

Tässä luvussa on kuvattu tässä selvityksessä käytettyjä tunnistusmenetelmiä. Myös muita menetelmiä on kehitetty, mutta ne ovat vähemmän käytettyjä, eikä niitä ole tässä tarkemmin kuvattu.



### 2.3.1 Kenttähavainnot

#### *pH-mittaus*

Maaperän pH mittaus on yksi tärkeimmistä happamien sulfaattimaiden tunnistusmenetelmistä. Eri syvyydeltä tehdyn pH mittauksen avulla voidaan maaperästä määrittää syvyysuuntainen profiili, jonka perusteella voidaan arvioida pintamaan hapettumista. Happamien sulfaattimaiden tapauksessa hapettuneen pintamaan pH laskee yleensä alle 4, jolloin kyseessä on todellinen hapan sulfaattimaa (THS).

#### *Pohjavedenpinnan taso*

Pohjaveden pinnan korkeus (tai sen painetaso) sekä kuivatustaso ovat hyödyllisiä tietoja happamien sulfaattimaiden kartoituksessa ja sitä voidaan käyttää apuna yhdessä silmämääräisen tarkastelun kanssa. Pohjaveden pinnan alapuolella huokostilavuuden ollessa veden täyttämä vallitsee hapettomat olosuhteet, jotka estävät sulfidimineraalien hapettumisen.

#### *Silmämääräinen maalajin arviointi*

Happamien sulfaattimaiden ja erityisesti sulfidisavien tunnistamiseen on useasti käytetty kentällä tehtävää silmämääräistä arviointia maalajin ja maaperän värin avulla. Sulfidisavet ovat usein mustia, mikä helpottaa niiden visuaalista tunnistamista. Visuaalinen tarkastelu on hyvä apukeino happamien sulfaattimaiden tunnistamisessa, mutta sitä ei tule käyttää ainoana tutkimusmenetelmänä.

### 2.3.2 Laboratoriotutkimukset

#### *Kokonaisriikki*

Maaperän kokonaisrikkipitoisuutta on käytetty sulfidipitoisten maiden tunnistamiseen ja mahdollisen hapontuoton arviointiin laajalti. Kokonaisrikkipitoisuus antaa hyvän kuvan maaperän happamoitumispotentiaalista. Suomessa yli 0,2 m-% kokonaisrikkipitoisuutta on pidetty rajana happamille sulfaattimaille, mutta karkeampien maalajien yhteydessä jo pienemmät rikkipitoisuudet voivat laskea pH:n hyvinkin matalaksi maaperän heikon puskurikyvyn vuoksi. Kokonaisriikki määritetään yleensä polttomenetelmällä esim. LECO-uunissa tai kuningasvesiuutto-liuoksesta ICP:llä (esim. SFS-EN ISO 11885).

#### *Inkubaatio pH*

pH-inkubaation perusteella voidaan tunnistaa sulfaattimaa ja arvioida sekä ennustaa maaperässä tapahtuvaa happamoitumista. Inkubaatio vastaa kutakuinkin maaperässä luonnossa hapettumisen aikana tapahtuvaa pH-muutosta, ottaen huomioon maaperän luonnollisen puskurikapasiteetin. Inkubaation perusteella ei kuitenkaan voida arvioida suoraan maaperästä lähtevän happamuuskuormituksen määrää.

Inkubaatiossa maaperänäytteiden annetaan hapettua huoneilmassa 9 – 19 viikon ajan (tavallisesti 10 viikkoa). Näytteet pidetään inkubaation ajan ”luonnonkosteina”. Näytteen pH mitataan alkutilanteessa ja hapetusjakson jälkeen. Inkubaation kesto on joko:

- I. Kunnes pH on < 4 ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä maastossa mitattuun pH-arvoon verrattaessa ja/tai
- II. kunnes pH (< 4) stabiloituu vähintään yhdeksän viikon ja korkeintaan 19 viikon jälkeen

Mikäli näytteen pH on yhdeksän viikon inkubaation jälkeen yli 6,5, voidaan todeta, että näytteessä ei esiinny merkittävästi sulfideja ja inkubaatio voidaan lopettaa. Mikäli näytteen pH on 9 viikon inkubaation jälkeen välillä 4,0 - 6,5, jatketaan inkubaatiota vielä 10 viikkoa. Mikäli tämän jälkeen näytteen pH on < 4, voidaan näytteessä todeta esiintyvän sulfideja ja maaperä luokitella sulfaattimaaksi.

### **NAG-pH ja nettohapontuotto**

NAG-pH:n mittausta tehdään vetyperoksidilla hapetetusta maaperänäytteestä. Vetyperoksidin avulla maaperän hapettumista voidaan nopeuttaa verrattuna luonnolliseen hapettumiseen (vrt. inkubointi). Vetyperoksidihapetus voidaan tehdä joko kertalisäyksenä tai useampana eri lisäyksenä, joiden välissä näytettä keitetään 2 tuntia. Hapetuksen jälkeen jäädytetystä näytteestä mitataan hapetetun näytteen pH (NAG-pH). Suomessa happaman sulfaattimaan rajana on yleisesti käytetty pH-tasoa 4,5. Jos näytteen pH on laskenut alle raja-arvon, on näyte happoa tuottavaa. NAG-pH:n avulla voidaan arvioida maaperän happamoitumisesta aiheutuvaa riskiä.

