

LOPPURAPORTTI

MAATALOUDEN PARHAIDEN VILJELYMENETELMIEN KEHITTÄMISHANKE HAPPAMILLA SULFAATTIMAILLA – BEFCASS

Best Farming Methods for Cultivating on Acid Sulfate Soils (BEFCASS)

(MMM Drno 1836/312/2012)

Vastuuorganisaatio	Luonnonvarakeskus (Luke), aik. MTT Luonnonvarat ja biotuotanto Jaana Uusi-Kämpä Tietotie 4 31600 JOKIOINEN puh. 029 532 6622
Kesto	1.1.2013–31.12.2014
Rahoitus	Kokonaiskustannukset 259 101 € MMM:ltä saatu rahoitus 75 000 € Tutkimuslaitosten oma rahoitus 116 101€ Muu rahoitus 68 000 €
Avainsanat	Hapan sulfaattimaa, pH, pohjaveden korkeus, huuhtoutuminen, typpi, metallit, kasvihuonekaasut, vesistökuormitus, salaojitus, vesiensuojelu

Tutkimusryhmä:

Yhteyshenkilö:

Jaana Uusi-Kämpä

Luke, Luonnonvarat ja biotuotanto, Jokioinen

E-mail: jaana.uusi-kamppa@luke.fi

Kari Ylivainio, Kristiina Regina, Eila Turtola (Luke), Vincent Westberg ja Merja Mäensivu (Etelä-Pohjanmaan Ely-keskus), Rainer Rosendahl (ProAgria Österbotten), Peter Östberg (Åbo Akademi), Seija Virtanen (Salaojituksen Tukisäätiö), Helena Äijö (Salaojayhdistys ry) ja Markku Yli-Halla (Helsingin yliopisto)



Kuvat: Rainer Rosendahl, ProAgria

1. TUTKIMUKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET

Happamia sulfaattimaita (HS-maita) esiintyy sekä Pohjan- että Suomenlahden rannikolla entisen Litorinameren alueella. Meren pohjan hapettomiin oloihin vajonneesta kasvijätteestä ja meriveden sulfaatista syntyi bakteeritoiminnan ansiosta rikkiyhdisteitä, joista on muodostunut sulfidivikerrostumia. Jos HS-maiden sisältämät sulfidikerrokset hapettuvat mm. maankohoamisen ja ojituksen seurauksena, syntyy rikkihappoa, joka happamoittaa sekä maan että valumaveden. Rikkihappo puolestaan liuottaa metalleja maasta. Vähäsateisten kesien jälkeen vesistöissä on havaittu kalakuolemia, jotka ovat aiheutuneet veden happamuudesta ja raskasmetalleista. Happamilta sulfaattimailta tuleva vesistökuormitus onkin merkittävä este vesistöjen hyvän tilan saavuttamiselle. Vesistöjen ekologinen tila on HS-maiden vaikutusalueella korkeintaan tyydyttävä ja kemiallinen tila on useissa vesistöissä hyvää huonompi. Uudessa maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä huomioidaan HS-maat tukiperusteena. Vesienhoidon toinen suunnittelukausi alkaa vuonna 2016 ja sen aikana tulee merkittävästi tehostaa toimenpiteitä, joilla HS-mailta tulevia vaikutuksia voidaan vähentää.

Maatalouden parhaiden viljelymenetelmien kehittämishanke happamilla sulfaattimailla (BEFCASS) -hanke on jatkoa CATERMASS-hankkeelle (Climate Change Tools for Environmental Risk Mitigation of Acid Sulphate Soils; 2010–2012). BEFCASS-hankkeessa (2013–2015) on ylläpidetty Söderfjärdenin demonstraatiokentän infrastruktuuria ja jatkettu menetelmien vaikutusten seurantaan vedenlaadun, kasvihuonekaasupäästöjen ja viljasatojen osalta. Söderfjärdenin kentällä (18,5 ha) on meneillään koe, jossa säädellään pohjaveden pinnan tasoa erilaisilla ojitusmenetelmillä ja pellon reunaan asennetulla muovikalvolla.

Kokeessa on kolme erilaista salaojitusmenetelmää: (1) altakastelu, (2) säätösalaajitus ja (3) tavallinen salaojitus. Kolme koeruutua on eristetty toisistaan ja ulkopuolisista alueista 1,8 m:n syvyyteen ulottuvalla muovikalvolla. Kalvo ulottuu pelkistyneenä olevaan sulfidikerrokseen asti, jolloin vettä ei pitäisi päästä virtaamaan muovin alapuolelta. Säätökaivojen avulla voidaan estää veden virtausta salaojien kautta pellolta. Altakastelussa on mahdollista pumpata lisävettä pellolle salaojien kautta kuivina kesäkuukausina. Muutokset maassa ovat hitaita ja siksi vaikutukset näkyvät viiveellä. Tämän takia seuranta kentällä on pitänyt jatkaa useamman vuoden ajan.

MMM:n Makera-rahoituksen (75 000 euroa) lisäksi hanketta rahoitettiin MTT:n ja ELY-keskuksen budjettirahoituksella. Salaojituksen tukiyhdistykseltä sekä Maa- ja vesitekniikan tuelta saatiin yhteensä 50 000 euron avustus kentän toimintojen ylläpitoon sekä tulosten julkaisemiseen. Kyröjoen, Lapuanjoen ja Ähtävänjoen Jokirahastot ovat tukeneet hanketta yhteensä 18 000 eurolla. Tässä loppuraportissa käsitellään BEFCASS-hankekokonaisuutta.

