



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JENNA-MARI ERKKILÄ

Happamoitumisen lähde turvetuo- tantoalueella

Opinnäytetyö

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIikka

2020

Tekijä Erkkilä, Jenna-Mari	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Kesäkuu 2020
	Sivumäärä 33 + 10	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Happamoitumisen lähde turvetuotantoalueella		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin Kekkilä Oy:lle. Aiheena oli selvittää happamoitumisen tilanne turvetuotannossa olevalta alueelta ja sen vaikutukset vesistöön. Happamoituminen tarkoittaa maaperän tai vesistön alentunutta kykyä neutraloida happamia yhdisteitä, ja se voi aiheuttaa esimerkiksi vesistöjen pH:n laskua ja tällöin kalakuolemia. Tutkittava alue sijaitsee entisen Litorinameren peittämällä alueella, eli happamien sulfaattimaiden potentiaalisimmalla esiintymisalueella Länsi-Suomessa.</p> <p>Työn tavoitteena oli saada kattava paketti informaatiota alueen happamoitumisen kuormituksesta sekä happamoituvien alueiden sijainneista. Työssä määriteltiin myös menetelmiä happamoitumisen hallitsemisen suhteen. Maaperänäytteitä otettiin eri maakerrokista, esimerkiksi turpeesta ja savesta. Työn aikana tutkittiin maaperänäytteitä pH:n ja rikkipitoisuuden osalta sekä vesinäytteitä pH:n, sulfaattien ja sähkönjohtavuuden osalta.</p> <p>Näytteistä saatujen tuloksien perusteella alueen maaperä ei ole happamoitunut missään, mutta osa alueista luokitellaan potentiaalisiksi happamiksi sulfaattialueiksi. Vesinäytteissä todettiin ajoittain melko hapanta vettä sekä kohonneita sulfaattimääriä ja sähkönjohtavuuden nousua. Molempien alueiden lähtevän veden laatu heittelee vuodenaikojen vaihdellessa tai sääolosuhteiden ollessa äärimmillään. Eurajoen veden laatuun turvetuotantoalueen valumavesillä ei havaittu olevan vaikutusta, sillä pH:n ja sähkönjohtavuuden arvot olivat samansuuruisia ennen turvealuetta ja sen jälkeen.</p> <p>Lisätutkimuksia tarvitaan esimerkiksi happamoitumisen hallitsemisen menetelmän kehittämiseksi turvetuotantoalueelle.</p>		
<p>Asiasanat happamoituminen, sulfaattimaat, turve, pH, Litorinameri</p>		

Author(s) Erkkilä, Jenna-Mari	Type of Publication Bachelor's thesis	Date June 2020
	Number of pages 33 + 10	Language of publication: Finnish
Title of publication Source of acidification in the peat production area		
Degree programme Energy and environmental engineering		
Abstract <p>Thesis was made for Kekkilä Ltd. The subject was to find out situation of acidification from a peat-producing area and its effects on water systems. Acidification means reduced ability of a soil or water to neutralize acidic compounds and it can cause for example decrease in the pH of water and consequently fish deaths. The area examined in this study is in the most potential occurrence area of acid sulphate soils in Western Finland.</p> <p>The goal of this study was to obtain a comprehensive package of information on the acidification load of the area and the locations of the acidifying areas. The work also includes description of methods for controlling acidification. Soil samples were taken from different soil layers for example peat and clay layers. Soil samples were analysed for pH and sulfur content and water samples were analysed for pH, sulphates and conductivity.</p> <p>Based on the results, the soil in the area was not acidified anywhere but some areas were classified as potential acid sulphate soils. Water samples were occasionally found to be quite acidic as well as elevated sulfate levels and increased electrical conductivity. The quality of the outgoing water in both areas fluctuates as the seasons vary or the weather conditions are extreme. The water quality of the Eurajoki seemed to remain constant before and after peatland production area as evaluated by pH and conductivity values.</p> <p>Further studies are needed to e.g. develop a method to control acidification process in the peat production area.</p>		
<u>Key words</u> acidification, sulphate soils, peat, pH, Littorina Sea		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
1.1 Toimeksiantaja Kekkilä Oy	5
2 TURVETUOTANTO.....	6
2.1 Turve.....	6
2.2 Lamminsuo ja Kahalansuo.....	6
2.3 Vesien käsittely ja kulkeutuminen turvetuotantoalueella	7
3 HAPPAMOITUMINEN.....	8
3.1 Happamoitumisen syyt	8
3.2 Happamoitumisen vaikutukset	10
4 HAPPAMOITUMISEN TUTKIMINEN JA HALLINTA	12
4.1 Näytteenotto turvetuotantoalueella.....	12
4.2 Maalajit ja niiden määrittely	13
4.3 pH-inkubaatio.....	13
4.4 Happamat sulfaattimaat turvealueella	14
4.5 Kokonaisrikkipitoisuuden määrittely.....	15
4.6 Vesistöjen tutkiminen happamuutta analysoitaessa	16
4.7 Happamoitumisen hallitseminen	17
4.8 Haittojen hallinta neutraloinnilla.....	18
5 NÄYTTEENOTTO LAMMIN- JA KAHALANSUOLLA	19
5.1 Maaperänäytteenotto	19
5.2 Vesinäytteenotto.....	22
6 NÄYTTEIDEN TULOKSET	24
6.1 Kahalansuon maaperänäytteiden tulokset.....	24
6.2 Lamminsuon maaperänäytteiden tulokset	25
6.3 Kahalansuon lähtevä vesi.....	26
6.4 Lamminsuon lähtevä vesi	28
6.1 Eurajoen vesinäytteet.....	31
7 PÄÄTELMÄT	31
8 YHTEENVETO.....	33

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe on peräisin Kekkilältä ja aiheena on selvittää happamoitumisen tilanne ja vesistövaikutukset turvetuotannon käytössä olevalta alueelta, joka sijaitsee happamien sulfaattimaiden potentiaalisimmalla esiintymisalueella Suomessa. Happamoituminen tarkoittaa maaperän tai vesistön alentunutta kykyä neutraloida happamia yhdisteitä, ja se voi aiheuttaa esimerkiksi vesistöjen pH:n laskua ja tällöin esimerkiksi kalakuolemia.

Opinnäytetyön selvitys toteutetaan Kekkilä Oy:n Eurajoen tehtaan ympärillä oleville turvetuotantoalueille. Työn tavoitteena siis on saada kattava paketti informaatiota alueen happamoitumisen kuormituksesta sekä happamoituvien alueiden sijainneista. Työssä kuvataan myös menetelmiä happamoitumisen hallitsemiseksi. Alueita nimitetään työssä nimillä Lamminsuo ja Kahalansuo.

1.1 Toimeksiantaja Kekkilä Oy

Kekkilä on perustettu vuonna 1924 ja sen muodostivat Kekkilä Garden, Hasselfors Garden sekä Kekkilä Professional. Vuonna 2019 Kekkilä yhdistyi hollantilaisen BVB Substrates B.V:n kanssa muodostaen tällöin Kekkilä-BVB:n. Sen liiketoiminta kattaa muun muassa kuluttajien, viherrakentamisen sekä ammattiviljelyn tarpeet ja tuottaa kasvualustoja sekä lannoite- ja katetuotteita. (Kekkilä Professionalin www-sivut 2019)

Turvetuotantoalue, jossa tarkastellaan maaperän sekä vesistön happamoitumisen lähdettä, sijaitsee Eurajoella Kekkilä Professionalin tehtaan juuressa. Kekkilä Professionalin tehtaita on lisäksi Suomessa Haukinevalla sekä Virossa, Ruotsissa ja Hollannissa. Kekkilä Professional on yksi maailman suurimmista ammattiviljelyyn tarkoitettujen kasvualusta- ja lannoitetuotteiden valmistajista. Yhtiö käyttää tuotteidensa raaka-aineena rahkaturvetta.

2 TURVETUOTANTO

2.1 Turve

Turve on eloperäinen maalaji, joka on syntynyt suokasvien jäännöksistä epätäydellisen hajoamisen tuloksena hapettomissa ja kosteissa olosuhteissa. Sen synty on jatkuva geologinen prosessi, jossa turpeen koostumus ja rakenne vaihtelevat riippuen maatu- vista kasvilajeista. Maalaji luokitellaan turpeeksi, kun sen orgaanisen aineen osuus kuivamassasta on vähintään 75%. (Geologian tutkimuskeskuksen www-sivut)

Turvelajeja on erilaisia ja niiden pääryhmät ovat rahka-, ruskosammal- ja saraturve. Ne luokitellaan yleensä turvetta muodostavien kasvien jäännösten perusteella ja usein turvelajit muodostuvat kahdesta eri pääturvelajista. Päätekijöiden lisäksi turpeella voi olla lisätekijöitä, kuten tupasvillaa, puuainesta ja järviruokoa. (Lappalainen, Stén ja Häikiö 1978, 27)

2.2 Lamminsuo ja Kahalansuo

Lamminsuo ja Kahalansuo ovat turvetuotannossa olevaa aluetta ja ne on esitetty kuvassa 1, jossa pohjoispuolella oleva kokonainen turvealue on Lamminsuo ja eteläpuolella oleva kokonainen turvealue Kahalansuo. Yhteensä turvemaata ja auma-alueita kohteessa on noin 450 hehtaarin verran ja tuotannosta poistuneita alueita 42,7 hehtaarin verran. Kohteelle on myönnetty ympäristölupa ja se on päivitetty vuonna 2015. (Päätös 96/2015/2, 4)

Alueelta tuotetaan ympäristöturvetta käyttäen karheensiirto- ja imuvaunun menetelmää. Alueilla, joilla ympäristöturve on loppunut, tuotetaan energiaturvetta mekaanisen koojavaunun avulla. Turvealueiden tuotannon määrä on keskimäärin 110 000 m³ ympäristöturvetta ja 5 000 m³ energiaturvetta vuodessa. Tuotannon on arvioitu jatkuvan vuoteen 2035 asti. Tuotannon päättymisen jälkeen alueen on arvioitu päätyvän maa- ja metsätaloudeksi sekä osittain kosteikoksi. (Päätös 96/2015/2, 4)



KUVA 1. Ilmakuva Lamminsuoista ja Kahalansuosta (Maanmittauslaitos 2020)

2.3 Vesien käsittely ja kulkeutuminen turvetuotantoalueella

Turvetuotannossa syntyy puhdistettavia kuivatusvesiä. Ne sisältävät esimerkiksi kiintoaineita, fosforia ja typpeä, joita hallitaan turvealueelle rakennettavilla vesienkäsittelymenetelmillä. Kuivatusvedet johdetaan sarkaojarakenteiden, virtausta säätevien patojen sekä pumppausaltaiden kautta joko kosteikolle tai pintavalutuskentälle ja sitä edelleen laskuojan kautta Eurajokeen. Sarkaojien päissä on lietsyvennykset, lietteenpidätin ja päisteputket sekä ojien päät on varustettu virtausta ohjaavilla sihdeillä. Ko-

koojaojissa on virtausta säätelevät padot. Tämän lisäksi alueella hyödynnetään pumpppaamojen imualtaita, jotka toimivat alueen laskeutusaltaina. Alueella käytetään BAT-menetelmänä pintavalutuskenttää Lamminsuon vesien käsittelyssä ja kosteikkoa Kahalansuon vesien käsittelyssä. (Päätös Nro 96/2015/2, 2)

Turvetuotantoalueelta tulevat kuivatusveden johdetaan kahta reittiä pitkin alapuoliseen vesistöön Eurajokeen ja Selkämerelle. Kahalansuolta tulevat kuivatusvedet johdetaan kosteikon reittiä pitkin: pumpppaamon, kosteikon ja suodatinrakenteen kautta. Kosteikolle on rakennettu vuonna 2018 suodatinrakenne, jonka alkuperäinen tarkoitus on alentaa lähtevän veden fosforipitoisuutta kesän kuivina jaksoina, jolloin riittävän puhdistustehokkuuden saavuttaminen kosteikolla on haastavampaa. Suodatinrakenteen materiaalina käytetään tuotetta, jossa on runsaasti aktiivista kalkkia, jolloin materiaali on emäksistä. (Päätös Nro 113/2018/2, 4) Tämä vaikuttaa myös lähtevän veden pH-arvoon sitä kasvattaen, koska suodatinrakenne on sijoitettu toimimaan kosteikon jälkeen.