NAG-pH määrittämisen etuna on luonnollista hapettumista nopeampi hapettumisreaktio, joka on eduksi kaikissa rakennusprojekteissa, joissa aikataulut ovat yleensä tiukat eikä esimerkiksi 9-19 viikon inkubointiin ole aikaa. Vetyperoksidihapetus on yleensä luonnonosuhteita voimakkaampi reaktio, jonka vuoksi NAG-pH arvo yleensä kuvaa ääritapausta, jossa lähes kaikki maaperässä oleva rikki pääsee hapettumaan. Luonnonosuhteissa hapettuminen ei välttämättä ole näin täydellistä ja hapettuneen maaperän pH voi jäädä korkeammaksi kuin NAG-pH. Tämän vuoksi NAG-pH määrittämistä ei suositella käytettäväksi ainoana menetelmänä sulfaattimaiden aiheuttaman happamoitumisriskin arvioinnissa.

Nettohapontuotto määritetään vetyperoksidilla hapetetusta näytteestä titraamalla pH arvoon 4,5 ja laskemalla titrauskulutuksesta hapontuotto. Nettohapontuotossa maaperän mahdollisesti sisältämä sulfidi hapettuu sulfaatiksi. Tämä kuvaa rajuinta mahdollista reaktiota eli kaiken näytteen sisältämän sulfidirikin hapettumista rikkihapoksi. Nettohapontuoton avulla voidaan arvioida maaperän hapontuottopotentiaalia eli happamoitumisesta aiheutuvaa riskiä. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2-1) on esitetty nettohapontuoton avulla tehtävä hapontuottopotentiaalinen arviointi.

**Taulukko 2-1. NAG-pH:n ja nettohapontuoton avulla tehtävä hapontuottopotentiaalinen arviointi.**

NAG-pH	NAG (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t)	Näytteen hapontuottopotentiaali
4,5	0	Ei happoa tuottava
alle 4,5	0 – 5	Potentiaalisesti happoa tuottavaa, alhainen kapasiteetti
alle 4,5	yli 5	Potentiaalisesti happoa tuottavaa

### **Maalajimääritys**

Pelkän maalajin perusteella ei voida arvioida, onko maaperä hapanta sulfaattimaata vai ei. Maalajimääritys antaa kuitenkin happamien sulfaattimaiden osalta tärkeää tietoa maaperän puskurikapasiteetista ja hapettumisnopeudesta. Karkeampirakeisilla maalajeilla vedenläpäisevyys on suurta, jolloin huuhtoutuva vesi pääsee leviämään maaperässä nopeasti ja pH voi laskea jo pienillä rikkipitoisuuksilla alhaisiksi olemattoman puskurikapasiteetin vuoksi. Riskinarviointia varten maaperän vedenläpäisevyyttä voidaan arvioida maaperän rakeisuuden perusteella. Maaperän tarkempi vedenläpäisevyys voidaan tarvittaessa todentaa erillisellä laboratoriokokeella.

### **Vesipitoisuus ja hehikutushäviö**

Hehikutushäviön avulla saadaan määritettyä näytteen sisältämän palavan aineksen osuus. Happamien sulfaattimaiden osalta hehikutushäviön avulla voidaan arvioida maaperän puskurikapasiteettia, koska humuksella on tunnetusti pH:ta puskuroivia ominaisuuksia. Rikkipitoiselle happamalle sulfaattimaalle on havaittu olevan ominaista myös korkea vesipitoisuus. Vesipitoisuus ei yksinään kerro maaperän rikkipitoisuudesta, koska myös humuspitoisuus ja rakeisuus vaikuttavat siihen suuresti, mutta se voi olla yksi indikaattori korkealle rikkipitoisuudelle.

## **2.4 HAPPAMAN VALUNNAN MUODOSTUMINEN**

Sulfidimaiden rikkiyhdisteet muodostavat hapettuessaan rikkihappoa ( $H_2SO_4$ ). Maaperässä liikkuva vesi huuhtoo rikkihapon mukaansa ja vesi happamoituu. Happamoitumisen voimakkuuteen vaikuttaa muodostuneen rikkihapon määrä ja muut mahdollisesti puskuroivat yhdisteet, jotka ovat liuenneet veteen. Maaperän ollessa pohjavedenpinnan alapuolella, on maaperän happipitoisuus hyvin matala ja rikkihappoa ei pääse muodostumaan. Rakennustöiden yhteydessä tehtävien pohjaveden alennusten myötä happi pääsee maaperään pohjaveden laskiessa ja rikkihapon muodostuminen alkaa. Sadannasta tai sulamisvesistä muodostuva valunta taas huuhtoo hapot mukanaan vastaanottaviin vesistöihin.

## **2.5 VAIKUTUKSET**

### **2.5.1 Korroosio**

Todellinen hapan sulfaattimaa (THS) on hapettunut ympäristö, jonka pH on laskenut hapettumisen myötä alle 4,0. Hapan ympäristö lisää merkittävästi korroosionopeutta useilla metalleilla – myös teräksillä. Todellisilla happamilla sulfaattimailla maanalaisten rakenteiden korroosio aiheutuukin suurelta osin matalan pH:n ja paikallisten happikonsentraatioerojen seurauksena. Korroosionopeutta lisää sähköjohtavuus, jonka edellytyksiä ovat riittävä vesipitoisuus ja liukoisten ionien määrä.