Alkuperäisessä päätöksessä avustuksen myöntämisestä tutkimushankkeeseen (1836/312/2012) sen kestoksi oli kirjattu 1.1.2013–30.9.2014. Hankkeelle haettiin kuitenkin lisää aikaa vuoden 2014 loppuun, jotta saataisiin esitettyä yhdessä sekä vuoden 2013 että 2014 satotulokset. Tähän saatiin myönteinen päätös (836/312/2012) 25.6.2014. Hankkeen valvojana oli MMM:stä Sini Wallenius. Hankeryhmä piti videokokouksia yksi–kaksi kertaa vuodessa: 13.11.2013, 11.4.2014 ja 4.12.2014.

Hankkeen tavoitteet ja tutkimuskysymykset:

Hankkeen tavoitteena oli, että demonstraatiokentälle asennetut automaattiset mittausslaitteet saadaan pidettyä toiminnassa. Niistä saatuja tuloksia (salaajanveden pH, johtoluku, nitraattityppipitoisuus ja pohjavedenpinnan korkeus, maan lämpötila ja kosteus, sademäärä sekä ilman kosteus ja lämpötila) voidaan lukea reaaliajassa Internetin kautta. Kenttää voidaan myös hyödyntää koulutilaisuuksissa ja työnäytöksissä.

Tutkimuskysymykset olivat

1. Miten pohjaveden korkeus vaikuttaa HS-mailta lähtevään happamuus-, sulfaatti-, typpi- ja metallikuormaan?

2. Onko pohjaveden korkeudella vaikutuksia satotasoon, sadon laatuun ja kasvien metallienottoon?
3. Vaikuttaako pohjaveden korkeus HS-maiden typpioksiduulipäästöihin?

Alkuperäisen tutkimussuunnitelman toteutuminen:

Hankkeen päätavoitteena oli pitää Söderfjärdenin koekenttä toiminnassa, kunnes Maaseuturahastojen haku avautuu. Kentällä jatkettiin CATERMASS-hankkeessa aloitettua koejärjestelyä viljelijöiden kanssa, vesi-, maa- ja kasvustonäytteiden ottoa ja analysointia sekä reaaliaikaisia mittauksia.

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen tavoitteena oli varmistaa ympäristöystävällisten viljelymenetelmien kehittämisen jatkuminen ja tiedon levittäminen happamista sulfaattimaista sekä hankkeen innovaatioista. happamat sulfaattimaat ovat suurin vesienhoidon haaste Läntisellä vesienhoitoalueella. ELY-keskus vastasi myös kentän valumavesien näytteenoton järjestämisestä sekä vesianalytiikasta. ELY-keskus keräsi valumavesistä myös metallinäytteet, joiden analysoinnin järjestivät Åbo Akademin tutkijat. Hankkeessa tiedotettiin suunnitelman mukaan. Lisäksi hankkeesta kerrottiin vesienhoidon alueellisissa sidosryhmätilaisuuksissa ja yhteistyössä muiden tiedotushankkeiden kanssa. Hanke sai myös medianäkyvyyttä alueellisissa medioissa.

Keskeiset tutkimussuunnitelman muutokset tutkimuksen aikana

Tutkimussuunnitelmaan tuli joitakin muutoksia. Alkuperäisessä suunnitelmassa mainituilta Pedersören uudisraiviopellolta ja Seinäjoen Rintalan alueen pellolta ei otettu näytteitä hankkeen aikana vaan kaikki näytteenotto keskitettiin Söderfjärdenin demonstraatiokentälle. Menetelmän toimivuutta näillä alueilla kuitenkin seurattiin yhteistyössä maanomistajien kanssa. Hankkeen varsinaiset tiedotustilaisuudet ajoitettiin vuoden 2014 kesäkauteen, jolloin oli enemmän tietoa tulevasta maatalouden ympäristökorvausjärjestelmästä, sillä Maaseutuohjelman hyväksyminen kesti hieman odotettua kauemmin.

2. TUTKIMUSOSAPUOLET JA YHTEISTYÖ

Tutkimus oli yhteistutkimus, johon osallistuivat MTT ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus (Taulukko 3). Hankkeessa olivat myös mukana PoAgria Österbottens svenska lantbrukssällskap, Åbo Akademi ja demonstraatiokentän viljelijät.

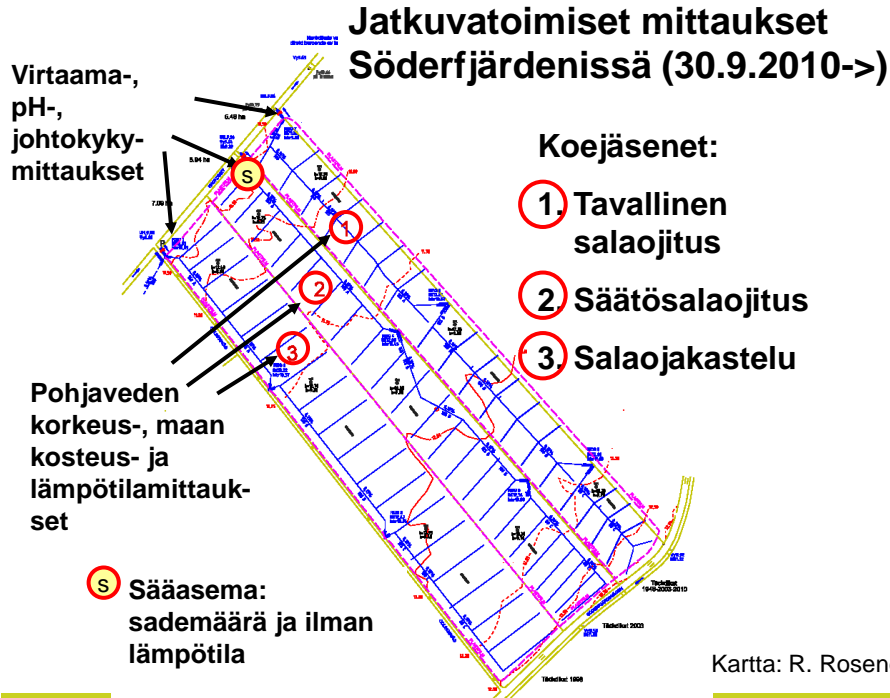
Taulukko 3. Tutkimuksen osapuolet ja tehtävät

