

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma

2019

Markus Mononen

# HAPPAMAT SULFAATTIMAAT SIRPPUJOEN VALUMA- ALUEELLA

– toimenpidesuositukset haittojen vähentämiseen

Markus Mononen

# HAPPAMAT SULFAATTIMAAT SIRPPUJOEN VALUMA-ALUEELLA

- toimenpidesuosituksien haittojen vähentämiseen

Tässä opinnäytetyössä on tutkittu Sirppujoen valuma-alueen vedenlaatumittauksin sekä vertailtu tuloksia GTK:n kartta-aineistoon. Näiden perusteella on paikannettu alueet, joilla happamuushaittoja todennäköisesti muodostuu. Opinnäytetyön päämääränä on ollut tehdä näille ongelmallisille alueille kohdennetut toimenpidesuosituksien happamuuden torjuntaan sekä laatia yleisohjeistukset koko valuma-alueelle. Kohdennetuilla alueellisilla toimenpidesuosituksilla pyritään tehostamaan jo aikaisemmin kokeiltuja menetelmiä samalla selvittäen uudempiä menetelmiä kyseisille alueille. Toimenpidesuosituksilla sekä tiedon välityksellä pyritään ennalta ehkäisemään tulevia happamuushaittoja alueella, sekä samalla parantamaan vedenlaatua vesistössä.

Sirppujoki virtaa Varsinais-Suomessa, Laitilan ja Uudenkaupungin välillä. Sirppujoen valuma-alueella on havaittu happamuusongelmia jo 1960-luvulta lähtien. Happamuusongelmat ovat aiheuttaneet ongelmia niin maalla kuin vesistössä. Selkeimmin ongelmat ovat näkyneet kalakuolemien makeavedenaltaissa, johon Sirppujoki laskee vetensä, ja myös maanviljelyn yhteydessä, jolloin maaperän happamuus on pakottanut maanviljelijät kalkitsemaan pellojaan, saadakseen maaperän pH-arvon viljelyksille suotuisiksi.

Happamat sulfaattimaat on otettu yleisellä tasolla keskusteluun ensimmäisen kerran 1940-luvulla, ja tuolloin käytettiin nimitystä sulfaattimaat. Tämän jälkeen asiaa on aloitettu tutkimaan tarkemmin, ja on löydetty yhteyksiä asioiden välillä. Yhdistäviä tekijöitä Suomessa on alueilla, joilla on ilmennyt samoja ongelmia. Yhdistäviä tekijöitä ovat, että alueet ovat vanhaa Litorinameren pohjaa, alueet ovat alavia, maaperä on ollut saman tyyppistä sekä alueet ovat erittäin hyvin satoa tuottavia, kun muokauskerros on kalkittu tarpeeksi hyvin. Geologian tutkimuskeskus (GTK) on kartoittanut happamien sulfaattimaiden esiintymistä ja luonut riskikartan niiden esiintymisen todennäköisyydestä

Sirppujoen valuma-alueella happamien sulfaattimaiden aiheuttamiin ongelmiin on etsitty erilaisia ratkaisuja. Sirppujoella on kokeiltu pellojen salaojituksen yhteydessä kalkitusta, vesistön suoraa kalkitsemista, pohjapadotuksia sekä säätösalaajitusjärjestelmiä. Mikään näistä menetelmistä ei ole toiminut täysin tai ne ovat olleet riittämättömiä, koska happamuusongelmat haittaavat yhä Sirppujoen valuma-alueella.

Vedenlaatumittaus tuloksien ja kartta-aineiston vertailun pohjalta esiin nousi viisi mittauspistettä, jotka erottuivat selvästi pH- ja sähkönjohtavuusarvojen perusteella. Näistä mittauspisteistä muodostui kolme aluetta, joihin on tehty kohdennetut toimenpidesuosituksien. Toimenpidesuosituksien on tehty kirjallisuuslähteiden sekä avoimen paikkatietoaineiston avulla.

Happamuushaittojen torjunnassa ennakoivat toimenpiteet nousivat tärkeimmäksi asiaksi. Ennakoivilla toimenpiteillä pystytään estämään tai hidastamaan happamuushaittojen

muodostumista. Jälkihoitotoimenpiteillä torjutaan jo muodostuneita haittoja ja se on usein vaikeaa ja kallista. Tärkeintä on yrittää estää happamuushaittojen muodostumista ja välittää tietoa haittojen torjunnasta.

ASIASANAT:

Happamat sulfaattimaat, happamuushaitat, Sirppujoki

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental engineering

2019 | 65, 2

Markus Mononen

# ACID SULPHATE LANDS IN SIRPPUJOKI DRAINAGE BASIN

- recommendations for action to reduce harm

In this thesis, the drainage area of Sirppujoki has been studied with water quality measurements and the results have been compared to GTK (The Geological Survey of Finland) map material. Based on these, areas where acidity damage is likely to occur have been identified. The aim of the thesis was to make recommendations for action to combat acidity in these problem areas and to prepare general guidelines for the entire catchment area. Targeted regional policy recommendations aim to improve the methods that have already been tested while exploring newer methods for these areas. Recommendations for action and the provision of information are intended to prevent future acidity damage in the area, as well as to improve water quality in waterways.

The Sirppujoki river flows between Southwest Finland, Laitila and Uusikaupunki. Acidity problems have been observed in the drainage basin of the Sirppujoki River since the 1960s. Acidity issues have caused problems both on land and in the waterways. Most prominently, the problems have been seen as fish deaths in the freshwater basin, where the Sirppujoki river falls, and also in farming, where the acidity of the soil has forced farmers to lime their fields so that the soil would have a favorable pH value for cultivation.

Acid sulphate lands sprung up as a subject for general discussion for the first time in the 1940s. The term sulphate soil was used at that time. Since then, the matter has been studied more closely, and links have been found between issues. In Finland, common issues have risen up in areas with the same problems. The connecting factors are that the areas are the old base of the Litorina Sea, the areas are low, the soil is of the same type and the areas are very fertile when the edging layer is limed enough. GTK has identified the occurrence of acid sulphate lands and created a risk map of their probability of occurrence.

Various solutions have been sought for the problems caused by acid sulphate lands in the drainage basin of the River Sirppujoki. Sirppujoki has tested liming, direct liming of the watercourse, bottom dams and control sealing systems in connection with drainage of fields. None of these methods have been fully effective or have been inadequate, which is proven by the fact that acidity problems are still existing in the drainage basin of Sirppujoki.

The water quality measurement based on the results and the comparison of the map material revealed five measurement points that clearly differed on the basis of pH and conductivity values. These measuring points formed three areas for targeted recommendations for action. Recommendations for action have been made with the help of literature sources and open spatial data.

Preventive measures to combat acidity problems became the most important issue. Predictive measures can prevent or slow down the formation of acidic damage. Post-treatment measures counteract existing drawbacks and are often difficult and costly. The most important thing is to try to prevent the formation of acid damage and to convey information about the prevention of harm.

#### KEYWORDS:

Sirppujoki, Acid sulphate lands, pH.

# SISÄLTÖ

<b>SANASTO</b>	<b>8</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>9</b>
<b>2 SIRPPUJOKI</b>	<b>11</b>
<b>3 HAPPAMAT SULFAATTIMAAT</b>	<b>14</b>
3.1 Happamien sulfaattimaiden muodostuminen	14
3.2 HS-maiden vaikutus	19
3.2.1 Vaikutukset Sirppujoen alueella	21
<b>4 PH-KARTOITUS SIRPPUJOELLA</b>	<b>22</b>
4.1 pH-kartoituksen toteutus	23
4.2 Tulokset	25
4.2.1 Heinäkuu 2018 (4.7&26.7)	26
4.2.2 Marraskuu 2018 (14.11)	28
4.2.3 Helmikuu 2019 (19.2)	29
4.3 Yhteenveto tuloksista	31
<b>5 HAITTOJEN VÄHENTÄMINEN HS-MAILLA</b>	<b>33</b>
5.1 Maatalous	34
5.1.1 Säättösalaojitus ja salaojakastelu	34
5.1.2 Pohjapadot	38
5.1.3 Viljelykasvin muutos ja kuivatussyvyyden vaihtaminen	39
5.1.4 Kalkkisuodinojat	40
5.2 Metsätalous	42
5.2.1 Ojitusmenetelmät	43
5.2.2 Perkuukatkokset ja pohjapadot	44
5.3 Turvetuotanto	44
5.4 Tehdyt toimenpiteet Sirppujoella	45
5.4.1 Säättösalaojitukset	46
5.4.2 Pohjapadotukset	47
5.4.3 Vesistön suora kalkitseminen	48
5.4.4 Kalkkisuodinojat	48
5.4.5 Peltujen muokkauskerroksien kalkitseminen	49

<b>6 TOIMENPIDESUOSITUKSET</b>	<b>50</b>
6.1 Niinioja (1)	51
6.2 Hankeranoja (2)	54
6.3 Iso-oja ja Pontoonoja (3)	58
6.4 Muita yleissuosituksia	60
<b>7 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT</b>	<b>62</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>64</b>

## LIITTEET

Liite 1. pH-kartoituspisteet kartalla sekä vedenlaatumittaustulokset

## KUVAT

Kuva 1. Sirppujoen alajuoksu. (Mononen 2018)	12
Kuva 2. Sirppujoki laskee makeanvedenaltaaseen.	13
Kuva 3. Rautasakkaa Sirppujokeen laskevassa ojassa. (Mononen 2019)	15
Kuva 4. Kirkasta vettä Iso-ojassa. (Mononen 11/2018)	15
Kuva 5. Happaman sulfaattimaan tyypillinen poikkileikkaus. (Auri, GTK)	17
Kuva 6. Litorinameren rantaviivaa 8000-4000 vuotta sitten. (Auri, GTK)	18
Kuva 7. Happamien sulfaattimaiden todennäköinen esiintyvyys Suomessa, pieni todennäköisyys (sininen), kohtalainen todennäköisyys (keltainen) ja suuri todennäköisyys (punainen). (GTK 2017)	19
Kuva 8. pH-kartoitusta Sirppujoella heinäkuussa 2018. (Turun ammattikorkeakoulu)	22
Kuva 9. pH-kartoituspisteet.	23
Kuva 10. YSIN EXO 2 -multiparametrimittari.	25
Kuva 11. Iso-oja (9) 26.7. Vettä oli todella vähän. (Turun ammattikorkeakoulu, 2018))	26
Kuva 12. Niinioja (3a) heinäkuussa. Levää oli runsaasti. (Turun ammattikorkeakoulu)	27
Kuva 13. Iso-oja (9) marraskuussa. Kirkasta vettä. (Turun ammattikorkeakoulu)	28
Kuva 14. Punaisen ruskehtavaa väritystä jään päällä helmikuussa 2019. (Mononen)	30
Kuva 15. Ongelmalliset alueet (pH ja sähkönjohtavuus) paikannettuna.	32
Kuva 16. Säättösalaojakaivo. (Mononen 2019)	36
Kuva 17. Salaojitus (perinteinen), säättösalaojitus ja salaojakastelu (altakastelu, säättökastelu) (Mukailtu salaojayhdistyksen kuvaa) (Maaseutuverkoston esite 2009).	37
Kuva 18. Esimerkki pohjapadosta. (Mukailtu Suomen ympäristökeskuksen kuvaa.) (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2015)	39
Kuva 19. Kalkkisuodinojan periaatekuva.	40
Kuva 20. Esimerkkikuva ojituksista HS-mailla. (Mukailtu Suomen Metsäkekuksen kuvaa.) (Happamat sulfaattimaat ja metsätalous)	43
Kuva 21. Eri padotusvaihtoehtoja. (Mukailtu Suomen Metsäkeskuksen kuvaa.) (Happamat sulfaattimaat ja metsätalous)	44
Kuva 22. Säättösalaojaputken kaivanto Sirppujoella. (Mononen 2019)	46

Kuva 23. Pohjapadot (6 kpl) Sirppujoen pääuomassa Laitilan ja Kalannin välillä (ympyröity sinisellä) (Tiedot sijainneista: sähköpostiviesti H. Mustonen 11.3.2019).	47
Kuva 24. Riskialueet (ongelma-alueet).	50
Kuva 25. Niinioja kartalla.	52
Kuva 26. Toimenpiteet tulee kohdistaa ensisijaisesti punaiselle alueelle, Niiniojan alajuoksulle. (Punainen alue piirretty GTK:n ainestoa hyödyntäen.)	53
Kuva 27. Sopivat peltolohkot (maaperä ja kaltevuus) säätösalaojitus (vihreä) ja säätökastelu (punainen).	54
Kuva 28. Hankeranoja kartalla	55
Kuva 29. Toimenpiteet tulisi kohdistaa punaiselle alueelle. (Punainen alue piirretty GTK:n ainestoa hyödyntäen.)	56
Kuva 30. Sopivat peltolohkot (maaperä ja kaltevuus) säätösalaojitus (vihreä) ja säätökastelu (punainen).	57
Kuva 31. Iso-oja ja Pontoonoja kartalla.	58
Kuva 32. Vanha Valkojärven allas on suuren todennäköisyyden HS-maa aluetta. (Punainen alue piirretty GTK:n ainestoa hyödyntäen.)	59
Kuva 33. Sopivat peltolohkot (maaperä ja kaltevuus) säätösalaojitus (vihreä) ja säätökastelu (punainen).	60

## TAULUKOT

Taulukko 1. pH-kartoituspisteet.	24
Taulukko 2. Vedenlaatumittaus tulokset 2018-2019, viisi mittauspistettä erottuivat muiden joukosta (keltainen korostus).	25
Taulukko 3. Maatalouden eri vaihtoehdot happamuuden torjuntaan (Mukailtu Saarela ym. 2014).	42

# SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys
Aerobinen	Hapellinen
Altakastelu	Säätökastelu, salaojakastelu
Alunamaat	Happamat sulfaattimaat
Anaerobinen	Hapeton
HS-maat	Happamat sulfaattimaat
Potentiaallinen hapan sulfaattimaa	Pohjaveden pinnan alla olevat sulfidikerrostumat
Sulfaatti	Rikkihapon suoloja ( $\text{SO}_4^{2-}$ )
Sulfiitti	Rikkihapokkeen suoloja ( $\text{SO}_3^{2-}$ ), sulfaatin esiaste
Todellinen hapan sulfaattimaa	Pohjaveden pinnan yläpuolella, hapettuneet sulfidikerrostumat



# 1 JOHDANTO

”Sirppujoen vedenlaadun ja tulvasuojelun parantaminen” -nimisen hankkeen tarkoituksena on tulvasuojelun parantaminen Sirppujoen alajuoksulla sekä vedenlaadun parantaminen biohiilisuodattamon pilotoinnilla happamilla sulfaattimailla. Turun ammattikorkeakoulu kartoitti joen ja sivuojien pH-arvoja hankkeen lisäosana. Opinnäytetyön kirjoittaja osallistui hankkeeseen ja kartoitustyön yhteydessä syntyi ajatus opinnäytetyön aiheesta liittyen happamiin sulfaattimaihin Sirppujoen valuma-alueella.

Sirppujoen alueella happamat sulfaattimaat tulivat ensi kertaa puheen aiheeksi 1960-luvun lopulla, kun vuonna 1968 Sirppujoen suulla merenlahti eristettiin merestä makeanvedenaltaaksi. Makeanveden altaasta saatiin Uudenkaupungin raakavesilähde talouksiin sekä teollisuudelle. Veden laatuongelmat tulivat esille pian altaan rakentamisen jälkeen. Tällöin havaittiin makeanvedenaltaan veden happamoitumista, joka johti kalakuolemiin ja kalakantojen häviämisiin. Tilanne pysyi muuttumattomana koko 1970-luvun, ja veden laadun parantuessa 1980-luvulla kalakannat alkoivat elpyä. (Palko ym. 1968.)

Happamia sulfaattimaita esiintyy Perämeren Suomen ja Ruotsin puolilla rannikkoalueilla, mutta myös Uudellamaalla Suomenlahden rannikkoalueilla on havaittu esiintymiä. Laajimmat esiintymät sijaitsevat Varsinais-Suomen Mynämäen ja Lapin läänin Yli-Tornion välisellä alueella. Maalajit happamilla sulfaattimailla ovat yleensä savea, hienoa hietaa tai liejusavea, ja ne sisältävät orgaanista ainesta.

Sirppujoen veden laatu on luokiteltu tyydyttäväksi. Joen valuma-aluetta hallitsevat sulfaattipitoiset maat, joita kutsutaan alunamaiksi tai happamiksi sulfaattimaiksi. Happamuuspiikit aiheuttavat kalakuolemia ajoittain, etenkin syksyisin ja keväisin, mutta viime vuosina kalakuolemia ei ole raportoitu. Tällöin jokiveden pH-arvot voivat olla alle 5. Hapan jokivesi vaikuttaa alajuoksun suiston sekä makeanvedenaltaan vedenlaatuun, tällöin kalakuolemia esiintyy

laajemmin. Happamuuden takia veteen liukenee metalleja, joka näkyy etenkin kadmiumin ja nikkelin korkeina arvoina. (ELY 2013.)

Sirppujoen virratessa peltoaukeiden lävitse maatalouden vaikutus jokiveden laatuun on huomattavaa. Maatalous yhdistettynä happamiin sulfaattimaihini on valuma-alueen suurimpia riskitekijöitä vesistöille. Happamien sulfaattimaiden riskit eivät rajoitu vain maatalouteen, vaan kaikki työt, joissa maata muokataan tai kuivatetaan aiheuttavat haittoja. Tämän tyyppisiä töitä alueella ovat metsätalous sekä turvetuotanto. Riskit lisääntyvät varsinkin, jos ei ole käsitystä toimimisesta happamilla sulfaattimailla.

Laitilan kunnan jätevedenpuhdistamo on myös kuormittanut Sirppujokea aikaisemmin, mutta puhdistamo lopetti toimintansa vuonna 2009. Joen läheiset viemärit, joissa voi ajoittain esiintyä vuotoja, kuormittavat jokea edelleen. Happamien sulfaattimaiden haittojen vähentämiseen Sirppujoen valuma-alueella on tehty ja kokeiltu erilaisia ratkaisuja, kuten säätösalaojitusta, pohjapadotuksia, kalkkisalaojia sekä jokiveden kalkitsemista, mutta toimenpiteet eivät ole olleet riittäviä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on ollut kartoittaa happamuustasoja eri alueilla, selvittää mahdollisten happamuuspiikkien syitä ja etsiä mahdollisia ratkaisuja ongelmiin kohdennetuilla alueilla, jotta haittoja saataisiin vähennettyä koko valuma-alueella.

