

Opas happamien sulfaattimaiden kartoitukseen turvetuotantoalueilla

Versio 1, 21.2.2018

Jaakko Auri, Anton Boman, Mirkka Hadzic ja Miriam Nystrand



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



Bioenergia Nordkalk



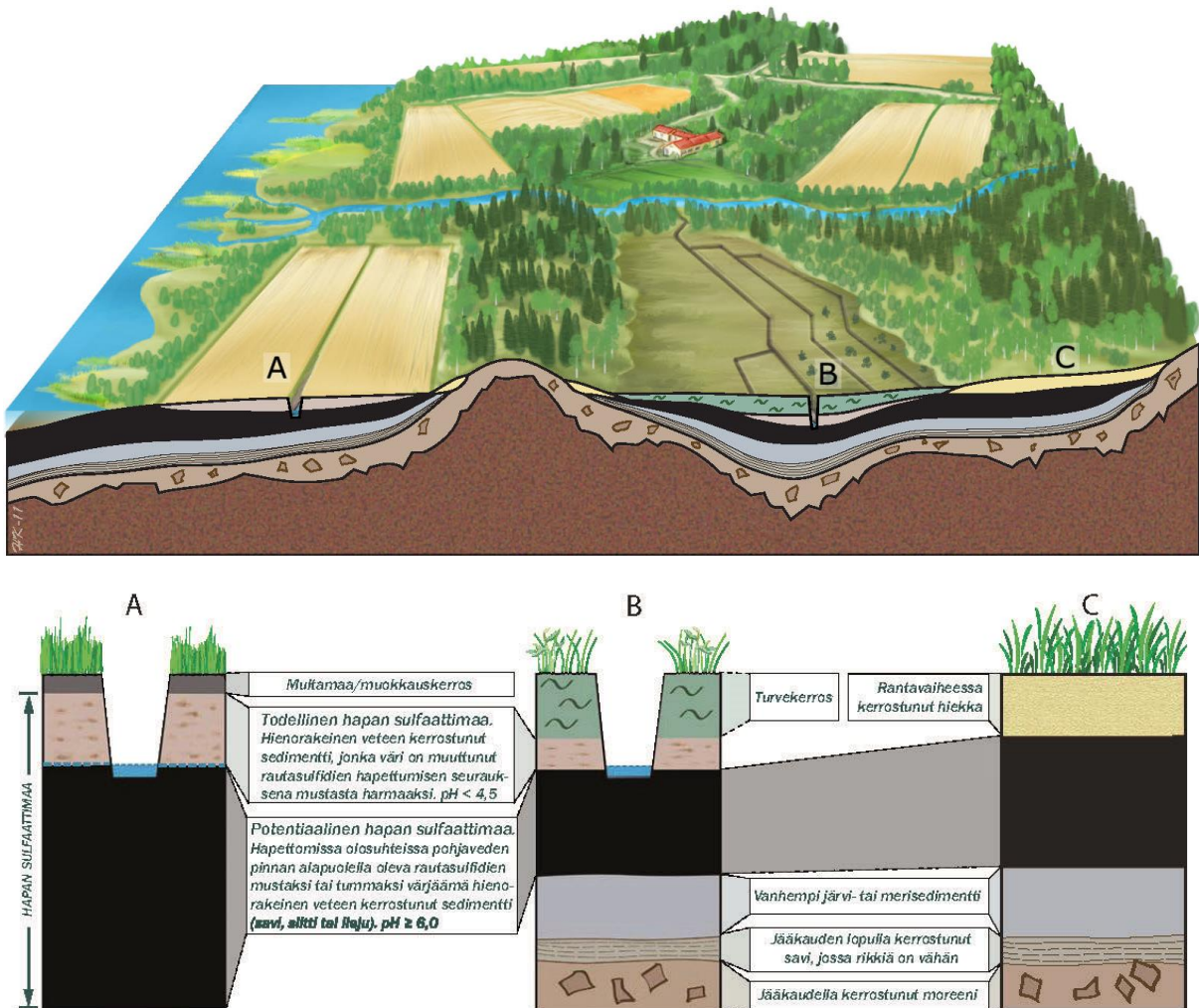
Sisällys

Sisällys.....	2
1. Johdanto	3
2. Sulfaattimaan määreet.....	5
3. Tutkimuksen suunnittelu.....	6
3.1 Havaintopisteverkko.....	6
4. Maastotutkimukset	7
4.1 Kairaukset	7
4.2 Maaprofiilin kuvaus	8
4.3 Näytteenotto ja maasto- pH.....	10
4.4 Ojavesien pH:n ja sähkönjohtokyvyn mittaus	10
5. Laboratoriokokeet	11
5.1 pH-inkubaatio	11
5.2 Kokonaisrikkipitoisuus	12
6. Sulfaattimaiden riskin arviointi.....	13
6.1 Rikkipitoisuus ja pH-inkubaatio	13
7. Viiteluettelo	14