<i>Organisaatio</i>	<i>Tehtävä</i>
Luke, Luonnonvarat ja biotalous (Jaana Uusi-Kämppä, Kari Ylivainio, Kristiina Regina, Eila Turtola)	Hankkeen koordinointi Kasvihuonekaasumittaukset, Satotulokset sekä jyvien ja viljakasvustojen alkuainepitoisuudet Tulosten laskeminen ja raportointi.
Ely-keskus (Vincent Westberg ja Merja Mäensivu)	Vesinäytteiden ottaminen ja analysointi, tiedottaminen, raportointi
ProAgria (Rainer Rosendahl)	Säädöistä ja pellon toiminnoista huolehtiminen, yhteydenpito viljelijöihin, kenttäkarttojen päivittäminen ja koealueen valokuvaaminen
Åbo Akademi (Peter Österholm)	Happamuus- ja metallikuormitustutkimus ja niiden raportointi
Viljelijät	Kentän viljelytoimenpiteet, kokeessa avustaminen

3. TUTKIMUKSEN TULOKSET

3.1 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Demonstraatiokenttä on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Söderfjärdenin 3-lohkoinen demonstraatiokenttä (18 ha). Lohkot on eristetty toisistaan muovikalvolla, joka yltyä 1,8 m:iin. Jatkuvatoimiset mittaukset kentän alareunalla aloitettiin syksyllä 2010.

Kentän alareunaan asennetuilla jatkuvatoimisilla näytteenottimilla mitattiin jokaiselta lohkolta pohjaveden korkeus, salaojaveden virtaama, pH ja johtoluku sekä maan kosteus ja lämpötila 30 ja 70 cm:n syvyydessä. Altakastelulohkolla mitattiin EHP-tekniikalta vuokratulla anturilla nitraatti- ja nitriittitypen pitoisuuksien summaa. Kentän sääasemalta saatiin sadanta sekä ilman kosteus ja lämpötila. Mittausdata päivittyi EHP-tekniikan serverille (<http://www.ehp-data.com>) kaksi kertaa vuorokaudessa.

Pohjaveden pintaa mitattiin manuaalisesti yhdeksän pohjavesiputken avulla kahden viikon välein keväällä ja syksyllä. Samalla otettiin kunkin lohkon poistokaivosta vesinäytteet, joista määritettiin mm. pH, johtoluku, asiditeetti, SO₂, NO₃-N, kok-N, PO₃-P, kok-P sekä metallit (Al, Cd, Ni ja Co). Maanäytteitä otettiin ravinnemäärityksiä varten. Satonäytteistä määritettiin sadon määrä ja laatu sekä ravinteiden- ja metallienotto. Myös kasvihuonekaasujen pitoisuuksia mitattiin. Kesällä 2014 oli graduntekijä, joka oli kiinnostunut tekemään pro gradu -työn kotiseudullaan.

3.2 Tutkimustulokset

Miten pohjaveden korkeus vaikuttaa HS-mailta lähtevään happamuus-, sulfaatti-, typpi-, fosfori- ja metallikuormaan?

Veden korkeudella oli vaikutusta siihen, syntyikö uusia happamia sulfaattimaakerroksia. Korkea pohjavedenpinta altakastelussa esti parhaiten sulfidien hapettumisen. Huonoin tilanne oli tavallisessa salaojituksessa. Sen sijaan selvää korjaantumista maan prosesseissa ei havaittu. Vaikka pohjaveden pinta

saatiin pidettyä korkealla altakastelussa ja sääätösalaajituksessa, muutoksia maan pH-luvussa ei havaittu (Österholm ym. 2015). Pelloilta purkautuvan veden asiditeetti oli kaikilla käsittelyillä haitallisen korkea (Österholm, Virtanen & Nystrand 2015), kun jokivedessä kaloille haitallisena arvona pidetään 0,03 mmol/l. Alumiinipitoisuudet olivat hieman pienempiä altakastelussa kuin tavanomaisessa salaajituksessa tai sääätösalaajituksessa. Lisää tuloksia löytyy yhteenvedosta, jonka ovat koonneet Österholm, Virtanen ja Nystrand vuonna 2015 (Liite 2).

Tilanne oli kuitenkin monen mitattavan parametrin osalta parempi nyt kuin kokeen alkaessa kesällä 2010 (Österholm, Virtanen ja Nystrand 2015). Syynä tähän saattoi olla muovikalvon asentaminen pellon reunaan.

Onko pohjaveden korkeudella vaikutuksia satotasoon, sadon laatuun ja kasvien metallienottoon?

Kasvukauden sääolosuhteilla oli merkittävä vaikutus vuosien 2013 ja 2014 vehnäsatoihin. Vuoden 2013 kasvukausi oli sateinen, minkä seurauksena altakastelu ei lisännyt satoa (6300 kg ha⁻¹) tavanomaiseen salaajitukseen verrattuna (7000 kg ha⁻¹). Lisäksi vaihtelu vehnäsadon määrässä sääätösalaajitetujen koekäsittelyiden sisällä oli suurempaa tavanomaisesti salaajitetuun lohkoon verrattuna. Syynä tähän oli varmaankin paikoitellen liian märät kasvuolosuhteet koelohkojen sisällä. Sääätösalaajitus vaatiikin tarkkaavaisuutta jotta pohjaveden taso säilyy halutulla korkeudella.