Lamminsuon alueen kuivatusvedet johdetaan pumpppaamon, pintavalutuskentän ja suodattimen avulla. (Päätös Nro 96/2015/2, 6)

3 HAPPAMOITUMINEN

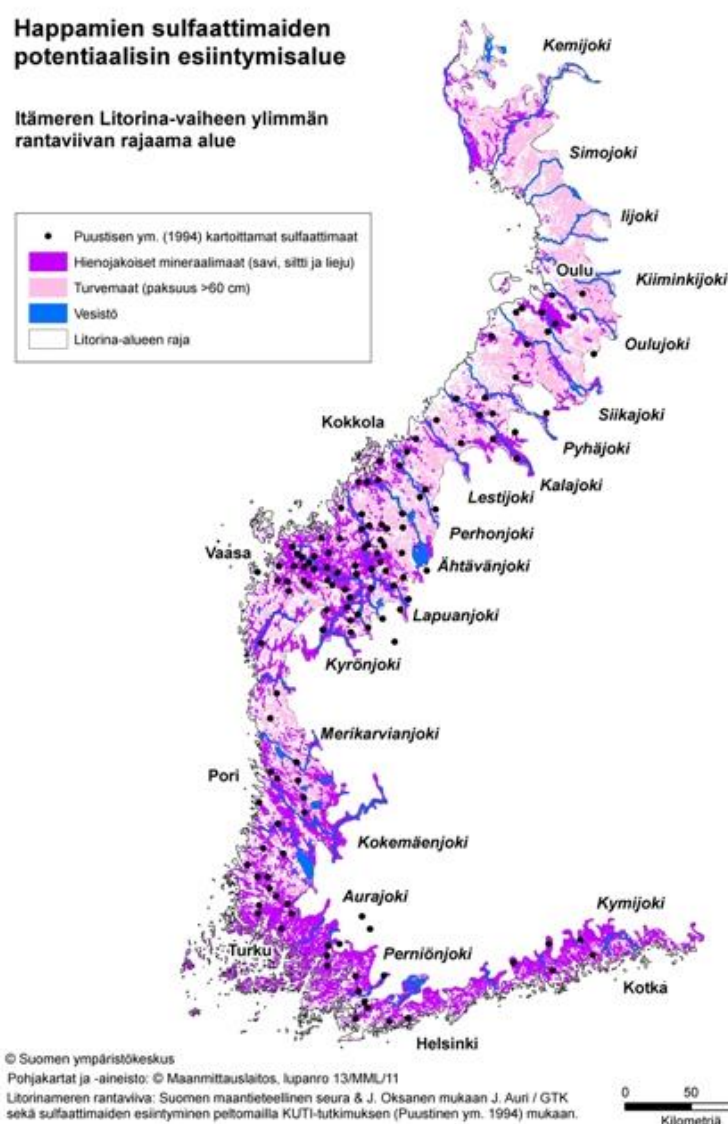
3.1 Happamoitumisen syyt

Happamoituminen tarkoittaa maaperän tai vesistön alentunutta kykyä neutraloida happamia yhdisteitä. Suomessa happamia alueita löytyy eniten rannikkoalueilta, varsinkin länsirannikolta. (Luonnontilan www-sivut 2013)

Happamia sulfaattimaita alkoi muodostua Itämeren alueella noin 4000-8000 vuotta sitten maankohoamisen myötä. Suomessa alueita esiintyy entisen Litorinameren peittämällä tai mustaliuskeita sisältävillä kallioperäisillä alueilla. Litorinameren vaiheen rajaama alue on nähtävissä kuvassa 2. Meren pohjaan pelkistyi sulfideja mikrobien

toiminnan seurauksena. Nämä sulfidit reagoivat yhdessä raudan kanssa, joka oli pelkistyneenä meren pohjassa, jolloin ne saostuivat rautasulfideiksi sedimenttiin. (Hadzic ym. 2014, 7)

Nämä pohjasedimentit ovat nousseet kuivalle maalle ja tämän maankohoamisen myötä sulfaattimaat sijaitsevat nykyisin merenpinnan yläpuolella ja kun niitä kuivataan, maaperä hapettuu ja siinä reaktiossa vapautuva rikki muodostaa rikkihappoa maaperässä olevan veden kanssa. Hapan maaperä voi siis syntyä luontaisesti, mutta varsinainen happamoituminen on seurausta ihmisten toiminnasta. (Ympäristöhallinnon www-sivut 2019)



KUVA 2. Litorinameren raja ja happamien sulfaattimaiden potentiaalisimmat esiintymisalueet Suomessa. (Suomen ympäristökeskus 2013)

Rikkipitoiset sedimentit, eli sulfidisedimentit, muodostavat hapettumisen seurauksena rikkihappoa, joka voi johtaa maaperän sekä valumavesien happamoitumiseen. Tämän seurauksena maaperästä voi liueta myös haitallisia metalleja, esimerkiksi alumiinia, kadmiumia, kobolttia, kuparia, nikkeliä, sinkkiä ja uraania. Nämä raskasmetallit kulkeutuvat edelleen ympäröiviin vesistöihin ja voivat heikentää niiden tilaa ekologisesti ja kemiallisesti. (Auri, Boman, Hadzic ja Nystrand 2018, 3)

Happamoitumisen suurimpia syitä on ojitus. Ojituksen takia muun muassa rannikkoalueiden rikkipitoiset sedimentit paljastuvat ja hapettuvat. Ojituksen yleistyessä noin 1950-1960 -luvuilla pohjaveden taso aleni, jolloin sedimentit hapettuivat entistä syvemmältä. (Luonnontilan www-sivut 2013) Maankäytön seurauksena maaperässä olevat hapettomien kerrostumien tila muuttuu, ja ne saavat hapetta ja sitä kautta happamoituvat. Ihmisen toiminta vaikuttaa tähän maankäyttöön, ja tällaista maankäyttöä on maataloudessa toimivien maiden kuivatus, metsä- ja suo-ojitukset, turvetuotanto ja kaikenlainen rakennustoiminta. (Edén 2012) Ojituksen lisäksi maaperässä tapahtuu valuntaa, joka vaikuttaa happamoittavien yhdisteiden liukenemiseen happamilta sulfaattimailta, ja siihen vaikuttaa eniten sääolosuhteet ja ilmaston lämpeneminen: talven ja roudan aika lyhenee ilmaston lämpenemisen myötä. (Ilmasto-opiaan www-sivut 2016)

Maaperän ja vesistöjen happamoitumisen liitokset turvetuotantoon ovat yleensä uuden turpeen tuotantoalueen perustamisvaiheessa sekä sen loppuvaiheessa. Perustamisvaiheessa rakennetaan mineraalimaahan ulottuvat laskeutusaltaat sekä kokooajot ja loppuvaiheessa tuotantoalueen sarkaojat ulottuvat mineraalimaahan. Tällöin sedimentit ovat kosketuksissa ilman kanssa. (Vapon www-sivut 2012)

3.2 Happamoitumisen vaikutukset

Happamoitumisen vaikutuksia vesistöön ovat vaihtelevat happamuus- ja metallikuormat. Tähän vaikuttaa myös sääolosuhteet, esimerkiksi keväisin tulevat rankat sateet huuhtovat hapanta vettä ja metalleja vesistöihin. Happamoituminen sekä metallien myrkyllisten olomuotojen lisääntyminen aiheuttaa muutoksia alueen eliöstössä. (Ym-

päristöhallinnon www-sivut 2019) Happamien sulfaattimaiden kuivatus vaikuttaa vesistöihin suoraan ja epäsuorasti: suora vaikutus tarkoittaa veden happamuuden lisääntymistä ja epäsuora vaikutus metallien liukoisuuden lisääntymistä. Yleisesti happamissa vesissä eliöstön ja kasvillisuuden monimuotoisuus kärsii ja vähenee, koska vain harvat lajit kykenevät sopeutumaan, elämään ja lisääntymään happamissa vesissä. Herkimvät lajit katoavat ensimmäisenä: näitä lajeja ovat esimerkiksi kalkkikuoriset eliöt, kuten simpukat ja kotilot. Erityisesti happamoitumisesta kärsii kidukset omaavat eliöt, koska kidusten pinnat ovat lievästi emäksisiä, minkä takia happamassa vedessä olevat runsaat metallimäärät saostuvat ja kertyvät kidusten päälle. (Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2009, 33)

Happamien sulfaattimaiden kuivatus vaikuttaa eliöstöön, mutta myös vesistöjen ekologiseen ja kemialliseen tilaan. Vesistöjen ekologinen tila tarkoittaa ekologista luokitelua, jolloin vesistöt jaetaan viiteen luokkaan (erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono). Tässä luokittelussa otetaan huomioon eliöiden tila, veden laatu ja hydrologian sekä morfologian ominaisuudet. Suomessa vedet, jotka ovat luokiteltu kategoriin tyydyttävä, välttävä tai huono, ovat usein happamia jokia ja/tai sijaitsevat happamien sulfaattimaiden valuma-alueilla. (Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2009, 34)

Vesistöjen kemiallinen tila perustuu arviointiin, joka tarkoittaa vesissä olevien vaarallisten ja haitallisten aineiden määriä verrattuna lainsäädännössä asetettuihin ympäristölaatuunormeihin. Näitä haitallisia aineita ovat esimerkiksi elohopea ja kadmium. Kemiallisen tilan arvioinnissa vesistöt luokitellaan joko hyväksi tai sitä huonommaksi vesistöksi. (Ympäristöhallinnon www-sivut, Pintavesien tila 2019) Suomessa lähes kaikki kohteet, jotka ovat luokiteltu hyvää huonommaksi vesistöksi, sijaitsevat sulfaattimailta. (Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2009, 34)

4 HAPPAIMOITUMISEN TUTKIMINEN JA HALLINTA

4.1 Näytteenotto turvetuotantoalueella

Happamoitumisen tutkimiseen turvetuotantoalueella näytteenotossa voidaan käyttää maaperäkairausta. Maaperäkairauksessa voidaan analysoida kairauspisteen maalaji, mitata maastossa vallitseva pH ja ottaa näytteitä tutkittavaksi eteenpäin laboratorioon. Maaperäkairauksessa käytettäviä kairoja on erilaisia riippuen tutkittavasta kohteesta: esimerkiksi pehmeämmille alueille sopii käytettäväksi venäläinen kaira ja kovemmille alueille käsikäyttöinen moottoritärykaira. (Auri ym. 2018, 7)