1. Johdanto

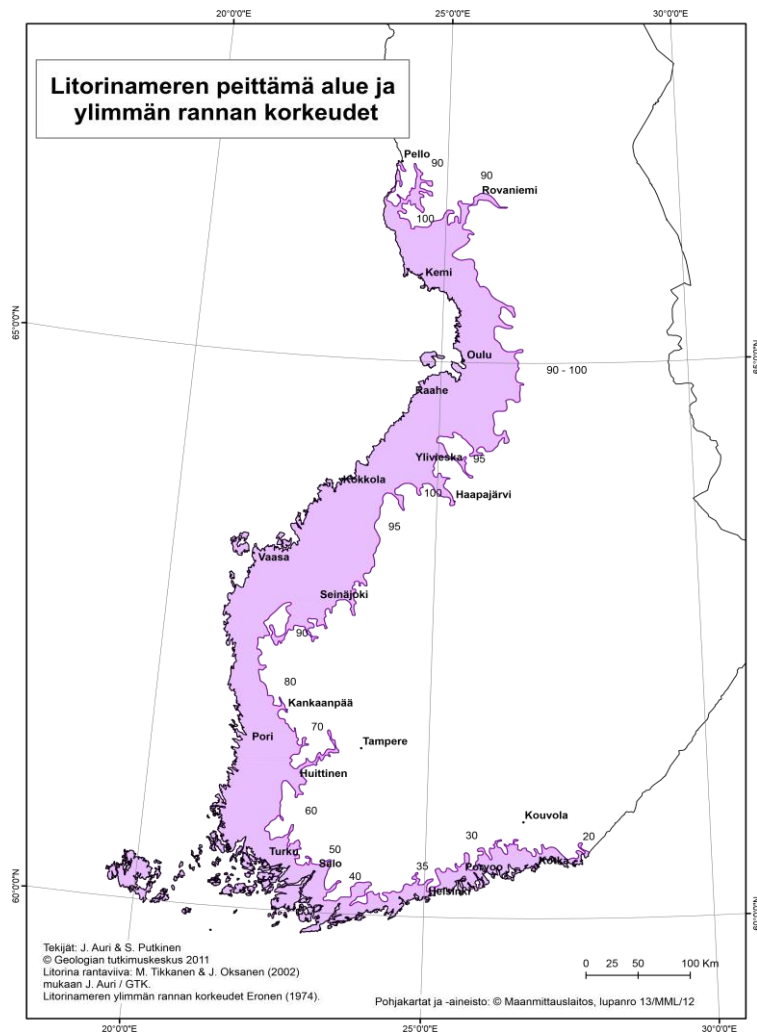
Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan maaperässä luontaisesti esiintyviä rikkipitoisia sedimenttejä (sulfidisedimenttejä), joissa muodostuu hapettumisen seurauksena rikkihappoa, mikä voi johtaa maaperän ja valumavesien merkittävään happamoitumiseen. Happamoitumisen seurauksena maaperästä liukenee myös haitallisia metalleja (esim. Al, Cd, Co, Cu, Ni, Zn, U), jotka kulkeutuvat edelleen vesistöihin heikentäen niiden ekologista ja kemiallista tilaa.

Rikkipitoiset sedimentit ovat tyypillisesti kerrostuneet veteen. Niiden muodostuminen alkoi noin 8000 vuotta sitten muinaisen Litorina-merivaiheen aikana, ja niitä muodostuu yhä tänäkin päivänä. Tyypillisimpiä sulfidipitoisten sedimenttien kerrostumisympäristöjä ovat merenpohjan sedimentaatioalueet, jokisuistot, matalat merenlahdet ja toisaalta rantakerrostumat, joissa maa-aines on edellisiä karkeampaa (kuva 1).



Kuva 1. Sulfidisedimenttien kerrostumisympäristöjä ja tyypillisiä maaperäprofileja (Kuvat Harri Kutvonen, GTK).

Tyypillisesti hienorakeiset sulfidisedimentit ovat liejuista hienoa hietaa, hiesua ja savea ja ne ovat kohonneet kuivalle maalle jääkauden jälkeisen voimakkaan maankohoamisen seurauksena. Korkeimmillaan näitä kerrostumia tavataan noin 100 m korkeustasolla merenpinnan yläpuolella (Pohjois-Pohjanmaa). Etelä-Suomen rannikolla Litorina-kerrostumat ulottuvat noin 20–40 metrin korkeustasoon. (kuva 2) Myös kallioperän mustaliuskeista tai sulfidipitoisesta moreenista voi vapautua rapautumisen seurauksena rikkiä, joka voi rikastua sedimentteihin tai turpeisiin muodostaen happamia sulfaattimaita. Tällöin sulfaattimaiden esiintyminen ei rajaudu rannikkoseudun Litorina-alueelle.



Kuva 2. Litorina-meren korkein ranta.

Hienorakeisten maalajien lisäksi paikoin myös karkeammat maalajit, kuten hieta ja hiekka saattavat happamoitua voimakkaasti hapettuessaan. Näille maalajeille on tyypillistä heikko puskurikyky happamoitumista vastaan, jolloin jo pienikin määrä hapettavaa sulfidia voi alentaa maaperän pH:ta huomattavasti. Myös turve ja moreeni voivat muodostaa sulfaattimaita erityisesti mustaliuskealueilla.

Sulfidipitoisten maakerrosten tiedetään aiheuttavan maaperän ja vesistöjen happamoitumisriskin, mikäli pohjavedenpinnan alapuoliset, hapettumattomat, sulfidirikkipitoiset maakerrokset altistuvat hapettumiselle. Turvetuotannossa happamoitumisriski liittyy erityisesti tuotantoalueen perustamisvaiheeseen, jolloin rakennetaan laskeutusaltaat ja syvimät kokoojaojat, jotka ulottuvat tavallisesti mineraalimaan. Toisaalta merkittävä happamoitumisriski voi syntyä myös tuotannon loppuvaiheessa, mikäli sarkaojat ulottuvat mineraalimaan saakka ja maaperä pääsee hapettumaan. Turvetuotantoalueen jälkikäytön suunnittelu on myös tärkeää ennaltaehkäistäessä sulfaattimaiden haittoja. Turvetuotannossa kuivatusvedet kuitenkin käsitellään (esim. pintavalutuskentät) ennen johtamista vesistöön, mikä voi vähentää vastaanottavan vesistön happamoitumisriskiä, vaikka alueella muodostuisikin happamuutta. Riskien minimoimiseksi tuotannossa tulisi kuitenkin aina mahdollisuuksien mukaan välttää tilanteita, joissa sulfidipitoinen maakerros pääsee hapettumaan.

