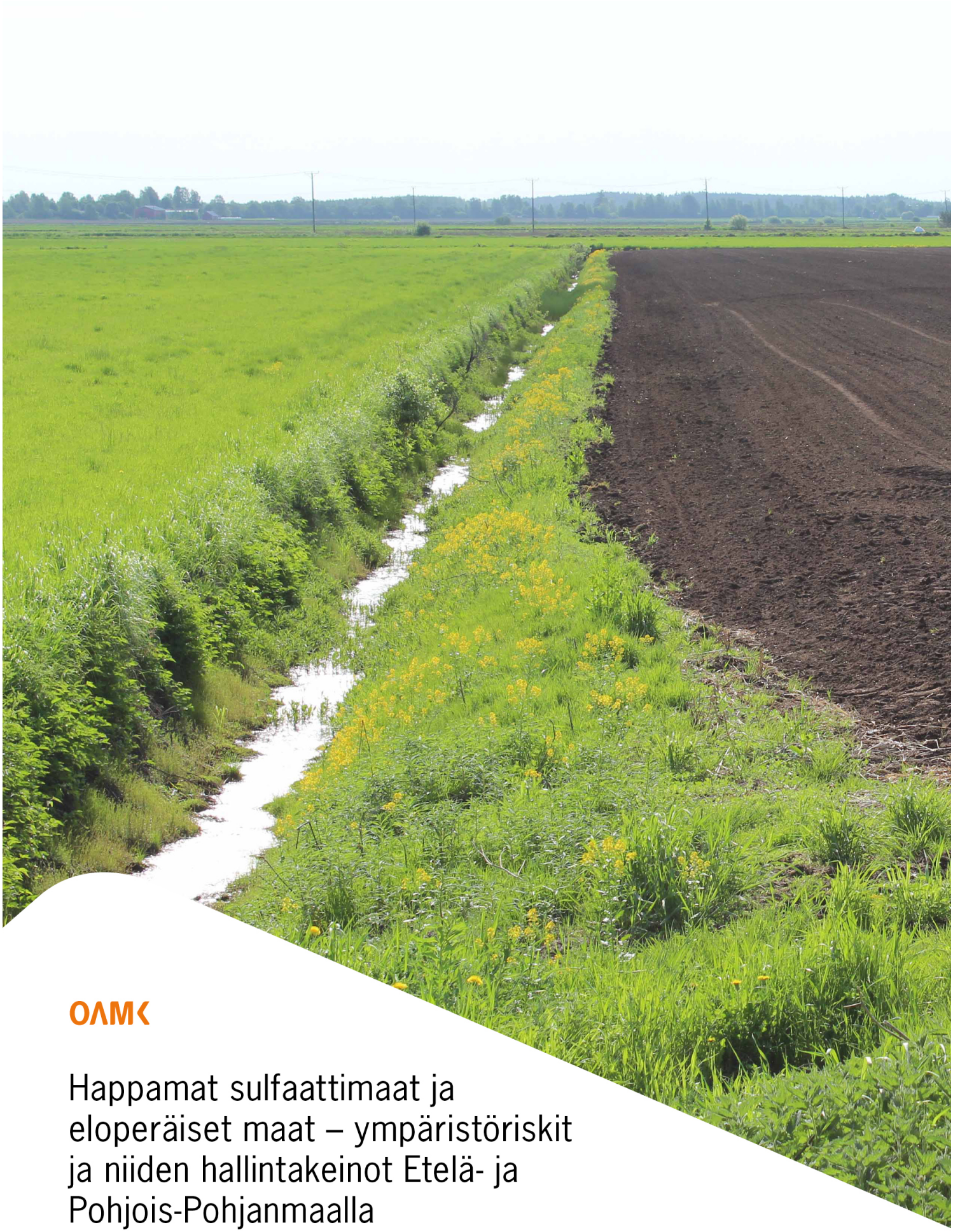


OAMK

Happamat sulfaattimaat ja eloperäiset maat – ympäristöriskit ja niiden hallintakeinot Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla

HYDRO-POHJANMAA –HANKKEEN LOPPUJULKAISU 2

KAIJA KARHUNEN, SARITA VENTELÄ, ANNA SAARELA, RAIJA SUOMELA, OUTI LAURINEN, JONI KOSAMO, JAAKKO UUSITALO, JARKKO SPOOF, LAURA KARHU, ELISA LAMPELA

Kaija Karhunen, Sarita Ventelä, Anna Saarela, Raija Suomela, Outi Laurinen, Joni Kosamo,
Jaakko Uusitalo, Jarkko Spoof, Laura Karhu, Elisa Lampela

Happamat sulfaattimaat ja eloperäiset maat – ympäristöriskit ja niiden hallintakeinot Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla

HYDRO-POHJANMAA –HANKKEEN LOPPUJULKAISU 2

Julkaisija Oulun ammattikorkeakoulu
Oulu 2014

ISBN 978-951-597-124-1 (nid.)
ISBN 978-951-597-125-8 (PDF)

Kannen kuva: Kaija Karhunen
Paino, Erweko Oy 2014

Esipuhe

Hydro-Pohjanmaa -hankkeessa (2012–2014) keskityttiin Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan maatalouden vesiensuojelun erityiskysymyksiin. Alueen erityispiirteitä ovat happamat sulfaattimaat ja eloperäiset maat. Happamia sulfaattimaita esiintyy Suomessa rannikkoalueella ainakin Oulun korkeudelle asti. Niitä alkoi syntyä Itämeren alueelle viime jääkauden jälkeen pääasiassa Litorinakaudella noin 8 500 vuotta sitten. Happamien sulfaattimaiden erityispiirteitä ovat happamuus, korkea rikkipitoisuus ja runsas metalliyhdisteiden määrä.

Happamat sulfaattimaat syntyvät, kun aikaisemmin meren pohjassa olleet maakerrokset pääsevät hapettumaan maan kohoamisen, kuivatuksen ja muokkauksen myötä. Rikkipitoisen sulfidikerroksen hapettuessa syntyy rikkihappoa, joka happamoittaa sekä maata että valumavesiä. Hapan vesi liuottaa myös maasta eliöille haitallista alumiinia ja raskasmetalleja, jotka aiheuttavat monia haitallisia vaikutuksia vesistöissä.

Nykyään Suomen maatalouskäytössä olevasta peltomaasta on noin 260 000 hehtaaria turvemaata. Turvemaiden osuus koko peltoalasta on Etelä-Pohjanmaalla noin 18 % ja Pohjois-Pohjanmaalla noin 28 %. Kaiken kaikkiaan eloperäisten viljelymaiden osuus peltoalasta on Etelä-Pohjanmaalla noin 22 % ja Pohjois-Pohjanmaalla noin 29 %, kun se koko maassa on noin 15 %.

Turvemailla on todettu olevan huomattavasti suuremmat hehtaarikohtaiset vesistövaikutukset kuin kivennäismailla. Toisaalta maatalouskäytössä olevia turvemaita ja niiden ympäristövaikutuksia on Suomessa tutkittu vähän. Etenkin Pohjois-Suomessa tehokkaassa nurmiviljelyssä olevia turvepeltoja ja niiden aiheuttamaa typpi- ja fosforikuormitusta ei ole juurikaan tutkittu.

Maatalouden haitallisista ympäristövaikutuksista kerrotaan Suomessa paljon koko valtakunnan tasolla ja perusteluissa käytetään valtakunnallisia keskiarvoja. Olosuhteet maamme eri osissa kuitenkin vaihtelevat suuresti sekä maaperän että ilmasto-olojen osalta. Myös viljeltävät kasvilajit, viljelytekniikka ja viljelyn intensiivisyys vaihtelevat huomattavasti jopa tilojen välillä. Näistä syistä tarvitaan alueellista tutkimusta ja tietoa maatalouden vesistövaikutuksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä sekä keinoista, joilla haitalliset vaikutukset voidaan minimoida. Hydro-Pohjanmaa -hankkeen tavoitteena oli Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan maakunnissa löytää maatalouden vesiensuojeluun uusia keinoja, joilla edistetään vesistöjen ekologisen ja kemiallisen tilan paranemista.

Tähän raporttiin on koottu Hydro-Pohjanmaa –hankkeessa tehdyt happamiin sulfaattimaihin ja eloperäisiin maihin liittyvät tutkimukset ja selvitykset. Hanketta on hallinnoinut Seinäjoen ammattikorkeakoulu (Elintarvike ja maatalous) ja toteuttajina ovat olleet lisäksi Oulun ammattikorkeakoulu (Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö) ja MTT Ruukin toimipiste.

Oulussa 11.12.2014

Kaija Karhunen

Oulun ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö

Sisällys

1 Sulfaattimaalta vapautuvan happaman vesistökuormituksen hillitseminen säätökastelun ja säätöojituksen avulla – seurantakauden 2010–2014 tuloksia Siikajoen valuma-alueelta

Raija Suomela
MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, etunimi.sukunimi@mtt.fi

1.1 Johdanto

Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevan Siikajoen valuma-alueella on todettu esiintyvän paljon happamia sulfaattimaita eli alunamaita (Suomela ym. 2013). Geologian tutkimuskeskuksen kartoitusten mukaan kyseisellä alueella pelkistyneitä rikkiyhdisteitä (sulfideja) sisältävä maakerros alkaa 1–1,5 metrin syvyydessä. Sulfidipitoiset pohjamaan maakerrokset tunnistaa yleensä helposti niiden sinisenmustasta, harmaan mustasta tai mustasta väristä, joka aiheutuu rautasulfidista (FeS ja FeS2).

Siikajoen valuma-alueella on erittäin vahvat maa- ja metsätalouden perinteet. Tehokas kuivatus on ollut välttämätön alueen yleisen elinkelpoisuudelle ja elinkeinoihin liittyvälle perustuotannolle. Maan kuivattaminen on kuitenkin voinut johtaa rikkipitoisen pohjamaan hapettumiseen. Pohjamaan sulfidikerroksen hapettumisesta seuraa happamuuden ja metallien vapautumista valumavesiin ylivirtaamakausina: Kuivana kesänä maa voi kuivua syvältä, ilmaa (happea) pääsee syvälle maakerroksiin ja sulfidien hapettuminen on tavanomaista runsaampaa. Kuivan kesän jälkeen syyssateet huuhtovat vesistöihin maaperästä runsaasti happamuutta ja happamaan veteen liuenneita metalleja. Happaman vesikuorman aiheuttamia kalakuolemia on havaittu valuma-alueella ainakin vuosina 2006 ja 2010. Kyseiset vuodet olivat syyskesän osalta äärimmäisen kuivia. Ilmastonmuutoksen ja sääilmiöiden äärevöitymisen pelätään lisäävän happamuuspiikkejä rannikon joissa.

Maanomistajat ja maankäytön ammattilaiset ovat törmänneet sulfaattimaiden problematiikkaan lähinnä tuotannollisesta näkökulmasta – sulfaattimaa on vaatinut kunnostamisen (peruskuivatus, vahva kalkitus), minkä jälkeen siitä on saatu erittäin tuottavaa viljelymaata. Sulfaattimaiden kuivattamisen vesistövaikutuksista ei paikallisilla ihmisillä ole ollut juurikaan tietoa (Suomela 2013).