Melko yleinen kairan toimintamenetelmä perustuu jatkovarsiin ja kannuosaan, joita on markkinoilla eripituisia ja -tyylisiä. Jatkovarret ja kannuosa on nähtävissä esimerkkinä kuvassa 3. Yleensä kairan kannuosassa liikkuu ulompana kouru, joka leikkaa näytettä. Ulompi kouru on kiinteän, sisemmän kourun ympärillä, johon näyte kerääntyy. Haluttu kairauksen syvyys saavutetaan jatkovarsilla, ja kun haluttu kairaussyvyys on saavutettu, liitetään jatkovarsiin kääntövarsi. Tämän jälkeen kairaa käännetään vastapäivään, jolloin ulompi kouru avautuu ja leikkaa näytteen. Tämän jälkeen kairaa kierretään myötäpäivään, jolloin näyte sulkeutuu sisempään kouruun. Kaira nostetaan lenkkiavaimen avulla maasta, puhdistetaan ylimääräisestä turpeesta ja avataan, jolloin saadaan näyte maaperästä. (Lappalainen ym. 1978, 11)

Turvetuotantoalueilla on paljon ojia sekä mahdollisesti vesistöjä, joista voi olla hyvä mitata pH sekä sähkönjohtavuus kokonaisvaltaisempaa analyysia varten. Tämän lisäksi maaperäanalyysin kairauspisteet tulisi sijoittaa lähelle ojaa, turvealueiden tapauksessa lähelle sarkaojia. (Auri ym. 2018, 7)



KUVA 3. Venäläinen turvekaira. (Auri ym. 2018, 7)

4.2 Maalajit ja niiden määrittely

Turve on maa-aines, joka on muodostunut suon kasvien jäännöksistä epätäydellisen hajoamisen seurauksena. Tällöin muodostuu maa-ainesta, joka kerrostuu ajan saatossa. Turvemaalla tarkoitetaan maata, jossa maan pintakerros on turvetta, noin 30 senttimetrin verran. (Turveinfon [www-sivut](#)) Turvetta nostetaan, jolloin sen pinta muuttuu, eli turve vähenee ja alapuolelta paljastuu muita maalajeja. Näitä maalajeja analysoidaan tutkittaessa maaperän happamoitumista.

Maalajit jaotellaan eloperäisiin maalajeihin ja kivennäismaalajeihin. Turve on eloperäinen maalaji. Muita eloperäisiä maalajeja ovat multa, lieju ja muta. (Puutarhan [www-sivut 2015](#)) Lamminsuolta ja Kahalansuolta otetuissa näytteissä on havaittavissa liejua. Lieju on seos, joka muodostuu kasvi- ja eläinjäänteistä sekä hienosta kivennäisaineksesta. Analysoidessa liejua se on tuoreena hieman vihertävää sekä helposti murtuvaa ja repeilevää. Kuivuessaan lieju kutistuu, jolloin se on kovaa ja kevyttä. Liejumaat voivat olla liian happamia johtuen luonnollisista syistä. (GTK:n [www-sivut](#))

Kivennäismaalajeja ovat moreeni, sora, hiekka, hieta, hiesu ja savi. Näistä moreenia, hiesua ja savea on havaittavissa Lamminsuolta ja Kahalansuolta otetuissa näytteissä, jotka on esitetty liitteessä 1. Hiesu on väriltänsä vaalean harmaata ja se muistuttaa perunajauhoa. Tuore pala hiesua on aluksi hauras ja kova. Se ei ole muovailtavaa tai sitkeää sekä kuivuessaan se halkeilee. Saven yleisimpiä tuntomerkkejä on sen muovailtavuus saven ollessa kosteaa, sekä kuivana se on kovaa ja halkeilevaa. Moreeni on Suomessa yleisin maalaji, joka on sekalajitteista kivimurskaa. (GTK:n [www-sivut](#))

4.3 pH-inkubaatio

pH-inkubaation avulla voidaan tunnistaa sulfaattimaa sekä ennustaa ja arvioida tutkitavassa maaperässä tapahtuvaa happamoitumista. Inkubaation tekemiselle on useita menetelmiä, mutta yleisesti inkubaatiossa seurataan näytteiden pH-arvoja, kun niitä hapetetaan huoneenlämmössä. Näytteiden annetaan hapettua noin 8-16 viikon ajan ja niitä pidetään kosteina deionisoidun veden avulla. (Auri 2019) Näytteistä mitataan pH inkubaation alussa sekä hapetusjakson jälkeen. Maaperätutkimusten pH-rajojen yleinen ohje on, että jos pH on laskenut neljään tai alle ja jos pudotusta on tapahtunut

vähintään 0,5 yksikköä, voidaan pH-inkubaation näyte todeta sulfidipitoiseksi ja tällöin happamaksi sulfaattimaaksi (Auri, Edén, Martinkauppi, ja Rankonen 2012, 8)

Taulukossa 1 on esitetty esimerkki inkubaation tulosten tulkitsemisesta. Ajan kuluessa yli kahdeksan viikon ja jos näytteen pH > 6,5, voi todeta, ettei näytteessä ole tarpeeksi sulfideja ja inkubaatio lopetetaan, jolloin jälleen voidaan todeta, että maaperä ei sisällä tarpeeksi sulfideja eikä näin ollen ole sulfaattimaa. Näytteen pH:n ollessa välillä 4 ja 6,5, inkubaatiota voidaan jatkaa 10 viikkoon. Jos tämän ajan jälkeen pH < 4, voi todeta, että näyte sisältää sulfideja ja tällöin maaperä luokitellaan sulfaattimaaksi. Jos näytteen pH on tasan tai yli neljän, näytteessä ei esiinny tarpeeksi sulfideja, jolloin se ei ole sulfaattimaa. (Auri ym. 2018, 11)

Taulukko 1. Inkubaation tulosten tulkinta. pH arvo kuvastaa tilannetta inkubaatioajan päättyessä.

Aika viikkoina	pH	Tulos	Hapan sulfaattimaa
8	> 6,5	näytteessä ei ole tarpeeksi sulfideja, inkubaatio lopetetaan	ei
9	> 4,5	näytteessä ei ole tarpeeksi sulfideja, mutta inkubaatiota voidaan jatkaa	ei
10	< 4	näyte sisältää sulfideja, inkubaatio lopetetaan	kyllä
10	=/> 4	näyte ei sisällä sulfideja, inkubaatio lopetetaan	ei

4.4 Happamat sulfaattimaat turvealueella

Yleisessä tapauksessa happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jossa esiintyy hapan kerros, jonka pH on alle neljän (pH < 4) sulfidien hapettumisen seurauksena. Tämä tarkoittaa todellista hapanta sulfaattimaata. Tämän lisäksi kerros voi olla hapettumaton sulfidipitoinen kerros, joka hapettumisen myötä alkaa tuottamaan rikkihappoa niin, että maaperä alkaa happamoitua merkittävästi (pH < 4). Tämä tarkoittaa potentiaalista hapanta sulfaattimaata, joka hapettuessaan muuttuu todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi. Turpeen suhteen kuitenkin sovelletaan hieman eri raja-arvoja, koska turpeessa on orgaanisia happoja, jotka voivat laskea sen pH:n alhaiseksi täysin luontaisesti (pH < 4). Turpeen tapauksessa se lasketaan happamaksi sulfaattimaaksi, jos sen pH:n inkuboinnin tulos on alle kolmen (pH < 3) tai alle 3,5:n

ja pH on laskenut inkubaation yhteydessä yli yhden yksikön ($\Delta\text{pH} > 1$). (Auri ym. 2018, 5)

Potentiaalisen ja todellisen happaman sulfaattimaan tunnistukseen voi käyttää apua myös tutkimalla maaperän koostumusta ja värejä. Potentiaalisen happamalla sulfaattimaalla voi olla mustan tai tummanharmaita kohtia, jos näyte sisältää monosulfidia. (Hadzic 2018) Todellisen happaman sulfaattimaassa maaperässä voi olla havaittavissa paljon rautasaostumia ja joskus keltaista jarosiittia. (Härkönen ja Nieminen 2019)

4.5 Kokonaisrikkipitoisuuden määrittäminen

Yksinään kokonaisrikkipitoisuus ei kerro tarpeeksi maaperän happamoitumisesta, koska joissakin maalajeissa, esimerkiksi turpeessa ja liejussa, rikki voi esiintyä suurilta osin orgaanisessa muodossa, joka ei aiheuta happamoitumista. Kokonaisrikkipitoisuus kuitenkin korreloi hapettumattomissa näytteissä sulfidipitoisuuden kanssa – yli 0,2% kokonaisrikkipitoisuus voi korreloida happamoitumisen kanssa hienorakeisissa mineraalimaalajikkeissa, kuten hiesussa ja savessa. Kokonaisrikkipitoisuuden selvittäminen on hyvä asia, kun arvioidaan maaperästä mahdollisesti lähtevä happamuuden kuormituksen määrää. (Auri ym. 2018, 12)

Rikkipitoisuuden on tutkittu olevan korkeimmillaan mineraalimaassa yleensä heti turvekerroksen alapuolella. Tämä tarkoittaa mineraalimaassa sijaitsevaa potentiaalista kuormitusta, joka on korkeimmillaan turvekerroksen alapuolella. Tässä osuudessa yleensä tapahtuu hapettuminen turpeen tuotannon aikana. (Nystrand 2019, 8)

Kokonaisrikkipitoisuutta voidaan tutkia mineraalimaanäytteistä ICP-OES -nimisellä tekniikalla. ICP-OES -lyhenne tulee sanoista “Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy”. ICP-OES -laite mittaa vain alkuainepitoisuuksia näytteistä ja se on sulfaattien mittaamiseen käytetty yleinen analyysimenetelmä. (Rautiainen 2014, 5) Turvenäytteistä kokonaisrikkipitoisuus analysoidaan rikkianalysaattorilla. (Auri ym. 2018, 12)

4.6 Vesistöjen tutkiminen happamuutta analysoitaessa

Tutkittaessa veden laatua veden pH kertoo siitä, miten paljon vedessä on vetyioneja. (Ympäristöhallinnon www-sivut 2017) Veden pH on normaalisti lähellä neutraalia, jolloin se on noin seitsemän. Suomen vesistöt ovat kuitenkin normaalisti lievästi happamia, eli pH liikkuu 6,5-6,8 paikkeilla. Suomen vesistöjen lievä happamuus johtuu vesien luontaisesta humuskuormituksesta. Vesistöissä elävä eliöstö on sopeutunut elämään pH:n ollessa noin 6-8 alueella. Vuodenaikojen vaihtelu vaikuttaa vesistöjen pH-arvoon. Normaalitilanteissa pH on talvella hieman alhaisempi kuin kesällä, koska keuhkain levätuotanto kohottaa päällysvesien pH-arvoa. (Oravainen 1999. 12) Vaihtelu voi olla kuitenkin suurta, joten veden laadun seurannassa pH:n keskiarvo ei anna todellista kuvaa veden happamuudesta. Tällöin veden happamuuden seurannassa käytetään pH-arvojen vuotuisia minimiarvoja. Veden happamuutta voidaan pitää kriittisenä, jos sen pH arvo on 5,5 tai alle. (Sutela ym. 2012, 16) Pahimmillaan veden pH voi laskea alle kolmen, joka johtaa vesistöjen kalakuolemiin. Taulukosta 2. voi tarkastella eri pH-arvoja ja vesistöjen esimerkkitapauksia suhteutettuna muiden materiaalien pH-arvoihin. Taulukon laatimisessa on käytetty apuna Suomen luonnonsuojeluliiton kehittämää Vesistöopasta. (Haakana 2018, 65)