Sulfaattimaiden esiintymisen ja ominaisuuksien kartoittaminen on tärkeää ehkäistäessä sulfaattimaiden aiheuttamia haittoja turvetuotantoalueilla. Kartoitustulosten perusteella voidaan suunnitella

tarkemmin ne toimenpiteet, joilla happamoitumishaittoja ehkäistään. Selvittämällä sulfaattimaiden esiintymisalueet, voidaan toimenpiteet myös kohdistaa tehokkaasti oikeille alueille rajoittaen mahdollisimman vähän tuotantoa.

Tämän dokumentin tavoitteena on edistää yhtenäisiä menetelmiä ja käytäntöjä tuotantoalueiden sulfaattimaaselvityksissä. Yhdenmukaiset käytännöt mahdollistavat tulosten vertailukelpoisuuden ja helpottavat tulosten käyttöä mm. ympäristölupaprosesseissa. Opas on tarkoitettu tukemaan sekä viranomaisten että toimijoiden työtä happamuushaittoja ehkäisevässä työssä. Sulfaattimaaselvityksen tekeminen vaatii kuitenkin aina maaperägeologista ja geokemiallista osaamista, ja siten selvitysten tekijöiden riittävästä asiantuntemuksesta on aina huolehdittava.

Tämä opas on tehty Toimintamallit happamuuden ennakoimiseksi ja riskien hallitsemiseksi turvetuotantoalueilla (Sulfa 2) -hankkeessa yhteistyössä Geologian tutkimuskeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen sekä Åbo Akademin tutkijoiden kesken. Hanketta ovat rahoittaneet Euroopan aluekehitysrahasto Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kautta, Bioenergia ry, Nordkalk Oy sekä Stora Enso Oy.

2. Sulfaattimaan määreet

Happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan sulfidirikipitoista (yleensä $S > 0,2\%$) maaperää, jossa esiintyy i) hapan kerros, jonka pH on sulfidien hapettumisen seurauksena pudonnut < 4 (todellinen hapan sulfaattimaa) ja/ tai ii) hapettumaton sulfidipitoinen kerros, joka hapettumisen myötä pystyy tuottamaan rikkihappoa niin, että maaperä happamoituu merkittävästi ($pH < 4$) (potentiaalinen hapan sulfaattimaa), jolloin se muuttuu todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi. Hapettumaton, pohjavedenpinnan alapuolinen sulfidikerros ei aiheuta haittaa ympäristölle, vaan pysyy muuttumattomana pH:n ollessa yleensä 6 – 7.

Turpeeseen sovelletaan hieman eri raja-arvoja, sillä turpeen sisältämät orgaaniset hapot voivat laskea sen pH:n luontaisesti hyvin alhaiseksi (alle 4). Turve voidaan luokitella happamaksi sulfaattimaaksi, mikäli inkuboitu pH on < 3 tai inkuboitu pH on $< 3,5$ ja pH on laskenut inkubaation yhteydessä yli yhden yksikön ($\Delta pH > 1$).

Todellisen happaman sulfaattimaan (THS) tärkein tunnusmerkki on maakerros, joka on happamoitunut sulfidien hapettumisen seurauksena. Tämän maakerroksen pH on < 4 , jopa < 3 . THS:n pääpiirteitä ovat:

- Sulfidien hapettumisen seurauksena syntynyt hapan kerros missä $pH < 4,0$ (sulfaattimateriaali)
- Punaisen- tai oranssinruskeita rautasaostumia (rauta- ja alumiinisulfaatteja kuten schwertmanniittia ja varsinkin vaaleankeltaista jarosiittia).

Potentiaalisella happamalla sulfaattimaalla (PHS) tarkoitetaan maaperää, jossa esiintyy sulfidirikipitoinen materiaali, joka muuttuu todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi sulfidien hapettuessa (hypersulfidimateriaali). Potentiaalisella happamalla sulfaattimaalla sulfidipitoinen materiaali ei ole vielä päässyt hapettumaan.

Sulfidirikipitoinen materiaali voi pysyä maaperässä hapettomassa tilassa pohjavedenpinnan alapuolella esimerkiksi turvekerroksen alapuolella ja hapettua sekä happamoitua pohjavedenpinnan laskiessa esim. maaperän kuivatustyön seurauksena. Pääpiirteitä ovat:

- Maaperän pH yleensä $> 6,0$ ja laskee inkubaatiossa alle 4.
- Väri on musta tai tumman harmaa (rautasulfideista), erityisesti hienorakeisissa maalajeissa. Karkearakeisissa kerroksissa värin perusteella sulfidien olemassaoloa on usein vaikea arvioida.
- Rikki sulfidimuodossa (FeS ja/tai FeS_2). Rikin haju on usein selvästi aistittavissa.

Hienorakeisissa maalajeissa ja liejuissa rikkipitoisuus on yleensä korkeampi ($> 0,2\%$) kuin karkearakeisissa maalajeissa, joissa rikkipitoisuus voi olla vain $0,01\%$.