Riskialueiden kartoitus, happamuuden torjuntakeinojen selvittäminen ja niiden vaikutuksien pohdinta kuuluu tämän opinnäytetyön sisältöön. Työn päämääränä on tehdä kohdennettuja toimenpidesuosituksia riskialueille, jotta happamien sulfaattimaiden haittavaikutuksia saataisiin pienennettyä ja samalla Sirppujoen veden laatua parannettua.

## 2 SIRPPUJOKI

Sirppujoki on 28 kilometriä pitkä joki Laitila–Kalanti–Uusikaupunki-välillä. Valuma-alueen pinta-ala on noin 430 km<sup>2</sup>. Joki saa alkunsa Laitilan Kivijärvestä laskien Kalannin lävitse Uudenkaupungin makeanvedenaltaaseen. Yläjuoksua hallitsevat metsäiset suo taipaleet, joen nimi yläjuoksulla on Pitkäoja vaihtuen Haaran kylän kohdalla Malvonojaksi. Laitilan keskustan alueella on teollisuutta, kuten esimerkiksi saha ja virvoitusjuomatehdas. Keskustan jälkeen joen nimi vaihtuu Sirppujoeksi jatkaen virtaamista Kalantia kohden. Joen keskijuoksua hallitsevat laajat peltoaukeat maataloineen, joissakin on myös eläinten kasvatusta. Joen alajuoksu on Uudenkaupungin puolella, jossa se laskee makeanveden altaaseen. Joen alajuoksu on myös peltojen ympäröimää ja peltojen osuus koko valuma-alueesta on noin 30 %. Joen varrella on tehty harvennushakkuita sekä muita metsätaloustöitä, jotka myös vaikuttavat joen vedenlaatuun.

Valuma-alueen suurimmat järvet ovat Laitilan kunnan puolella sijaitsevat Lukujärvi ja Särkijärvi. Järvien osuus valuma-alueella on pieni, vain 1,9 % valuma-alueesta. Merkittävimmät sivuhaarat ovat niin ikään Laitilan puolella sijaitsevat Härinänjoki sekä Ketunjoki. Sirppujoen pää- ja sivuhaarat ovat pääasiassa perattuja, joten veden viipymä joessa on lyhyt, mukaan lukien alueen vähäjärvisyys, negatiiviset vaikutukset heijastuvat suoraan makeanvedenaltaaseen.

Sirppujoen ekologinen tila on luokiteltu vuonna 2013, jolloin ekologisen luokittelun mukaan tila oli tyydyttävällä tasolla. Tutkimuksessa tutkittiin veden ravinnepitoisuuksia, happamuutta, päällyslievien ja koskipohjaeläinten tilaa. Kemiallinen tila oli luokituksen mukaan hyvä. (Popova ym. 2018.)



Kuva 1. Sirppujoen alajuoksu. (Mononen 2018)

Jokivedenlaatuun vaikuttavat tekijät valuma-alueella ovat maatalous, metsätalous, teollisuus, turvetuotanto sekä happamat sulfaattimaat. Myös haja-asutusalueen jätevedet aiheuttavat kuormitusta jonkin verran ja alueella on esiintynyt vuotoja viemäriverkostossa, jotka ovat myös vaikuttaneet joen vedenlaatuun.

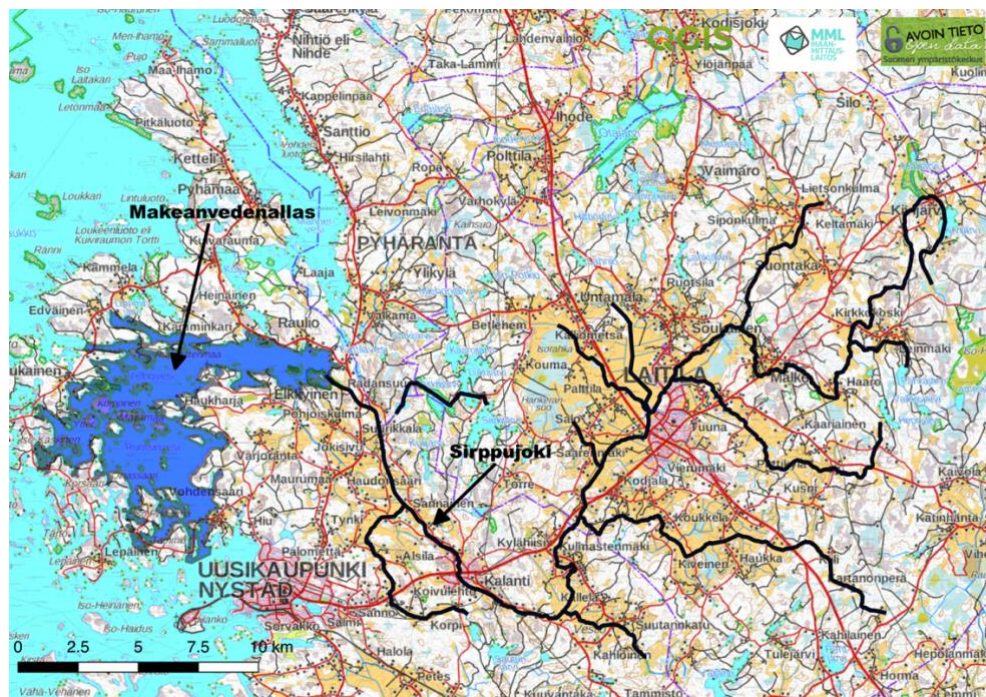
Laitilan jätevedenpuhdistamo lopetti toimintansa vuonna 2010. Puhdistamon puhdistettu vesi johdettiin Sirppujokeen, joka aiheutti tällöin ravinne- ja kemikaalikuormitusta jokiveteen.

Uudenkaupungin makeanvedenallas on noin 40 km<sup>2</sup> suuruinen padottu, vanha merenlahti. Allas eristettiin merestä vuonna 1965, tarkoituksena olla raakavesilähde Uudenkaupungin ja sen lähiseudun kunnille, noin 25 000 vedenkäyttäjälle. Raakavettä pumpataan joka vuosi noin 3,1 miljoonaa m<sup>3</sup>, kotitalouksiin 30 % ja teollisuuteen 70 %. Vedenottopiste on altaan eteläpäädyssä, 7 metrin syvyydessä. Altaan keskisyyvyys on 4,4 m, syvin kohta 24 m. Vesitilavuus altaassa on noin 165 000 000 m<sup>3</sup>. Altaan valuma-alue on noin 500 km<sup>2</sup>, josta Sirppujoen 430 km<sup>2</sup> kattaa suurimman osan (86%) vaikuttaen merkittävästi makeanvedenlaatuun. (Popova ym. 2018; Hallikainen 2014.)

Allas jakautuu kahteen eri alueeseen, Ruotsinveteen sekä Velhoveteen. Velhovesi sijaitsee altaan pohjoispuolella ja on matalampi ja rehevämpi,

varsinkin Sirppujoen suistoalue altaan koillisnurkassa on rehevää aluetta. Ruotsinvesi hallitsee altaan eteläpuolta ollen karumpi ja syvempi. Altaan eteläpäässä Karhuluodon kohdalla sijaitsee toinen sulkuportti sekä altaan luoteiskulmassa Vintrinrauman sulkuportti. Sulkuporttien tarkoitus on toimia kulkuyhteytenä mereen, samalla estäen suolaisen meriveden pääsy makeanvedenaltaaseen.

Altaan rakentamisen jälkeen ympäristön ekologia koki suuria muutoksia. Vuonna 1970 Sirppujoen happamuuspiikki aiheutti altaan veden pH-arvon alenemisen alle 5, aiheuttaen kalakuolemia, sekä järviruo'on ja rentovihvilän runsastumisen laajoille alueille. 1980-luvulta lähtien altaan tila on parantunut ja nykyään se on enemmän järvimäisempi. (Hallikainen 2014.)



Kuva 2. Sirppujoki laskee makeanvedenaltaaseen.

Makeanvedenaltaassa elää eri kalalajeja, kuten hauki, ahven, särkikalat ja myös kuha. Ravuista täpläravut ovat sietäneet happamuuspiikkejä ja niitä voi tavata makeanvedenaltaalla. Kuhakannat ovat kärsineet happamuuspiikeistä ja niiden esiintyminen altaassa on vaihdellut olosuhteiden mukaan.

### 3 HAPPAMAT SULFAATTIMAAT

#### 3.1 Happamien sulfaattimaiden muodostuminen

Happamat sulfaattimaat ovat saaneet alkunsa litorinakauden aikana yli 8000-4000 vuotta sitten, jolloin rannikkoalueemme olivat merenpohjaa. Tällöin merenpohjassa vallitsivat paikoitellen hapettomat olosuhteet. Hapettomissa olosuhteissa (anaerobinen tila) eläneet bakteerit hajottivat orgaanista-ainesta käyttäen meriveden sulfaattia (rikkihapon suoloja) polttoaineenaan. Tämän seurauksena meren pohjaan alkoi kerrostua sulfidisedimenttejä (rikkiyhdisteitä), jotka sitoutuivat maaperän raskasmetalleihin, erityisesti rautaan (Maaseutuverkoston julkaisu 2009). Maankohoamisen seurauksena sulfidisedimenttejä esiintyy merenpinnan yläpuolella, jopa 100 metrin korkeudella (Maaseutuverkoston julkaisu 2009). Niin kauan kuin sulfidisedimentit pysyvät pohjaveden pinnan alapuolella, niistä ei aiheudu haittaa ja niitä kutsutaan tällöin potentiaalisiksi happamiksi sulfaattimaiksi: ”*Hapettomissa oloissa sulfidisaven pH on neutraali ja metallit pysyvät saostuneina*” (SYKE 2014). Heti kun sulfidisedimentit pääsevät hapen kanssa tekemisiin pohjaveden pinnan laskiessa liian alas, tapahtuu kemiallisia reaktioita, jotka johtavat todellisten happamien sulfaattimaiden syntyyn. Sulfidisavea muodostuu tälläkin hetkellä Itämeren pohjassa ja maan kohoaminen varsinkin Perämeren pohjukassa lisää happamien sulfaattimaiden esiintymistä.

Kuten maaseutuverkoston julkaisussa todetaan: ”*Kun pohjaveden pinta alenee ja uusia maakerroksia altistuu hapen vaikutukselle, maassa tapahtuu monia erilaisia sekä kemiallisia että biokemiallisia reaktioita. Lyhyesti sanottuna sulfidimineraalit hapettuvat rautahydroksideiksi ja rikkihapoksi, jolloin maan pH laskee rajusti alle 3,5 pH:n.*” (Maaseutuverkoston julkaisu 2009.), tämä voidaan havaita rautasaostumina, jolloin maakerroksissa näkyy ruostekerroksia, eli potentiaalinen hapen sulfaattimaa muuttuu todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi.





Kuva 3. Rautasakkaa Sirppujokeen laskevassa ojassa. (Mononen 2019)

Muodostunut rikkihappo liuottaa maaperästä metalleja (kuva 3) valumavesien ja sulamisvesien mukana etenkin syksyisin sekä keväisin. Tämä voidaan havainnoida esimerkiksi vedenlaatu mittauksin, jossa veden pH-arvo laskee ja sähkönjohtavuus arvot (mS/m) ovat suuria happamien sulfaattimaiden alapuolisista vesistöistä. Myös veden kirkkaus (kuva 4) silmämääräisesti voi olla merkki veden happamuudesta, koska tällöin metallit saostuvat vedessä saostaen samalla kiintoainesta, jolloin vesi kirkastuu.



Kuva 4. Kirkasta vettä Iso-ajassa. (Mononen 11/2018)

HS-maiden näkökulmasta: pohjaveden pinta laskee yleensä liian alas kuivatuksen ja kuivuuden takia. Ja tästä syystä todellisia happamia sulfaattimaita paljastuu yhä laajemmilla alueilla ja niiden haittavaikutukset myös siinä samalla. Maankohoaminen ja vesialueiden kuivuminen tulevat lisäämään ongelmia tulevaisuudessa Suomen rannikkoalueilla, varsinkin jo ongelmallisilla alueilla Sirppujoen ja Oulun välisellä alueella.

Koska happamien sulfaattimaiden esiintyvyyttä ei voida metrin tarkkuudella esittää, niin maanmuokkaustöiden yhteydessä, kuten esimerkiksi ojituksen tai maankaivuun suunnitteluvaiheessa on tehtävä ilmoitus ELY:lle (Elinkeino,- liikenne- ja ympäristökeskus), jos maanmuokkaustöitä tehdään mahdollisilla riskialueilla. Riskialuekartoitukset saa GTK:lta (Geologian tutkimuskeskus) ja ne olisivat hyvä huomioida, kun yleensäkin työskennellään alavilla rannikkoalueilla. Tällä hetkellä ei ole voimassa olevaa lakia koskien maanmuokkaustöitä happamien sulfaattimaiden riskialueilla.

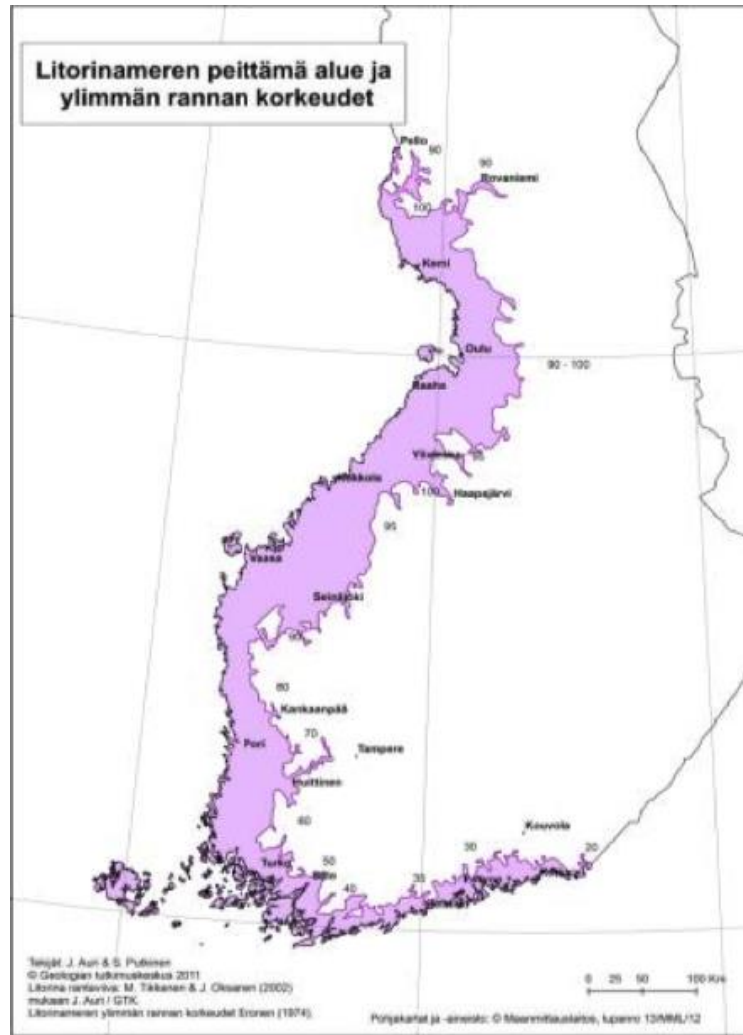
Lyhyesti voidaan todeta, että potentiaalisista happamista sulfaattimaista (sulfidisavi kerrostumisista) ei ole niin kauan haittaa, kun ne ovat hapettomissa olosuhteissa pohjavedenpinnan alapuolella. Kun pohjavedenpinta laskee liian alas, samalla paljastaen sulfidisavikerrostumia, syntyy hapettumisen seurauksena todellista hapanta sulfaattimaata, joka aiheuttaa ympäristölle vakavia ongelmia happamuuden sekä metalli- ja ravinnepäästöjen muodossa.



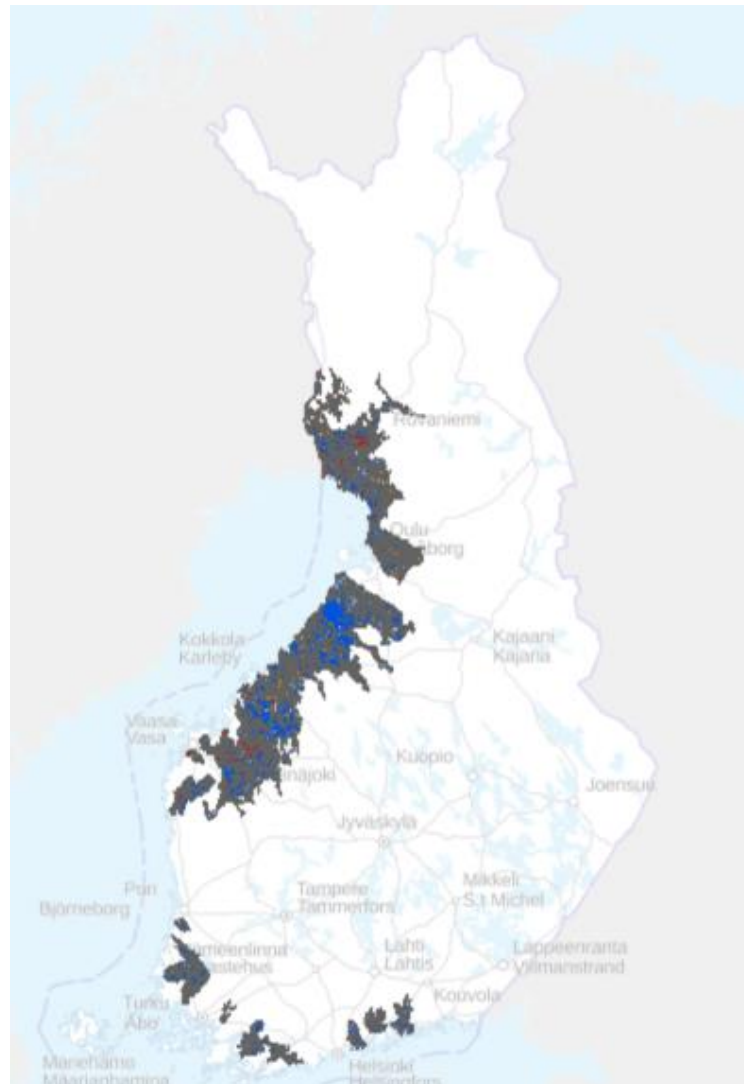


Kuva 5. Happaman sulfaattimaan tyypillinen poikkileikkaus. (Auri, GTK)

Esiintyvyyden kannalta oleellisin seikka on, että alue on ollut vanhaa Litorinameren pohjaa, joka on maankohoamisen seurauksena kohonnut merestä. Litorinameren pohjassa (kuva 6) on ollut erittäin suotuisat olosuhteet sulfidikerrostumien muodostumiselle. (Härkönen ja Nieminen 2019). Laajimmat alueet sijaitsevat Pohjanmaalla, Perämeren pohjukassa (Oulu–Pello–akselilla), sekä myös Satakunnan ja Varsinais-Suomen välisellä vyöhykkeellä.