Hydro-Pohjanmaa –hankkeessa vuosina 2013 ja 2014 toteutettu seuranta MTT Ruukin ojitusmenetelmäkokeesta oli jatkoa HaKu –hankkeessa vuosina 2010–2012 aloitetulle seurannalle. Ojitusmenetelmäkokeessa saatiin hankkeen aikana arvokkaita tuloksia siitä, miten maan tasapainottuminen jatkuu tavanomaista syvempään ojitetulla sulfaattimaalohkolla. Tutkimus on tuonut alueellisesti merkittävää lisätietoa paikallisille maanomistajille ja viranomaisille kohtuullisen pitkän viljelyhistorian omaavan sulfaattimaapohjaisen pellon ominaisuuksista happaman vesistökuormituksen aiheuttajana.

1.2 Ojitusmenetelmäkokeen seurantamenetelmät vuosina 2013–2014

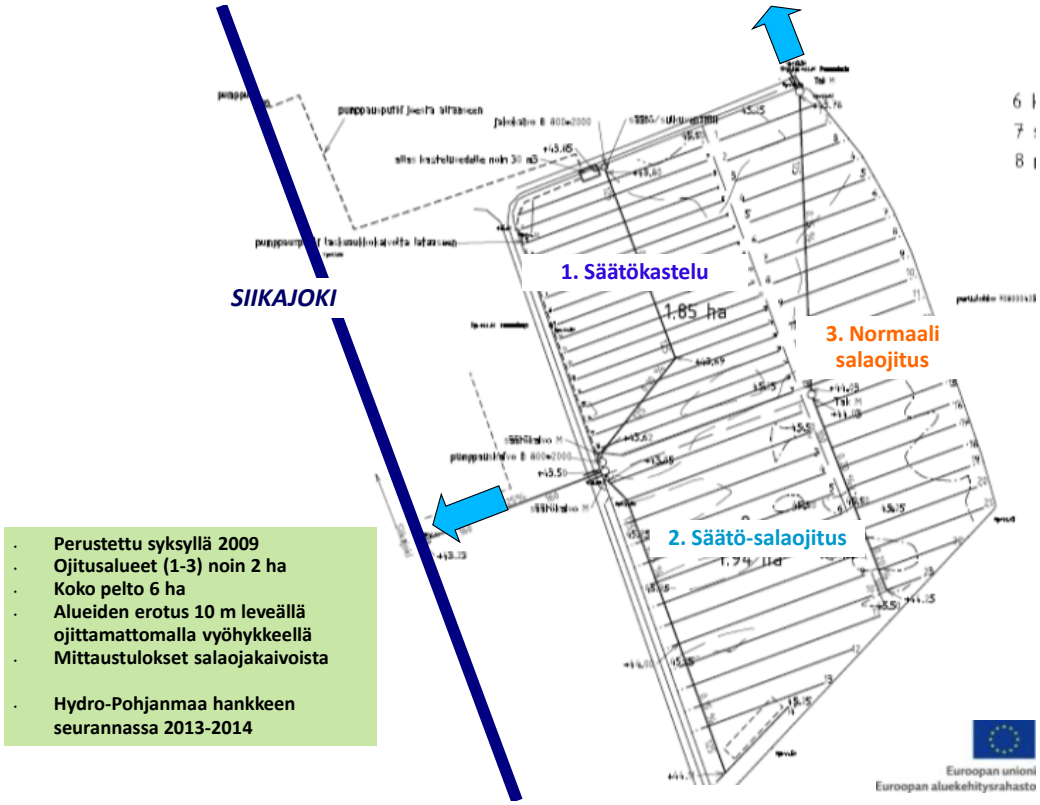
MTT Ruukin tutkimusasemalla sijaitsevan koekentän tarkka kuvaus kentän toiminnasta, hoitotöistä ja tuloksista vuosien 2010–2012 osalta on esitetty HaKu-hankkeen loppuraportissa (Suomela ym. 2013). Koealueen havainnointia ja vesinäytteiden analysointia vähennettiin selkeästi koejaksolla 2013–2014.

Koealue (kuva 1) perustettiin syksyllä 2009. Alueella testattiin vuodesta 2010 alkaen erilaisten salaojamenetelmien vaikutusta pellolta poistuvan veden laatuun ja maan sadontuottokykyyn. Koealue sijaitsee Siikajoen läheisyydessä noin 45 m mpy, ja koealueen maaperä on alueelle tyypillistä sulfaattimaata. Testilohkon kyntökerros on erittäin runsasmultaista karkeaa hietaa tai multamaata ja pohjamaa on pääasiassa hienoa hietaa tai hiesusavea. Testilohko on ollut viljelyssä noin 100 vuotta ja sen pohjamaassa hapettumaton sulfideja sisältävä maakerros alkaa nykyisin yleensä 1,3–1,6 m syvyydellä maanpinnasta.

Testattavat ojitusmenetelmät olivat 1) säätökastelu, jossa pohjavedenkorkeus pyrittiin kasvukaudella pi-tämään kastelun avulla vähintään 80–100 cm maanpinnasta, 2) säätösalaojitus, jossa pohjavettä padottiin salaojaverkostossa ja 3) tavanomainen salaojitus ilman veden patoamista. Kukin ojituslohko oli kooltaan noin 2 ha. Ojitussyvyys oli noin 1,3 m, mikä on selvästi syvempi kuin alueella tyypillinen 1,0 m ojasyvyys. Tavanomaista syvempi ojitus tehtiin, koska ojituksen haluttiin selvästi ulottuvan ongelmalliseen pohjamaahan. Imuojien väli oli säätösalaojitusalueella ja tavanomaisesti ojitetulla alueella 10 m ja säätökastelualueella 8 m tasaisen kasteluveden jakautumisen varmistamiseksi. Koelohko on erittäin tasainen, sen suurin mitattu kaltevuus oli 0,14 %. Koekentän korkeusero vierellä virtaavaan Siikajokeen oli jopa 3 m (visuaalinen arvio).

Säätökastelualueella kasteluvesi pumpattiin Siikajoesta uppopumpulla ojituslohkon yläosassa olevaan kastelualtaaseen (30 m^3). Kasteluvesi siirtyi kastelualtaasta ns. jakokaivon kautta säätösalaojaverkostoon. Säätökastelualueen pohjaveden korkeus pyrittiin pitämään koko kasvukauden ajan kastelun avulla lähellä alueen säätökaivon padotuskorkeutta, noin 80–100 cm maanpinnasta. Kastelu ajoitettiin ajastimella, ja kasteluaika suunniteltiin sääennusteiden perusteella. Kasteluvesimäärä arvioitiin vuosina 2013–2014 pumpun keskimääräisellä tuotolla ja sen tarkalla käyttöajalla. Kastelualueella mahdollinen kasvukauden aikainen ylivirtaama ohjattiin pumppukaivoon, josta se pumpattiin takaisin kastelualtaaseen (ns. kuivatusveden kierrätys). Kasvukauden ulkopuolella ylivirtaama ohjattiin laskuaukkokaivon kautta pois peltoalueelta.

Säätöojitusalueen padotuskorkeus oli 70–80 cm maanpinnasta. Säätöalueen ylivirtaama ohjattiin säätö-kaivosta laskuaukon kautta pois pellolta. Säätöalueella ei ollut kuivatusveden kierrätysmahdollisuutta tai salaojakastelua. Kevään 2010 jälkeen säätökastelualueen ja säätösalaojitusalueen padotukset pidettiin jatkuvasti (myös talvikaudet) päällä. Padotus nähtiin järkevänä pitää säädetyllä kohtuullisella korkeudella vuosien yli, jottei padotus myöhästyisi tai ettei sitä unohdettaisi hoitaa.



Kuva 1. MTT Ruukin koekenttä

Ylivirtaaman määrää mitattiin pumppaamalla ylivirtaamavesi uppopumpulla vesimittarin läpi. Tavanomaisesti salaojitetulla alueella virtaamamittaus oli koeteknisistä syistä haasteellista, eikä kyseiseltä ojitus-alueelta saatu luotettavia virtaamatuloksia; tällä alueella esiintyi ajoittain tulvaa piiriojiin kertyvän veden takia.

Pohjavedenpinnankorkeutta mitattiin salaojakaivoista TruTrack WT-HR pinnankorkeusloggereilla vuosina 2013–2014 60 minuutin pinnankorkeushavaintojen keskiarvoina. Loggeridata tarkistettiin yleensä pari kertaa viikossa suoritetuin käsimittaustuloksin. Tilanteissa, joissa pohjavedenpinta meni ojitussyvyyttä alemmas, pohjaveden todellista korkeutta ei tiedetty. Tällainen tilanne vallitsi tyypillisesti tavanomaisesti salaojitetulla alueella.

Veden pH mitattiin salaojakaivoista kannettavalla pH-mittarilla (FennoLab Multi 3410). Mittaus tehtiin useita kertoja viikossa keväällä ja syksyllä virtaamien ollessa voimakkaimmillaan ja yleensä kerran viikossa keski-kesällä ylivirtaamien päätyttyä.

Vesinäytteitä otettiin salaojakaivoista huhtikuun ja joulukuun välisenä aikana. Voimakkaimman ylivirtaama-aikaan näytteenottotiheys vuosina 2013 ja 2014 oli yksi näyte viikossa, mutta virtaaman ollessa vähäisempää näytteenottotiheys oli noin kerran kuukaudessa. Näytteet otettiin 0,5 l muoviastioihin tai lasisiin ns. happipulloihin ja niistä analysoitiin Suomen Ympäristöpalvelussa yleensä sähkönjohtavuus, pH, asiditeetti ja alumiini sekä noin kerran ylivirtaamajaksolla edellisten lisäksi sulfaatti-, rauta-, koboltti-, nikkeli- ja mangaanipitoisuudet sekä ravinteista kokonais- ja liukoisen typen- ja fosforin pitoisuudet.

Koekentällä mitattiin myös ojitusmenetelmien vaikutusta alueelta saatavaan satoon. Koevuosien lannoitukset toteutettiin ympäristötukiehtojen lannoitussuositusten mukaisesti. Nurmisadot punnittiin korjuun yhteydessä Haldrup-koeruutuniittokoneella niin, että kunkin koejäsenen alalta niitettiin neljä kertaa noin 20 m2 alue satomääritystä varten. Tarkka sadonkorjuuala määritettiin mittaamalla korjuualue tarkasti käsimitalla heti niiton jälkeen. Niittonäytteestä määritettiin kuiva-ainepitoisuus kuiva-ainesadon laskemista varten.

1.3 Koekentän tuloksia seurantakaudelta 2010–2014

Hydro-Pohjanmaa –hankkeessa seurattiin koekenttää vuosina 2013 ja 2014. Kaikki ajanjaksolla kertyneet tulokset liitettiin osaksi ojitusmenetelmäkentän aiempia seurantatuloksia. Näin saatiin erittäin arvokasta tietoa siitä, mitkä olivat vuonna 2009 tehdyn ojituksen ja sen jälkeen suoritetuiden koejärjestelyiden vaikutukset pitemmällä aikajaksolla kuin vain pari ensimmäistä ojituksen jälkeistä vuotta.

1.3.1 Säätiedot

Seurantajaksolla 2010–2014 oli neljä pitkän ajan (1981–2010) keskiarvoa lämpimämpää kasvukautta (taulukko 1). Kylmä ja sateinen vuosi 2012 erottui säähavainnoiltaan kaikista muista vuosista. Erittäin kuiva kasvukausi oli vuonna 2010, jolloin kesäkuukausien keskimääräiset tai vähäiset sademäärät eivät riittäneet korvaamaan lämmön aiheuttamaa suurta haihdunnan määrää. Kuivuus heijastui tuolloin mm. vilja- ja nurmikasvustojen kasvuun ja kehitykseen. Myös loppukesä ja syksy 2014 olivat erittäin kuivia. Olosuhteilla oli selkeät vaikutukset myös koekentän valumavesien laatuun vuosittain.