Potentiaalinen hapan sulfidimaa (PHS) on anaerobisessa tilassa oleva, happamuudeltaan neutraali, rikkipitoinen ympäristö, joka hapettuessaan tuottaa rikkihappoa muuttuen todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi. Korroosioympäristönä potentiaalisesti hapan sulfaattimaa on ongelmallinen metalleilla, etenkin teräkselle, sulfaatinpelkistäjäbakteerien mahdollisen vaikutuksen vuoksi. SRB mikrobit käyttävät hengittämiseen hapen sijaan sulfaattia tuottaen muun muassa sulfideja ja

rikkivetyä (H<sub>2</sub>S), vettä ja hiilidioksidia. Raudan ja orgaanisen aineksen läsnäolo (myös ihmisen rakentamat teräsrakenteet) lisäävät SRB mikrobien aktiivisuutta.

Kahden erilaisen korroosioympäristön rajavyöhyke on yleisesti ottaen voimakkaammin syövyttävä kuin kumpikaan korroosioympäristö yksin. Veden pinnan muutokset rajavyöhykkeellä voivat aiheuttaa aikaisempaa syövyttävämmät olosuhteet mm. hapontuoton sekä elektrolyysiveden läsnäolon seurauksesta.

### **2.5.2 Vesistövaikutukset**

Happamilta sulfaattimailta syntyvä valumavesi sisältää yleensä runsaasti sulfidimineraalien hapettumisesta peräisin olevia sulfaatteja sekä liukoisia metalleja, jotka nostavat veden sähkönjohtavuutta. Happamista sulfaattimaista on Suomessa arvioitu huuhtoutuvan vesistöihin jopa enemmän haitallisia metalleja, kuten mangaania, sinkkiä, alumiinia, kuin yhteensä kaikista Suomen teollisuuden jätevesistä (Sutela, et al., 2012; Sundström, et al., 2002). Veden happamuuden laskiessa alle 5,5 voidaan vesistön happamuustilaa pitää kriittisenä.

Vesielióstölle ja useimmille kalalajeille erityisen haitallisia vaikutuksia syntyy silloin, jos happamien sulfaattimaiden esiintymisalueilla tehdään maankäsittelyä, esimerkiksi ojitusta, kuivan kauden aikana. Kuivan kauden jälkeen esimerkiksi syyssateiden aiheuttama runsas huuhtoutuminen aiheuttaa happaman ja metallirikkaan pulssin vastaanottavaan vesistöön. Hapan pulssi voi aiheuttaa laajoja kalakuolemia, joita on raportoitu rannikkoalueiden vesistöissä ympäri Suomen. Veden laadun seurannassa on tärkeää huomioida vuositasolla mitatut alimmat pH-tasot eikä seurata pelkästään veden keskimääräistä pH:ta.

Happamien sulfaattimaiden synnyttämä happaman valunnan vaikutus on erityisen voimakasta pahimpien sulfaattimaa-alueiden pienissä puroissa ja joissa, joissa veden virtaus on hidasta. Hitaan virtaaman vuoksi pienten purojen veden pH voi pysyä matalana pitkään, toisin kuin isommissa joissa, joissa happamuus pääsee laimenemaan suureen vesimäärään. Happamissa vesissä sekä eliöstön että kasvillisuuden monimuotoisuus vähenee voimakkaasti, koska harvat lajit pystyvät elämään ja lisääntymään happamoituneissa vesissä.

## **2.6 SULFIDIMAISTA AIHEUTUVIEN HAITTOJEN EHKÄISY**

Rakennustoiminta sulfidimaa-alueella voi aiheuttaa haittoja pohjavedenpinnan laskun seurauksena massanvaihtojen sekä muiden kaivuutöiden yhteydessä. Näitä toimintoja suunniteltaessa voidaan sulfidimaiden haitallista vaikutusta ehkäistä ja vähentää erityyppisillä toimenpiteillä, joita on kuvattu tässä kappaleessa.

Sulfidimaiden huomioiminen hankkeiden esiselvitysvaiheessa antaa mahdollisuuksia ohjata ajoissa rakentamistoimenpiteitä ympäristöä huomioivalla tavalla. Riskien tunnistamisen ja hallinnan ollessa suunnitelmallista, saavutetaan todennäköisimmin myös kustannustehokkaita ratkaisuja.

### 2.6.1 Pohjaveden pinnan alin taso

Rakentamisalueiden kuivatustasojen muutos on tyypillisimpiä rakentamisen aiheuttamia toimia sulfidimailla. Kuivatustason (eli pohjaveden pinnan alimman tason) alentaminen alueilla, joilla esiintyy happamia sulfidimaita aiheuttaa kuivatetun kerroksen hapettumista ja edelleen happamoitumista. pH:n lasku puolestaan aiheuttaa metallien merkittävää liukenemistä ja huuhtoutumista vesistöön.

Ensisijainen toimenpide, jolla happamien vesien syntyä voidaan ehkäistä, on pohjavedenpinnan tason pitäminen potentiaalisen happaman maakerroksen yläpuolella.

### 2.6.2 Massanvaihto ja ylijäämämaiden käsittely

Rakentamista ajatellen yleisimmät sulfidipitoiset maalajit kuten savi ja siltti ovat liian heikkolaatuisia kantavuutensa puolesta useimmille rakennustoimenpiteille. Tämän vuoksi savi- ja silttimaat vaativat yleensä pohjanvahvistamista, joka voidaan toteuttaa mm. massanvaihtona. Sulfidipitoisten massojen kaivaminen aiheuttaa niiden hapettumisen ja rikkihapon muodostumisen, jos massat altistuvat tarpeeksi kauan hapelle. Kaivutoimenpiteet avaavat potentiaalisen sulfidimaan kerroksia alttiiksi hapettumiselle.