Kuva 6. Litorinameren rantaviivaa 8000-4000 vuotta sitten. (Auri, GTK)



Kuva 7. Happamien sulfaattimaiden todennäköinen esiintyvyys Suomessa, pieni todennäköisyys (sininen), kohtalainen todennäköisyys (keltainen) ja suuri todennäköisyys (punainen). (GTK 2017)

### 3.2 HS-maiden vaikutus

Happamien sulfaattimaiden haittavaikutukset kohdistuvat eniten vesistöihin ja vaikutukset voivat olla suoria tai välillisiä. Suurimmat ongelmat aiheutuvat happamasta valuntavedestä sekä sen mukana tulevasta metallikuormituksesta. Kaikki ongelmat ovat lähtöisin maaperän liiallisesta kuivumisesta tai kuivattamisesta. Lähes kaikissa Länsi-Suomen rannikolla, alavilla alueilla sijaitsevilla joi'ssa esiintyy HS-maihin liittyviä vesistö ongelmia. (MMM 2009.)

Ongelmat vaikuttavat jokien ekologiseen- ja kemialliseen tilaan. Keskisuurilla joilla, missä virtaa vettä lähes ympäri vuoden ongelmat ovat yleensä ajoittaisia. Tällöin happamuudesta johtuvat ongelmat painottuvat syksyyn sekä kevääseen, jolloin valumisvesiä HS-mailta on enemmän liikkeellä. Pienillä joilla, missä virtaamat ovat yleensä pieniä, ongelmat saattavat olla ympärivuotisia, jolloin jokien ekologia kärsii eniten. (MMM 2009.)

Eniten ongelmista kärsivät kalat, ravut, simpukat sekä muut joen pieneliöt. Erityisesti kiduksilla hengittävät eliöt kärsivät, koska metallit saostuvat kiduksien päälle, muodostaen happea läpäisemättömän pinnan, tällöin on vaarana elion tukehtuminen. Vesihämähäkit ja koppakuoriaiset eivät taas hengitä kiduksilla, joten nämä lajit voivat lisääntyä runsaasti, koska saalistajat puuttuvat. (MMM 2009.) Ravut tarvitsevat myös kalkkia suojakuoren rakennusaineena, mutta happamissa vesissä kalkkia ei ole saatavilla, joten rapujen elinolot happaman veden lisäksi ovat tällöin heikot.

Myös eri kalalajien käyttäytyminen lisää riskiä lajin menestymiselle happamissa vesissä. Esimerkiksi siika kutee jokien alajuoksulla, missä HS-maiden huonot vaikutukset kasaantuvat. Taimen taas kutee joen sorakoihin ja jos poikaset pystyvät kuoriutumaan, niin lajityypillisesti ne viettävät ensimmäiset vuodet joessa, tällöin on vaarana altistua metalleille, sekä happamalle vedelle pitkällä ajanjaksolla ja se lisää menehtymisen riskiä. Joka tapauksessa HS-maiden alapuolisissa vesistöissä eri eliöiden monimuotoisuus kärsii ja kaikista herkimmät lajit kuolevat yleensä pois ja tilalle tulevat ne lajit, jotka sietävät haittavaikutuksia parhaiten. (MMM 2009.)

Myös kasvit kärsivät HS-maiden haittavaikutuksista, kasvit keräävät metalleja itseensä, ja varsinkin alumiini on kasveille myrkyä, koska se häiritsee juuriston kasvua ja toimintaa. Tällöin kasvit eivät saa ravinteita, jonka seurauksena juuristo pienenee ja silloin kasvin vedensaanti heikkenee (Maaseutuverkoston julkaisu 2009). Herkimmät lajit kuolevat pois ja paremmin sietävät lajit voivat aiheuttaa alueellista rehevöitymistä. Esimerkiksi rentovihvilä sietää hapanta

vettä hyvin ja on raportoitu rentovihvilän runsastumisesta happamissa vesissä. (Palko ym. 1968.)

### 3.2.1 Vaikutukset Sirppujoen alueella

1960-luvulla on raportoitu ensimmäiset merkittävät kalakuolemat Sirppujoen alueella, varsinkin makeanvedenaltaassa, patoamisen jälkeen. On tiedossa, että vuonna 1968 Sirppujoen suulla veden pH oli 4,5, jonka jälkeen lähes koko 1970-luku oli kalaton makeanvedenaltaassa. Altaan tila koheni 1980-luvulla, mutta myös sen jälkeen on esiintynyt kalakuolemia 1990-luvulla ja viimeisimpänä havaintona toukokuussa 2003. Sirppujoen suistossa on havaittavissa rehevöitymistä ja on myös vaarana, että suiston alueelle kerääntyy lisää ongelmallista sedimenttiä happamien vesien takia. (Palko ym. 1968.)

## 4 PH-KARTOITUS SIRPPUJOELLA

Kartoituksen tarkoituksena oli kartoittaa HS-maiden vedenlaatuvaikutuksia, ja niiden alueellisia jakautumista Sirppujoen valuma-alueella. Vedenlaatutuloksia (pH ja sähkönjohtavuus) on verrattu GTK:n kartta-aineistoon ja sen perusteella paikannettu oleelliset alueet haittavaikutuksien muodostumiseen.

GTK:n kartta-aineisto kuvaa HS-maiden esiintymisen todennäköisyyksiä alueellisesti. Alueelliset tiedot ovat vain todennäköisyyksiä, ei niinkään tarkkoja tietoja. Syynä siihen on HS-maiden puutteellinen tarkka kartoitus, koska kartoittaminen on vielä haastavaa laajojen alueiden ja sen myötä analysoinnin takia.

Kartoitustuloksia sekä GTK:n kartta-ainestoa vertailemalla, olen kartoittanut haittavaikutuksiltaan ongelmallisimmat alueet sekä tutkinut eri toimenpiteitä haittojen torjuntaan. Torjuntakeinojen soveltuvuus riippuu siitä, että millaisella alueella mahdollisia ongelmia esiintyy (maankäyttömuoto ks. alueella, maaperä, pinnanmuodot sekä alapuolinen vesistö jne.).



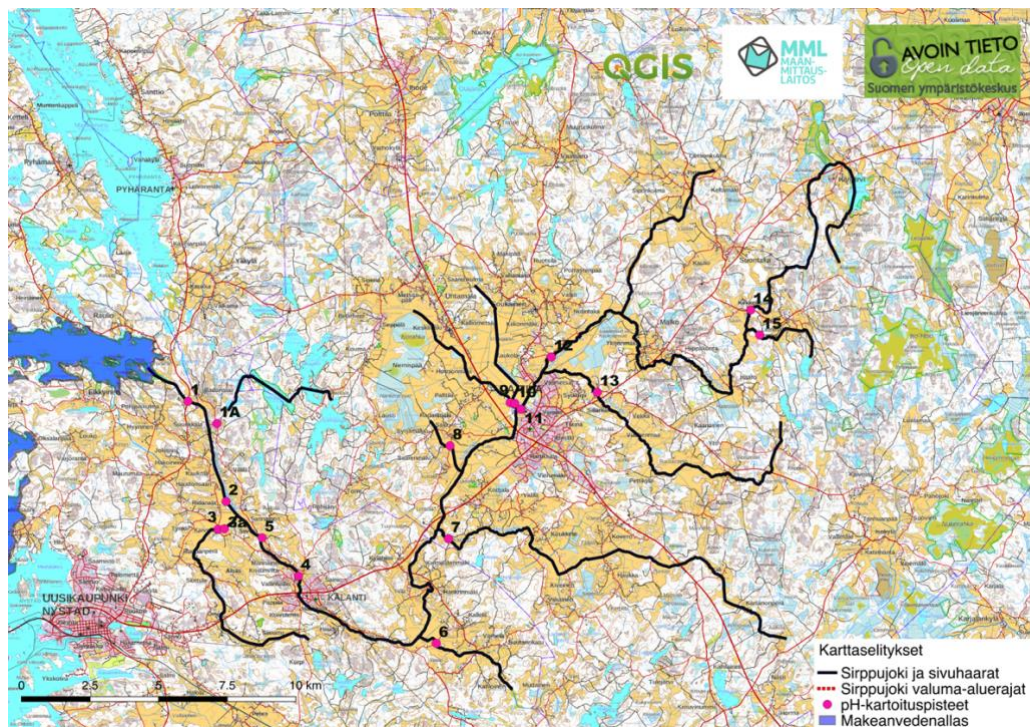
Kuva 8. pH-kartoitusta Sirppujoella heinäkuussa 2018. (Turun ammattikorkeakoulu)



#### 4.1 pH-kartoituksen toteutus

Valitsimme 16 eri mittauspistettä Sirppujoen pääuomasta sekä sivuhaaroista- ja ojista heinäkuussa 2018. Ensimmäisen mittauskerran (4.7.2018) jälkeen valitsimme vielä yhden mittauspisteen (1A Merilampi) mukaan kartoitukseen, jolloin mittauspisteitä tuli yhteensä 17 kappaletta.

Mittauspisteiden valinnassa huomioitiin merkittävimmät sivuhaarat- ja ojat sekä pyrittiin saamaan mittauspisteitä pääuomasta, tasaisin välimatkoin (kuva 9). Mittauspisteiden sijaintia rajoitti kulkuyhteys autolla. Jotta mittaukset voitiin suorittaa yhden päivän aikana ja työt voitiin suorittaa turvallisesti ja täsmällisesti, pisteiksi valikoituivat usein sillat ja ojarummut, joiden päältä oli hyvä ottaa näytteet. Näytteenottoaikojen läheisyyteen pääsimme autolla. Näillä valinnoilla tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina, koska työtehokkuus- ja laatu säilyivät kaikilla mittauskerroilla samanveroisina ja mittaukset saatiin suoritettua kaikissa pisteissä, eri vuodenaikoina. Mittaukset suoritettiin aina kaikissa pisteissä samalla tavalla, niin että suoritettiin kaksi eri mittausta, jotta välttyttäisiin mahdollisilta mittausvirheiltä.



Kuva 9. pH-kartoituspisteet.

Taulukko 1. pH-kartoituspisteet.

tunnus	nimi/kuvaus
1	Alajuoksu, silta, Rauma-Ukitie
2	Pilottikohde joki
3	Niinioja, päähaara
3a	Niinioja, kaivolan sivuhaara
4	Pääuoma, Kalanninkoski
5	Rohijärvenoja (Kainu)
6	Lukkionjoki (niittymäki)
7	Härinänjoki (kaerittu)
8	Hankeranojan
9	Iso-oja
10	Ponttoonuoja (pumppuamo)
11	Pääuoma, Papinhaka
12	Malvonjoki, Papinsaari
13	Ketunjoki, Korpela
14	Pitkäoja, Kirkkokoski
15	Pahkajärvenoja,
1A	Merilampi

Yllä olevassa kartassa (kuva 9) esitetään mittauspisteet punaisella pallolla tunnuksen kanssa. Joki on värjätty mustalla, jotta se erottuisi paremmin. Punaisella katkoviivalla näkyy valuma-alueiden rajat. Liitteenä kartta oikeassa koossa.

Vedenlaatumittaukset on suoritettu neljänä eri kertana ajanjaksolla 4.7.2018-19.2.2019. Eri mittauskerroilla on käytetty samaa vedenlaadunseurantaan käytettävää YSIN EXO 2 -multiparametrimittaria.





Kuva 10. YSIN EXO 2 -multiparametrimittari.

#### 4.2 Tulokset

Kesä 2018 oli erittäin kuiva ja se on ollut seurannan ja opinnäytetyön toteutuksen kannalta hyvä asia (ympäristön kannalta kuiva kesä ei ole ollut positiivinen asia), koska tästä syystä pohjaveden korkeus on ollut alhaalla paljastaen uusia sulfidisedimenttejä, eli potentiaalista hapanta sulfaattimaata. Edellä mainitusta syystä tuloksia on saatu happamuuspiikeistä ja korkeista sähkönjohtavuuden arvoista eri mittauspisteistä, erityisesti marraskuussa 2018, sekä helmikuussa 2019.

Seuraavassa tulokset eri mittauskerroilta, pH-arvot ovat esiteltynä ensin järjestyksessä ensimmäisestä mittauskerrasta (4.7.2018) eteenpäin, jonka jälkeen ovat sähkönjohtavuus arvot (Cond SP (mS/m)) samassa järjestyksessä. Ongelmallisimmat mittauspisteet on korostettu keltaisella. Taulukko 2. löytyy liitteenä.

Taulukko 2. Vedenlaatumittaus tulokset 2018-2019, viisi mittauspistettä erottuivat muiden joukosta (keltainen korostus).

Vedenlaatumittaukset 2018-2019		4.7.2018	26.7.2019	14.11.2019	19.2.2019	4.7.2018	26.7.2018	14.11.2018	19.2.2019
tunnus	nimi/kuvaus	pH	pH	pH	pH	Cond SP (ms/m)	Cond SP (ms/m)	Cond SP (ms/m)	Cond SP (ms/m)
1	Alajuoksu, silta, Rauma-Ukitie	7,6	7,2	6,7	5,0	30,3	28,9	50,7	38,1
2	Pilottikohde joki	7,5	7,4	6,7	5,1	40,8	39,5	52,3	40,7
3	Niinioja, päähaara	6,5	6,7	5,7	5,0	81,8	77,4	69,1	44,9
3a	Niinioja, kaivolan sivuhaara	6,6	6,6	5,7	4,9	43,9	60,3	70,6	45,3
4	Pääuoma, Kalanninkoski	7,8	7,9	7,1	5,1	40,7	43,3	48,2	40,7
5	Rohijärvenoja (Kainu)	7,4	7,5	7,1	6,1	36,7	49,8	33,8	15,3
6	Lukkionjoki (niittymäki)	7,3	7,2	6,8	5,4	32,0	32,6	51,5	33,4
7	Härinänjoki (kaerittu)	8,1	8,3	7,5	5,1	37,5	44,4	52,5	40,6
8	Hankeranoja	7,0	7,2	5,8	4,9	57,0	46,2	70,7	57,6
9	Iso-oja	7,6	7,9	5,6	4,8	97,3	201,9	75,1	57,2
10	Ponttoonuoja (pumppaamo)	7,7	7,7	6,6	5,0	49,5	48,6	93,0	91,3
11	Pääuoma, Papinhaka	7,5	7,7	7,1	5,6	27,4	35,3	32,9	25,2
12	Malvonjoki, Papinsaari	7,4	7,6	7,0	5,8	41,6	47,1	31,8	21,8
13	Ketunjoki, Korpela	7,6	7,8	6,9	5,4	31,1	35,4	37,9	30,3
14	Pitkäoja, Kirkkokoski	7,6	7,8	6,7	5,6	26,6	29,4	27,9	16,8
15	Pahkajärvenoja,	7,8	8,2	7,1	6,3	21,3	25,0	28,6	15,1
1A	Merilampi	xx	6,9	5,0	5,9	xx	10,0	26,1	12,5

#### 4.2.1 Heinäkuu 2018 (4.7&26.7)

Heinäkuussa vettä oli paikoitellen todella vähän eri mittauspisteissä eikä virtaavaa vettä löytynyt helposti varsinkaan pienemmistä puroista. Välillä näytteitä jouduttiin ottamaan lähes seisovasta vedestä, mikä voi vääristää tuloksia kyseisessä pisteessä.



Kuva 11. Iso-oja (9) 26.7. Vettä oli todella vähän. (Turun ammattikorkeakoulu, 2018))

Tuloksista voidaan huomata, että heinäkuussa 2018 molemmilla mittauskerroilla veden pH-arvot ovat olleet kaikissa mittauspisteissä neutraalin rajan molemmin

puolin. Niin kuin yleensäkin kuivana ajanjaksona, kun vettä ei ole liikenteessä, happamien sulfaattimaiden aiheuttamat haitat eivät vielä tässä kohtaan näy veden pH-arvoissa.

Sähkönjohtavuusarvot ovat vaihdelleet, syitä voivat olla:

- Seisova vesi mittauspisteissä
- Leväkukinnot ⇒ yhteyttäminen käynnissä
- Jätevedet
- Metallit vedessä

toisin sanoen, kun syitä sähkönjohtavuusarvoille voi olla monia, niin ei voi tehdä tarkkoja johtopäätöksiä siitä, että liittyvätkö arvot suoraan HS-maiden haittoihin.



Kuva 12. Niinioja (3a) heinäkuussa. Levää oli runsaasti. (Turun ammattikorkeakoulu)

Loppuyhteenvedona heinäkuun 2018 mittauskerroista voi todeta, että mittauksilla saatiin hyvät vertailuarvot tulevia mittauskertoja varten. Tuloksista ei voi vielä tässä kohtaan nähdä HS-maiden vaikutusta ja niin se yleensä meneekin. Kuivana ajanjaksona pohjavedenpinta laskee ja voi paljastaa sulfidikerrostumia, jonka jälkeen haitat näkyvät, kun sateet alkavat, syksyllä, (talvella) tai keväällä.

#### 4.2.2 Marraskuu 2018 (14.11)

Marraskuussa vettä oli jo enemmän kaikissa mittauspisteissä, koska sateita oli ollut syksyllä jonkin verran ennen mittauskierrosta. Näytteiden ottaminen oli tällä kertaa helpompaa, koska virtaavaa vettä ei tarvinnut etsiä.

Erikoisuutena oli joen smaragdinvihreä väri ja kirkkaus lähes kaikissa mittauspisteissä. Silmämääräisesti tarkasteltuna väri ja kirkkaus voivat kertoa happamasta vedestä.



Kuva 13. Iso-oja (9) marraskuussa. Kirkasta vettä. (Turun ammattikorkeakoulu)

Mittautulokset antoivat viitteitä happamuudesta eri mittauspisteissä. Viidessä mittauspisteessä (3, 3a, 8, 9 ja 1A) veden pH-arvot olivat laskeneet huomattavasti edellisen mittauskerran arvoista. Myös muissa mittauspisteissä laskua on tapahtunut, mutta ei niin selvästi. Tulokset kertovat, että vedet ovat happamia paikoitellen ja syynä voi olla todellisten HS-maiden syntyminen.