Taulukko 1. Seurantakauden 2010–2014 keskilämpötilat ja sadesummat kuukausittain, kasvukausittain ja vuositasolla

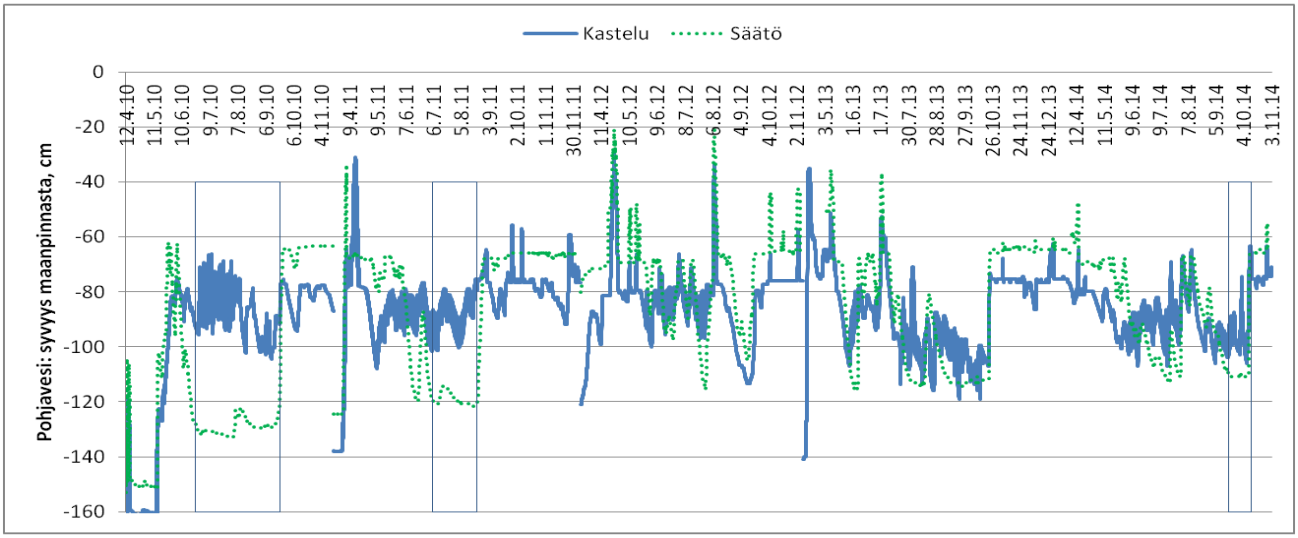
Kuukausi	Keskilämpötilat, °C						Sadesummat, mm					
						1981–2010						1981–2010
Tammikuu	-14,6	-8,8	-9	-7,5	-10,1	-9,3	10	43	24	29	12	38
Helmikuu	-12,3	-15,8	-11,3	-5,4	-1,1	-9	36	12	35	16	37	28
Maaliskuu	-6,6	-3,4	-2,3	-9,6	-0,1	-4,5	62	36	19	9	31	29
Huhtikuu	2,6	3,6	0,7	1,2	2,8	1,7	23	11	46	30	11	22
Toukokuu	10,9	8,6	7,9	11,6	8,5	7,9	24	29	65	31	45	42
Kesäkuu	12,1	15,7	11,8	16,2	11,8	13,1	35	53	76	88	31	50
Heinäkuu	18,6	18	16	15,4	19,0	15,9	59	64	74	84	115	77
Elokuu	13,6	14,3	13,5	14,8	15,4	13,5	72	86	83	48	44	71
Syyskuu	8,9	10,9	9	10,6	9,9	8,4	65	81	52	31	18	50
Lokakuu	3,8	5,2	2,9	3,6	1,7	3,1	37	59	84	61	78	52
Marraskuu	-5,7	2	0,2	0		-2,7	25	30	33	71		44
Joulukuu	-13,9	-0,3	-6,2	-1,6		-7	14	71	29	85		37
Huhtikuu-lokakuu	10,1	10,9	8,8	10,5	9,9	9,1	315	383	480	373	343	349
Koko vuosi	1,4	4,2	2,1	4,1	*	2,6	462	575	616	583	*	540

*Tietoja ei ollut raportoidessa vielä saatavilla

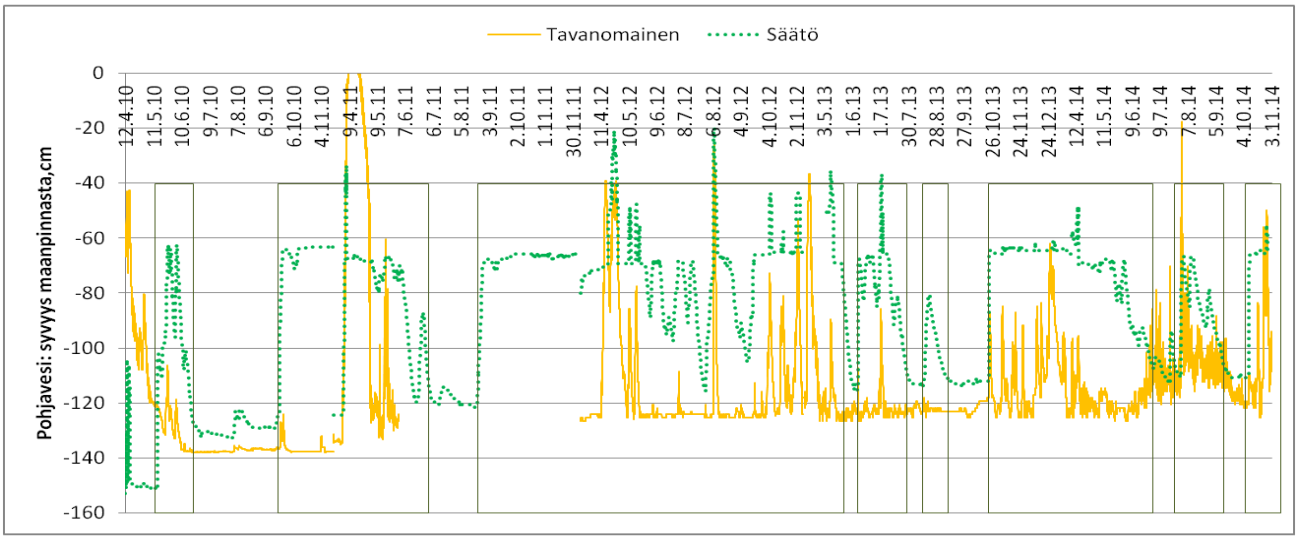
1.3.2 Ojitusmenetelmän vaikutus pohjaveden pinnankorkeuteen

Ojitusmenetelmillä pyrittiin vaikuttamaan pohjaveden pinnankorkeuteen niin, että kastelualueella ei riittävän korkean pohjaveden ansiosta tapahtuisi sulfidin hapettumista. Säätöojituksessa ympärivuotinen pohjaveden patoamisen arveltiin hidastavan pohjaveden pinnan laskemista ja näin vähentävän pohjamaan pitkäaikaista kuivumista syvältä. Säätösalaojituksen tiedettiin myös vähentävän valumaveden määrää ylivirtaamakausina merkittävästi, jolloin happaman kuormituksen kokonaismäärä alueelta olisi tavanomaista salaojitusta vähäisempi.

Seurantajaksolla todettiin pohjavedenpinnankorkeuksien toteutuvan suunnitelmien mukaan kastelu- ja säätöojitusalueilla (kuva 2), mutta tavanomaisella salaojitusalueella (kuva 3) piiriojan tulviminen ja rajut sadekuurot hetkellisesti nostivat pohjaveden pinnan varsin korkeaksi. Joka tapauksesta tavanomaisen ojitusalueen vesi virtasi vapaasti alueelta pois, vaikka pohjaveden pinnankorkeus hetkellisesti kasvoikin. Kastelun etu säätöojitukseen verrattuna näytti liittyvän erittäin pitkäkestoisiin kuiviin ajanjaksoihin. Pitkäkestoinen kuivuus (n. 2,5 kk) ilmeni kasvukaudella 2010.



Kuva 2. Kastelu- ja säätöojitusalueiden pohjaveden korkeus (syvyys maanpinnasta) seurantakaudella 2010–2014. Kastelulla oli säätöojitukseen verrattuna selkeä vaikutus pohjavedenkorkeuteen vuosina 2010, 2011 ja 2014 (kuvassa siniset kehykset).



Kuva 3. Tavanomaisen ja säätöojitusalueen pohjaveden korkeus (syvyys maanpinnasta) seurantakaudella 2010-2014. Säätöojituksen oli seurantajaksolla hyvin usein edullinen vaikutus pohjaveden korkeuteen (ja alueelta poistuvan veden määrään) tavanomaiseen salaojitukseen verrattuna (kuvassa vihreät kehykset).

1.3.3 Kasteluveden määrä ja kustannukset

Kasvukaudella kastelutarpeeseen vaikuttivat mm. sademäärät, ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus. Suurinta vilja- ja nurmikasvustojen haihdunta oli, kun sää oli lämmin ja tuulinen. Äärimmäisen kuivana vuonna 2010 riittävä kastelu turvattiin kiinteällä sähköpumpulla, mutta pumpun käyttö nosti kastelun kustannusta huomattavasti (taulukko 2). Muina vuosina kasteluun riitti tavallinen uppopumppu, kun pumppausta tehtiin kohtuullisen säännöllisesti. Kastelun tehokkuutta saattoi vähentää se, ettei kastelualueen maaperää eristetty ja vesi pääsi periaatteessa virtaamaan maan sisässä sivusuunnassa. Muilla ojitusalueilla ei kuitenkaan havaittu vedenpinnan korkeuden tai veden laadun muutoksia kastelualueen kastelun aikoina.

Taulukko 2. Kastelun toteutuminen seurantajaksolla 2010–2014

Vuosi	Kasvukauden kastelujakso pvm	Vesimäärä t	Vesimäärä mm	Sähkökustannus € /ha
2010	21.5. - 10.9.2010	5500	275	550*
2011	9.5. - 1.9.2011	1900	170	24
2012	29.5. – 10.8.2012	170	8,5	1,2**
2013	27.5. – 14.10.2013	406	20	5,1
2014	6.6. – 24.7.2014	180	9,9	2,5

*Kokeen hoitoon liittyvä suuri kustannus, todellinen sähkökustannus olisi noin 70 € /ha
**Kastelu todettiin myöhemmin tarpeettomaksi kyseisenä kasvukautena

1.3.4 Säätökastelu- ja säätöojitusalueiden ylivirtaamamäärät

Säätöojitus vähensi todennäköisesti huomattavasti kokonaisvirtaaman määrää vuosittain. Tarkkaa arviota ei voitu tehdä koska tavanomaisesti salaojitetulta alueelta ei pystytty mittaamaan virtaamaa. Kastelualueen ja säätöojitusalueiden ylivirtaamissa ei ollut vuosittain suuria eroja, sillä molemmat alueet oli säädetty patoamaan vettä lähes samanlaisella padotuskorkeudella (taulukko 3, kuvat 4 ja 5). Säätöojitusalueella vedenpinnankorkeus ja virtaama reagoivat sateisiin kuitenkin aina hieman kastelualuetta nopeammin, eli säätöojitusalueen maaperän vedenläpäisykyky oli todennäköisesti säätökastelualuetta suurempi. Keväällä 2010 ja 2011 kun säätöjä ei pidetty talvikautta päällä, olivat ylivirtaamat huomattavasti seuraavia kevätkausia suuremmat. Kyseiset vuodet olivat kuitenkin myös muita vuosia runsaslumisempia.