Vuoden 2014 kasvukausi oli sitä vastoin vähäsateisempi, jolloin altakastelulla (5900 kg ha⁻¹) saavutettiin tavanomaiseen salaajitukseen verrattuna suuremmat sadot (4900 kg ha⁻¹). Sääätösalaajitus ilman lisäkastelua tuotti molempina koevuosina pienemmät sadot (5700 ja 5300 kg ha⁻¹) kuin saatösalaajitus lisäkastelulla. Satotasoja tarkasteltaessa on otettava huomioon, että ne ovat huomattavasti suuremmat kuin keskimääräiset vehnäsadot Suomessa. Keskimääräinen kevätvehnäsato Suomessa oli 4020 kg ha⁻¹ vuonna 2014. Suurimmat keskisadot olivat Varsinais-Suomessa, 4340 kg ha⁻¹. Tulokset osoittavatkin happamien sulfaattimaiden olevan sadontuottokyvyltään erinomaisia.

Kasvukaudella 2014 ilman typpilannoitusta saadut sadot olivat altakastelussa 3700 kg/ha, normaalissa salaajituksessa 2400 kg/ha ja sääätösalaajituksessa 3100 kg/ha.

Vaikuttaako pohjaveden korkeus HS-maiden typpioksiduulipäästöihin?

Söderfjärdenin koalueelta mitatut dityppioksidin (N₂O) päästöt olivat korkeita verrattuna tavanomaisiin kivennäismaihin ja jopa verrattuna turvepeltoihin. Kesällä 2014 havaittiin ensimmäisen kerran koalueen historiassa, että altakastelu oli vähentänyt näitä päästöjä, kun aiemmin selkeitä eroja käsittelyjen välillä ei ollut. Tämä saattaa viitata siihen, että pohjaveden nosto voisi vähentää näiden peltojen ilmastovaikutusta, mutta ei välittömästi vaan pidemmän ajan kuluttua. Tärkeimpänä syynä korkeisiin päästöihin todennäköisesti on maan suuri mineraalityypen pitoisuus varsinkin maan syvissä kerroksissa. Koska myös maan happamuus tai mikrobipopulaatioiden ominaisuudet voivat olla osasyynä, hankkeessa tutkittiin laboratoriokokein maan mikrobiologiaa tavoitteena selvittää näiden korkeiden päästöjen syntymekanismia. Tulosten perusteella näytti siltä, että kyntökerroksessa suurin osa tuestä tulee maasta N₂-muodossa maan luonnollisessa pH:ssa (6,8), ja että kalkitus on vähentänyt päästöä. N₂ muodostuu N₂O:sta siten, että N₂O-reduktaasientsyymi pelkistää sen. Koska N₂O-reduktaasi inhiboituu matalassa pH:ssa, niin happamissa oloissa lopputuotteena on enemmän kasvihuonekaasu N₂O:ta ja vähemmän haitatonta kaksiatomista tyyppiä. Jos pintamaata ei olisi kalkittu, niin N₂O-päästöt olisivat siis isommat.

Pohjakerroksessa (80–100 cm) puolestaan lopputuotteena oli miltei pelkästään N₂O, ja kaksiatomista tyyppiä ei muodostunut merkittävää osuutta missään pH:ssa. Tästä voi päätellä, että siellä ei ole sellaisia

denitrifikaatiobakteereja, joilla on N₂O-reduktaasi. Tämä on tekijä, joka lisää pohjamaasta tulevia päästöjä, sillä toisenlaisella mikrobipopulaatiolla tulos olisi ilmaston kannalta parempi. Jää kuitenkin vielä mahdollisuus, että N₂O:n tuotto pohjamaassa olisikin kemiallista. Siihen viittaavat laboratorionkokeet, joissa tutkittiin erikseen nitraatin pelkistystä ja N₂O:n pelkistystä. Pohjamaassa oli hyvin heikko nitraatin pelkistyspotentiaali maan luonnollisessa pH:ssa. Jos tämä prosessi olisi aktiivinen pellolla, olisi se todennäköisesti näkynyt myös laboratoriomäärityksissä. Oli mekanismi mikrobiologinen tai kemiallinen, niin päästöjen vähentämiskeinona toimisivat keinot, joilla pohjamaan mineraalityypen määrää saadaan rajoitettua.

3.3 Johtopäätöksiä

- a) Pohjaveden korkeuteen voidaan vaikuttaa säätösaloajituksella yhdessä lisäveden pumppaamisen sekä muovikalvon asentamisen kanssa.
- b) Vaikka korkealla pohjaveden pinnan tasolla voitiin vähentää uusien hapettumien syntymistä, niin vanhoista hapettumista aiheutuvien ongelmien korjaaminen oli sen avulla vähäistä. Muutokset maaperässä ovat hitaita.
- c) Satotasoihin eri menetelmillä ei ollut suurta vaikutusta sateisina tai normaaleina vuosina. Kuivana vuotena altakastelu lisäsi satotasoa.
- d) Säätkaivojen säätöä tulee tarkkailla, ettei pelto kuivu liikaa tai liety. Hyvä apuväline on pohjavesiputki, jossa on kelluva anturi.
- e) Typpioksiduulipäästöjä voitaneen pitkällä aikavälillä vähentää nostamalla pohjaveden pinnan tasoa.

3.4 Toteutusvaiheen arviointi

Söderfjärdenin koekenttä saatiin pidettyä toiminnassa, v. 2011 alkanut koe käynnissä ja yhteistyö jatkumaan eri toimijoiden välillä. Tuloksista kirjoitettiin yhdessä raportteja ja tieteellinen artikkeli (Österholm ym. 2015).