Riskinhallintakeinoja massankaivukohteissa ovat mm.:

- kaivantovesien mahdollinen käsittely ennen vesistöön ohjaamista
- kaivumassan esikäsittely ennen kaivua (stabilointi ja neutralointi) mikäli paljastuneet uudet leikkauspinnat jäävät hapellisiin olosuhteisiin
- työn vaiheistus, kaivannon sulkeminen ja koon mitoitus kohteeseen tarkoituksenmukaisella tavalla

Kaivanto, josta massat on nostettu ylös, tulee täyttää mahdollisimman nopeasti, ettei kaivannon reuna-alueilla mahdollisesti sijaitsevat sulfidipitoiset maamassat pääse hapettumaan. Aikataulun kireys on riippuvainen alapuolisen vesistön herkkyydestä ja sulfidisaven hapettumisen nopeudesta. Mitä isompi vesistö sitä suurempi sietokyky sillä on mahdollisille happamille pulsseille. Pienemmät purot, joissa on pH-vaihteluita heikosti sietävää eliöstöä tai kasvillisuutta, tulee ottaa erityisesti huomioon kaivantovesien johtamista suunnitellessa.

Ylijäämämassojen vastaanottoaikalla tulee olla valmiudet käsitellä massat asianmukaisesti, ettei vastaanottoalueelta tule happamia valuntoja. Rikkipitoiset, happoa muodostavat maa-ainekset ovat ympäristön kannalta aina turvallisinta sijoittaa syntypaikkaansa vastaaviin olosuhteisiin eli vallitsevan maanpinnan tason alapuolelle, ja jos mahdollista, vesipinnan alapuolelle, jotta rikin hapettuminen ja hapon muodostus olisi mahdollisimman vähäistä. Mikäli näin ei voida toimia, on massan neutralointi, hyötykäyttö esimerkiksi maisemarakenteina, erilaisina penkereinä tai maiseman muotoiluelementteinä ja peittäminen esimerkiksi moreenilla tai turpeella hyvä tapa ehkäistä happamien vesien muodostumista.

Mikäli alueiden rakentaminen sisältää paljon potentiaalisia massanvaihtokohteita, kannattaa sulfidimaa-alueella harkita myös massastabilointia pehmeikköjen rakennettavuuden

parantamiseen. Stabilointi vähentää merkittävästi massanvaihdon tarvetta (turve, lieju, savi, siltti) ja vähentää hankkeen välillisiä kustannuksia sekä ympäristövaikutuksia. Hankkeen kokonaisuuteen kuuluvat massanvaihdot, massojen kuljetukset soveltuville läjitysalueille sekä rakenteisiin sopivien useimmiten neitseellisten materiaalien kuljetus kohteeseen ovat kuluja, joista saadaan säästöjä, jos alueen sisäistä massataloutta voidaan suunnitella normaalia pidemmällä aikajänteellä.

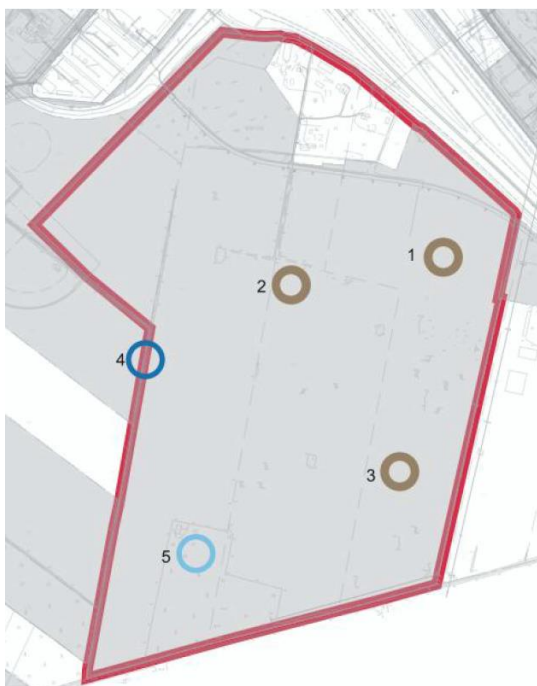
Massastabilointi tulee usein kustannustehokkaaksi menetelmäksi jo 5 000 m<sup>3</sup> stabilointikohteissa. Katurakenteiden pohjanvahvistuksena massastabilointi toimii joko sellaisenaan tai sitten massanvaihdon yhteydessä, jolloin poiskaivettavan massan happamoituminen ja sen aiheuttamat ympäristöriskit pienenevät. Myös stabiloidun massan kuljetus- ja läjitystyö on helpompaa.

### 2.6.3 Maanalaiset rakenteet ja paalutus

Mikäli sulfidipitoisilla alueilla perusrakenteita kuten paalutuksia tulee sulfidimaakerroksiin, tulee huomioida maaperän potentiaalinen happamuus perustusmateriaaleja valittaessa. Lisäksi tulee huolehtia, ettei perusrakenteet mahdollista pohjaveden purkautumista hallitsemattomasti alueelta. Mikäli perustusalue kuivatetaan, tulee varautua erittäin happamiin olosuhteisiin materiaaleja valittaessa.