Ylivirtaamakausille oli tyypillistä keväällä voimakas ja lyhytkestoinen virtaama ja syksyllä tasainen ja vuorokausittain melko pieni virtaama. Talvikausi 2013–2014 oli tässä suhteessa poikkeuksellinen, kun lumipeitettä ei kertynyt juuri lainkaan ja kevään 2014

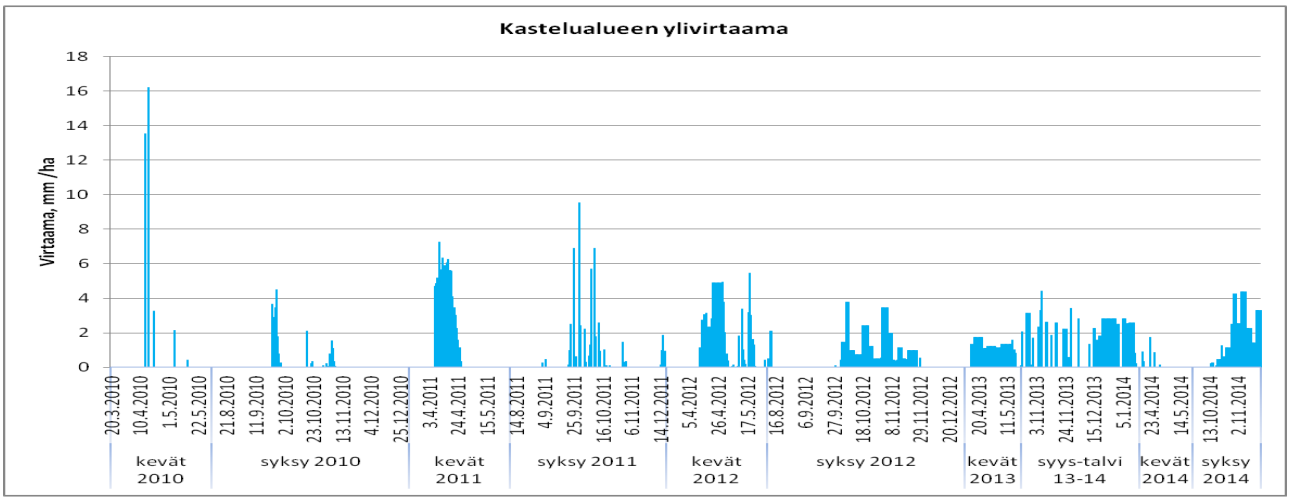
virtaamat olivat vähäisiä. Kevään virtaama pelloilta alkoi yleensä vasta, kun lumensulamisvesi läpäisi roudan ja pääsi salaojastoon. Tasaisten peltolohkojen vuoksi pintavalunnan määrä oli havaittu kohtuullisen pieneksi.

Säätöojitusalueella vesimittari rikkoutui kevään 2013 ylivirtaamakaudella eikä alueelta saatu virtaamamittaustulosta (kuva 5). Laskennassa käytettiin säätökastelualueen virtaamatuloksia molemmille ojituslohkoille kyseisellä ajanjaksolla (taulukko 3).

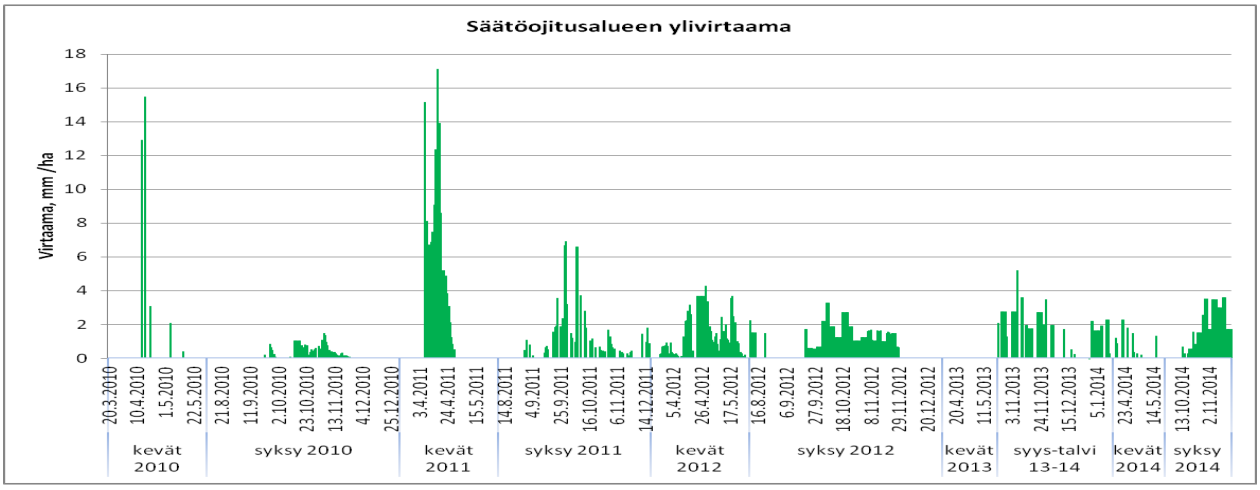
Taulukko 3. Säätökastelu- ja säätöojitusalueiden ylivirtaamamäärät ylivirtaamakausilla vuosina 2010–2014

	Ylivirtaamat			
	Säätökastelu		Säätöojitus	
Kausi	m^3	mm	m^3	mm
Kevät 2010	-	-	-	-
Syksy 2010	240	24	250	25
Kevät 2011	900	90	1500	151
Syksy 2011	540	54	800	79
Kevät 2012	900	90	920	92
Kesä 2012	260	26	140	14
Syksy 2012	850	85	1100	112
Kevät 2013	443	44	443*	44*
Syksy 2013**	1218	121	948	95
Kevät 2014	41	4	122	12
Syksy 2014***	747	75	732	73
Keskimäärin keväällä	**571**	**57**	**746**	**75**
Keskimäärin syksyllä	**719**	**72**	**766**	**77**
Keskimäärin vuodessa	**1475**	**147**	**1676**	**168**

*Kevään 2013 säätöojitusalueen tuloksina käytettiin kastelualueen ylivirtaamatuloksia alueen tulosten puuttuessa
**Syksyn 2013 ylivirtaamaluvussa on mukana pitkälle tammikuuhun jatkunut "syksyn" ylivirtaama
***Syksyn 2014 tarkastelu päättyy 18.11.2014 eli kyse ei ole koko syyskauden ylivirtaamasta



Kuva 4. Säätökastelualueen ylivirtaamat (pellolta poistunut vesi) mm /ha vuosien 2010-2014 eri virtaamakausina



Kuva 5. Säätöojitusalueen ylivirtaamat (pellolta poistunut vesi) mm /ha vuosien 2010-2014 eri virtaamakausina. Keväällä 2013 rikkoutui vesimittari eikä alueelta saatu virtaamatulosta

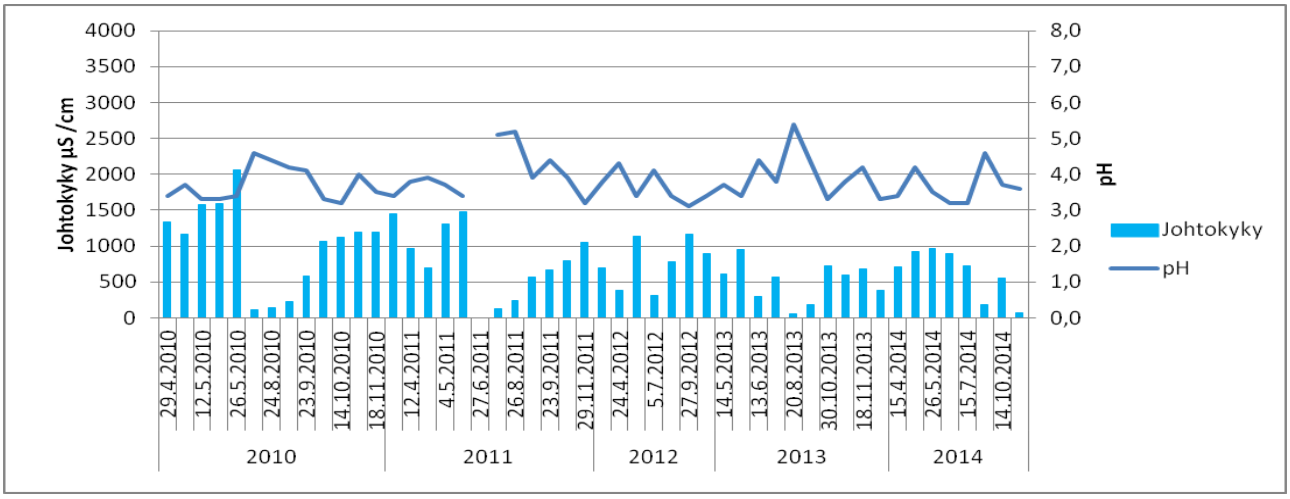
1.3.5 Veden laatutulokset 2010–2014

1.3.5.1 pH, asiditeetti, metallipitoisuudet

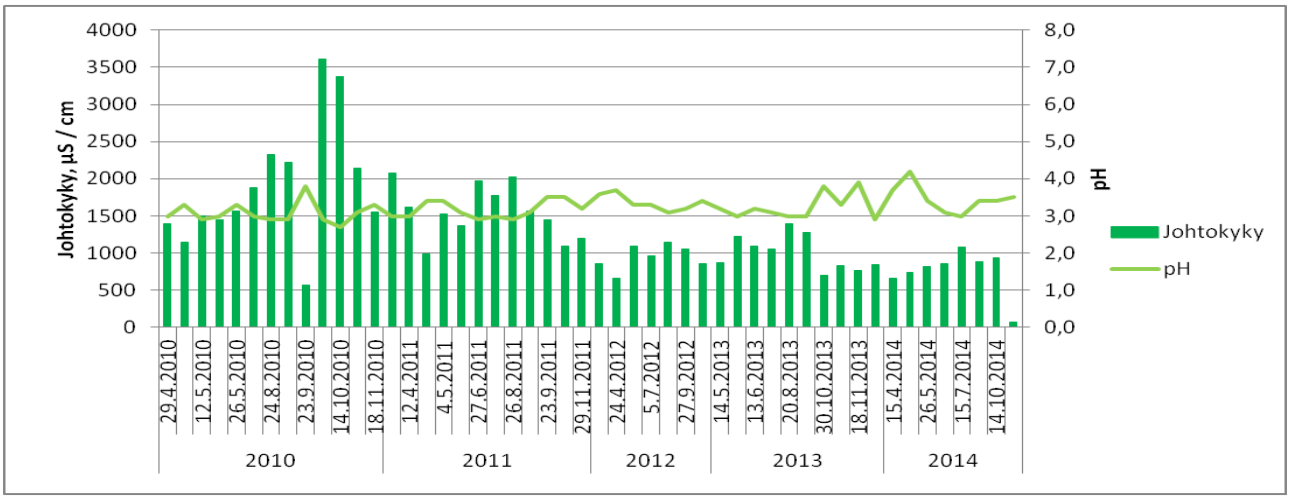
Salaojakaivoista mitatun veden laatu oli kaikilla ojituslohkoilla koko seurantakauden ajan erittäin huono (kuvat 6–14). Ylivirtaamakausilla pH oli hyvin usein alle 4,0 säätökastelu ja säätöojitus –alueilla. Tavanomaisesti salaojitettu alue, jonka pohjamaan havaittiin sisältävän vähemmän sulfidia, erottui parempien vedenlaatutulosten perusteella säätökastelu- ja säätöojitusalueista. Kastelualueella kasteluveden pumppaaminen ja tavanomaisen salaojituksen alueella piiriojan veden tulviminen nostivat hetkellisesti pH arvoa ja laskivat samalla mm. johtokyky-, asiditeetti- ja metallipitoisuuksia.