Sähkönjohtavuusarvot olivat nousseet (ja myös laskeneet) monissa eri mittauspisteissä edellisestä mittauskerrasta, mutta vertailu ei ole täysin optimaalista, koska heinäkuun mittaustuloksiin on voinut vaikuttaa etenkin seisova vesi sekä leväkukinnot. Veden väri ja kirkkaus verrattuna sähkönjohtavuusarvoihin antaa taas viitteitä happamista vesistä.

Loppuyhteenvedona voi todeta, että kuiva kesä näkyy mittaustuloksissa. Todellista hapanta sulfaattimaata haittoineen on todennäköisesti syntynyt mittauspisteiden 3, 3a, 8, 9 ja 1A valuma-alueella. Myös veden väri ja kirkkaus eri mittauspisteiden välillä kertoo siitä, että hapanta vettä on pääuomassa sekä sivuhaaroissa.

#### 4.2.3 Helmikuu 2019 (19.2)

Helmikuun mittauskierroksella ensimmäinen havainto mittauspisteillä oli, että veden väri ja kirkkaus olivat muuttuneet edelliseen mittauskertaan nähden, kahta poikkeusta (9 ja 10) lukuunottamatta. Veden väri oli punaisen ruskehtavaa, lumiset rantapenkat olivat punaisia, mahdollisesti rautasakan värjäämiä, myös sameus oli selvästi lisääntynyt mittauspisteillä. Vain kahdella mittauspisteellä 9 ja 10 vesi oli edelleen smaragdin vihreää ja kirkasta. Vettä oli jokaisella mittauspisteellä reilusti, joissain paikoissa vesi tulvi peltojen päälle.





Kuva 14. Punaisen ruskehtavaa väritystä jään päällä helmikuussa 2019.  
(Mononen)

Mittauksista päätellen happamuus oli lisääntynyt kaikissa mittauspisteissä yhtä lukuunottamatta (1A). 13 eri mittauspisteessä veden pH oli alhaisempaa kuin sadeveden (5,6). Kolmessa pisteessä pH oli jopa alle 5 (3a, 8 ja 9).

Sähkönjohtavuusarvot olivat laskeneet kaikissa mittauspisteissä.

Mittauspisteissä 9 ja 10, joissa vesi oli yhä smaragdinvihreää, arvot olivat yhä korkeat, mutta olivat samalla myös laskeneet hieman.

Yhteenvetona helmikuun tuloksista voi todeta, että kuivan kesän takia, todellista hapanta sulfaattimaata on todennäköisesti päässyt syntymään.

Happamuuspiikki on selvästi havaittavissa pH-arvoista, ja se on siirtynyt syksystä alku kevääseen sademäärien takia. Syksyllä valumisvesiä oli vähemmän johtuen vähäisimmistä sateista. Talven lumisateiden runsaudesta johtuen valumisvesiä oli enemmän, joten vesi pääsi huuhtelemaan maaperää, jolloin vesi happamoitu, kuljettaen samalla liuenneita metalleja mukanaan alapuolisiin vesistöihin.

#### 4.3 Yhteenveto tuloksista

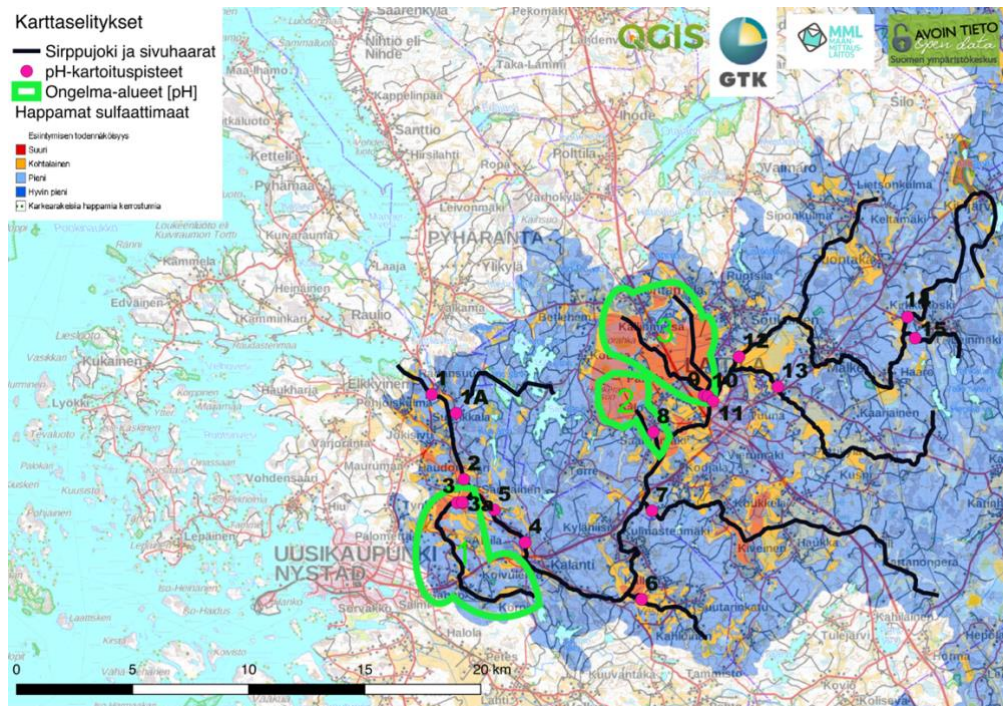
Ennätyksellisen kuiva kesä aiheutti pohjavedenpinnan laskua Sirppujoen valuma-alueella, pääuoma oli lähes kuiva Hankeranojan alueella heinäkuussa. Heinäkuun mittaustuloksien jälkeen on selvästi havaittavissa pH-arvojen lasku yleisesti kaikilla mittauspisteellä.

Marraskuun smaragdin vihreä ja kirkas vesi yhdistettynä pH ja sähkönjohtavuus arvojen kanssa osoitti veden happamoitumisen. Veden väri ja sameus muuttuivat ruskeammaksi ja sameammaksi joulukuun aikana, sateiden jälkeen. Alimmillaan pH-arvot olivat helmikuussa ja tuolloin oli selvästi havaittavissa veden punaisen ruskehtava väri, joka oli värjännyt lumiset rantapenkat sekä jääpeitteen. Värityksen taustalla on todennäköisesti rikkihapon liuottamat metallit maaperästä, erityisesti väri kuvastaisi rautaa (kuva 14). Tästä voi tehdä sen johtopäätöksen, että todellista HS-maata on päässyt muodostumaan Sirppujoen eri alueille.

Kun vertaan tuloksia GTK:n karttaan (happamien sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyys), niin esille nousee 5 mittauspistettä. Näissä pisteissä mittaustulokset viittaavat selvästi HS-maihin ja näin myös GTK:n aineisto todentaa, että ollaan erittäin todennäköisesti HS-mailla.

Seuraavaksi GTK:n kartta (kuva 15), josta näkyy eri mittauspisteet sekä HS-maiden esiintymisen todennäköisyys alueellisesti, eri värityksellä.

- Sininen: pieni todennäköisyys
- Keltainen: kohtalainen todennäköisyys
- Punainen: suuri todennäköisyys



Kuva 15. Ongelmalliset alueet (pH ja sähkönjohtavuus) paikannettuna.

Vertailemalla omia vedenlaatumittauksia GTK:n kartan kanssa, voi havaita että mittauspisteet, joissa happamuusongelmia esiintyvät ovat alueilla, joissa todennäköisyys on suuri (punainen).

Karttaan (kuva 15) on ympyröity vihreällä ne alueet, joilla on mahdollisesti päässyt tarkastelu ajanjakson aikana muodostumaan todellista HS-maata.

Alajuoksulta ylöspäin alueet ovat:

1. Niinioja (mittauspisteet 3 ja 3a)
2. Hankeranoja (mittauspiste 8)
3. Iso-oja (mittauspiste 9) ja Ponttoonoja (mittauspiste 10)

Näille kolmelle alueelle esitän toimenpidesuosituksen happamuushaittojen vähentämiseen kohdennetusti, sekä yleissuosituksen koko valuma-alueelle tämän opinnäytetyön luvussa 6.



## 5 HAITTOJEN VÄHENTÄMINEN HS-MAILLA

Happamien sulfaattimaiden aiheuttaman kuormituksen estämiseksi sekä vähentämiseksi on kokeiltu erilaisia keinoja Suomessa sekä Sirppujoen alueella, joista yksikään ei ole osoittautunut täysin toimivaksi. Suurin syy selittynee sillä, että maakemia on monimutkainen prosessi (Maaseutuverkoston julkaisu 2009). Toinen suuri syy on se, että sulfidipitoisen maa-aineksen esiintyvyydestä ei ole tarkkaa tietoa. Kuten mainittu: GTK:n kartat antavat yleiskatsauksen esiintymisalueista, mutta metrien tarkkuuteen kartat eivät riitä. Myös sulfidikerrosten syvyystiedot ovat epätarkkoja tai niitä ei ole. Syvyystietoja pystyy arvioimaan esimerkiksi, jos on tiedossa pohjavedenkorkeuden vaihtelut tietyllä ajanjaksolla. Maakairauksilla pystytään tutkimaan kerrostumia, mutta siihen tarvitaan yleensä asiantuntijaa/asiantuntemusta, jota ei yleensä esimerkiksi maanomistajilla ole.

Seuraavaksi olen selvittänyt eri lähteistä erilaisia toimenpiteitä, joilla happamuutta voidaan torjua Sirppujoen valuma-alueella. Toimenpiteet on valittu eri maankäyttötapojen sekä alueellisen maaston mukaan. Sirppujoen yläjuoksua hallitsevat soistuvat metsäalueet, joissa happamuusongelmia ei vertailututkimuksen mukaan merkittävästi esiinny. Keski- ja alajuoksua hallitsevat pääsääntöisesti peltoaukeat, joilla happamuusongelmia on havaittu ja sinne toimenpidesuosituksset tässä opinnäytetyössä kohdentuvat.

Toimenpiteet ovat ennakoivia tai haittojen jälkihoitoa. Kaikista paras keino olisi pitää pohjavedenpinta mahdollisimman ylhäällä, mutta koska alueella harjoitetaan maa- ja metsätaloutta sekä turvetuotantoa, niin se on paikoitellen vaikeaa maaperän kuivattamisen takia.

Ennakoivilla toimenpiteillä pyritään ehkäisemään todellisten happamien sulfaattimaiden muodostuminen pitämällä pohjavedenpinta mahdollisimman ylhäällä, tällöin sulfidikerrostumat ovat pohjaveden pinnan alla haitattomassa hapettomassa tilassa. Jälkihoitotoimenpiteillä taas neutraloidaan happamia

valumisvesiä, jotka ovat peräisin muodostuneen todellisen happaman sulfaattimaan vaikutusalueelta.

## 5.1 Maatalous

Happamilta sulfaattimailta tuleva hapen valumavesi olisi järkevintä torjua jo pelloilla, ennen kuin haittavaikutukset pääsevät alapuoliseen vesistöön. Koska pelloja täytyy kuivattaa viljelytekniikan takia, niin se lisää riskejä, että sulfidikerrokset pääsevät kontaktiin hapen kanssa.

Jos tiedetään, että sulfidikerrokset sijaitsevat lähellä maanpintaa, niin vaihtoehtoina ovat alueen poisto viljelystä tai viljellä alueella pienemmän kuivatussyvyyden vaativia kasvilajeja. Nämä vaihtoehdot voivat tulla maanviljelijän kannalta epäedullisiksi, koska jos esimerkiksi tällainen viljava peltolohko muutetaan laitumeksi, maanviljelijä menettää tuloja, joita lohkoista olisi tullut.

Jos sulfidikerrokset sijaitsevat syvemmillä maaperässä, silloin voidaan eri menetelmien avulla pitää pohjavedenpintaa mahdollisimman ylhäällä.

### 5.1.1 Säättösalaojitus ja salaojakastelu

Jotta pohjavedenpintaa pystyttäisiin pitämään tarpeeksi korkealla ja erityisesti keskikesällä, jolloin on potentiaalisesti kuivinta aikaa, niin säättösalaojitus on vaihtoehtona silloin. Säättösalaojituksella voidaan pitää pohjaveden pintaa korkeammalla kuin perinteisellä salaojituksella. (Salaojayhdistys 2009.)

Perinteisen salaojituksen ideana on tehokas kuivatus märkinä ajanjaksoina kuten esimerkiksi syksyllä ja keväällä. Tehokas kuivatus mahdollistaa raskaiden koneiden liikkumisen pelloilla ja estää kasvuston vettymishaittoja. Menetelmän haittoina ovat liian tehokas kuivatus kuivina ajanjaksoina, jolloin

pohjavedenpinta laskee, sekä kasvien ravinteet ja kasvien tarvitsema vesi huuhtoutuu pois, joka on haitallista niin kasveille kuin alapuoliselle vesistölle, tämä on erityisen ongelmallista HS-mailla. (Salaojayhdistys 2009.)

Säätösalaojitusta säädellään kasvukauden olosuhteiden mukaan, kokoojalinjastoihin asennetaan säätökaivot, joilla pystytään sääntelemään purkautuvaa pohjavettä erilaisilla padotusratkaisuilla. Seuraavassa kuvassa (kuva 16) esimerkkinä Sirppujoella käytettävä säätökaivo. Kuvasta voi nähdä patoluukun olevan kiinni, jolloin säädellään pohjaveden määrää salaojalinjastoissa halutulle tasolle. Ylimääräinen vesi purkautuu ylivuotoputken kautta (pystysuoraputki) linjastossa eteenpäin, päätyen jokeen. Ylivuotoputken korkeutta säädetään teleskoopin avulla, ylivuotoputken korkeus määrittää vedenmäärää salaojalinjastoissa, joka taas vaikuttaa pohjaveden korkeuteen maaperässä salaojaputkiston vaikutusalueella. Kun patoluukku on auki, niin silloin linjasto toimii perinteiden salaojalinjaston tavoin. Säätökaivoja on monia erilaisia vaihtoehtoja.

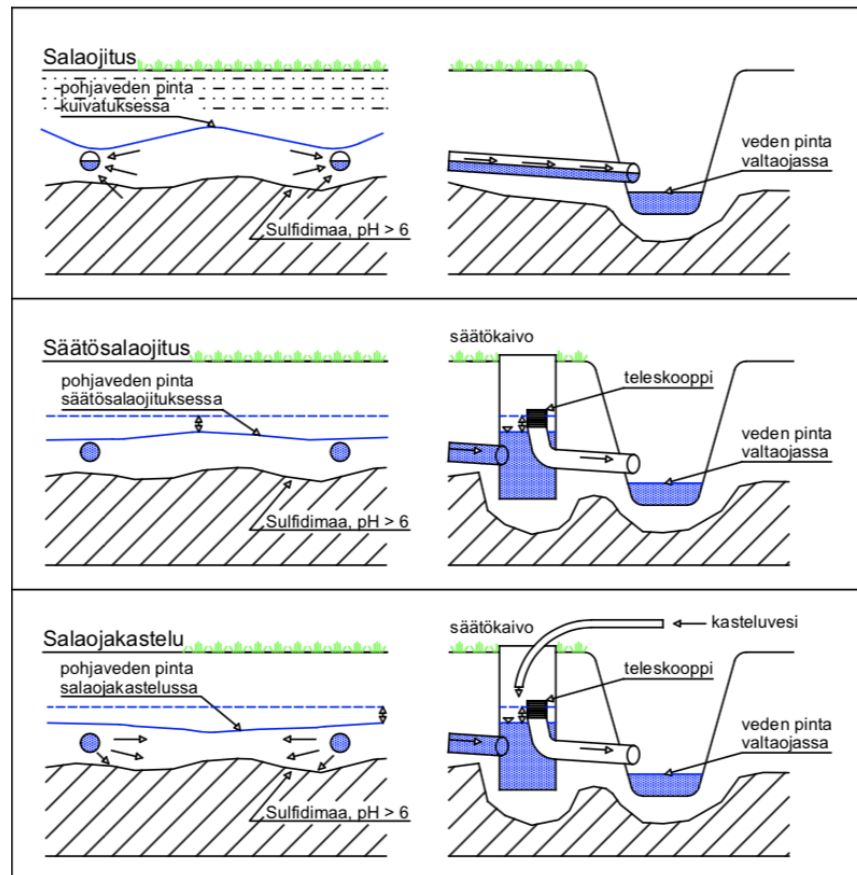


Kuva 16. Säättösalaajakaivo. (Mononen 2019)

Kuivana ajanjaksona vettä voidaan pumpata esimerkiksi joesta säätökaivoon, jolloin vettä hyödynnetään kasvien kasteluun, tällöin puhutaan säätökastelusta, altakastelusta tai salaajakastelusta. Myös kokoojaojia tai valtaojia voidaan padottaa, jolloin niihin laskevat salaojat täyttyvät vedellä ja toimivat samalla periaatteella altakasteluna. (Salaojayhdistys 2009.)

Säättösalaajituksen toiminnan edellytyksenä on 2 % maksimikaltevuus ja altakastelun 1 % maksimikaltevuus pelloilla. Maaperän tulee olla hyvin vettä läpäisevää, joten maalajeista hieno hieta ja sitä karkeammat maalajit sopivat hyvin. Myös urpasavimaat, joita esiintyy Sirppujoen alueella, sopivat hyvin. (Salaojayhdistys 2009.)

Seuraavassa kuvassa (kuva 17) on esitetty salaajituksen, säätösalaajituksen ja salaajakastelun toimintaperiaate.



Kuva 17. Salaojitus (perinteinen), säätsalaojitus ja salaojakastelu (altakastelu, säätekastelu) (Mukailtu salaojayhdistyksen kuvaa) (Maaseutuverkoston esite 2009).

Säätsalaojituksen toimivuus HS-mailla ei ole täysin varmaa eri tekijöiden takia. Syvät maahalkeamat, jotka ylettyvät salaojitussyvyyden alapuolelle voivat aiheuttaa hapen pääsyn sulfidikerrokseen tai kasvien suuri haihdunta voi aiheuttaa maaperän kuivumista. Jotta säätsalaojitus toimisi mahdollisimman hyvin, se vaatii maanviljelijältä jatkuvaa seuranta ja mahdollisia toimenpiteitä. Pohjavedenpinnan korkeuden tarkkailu on erityisen tärkeää, samalla tehden mahdollisia tarpeellisia vedenpinnan korkeuden säästöjä säätkäivon avulla salaojalinjastoihin, jottei pohjavedenpinta laskisi liian alas. (MMM 2009.)