## 3. NÄYTTEENOTTO

Sulfidinäytteenotto maaperästä suoritettiin 12.5.2020 puolen metrin (0,5 m) välein kolmeen metriin (3 m) saakka. Ojavesinäyte otettiin 14.5.2020 ja 24.9.2020 pisteestä 4. Näytepisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 3-1.



Kuva 3-1. Sulfidinäytteenottopisteet selvitysalueella maaperästä (1-3) ja ojasta (4) sekä asennettu pohjaveden tarkkailuputki (5).

Yksittäisiä maaperänäytteitä otettiin yhteensä 18 kappaletta. Kaikista näytteistä määritettiin näytteenoton yhteydessä silmämääräinen maalaji ja pH sekä tehtiin silmämääräiset havainnot maalajin väristä, kosteudesta ja hajusta sekä sen luonnontilaisuudesta. Näytteet pakattiin kaasutiiviisiin muovipusseihin (Rilsa), joista puristettiin ilmat pois, suljettiin tiiviisti ja säilytettiin viileässä laboratorioon toimittamiseen saakka. Kenttähavainnot (maalaji, väri) on esitetty taulukossa 4-1.

Kullekin näytteelle tehdyt analyysit ja tutkimustulosten yhteenveto (inkuboitu pH, rikkipitoisuus, vesipitoisuus ja hehkutushäviö) on esitetty samassa taulukossa 4-1.

## 4. MAAPERÄNÄYTTEIDEN TULOKSET

### 4.1 MAALAJIT JA VESIPITOISUUS

Kenttähavaintojen perusteella selvitysalueen maaperä on pääasiassa savea. Pohjaveden pinnan taso on suurinpiirtein 1-1,5 metrin syvyydellä maanpinnasta.

Taulukko 4-1. Yhteenveto kenttähavainnoista ja tutkimustuloksista.

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	Väri	Muita kenttähuomioita	Alku-pH	Inkuboitu pH	S <sub>tot</sub> (m-%)	Vesipitoisuus	Hehkutushäviö
P1	0...0,5	Sa (multa)	Ha/Mu	Oransseja juovia	5,9				
	0,5...1	Sa	Ha	-	6,1	6,7	<0,05	55,8	3,8
	1...1,5	Sa		Vesi tuli vastaan vähän 1,0 m jälkeen	6,5	7,0	<0,05		
	1,5...2	Sa	Ha	-	6,6	7,1	<0,05	76,5	3,8
	2...2,5	Sa	Ha	-	6,8				
	2,5...3	Sa	Ha	-	6,9	7,5	0,08	40,9	1,9
P2	0...0,5	Sa (multa)	Ha	Oransseja juovia	6,6				
	0,5...1	Sa	Ha	Oransseja juovia	6,4	6,9	<0,05	26,2	1
	1...1,5	Sa	Ha	Oransseja juovia	5,8	6,3	<0,05	28,8	1
	1,5...2	Sa (Hk)	Ha	Oransseja juovia	5,9				
	2...2,5			ei selkeää vesirajaa näytepisteessä	6,6	7,2	0,052		
	2,5...3	Sa	Ha	-	6,9	7,7	0,071	26,6	0,7
P3	0...0,5	Sa (multa)	Mu	-	5,2				
	0,5...1	Sa (multa)	Ha	-	5,4				
	1...1,5	Sa	Ha	Oransseja juovia	5,9	6,5	<0,05	76,6	3,8
	1,5...2			Vesi tuli vastaan vähän 1,0 m jälkeen	6,4	7,1	<0,05		
	2...2,5	Sa	Ha	-	6,5	7,3	0,055	90,1	3,9
	2,5...3	Sa	Ha	-	6,8	7,5	0,077	48	2,2
								40,3	1,7

## 4.2 pH-TASO

Kaikista tässä selvityksessä tutkituista maanäytteistä määritettiin alku-pH. Mitatut pH-tasot vaihtelivat välillä 5,2...6,9. Alku-pH:n perusteella selvitysalueesta ei voida puhua todellisena happamana sulfaattimaana.

Inkuboitu pH on kaikissa pisteissä yli 6,5 yhtä näytettä lukuun ottamatta (6,3) pisteessä P2, joten myöskään inkuboinnin perusteella ei voida puhua todellisesta happamasta sulfaattimaasta, eikä maaperässä esiinny merkittävästi happoa tuottavia sulfideja. Inkuboinnissa pH nousi alku-pH:sta, mikä voi viitata esimerkiksi simpukankuoriin maaperässä happamoitumista puskuroivana tekijänä.

## 4.3 KOKONAISSRIKKIPITOISUUS

Potentiaalisiksi happamiksi sulfidimaiksi luokiteltavista näytteissä kokonaisrikkipitoisuus on yli tyypillisesti 0,2 % kuiva-aineesta. Kokonaisrikkipitoisuusmäärittämiseen toimitettiin 12 näytettä, eikä niistä yhdessäkään havaittu tasoa 0,2 % ylittävää rikkipitoisuutta. Karkearakeisessa maalajissa jo 0,01 % rikkipitoisuus voi indikoida happamasta sulfidimaasta, mutta kyseisellä selvitysalueella maalaji on hienorakeista savea, joten voidaan todeta, ettei rikkipitoisuuden perusteellakaan maaperä ole potentiaalisesti happoa tuottavaa.

Yhteenveto kokonaisrikkipitoisuuden tuloksista on esitetty edellä olevassa taulukossa. Nettohapontuottoa ei rikkitulosten perusteella katsottu tarpeelliseksi tehdä.