3.5 Julkaisut

Kotimaiset julkaisut

1. **Uusi-Kämpä, J., Regina, K., Virtanen, S., Österholm, P., Mäensivu, M., Rosendahl, R., Yli-Halla, M., Ylivainio, K., Turtola, E. 2013.** Voidaanko happamien sulfaattimaiden kuormitusta vähentää säätämällä pohjaveden pinnan tasoa? In: Leppälampi-Kujansuu, J., Soinne, H., Merilä, P., Rankinen, K., Salo, T. & Hänninen, P. (toim.). Maankäytön kestävyys : VII Maaperätieteiden päivien abstraktit, *Pro Terra 61*: p. 110–111. http://www.maopera.fi/files/Pro_Terra_61_2013.pdf (Posteri)
2. **Uusi-Kämpä, J., Rosendahl, R., Österholm, P., Virtanen, S. ja Mäensivu, M. 2014.** Säätösaloajitus sopii happamille sulfaattimaille. *Maaseudun Tiede 4/2014* (15.12.2014).
3. **Uusi-Kämpä, J., Virtanen, S., Österholm, P., Rosendahl, R., Mäensivu, M., Westberg, V., Regina, K., Ylivainio, K., Yli-Halla, M. & Turtola, E. 2014.** Väheneekö happamilta sulfaattimailta tuleva kuormitus pohjaveden pintaa säätämällä? *Salaajayhdistys ry:n jäsenjulkaisu 1/2014*. P. 18–24.
4. **Virtanen, S., Simojoki, A., Uusi-Kämpä, J., Österholm, P., Yli-Halla, M. 2013.** Happaman sulfaattimaan valumaveden asiditeetti ja alumiinipitoisuudet lysimetrikokeessa ja Söderfjärdenin koekentällä. In: Leppälampi-Kujansuu, J., Soinne, H., Merilä, P., Rankinen, K., Salo, T. & Hänninen, P. (toim.). Maankäytön kestävyys : VII Maaperätieteiden päivien abstraktit, *Pro Terra 61*: p. 112–113. http://www.maopera.fi/files/Pro_Terra_61_2013.pdf (Posteri)

Kotimaiset kokoukset, kongressit jne.

5. **Uusi-Kämpä, J. 2014.** Säätösalaajitus happamien sulfaattimaiden vesistövaikutusten vähentäjänä. *Peltokuivatuksen tarve ja vesistövaikutukset -seminaari*, Gårdskulla Gård, Siuntio, 2.6.2014 (Esitelmä)
6. **Uusi-Kämpä, J., Regina, K., Ylivainio, K., Virtanen, S., Yli-Halla, M., Mäensivu, M., Westberg, V., Rosendahl, R., Österholm, P. & Turtola, E. 2014.** Ympäristöriskien vähentäminen happamilla sulfaattimailla. In: *Maataloustieteen Päivät 2014*, 8.-9.1.2014 Viikki, Helsinki : esitelmät- ja posteritiivistelmät / Toim. Risto Kuisma, Nina Schulman, Hanna-Riitta Kymäläinen ja Laura Alakukku. *Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 31*: p. 121. (Esitelmä)
7. **Virtanen, S., Simojoki, A., Uusi-Kämpä, J., Österholm, P. & Yli-Halla, M. 2014.** Happaman sulfaattimaan valumaveden laadun parantaminen pohjavedenkorkeutta säätämällä: tuloksia lysimetrikokeesta ja Söderfjärdenin koekentältä. In: *Maataloustieteen Päivät 2014*, 8.-9.1.2014 Viikki, Helsinki : esitelmät- ja posteritiivistelmät / Toim. Risto Kuisma, Nina Schulman, Hanna-Riitta Kymäläinen ja Laura Alakukku. *Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 31*: p. 194. (Poster)
8. **Virtanen, S., Uusi-Kämpä, J., Österholm, P. & Yli-Halla, M. 2015.** Pohjaveden säädön vaikutus pellon valumaveden happamuuteen happamilla sulfaattimailla. *The response of the quality of discharge water to land drainage methods in acid sulfate soils*. *Maaperätieteen Päivät 2015*. (Esitelmä)

Ulkomaiset kokoukset, kongressit jne.

9. **Uusi-Kämpä, J., Virtanen, S., Rosendahl, R., Mäensivu, M., Österholm, P., Yli-Halla, M. & Turtola, E. 2013.** Regulating groundwater level by controlled drainage on acid sulfate soils. In: *Does climate change demand a new approach to drainage design? NJF seminar 462*, Sarpsborg, Norway, 23–25 September 2013 : book of abstracts. Nordic Association of Agricultural Scientists. p. 18. (Esitelmä)
10. **Virtanen, S., Simojoki, A., Uusi-Kämpä, J., Österholm, P., Yli-Halla, M. 2013.** Partial waterlogging by controlled drainage as a measure for decreasing acid load from a cultivated acid sulfate soil field. In: *Does climate change demand a new approach to drainage design? NJF seminar 462*, Sarpsborg, Norway, 23–25 September 2013 : book of abstracts. Nordic Association of Agricultural Scientists. p. 29. (Esitelmä)
11. **Virtanen, S., Simojoki, A., Uusi-Kämpä, J., Österholm, P. & Yli-Halla, M. 2014.** Response of aluminium dissolved in soil solution and drainage water on the waterlogging of cultivated boreal acid sulphate soils. In: *Proceedings of the 20th world congress of soil science: in commemoration of the 90th anniversary of the IUSS*, June 8–13, 2014 Jeju, Korea. 582. (Poster)
12. **Virtanen, S., Österholm, P., Uusi-Kämpä, J. & Yli-Halla, M. 2014.** Mitigation of environmental hazards from cultivated acid sulphate soil by controlled drainage and sub-irrigation in Finland. In: *Proceedings of the 12 ICID International Drainage Workshop Saint-Petersburg*, Russia, 23–26 June 2014: abstracts. p. 1. (Esitelmä)
13. **Ylivainio, K., Regina, K., Österholm, P., Mäensivu, M., Turtola, E. & Uusi-Kämpä, J. 2014.** Mitigation of water pollution by ground water control on cultivated boreal acid sulfate soils. In: *Proceedings of the 20th world congress of soil science : in commemoration of the 90th anniversary of the IUSS*, June 8–13, 2014 Jeju, Korea. 597–598. (Poster)

Lehtiartikkeleita yms.