Vaikeinta on se, että pitäisi tietää millä korkeudella haitalliset sulfidikerrokset ovat. Jos ne ovat lähellä maanpintaa, ne voivat päästä hapettumaan kuivina

ajanjaksoina ilman, että säätösalaojituksella pystyttäisiin sitä estämään, koska sulfidikerrokset voivat sijaita jossakin kohtaa säätösalaojituksen yläpuolella ja jossain alapuolella. Maakairauksilla pystytään säätösalaojituksen suunnitteluvaiheessa kartoittamaan mahdollisia sulfidikerroksia, mutta salaojalinjasto ei voida viedä liian lähelle maanpintaa, eikä linjasto voi mutkitella maan alla sulfidikerroksien mukaan.

Catermass-hankkeessa Söderfjärdenin koekentällä on tutkittu altakastelun, säätösalaojituksen sekä perinteisen salaojituksen vaikutusta HS-mailta purkautuvan salaojaveden happamuuteen ja metallikuormitukseen. Testituloksien mukaan altakastelu on toiminut parhaiten, estäen sulfidikerroksien hapettumista (Catermass).

### 5.1.2 Pohjapadot

Pohjapadoilla hidastetaan veden virtaamaa, jolloin valuntavedet eivät kulkeudu alapuolisiin vesistöihin niin nopeasti, ja samalla saadaan pidettyä pohjaveden pintaa korkeammalla pohjapadon vaikutusalueella vähentäen sulfidikerroksien hapettumista. Pohjapadot vähentävät myös ravinteiden sekä HS-mailta huuhtoutuvien metallien kulkeutumisen alapuolisiin vesistöihin.

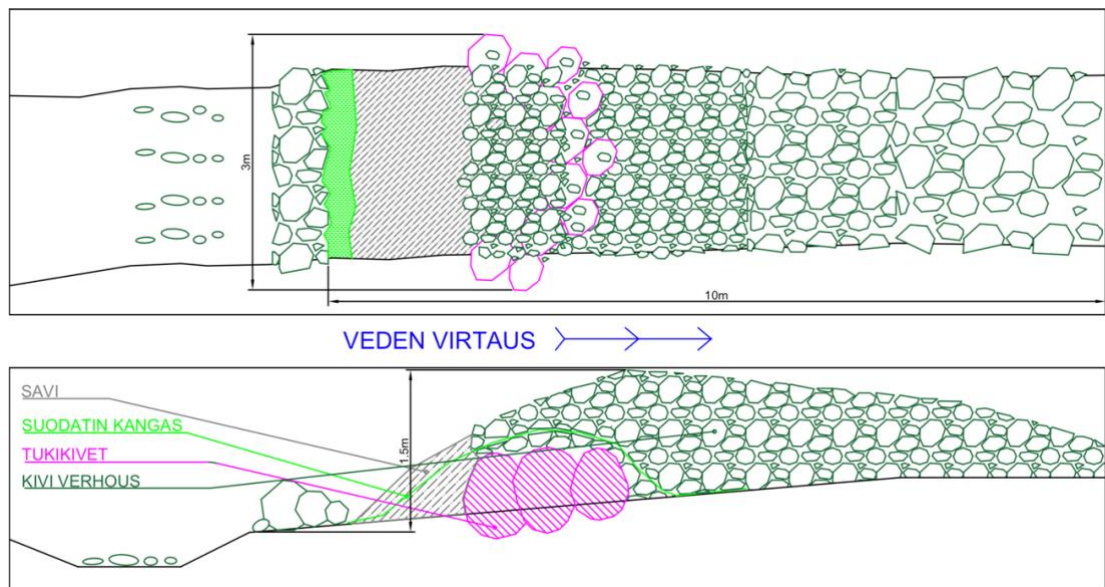
Pohjapato voidaan myös yhdistää vanhaan perinteiseen salaojalinjastoon siten, että pato sijoitetaan salaojalinjaston purkuputken alapuolelle. Tällöin salaojalinjasto toimii, salaojakastelun tavoin, pitäen pohjavedenpintaa korkealla estäen maaperän liiallisen kuivumisen. Pohjapadon suunnittelussa on otettava huomioon padon vaikutusalueen maankäytön kuivattamistarpeet.

Pohjapatoja voidaan rakentaa eri menetelmillä luontoa mukaillen tai käyttää rakennusmateriaaleina esimerkiksi betonia ja suodatinkankaita.

Luonnonmukaisessa padossa käytetään luonnosta peräisin olevia ratkaisuja: kiviä, puita tai pato voidaan tehdä ojaan perkuukatkoksena, lopputuloksena

pyritään siihen, että pato sijoittuu ympäristöön mahdollisimman huomaamattomasti. Modernimmalla tavalla, esimerkiksi betonista tehty pato, ei asetu luontoon yhtä luonnollisesti ja siitä voi liueta veteen luontoon kuulumattomia yhdisteitä. Niin luonnollisella kuin modernimmalla menetelmällä tehty pato toimivat hyvin, kunhan suunnittelu ja toteutus on suoritettu laadukkaasti.

Pohjapatojen eteen on tehtävä lietetasku. Pato voidaan verhoilla kivillä ja mahdollisesti suodatinkankaalla eroosion ehkäisemiksi (kuva 18). On myös mietittävä ylivuotoaukot tai ohijuoksutus ylimääräisille vesille. Padosta on tehtävä niin tukeva, että se ei sorru virtaavan veden vaikutuksesta. Hapan vesi syövyttää betoni- ja teräsrakenteita, joten tämä on otettava huomioon patoja suunnitellessa.



Kuva 18. Esimerkki pohjapadosta. (Mukailtu Suomen ympäristökeskuksen kuvaa.) (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2015)

### 5.1.3 Viljelykasvin muutos ja kuivatussyvyyden vaihtaminen

Viljeltävän peltolohkon muuttaminen esimerkiksi niityksi on tehokas keino estää haittavaikutuksien muodostumista, koska silloin on mahdollista pitää pohjavedenpinta korkeammalla. Torjuntakeinon käyttö olisi erittäin hyödyllistä ongelmallisilla alueilla, joilla erittäin todennäköisesti muodostuu todellista

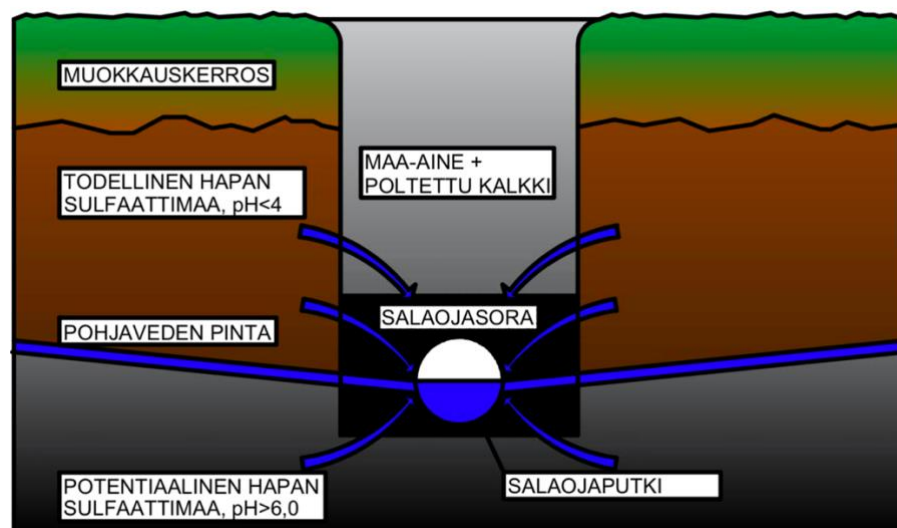
hapanta sulfaattimaata liiallisen kuivumisen takia. Maanviljelijän kannalta toimenpide ei ole välttämättä houkutteleva vaihtoehto, koska siitä voi seurata taloudellisia menetyksiä, varsinkin jos peltolohko on hyvin viljava.

Jos maa-alueita halutaan kuivattaa viljeltäviksi pelloiksi, niin siitä pitäisi pidättäytyä varsinkin todennäköisillä happamien sulfaattimaiden alueilla, koska kuivattamisen yhteydessä voi muodostua HS-maiden haittavaikutuksia.

Viljeltävän kasvin muutos pienempään kuivatussyvyyttä vaativaan lajiin on myös vaihtoehto, mutta se voi olla myös maanviljelijälle huono vaihtoehto taloudellista näkökulmasta. Vaihtoehto on kumminkin otettava huomioon ongelmallisilla alueilla.

#### 5.1.4 Kalkkisuodinojat

Salaojalinjastoa rakentaessa voidaan sekoittaa 3-10 % poltettua kalkkia putkien ympärille, jolloin vesi neutraloituu ennen salaojaan pääsyä. Kalkkiseos parantaa myös vedenläpäisykykyä salaojaputkien ympärillä, koska maa-aines putkien ympärillä on kuohkeampaa. (MMM 2009.)



Kuva 19. Kalkkisuodinojan periaatekuva.



Viime vuosien aikana menetelmää on toteutettu HS-mailla. Menetelmästä saatujen tutkimustuloksien mukaan menetelmän teho heikentyy muutamassa vuodessa. Vaikutukset ovat 0,5 pH-arvon luokkaa ensimmäisten vuosien aikana, mutta sähkönjohtavuusarvoihin menetelmä ei vaikuta. Mitä happamampaa vettä kalkkikerroksen läpi menee, sitä nopeammin kalkin neutralointi teho heikentyy. (MMM 2009.)

Kalkkisuodinoituksen (kuva 19) ja säätösalaoituksen yhdistelmä voi pidentää tehoa kauemmin kuin kalkkisuodinoja yksinään, säätösalaoitus estää sulfidikerroksien hapettumista, jolloin hapanta neutraloitavaa vettä on vähemmän. Menetelmää pitää vielä tutkia enemmän, koska menetelmästä on myös huonompia tuloksia, mutta tulokset voivat johtua eri tekijöistä, kuten säätösalaoitusjärjestelmän huolimattomasta käytöstä. (MMM 2009.)

Seuraavassa taulukossa on kerätty maatalouden eri happamuuden torjuntamenetelmä. Tehokkuus kuvaa menetelmän hapettumisen ennaltaehkäisevää vaikutusta tai valumavesien neutraloinnin vaikutusta. Kustannukset kuvaavat menetelmän materiaali- ja työkustannuksia, joihin voi hakea maataloustukea.

Taulukko 3. Maatalouden eri vaihtoehdot happamuuden torjuntaan (Mukailtu Saarela ym. 2014).

Toimenpide	Tehokkuus	Kustannus	Huomiot
Säätösalaajitus	Melko tehokas	Melko kallis	Kaltevuus <u>max 2%</u> , maalaji
Säätökastelu	Melko tehokas	Melko kallis	Kaltevuus <u>max 1%</u> , maalaji
Pohjapadot	Tehokas	Melko kallis	Huomioitava maa- ja metsätalous sekä turvetuotanto
Viljelykasvin muutos ja kuivatussyvyyden vähentäminen	Erittäin tehokas	Edullinen	Mahdollisesti kallis vaihtoehto maanviljelijälle, ei tukien piirissä
Kalkkisuodinojat	Melko tehokas	Kallis	Parempi tehokkuus säätösalaajituksen yhteydessä. Lyhytaikainen vaikutus.

## 5.2 Metsätalous

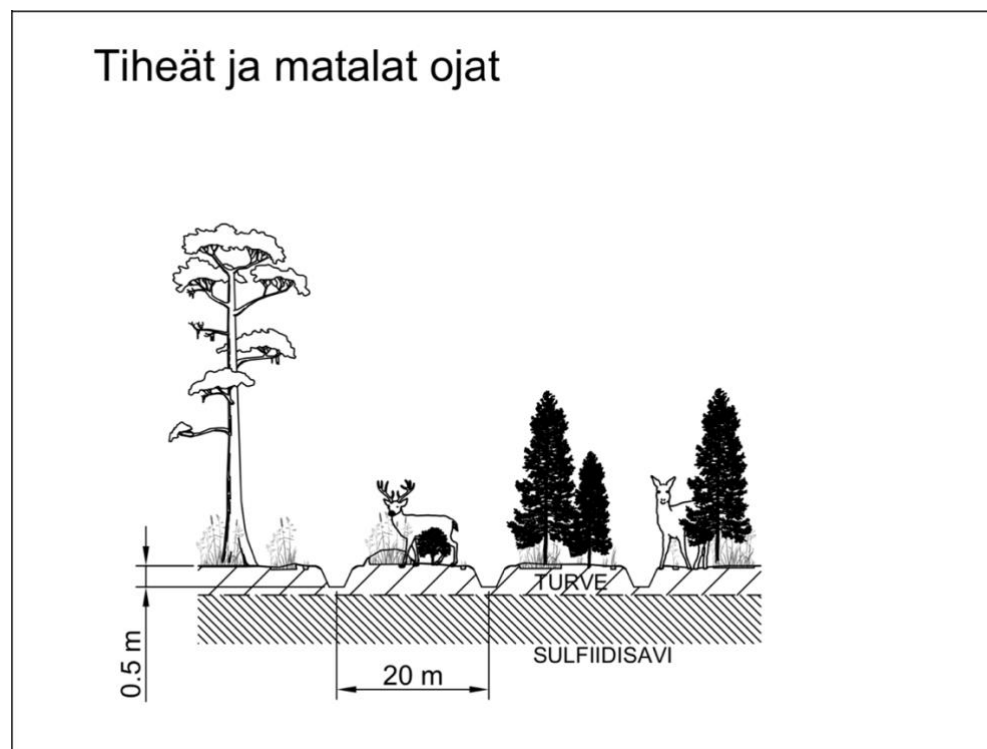
HS-maiden vaikutukset tulee ottaa huomioon myös metsätaloustöiden yhteydessä. Koska metsiä joudutaan kuivattamaan metsänhoidollisista syistä ojien avulla, niin ojitusten yhteydessä on otettava huomioon alueella mahdollisesti esiintyvät HS-maat. Uusien ojituksien sekä perkauksien yhteydessä liian syväälle maakerrokseen menemistä tulee välttää. Vaikeutena on myös se, että HS-maiden esiintyvyydestä ei ole täsmällistä tietoa.

Metsänhoitoalueen liian tehokas kuivattaminen on myös haitallista, joten HS-mailla pitää tehdä tarkat optimoidut kuivatus suunnitelmat. Suunnitelmassa tulisi huomioida HS-maiden esiintyminen alueella, sekä kuivatustarve ja- syvyys.

### 5.2.1 Ojitusmenetelmät

Kun metsiä ojitetaan HS-mailla, tulisi huomioida ojien syvyydet, leveydet sekä ojaston tiheys (kuva 20). Liian syvälle kaivettu oja voi paljastaa uusia sulfidisavikerrostumia, tällöin vaarana on haittojen leviäminen alapuolisiin vesistöihin. Liian syvien kunnostusojituksen tekeminen HS-mailla voi myös lisätä haittavaikutuksia.

Ojitusmenetelmänä pitäisi käyttää matalia, leveämpiä oja ja niitä täytyy kaivaa alueelle tiheämmin. Kaivuunmassat tulisi sijoittaa kauemmaksi ojasta penkereen taakse sekä peittää massat esimerkiksi turpeella, jolloin mahdollisten kaivettujen sulfidisedimenttien hapettuminen hidastuu.

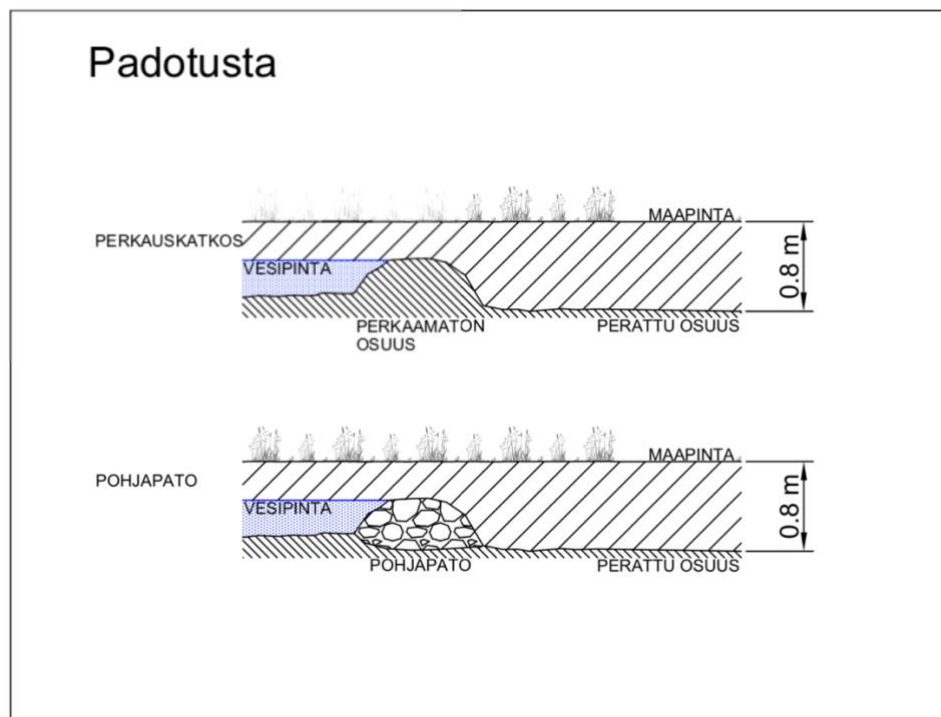


Kuva 20. Esimerkkikuva ojituksista HS-mailla. (Mukailtu Suomen Metsäkekuksen kuvaa.) (Happamat sulfaattimaat ja metsätalous)

### 5.2.2 Perkuukatkokset ja pohjapadot

Perkuukatkoksilla ja pohjapadoilla (kuva 21) voidaan hidastaa veden kulkeutumista alapuolisiin vesistöihin. Tällöin estetään maaperän liiallista kuivumista sekä samalla estetään metallien ja ravinteiden kulkeutumista eteenpäin.

Menetelmiä suunniteltaessa on otettava huomioon metsäpalstan kuivatustarve sekä selvittää tai arvioida sulfidikerroksien sijainti, jotta päästäisiin optimaaliseen ratkaisuun.