Koko seurantakauden 2010-2014 tarkastelu antoi viitteitä veden laadun (er. asiditeetti, mutta myös pH ja johtokyky) parantuneen systemaattisesti syksyn 2010 luvuista. Ilmiö heijastui myös metallipitoisuuksien kehitykseen koejaksolla (kuvat 12–14). Säätökastelun etu säätöojitukseen verrattuna havaittiin veden laatuarvoissa syksyllä 2010 äärimmäisen kuivan syksyn jälkeen, kun säätöojituksen asiditeetti ja metallipitoisuudet olivat huomattavan korkeat. Kyseisen syksyn vähäisen ylivirtaaman takia ei säätöojituksen vesistökuormitus ollut kuitenkaan keskimääräistä syksyn kuormitusta suurempaa.

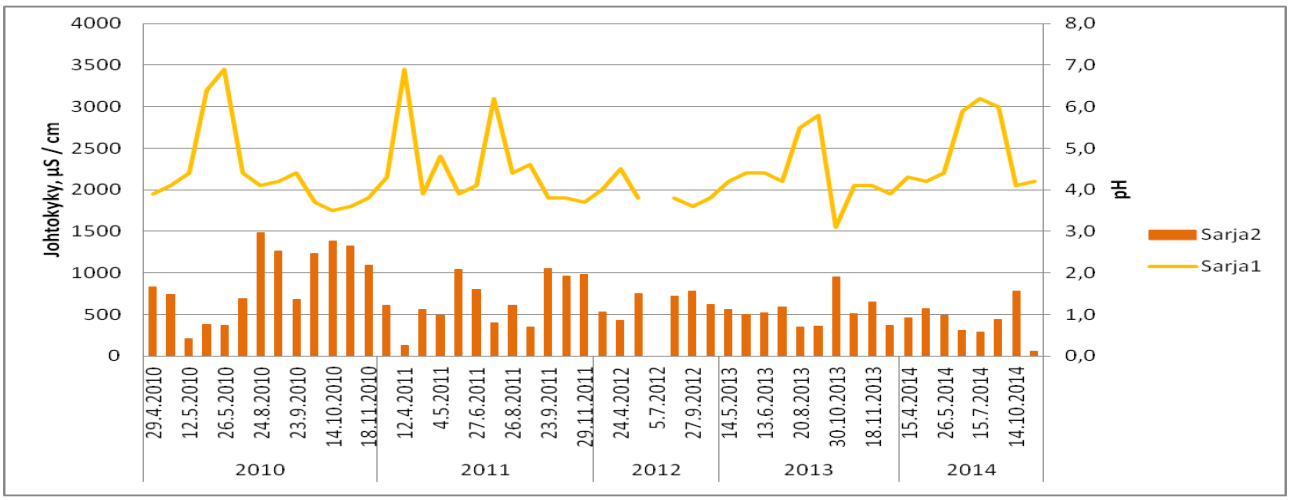
Seurantajaksolla 2013–2014 vähennettiin sulfaatti- ja metallipitoisuuksien analysointia kustannussyistä. Alumiini- ja sulfaattipitoisuuksilla oli kuitenkin erittäin selkeä yhteys asiditeettiarvoon, joka määritettiin kaikista vesinäytteistä (kuva 11). Asiditeetin systemaattinen aleneminen kertoi metallipitoisuuksien alenemisesta. Alkaliniteetti oli vesinäytteissä yleensä aina alle määritysrajan 0,01 mmol /l.



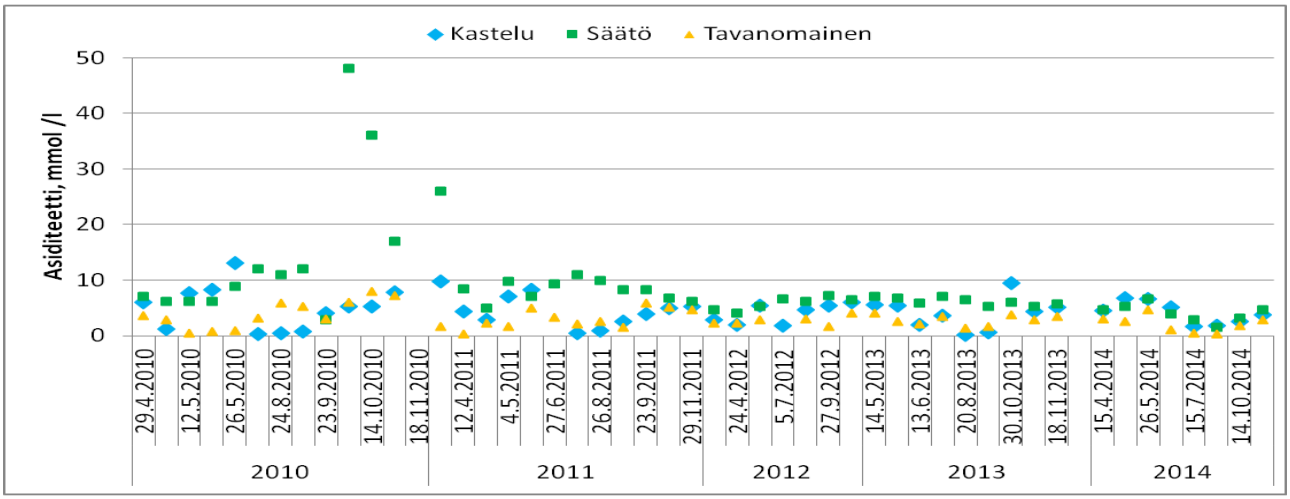
Kuva 6. Säätökastelualueen veden pH ja johtokyky seurantajaksolla 2010–2014



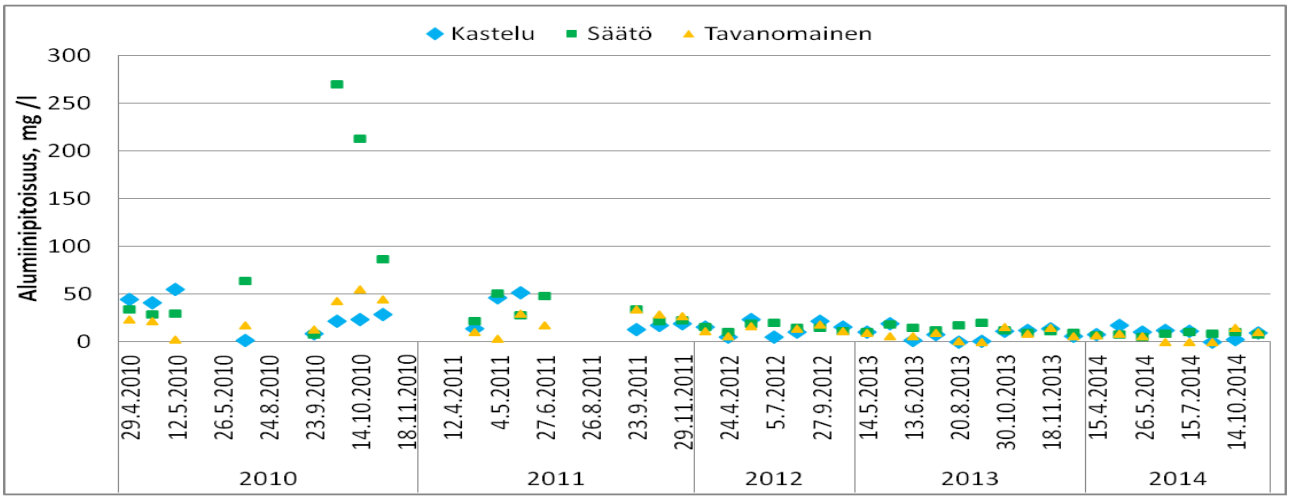
Kuva 7. Säätöojitusalueen veden pH ja johtokyky seurantakaudella 2010–2014



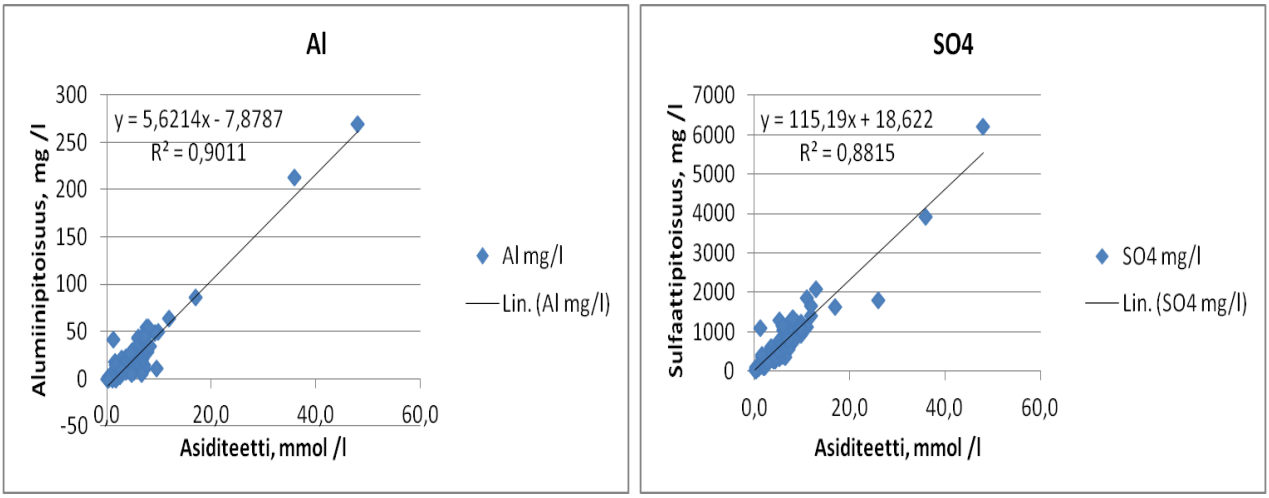
Kuva 8. Tavanomaisen salaojitusalueen veden pH ja johtokyky seurantakaudella 2010–2014