Taulukko 2. Esimerkkejä pH-arvoista

pH	Esimerkki
1	akkuhappo
2	sitruunahappo
3	sadeveden pH huonoimmillaan
4	hyvin hapanta, vesieliöstöä kuolee paljon
5	herkimmät eliöt kuolevat, esimerkiksi kalanpoikaset
6	runsaasti humusta sisältävien vesien happamuus
7	neutraali, optimaalisin elinympäristö useimmille vesieliöille
8	meriveden ja rehevöityneiden järvien päällysveden happamuus
9	ruokasooda
10	mäntysuopa
11	ammoniakki
12	pyykinpesuaine
13	lipeä

Veden sähkönjohtavuus kuvaa veteen liuenneiden ionien määrää. Suomalaisessa vesistössä sähkönjohtavuus voi olla alle 5 mS/m pH:n ollessa noin 6. Kuitenkin happamilla sulfaattimailla pH ja sähkönjohtavuus poikkeaa normaalitilanteesta, jolloin veden pH voi olla alle 5 ja sähkönjohtavuus yli 20 mS/m, vaihdellen jopa paikoitellen yli

200 mS/m. Happamalla sulfaattimailla vesistöjen sähkönjohtavuus antaa hyvin tietoa veden sulfaatti- ja metallipitoisuuksista, kuten esimerkiksi alumiinista, kadmiumista ja koboltista. (Hadzic ym. 2014, 20-21)

Turvetuotantoalueelta lähtevä hapan valumavesi voi olla orgaanista alkuperää tai syynä voi olla sulfidikerrosten hapettuminen. Jos happamuus on orgaanisesta happamuudesta peräisin, se johtuu turvemaille ominaisista humusyhdisteistä ja huuhtouman määrän lisääntymisestä maanmuokkauksen myötä. Jos happamuus johtuu sulfidikerrosten hapettumisesta, happamuuden voi havaita valumaveden sulfaattipitoisuuksissa, jotka ovat tällöin selvästi korkeampia verrattuna Suomen joki- ja sisävesien pitoisuuksiin. Suomen sisävesien sulfaattipitoisuudet ovat yleensä melko pieniä ja niiden medianpitoisuudet ovat noin 3,5 mg/l luokkaa, jota voidaan käyttää Suomen sulfaattipitoisuuden taustapitoisuutena tutkittaessa veden sulfaattimääriä. Erottelussa voidaan käyttää myös pH-asteikkoa ja sähkönjohtavuutta, koska humuksesta johtuvassa happamassa vedessä pH ei laske alle neljän ja sähkönjohtavuus on matalampi kuin 20 mS/m. (Hadzic ym. 2014, 30)

Veden laatua tutkittaessa happamalla sulfaattimailla vuodenaikojen ja sään vaihtelut on huomioitava. Huomioon otettavia tilanteita ovat esimerkiksi routakausi tai kuiva kesä, koska niiden aikana huuhtoumat happamista sulfaattimaakerroksista ovat vähäisiä. (Hadzic ym. 2014, 21) Kuitenkin happamuuden kannalta hankalia olosuhteita ovat kevät- ja syyskaudella, jolloin valunta kasvaa, sekä kesällä rankkasateiden jälkeen ja keväällä routamaan sulaessa. Hankalimmiksi tilanteiksi on luonnehdittu pitkiä, kuivia jaksoja seuraavat äkilliset rankkasateet. (Sutela ym. 2012, 14)

4.7 Happamoitumisen hallitseminen

Happamuuden aiheuttamien haittojen ehkäisy on yleensä parhain vaihtoehto huolimatta siitä, missä päin alue sijaitsee potentiaalisista sulfaattimaista katsottuna ja mikä on alueen maankäyttömuoto. Jos alueen maaperä pääsee happamoitumaan, sen hallinta voi olla haasteellista, koska sen neutralointiin voi tarvita esimerkiksi sähköä ja veden pudotuskorkeuden käsittelyä. Tämä ei edes takaa happamoitumisen hallintaa, koska

suuret vaihtelut veden virtaamisissa voivat haitata maaperän neutralointia. (Suomen ympäristökeskuksen www-sivut 2019)

Turvealueilla tehokkaimpia happamoitumisen hallitsemisen menetelmiä on jättää ohut yhtenäinen turvekerros alueelle tuotannon päättyessä, koska ohut turvekerros tuotannon saroilla suojaa maaperää hapettumiselta ja tällöin happamoitumiselta. Tehokkaita muotoja on myös pitää pohjaveden pinta korkealla sekä muuttaa turvealue kosteikoksi tuotannon päättyessä. Jos turvetuotannon loppumisen jälkeen suunniteltu alueen käyttömuoto tarvitsee maaperän kuivattamista, voi happamien valumien riski alapuolisiin vesistöihin kasvaa. (Suomen ympäristökeskuksen www-sivut 2019)

4.8 Haittojen hallinta neutraloinnilla

Happamien valumavesien neutralointi tarkoittaa veden käsittelyä sopivammaksi vastaanottavaa vesistöä ajatellen. Valumavesien neutralointiin käytettäviä menetelmiä on useita. Ne voivat perustua esimerkiksi jatkuvaan kemikaalin annostukseen, ulkopuoliseen energiaan, ”jatkuvaan” ylläpitoon tai ajoittaiseen ylläpitoon. Neutralointia vaativa kohde määrittelee neutraloinnin menetelmän: esimerkiksi ajoittaista ylläpitoa vaativat menetelmät voivat soveltua pienen virtaaman ja alhaisen asiditeetin omaaviin kohteisiin, ja jatkuvaan kemikaalin annostukseen sekä ulkopuolisen energian omaavat menetelmät soveltuvat pitkälti kaikkiin kohteisiin. Menetelmän valintaan vaikuttaa myös alueen maankäyttömuoto, esimerkiksi turvetuotannolle, metsätaloudelle ja maataloudelle voi soveltua täysin toisistaan erilaiset menetelmät. (Karppinen, Riihimäki, Nokela. ja Ihme, 10) Asiditeetti tarkoittaa veden kykyä neutraloida vahvat emäkset tiettyyn pH-arvoon, verrattuna alkaliteettiin, joka tarkoittaa taas veden kykyä neutraloida vahvoja happoja tiettyyn pH-arvoon. (Opetushallituksen www-sivut)

Lamminsuolla on rakennettu kalkkipato ja Kahalansuolla on rakennettu fosforin poistoa tehostava suodatinrakenne. Sen materiaali on terästuotannon sivutuotteena valmistettu TOP16-tuote, joka on emäksistä. (Päätös Nro 113/2018/2, 4) Menetelmistä huolimatta Lamminsuon ja Kahalansuon suurimpia ongelmia neutralointimenetelmän **optimoinnissa** ovat kuitenkin suuri koko, joka tuo ajoittain suuria käsiteltävän veden määriä, jotka happamuuden lisäksi sisältävät myös sulfaattia ja metalleja. Lähtevän

veden määrä voi nousta yli 2 kahteen miljoonaan kuutiometriin vuodessa. Useat neutraloinnin hallintamenetelmät ovat myös vielä testausasteella, joten niitä voi olla hankala vielä mitoitaa vastaamaan Lamminsuon ja Kahalansuon tarpeita.

Neutraloinnin haasteita virtaaman ja vedenlaadun suuren vaihtelun lisäksi on neutralointimateriaalin pinnoittuminen ja neutralointikapasiteetin riittävyys. Näiden syiden vuoksi on tärkeää tutkia happaman veden laatu, jotta pystytään valitsemaan mahdollisimman oikeanlainen neutralointimateriaali. Materiaaleja on useita: kalkkikivi, kalsiumhydroksidi sekä teollisuudesta tulevat sivutuotteet, esimerkiksi tuhka. (Hadzic M., Laamanen T., Korhonen A., Leinonen K. ja Ihme R. 2019)

5 NÄYTTEENOTTO LAMMIN- JA KAHALANSUOLLA

5.1 Maaperänäytteenotto

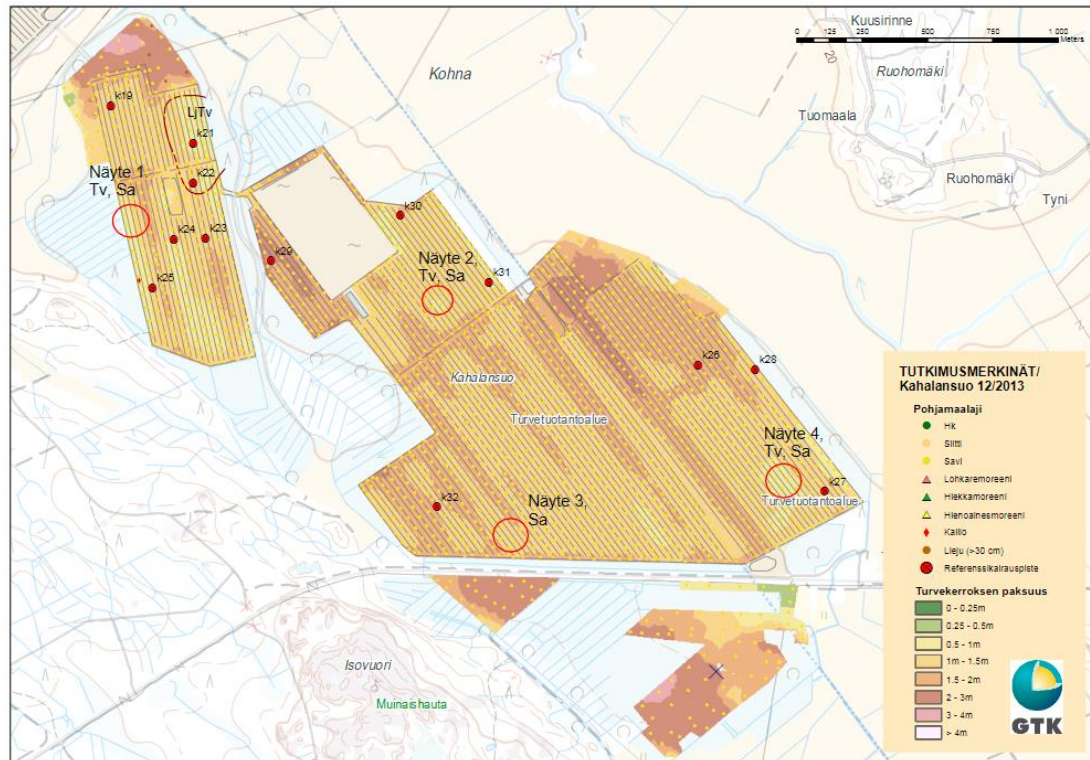
Lammin- ja Kahalansuolla tavoitteena oli selvittää maaperän mahdollisen happamoitumisen tilanne. Näytteenottosuunnitelman kehitti Vapo Oy:n geologian osasto ja näytteenoton toteutti Kekkilä Oy:n ja Vapo Oy:n kausityöntekijät. Näytteenottosuunnitelman pohjana on käytetty tietoa aikaisemmin GTK:n tekemistä referenssikairauksista ja suunnitelma toteutettiin siten, että näytepisteillä esiintyi kaikkia alueella esiintyviä maalajeja etukäteistietojen mukaan. Havaintopisteverkoksi muodostui 1 näytepiste per 50 hehtaaria, koska aikaisempien referenssikairauksien ansiosta tiedossa oli jo alueen pohjalaji ja sen tasaisuus.