Kuva 21. Eri padotusvaihtoehtoja. (Mukailtu Suomen Metsäkeskuksen kuvaa.) (Happamat sulfaattimaat ja metsätalous)

### 5.3 Turvetuotanto

Turvetuotanto alueella tarvitaan myös maaperän kuivattamista. Maaperää kuivatetaan ojien avulla, jolloin on huomioitava ojien kaivuusyvyudet. Ojitusta tehdessä olisi vältettävä kaivamista turpeen alapuoliseen pohjamaahan ja olisi

hyvä jättää suojaava turvekerros pohjamaan yläpuolelle. (Auri 2015.) Ojien penkat ovat myös riskikohtia, joissa sulfidikerroksien hapettumista voi tapahtua. Happamuushaittojen torjuntaan turvetuotantoalueella voidaan käyttää myös pohjapatoja, kaivuumassojen kalkitusta ja eri vesiensuojelurakenteita. Vesiensuojelurakenteista soveltuvia ovat lietesyvennykset ja laskeutusaltaat, joilla hidastetaan veden kulkeutumista alapuoliseen vesistöön. (Auri 2015.) Lietetaskujen ja laskeutusaltaiden tehokkuus voi olla parempi pohjapatojen yhteydessä.

Lietetaskujen ja laskeutusaltaiden käyttämistä torjuntamenetelmänä tulee kumminkin harkita tarkkaan, koska niiden kaivamisesta voi aiheutua enemmän haittaa, kuin hyötyä. Syynä siihen on se, että kaivamisen yhteydessä voidaan kaivaa liian syvältä, jolloin paljastuu lisää sulfidikerrostumia, joista muodostuu lisää haittoja. (Auri 2015.)

Jälkiehkäisy menetelmänä voidaan neutraloida turvetuotantoalueelta tulevia kuivatusvesiä esimerkiksi kalkkirouhepadoilla. Pato sijoitetaan turvetuotantoalueen alapuoliseen kokoojaojaan, jolloin hapanta valumisvettä neutraloidaan patoon asennettavan suodattimen avulla. Suodattimessa voidaan käyttää kalkin eri vaihtoehtoja, kuten kalkkituhkaa tai kalkkirouhetta.

Kalkkirouhepatojen huonona puolena on vaikutuksen lyhytikäisyys. Kuivatusvesien mukana tulevat metallit voivat tukkia suodattimen. Myös kalkin muoto ja raekoko vaikuttavat neutraloimisen vaikutuksen pituuteen sekä tehoon. Kalkkirouhepadoista tarvittaisiin lisää tutkimustietoa. (MMM 2009.)

#### 5.4 Tehdyt toimenpiteet Sirppujoella

Sirppujoen alueella on kokeiltu erilaisia menetelmiä happamuushaittojen vähentämiseen ja ennalta ehkäisyyn. Menetelmien tarkoista tiedoista sekä vaikutuksista happamuushaittojen torjunnasta ei ole täysin tarkkaa tietoa.

Laitilassa järjestetyssä ”Happamat sulfaattimaat maa- ja metsätaloudessa”-seminaarissa (12.4.2019) käydyssä asiantuntijoiden keskustelussa tuli esille myös, että ”paras torjuntamenetelmä on ennalta ehkäistä haittojen muodostumista, pitämällä pohjavedenpinta mahdollisimman ylhäällä”. Nämä kommentit tulivat asiantuntijoiden puolelta, jotka ovat olleet mukana happamuuden torjunta- projekteissa Sirppujoella. (ProAgria 2019, videotallenne)

#### 5.4.1 Säättösalaojitukset

Säättösalaojituksia on tehty valuma-alueella jonkin verran, mutta niiden tarkkaa määrää ei ole tällä hetkellä tiedossa. Tiedossa on kumminkin, että menetelmä on yleistynyt viimeisimpien vuosien aikana. Myös menetelmän vaikutuksesta HS-maiden haittojen ennaltaehkäisystä Sirppujoella ei ole tarkkaa tietoa, mutta on varmaa, että menetelmällä voidaan ehkäistä haittoja, jos sitä käytetään oikein.

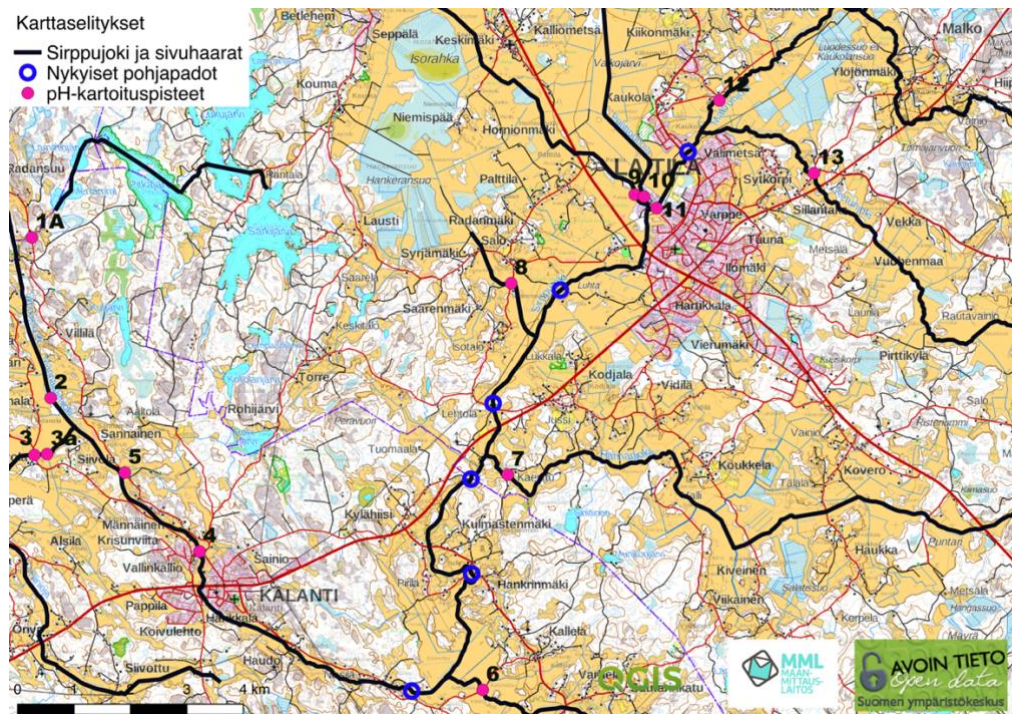


Kuva 22. Säättösalaojaputken kaivanto Sirppujoella. (Mononen 2019)

### 5.4.2 Pohjapadotukset

Sirppujoen pää- ja sivuhaaroihin on rakennettu 17 pohjapatoja vuonna 1994. Patojen vaikutusalueilla otettiin näytteitä puroista sekä vertailupuroista vuosien 1994-2001 välillä. Näytteiden perusteella pH-arvot olivat 0,3–0,5 pH-yksikköä korkeampia pohjapatojen rakentamisen jälkeen. Koska näytteitä otettiin harvakseltaan, tuloksista ei voi tehdä kovin luotettavia päätelmiä. (MMM 2009)

Seuraavassa kartassa (kuva 23) on esitetty Sirppujoen pääuomassa olevat pohjapadot.



Kuva 23. Pohjapadot (6 kpl) Sirppujoen pääuomassa Laitilan ja Kalannin välillä (ympyröity sinisellä) (Tiedot sijainneista: sähköpostiviesti H. Mustonen 11.3.2019).



### 5.4.3 Vesistön suora kalkitseminen

Sirppujoella suoritettiin joen perkaus vuosien 1990 ja 1994 välillä. Perkuutöiden yhteyteen rakennettiin Halluun kalkitusasema vuonna 1989 happamuushaittojen torjumiseksi.

Tietojen perusteella kalkitusaseman kustannuksista ja vaikutuksista vesistöön, voidaan havaita menetelmän korkea hinta. pH-arvon 0,2 yksikön nostaminen (4,6→ 4,8) kustansi keskimääräisellä ylivirtaamalla 500-850 €/vuorokausi. Koska näin pieni pH:n muutos ei riitä vielä takaamaan kalojen ja muiden vesieliöstön elinmahdollisuuksia, niin pH-arvon nostaminen 5,2:een olisi kustantanut 2500-3400 €/vrk. On arvioitu, että hapanta vettä virtaa Sirppujoessa noin kuukauden keväällä sekä syksyllä, niin vuotuiset kustannukset olisivat olleet noin 170 000€. (MMM 2009.)

Maa- ja metsätalousministeriön mukaan, suoraa vesistökalkitusta voidaan suositella käyttämään poikkeustilanteisiin, jolloin tarvitaan nopeasti pH-arvon nostaminen. Myös pienissä puroissa missä vettä virtaa vähän, voidaan toimenpidettä harkita. Isoissa vesistöissä, missä vettä virtaa paljon, vesistökalkitus ei ole hyvä ratkaisu, koska kalkkia kuluu paljon, joka vaikuttaa hintaa sekä se voi lisätä liukenemattoman kalkin sekä metallisakan muodostumista haittoineen. (MMM 2009.)

### 5.4.4 Kalkkisuodinojat

Sirppujoella rakennettiin kalkkisuodinojakoekenttä vuonna 1994. Kentästä tehtiin seurantaa vuosina 1994–1996, jolloin selvisi koekentän happamuuden olevan keskimäärin 0,53 pH-yksikköä korkeampi kuin vertailukohde. Suurin osa koekentän pH-arvojen noususta tapahtui kahden ensimmäisen vuoden aikana, kolmantena vuonna pH-arvot eivät eronneet paljoa toisistaan. (MMM 2009.)

Tästäkin voi päätellä sen, että kalkkisuodinojan vaikutus ei ole pitkäaikainen, varsinkaan alueilla, joilla virtaa hyvin hapanta vettä.

#### 5.4.5 Peltöjen muokkauskerroksien kalkitseminen

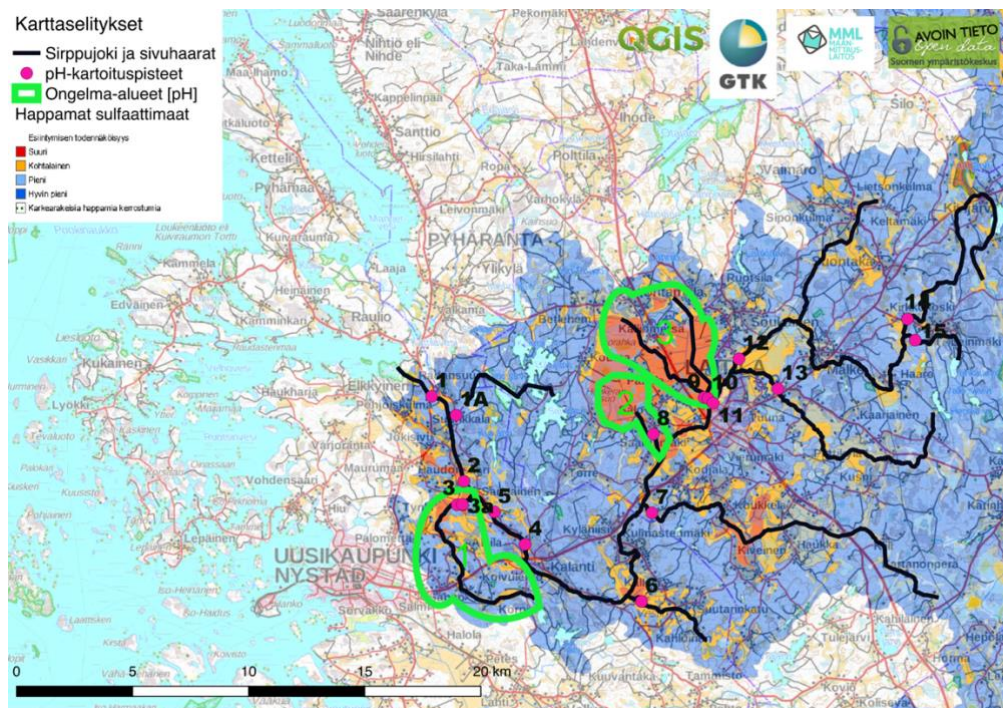
Sirppujoella on jouduttu kalkitsemaan peltöjen muokkauskerroksia, jotta maaperän pH-arvo on saatu viljelylle sopivaksi. Oikealla kalkituksella HS-maiden peltolohkot ovat erittäin viljavia, kalkitsemisella ei ole mainittavaa vaikutusta vesistön pH-tilaan.

## 6 TOIMENPIDESUOSITUKSET

Riskialueet (kuva 24) on kartoitettu vertailemalla omia vedenlaatumittauksien tuloksia GTK:n kartta-aineistoon. Vertailun perusteella olen muodostanut kolme eri aluetta, joihin tarvitaan kohdennettuja toimenpiteitä.

Alueet (ympyröity vihreällä) ovat:

1. Niinioja
2. Hankeranoja
3. Iso-oja ja Pontoonoja



Kuva 24. Riskialueet (ongelma-alueet).

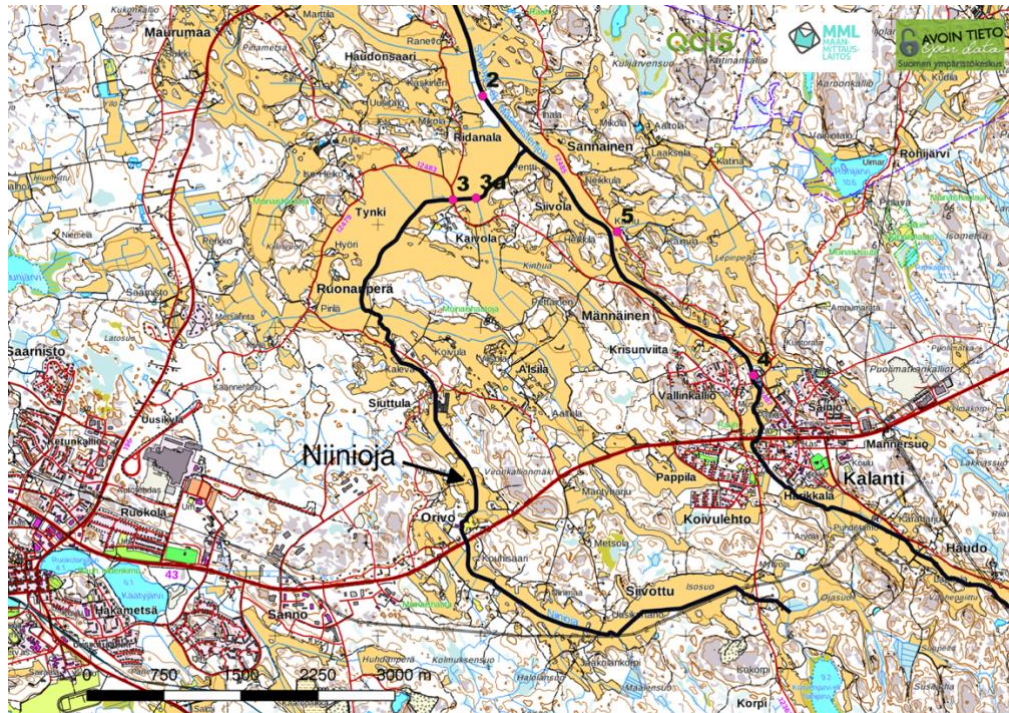
Suosituksat kohdentuvat korkean riskin alueisiin eli punaisille ja keltaisille alueille. Matalamman riskin alueilla (sininen) tulee ottaa huomioon yleissuosituksat, koska näillä alueilla happamuushaittoja syntyy todennäköisesti muutenkin vähemmän. Tärkeintä on kohdistaa toimenpiteet korkeamman riskin alueille, koska se on kustannustehokkaampaa ja vaikutukset ovat silloin todennäköisesti paremmat.

Toimenpidesuosituksissa on huomioitu alueen maankäyttömuodot, maaperä sekä kaltevuudet. Tarkempi kuvaus eri torjuntamenetelmistä ja niiden sopivuudesta on esitetty luvussa 5.

Peltolohkojen maaperätiedot sekä kaltevuudet on selvitetty avoimen paikkatietoaineiston kautta. Pohjapatojen sekä kalkkiaseman/kalkkirouhepadon sijaintia ei ole käyty tarkastelemassa maastossa, vaan näitä suunniteltaessa on tehtävä tarkemmat suunnitelmat maastotarkasteluineen. Suunnitelmia tehtäessä on otettava huomioon ojien veden virtaamat, mahdolliset aikaisemmat pohjapadot sekä patoamispaikan soveltuvuus yleensä.

### 6.1 Niinioja (1)

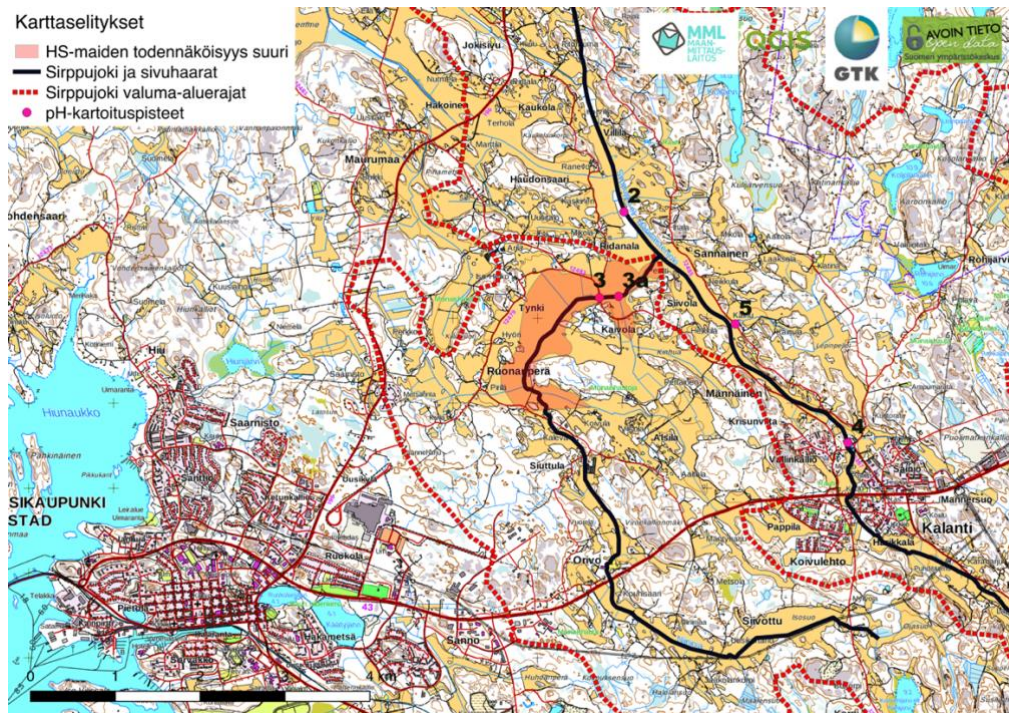
Niinioja sijaitsee Sirppujoen alajuoksulla (kuva 25). Niinioja saa alkunsa kallioiselta metsäkaistaleelta. Tämän jälkeen Niinioja virtaa koko matkaltaan peltoaukeiden lävitse kohti Sirppujokea.