3. Tutkimuksen suunnittelu

Turvetuotantoon liittyen sulfaattimaaselvitykset ovat yleensä tarpeellisia muinaisen Litorina-meren peittämän alueen soilla, joilla esiintyy turpeen alla lajittuneita maalajeja. Litorina-meren korkeimman rannan alapuolisella alueella sulfaattimaat yleistyvät rannikon ja jokilaaksojen läheisyydessä. Geologian tutkimuskeskuksen happamien sulfaattimaiden karttapalvelusta saa yleiskuvan sulfaattimaiden esiintymisalueista (<http://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>). Sen perusteella ei kuitenkaan aina voida tehdä johtopäätöksiä sulfaattimaiden esiintymisestä suokohtaisesti, sillä kaikilta suoalueilta ei ole käytettävissä kartoitustietoja. Sulfaattimaiden selvitys on myös tarpeellinen kallioperän mustaliuskevyöhykkeiden alueella. Sitä, millä etäisyydellä kallioperän mustaliuske-esiintymästä riski kasvaa merkittäväksi ja selvitys nähdään tarpeelliseksi, on vaikea arvioida. Riskiin vaikuttavat muun muassa suoalueen asema suhteessa mustaliuskeeseen, jäätikön kuljetussuunnat- ja matkat sekä hydrologiset olosuhteet, ja arvio selvitystarpeesta tulisi aina tehdä tapauskohtaisesti. Litorina-rajaa ja mustaliuskeiden tulkittua esiintymistä voi tarkastella GTK:n karttapalvelusta (linkki edellä).

3.1 Havaintopisteverkko

Havaintopisteet kohdistetaan tasaisesti koko tuotantoalueelle tai mahdollisuuksien mukaan keskittyen potentiaalisimmille sulfaattimaiden esiintymisalueille. Mikäli tutkimuskohteelta on tiedossa alueet, joilla kaivuut tai rakenteet on suunniteltu ulotettavan pohjamaahan, on tutkimuspisteitä syytä kohdistaa näille alueille. Ennakkotulkintaa sulfaattimaiden esiintymisestä voi tehdä mahdollisten olemassa olevien pohjamaakartoitustietojen perusteella. Potentiaalisimpia maalajeja ovat liejut sekä liejuiset hiesut, savet ja hieno hieta. Kuitenkin myös karkearakeisille lajittuneille maalajialueille tulee kohdistaa kairauksia. Mikäli alueella tai alueen läheisyydessä ei ole tiedossa olevia mustaliuskevyöhykkeitä, ei moreenikerroksesta ole välttämättä tarvetta ottaa näytteitä tai näytteenotto voidaan toteuttaa hyvin suppeana.

Sopiva pistetiheys riippuu mm. turpeen alaisen pohjamaan vaihtelusta ja tutkimuksen tavoitteesta. Mikäli turpeen alainen pohjamaa vaihtelee kohdealueella paljon, tarvitaan alueelta todennäköisesti enemmän havaintoja, kuin alueelta jossa pohjamaa on homogeenista. Kohteilla, joilta ei ole ollut ennakkotietoja pohjamaasta, on havaittu, että pistetiheydellä **1 havainto / 10 ha** saadaan selvitettyä, esiintyykö alueella sulfaattimaita ja rajattua karkeasti niiden sijainti. Mikäli olemassa olevat pohjamaalajitiedot osoittavat, että pohjamaa on homogeenista, voidaan havaintopisteitä tehdä 5-10 / 100 ha. Alueilla joilla, pohjamaa vaihtelee runsaasti, voi olla tarvetta tehdä havaintopisteitä 1-3 / 10 ha. Vastaava tiheämpi pistetiheys on tyyppillisesti tarpeen myös mustaliuskealueilla, joilla rikkipitoisten kerrosten esiintymisessä voi olla merkittävää vaihtelua. Pistetiheyttä on myös syytä kasvattaa, mikäli sulfaattimaiden esiintyminen halutaan rajata tarkemmin niin, että happamoitumista ehkäiseviä toimenpiteitä voidaan suunnitella tarkasti rajatulle alueelle (esimerkiksi lohko-kohtaisesti). Päätös tihenneydestä näytteenotosta voidaan tehdä pääsääntöisesti maastossa.

Sulfaattimaiden kartoituksessa voidaan myös hyödyntää jo mahdollisesti olemassa olevaa tietoa pohjamaalajeista. Tästä voi olla hyötyä erityisesti sulfaattimaiden esiintymisen tulkinnassa. Vaihtoehtoisesti, mikäli alueelta ei ole kyseistä dataa, voidaan havaintopisteverkkoa täydentää pisteillä, joilla tehdään vain aistinvaraisesti havainnot pohjamaasta. Näiden tekeminen on nopeampaa, kuin pisteiden, joilta otetaan myös näytteitä. Aistinvaraisia havaintoja voidaan hyödyntää, mikäli sulfaattimaita pystytään tunnistamaan helposti esimerkiksi mustan värin perusteella tai alueelta on riittävästi analyysitietoja osoittamaan minkä tyyppisissä kerroksissa sulfideja esiintyy.