Lamminsuon ja Kahalansuon happamoitumisen lähteiden tutkimuksen näytteenotto-menetelmäksi valikoitui kairaus ja venäläinen laippakaira. Kaira on esitelty kuvassa 4 ja siihen on kerätty näyte, jonka havaittiin olevan vain savea.

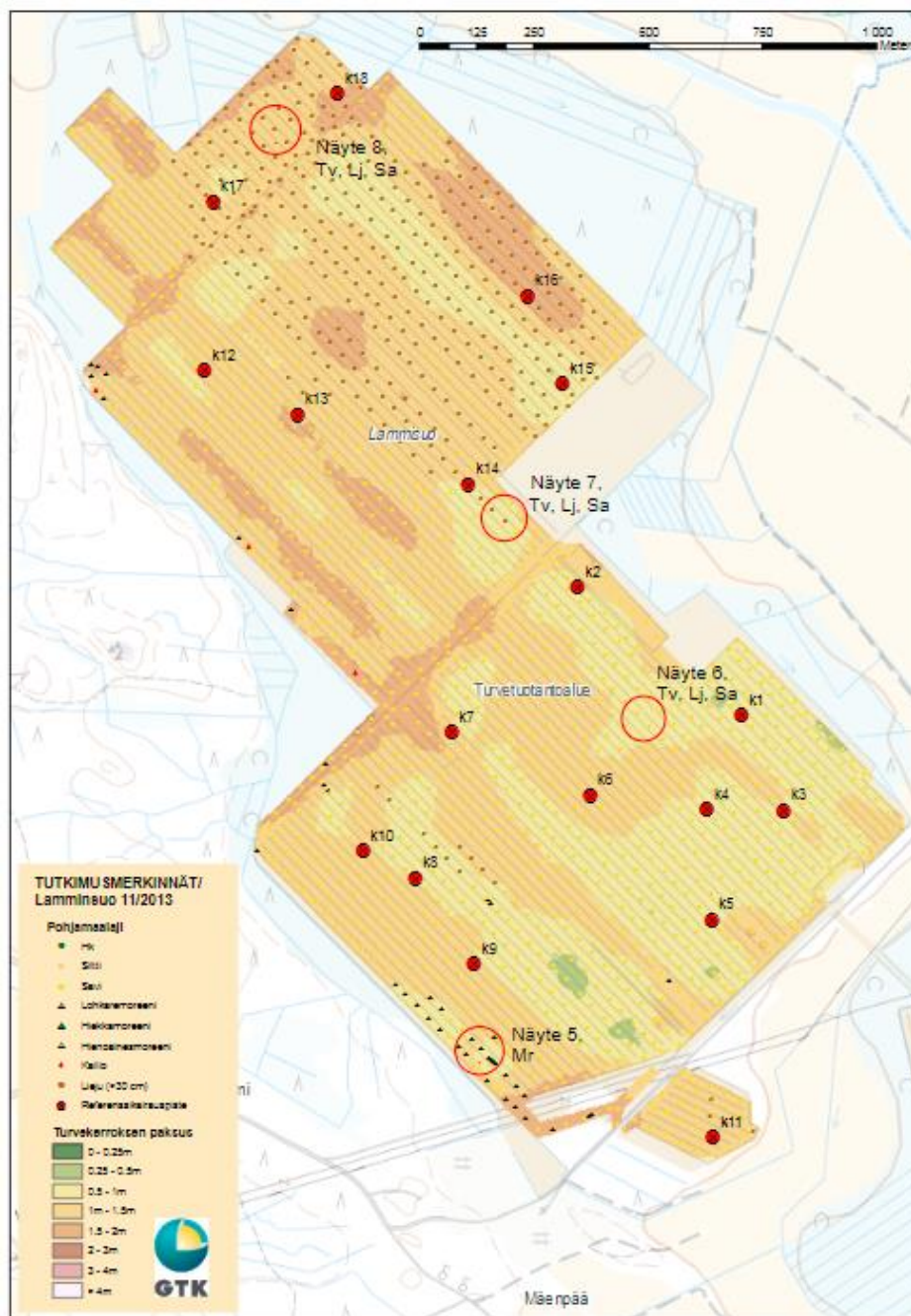


KUVA 4. Näytteenotossa käytetty kaira avattuna, jossa on näytteenä savea

Näytteenotto toteutettiin elokuussa 2019 ja näytteitä otettiin yhteensä 17 kappaletta. Näytteet kerättiin kuvissa 5. ja 6. esitetyistä paikoista noin 50-100 sentin etäisyydeltä sarkaojan reunalta. Näytteiden oton syvyydet vaihtelevat 20 sentistä 140 senttiin riippuen siitä, kuinka paksua turve on ja milloin mineraalimaa tuli vastaan. Näytteet kerättiin minigrip-pusseihin sekä kylmälaukkuun näytteiden hapettumisen estämiseksi. Näytteet lähetettiin minigrip-pusseissa ulkoiseen laboratorioon, jossa tehtiin pH-inkubaatio ja kokonaisrikkipitoisuuden määrittäminen. Maaperänäytteiden pH-mittausta maastossa ei toteutettu, koska ensimmäinen pH-analyysi tehtiin 24h sisällä näytteenotosta.



KUVA 5. Kahalansuon näytepisteiden sijainti



KUVA 6. Lamminsuon näytepisteiden sijainti

5.2 Vesinäytteenotto

Tutkittavalla alueella on lähtevästä vedestä kerätty vedenlaatutietoja jo vuodesta 2005 turvetuotannon kuormitustarkkailuun liittyen. Vesinäytteitä ei siis otettu itse tätä projektia varten, vaan vesinäytteiden dataa oli olemassa jo valmiiksi. Vesinäytteenottoa käytetään virtaamien ja laadun seurantaan, esimerkiksi pH:n, fosforin, typen ja sameuden osalta. Turvealueiden lähtevän veden näytteet kerätään Kahalansuon kosteikolta

ja fosforisuodattimelta sekä Lamminsuolta pintavalutuskentältä ja kalkkipadolta, joiden sijainnit ovat nähtävillä kuvassa 7. Eurajoen näytteiden ottopaikka sijaitsee hie-
man kauempana turvealueista ja siitä saa laajemman kuvan alueen vesistön tilasta ja
turvealueilta lähtevän veden vaikutuksista Eurajoen veden laatuun. Kuvasta 7. voi
myös nähdä, että alueella on paljon myös peltoalaa ja maataloutta, millä voi olla myös
vaikutuksia Eurajoen veden laatuun.



KUVA 7. Vesinäytteiden ottopaikat ja vesienkäsittelyjärjestelmien sijainnit

Projektissa haluttiin tutkia happamien sulfaattimaiden vaikutuksia turvealueelta lähtevän veden sekä Eurajoen veden laatuun. Projektissa näytteistä tutkittiin veden pH-arvoa, sulfideja ja sähkönjohtavuutta. Tarkastelun aikaväliksi valikoitui tammikuu 2019-

huhtikuu 2020 johtuen datan suuresta määrästä ja kiinnostuksesta nykyistä tilannetta kohtaan.

6 NÄYTTEIDEN TULOKSET

6.1 Kahalansuon maaperänäytteiden tulokset

Taulukossa 3. on esitelty Kahalansuolta otettujen maaperänäytteiden maalajit, näytteenottosyvyydet, rikkipitoisuudet sekä pH:t ja sen muutokset. Taulukossa sarake ”S [%]” tarkoittaa näytteen kokonaisrikkipitoisuutta prosentteina. Inkubaation tuloksia tarkastellaan pH-sarakkeiden avulla: pH₁ kuvaa näytteen maasto-pH:ta, eli maaperän pH:ta ennen inkuboinnin aloitusta, ja pH₂ tarkoittaa kahdeksan viikon inkuboinnin jälkeen mitattua pH:ta.

Tuloksista voi havaita, että turve ei ole happamoitunut missään Kahalansuon näytepisteessä, koska turve on luontaisesti hapanta: sen pH ei ole laskenut inkuboinnin aikana alle kolmen tai alle 3,5:n, kun pH on laskenut yli yhden yksikön. Sen sijaan näytteen ”Kahalansuo 3” lieju on happamoitunut, koska inkubaation aikana pH on laskenut alle neljän ja pudotusta on tapahtunut jopa 2,6 yksikköä. Savi sen sijaan happamoitui kaikilla pisteillä Kahalansuolla: jokaisen savinäytteen pH putosi inkuboinnin yhteydessä yli yhden yksikön, vaihdellen välillä -2,2-3,1, joka tarkoittaa kohtalaista tai voimakasta happamoitumista.

Kahalansuon maaperänäytteiden rikkipitoisuudet ovat kaikissa näytteissä melko korkeat. Korkeimmat rikkipitoisuudet ovat 1,47-1,77% välillä ja ne ovat Kahalansuo 2 ja 3 näytteiden savinäytteissä. Yli 0,2% rikkipitoisuus savinäytteessä korreloi näytteiden sulfidipitoisuuden kanssa. Muissa näytteissä, eli turve- ja liejunäytteissä, korkeakaan rikkipitoisuus ei välttämättä tarkoita happamoitumista, koska rikki voi olla orgaanisessa muodossa. (Hadzic 2018)

Taulukko 3. Kahalansuon näytteiden maalajit, syvyydet ja tulokset

Näytteen nimi	Maalaji	Syvyys [cm]	S [%]	pH ₁	pH ₂	ΔpH	Happaman kuormituksen riski
Kahalansuo 1	turve	50-80	0,62	5,2	4,6	-0,6	ei
Kahalansuo 1	savi	80-100	0,79	6	3,8	-2,2	kyllä
Kahalansuo 2	turve	0-20	0,65	5,2	3,8	-1,4	ei
Kahalansuo 2	savi	40-50	1,47	6,4	3,3	-3,1	kyllä
Kahalansuo 3	lieju	70-80	0,89	6,1	3,5	-2,6	kyllä
Kahalansuo 3	savi	80-100	1,77	6,3	3,2	-3,1	kyllä
Kahalansuo 4	turve	80-110	1,29	5,4	4,7	-0,7	ei
Kahalansuo 4	savi	120-140	0,95	6,2	3,4	-2,8	kyllä

6.2 Lamminsuon maaperänäytteiden tulokset

Taulukossa 4. on esitelty Lamminsuolta otettujen maaperänäytteiden maalajit, näytteenottosyvyydet, rikkipitoisuudet sekä pH:t ja sen muutokset. Taulukon luku tapahtuu samalla menetelmällä kuin taulukon 1 luku: Merkintä ”S [%]” tarkoittaa kokonaisrikkipitoisuutta prosentteina ja inkubaation tulokset esitetään pH-sarakkeiden alla.