## 4.4 PUSKURIKAPASITEETTI

Kaikkiaan 12 näytteestä määritettiin hehkutushäviö, joka korreloi näytteen sisältämän orgaanisen aineksen määrän kanssa. Hehkutushäviötä voidaan käyttää hienojakoisen maa-aineksen (savi, siltti) puskurikapasiteetin arvioimiseen (Pousette 2007). Mitä suurempi hehkutushäviö ja orgaanisen aineksen määrä, sitä suurempi on puskuroiva vaikutus, joka puolestaan pienentää happamoittavaa vaikutusta. Tutkimusten perusteella hehkutushäviön ylittäessä 8 % on puskuroiva vaikutus merkityksellinen ja happamoittava vaikutus pienenee suhteessa vähemmän orgaanista ainesta sisältävään maa-ainekseen.

Tutkittujen näytteiden hehkutushäviöt vaihtelivat välillä 0,7...3,9, joten maaperän puskurikapasiteetti on alhainen. Tällä ei kuitenkaan ole merkitystä, koska maaperä ei ole tutkimusten mukaan varsinaista sulfaattimaata tai potentiaalista hapanta sulfidimaata.

# 5. VESINÄYTTEIDEN TULOKSET

Vesinäyte otettiin 14.5.2020 tulosten vertailukelpoisuuden vuoksi samasta ojasta (Kuva 3-1, piste 4), kuin aiempien selvitysten yhteydessä otettu vesinäyte vuonna 2018. Ojavesi oli kirkasta, ja vedenpinta suhteellisen alhaalla (Kuva 5-1). Koska pH oli yllättävän korkea, päätettiin ottaa uusintänäyte kuivan kesäkauden jälkeen 24.9.2020. Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa 5-1.



Sulfaatti- ja rikkipitoisuudet ovat laskeneet ja pH noussut parin vuoden takaisesta näytteenotosta. Vesinäytteiden perusteella voidaan todeta, että ojaveden ei suotaudu hapanta valuntaa alueelta. Vesinäytteiden alkaliteetti kertoo ojavesien korkeasta puskurointikyvystä. Ojaveden pH:ta on kuitenkin syytä tarkkailla säännöllisesti esim. vuoden ajan rakennustöiden vielä loputtua, jotta huomataan mahdollinen rakennustöistä aiheutuva hapan valunta.



Kuva 5-1. Ojavettä, josta vesinäyte otettiin.

Taulukko 5-1. Yhteenveto ojaveden tutkimuksista ja vertailu vuonna 2018 otettuun näytteeseen. Selkeät ylitykset tuloksissa näytekertojen välillä lihavoitu.

Analyysi	Näyte 30.5.2018	Näyte 14.5.2020	Näyte 24.9.2020
pH	4,8	<b>8,0</b>	<b>7,5</b>
Sähkönjohtavuus (mS/m)	<b>112</b>	56	53
Kiintoaine (mg/l)	1,1	<b>26</b>	<b>110</b>
COD <sub>Mn</sub> (mg/l)	6,4	4,8	4,3
Sulfaatti (mg/l)	<b>480</b>	51	47
Rikki (mg/l)	<b>112</b>	16	15
Alkaliteetti (mmol/l)	-	3,2	3,0

## 6. TULOSTEN YHTEENVETO

Kenttähavaintojen ja laboratoriotulosten perusteella voidaan todeta, että selvitysalueella ei ole varsinaista hapanta sulfaattimaata tai potentiaalisia sulfidimaita. Erityisiin varotoimenpiteisiin rakennustöiden aikana ei ole tarpeen ryhtyä.

Koska ELY-keskus on todennut alueella olevan happamia sulfaattipitoisia orsivesiesiintymiä, on työn aikana kuitenkin syytä tarkkailla kaivantojen valumavesien pH:ta ja varauduttava tarvittaessa niiden neutralointiin. Alueen ojavesien pH:ta on myös syytä tarkkailla säännöllisesti esim. vuoden ajan rakennustöiden vielä loputtua, jotta huomataan mahdollinen rakennustöistä aiheutuva hapan valunta ja voidaan ryhtyä toimenpiteisiin mahdollisen happaman valunnan ehkäisemiseksi.

## 7. LYHENTEET

<b>NAG</b>	Nettohaponpantuotto (net acid generation), ilmoitetaan yleensä yksikössä kg H <sup>2</sup> SO <sup>4</sup> /tonni
<b>NAG-pH</b>	Vetyperoksidihapetetusta näytteestä mitattu pH
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Rikkihappo
<b>PHS</b>	Potentiaalinen hapan sulfidimaa (rikki pelkistyneenä sulfidimuodossa)
<b>THS</b>	Todellinen hapan sulfaattimaa (rikki hapettuneena sulfaattimuodossa)
<b>Hh (LOI)</b>	Hehkutushäviö (Loss on Ignition). Massaprosenttiosuus, joka uunikuivatusta (105 °C) näytteestä häviää hehkutuksen aikana. Hehkutuksen lämpötila on tyypillisesti 550 °C tai 800 °C
<b>Inkuboitu pH</b>	Huoneilmassa 9 – 19 viikon ajan hapetetusta näytteestä mitattu pH. Näytteet pidetään hapetuksen aikana kosteana
<b>TOC</b>	Orgaanisen hiilen (Total Organic Carbon) kokonaispitoisuus, m-%
<b>HCl</b>	Suolahappo
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	Vetyperoksidi. Kemikaali, jota käytetään mm. näytteiden hapetuksessa
<b>S<sub>tot</sub></b>	Kokonaisrikkipitoisuus, ilmoitetaan yleensä m-% tai ppm