14. [Pumpa in vattnet underifrån](#). *Vasabladet* 10.7.2014: p. 6.
15. *Yle Pohjanmaa Uutisjuttu* 9.7.2014 (Radio, TV & verkkouutiset)

Opinnäytetyöt

16. **Ehnavall, B. 2014.** Surhetens inhiberande inverkan på dikväveoxidreduktas och dess betydelse för utsläpp av dikväveoxid från sura sulfatjordar. *Pro gradu-avhandling i miljöbiologi*. Helsingfors: Helsingfors Universitet.

Tieteelliset artikkelit

17. **Österholm, P., Virtanen, S., Rosendahl, R., Uusi-Kämpä, J., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Mäensivu, M. & Turtola, E. 2015.** Groundwater management of acid sulfate soils using controlled drainage, by-pass flow prevention and subsurface irrigation on farmland. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Plant Soil Science* 65, No. Supplement 1, 110–120. <http://dx.doi.org/10.1080/09064710.2014.997787>

Muuta

18. Befcass-hanke-esittelyä *Farmari Suomen Maatalousnäyttelyssä* Seinäjoella 3.–6.7.2013
19. Hanke-esittely FLISIK-hankkeen (Interreg Botnia Atlantica -rahoitteinen hanke För livskraftiga småvatten i Kvarken – Merekurkun pintavesien elinvoiman puolesta) ruotsalaisille vieraille (osallistujia 23) 21.8.2013
20. **Uusi-Kämpä, J., Virtanen, S., Rosendahl, R., Mäensivu, M., Österholm, P., Yli-Halla, M & Turtola, E. 2013.** Regulating groundwater level by controlled drainage on acid sulfate soils. *A Greener Agriculture for a Bluer Baltic Sea, Vision for nutrient management*, Scandic Marina Congress Center, Helsinki, Finland 27.–28.8.2013 (Rollup-posteri)
21. Loppuraportti *Maa- ja vesiteknikan tuelle* (30.6.2014)
22. *Internetsivujen ylläpito ja ajankohtaisista kysymyksistä tiedottaminen* (www.catermass.fi)
23. *Raportointi Jokirahastoille* huhtikuu 2013, elokuu 2013, joulukuu 2013, huhtikuu 2014 ja loppuraportti joulukuu 2014
24. *Metodioppaan ja HS-maita koskevan tiedon levitys* (opas & esitteet) maatalous- ja ympäristösihteereille Etelä-Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaan ja Pohjanmaan alueen kunnille
25. *Hankekatsaus Lapuanjoen työryhmässä* 6.3.2014 (Ryhmässä mukana Jokirahastojen edustajia sekä alueellisia sidosryhmien edustajia).
26. *Viljelyneuvojen koulutus* yhteistyössä ProAgria Etelä-Pohjanmaan kanssa Seinäjoella 10.1.2014, viljelyneuvoja paikalla 35 ja muuta yleisöä 5
27. Befcass-hanke-esittely *Teho+ -hankkeen tiedotuskiertueella*; Mustasaari 28.5.2014 & Seinäjoki 17.6.2014 (Osallistujia Mustasaareissa 33 ja Seinäjoella 44)
28. *Yleisötilaisuus & työnäytös* HS-maiden parhaista viljelykäytännöistä (esittelyssä oli vesien ekologinen ja kemiallinen tila-arvio; työnäytöksessä altakastelu ja pohjavedenkorkeus sekä katsaus hankkeen tuloksiin) 9.7.2014 Söderfjärdenillä. Lisäksi tilaisuudessa pidettiin tietoisuudesta ympäristökorvausjärjestelmästä yhteistyössä Pohjanmaan ELY-keskuksen kanssa. Osallistujia tilaisuudessa oli 20.
29. **Väisanen, S. 2014.** Pohjapatojen käyttö peruskuivatusuomissa. Diplomityö. Oulun yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. <http://herkules.oulu.fi/thesis/nbnfioulu-201501141009.pdf>

Tulossa/Suunnitteilla:

30. **Virtanen, S., Uusi-Kämpä, J., Österholm, P. & Yli-Halla, M. 2015.** Controlled drainage and subirrigation as a method for mitigate acid loading in Finnish acid sulfate soils. NJF 25th Congress, Nordic View to Sustainable Rural Development, June 16th–18th 2015, Riga, Latvia.
31. **Virtanen, S., Uusi-Kämpä, J., Ylivainio, K., Österholm, P. & Yli-Halla, M. 2015.** Subirrigation and controlled drainage a method for increase yield and mitigate acid loading in Finnish cultivated soils. ICID 2015, 11–16 Oct. 2015, Montpellier, France
32. Ylivainio ym. Kirjoitus sadosta ja kivennäipitoisuuksista.
33. Yli-Halla ym. Tieteellinen artikkeli tpestä (maan typpivarannot, huuhtoutuminen, kasvihuonekaasut)
34. Österholm ym. Tieteellinen artikkeli metallipitoisuuksista

4. TULOSTEN ARVIOINTI

4.1 Tulosten käytännön sovellutuskelpoisuus

Söderfjärdenin demonstraatiokenttä on oiva paikka, jossa käytännössä voi tutustua eri salaojitusmenetelmiin sekä niiden ympäristö- ja satovaikutuksiin happamilla sulfaattimailla. Tuloksiin voi tutustua mm. catermass.fi-sivuston välityksellä.