Taulukosta 2 voidaan havaita, ettei Lamminsuon ainoa turvenäyte (Lamminsuo 8) ole happamoitunut laisinkaan. Lamminsuon liejunäytteistä mikään ei ole happamoitunut, koska yksikään näyte ei pudonnut alle neljän ja pH:n muutokset inkubaation aikana vaihtelevat -0,1-0,8 välin pudotuksella. Sen sijaan savi on jälleen happamoitunut kaikissa näytteissä ja pudotus vaihtelee välillä -2,3-2,7. Elokuussa näytteenoton aikoihin havaittiin Lamminsuolla esiintyvässä savessa mustia raitoja ja näytepaikalla ”Lamminsuo 7” täysin mustaa savea. Musta väri voi johtua sulfidista ja sen värjämisestä. (Hadzic 2018)

Lamminsuon rikkipitoisuudet eivät ole niin korkealla, kuin Kahalansuolla. Lamminsuon korkeimmat rikkipitoisuudet ovat savinäytteissä näytepisteillä Lamminsuo 7 ja 8, jotka ovat 0,71% ja 0,73%.

Taulukko 4. Lamminsuon näytteiden maalajit, syvyydet ja tulokset

Näytteen nimi	Maalaji	Syvyys [cm]	S [%]	pH ₁	pH ₂	ΔpH	Happaman kuormituksen riski
Lamminsuo 5	savi	30-50	0,62	5,6	3,3	-2,3	kyllä
Lamminsuo 5	moreeni	50-80	0,5	5,5	2,9	-2,6	kyllä
Lamminsuo 6	lieju	0-20	0,39	4,6	4,5	-0,1	ei
Lamminsuo 6	savi	30-50	0,63	5,8	3,3	-2,5	kyllä
Lamminsuo 7	lieju	0-30	0,42	5,7	5,2	-0,5	ei
Lamminsuo 7	savi	50-70	0,71	6,2	3,5	-2,7	kyllä
Lamminsuo 8	turve	30-50	0,29	4,3	4,3	0	ei
Lamminsuo 8	lieju	70-110	0,53	5,7	4,9	-0,8	ei
Lamminsuo 8	savi	110-140	0,73	6,1	3,4	-2,7	kyllä

6.3 Kahalansuon lähtevä vesi

Taulukosta 5. on nähtävissä Kahalansuolta lähtevän veden pH, sulfaattimäärä ja sähkönjohtavuus. Kahalansuolta tulevien käsiteltävien vesien yhteyteen on rakennettu suodatinrakenne, jonka materiaali on emäksistä. (Päätös Nro 113/2018/2, 4) Tuloksissa tulee huomioida, että kosteikolta lähtevää vettä ei aina johdeta suodatinrakenteen kautta. Korkean virtaaman tilanteessa vesi ei mene suodatinrakenteesta läpi, vaan ohi. Korkean virtaaman tilanteita on yleensä esimerkiksi keväisin ja syksyisin, mutta nykyään myös lauhan talven aikaan. Tulosten puutos ja heittäminen voi johtua myös vähäisestä veden määrästä, jolloin suodatinrakenteessa ei ole ollut vettä laisinkaan näytteenoton yhteydessä.

Lähtevän veden sulfaatti ja sähkönjohtavuus ovat analysoitu kosteikolta tulleesta vedestä ennen suodatinta. Suodattimelta otetuista näytteistä ei ole analysoitu laisinkaan veden sulfaattipitoisuutta tai sähkönjohtavuutta.

Kahalansuolta lähtevän veden pH-arvot ovat vaihtelevat välillä 3,6-9,1. Alimmillaan kosteikolta lähtevän veden pH on ollut syyskuussa 2019 3,6, joka on ollut merkittävän matala. Samaiselta päivältä ei ollut tarjolla suodattimelta tulleen veden pH:n arvoa. Tämä voi johtua vuoden 2019 syyskuun säästä, jonka kerrotaan olleen Länsi-Suomessa runsassateinen. Vuoden 2019 syyskuun alku oli myös tavanomaista lämpi-

mämpi, mikä voi selittää pH:n romahduksen. (Lehtonen I. 2019) Kuitenkin keskimääräisesti kosteikolta lähtevän veden pH alittaa happaman veden pH:n raja-arvon 5,5: mediaani pH-arvo on ollut 5,1.

Suodatinrakenteen läpi tulleen veden alin pH on ollut 5,0, joka on lievästi hapanta, koska se sijoittuu happaman veden pH-arvon 5,5 alapuolelle. Parhaimmillaan ΔpH :n mukaan suodatinrakenne on nostanut pH-arvoa 3,9 yksikön verran ja sen mediaaniarvo on 0,3. Tasalaatuisen veden pH-arvon saavuttamiseksi suodatinrakenne on melko tehoton. Alueella vesimäärät ovat ajoittain suuria ja vaikutukset veteen voivat johtua myös alueen maaperästä.

Kahalansuolta lähtevän veden sulfaatti- ja sähkönjohtavuuden arvot ovat vaihtelevia. Sähkönjohtavuutta sisävesissä lisää esimerkiksi natrium, kalsium, kloridit ja sulfaatit. Sähkönjohtavuus ja sulfaatit kulkevat siis käsi kädessä. Yleisesti Suomen vedet ovat vähäsuolaisia ja omaavat huonon puskurikyvyn, joten sähkönjohtavuuden arvo on yleensä 5-10 mS/m. (Oravainen R. 1999, 10) Kuitenkin tutkittavana on suoalue, joka voi puolestaan vaikuttaa veden sähkönjohtavuuteen: suoalueilla olevassa vedessä orgaaninen aines voi hajota ja vapauttaa suoloja, jotka lisäävät sähkönjohtavuutta. Kahalansuon lähtevän veden sähkönjohtavuuden arvo on selkeästi koholla. Veden keskimääräinen sähkönjohtavuuden arvo on 16,1 mS/m, korkeimmillaan se on ollut 33,9 mS/m ja matalimmillaan 9,0 mS/m. Mediaaniarvo on 15,2 mS/m. Lähtevän veden sulfaattimäärät ovat myös selkeästi koholla: lähtevän veden sulfaattipitoisuuden mediaaniarvo on 38 mg/l.

Taulukko 5. Kahalansuon lähtevän veden pH, sulfaattimäärä ja sähkönjohtavuus

PVM	Kosteikon pH	Suodattimen pH	Δ pH	Sulfaatti [mg/l]	Sähkönjohtavuus [mS/m]
8.1.2019	5,4			63	
12.3.2019	5,1			39	15
26.3.2019	4,9	5,2	0,3	23	9
1.4.2019	5,0	5,3	0,3	25	10,2
29.4.2019	5,1	7,7	2,6	36	14,9
14.5.2019	5,2			39	17,2
27.5.2019	5,2	9,1	3,9	47	19
13.6.2019	5,3				
22.7.2019	5,7				
16.9.2019	3,6				
19.9.2019	5,1	6,2	1,1		
1.10.2019	5,1	6,1	1,0	86	33,9
15.10.2019	5,1	5,2	0,1		
12.11.2019	5,1	5,6	0,5		
11.12.2019	4,8	5,0	0,2	37	15,6
7.1.2020	5,1	5,2	0,1	40	17,6
4.2.2020	5,0	5,2	0,2		
25.3.2020	4,9	5,1	0,2	27	11,4
1.4.2020	6,1	5,0	-1,1	25	13,5
7.4.2020	5,0	6,2	1,2		15,3

Minimi	3,6	5	-1,1	23	9
Maksimi	6,1	9,1	3,9	86	33,9
Keskiarvo	5,1	5,9	0,8	40,6	16,1
Mediaani	5,1	5,3	0,3	38	15,2

6.4 Lamminsuon lähtevä vesi

Taulukosta 6. on nähtävissä Lamminsuolta lähtevän veden pH, sulfaattimäärä ja sähkönjohtavuus. Lamminsuolta lähtevän veden kulkureitille on rakennettu kalkkipato, joka sijaitsee prosessissa pintavalutuskentän jälkeen. Kalkkipadon materiaali vaikuttaa siis lähtevän veden pH-arvoon, mutta erilaisien virtaamatilanteitten ja kalkkipadon korkean sekä padottavan rakenteen takia vettä ei välttämättä ole näytteitä noudettaessa.

Lähtevän veden sulfaatti ja sähkönjohtavuus on analysoitu. pintavalutuskentältä tulleesta vedestä ennen kalkkipatoa. Kalkkipadolta otetuista näytteistä ei ole analysoitu laisinkaan veden sulfaattipitoisuutta tai sähkönjohtavuutta.

Lamminsuolta lähtevän veden pH-arvot ovat vaihtelevat 3,6-5,8 välillä. Alimmillaan pintavalutuskentältä lähtevän veden pH on ollut syyskuussa 2019 3,6, mikä on ollut sama tilanne kuin Kahalansuolta lähtevän veden suhteen. Tämän aikana myös kalkkipadolta on otettu vesinäyte, jonka pH on noussut vain 3,7 yksikköön. pH:seen voi vaikuttaa esimerkiksi kalkkipadon toimintakyvyn heikkeneminen, jolloin kalkki tulee uusia. Tämä pH:n romahdus voi johtua myös samasta syystä, kuin Kahalansuon tapauksessa, eli runsassateisesta ja lämpimästä säästä. Tällöin Lamminsuolla myös veden sulfaattimäärät ja sähkönjohtavuuden arvot ovat olleet runsaasti koholla (Taulukko 8): sulfaatteja vedessä on ollut 220 mg/l ja sähkönjohtavuuden arvo on ollut 57,5 mS/m. Nämä on myös olleet korkeimpia lukemia aikavälillä 2019-2020.

Lamminsuolta lähtevän veden pH-arvot ylittävät happaman veden rajan kerran: kalkkipadolta saadun vesinäytteen pH-arvoksi on määritelty 5,8 huhtikuussa 2020. Pintavalutuskentän veden suurin pH on 4,7 elokuussa 2019. Parhaimmillaan Δ pH:n mukaan kalkkipato on nostattanut pH:ta 1,5 yksikköä ja sen mediaaniarvo on 0,1. Tasalaatuisen veden pH-arvon saavuttamiseksi kalkkipato on tutkituissa olosuhteissa tehoton. Alueella vesimäärät ovat ajoittain suuria ja vaikutukset veteen voivat johtua myös alueen maaperästä.

Lamminsuon lähtevä vesi on siis hapanta, jossa on mukana myös runsaasti sulfaatteja ja jossa sähkönjohtavuus on korkea. Sulfaattien mediaaniarvo on 77 mg/l. Veden laadun voi olettaa myös johtuvan enemmän Lamminsuon puolella olevasta maaperästä, josta liukenee enemmän esimerkiksi sulfaatteja.

Taulukko 6. Lamminsuon lähtevän veden pH, sulfaattimäärä ja sähkönjohtavuus. PVK tarkoittaa pintavalutuskentältä lähtevää vettä.