4. Maastotutkimukset

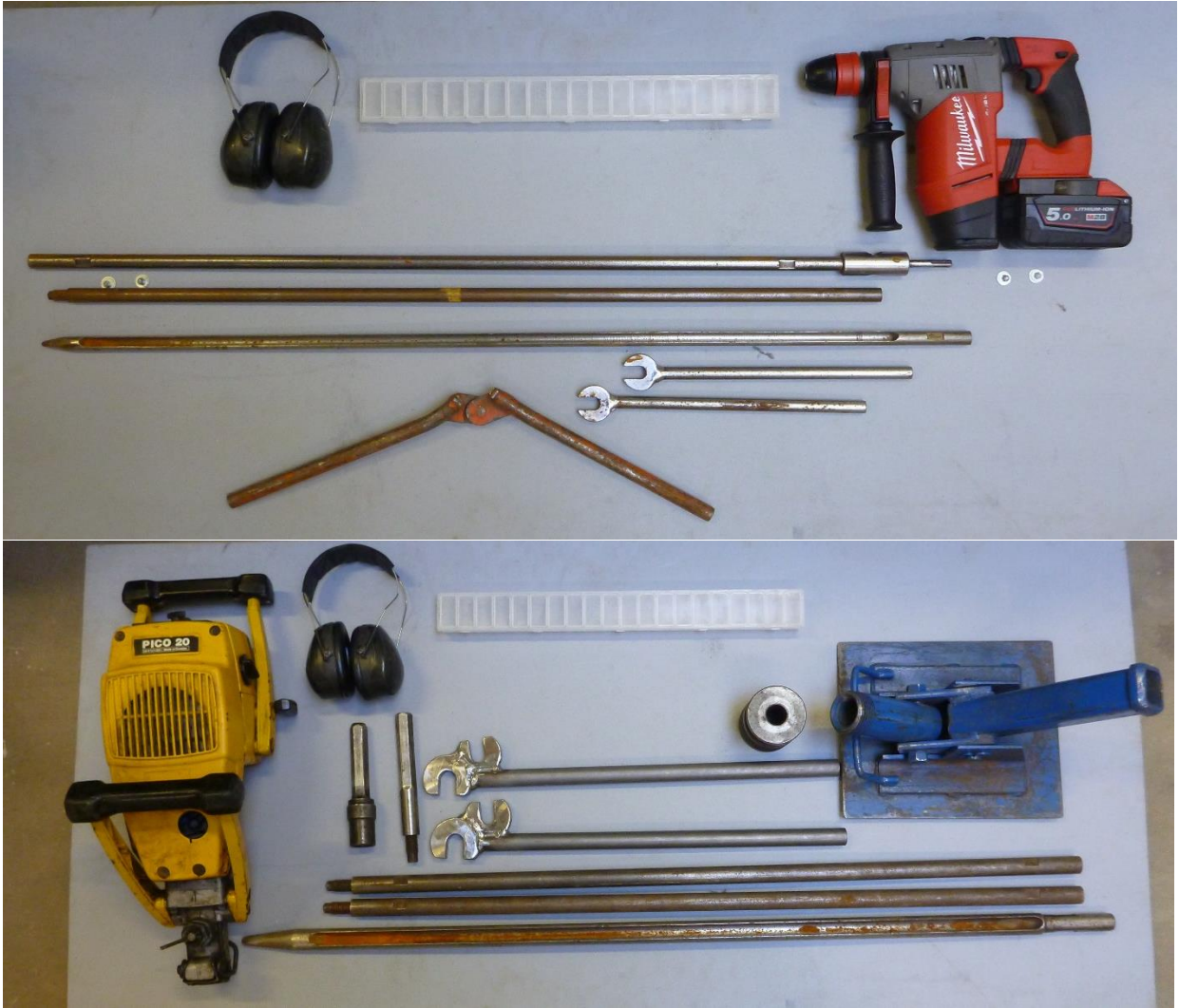
Maaperäkairauksissa kuvataan kairauspisteen maaprofiili, mitataan maasto- pH ja otetaan näytteitä jatkoanalyysiin. Vastaavat tutkimukset voidaan tarvittaessa tehdä myös kaivinkoneella tehdystä kaivannosta. Tarvittaessa tuotantoalueiden ojavesistä voidaan mitata pH ja sähkönjohtavuus. Luotettavat sulfaattimaamääritykset ja -luokitukset edellyttävät kuitenkin erityistä huolellisuutta maaprofiilien kuvauksissa ja näytteenotossa.

4.1 Kairaukset

Kairaukset voidaan tehdä erityyppisillä kairoilla, mutta suositeltavaa olisi käyttää kairaa, jolla saadaan mahdollisimman häiriintymättömät näytteet. Tällöin pystytään kuvaamaan tarkemmin sedimenttien mahdolliset rakenteet ja erottamaan eri kerrosyksiköt toisistaan. Esimerkiksi venäläisellä turvekairalla (kuva 3) saadaan hyvät näytteet turvekerroksesta ja pehmeästä pohjamaasta. Sillä ei kuitenkaan yleensä pystytä läpäisemään karkeampia tai muutoin tiiviimpiä maakerroksia, ja usein kartoituksissa tarvitaan myös jotakin muuta kairatyyppiä. Muun muassa GTK:lla on käytössä käsikäyttöiseen moottoritärykairaan liitettävä näytteenotin, jossa on metrin pituinen avonainen näyteura (kuva 4). Tällä saadaan helposti ja nopeasti näytesarjoja tiiviistäkin pohjamaasta.



Kuva 3. Venäläinen turvekaira.



Kuva 4. Esimerkki polttomoottori- ja akkukäyttöisistä iskuporasta sekä avouraisesta näytteenottimesta.

Kairaukset ulotetaan tapauskohtaisesti 50 cm turpeen alarajan tai suunniteltujen kaivuiden alarajan alapuolelle. Kairaukset kannattaa tehdä pohjamaasta jatkuvana sarjana. Turvekerroksesta riittää, että näytteet otetaan vain kohdennetuilta syvyyksiltä (pintaturve, turvekerroksen keskiosa ja pohjaturve).

4.2 Maaprofiilin kuvaus

Turvekerroksesta voidaan kuvata väri, maatuneisuus ja turvelaji. Sulfidien on todettu rikastuneen turpeissa yleisesti maatuneisiin ja sara- ja ruskosammalvaltaisiin turpeisiin. Toisaalta taas rahkasammalvaltaiset, heikosti maatuneet turpeet sisältävät usein orgaanisia happoja ja ovat luontaisesti happamia. Kuvailutietoja, yhdessä näyteanalyysien kanssa, voidaan mahdollisesti hyödyntää sulfidipitoisen tai luontaisesti happaman turpeen esiintymisen alueellisessa kuvaamisessa kohdealueella.