## 8. KIRJALLISUUSVIITTEET

- Boman, A., Astrom, M. & Frojdo, S., 2008. Sulfur dynamics in boreal acid sulfate soils rich in metastable iron sulfide - The role of artificial drainage. *Chemical Geology, Osa/vuosikerta* 255, pp. 68-77.
- Nieminen, T. M., Hölkä, H., Ihalainen, A. & Finér, L., 2016. *Metsänhoito happamilla sulfaattimailla*, Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- Pousette, K., 2007. Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordsmassor, s.l.: Luleå tekniska universitet.
- Sutela, T. ym., 2012. *Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa*, Helsinki: Edita Prima Oy.

**LIITE 1**  
**TUTKIMUSTODISTUKSET**





Tutkimustodistus AR-20-RZ-014387-01

Sivu 1/2

Päivämäärä 28.05.2020

Näyte saapui 19.05.2020

Tutkimusno EUAA56-00048151

Asiakasno RZ0000799

Näytteenottaja Asiakas

Asiakkaan viite 1510054888-002

Ramboll Finland Oy

Tuomas Suikkanen

Itsehallintokuja 3

02600 Espoo

FINLAND

s-posti: tuomas.suikkanen@ramboll.fi

Tutkimuksen yhteyshenkilö Salla Partio

## Honkaluoto sulfidiselvitys

Näyttenumero	750-2020-00026478	750-2020-00026479	750-2020-00026480	750-2020-00026481	750-2020-00026482	
<b>Näytteen nimi</b>	1 / 0,5-1 m	1 / 1-1,5 m	1 / 1,5-2 m	1 / 2,5-3 m	2 / 0,5-1 m	
<b>Näytteen kuvaus</b>	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	
<b>Näytteenottoaika</b>	12.05.2020	12.05.2020	12.05.2020	12.05.2020	12.05.2020	
<b>Kuiva-aine</b>						
Kuiva-ainepitoisuus	RZDRY %	64	57	57	71	80
<b>Alkuaineet, kiinteä matriisi, pitoisuus kuiva-ainetta kohti, ICP-MS</b>						
Mikroaaltohajotus	RZE18	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
kuningasvesi						
Rikki (S)	RZ0W5 mg/kg ka	<500	<500	<500	800	<500
Näyttenumero	750-2020-00026483	750-2020-00026484	750-2020-00026485	750-2020-00026486	750-2020-00026487	
<b>Näytteen nimi</b>	2 / 1-1,5 m	2 / 2-2,5 m	2 / 2,5-3 m	3 / 1-1,5 m	3 / 1,5-2 m	
<b>Näytteen kuvaus</b>	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	
<b>Näytteenottoaika</b>	12.05.2020	12.05.2020	12.05.2020	12.05.2020	12.05.2020	
<b>Kuiva-aine</b>						
Kuiva-ainepitoisuus	RZDRY %	79	80	77	57	53
<b>Alkuaineet, kiinteä matriisi, pitoisuus kuiva-ainetta kohti, ICP-MS</b>						
Mikroaaltohajotus	RZE18	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
kuningasvesi						
Rikki (S)	RZ0W5 mg/kg ka	<500	520	710	<500	<500
Näyttenumero	750-2020-00026488	750-2020-00026489				
<b>Näytteen nimi</b>	3 / 2-2,5 m	3 / 2,5-3 m				
<b>Näytteen kuvaus</b>	MAAPERÄ	MAAPERÄ				
<b>Näytteenottoaika</b>	12.05.2020	12.05.2020				
<b>Kuiva-aine</b>						
Kuiva-ainepitoisuus	RZDRY %	68	72			
<b>Alkuaineet, kiinteä matriisi, pitoisuus kuiva-ainetta kohti, ICP-MS</b>						
Mikroaaltohajotus	RZE18	Tehty	Tehty			
kuningasvesi						
Rikki (S)	RZ0W5 mg/kg ka	550	770			


**Menetelmätiedot**

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittaasepävarmuus	Menetelmän määrittäysraja	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Kuiva-aine</b>						
RZDRY	Kuiva-ainepitoisuus	5%(<30%) 1,5%(>30%)	3	Kyllä	SFS 3008; SFS-ISO 11465; SFS-EN 15934	RZ T039
<b>Alkuaineet, kiinteä matriisi, pitoisuus kuiva-ainetta kohti, ICP-MS</b>						
RZE18	Mikroaaltohojotus kuningasvesi			Ei	SFS-EN 16174	RZ
RZ0W5	Rikki (S), 63705-05-5	25%	500	Ei	SFS-EN 16171	RZ

<b>Laboratorio</b>		
RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	(Ei akkreditoitu)
RZ T039	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	FINAS akkr. num. SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T039

**Jakelu** : sanna.vienonen@ramboll.fi, sari.suvanto@ramboll.fi, terhi.aittokumpu@ramboll.fi

**ALLEKIRJOITUS**


Salla Partio +358 44 742 1564  
 Research Chemist SallaPartio@eurofins.fi

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

**Huomautukset**

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.