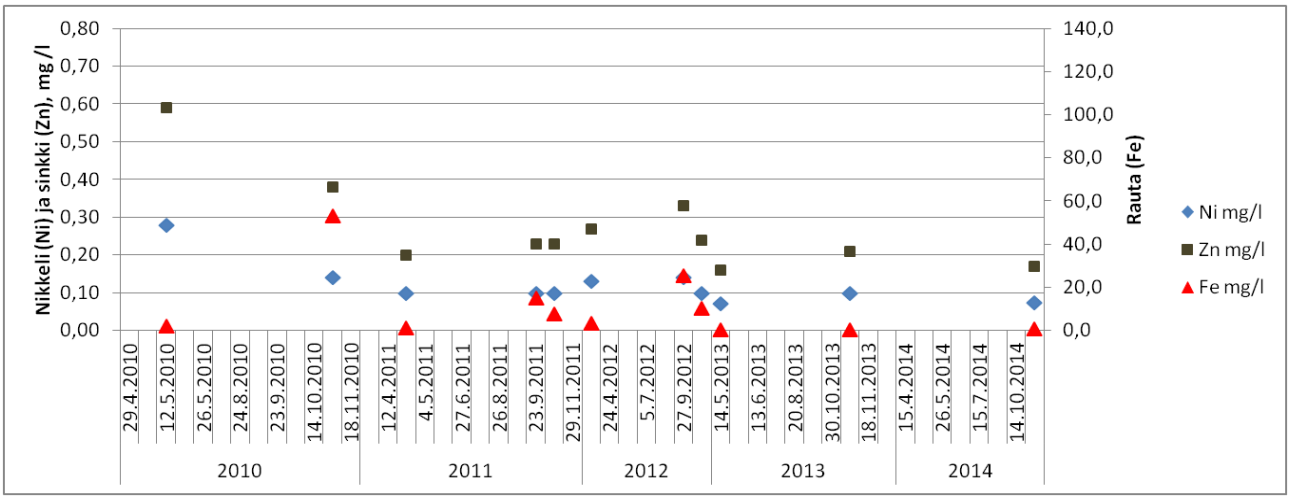
Kuva 9. Ojitusalueiden veden asiditeettipitoisuuden kehitys seurantajaksolla 2010–2014



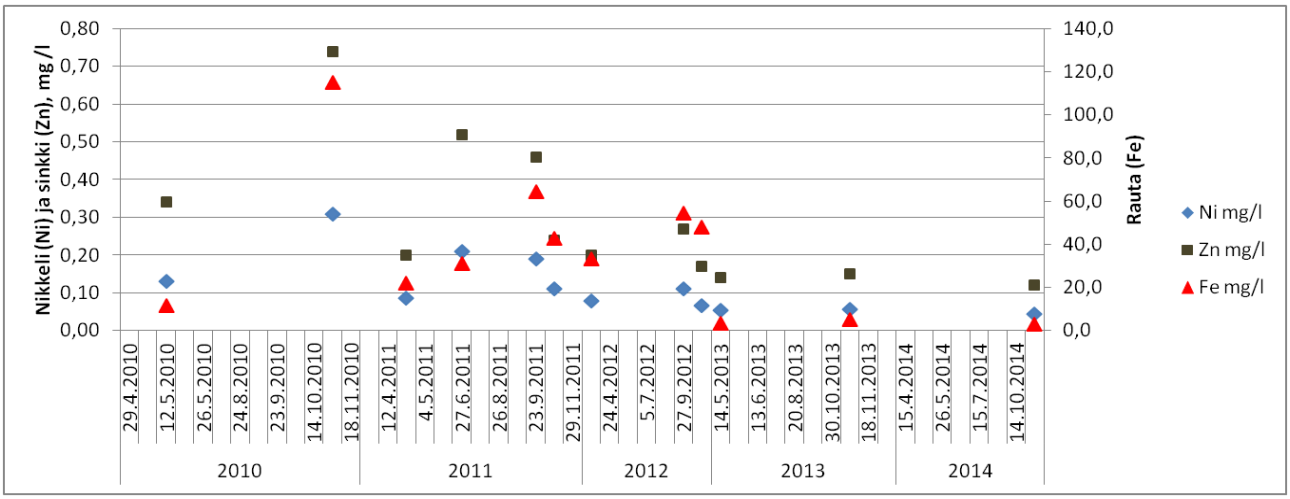
Kuva 10. Ojitusalueiden veden alumiinipitoisuuden kehitys seurantajaksolla 2010–2014



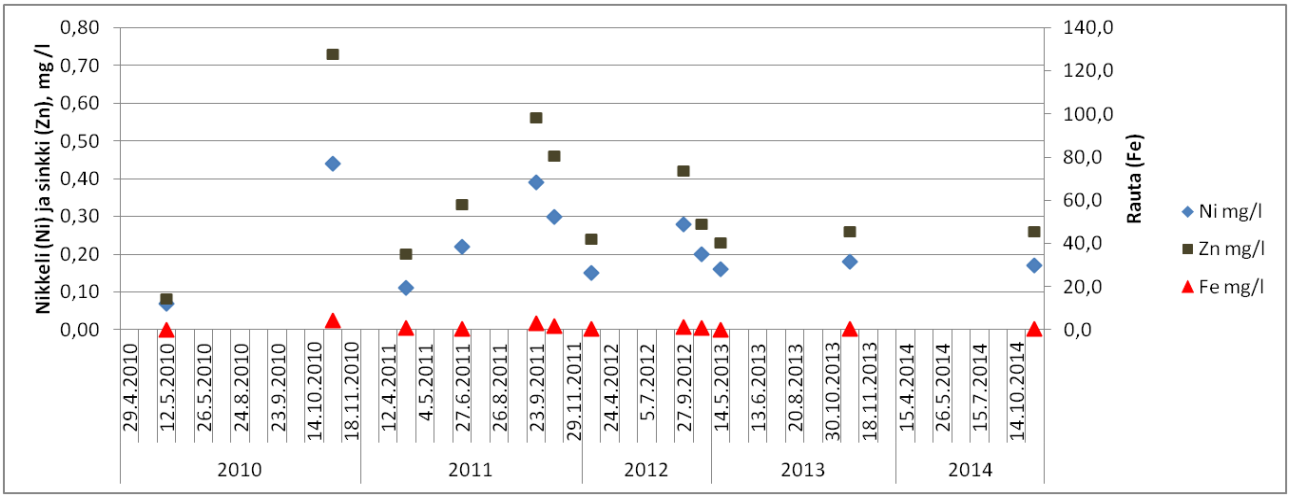
Kuva 11. Salaojavesien (kaikki ojitusalueet) asiditeetin yhteys veden alumiini- ja sulfaattipitoisuuksiin seurantakaudella 2010–2014



Kuva 12. Säätökastelualueen veden metallipitoisuuksia seurantajaksolla 2010–2014



Kuva 13. Säätöojitusalueen veden metallipitoisuuksia seurantajaksolla 2010–2014

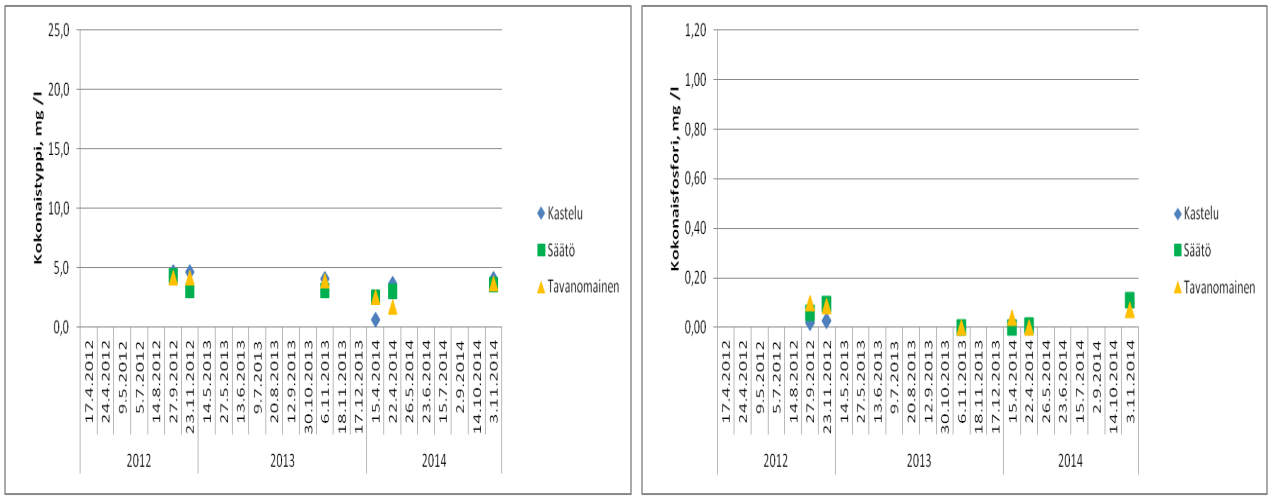


Kuva 14. Tavanomaisen salaojitusalueen veden metallipitoisuuksia seurantajaksolla 2010–2014

1.3.5.2 Veden kokonaisravinnepitoisuudet

Ojitusmenetelmä peltolohko oli maalajiltaan multamaa tai erittäin runsasmultainen karkea hieta. Koska pintamaa oli eloperäinen, lannoituksessa käytettiin lähes joka vuosi naudan lietelantaa ja koska pohjamaa oli ravinteikasta sulfaattimaata, oletettiin ravinnehuuhtoumien olevan korkeita. Salaojavesien ravinnepitoisuudet olivat kuitenkin sekä kokonaistypen (alle 5 mg /l) että – fosforin (alle 0,2 mg /l) osalta matalat (kuva 15). Koska säätöojitus vähentää ojitusalueen virtaamaa tavanomaiseen salaojitukseen verrattuna, voidaan luotettavasti sanoa, että peltolohkon ravinnekuormitus oli vähäistä. Vuonna 2012, joka oli poikkeuksellisen kylmä ja sateinen, tehtiin kuormitusarviointi, jonka mukaan typpeä huuhtoutui alueelta noin 8 kg /ha /vuosi ja fosforia noin 0,15 kg /ha /vuosi. Pintamaasta huuhtoutuvaa fosforia saattoi sitoutua rautapitoiseen pohjamaahan ja siten vähentää salaojasta tapahtuvaa ravinnehuuhtoumaa, mutta toisaalta kyseisten ravinteiden viljelytaseiden arvioitiin olleen negatiiviset suurten vuosittaisten satomäärien vuoksi. Peltolohkojen helposti läpäisevät maalajit sekä lohkojen vähäinen kaltevuus (yleensä korkeintaan 0,1 %) vähensivät pintavalunnan merkitystä ravinnehuuhtoumille.

Useiden testilohkoa vastaavien peltolohkojen valumavesistä saatiin yhtä matalia ravinteiden pitoisuuksia sekä MTT Ruukin että paikallisten viljelijöiden pelloilla (Suomela 2014). Veden happamuus ja metallipitoisuus olivat tulosten mukaan lähialueella selkeästi suurempi ympäristöongelma kuin ravinteet, ja siksi vesiensuojelussa kannattaisikin Pohjois-Pohjanmaan sulfaattimailla keskittyä tukemaan säätösalaojitusta. Sallimalla suurempia lannoitusmääriä olemassa oleville peltolohkoille ja ainakin nautakarjatiloilla enemmän eläinyksikköjä peltohehtaaria kohti, voitaisiin vähentää hallinnollisista syistä tapahtuva uuden peltoalan raivaaminen karjanlannan levitysalaksi ja samalla nostaa rehusatoja ja sadon laatua.



Kuva 15. Ojitusalueiden veden kokonaistyppi ja –fosfori pitoisuudet mg /l ylivirtaamakausilla 2012–2014

1.3.6 Ojitusmenetelmien vaikutus peltolohkon satoisuuteen

Ojitusmenetelmien vertailun testilohkolla viljeltiin vuonna 2010 ohraa, vuonna 2011 ohraa kokoviljana ja vuosina 2012–2014 säilörehunurmea. Kesällä 2010, jolloin MTT Ruukin lohkoilla esiintyi kuivuuden aiheuttamaa poutimista vilja- ja nurmikasveilla, saatiin keskimäärin paras sato säätökastelualueelta (taulukko 4). Kyseisenä vuonna satotulosta ei voitu testata, sillä sato määritettiin ilman toistoja isolta (0,50 ha) alalta. Kastelualueen satoero toisiin ojitusalueisiin oli kuitenkin alle 100 ka kg /ha, ja kastelun järjestäminen vaati huomattavasti työtä ja energiaa. Vuosina 2011–2014 paras sato tuli tavanomaisesti salaojitetulta alueelta, ja koko seurantakauden kumulatiivinen sato oli kyseisellä alueella tilastollisesti merkitsevästi suurin. Säätöojitus- ja säätökastelualueiden sadot eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Satotulosten mukaan viljelijä ei välttämättä saa säätökastelusta tai –ojituksesta tuotannollista tai taloudellista hyötyä.