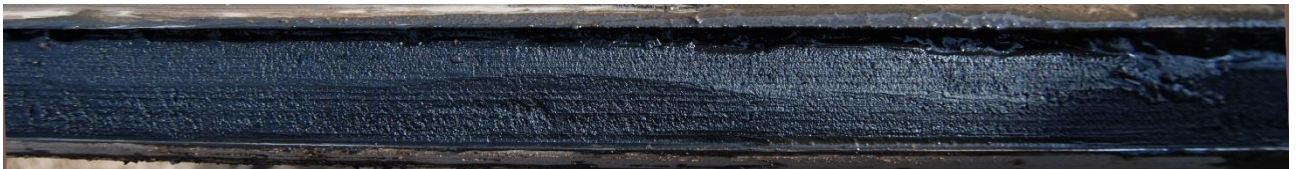
Pohjamaasta kuvataan maalajit ja niiden väri, rakenteet sekä kerrosjärjestys. Värien osalta tummat värit viittaavat usein sulfidien esiintymiseen (pyriitti/monosulfidi). Kuitenkin myös esim. vihertävän sävyinen, liejuinen sedimentti, ilman havaittavaa tummaa/mustaa väriä, saattaa sisältää runsaasti sulfideja. Alla olevissa kuvissa (kairanäytteet) on esimerkkejä erityyppisistä hapettumattomista sulfidipitoisista sedimenteistä (kuvat 5-9).



Kuva 5. Vaaleansinertävän harmaa savi, jossa on mustia sulfidiraitoja tai laikkuja. Tämän tyyppistä sedimenttiä tavataan yleisesti kerrossarjassa liejuisten sedimenttien alapuolella ja se sisältää tyypillisesti vaihtelevia määriä rikkiä, eikä aina täytä sulfaattimaan kriteerejä.



Kuva 6. Tumman harmaa, massiivinen hieno hieta / hiesu.



Kuva 7. Musta massiivinen (rakenteeton) lieju/liejuhiesu.



Kuva 8. Vihertävän harmaa liejuhiesu, jossa on kerroksellisuutta/laminaatiota.



Kuva 9. Hiekka, jossa näkyy hapettumisrajapinta. Happamoituva hiekka ei ole aina ole väriltään mustaa, eikä sitä siten voida tunnistaa pelkästään aistinvaraisin havainnoin.

Maalajien tunnistamiseksi aistinvarainen ”sormitunnistus” on todettu riittäväksi. Liejupitoisuuden arvioiti on havaittu tärkeäksi, sillä sulfidipitoiset, hienorakeiset maalajit sisältävät lähes aina jonkin verran liejua. Myös maalajien hajuun kannattaa kiinnittää huomiota, sillä sulfidipitoisesta näytteestä vapautuu usein rikkiyhdisteitä. Haju on usein kuitenkin melko lievä ja joskus lähes huomaamaton. Toisinaan sedimentistä voi vapautua myös bakteeritoiminnan (sulfidien muodostus) seurauksena vetysulfidia H_2S , joka haisee voimakkaasti. Kerrosten rakenteilla ei ole havaittu olevan suoraa yhteyttä sulfidien esiintymiseen, sillä niitä esiintyy sekä massiivisissa rakenteettomissa kerroksissa että kerroksellisissa sedimenteissä. Rakenteiden tunnistaminen voi kuitenkin helpottaa eri kerrosyksiköiden luokittelua ja tunnistamista ja siten auttaa alueellisen esiintymisen tulkinnessa.

4.3 Näytteenotto ja maasto- pH

Kairasta otettavat näytteet puhdistetaan huolellisesti, ja näytteenotossa vältetään kaikkea kontaminaatiota. Näytteet voidaan ottaa suljettaviin minigrip-pusseihin tai vastaaviin, näytteiden säilytykseen tarkoitettuihin pusseihin/rasioihin.

Turvekerroksesta voidaan ottaa näytteet 20 tai 25 cm osissa turvekerroksen pinnalta (1 näyte), turvekerroksen keskiosasta (1 näyte) ja turvekerroksen alimmasta 50 cm osasta kaksi näytettä.

Pohjamaasta otetaan näytteet ensisijaisesti jatkuvana näytesarjana 25 cm tai tätä pienemmissä osissa noudattaen kerrosrajapintoja. Kahden eri kerrosyksikön näytteitä ei siis tulisi yhdistää. Mikäli kerrospaksuudet ovat suuria ja kerrokset homogeenisia, voidaan näytteitä ottaa tapauskohtaisesti myös valikoiduilta syvyyksiltä, kuitenkin niin, että jokaisesta kerrosyksiköstä tulee edustavasti näytteitä. Korkeimmat rikkipitoisuudet tavataan kerrossarjoissa hyvin yleisesti heti turvekerroksen alla liejuisissa sedimenteissä, ja siten niiden kuvailuun ja näytteenottoon kannattaa kiinnittää erityistä huomiota.

Kaikista otetuista näytteistä mitataan maasto- pH joko heti maastossa, tai viimeistään 24 tunnin sisällä näytteenotosta. Mikäli pH:ta ei mitata heti, on näytteet suljettava ilmatiiviisti esimerkiksi minigrip-pusseihin ja säilytettävä viileässä. Maasto- pH voidaan mitata suoraan maaperänäytteiden pinnalta tarkoitukseen soveltuvalla elektrodilla (kuva 10).



Kuva 10. Maasto- pH:n mittaaminen näytteen pinnalta.