Kuva 25. Niinioja kartalla.

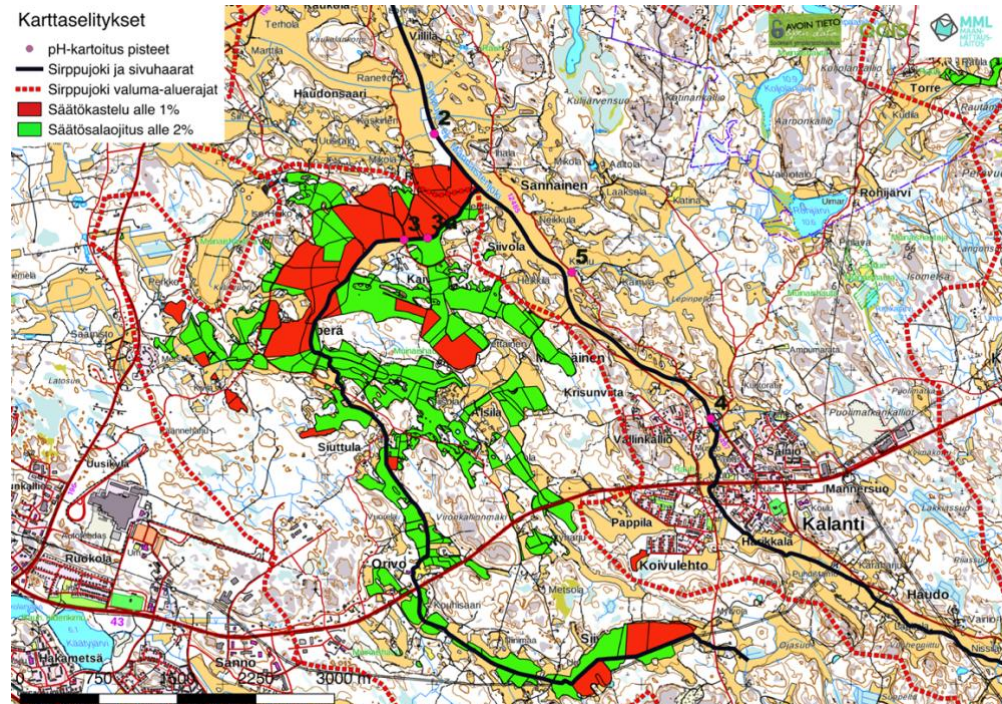
Niiniojan valuma-alueella korkea HS-maiden todennäköisyys esiintyy peltoaukeilla, ojan alajuoksulla noin 2,5-3 kilometriä Niiniojan ja Sirppujoen risteyksestä ylöspäin (kuva 26). HS-maiden keskisuuri todennäköisyys on siitä ylöspäin yläjuoksulle asti. Toimenpiteet tulee ensisijaisesti kohdistaa Niiniojan alajuoksulle peltoaukeille ja tämän jälkeen keski- ja yläjuoksun peltolohkoille.





Kuva 26. Toimenpiteet tulee kohdistaa ensisijaisesti punaiselle alueelle, Niinijoen alajuoksulle. (Punainen alue piirretty GTK:n ainestoa hyödyntäen.)

Toimenpiteinä voivat olla säätösalaajitus/säätökastelu (kuva 27) ja pohjapato Niiniojaan, noin 10-50 metriä Niinijoen sekä pääuoman risteyksestä ylävirtaan. Pohjapadon avulla vettä saataisiin padottua Niiniojaan sekä samalla hyödynnettyä vanhat salaajitukset pelloilla altakasteluna. Patoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon mahdollinen vanha pato ojassa.



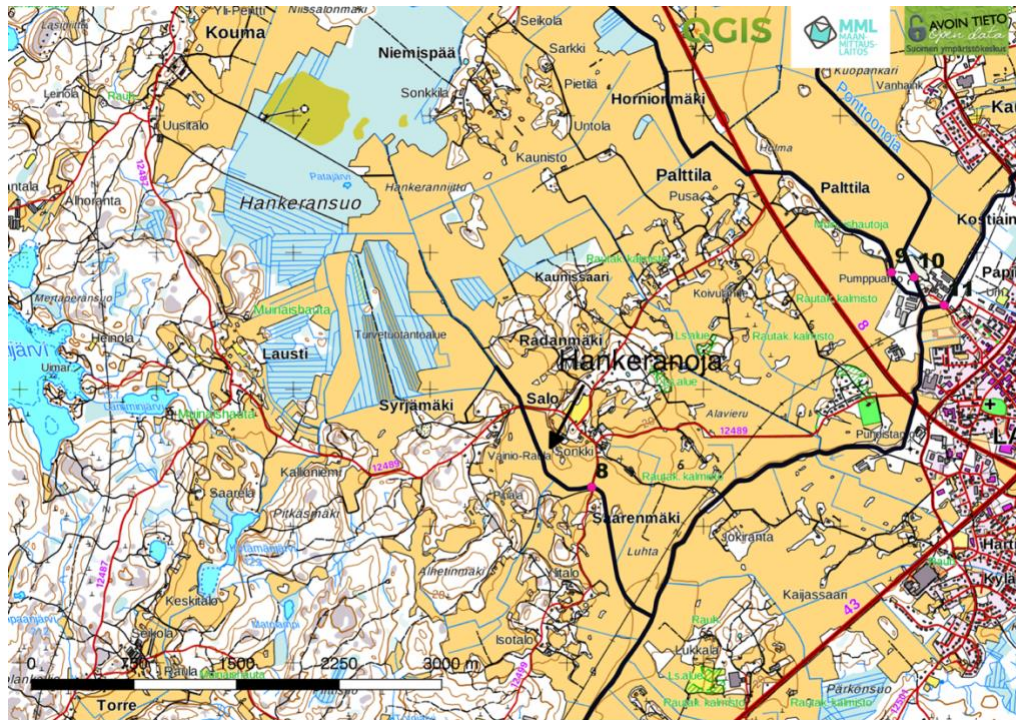
Kuva 27. Sopivat peltolohkot (maaperä ja kaltevuus) säätösalaajitus (vihreä) ja säätökastelu (punainen).

## 6.2 Hankeranoja (2)

Hankeranoja sijaitsee noin 2,5 kilometrin päästä Laitilan keskustasta alajuoksulle päin, Sirppujoen keskijuoksulla (kuva 28). Hankeranoja saa alkunsa suoalueilta, joissa esiintyy turvetuotantoa. Hankeranoja sekä suoalueet

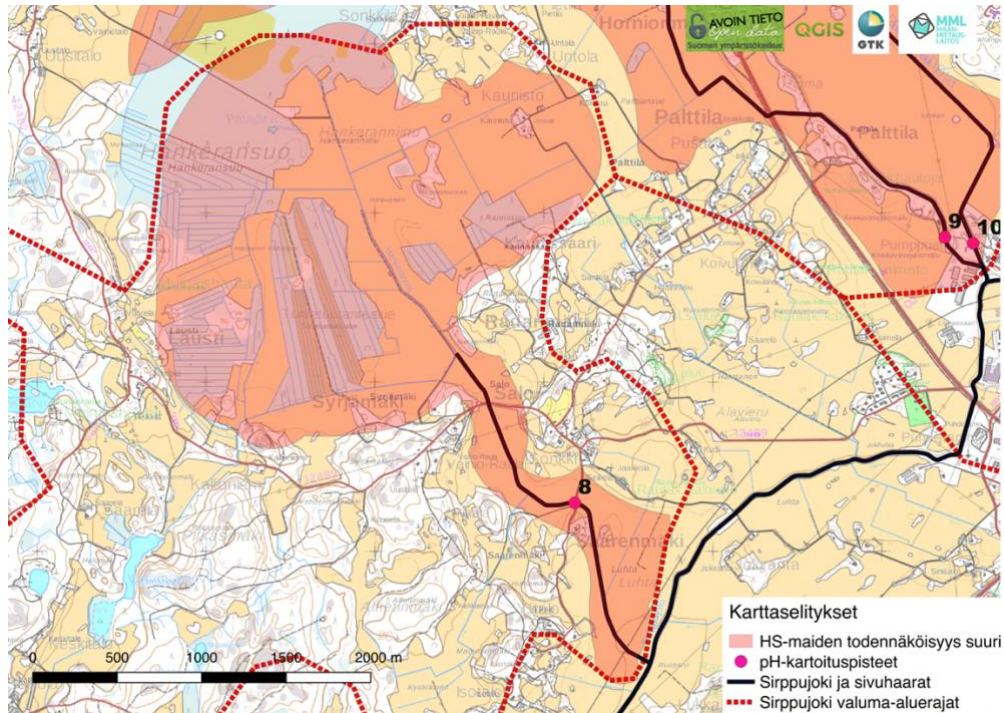


sijaitsevat suuren HS-maiden todennäköisyyden alueella, joten toimenpiteet on kohdistettava sinne (kuva 29).



Kuva 28. Hankeranoja kartalla

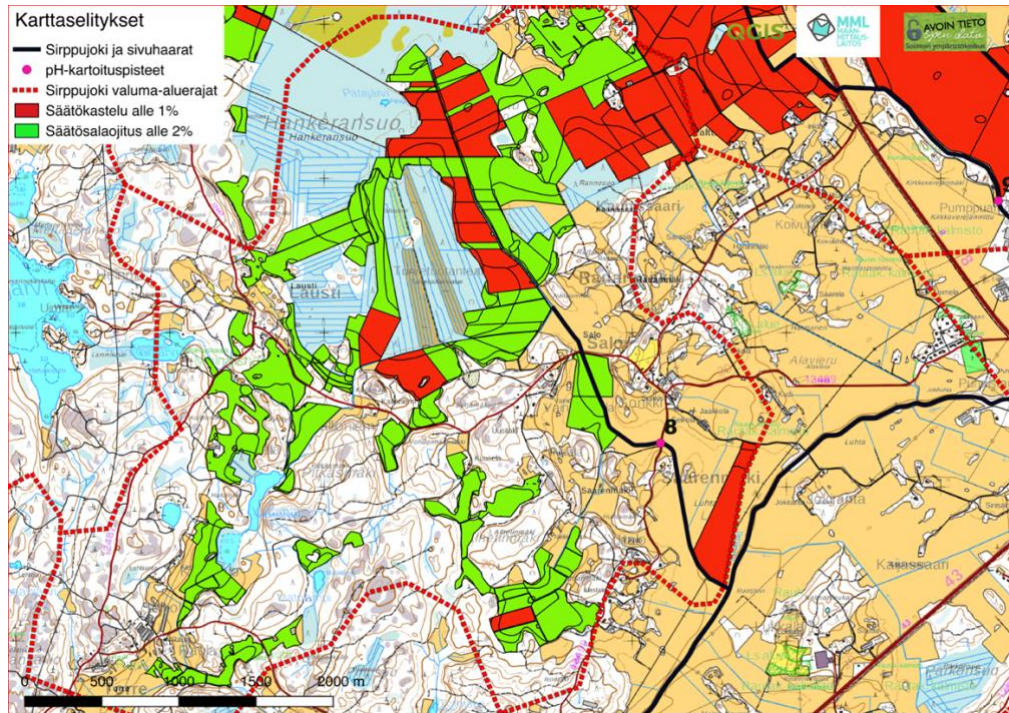
Turvetuotannon takia on suuri riski, että suoalueilla syntyy happamuushaittoja kuivatuksen yhteydessä. Haittojen torjumiseen vaihtoehtoina ovat turvetuotannon lopettaminen ja alueen muuttaminen vesistöksi, joka on epätodennäköistä tai yrittää neutraloida hapanta vettä turvetuotantoalueelta tulevasta kokooja ojassa suoran kalkituksen tai kalkkirouhepadon avulla. Koska virtaama ojassa on pienempi kuin pääuomassa, niin neutralointi tehokkuus voi olla parempi, kuin esimerkiksi Halluun kalkitusaseman vuonna 1989. Vesimäärien takia kustannukset eivät myöskään nousisi niin korkeiksi kuin tuolloin.



Kuva 29. Toimenpiteet tulisi kohdistaa punaiselle alueelle. (Punainen alue piirretty GTK:n ainestoa hyödyntäen.)

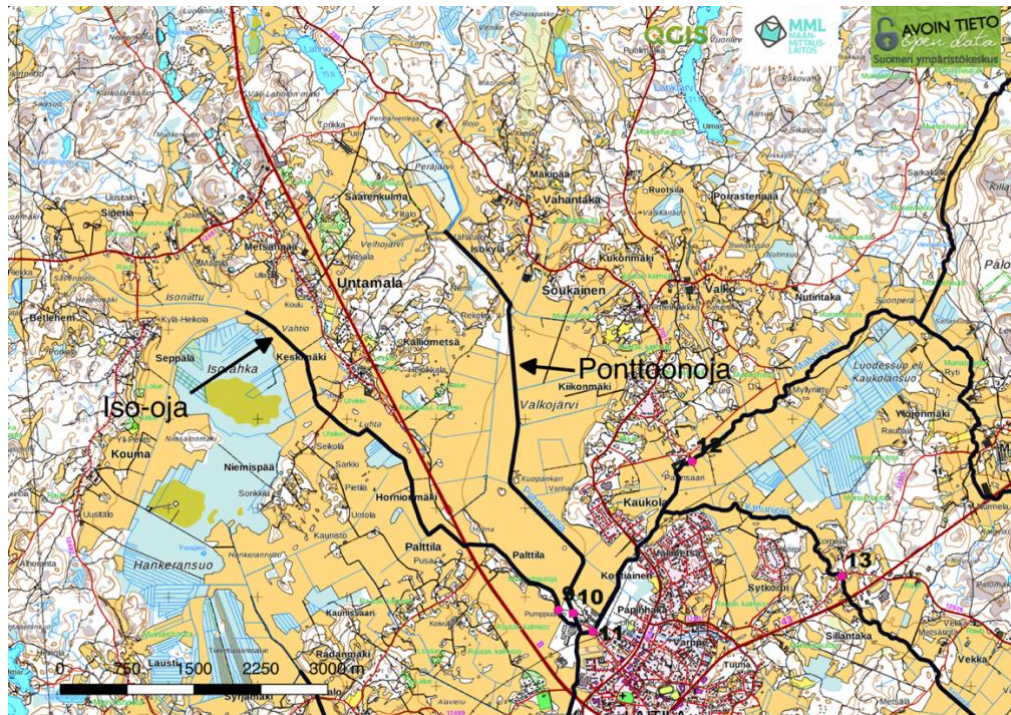
Hankeranojan peltolohkoille toimenpiteenä säätösalaojitus/säätökastelu, jonne ne sopivat maaperän sekä kaltevuuden osalta (kuva 30). Pohjapadon paikka on tarkasteltava tarkemmin maastokäynnin ja mahdollisen vanhan padon sijaintitiedon avulla. Yksi mahdollinen paikka padolla voisi olla Hankeranojassa 10-50 metriä ylävirtaan pääuoman sekä Hankeranojan haarasta. Tällöin pystyttäisiin pumppaamaan vettä pääuomasta padon yläpuolelle, jos on vaarana, että ojan vedenpinta laskee liian alas. Vaarana voi olla myös vedensaanti pääuomasta kuivana ajanjaksolla, kuten kesä 2018 osoitti, vesi voi loppua myös pääuomasta.





Kuva 30. Sopivat peltolohkot (maaperä ja kaltevuus) säättösalaajitus (vihreä) ja säättökastelu (punainen).

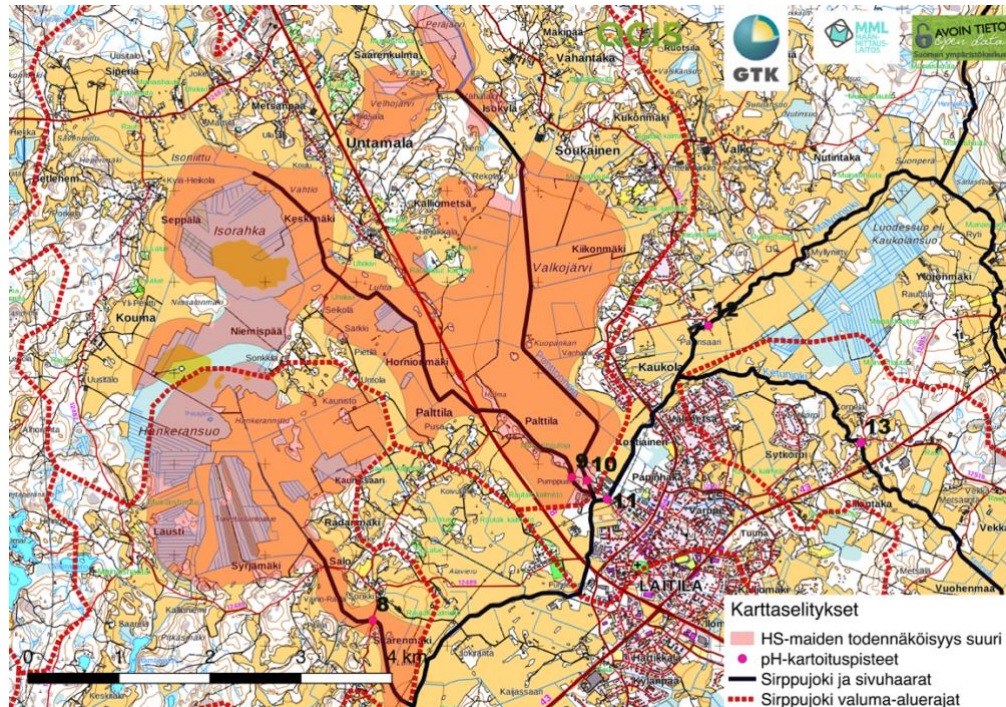
### 6.3 Iso-oja ja Pontoonoja (3)



Kuva 31. Iso-oja ja Pontoonoja kartalla.