Kentällä saatiin pisimpään pidettyä sulfidikerrokset pohjavedenpinnan alla silloin, kun lisävettä pumpattiin säätökaivoihin kuivina kesäkausina. Muovikalvosta oli hyötyä, kun pyrittiin pitämään (pumpattu) vesi pellolla (Österholm ym. 2015). Myös säätösalaajitus oli parempi vaihtoehto kuin tavanomainen salaajitus, jossa sulfidit olivat kauimmin alttiina hapettumiselle. Tasaisilla pelloilla kannattaa harkita säätösalaajitusta ja mahdollisesti myös altakastelua, jos lohkon läheisyydessä on riittävästi kasteluvettä. Myös muovikalvon asentaminen pellon alareunaan on suositeltavaa.

Vaikka pohjaveden pintaa saatiin melko hyvin säädeltyä, kovin selviä vaikutuksia ei näkynyt eri lohkojen salaajavesissä.

- Vedenlaatu oli parantunut merkitsevästi kaikilla kentillä. Tämä ei johdu korkeammasta pohjaveden pinnasta vaan muista hydrologisista tekijöistä.
- Maan asiditeetti on niin suuri, ettei sitä saada näin nopeasti pois. Tarvittaisiin pelkistymistä (enemmän mikrobeille sopivaa orgaanista ainesta).
- Altakastelulla ja säätösalaajituksella voi olla merkittävä vaikutus ääriolosuhteissa kuten kesällä 2006, mutta sitä ei voi tietää ennen kuin vastaava tilanne on koettu.
- Hydrologiaa muuttamalla voi olla mahdollista saada merkittäviä parannuksia ilman, että hapettumista vähennetään. Voi olla, että muovikalvot ovat muuttaneet veden liikkeitä suotuisaan suuntaan.
- Jonkinasteista pelkistymistä oli kesällä ilmeisesti tapahtunut altakastelulohkon maassa. Koska pelkistyminen nostaa maan pH:ta ja alumiini on pH:sta riippuvainen, niin altakastelun pienemmät alumiinipitoisuudet saattavat ainakin osin johtua tästä.

Hankkeen ansiosta happamien sulfaattimaiden ympäristöystävällisistä viljelymenetelmistä tiedetään tarkemmin ja hankkeessa koottuja tietopaketteja voidaan hyödyntää myös ympäristökorvausjärjestelmän säätökasteluun ja säätösalaajitukseen kohdistettavia hoitosopimuksia ja muita korvausmuotoja markkinoitaessa. Menetelmäkehittelystä on keskusteltu eri tilaisuuksissa Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen ja Pohjanmaan ELY-keskuksen ympäristökorvausasioista vastaavien asiantuntijoiden kanssa.

Hankkeen tuloksia on hyödynnetty myös suunniteltaessa vesienhoidon II-kauden toimenpiteitä happamille sulfaattimaille, erityisesti hankkeen avulla ylläpidetty ja laajennettu yhteistyöverkosto oli merkittävässä osassa toimenpiteiden suunnittelun sujuvuudessa.

Hankkeen sekä edeltävän Catermass Life+ -hankkeen tuloksia on hyödynnetty myös pintavesien kemiallisen luokitteluehdotuksen laadinnassa.

Hankkeessa mitattua dataa käytettiin myös opinnäytetyön aineistona diplomityössä Pohjapatojen käyttö peruskuivatusuomissa (Väisänen 2014). Työssä tutkittiin mallintamalla pohjapatojen vaikutuksia pohjaveden pinnan tasoon ja maan viljelyominaisuuksiin. Työssä todettiin, että myös pohjapatojen avulla on mahdollista nostaa pohjaveden pintaa ja kuivina kesinä padotuksella on vaikutusta myös kasvien kasvuun.

Hanke on myötävaikuttanut positiivisesti myös happamien sulfaattimaiden huomioimiseen ELY-keskuksen toiminnassa kaikilla vastuualueilla ja hankkeen avulla yhteistyöverkostoja ja tietoa happamien sulfaattimaiden ympäristövaikutusten vähentämisestä on laajennettu ja levitetty. ELY-keskuksessa on esimerkiksi:

- Yhtenäistetty HS-maiden käsittelyä vesilain mukaisissa ilmoituksissa

- Lisäksi Etelä-Pohjanmaan ELYssä on MMM & YM:n vuonna 2011 julkaiseman strategian Happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentämiseksi seurantaryhmän sihteeristö
- Tuotettu ojitusopas, jossa huomioidaan HS-maiden haasteet (Leppiniemi 2014. Opas ojitussyhteisölle uoman kunnossapito- ja peruskorjaushankkeeseen. (<http://www.doria.fi/handle/10024/99005>)).

4.2 Tulosten tieteellinen merkitys

Tuloksia on esitetty kotimaisissa ja kansainvälisissä tieteellisissä kokouksissa ja kongresseissa. Tieteellinen artikkeli julkaistiin Norjassa NJF:n järjestämän kansainvälisen salaojitusseminaarin yhteydessä. Jatkossa Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus suunnittelee Botnia-Atlantica Interreg -hakemusta yhdessä ruotsalaisten kumppaneiden kanssa. Hakemuksessa on mukana myös Luke. Yhteistyötä kentällä sekä tulosten julkaisemisessa on edelleen tarkoitus jatkaa tässä hankkeessa mukana olleiden yhteistyökumppaneiden kanssa.