4.4 Ojavesien pH:n ja sähkönjohtokyvyn mittaus

Tuotantoalueen ojista (eristysojat, kokoojaojat, sarkaojat) voidaan mitata tarvittaessa veden pH ja sähkönjohtavuus kenttämittarilla. Tämä ei ole välttämätöntä, mutta se voi antaa lisätietoa maaperän hapettumisen/happamoitumisen nykytilasta sekä auttaa paikallistamaan mahdollisen happamuuden lähteen. Lisäksi sähkönjohtavuusmittausten perusteella pystytään yleensä erottamaan sulfidiperäinen happamoituminen orgaanisperäisestä happamuudesta, jota soilla yleisesti esiintyy. Sulfaattimailta peräisin oleva hapan vesi sisältää tyypillisesti runsaasti sulfaattia ja liuenneita metalleja, jotka nostavat veden johtokykyä. Soilla ja tuotantoalueilla veden pH saattaa olla luontaisesti alle 4, mutta yhdistettynä sähkönjohtavuuteen >20 mS/m, voidaan tulkita, että vedenlaadussa näkyy sulfaattimaiden vaikutus.

Ojavesien pH:n mittaus tulisi tehdä virtaavasta vedestä, jotta se varmasti edustaa läheisen tutkittavan maan läpi kulkeutunutta vettä (ei esim. sadevettä).

5. Laboratoriokokeet

Ensisijaisia analyysimenetelmiä tuotantoalueiden sulfaattimaatutkimuksissa ovat tällä hetkellä pH-inkubaatio ja kokonaisrikkipitoisuuden määrittäminen, joihin sulfaattimaan tunnistus ja tämän hetkiset luokitukset perustuvat. Sulfaattimaiden ominaisuuksissa esiintyy erityisesti rikkipitoisuuteen ja puskurikykyyn liittyen merkittävää vaihtelua hapontuottomäärässä. Tämän vuoksi hapontuottopotentiaalilla tulisi olla ensisijaisesti tärkein kriteeri sulfaattimaiden riskiluokittelussa. Hapontuottopotentiaalilla kuvataan tässä maaperän kykyä tuottaa happoa sulfidipitoisen pelkistyneen maaperän päästessä hapettumaan. Potentiaali voidaan ilmaista esimerkiksi yksiköllä tuotettu kg rikkihappoa/tonni maata ($\text{kg H}_2\text{SO}_4/\text{t}$) tai kuinka paljon kalsiumkarbonaattia happomäärän neutralisoimiseksi tarvitaan ($\text{kg CaCO}_3/\text{t}$). Luotettavat sulfaattimaiden hapontuottopotentiaalia mittaavat menetelmät ja luokitusten raja-arvot ovat kuitenkin vasta kehitteillä, eikä tässä dokumentissa oteta siten niihin vielä kantaa.

Tällä hetkellä sulfaattimaiden tunnistamisessa yleisesti käytetty pH-inkubaatio on aikaa vievä ja siksi ongelmallinen monissa aikataulullisesti tiukoissa hankkeissa. Tunnistamiseen on kuitenkin olemassa nopeampia menetelmiä, joiden toimivuutta Suomen olosuhteissa tullaan arvioimaan eri tutkimuksissa lähiaikoina. Tätä dokumenttia tullaan päivittämään uusilla tunnistusmenetelmillä heti, kun niiden luotettavuudesta saadaan riittävästi tietoa.

5.1 pH-inkubaatio

Tärkein yksittäinen näytteistä tehtävä analyysi tuotantoalueiden tutkimuksissa on pH-inkubaatio, jonka 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 puskurikykyyn. Inkubaation perusteella ei kuitenkaan voida arvioida suoraan maaperästä lähtevän happamuuskuormituksen määrää. Inkubaatio on suositeltavaa tehdä kaikille näytteille.

Ensisijaisesti inkubaatio olisi hyvä tehdä Creeperin ym. (2012) ohjeiden mukaisesti vaihtelevalla 9-19 viikon inkubaatioajalla, jolloin voidaan saada joissain tapauksissa tarkempaa tietoa näytteiden happamoitumispotentialista verrattuna yleisesti käytössä olevaan kiinteään 8-10 viikon inkubaatioaikaan. Käytännössä 8-10 viikon inkubaation on kuitenkin todettu antavan varsin luotettavan kuvan happamoitumisesta ja sitä voidaan soveltaa, mikäli tutkimuksen aikataulu on kiireellinen.

Creeperin ym. (2012) ohjeen mukaan maaperänäytteiden annetaan hapettua huoneilmassa 9 – 19 viikon ajan. Inkubaatio voidaan tehdä löyhästi suljetuissa muovipusseissa tai muovirasioissa. GTK käyttää inkubaatioon ”Chip Tray” -näyterasioita (kuva 11), joiden on todettu soveltuvan hyvin inkubaatioon (katso Creeper ym. 2012). Näytteet tulee pitää inkubaation ajan ”luonnonkosteina” lisäämällä niihin tarvittaessa deionisoitua vettä. 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.



Kuva 11. Inkubaatioon käytettävä Chip Tray –näyterasia.

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 ja 6,5, jatketaan inkubaatiota vielä 10 viikkoa. Mikäli tämän jälkeen näytteen pH on < 4 , voidaan näytteessä todeta esiintyvän sulfideja ja maaperä luokitella sulfaattimaaksi. Mikäli näytteen pH on $\geq 4,0$, voidaan todeta, että näytteessä ei esiinny merkittävästi sulfideja.