Taulukko 4. Ohran (2010), ohra -kokoviljan (2011) ja nurmen (2012-2014) kuiva-ainesadot seurantajaksolla 2010–2014.

Ojitusalue	2010	2011	2012	2013	2014	Yhteensä
			kg ka /ha			
Säätökastelu	3548	8736	9117	9833	7897	39129
Säätöojitus	3475	9113	9471	9331	8206	39696
Tavanomainen salaojitus	3453	9390	9896	10332	9074	42143[a]
p-arvo	-	0,2253	0,0454	0,1219	0,1507	0,0029

1.4 Johtopäätökset

Hydro-Pohjanmaa hankkeessa toteutettu ojitusmenetelmäkokeen seuranta vuosina 2013 ja 2014 toi lisätietoa Pohjois-Pohjanmaalle tyypillisen, kohtuullisen vasta ojitetun sulfaattimaan valumaveden laadun muutoksista ajan myötä. Lyhyen ajan seuranta joka suoritettiin HaKu –hankkeessa 2010–2012 ei ollut alkuunkaan riittävä kuvaamaan niitä usein hitaita kemiallisia ja fysikaalisia prosesseja, joita luonnossa ja maaperässä tapahtuu.

Tulokset osoittivat, että myös Pohjois-Pohjalaisella sulfaattimaalla voi olla huomattavat määrät happamoittavaa potentiaalia. Ojitusmenetelmäkokeessa ojitus tehtiin tietoisesti tavallista syvempään, ja veden laatutulokset olivat erittäin huonot heti ojituksen jälkeen. Ojituksen äärimmäisen vaikutuksen valumaveden laatuun havaittiin seurantakaudella ajan myötä pienenevän (erityisesti asiditeetti), mutta samalla tiedostettiin kasvukauden säällä olevan erittäin merkittävän vaikutuksen vuosittaisiin tuloksiin. Luotettava tietämys ojitusmenetelmien eroista saadaan vain seurantaa edelleen jatkamalla niin, että seurantajaksolle osuu hyvin erilaisia olosuhteita, ja maa tasapainottuu kullakin ojitusalueella ojitustavalle tyypilliseksi.

Sulfaattimailla, joilla sulfidikerros on Siikajoen valuma-alueelle tyypillisellä korkeudella noin 1,0–1,5 m maanpinnasta, kannattaisi suosia laaja-alaisesti säätösalaojitusta. Sen etuna on korkeamman pohjaveden lisäksi tavanomaista salaojitusta hitaampi ja vähäisempi virtaama: syyskaudella säätöojitetuilta lohkoilta ylivirtaama alkaa vasta, kun valtauomissa ja joissa veden virtaama on lisääntynyt huomattavasti kuivan kauden jälkeen. Näin huonolaatuinen vesi sekoittuu parempilaatuiseen ja suurempaan vesimäärään, mikä voi olla ratkaisevaa happamuuspiikin ehkäisemisessä.

Säätökastelusta voi olla hyötyä sulfidien hapettumisen ehkäisemiseen äärimmäisen kuivana kasvukautena ojitusmenetelmäkoetta vastaavassa asetelmassa. Menetelmä on kuitenkin todennäköisesti kustannustehokkain ja vaikuttavin peltolohkoilla, joissa hapettumiselle altis sulfidi on selkeästi ojitussyvyydellä ja lähellä on vesistö tai uoma, josta kasteluvettä on riittävästi saatavilla nimenomaan kuivina ajanjaksoina. Kasteluveden pumppaus salaojastoon tai kastelualtaaseen kannattaa tehdä traktori- tai polttomoottoriavusteisesti.

Säätökastelun tai säätösalaojituksen käyttäminen eivät tässä tutkimuksessa lisänneet peltolohkon satoisuutta. Menetelmistä aiheutui huomattavasti enemmän kustannusta kuin viljelyllistä hyötyä. Säätösalaojituksen havainnointia ja työmäärää on kuitenkin mahdollista vähentää antamalla säätöjen olla ympärivuoden päällä. Tämä onnistuu vastaavalla maaperällä kuin koelohko oli, kun sulfidikerroksen yläpinta on riittävän syvällä (todennäköisesti tulisi olla korkeintaan 100 cm), ja säätö on asetettu niin alas, että peltotöiden kannalta ongelmallinen vesi poistuu.

Siikajoen valuma-alueen sulfaattimailla korostuvat eloperäinen pintamaalaji sekä karjatalousvaltainen peltoviljely. Eloperäisiä maita salaojitetaan tuottavuuden lisäämiseksi, vaikkei ojittamiseen ole eloperäisillä mailla saanut tukea. Säätösalaojituksen tukeminen tulisi ulottaa myös eloperäisille maalajeille silloin, kun eloperäisen kerroksen paksuus on esim. alle 1 m ja salaojat (imuojat) ulottuvat kivennäismaahan. Karjatiloilla eläinyksikköä kohti vaadittua peltohehtaarimäärää lannan levittämiseen tulisi laskea, sillä nyt rannikolla laajentavat eläintilat joutuvat usein tahtomattaan raivaamaan sulfaatti- ja turvemaita ”lannan levityksen peltoalaksi”. Valumavesien ravinnepitoisuudet voivat etenkin nautakarjataloudessa olla kuitenkin huomattavasti pienempi ongelma kuin hapan kuormitus ravinnetaloudeltaan tehokkaan nurmiviljelyn ansiosta. Sulfaatti- ja turvemaiden ojittamisen täydellinen estäminen taas uhkaisi elinkeinoa erittäin vakavasti.

1.5 Lähteet

Suomela R. 2014. Sulfaattimaille suunniteltujen happamuuden hallintamenetelmien sosio-ekonomiset vaikutukset Siikajoen ja Pyhäjoen valuma-alueilla. In: Happamat sulfaattimaat ja niistä aiheutuvan vesistökuormituksen hillitseminen Siika- ja Pyhäjoen valuma-alueella / Raija Suomela (toim.). MTT Raportti 132: p. 127-136. Saatavilla: http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti132.pdf

Suomela R. 2014. Vesianalyysituloksia eloperäisiltä peltolohkoilta 2012-2014. Saatavilla: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Valumaveden%20typpi-%20ja%20fosforipitoisuuksia%20eloper%C3%A4isilt%C3%A4%20mailta%202012-2014%20Raija%20Suomela.pdf

Suomela R., Yli-Halla M., Auri J., Joki-Tokola E., ja Luoma S. 2014. Säätökastelun ja säätösalaojituksen mahdollisuudet alunamailta tulevan happaman vesistökuormituksen hillitsemiseen Pohjois-Pohjanmaalla. In: Happamat sulfaattimaat ja niistä aiheutuvan vesistökuormituksen hillitseminen Siika- ja Pyhäjoen valuma-alueella / Raija Suomela (toim.). MTT Raportti 132: p. 65-90. Saatavilla: http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti132.pdf

2 Happamien sulfaattimaiden huomioiminen tilusjärjestelyissä

Anna Saarela
Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Elintarvike ja maatalous, Ilmajoentie 525, 60800 Ilmajoki, etunimi.sukunimi@seamk.fi

2.1 Tilusjärjestelyä koskevat ohjeet ja suositukset

Tilusjärjestelyillä pyritään korjaamaan nykyistä, paikoittain hyvinkin pirstoutunutta tilusrakennetta vaihtamalla tiluksia maanomistajien kesken. Arviolta yli 30 prosenttia maatilojen peruslohkoista on kooltaan alle kahden hehtaarin ja laajenevien maatilojen hallintaan tulevat uudet lohkot sijoittuvat kauemmaksi tilakeskuksesta. Jotta tilakoon kasvulla saataisiin tuotannollisia etuja, tulisi peltolohkojen olla riittävän isokokoisia. Pienten lohkojen ojat vaativat usein kunnostusta ja salaojitusta, jotta ne soveltuisivat paremmin nykyisiin viljelymenetelmiin. (Tilusjärjestely 2014)

Tilusjärjestelyitä haetaan maanmittaustoimistoista ja niihin on saatavissa tukea Maa- ja metsätalousministeriön kautta. Maanomistajien aloitteesta tehty tilusjärjestely alkaa ottamalla yhteyttä oman alueen maanmittauslaitokseen. Maanmittauslaitoksella laaditaan tarveselvitys ja mikäli kannatusta löytyy, tilusjärjestelyhanke voidaan aloittaa. Tilusjärjestelyille on kysyntää erityisesti Pohjanmaalla, jossa happamat sulfaattimaat suurelta osin sijaitsevat. (Nuotio ym. 2009)

Tilusjärjestelyiden tuissa ei ole tähän mennessä erikseen huomioitu ympäristön suojeluun tai hoitoon liittyviä tehtäviä. Tilusjärjestelyiden yhteydessä tehdään usein perusparannustoimia, esimerkiksi kaivetaan uusia valtaojia tai asennetaan ja uusitaan salaojia. Happamien sulfaattimaiden hallintaa koskevassa työryhmän mietinnössä ehdotetaan sulfaattimailla tehtävissä tilusjärjestelyissä huomioitavan vesiensuojelun näkökohdat maankuivatustoiminnan kanssa (Nuotio ym. 2009).

2.2 Happamien sulfaattimaiden huomioiminen tilusjärjestelyissä – haastatteluselvitys

Yli-Halla (2010) on arvioinut sulfaattimaiden korkean riskiluokan maa- tai metsätalousalueiden käytön muutoksen aiheuttavan merkittäviä sosio-ekonomisia vaikutuksia tilatasolla. Alueellisella tasolla Suomelan (2014) selvityksen mukaan sulfaattimaille suunnitelluilla toimenpiteillä tulisi olemaan vaikutuksia Pohjois-Pohjanmaan maa- ja metsätaloustuotannolle. Hydro-Pohjanmaa -hankkeella tehdyn haastatteluselvityksen tavoitteena oli selvittää, miten happamia sulfaattimaita huomioidaan vai huomioidaanko lainkaan tilusjärjestelyjä tehdessä. Lisäksi tavoitteena oli löytää ratkaisuja tilusjakohankkeiden toteuttamiselle sulfaattimaiden alueilla.

Selvitykseen valittiin kolme tilusjärjestelyaluetta, jolla toimitus on menossa eri vaiheissa. Pohjois-Pohjanmaalla Siikajoella sijaitsevan Karinkannan uusjako (TN 2005-158090) on saatu päätökseen tammikuussa 2014. Etelä-Pohjanmaalla tilusjärjestelyt ovat meneillään Jalasjärven Luopajärvellä (TN 2005-158607) ja Ilmajoella sijaitsevan tilusjakoalueen maanviljelijöiden halukkuutta tilusjärjestelyihin selvitetään parhaillaan.

2.3 Haastattelut

Selvityksen kohderyhmä oli tilusjärjestelyihin osallistuneet maanomistajat, ojitussuunnittelijat ja -urakoijat sekä Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskusten lupaviranomaiset. Lisäksi Maanmittauslaitoksen toimitusinsinööreille lähetettiin verkkopohjainen kysely.