5. LOPPURAPORTIN TIIVISTELMÄ

Liite 1 – Loppuraportointi

MAATALOUDEN PARHAIDEN VILJELYMENETELMIEN KEHITTÄMISHANKE HAPPAMILLA SULFAATTIMAILLA – BEFCASS

Best Farming Methods for Cultivating on Acid Sulfate Soils (BEFCASS)

Vastuuorganisaatio	Luonnonvarakeskus (Luke) Luonnonvarat ja biotalous Jaana Uusi-Kämpä Tietotie 4 31600 Jokioinen puh. 029 532 6622
Kesto	2013–2014
Rahoitus	Kokonaiskustannukset 259 101 euroa MMM:ltä saatu rahoitus 75 000 euroa Tutkimuslaitoksen oma rahoitus 116 101 euroa Muu rahoitus 68 000 euroa
Avainsanat	Hapan sulfaattimaa, pH, pohjaveden korkeus, huuhtoutuminen, typpi, metallit, kasvihuonekaasut, vesistökuormitus, salaojitus, vesiensuojelu

Tiivistelmä

MAATALOUDEN PARHAIDEN VILJELYMENETELMIEN KEHITTÄMISHANKE HAPPAMILLA SULFAATTIMAILLA – BEFCASS

Tutkimusryhmä:

Yhteyshenkilö:

Jaana Uusi-Kämpä
Luonnonvarakeskus (Luke)
Luonnonvarat ja biotalous
Tietotie 4
31600 Jokioinen
Puh. 029 532 6622
E-mail: jaana.uusi-kamppa@luke.fi

Kari Ylivainio, Kristiina Regina, Eila Turtola (Luke),
Vincent Westberg ja Merja Mäensivu (Etelä-Pohjanmaan Ely-keskus),
Rainer Rosendahl (ProAgria Österbotten),
Peter Östberg (Åbo Akademi),
Seija Virtanen (Salaojituksen Tukisäätiö),
Helena Äijö (Salaojayhdistys ry) ja
Markku Yli-Halla (Helsingin yliopisto)

TAVOITTEET

Hankkeen tavoitteena oli, että demonstraatiokentälle asennetut automaattiset mittauslaitteet saadaan pidettyä toiminnassa. Niistä saatuja tuloksia (salaojanveden pH, johtoluku, nitraattityypipitoisuus ja pohjavedenpinnan korkeus, maan lämpötila ja kosteus, sademäärä sekä ilman kosteus ja lämpötila) voidaan lukea reaaliajassa Internetin kautta. Jatketaan vesinäytteenottoa ja satoseurantoja. Kenttää voidaan myös hyödyntää koulutilaisuuksissa ja työnäytöksissä. Tutkimuskysymykset olivat

1. Miten pohjaveden korkeus vaikuttaa HS-mailta lähtevään happamuus-, sulfaatti-, typpi-, fosfori- ja metallikuormaan?
2. Onko pohjaveden korkeudella vaikutuksia satotasoon, sadon laatuun ja kasvien metallienottoon?
3. Vaikuttaako pohjaveden korkeus HS-maiden typpioksiduulipäästöihin?

TULOKSET

Vaikka pohjaveden pinta saatiin pidettyä korkealla altakastelussa ja säätösalaajituksessa, muutoksia maa pH-luvussa ei havaittu. Pellon reunaan 1,8 m:n syvyyteen asti upotetulla muovikalvolla pystyttiin ehkäisemään veden virtaus pois pellolta. Salaojaveden pH vaihteli 3,8:sta 4,5:een, ja happamimmat vedet olivat tavanomaisesti ojitetulla pellolla. Asiditeetti vaihteli keväällä välillä 2,0 ja 2,5 mmol/l ja syksyllä välillä 2,7 ja 3,7 mmol/l tavanomaisesti ojitetulla lohkolla. Altakastelussa ja säätösalaajituksessa oli alhaisemmat arvot, mutta nekin ylittivät reippaasti jokivesissä kaloille haitallisen arvon 0,03 mmol/l.

Sähkönjohtokyky ja rikkipitoisuus käyttäytyivät valumavesissä samalla tavalla. Pitoisuudet laskivat vuodesta 2010 lähtien, mutta lasku näyttää pysähtyneen syksyn 2012 jälkeen (Liite 2). Samoin laskivat kloori- ja alumiinipitoisuudet. Alumiinin osalta suurimmat pitoisuudet mitattiin tavanomaisesti ojitetulla lohkolla, ja pienimmät säätösalaajituksessa ja altakastelussa. Myös kadmium- ja nikkelipitoisuudet laskivat vuosien kuluessa, mutta koejäsenten välillä ei ole juurikaan eroja. Raudan pitoisuus on noussut altakastelussa.

Sadossa ei ole suuria eroja eri käsittelyjen välillä sateisina ja normaaleina vuosina. Sen sijaan kuivana vuotena altakastelu lisäsi satoa. Maassa on niin runsaasti typpeä, että kesällä 2014 vehnäsadot olivat ilman lannoitusta yli 3000 kg/ha säätösalaajituksessa ja altakastelussa.

Typpioksiduulipäästöt olivat kaikilla koejäsenillä suuria. Kesän 2014 antavat viitteitä, että pitkällä aikavälillä altakastelu saattaisi vähentää päästöjä. Myös salaojavedessä on runsaasti nitraattityppeä. Pohjamaan mineraalitypen määrää tulisi saada vähennettyä, jotta typpipäästöjä voidaan vähentää.

TULOSTEN ARVIOINTI

Kentällä tapahtuvat prosessit ovat hitaita eikä näköpiirissä ole nopeita prosesseja, joilla ympäristökuormitus vähenisi. Valumavesien metallipitoisuudet ovat laskeneet kaikilla koejäsenillä. Syynä saattaisi olla muovin asentaminen pellon reunaan. Koetta on hyvä jatkaa nykyisen asiantuntijaryhmän kanssa, jotta ymmärrys happamien sulfaattimaiden mekanismeista alkaisivat selvitä. Sitä myöten on mahdollisuus päästä paremmin vaikuttamaan kuormitukseen.