PVM	PVK:n pH	Kalkkipadon pH	Δ pH	Sulfaatti [mg/l]	Sähkönjohtavuus [mS/m]
8.1.2019	3,8	4,6	0,8	180	47,4
13.2.2019	3,9	4,0	0,1	53	18,6
12.3.2019	3,9	4,2	0,3	83	24
26.3.2019	4,1	4,2	0,1	50	15,8
1.4.2019	4,0	4,1	0,1	55	18,7
8.4.2019	3,9	4,1	0,2	71	20,8
15.4.2019	3,9	3,9	0	88	26,4
29.4.2019	3,9	4,7	0,8		24,7
14.5.2019	4,0	4,9	0,9		23,7
27.5.2019	3,8	3,9	0,1		28,1
13.6.2019	3,9				25,9
26.6.2019	4,1				24
9.7.2019	4,2				21
22.7.2019	4,4				18,9
20.8.2019	4,7				18,3
19.9.2019	3,6	3,7	0,1	220	57,5
1.10.2019	3,7	3,7	0	130	40,1
15.10.2019	3,8	4,2	0,4	140	38,5
29.10.2019	3,8	4,0	0,2	120	34,9
12.11.2019	3,8	3,9	0,1		27,3
26.11.2019	3,9	4,0	0,1		22,9
11.12.2019	4,1	4,1	0		
22.12.2019		4,2			
7.1.2020	4,2	4,4	0,2		17,7
4.2.2020	4,2	4,2	0	36	13,8
3.3.2020		4,3			
25.3.2020	4,3	5,4	1,1	35	12,6
1.4.2020	4,3	5,8	1,5	38	14

Minimi	3,6	3,7	0	35	12,6
Maksimi	4,7	5,8	1,5	220	57,5
Keskiarvo	4	4,3	0,3	92,8	25,4
Mediaani	3,9	4,2	0,1	77	23,7

6.1 Eurajoen vesinäytteet

Eurajoen vesistötarkkailun vesinäytteitä otetaan kolmesti vuodessa. Vuoden 2020 on yksi näyte ja vuodelta 2019 on kolme näytettä esiteltynä taulukossa 7. Taulukossa on määritelty pH ja sähkönjohtavuus ennen turvealueiden veden liittymistä Eurajoen veeteen, joka on otettu Eurajoen näytteiden ottopaikalta 1 (KUVA 7). Taulukossa on myös määritelty veden pH ja sähkönjohtavuus turvealueiden liittymisen jälkeen, eli näytteiden ottopaikalta 2 (KUVA 7).

Eurajoen vesi on pH-arvoltaan neutraalia ennen ja jälkeen turvealueiden. Luvut vaihtelevat vain 0,1 yksikön verran. Turvealue ei siis näytä vaikuttavan Eurajoen pH-arvoon. Sähkönjohtavuus nousee turvealueiden liittymisen jälkeen 0,3-4,2 yksikön verran. Suomessa maataloutta sisältävillä alueilla jokien sähkönjohtavuudeksi on mitattu 15-20 mS/m, joten Eurajoen vesistötarkkailun tulokset ovat odotettavissa. (Oravainen R. 1999, 10)

Taulukko 7. Eurajoen vesistötarkkailun pH:t ja sähkönjohtavuus aikavälillä 2019-2020

PVM	pH turvealueen		Sähkönjohtavuus turvealueen	
	ennen	jälkeen	ennen	jälkeen
29.4.2019	7,1	7,0	16,2	18,8
20.8.2019	7,2	7,3	14,1	14,4
15.10.2019	6,9	7,0	18,8	23,0
27.4.2020	7,1	7,1	11,7	13,1

7 PÄÄTELMÄT

Maaperänäytteiden perusteella voidaan todeta, että koko Lamminsuon ja Kahalansuon kattavan alueen pohjamaa on savea. Savi aiheuttaa todennäköisesti suurimman happamoitumisen riskin turvealueilla, koska se happamoitui kaikissa alueilta otetuissa näytteissä joko kohtalaisesti tai merkittävästi (pudotusta jopa 3,1 yksikön verran). Tutkimuksen aikana ei kuitenkaan todettu hapettuneita/happamia sulfaattimaita, vaan kaikki happamat näytteet luokitellaan potentiaalisiksi sulfaattimaiksi.

Lamminsuon lounaisosassa, eli näytepaikan 5 alueella, havaittiin merkittävän happaman kuormituksen riskin omaavaa moreenia, jonka pH:n inkuboinnin pudotus on 2,6 yksikön verran. Samassa kohdassa savi on myös melko korkealla muualle verrattuna, eli noin 30 senttimetrissä. Kahalansuolla näytepaikalla 3, eli junaradan vieressä, on myös korkeampi happaman kuormituksen riski, kuin muilla alueilla: liejulla ja savella on molemmilla happaman kuormituksen riski olemassa ja savessa oli korkeimpia rikkipitoisuuksia, eli noin 1,77% verran. Alueet voi ottaa suuremmin huomioon todennäköisemmän happaman kuormituksen riskin suhteen verrattuna muihin alueisiin.

Pienemmän riskin alue on Lamminsuon pohjoispuoli, eli näytepaikan 8 seutu. Alueen turpeessa tai liejussa ei havaittu inkuboinnin mukaan happaman kuormituksen riskiä ja savimaa alkaa vasta 110 senttimetristä. Alueen rikkipitoisuudet eivät myös olleet tutkimuksen korkeimpia, vaan tuloksena saatiin 0,53% ja 0,73%. Turvealueiden pienin rikkipitoisuus 0,39% mitattiin Lamminsuon näytepaikalta 6, eli alueen keskivaiheilta. Näytepaikalla 6 ei kuitenkaan ole enää lainkaan turvetta ja 30 sentistä alkava savi on potentiaalisesti hapan sulfaattimaa.

Ajanjaksolla 2019-2020 otettujen vesinäytteiden mukaan molemmilta soilta lähtee melko hapanta vettä. Happamampaa vettä kulkeutuu Lamminsuolta, jota kalkkipadon pH ei nostata merkittävästi. Lamminsuon sulfaattipitoisuudet ja sähkönjohtavuus ovat myös korkeammat, mitä Kahalansuon. Kahalansuon lukemat eivät ole niin kriittiset, mitä Lamminsuon, ja suodattimen materiaali nostattaa pH:ta ajoittain kiitettävästi, kun vettä ajetaan siitä läpi. Kuitenkin tasalaatuisemman pH-arvon saavuttamiseksi molempien alueiden rakenteet ovat sen suhteen melko tehottomia. Lamminsuon alueen maaperästä voi kuitenkin liueta veteen enemmän sulfaatteja ja metalleja. Molempien alueiden lähtevän veden laatu heittelee vuodenaikojen vaihdellessa tai sääolosuhteiden ollessa äärimmillään. Turvealueilta lähtevän veden laatu ei kuitenkaan vaikuta tekevän muutoksia Eurajoen veden laatuun, jonka pH on pysynyt neutraalina ja sähkönjohtavuus maatalousalueelle ominaisena aikavälillä 2019-2020.

Suuren hehtaarialan ja veden määrän takia alueille on vaikeaa mitoittaa toimivaa happamoitumisen hallinnan menetelmää. Tässä tapauksessa maaperän happamoitumisen hallitsemiseen parhaita keinoja on laatia jälkihoitosuunnitelma ajoissa, jättää ohut yhtenäinen turvekerros alueelle tuotannon päättyessä, pitää pohjaveden pinta korkealla

tai vesittää alue kosteikoksi. Happamoitumisen riskien vaihtelu alueella kannattaa ottaa myös huomioon esimerkiksi jätettävää turvepaksuutta ajatellen: Lamminsuon kullmassa, eli näytepaikan 5 alueelle voisi jättää paksumman turvekerroksen ja alueita ei muokattaisi turpeesta paljaiksi.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tutkimuskohteet sijaitsivat potentiaalisella happamien sulfaattimaiden esiintymisalueella Länsi-Suomessa. Lamminsuolta ja Kahalansuolta tutkittiin happamoitumisen mahdollisuutta maaperä- ja vesinäytteistä. Maaperänäytteet osoittivat, että alueet eivät ole happamoituneet, mutta omaavat alueittain vaihtelevan riskin happamoitumisen suhteen. Vesinäytteet osoittivat, että alueilta lähtee melko hapanta vettä, joihin sääolot vaikuttavat ajoittain voimakkaasti. Lähtevä vesi ei näytä vaikuttavan vieressä olevan Eurajoen veden laatuun. Alueiden veden happamuus, sulfaattipitoisuus ja sähkönjohtavuus voivat johtua esimerkiksi alueen ominaisesta maaperästä. Alueille ei ole vielä kehitetty menetelmää happamoitumisen hallitsemiseksi.

Tutkimus osoittautui laajaksi tehtäväksi Lamminsuon ja Kahalansuon kaltaisille isoille turvealueille. Lisätutkimuksia tarvitaan esimerkiksi happamoitumisen hallitsemisen menetelmän kehittämiseksi alueille.

LÄHTEET

- Auri J. 2019. Happamien sulfaattimaiden tunnistus. Happamat sulfaattimaat maa- ja metsätaloudessa –seminaari 12.4.2019. Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 24.3.2020. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Happamien_sulfaattimaiden_tunnistus-Auri.pdf
- Auri J., Edén P., Martinkauppi A., ja Rankonen E. 2012, 8. Työohje happamien sulfaattimaiden kartoitukseen (1:250 000). Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 5.3.2020. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B26BE0934-7257-4F8F-B102-394CE72EF69F%7D/59200>
- Auri J., Boman A., Hadzic M. ja Nystrand M. 2018. Opas happamien sulfaattimaiden kartoitukseen turvetuotantoalueilla. Viitattu 21.1.2020. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B24F8EF50-DB7D-40CE-9FD7-870C8494D937%7D/135567>
- Edén P. 2012. Sulfaattimaiden ominaisuudet ja kartoittaminen. HaKu-loppuseminaari. Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 24.3.2020. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki/sulfaattimaat/Sulfaattimaiden%20ominaisuudet%20ja%20niiden%20kartoittaminen-%20Peter%20Eden.pdf>
- Geologian tutkimuskeskuksen www-sivut. Turve raaka-aineena. Viitattu 25.10.2019. <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/turve/>
- GTK:n www-sivut. Maaperäkartan käyttöopas. Eloperäiset maalajit. Viitattu 7.2.2020. <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/eloperaisetmlajit.htm>
- Haakana 2018. Vesistöopas. Suomen luonnonsuojeluliitto. Viitattu 5.4.2020. https://www.sll.fi/app/uploads/2018/08/vesisto_opas_netti_2018.pdf
- Hadzic M. 2018. Happamat sulfaattimaat ja niiden tunnistaminen. Suomen ympäristökeskus. Vesistökunnostusverkoston vuosiseminaari 2018. Viitattu 21.3.2020. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B941CBDAE-EE4D-4C18-A1C1-FD9C55753983%7D/138411>
- Hadzic M., Laamanen T., Korhonen A., Leinonen K. ja Ihme R. 2019. Jo muodostuneen happamuuskuormituksen hallintamahdollisuudet. Sulfa II -hankkeen loppuseminaari 13.5.2019. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 15.4.2020. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B5A06B5B5-7AAC-431B-A6D1-7B0B6DADC46A%7D/146946>
- Hadzic, M., Postila, H., Österholm, P., Nystrand, M., Pahkakangas, P., Karppinen, A., Arola, M., Nilivaara-Koskela, R., Häkkinen, K., Saukkoriipi, J., Kunnas, S. ja Ihme, R. 2014. Sulfaattimailla syntyvän happaman kuormituksen ennakointi- ja hallintamenetelmät. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 17. Viitattu 11.2.2020. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135520/SYKEra_17_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Härkönen L. ja Nieminen T. 2019. Mitä ovat happamat sulfaattimaat? Happamat sulfaattimaat maa- ja metsätaloudessa –seminaari. Tapio Oy. Viitattu 24.3.2020. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Mita_ovat_happamat_sulfaattimaat-Hark%C3%B6nen_ja_Nieminen-1.pdf

Karppinen A., Riihimäki J., Nokela T. ja Ihme R. Sulfidimaiden hapettumisen estämis- ja happamien valumavesien neutralointimenetelmiä maankäyttömuodoittain – Maankäytön vaikutus valumaveden laatuun. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 24.3.2020. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B8F3DF364-6173-4757-B483-66EBE0829848%7D/119713>