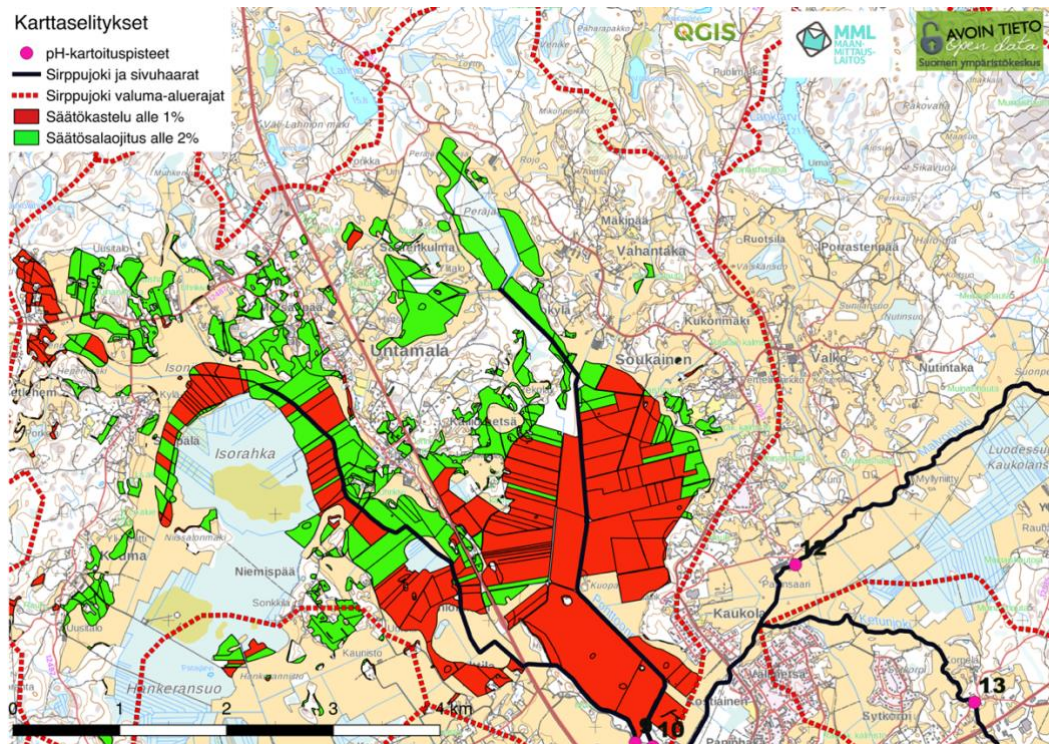
Iso-oja ja Pontoonoja sijaitsevat Sirppujoen keskijuoksulla, Laitilan keskustan kohdalla (kuva 31). Molemmat ojat sijaitsevat vanhan kuivatun Valkojärven alueella. Molempia ojaia ympäröivät peltoaukeat, jotka ovat kuivatettu viljely käyttöön useassa eri vaiheessa. Kuten todettu, vanhat kuivatetut järvet ovat yleensä ongelmallisia HS-maa alueita. GTK:n kartta kuvaa molempien ojien alueen punaisella (kuva 32), joten toimenpiteet täytyy kohdistaa niihin.





Kuva 32. Vanha Valkojärven allas on suuren todennäköisyyden HS-maa aluetta. (Punainen alue piirretty GTK:n ainestoa hyödyntäen.)

Toimenpidesuosituksina ovat säätösalaoitus/säätökastelu (kuva 33) molempien oijen ympäröimille peltolohkoille, johon ne teknisesti sopivat, pohjapato Iso-ojan alajuoksulle (otettava huomioon mahdollinen aikaisempi pato suunnitteluvaiheessa) sekä Pontoonojan pumppaamon hyödyntäminen vedenpinnan korkeuden säätelyssä. Jos pumppaamo ei pystytä hyödyntämään tällöin myös vaihtoehtona voi olla pohjapato Pontoonojan alajuoksulla.



Kuva 33. Sopivat peltolohkot (maaperä ja kaltevuus) säättösalaajitus (vihreä) ja säättökastelu (punainen).

#### 6.4 Muita yleissuosituksia

Edellä mainittujen toimenpiteiden lisäksi, tulisi ottaa huomioon, että työskenneltäisiin mahdollisimman paljon jo hapettuneissa kerroksissa. Jos kumminkin joudutaan kaivamaan hapettuneen kerroksen alapuolelle, niin olisi syytä välttää kaivamasta liian syvälle. Myös kaivuumasojen loppusijoitus ja/tai neutralointi tulisi ottaa huomioon.

Kaivuumassat voidaan neutraloida esimerkiksi kalkin avulla paikan päällä. Vaihtoehtona on myös massojen kuljettaminen alueelta pois, haitattomampaan loppusijoituspaikkaan. Kaivuumassat voidaan myös peittää maa-aineksella, jolloin hapettuminen hidastuu.

Isojen ojituksien yhteydessä tulisi tehdä ojitussuunnitelma siten, että ojitukset tehtäisiin alueellisesti eri ajankohtana ja jätettäisiin kunnon perkauskatkokset

kokoojaojien väliin. Tällöin vältetään mahdolliselta happamuuspiikiltä, jonka haittavaikutukset voivat olla mittavia, kun se kohdistuu voimakkaasti yhdellä kerralla.

## 7 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa happamuushaittoja muodostavat alueet ja tehdä riskialueille kohdennetut toimenpidesuositukset happamuushaittojen minimointiin. Kartoitustyössä hyödynnettiin omia vedenlaatumittaustuloksia vertaamalla niitä GTK:n kartta-ainestoon (Happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys 1:250 000). Vertailun pohjalta esiin nousi kolme aluetta, joilla happamuushaittoja todennäköisesti muodostuu. Näille alueille tein kohdistetut toimenpidesuositukset kirjallisuuslähteitä hyödyntäen.

Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat ongelmat ympäristölle ovat vakavasti otettava asia. Asiasta löytyy paljon materiaalia, joiden pohjalta on hyvä käydä julkista keskustelua haittavaikutuksista sekä niiden torjuntamenetelmistä. Omien kirjallisuuslähteiden esille tuomat asiat täsmäsivät hyvin käytäntöön, jolla opinnäytetyötä tein.

GTK:n tekemät todennäköisyys kartoitukset Sirppujoen valuma-alueella vastasivat hyvin omia vedenlaatumittaustuloksia. Alueellisia vaihteluita tuloksissa löytyy, mutta oli mielestäni helppoa nostaa esiin ongelmallisimmat alueet vertailun perusteella. Myös silmämääräinen maastotarkastelu osoitti sen, että kyseisillä alueilla esiintyy jo muodostuneita haittoja. Näiden haittojen lisääntyminen on mahdollista, jos ennakoivia toimenpiteitä ei kyseisillä alueilla tehdä.

Mielestäni haittojen torjunnassa tulee korostaa pohjavedenpinnan korkeuden sääntelyn tärkeyttä. Ainoa keino, jolla haittavaikutuksien muodostumista voidaan estää, on pitää pohjavedenpinnan korkeus, niin ylhäällä paikallisesti kuin mahdollista. Muodostuneiden ongelmien jälkihoito on vaikeampaa toteuttaa tehokkaasti sekä kustannukset voivat nousta hyvin korkeiksi.



Sirppujoen alueella ongelmiin on jo yritetty löytää ratkaisuja, joka on tietysti hyvä asia. Toimenpiteet eivät ole vielä olleet riittäviä, jotta makeanvedenltaan sekä joen hyvä ekologinen tasapainotila olisi löytynyt.

Eri torjuntatoimenpiteitä pitää tutkia enemmän sekä kehittää niitä tehokkaammiksi. Myös uusien menetelmien kehittäminen vaatii yhteiskunnalta enemmän resursseja. Tiedon välittäminen paikallisesti Sirppujoella on ensisijaisen tärkeää ja sen pitää keskittyä torjuntamenetelmien hyödyntämiseen varsinkin kohdennetuilla alueilla.

Uskon että hyvällä yhteistoiminnalla eri tahojen kesken, voidaan saavuttaa hyviä tuloksia jo lyhyellä aikavälillä. Haittojen minimoiminen vaatii hyvää yhteistyötä maanomistajien sekä asiantuntijoiden välillä ja se vaatii kaikkien panosta, koska muutaman peltolohkon säätösalaajitus ei vielä estä haittavaikutuksia. Yhteiskunnan on kannustettava eri tahoja vielä enemmän, jotta pitkällä aikavälillä haittavaikutuksia saataisiin minimoitua niin Sirppujoella kuin kaikilla muillakin HS-mailla.

## LÄHTEET

Auri, Jaakko; Happamien sulfaattimaiden esiselvitys Oulussa 2015;

[https://www.ouka.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=10934bb8-94cb-4c3c-a018-9c9d96427269&groupId=64220](https://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=10934bb8-94cb-4c3c-a018-9c9d96427269&groupId=64220)

Catermass-hanke; <http://www.catermass.fi/?lang=fi>

ELY 2013: Sirppujoki, Velluanjoki ja Ihodanjoki. Happamien sulfaattimaiden joet;

<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B36E27F1D-0F46-475F-B767-C4E5F6F4A929%7D/93146>

GTK: Happamien sulfaattimaiden esiintyvyys kartalla GTK;

<https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?lang=fi>

Hallikainen, Kyösti 2014: Uudenkaupungin makeanvedenaltaan nykytila ja käyttö – tarvittavat toimet tilan ylläpitämiseksi ja parantamiseksi:

<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B99600312-F4E9-4E03-97BC-3FFB28C46D7E%7D/98977>

Harmanen Heikki, Saarela Anna ja Tuorila Juha; Happamien sulfaattimaiden huomioiminen tilusjärjestelyssä:

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87306/B97.pdf;jsessionid=4C51FF9300CA3D78C3201DC2E6FB5236?sequence=1>

Härkönen, Laura Tapio Oy & Nieminen, Tiina LUKE: Mitä ovat happamat

sulfaattimaat?: [https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/2.\\_harkonen\\_mita\\_ovat\\_happamat\\_sulfaattimaat\\_12.4.2019.pdf](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/2._harkonen_mita_ovat_happamat_sulfaattimaat_12.4.2019.pdf)

Jungell, Nina Suomen metsäkeskus; Happamat sulfaattimaat metsätaloudessa:

<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/sulfaattimaat-ja-metsatalous-web.pdf>

Maa- ja metsätalousministeriö 2009:

[https://mmm.fi/documents/1410837/1790801/trm2009\\_8.pdf;aafbebc0-b099-4ba5-8b90-39648f807763/trm2009\\_8.pdf.pdf](https://mmm.fi/documents/1410837/1790801/trm2009_8.pdf;aafbebc0-b099-4ba5-8b90-39648f807763/trm2009_8.pdf.pdf)

Maaseutuverkoston julkaisu 2009: Happamat sulfaattimaat:

[https://www.maaseutu.fi/globalassets/esitteet-ja-opaat/happamat\\_sulfaattimaat\\_b5\\_low.pdf](https://www.maaseutu.fi/globalassets/esitteet-ja-opaat/happamat_sulfaattimaat_b5_low.pdf)

Maaseutuverkoston julkaisu 2009: Säättösalaoitus:

[http://www.salaojayhdistys.fi/pdf/saatosalaoitus\\_kevyt\\_resoluutio.pdf](http://www.salaojayhdistys.fi/pdf/saatosalaoitus_kevyt_resoluutio.pdf)

Palko, J, Räsänen, M. ja Alasaarela, E., 1968: Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja vaikutus vedenlaatuun Sirppujoen vesistöalueella.

Popova, Milla, Alho, Pekka, Ajosenpää, Terhi ja Huhta, Arto T. Ajosenpää ja A. Huhta;  
Uudenkaupungin makeanvedenltaan ja Sirppujoen vedenlaadun riskitekijät sekä  
toimenpidesuosituksset riskien minimointiin.

ProAgria 2019: Happamat sulfaattimaat maa- ja metsätaloudessa– seminaari 12.02.2019 Laitila  
videotallenne: <https://www.youtube.com/watch?v=qLmeSvNUxp4>

SYKE 14 2012: Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistöongelmat ja kalakuolemat  
Suomessa:

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38771/SY\\_14\\_12\\_Happamat\\_sulfaattimaat.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38771/SY_14_12_Happamat_sulfaattimaat.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

SYKE 2018: Happamat sulfaattimaat ja niiden

tunnistaminen. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B941CBDAE-EE4D-4C18-A1C1-FD9C55753983%7D/138411>

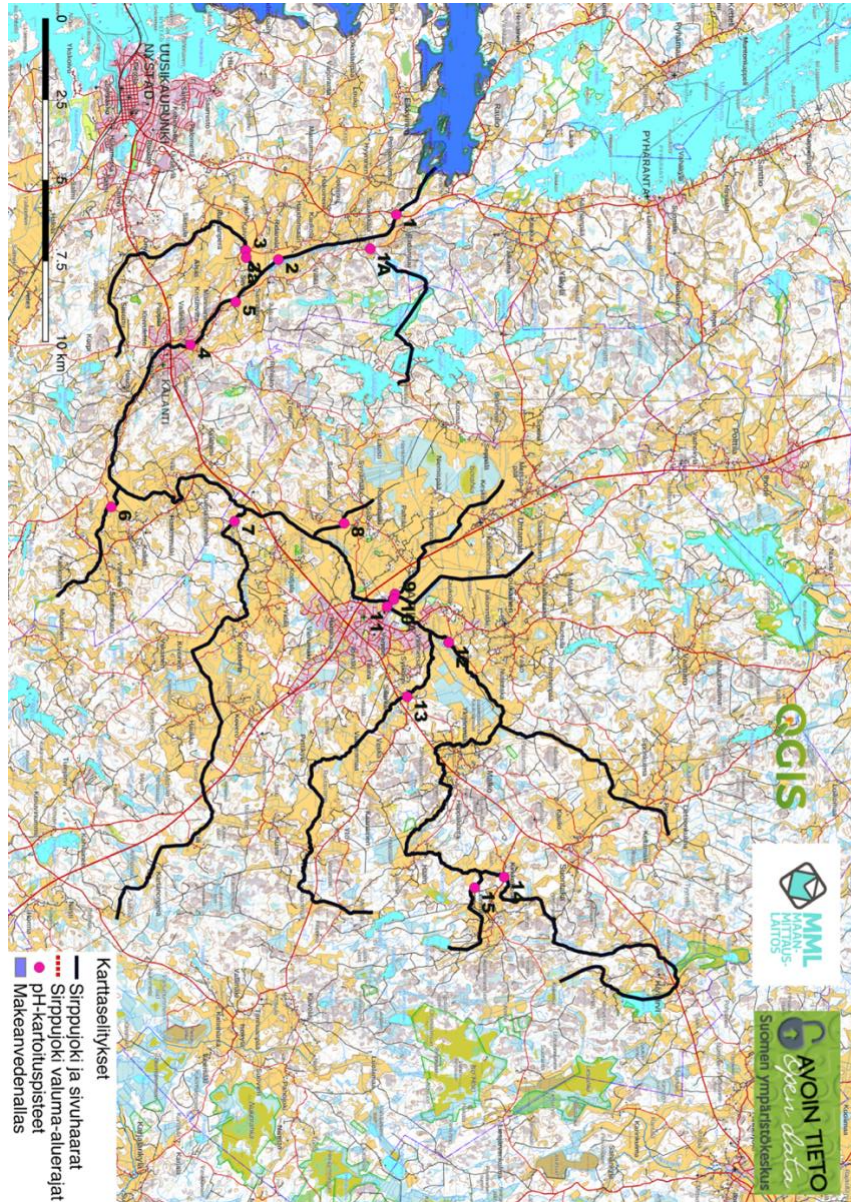
Turun ammattikorkeakoulu: Sirppujoen vededenlaadun ja tulvasuojelun parantaminen;

<https://www.turkuamk.fi/fi/tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot/hae-projekteja/sirppujoen-vedenlaadun-ja-tulvasuojelun-parantamin/>

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2015; <https://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Vesi/Vesien kaytto/Maankuivatus ja ojitus/Luonnonmukainen peruskuivatus/Pohjapadot ja kynnykset](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus/Pohjapadot_ja_kynnykset)

## pH-kartoituspisteet kartalla sekä vedenlaatumittaustulokset



tunnus	nimi/kuvaus
1	Alajuoksu, silta, Rauma-Ukitie
2	Pilottikohde joki
3	Niinioja, päähaara
3a	Niinioja, kaivolan sivuhaara
4	Pääuoma, Kalanninkoski
5	Rohijärvenoja (Kainu)
6	Lukkionjoki (niittymäki)
7	Härinänjoki (kaerittu)
8	Hankeranojan
9	Iso-oja
10	Ponttoonoja (pumppuamo)
11	Pääuoma, Papinhaka
12	Malvonjoki, Papinsaari
13	Ketunjoki, Korpela
14	Pitkäoja, Kirkkokoski
15	Pahkajärvenoja,
1A	Merilampi

	Vedenlaatumittaukset 2018-2019	4.7.2018	26.7.2019	14.11.2019	19.2.2019	4.7.2018	26.7.2018	14.11.2018	19.2.2019
tunnus	nimi/kuvaus	pH	pH	pH	pH	Cond SP (ms/m)	Cond SP (ms/m)	Cond SP (ms/m)	Cond SP (ms/m)
1	Alajuoksu, silta, Rauma-Ukitie	7,6	7,2	6,7	5,0	30,3	28,9	50,7	38,1
2	Pilottikohde joki	7,5	7,4	6,7	5,1	40,8	39,5	52,3	40,7
3	Niinioja, päähaara	6,5	6,7	5,7	5,0	81,8	77,4	69,1	44,9
3a	Niinioja, kaivolan sivuhaara	6,6	6,6	5,7	4,9	43,9	60,3	70,6	45,3
4	Pääuoma, Kalanninkoski	7,8	7,9	7,1	5,1	40,7	43,3	48,2	40,7
5	Rohijärvenoja (Kainu)	7,4	7,5	7,1	6,1	36,7	49,8	33,8	15,3
6	Lukkionjoki (niittymäki)	7,3	7,2	6,8	5,4	32,0	32,6	51,5	33,4
7	Härinänjoki (kaerittu)	8,1	8,3	7,5	5,1	37,5	44,4	52,5	40,6
8	Hankeranoja	7,0	7,2	5,8	4,9	57,0	46,2	70,7	57,6
9	Iso-oja	7,6	7,9	5,6	4,8	97,3	201,9	75,1	57,2
10	Ponttoonoja (pumppuamo)	7,7	7,7	6,6	5,0	49,5	48,6	93,0	91,3
11	Pääuoma, Papinhaka	7,5	7,7	7,1	5,6	27,4	35,3	32,9	25,2
12	Malvonjoki, Papinsaari	7,4	7,6	7,0	5,8	41,6	47,1	31,8	21,8
13	Ketunjoki, Korpela	7,6	7,8	6,9	5,4	31,1	35,4	37,9	30,3
14	Pitkäoja, Kirkkokoski	7,6	7,8	6,7	5,6	26,6	29,4	27,9	16,8
15	Pahkajärvenoja,	7,8	8,2	7,1	6,3	21,3	25,0	28,6	15,1
1A	Merilampi	xx	6,9	5,0	5,9	xx	10,0	26,1	12,5