Tutkimustodistus AR-20-RZ-014581-01

Sivu 1/2

Päivämäärä 29.05.2020

Näyte saapui 15.05.2020

Tutkimusno EUAA56-00047911

Asiakasno RZ0000633

Näytteenottaja Ville Vähävuori / Asiakas

Tutkimuksen yhteyshenkilö Sami Tyrväinen

Ramboll Finland Oy

Sari Suvanto

Itsehallintokuja 3

02600 Espoo

FINLAND

s-posti: sari.suvanto@ramboll.fi

## Honkaluodon sulfidimaaselvitys

Näyttenumero 750-2020-00025831

Näytteen nimi ojavesi

Näytteen kuvaus Pintavesi

Näytteenottoaika 14.05.2020

### Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset

pH RZB10 8,0

Sähkönjohtavuus 25°C RZB60 mS/m 56

Alkaliteetti RZB14 mmol/l 3,2

Kiintoaine (GF/C) RZC23 mg/l 26

CODMn RZB56 mg/l 4,8

Sulfaatti (SO4) RZB86 mg/l 51

### Alkuaineet, suoramääritys, ICP-MS

Rikki (S) RZ09M mg/l 16




**Menetelmätiedot**

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäjä	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset</b>						
RZB10	pH	± 0,2 yks./3%		Kyllä	SFS 3021:1979, mod.	RZ T039
RZB60	Sähkönjohtavuus 25°C	0,2mS/m(<4mS/m) 5%(>4mS/m)	0.1	Kyllä	SFS-EN 27888:1994, mod.	RZ T039
RZB14	Alkaliteetti	0,01mmol/l(<0,1) 10%(>0,1)	0.02	Kyllä	SFS-EN ISO 9963-1, mod.	RZ T039
RZC23	Kiintoaine (GF/C)	15%	1	Kyllä	SFS-EN 872:2005 mod.	RZ T039
RZB56	CODMn	0,4mg/l(<4) 10%(=4)	0.5	Kyllä	SFS 3036:1981, automaattinen titraus	RZ T039
RZB86	Sulfaatti (SO <sub>4</sub> ), 18785-72-3	12%(<4mg/l) 10%(>4mg/l)	0.5	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ T039
<b>Alkuaineet, suoramääritys, ICP-MS</b>						
RZ09M	Rikki (S), 63705-05-5	15%(>4mg/l) 20%(0.1-4mg/l) 25%(<0.1mg/l)	0.01	Ei	SFS-EN ISO 17294-2	RZ

**Laboratorio**

RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	(Ei akkreditoitu)
RZ T039	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	FINAS akkr. num. SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T039

**ALLEKIRJOITUS**


Sami Tyrväinen +358 50 434 4092  
 Analyysipalvelupäällikkö SamiTyrvainen@eurofins.fi

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

**Huomautukset**

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.



Tutkimustodistus AR-20-RZ-037564-01

Sivu 1/2

Päivämäärä 02.10.2020

Näyte saapui 25.09.2020

Tutkimusno EUAA56-00059741

Asiakasno RZ0000633

Näytteenottaja Ville Vähävuori / Asiakas

Tutkimuksen yhteyshenkilö Sami Tyrväinen

Ramboll Finland Oy

Sari Suvanto

Itsehallintokuja 3

02600 Espoo

FINLAND

s-posti: sari.suvanto@ramboll.fi

## Honkaluodon sulfidimaaselvitys

Näyttenumero 750-2020-00066216

Näytteen nimi Ojavesi

Näytteen kuvaus Pintavesi

Näytteenottoaika 24.09.2020

### Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset

pH	RZB10		7,5
Sähkönjohtavuus 25°C	RZB59	µS/cm	530
Alkaliteetti	RZB14	mmol/l	3,0
Kiintoaine (GF/C)	RZC23	mg/l	110
CODMn	RZB56	mg/l	4,3
Sulfaatti (SO4)	RZB86	mg/l	47

### Alkuaineet, suoramääritys, ICP-MS

Rikki (S)	RZ0CK	µg/l	15000
-----------	-------	------	-------


**Menetelmätiedot**

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäjä	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset</b>						
RZB10	pH	± 0,2 yks./3%		Kyllä	SFS 3021:1979, mod.	RZ T039
RZB59	Sähköjohtavuus 25°C	10%(<40µS/m) 5%(>40µS/m)	1	Kyllä	SFS-EN 27888:1994, mod.	RZ T039
RZB14	Alkaliteetti	0,01mmol/l(<0,1) 10%(>0,1)	0.02	Kyllä	SFS-EN ISO 9963-1, mod.	RZ T039
RZC23	Kiintoaine (GF/C)	15%	1	Kyllä	SFS-EN 872:2005 mod.	RZ T039
RZB56	CODMn	0,4mg/l(<4) 10%(=4)	0.5	Kyllä	SFS 3036:1981, automaattinen titraus	RZ T039
RZB86	Sulfaatti (SO <sub>4</sub> ), 18785-72-3	12%(<4mg/l) 10%(>4mg/l)	0.5	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ T039
<b>Alkuaineet, suoramääritys, ICP-MS</b>						
RZ0CK	Rikki (S), 63705-05-5	15%(>4000µg/l) 20%(100-4000µg/l) 25%(<100µg/l)	10	Ei	SFS-EN ISO 17294-2	RZ

**Laboratorio**

RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	(Ei akkreditoitu)
RZ T039	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	FINAS akkr. num. SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T039

**ALLEKIRJOITUS**


Sami Tyrväinen +358 50 434 4092  
 Analyysipalvelupäällikkö SamiTyrvainen@eurofins.fi

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

**Huomautukset**

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.