Kekkilä Professionalin www-sivut 2019. Tietoa meistä. Viitattu 5.11.2019. <https://www.kekkilaprofessional.com/fi/kekkila-bvb-jarjestely-astui-voimaan-4-1-2019/>

Ilmasto-oppaan www-sivut 2016. Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 4.6.2020. https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/ilmastonmuutos-sekoittaa-suomen-vesipalettia.html#h_Valunnan_lis_ntymisestä_huolimatta_alueellisia_eroja_esiintyy

Lappalainen, E., Stén, C-G. ja Häikiö J. 1978, 11, 27. Turvetutkimuksen maasto-opas nro 6. Geologinen tutkimuslaitos. Espoo. Viitattu 28.1.2020. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/opas/op_006.pdf

Lehtonen I. 2019. Syyskuun 2019 kuukausikatsaus. Ilmastokatsauksen artikkeli. Ilmatieteen laitos. Viitattu 12.4.2020. <http://www.ilmastokatsaus.fi/2019/10/22/syyskuun-2019-kuukausikatsaus/>

Luonnontilan www-sivut 2013. SV4 Happamoituminen. Viitattu 25.10.2019. <https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/sisavedet/sv4-happamoituminen>

Maanmittauslaitos 2020. Karttapaikka-palvelu. Viitattu 28.1.2020. <https://www.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka>

Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2009. Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa. Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. Viitattu 23.3.2020. https://mmm.fi/documents/1410837/1790801/trm2009_8.pdf/aafbec0-b099-4ba5-8b90-39648f807763/trm2009_8.pdf.pdf

Nystrand M, 2019, 8. Turvepaksuuden ja ojituksen merkitys happamuuskuormituksen muodostumisessa (Sulfa II). Åbo Akademi. Viitattu 29.1.2020. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B730EDA77-8778-49D0-847D-8A57F866F896%7D/146945>

Oravainen R. 1999. Vesistöjen tulkinta -opasvihkonen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Viitattu 23.3.2020. <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

Opetushallituksen www-sivut. Veden alkaliteetin ja asiditeetin määrittäminen potentiometrisesti. Laboratorioanalyysit. Viitattu 24.3.2020. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_veden_alkaliteetti_ja_asiditeetti.html

Puutarhan www-sivut 2015. Maalajit. Artikkelit. Viitattu 7.2.2020. <https://puutarha.net/artikkelit/11/maalajit.htm>

Päätös 96/2015/2, 4, 6. Ympäristölupa. Aluehallintavirasto. Viitattu 23.1.2020. https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/AvaaLiite.aspx?Liite_ID=1827261

Päätös Nro 113/2018/2, 2. Ympäristölupa Aluehallintovirasto. Viitattu 27.1.2020. https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/AvaaLiite.aspx?Liite_ID=4633772

Rautiainen M, 2014, 5. Sulfaattien mittaaminen kaivosvesistä eri teknologioita hyödyntäen. Measurepolis Development Oy. Raportti. Viitattu 5.3.2020. <http://mmeafinareport.fi/files/WP5%20Sulfaattien%20mittaaminen%20kaivosvesista.pdf>

Suomen ympäristökeskuksen www-sivut 2019. Happamalla sulfaattimailla sijaitseva turvetuotantoalue kannattaisi tuotannon päätyttyä vesittää kosteikoksi. Uutinen. Viitattu 29.1.2020. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesikirje/Happamalla_sulfaattimailla_sijaitseva_tu\(51805\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesikirje/Happamalla_sulfaattimailla_sijaitseva_tu(51805))

Suomen ympäristökeskus 2013. Happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentäminen - sopeutumiskeinoja ilmastomuutokseen. CATERMASS-hanke. Viitattu 7.4.2020. <https://www.syke.fi/hankkeet/catermass>

Sutela P. ym. 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. Suomen ympäristö 14. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 25.3.2020. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38771/SY_14_12_Happamat_sulfaattimaat.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Turveinforon www-sivut. Mitä on turve ja turvemaa. Viitattu 7.2.2020. <http://turveinfo.fi/turve/mita-on-turve-ja-turvemaa/>

Vapon www-sivut 2012. Happamat sulfaattimaat ja turvetuotanto. Viitattu 25.10.2019. <https://www.vapo.com/turvetuotantoavastuullisesti/ymparistonsuojelu/ymparistoriskien-hallinta/sulfaattimaat>

Ympäristöhallinnon www-sivut 2019. Happamoituminen. Julkaisija Suomen ympäristökeskus SYKE. Viitattu 25.10.2019. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Virtavesien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijoita/Happamoituminen

Ympäristöhallinnon www-sivut, Pintavesien tila 2019. Pintavesien luokittelun periaatteet. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 23.3.2020. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_luokittelu

Ympäristöhallinnon www-sivut 2017. Vedenlaadun seuranta. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 25.3.2020. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Pienvesien_kunnostus/Pienvesien_kunnostamisen_totuksen_ja_sen_vaikutusten_seuraaminen/Vedenlaadun_seuranta

LIITE 1

Kahalansuon maaperänäytteiden tulokset. Näytetunnuksen ensimmäinen osa ”Kahalansuo 1” tarkoittaa Kahalansuolla olevaa näytepaikkaa 1 (KUVA 4). Numerot 50-80 tarkoittavat näytteenotto-syvyyttä senttimetreinä. Näytetunnuksissa olevat lyhenneet tunnuksen lopussa tarkoittavat näytteen koostumusta, joista Tv: Turve, Lj: Lieju, Mr: Moreeni ja Hs: hiesu. Jokaisesta turvealueelta otetuista näytteistä on tehty yksi määritelmä viikossa ja näytteiden annettiin hapettua yhdeksän viikon ajan.

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv	0,62	5,2
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv (2)		5,2
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv (3)		5,1
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv (4)		5,1
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv (5)		4,9
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv (6)		4,9
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv (7)		5
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv (8)		4,7
Kahalansuo 1 / 50-80 Tv (9)		4,6

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi	0,79	6
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi (2)		5,7
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi (3)		5
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi (4)		5,1
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi (5)		4,8
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi (6)		3,7
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi (7)		3,8
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi (8)		3,9
Kahalansuo 1 / 80-100 Savi (9)		3,8

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv	0,65	5,2
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv (2)		5,1
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv (3)		4,9
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv (4)		5
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv (5)		5,1
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv (6)		4,8
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv (7)		4,8
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv (8)		4,7
Kahalansuo 2 / 0-20 Tv (9)		4,9

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi	1,47	6,4
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi (2)		6,2
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi (3)		5,9
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi (4)		5
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi (5)		3,8
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi (6)		3,9
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi (7)		3,2
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi (8)		3,4
Kahalansuo 2 / 40-50 Savi (9)		3,3

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj	0,89	6,1
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj (2)		5,6
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj (3)		5
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj (4)		4,8
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj (5)		4,4
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj (6)		4,3
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj (7)		4,1
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj (8)		3,8
Kahalansuo 3 / 70-80 Lj (9)		3,5

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi	1,77	6,3
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi (2)		6,1
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi (3)		4,5
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi (4)		4
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi (5)		3,4
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi (6)		3,3
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi (7)		3,4
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi (8)		3,2
Kahalansuo 3 / 80-100 Savi (9)		3,2

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Kahalansuo 4 80-110 Tv	1,29	5,4
Kahalansuo 4 80-110 Tv (2)		5,4
Kahalansuo 4 80-110 Tv (3)		5,1
Kahalansuo 4 80-110 Tv (4)		5,1
Kahalansuo 4 80-110 Tv (5)		5,1
Kahalansuo 4 80-110 Tv (6)		5,1
Kahalansuo 4 80-110 Tv (7)		4,6
Kahalansuo 4 80-110 Tv (8)		4,6
Kahalansuo 4 80-110 Tv (9)		4,7

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Kahalansuo 4 120-140 Savi	0,95	6,2
Kahalansuo 4 120-140 Savi (2)		6,3
Kahalansuo 4 120-140 Savi (3)		5,8
Kahalansuo 4 120-140 Savi (4)		4,7
Kahalansuo 4 120-140 Savi (5)		4,2
Kahalansuo 4 120-140 Savi (6)		3,9
Kahalansuo 4 120-140 Savi (7)		4,2
Kahalansuo 4 120-140 Savi (8)		4,1
Kahalansuo 4 120-140 Savi (9)		3,4

LIITE 2

Lamminsuon maaperänäytteiden tulokset. Näytteiden nimeämisessä on käytetty samaa menetelmää kuin Kahalansuon näytteiden nimeämisessä liitteessä 1. Inkubointiaika on myös yhdeksän viikkoa.

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs	0,62	5,6
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs (2)		4,9
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs (3)		4,2
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs (4)		3,9
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs (5)		3,6
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs (6)		3,6
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs (7)		3,5
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs (8)		3,4
Lamminsuo 5 / 30-50 Hs (9)		3,3

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr	0,5	5,5
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr (2)		4,5
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr (3)		4,1
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr (4)		3,8
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr (5)		3,5
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr (6)		3,2
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr (7)		3,3
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr (8)		3,2
Lamminsuo 5 / 50-80 Mr (9)		2,9

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj	0,39	4,6
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj (2)		4,6
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj (3)		4,5
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj (4)		4,6
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj (5)		4,5
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj (6)		4,6
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj (7)		4,4
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj (8)		4,5
Lamminsuo 6 / 0-20 Lj (9)		4,5

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi	0,63	5,8
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi (2)		4,2
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi (3)		3,9
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi (4)		3,8
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi (5)		3,8
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi (6)		3,8
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi (7)		3,7
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi (8)		3,7
Lamminsuo 6 / 30-50 Savi (9)		3,3

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj	0,42	5,7
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj (2)		5,5
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj (3)		5,3
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj (4)		5,2
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj (5)		5,2
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj (6)		5,2
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj (7)		5,3
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj (8)		5,2
Lamminsuo 7 / 0-30 Lj (9)		5,2

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi	0,71	6,2
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi (2)		6,3
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi (3)		5,5
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi (4)		5
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi (5)		4,4
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi (6)		4,1
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi (7)		4,1
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi (8)		4,1
Lamminsuo 7 / 50-70 Savi (9)		3,5

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi	0,52	6,5
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi (2)		6,5
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi (3)		5,5
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi (4)		4,9
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi (5)		4,4
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi (6)		4,3
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi (7)		4,8
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi (8)		4,7
Lamminsuo 7 / 70-100 Savi (9)		3,7

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv	0,29	4,3
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv (2)		4,4
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv (3)		4,5
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv (4)		4,4
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv (5)		4,4
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv (6)		4,7
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv (7)		4,2
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv (8)		4,3
Lamminsuo 8 / 30-50 Tv (9)		4,3

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj	0,53	5,7
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj (2)		5,6
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj (3)		5,6
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj (4)		5,4
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj (5)		5,2
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj (6)		5,1
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj (7)		4,9
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj (8)		4,9
Lamminsuo 8 / 70-110 Lj (9)		4,9

Suoritteen kuvaus	Rikkipitoisuus	Inkubointi
Parametri	S	pH
Näytetunnus	%, d	
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi	0,73	6,1
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi (2)		5,7
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi (3)		5,6
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi (4)		5,1
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi (5)		4
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi (6)		4
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi (7)		3,6
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi (8)		3,6
Lamminsuo 8 / 110-140 Savi (9)		3,4