5.2 Kokonaisrikkipitoisuus

Myös kokonaisrikkipitoisuus korreloi hapettumattomissa näytteissä tyypillisesti hyvin sulfidipitoisuuden kanssa ja siten ennustaa mahdollista happamoitumista. Kuitenkin joissain maalajeissa, kuten turpeessa ja liejuissa, rikki saattaa esiintyä pääosin orgaanisessa muodossa, mikä ei aiheuta vastaavaa happamoitumista. Tällöin tulkinta happamoitumisesta pelkän rikkipitoisuuden perusteella ei ole mahdollista. Myös karkearakeisissa maalajeissa rikkipitoisuuden käyttäminen sulfaattimaan määrittämisessä voi olla vaikeaa, sillä karkearakeisten maalajien puskurikyky on tyypillisesti alhainen, ja jo alhainenkin sulfidipitoisuus voi johtaa merkittävään happamoitumiseen. Kokonaisrikkipitoisuus on kuitenkin hyvä tieto arvioitaessa maaperästä mahdollisesti lähtevää happamuuskuormituksen määrää. Yli 0,2 %:n kokonaisrikkipitoisuuden on havaittu korreloivan hyvin happamoitumisen kanssa hienorakeisissa mineraalimaalajeissa (hiesu ja savi).

Kokonaisrikkipitoisuusanalyysiin valitaan näytteitä kattavasti alueen kaikista kerrosyksiköistä ja tarpeen mukaan turvekerroksesta. Kaikkia otettuja näytteitä ei ole välttämätöntä analysoida.

Kokonaisrikkipitoisuus voidaan analysoida mineraalimaanäytteistä ICP-OES tekniikalla (kuningasvesiliuotus) ja turvenäytteistä rikkianalysaattorilla.

6. Sulfaattimaiden riskin arviointi

Sulfaattimaiden riskiluokituksen tavoitteena on pyrkiä kuvaamaan sulfaattimaiden sisällä esiintyvää vaihtelua potentiaalisessa hapontuottomäärässä ja hapon huuhtoutumisessa. Erot perustuvat pääasiassa eri maalajien rikkipitoisuuden ja puskurikyvyn vaihteluihin. Riskin arvioinnissa tulee myös ottaa huomioon happamoituvan kerroksen esiintymissyvyys suhteessa tavoiteltuun kuivatussyvyyteen. Mikäli maaperässä on happamoituva kerros, mutta se ei ole mahdollisen kuivatussyvyyden piirissä, ei se muodosta riskiä ympäristölle. Eniten happamoitumisriskin suuruus vaihtelee karkearakeisissa maalajeissa, joissa puskurikyky on alhainen ja pienikin sulfidipitoisuus voi johtaa maaperän merkittävään happamoitumiseen.

Tutkimusten mukaan (Mattbäck 2014 ja Mattbäck et al. 2016) vähärikkisten happamien hiekkojen asiditeetti on alhainen verrattuna vastaaviin hienorakeisiin maalajeihin, jossa rikkiä on enemmän. Hiekat saattavat kuitenkin aiheuttaa merkittävän happamoitumisriskin, erityisesti heikosti puskuroiduissa vesistöissä, koska syntynyt happamuus voi huuhtoutua hyvin vettä läpäisevästä maaperästä nopeasti ”happamuuspulssina”.

Tässä oppaassa esitetään vain rikkipitoisuuteen ja pH-arvoihin perustuva karkea riskiluokitus sulfaattimailla, sillä yksiselitteitä, toimivaa riskiluokitusta Suomessa ei ole ollut käytössä. Opasta tullaan kuitenkin päivittämään heti kun, hapontuottomäärään perustuvasta riskinarviosta (esimerkiksi inkubaatio-asiditeetti, huuhtoutuva asiditeetti ja huuhtoutuva sähkönjohtavuus) saadaan uutta tutkimustietoa.

6.1 Rikkipitoisuus ja pH-inkubaatio

Sulfidipitoiset karkearakeiset maalajit (hieta ja hiekka) ja moreenit, joissa on rikkiä alle 0,2 %, aiheuttavat todennäköisesti suhteellisen pientä kuormitusta vastaanottavassa vesistössä, mikäli pH laskee inkubaatiossa kolmen ja neljän välille, ja laskua on tapahtunut yli yhden yksikön verran ($\Delta\text{pH} > 1$). Mikäli pH laskee inkubaatiossa alle kolmeen, ja pudotusta tapahtuu yli yksikön ($\Delta\text{pH} > 1$), voidaan happaman kuormituksen riski arvioida suurella todennäköisyydellä merkittäväksi (vertaa Hadzic et al. 2014).

Mikäli hienorakeisessa maassa pH laskee inkubaatiossa 3,5 – 4,0 välille, voidaan mahdollinen kuormitusriski arvioida kohtalaiseksi ja siten alhaisemmaksi, kuin maissa, joissa pH laskee alle 3,5. Matalampi riski perustuu arvioon rikkipitoisuudesta, joka on tyypillisesti tällaisissa hienorakeisissa maissa vain noin 0,2 %. Maltillinen pH:n lasku osoittaa myös, että maaperä pystyy melko hyvin syntyneen happamuuden puskuroimaan.

7. Viiteluettelo

Creeper, N., Fitzpatrick, R. & Shand, P. 2012. A simplified incubation method using chip-trays as incubation vessels to identify sulphidic materials in acid sulphate soils. Soil use and management. British Society of soil Science, 1- 7.

Hadzic, M., Postila, H., Österholm, P., Nystrand M., Pahkakangas, S., Karppinen, A., Arola, M., Nilivaara-Koskela, R., Häkkinen, K., Saukkoriipi, J., Kunnas, S. ja Ihme, R. 2014. Sulfaattimailla syntyvän happaman kuormituksen ennakointi- ja hallintamenetelmät – SuHE-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 17/2014. 88 s

Mattbäck, S. 2014. Sulfide-bearing coarse-grained deposits and their impact on the hydrogeochemistry of sand pit lakes in Western Finland. MSc-thesis, Åbo Akademi University, Finland, 48 p.

Mattbäck, S., Boman, A. & Österholm, P. 2016. Hydrogeochemical impact of coarse-grained post-glacial acid sulfate soil materials. Submitted to Geoderma.