Haastattelujen perusteella termi hapan sulfaattimaa ei ollut maaviljelijöille tuttu, mutta kansankielinen ilmaisu pikileeri ja aluna- tai suolamaa sen sijaan tunnistettiin. Vastaajien happamiin sulfaattimaihin liittämiä ominaisuuksia olivat happamuus, savimaa tai niitä pidettiin yleisesti vaikeasti viljeltävinä maina syinä liika kosteus ja kasvien huono kasvu. Osa vastaajista tunnisti termin, mutta ei osannut tarkemmin kertoa maan ominaisuuksista tai mahdollisista haitoista. Käytännön viljelytekniset ominaisuudet olivat asioita, joita viljelijät toivat haastattelussa eniten esiin.

Sulfaattimaan esiintymisestä omalla maalla ei välttämättä oltu tietoisia. Geologian tutkimuskeskuksen kartoituksen perusteella kaikilla selvityksessä mukana olevilla alueilla on potentiaalisia happamia sulfaattimaita, mutta viljelijöistä osa ei ollut tästä tietoinen tai vastasi, ettei omilla mailla ole sulfaattimaita. Kukaan vastaajista ei ollut saanut happamiin sulfaattimaihin liittyvää viljelyneuvontaa, mutta käytännön kokemuksen perusteella peltoja hoidettiin säännöllisellä kalkituksella ja/tai viljelysuunnan mukaan pelto pidettiin jatkuvasti nurmella tai viljelykierrossa hapanta maata sietävän kauran kanssa.

Mahdolliset toimenpiteet, mitä viljelijät olisivat valmiita tekemään happamien valumien riskiä vähentääkseen, olivat pitkäaikainen nurmi sekä säätösalaojitus ja –kastelu. Toimenpiteet riippuivat tilan tuotantosuunnasta sekä esim. säätösalaojitukseen saatavasta tuesta. Säätökastelusta olivat eniten kiinnostuneita Karinkannassa perunaa viljelevät maanomistajat, kun taas pitkäaikainen nurmiviljely sopisi parhaiten karjatilojen omistajille sekä Luopajärvellä että Karinkannassa. Suurimmalla osalla vastaajista ei ollut kiinnostusta erillisiin toimenpiteisiin.

Tilusjärjestelyissä happamia sulfaattimaita ei viljelijöiden mukaan erikseen huomioitu. Vain yksi haastatelluista maanviljelijöistä mainitsi Karinkannan uusjaon yhteydessä Ely-keskuksen huomioineen happamat sulfaattimaat. Maanviljelijät toivoivat ja saivat tilusjaon yhteydessä tehtäviin kalkituksiin avustusta jyvitettynä tarpeiden mukaan. Mahdollisesti säätösalaojituksen asentamisella tilusjärjestelyjen yhteydessä pyritään vähentämään mahdollista happamoitumiskehitystä, mutta tilusjaon toimijat eivät olleet tuoneet tätä näkökantaa esiin maanviljelijöille. Kuitenkin happamuuden torjunnan ja pellon vesitalouden kannalta säätöjen hoito on tärkeää ja viljelijöiden motivointi tähän olisi erittäin tärkeää.

Ojitussuunnittelijat ja urakoitsijat ovat keskeisessä roolissa happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien hallinnassa. Ojitussuunnittelijat ja urakoitsijat tunnistivat kaikki happamat sulfaattimaat ja niiden vesistöille aiheuttamat haitat. Myös sulfaattimaiden esiintymisestä tiedettiin GTK:n kartoituksen ja Ely-keskuksesta saadun tiedon perusteella. Yksi haastatelluista suunnittelijoista mainitsi myös hankkeiden (HaSu) ja GTK:n nettisivut tiedonlähteenä. Happamien sulfaattimaiden huomioon ottamista ojitussuunnitelmien teossa edesauttaa niiden sisältyminen suunnittelijoiden käytössä oleviin paikkatietojärjestelmiin.

Haittojen torjunnassa suunnittelijat korostivat suunnittelun tärkeyttä. Pääsääntöisesti ojituslupia haettaessa viranomaisen vaatimuksena on tarkistaa mahdollisten happamien sulfaattimaiden esiintyminen suunnittelualueella. Käytännön toimista suunnittelijat mainitsivat kaivutekniikan ja valtaojien syvyyksien tarkistamisen. Pääsääntöisesti valtaojia ei sulfaattimailla syvennetä ja metsissä arvioidaan ojituksen tarpeellisuus. Myös kaivumassat kalkitaan. Viljelymaille kaikki suunnittelijat esittivät säätösalaojitusta ja sitä pidettiin yleisesti hyvänä toimenpiteenä sulfaattimaille. Tilusjärjestelyissä, joissa tehdään perusparannuksia suurelle alalle, säätösalaojitusta pidettiin erityisen tärkeänä. Myös ojituksen suunnittelua ja tekemistä samalla kertaa koko tilusjaon alueelle pidettiin hyvänä ratkaisuna. Suunnittelijoiden haastatteluissa pohdintaa toimenpiteiden vaikuttavuudesta aiheuttivat luonnonolot, joihin ihminen ei voi vaikuttaa. Erityisesti kuivat kesät ja syksyn runsaat sateet koettiin ongelmalliseksi yhdistelmäksi, kun kuivan kesän aikana maaperä pääsee hapettumaan syvälle ja syksyn sateet huuhtovat näin syntyneen happamuuden edelleen vesistöihin.

Maanmittaustoimistossa tilusjärjestelyjä hoitavilta työntekijöiltä tiedusteltiin Webropol-ohjelmalla tehdyn kyselyn avulla tietämystä happamista sulfaattimaista. Maanmittausinsinöörien pääasiallinen tietolähde oli Geologian tutkimuskeskus (GTK), josta tietoa oli saanut neljä kuudesta vastaajasta. Muista tiedon lähteistä vastaajat mainitsivat maanomistajat, Ely-keskuksen sekä yleisesti asiantuntijat. Happamuuden torjuntakeinoja kysyttäessä kaikki kyselyyn vastanneet tunnistivat säätösalaojituksen. Viisi kuudesta nimesi kalkituksen ja yksi vesistöjen kalkituksen. Sen sijaan kukaan vastaajista ei valinnut vaihtoehdoista säätökastelua, kalkkisuodinojitusta tai muuta keinoa.

Viranomaisten näkemyksiä happamien sulfaattimaiden huomioimisessa tilusjärjestelyissä selvitettiin haastattelemalla Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan Ely-keskusten ojituslupien käsittelystä vastaavia viranomaisia. Ojituslupia myönnettäessä happamat sulfaattimaat huomioidaan Ely-keskuksissa tiedossa olevan kartoituksen riskialueilla. Ohjeellisesti viranomaiset vaativat korkean riskin alueelta maanäytteitä ja viljelymaille säätösalaojitusta. Olemassa olevia ojia ohjeistetaan jätettävän samaan syvyyteen. Esimerkiksi metsämaiden laskeutusaltaiden riittävä tilavuus tehdään altaan pinta-alaa kasvattamalla, ei kaivusyvyyttä lisäämällä.

Happamiin sulfaattimaihin liittyvän tiedon sopivimmat lähteet vaihtelivat eri vastaajaryhmien kesken. Maanviljelijät toivoivat tietoa löytyvän verkosta tai opasvihkosta, kun taas ojitussuunnittelijat toivoivat käytännönläheisempää koulutusta aiheesta esimerkiksi seminaarien tai koulutustilaisuuksien muodossa. Suunnittelijat toivoivat myös entistä kattavampia riskikarttoja suunnittelukarttojen pohjaksi samaan tapaan, miten esimerkiksi pohjavesialueet on löydettävissä. Ely-keskuksen viranomaisten näkemyksen mukaan heiltä saa ohjeita ja tietoa happamien sulfaattimaiden esiintymistä, mutta erityisesti ojitussuunnittelijoille ja –urakoijille nähtiin

lisäkoulutuksen tarvetta. Koulutusta sellaisenaan ei kuitenkaan pidetty Ely-keskusten tehtävänä. Viljelijähaastattelun perusteella maatalouden neuvojat eivät olleet tuoneet esiin happamia sulfaattimaita lainkaan. Kuitenkin esimerkiksi ProAgrian neuvojat ovat läheisimmin kontaktissa maanviljelijöihin ja heidän kauttaan tiedon saaminen viljelijöille olisi tehokasta ja toimivaa.

2.4 Yhteenveto ja jatkoselvitystarpeet

Tilusjärjestelyissä kuivatus- ja muita perusparannustoimenpiteitä tehdään tyypillisesti laajalle alueelle samanaikaisesti, jolloin kyseessä on luvanvarainen, vähäistä ojitusta laajempi hanke. Ely-keskuksilla on paikkatietojärjestelmissä ajantasainen tieto happamien sulfaattimaiden esiintymisestä, joten lähtökohtaisesti tilusjärjestelyissä tehtäviin, happamuuden torjuntaan vaadittaviin toimenpiteisiin on olemassa paikkatietoa. Ennen kuin happamien sulfaattimaiden kattava kartoitus ja riskiarviointi valmistuvat, viranomaiset antavat päätöksiä varovaisuusperiaatteella. Jos tilusjakoalueella on mahdollista olla sulfaattimaita, salaojiin vaaditaan säätömahdollisuus. Kustannuksiltaan säätösalaojitus on perinteistä salaojitusta kalliimpi, joten pienen riskin alueilla säätöojituksen vaatimus ei ole kustannustehokasta.

Happaman sulfaattimaan tunnistaminen ja niistä aiheutuvien haittojen estämiseksi tarvittavat vesiensuojelutoimet eivät järjestelmällisesti kuulu ojitussuunnittelijoiden koulutukseen, vaan riippuu koulutuksen järjestäjän painotuksista. Sulfaattimaista saatavilla oleva tiedotusmateriaali on hajanaista ja esimerkiksi kaavoittajat, uusjaon suunnittelijat, kuivatuksen suunnittelijat ja tekijät eivät välttämättä tunnista happamia sulfaattimaita ja haittojen minimoimiseksi tehtäviä toimenpiteitä. Haastatellut ojitussuunnittelijat olivat tietoisia happamien sulfaattimaiden haitoista ja suhtautuivat happamuuden hallintaan tarvittaviin toimenpiteisiin myönteisesti, mutta näin ei välttämättä aina ole. Suunnittelijat toivoivat myös lisäkoulutusta aiheeseen liittyen.

Tilusjärjestelyalueilla käytännön kaivu-urakointia tekevät urakoitsijat ovat avainasemassa happaman sulfaattimaan tunnistamisessa kentällä. Ellei riskimaata tunnista, voivat ongelmalliset maat jäädä huomiotta. Geologian tutkimuskeskuksen tekemä kartoitus on yleistasoinen ja happamien sulfaattimaiden pienialaisuudesta johtuen käytännön toimijoilla on suuri merkitys sulfaattimaiden tunnistamisessa työmaillaan. Nykyisin urakoijat toimivat suunnittelijoiden ohjeistuksen mukaan ja haastatellut toimijat pitivät happamien sulfaattimaiden riskejä liioiteltuina. Lisätiedon jakaminen ja urakoijien asenteisiin vaikuttaminen ovat tärkeitä tavoitteita happamoitumisen ja sulfaattimailta tulevien metallipäästöjen vähentämiseksi.

Haastatelluilla maanviljelijöillä ei ollut kovin hyvin tietoa omilla viljelyksillä esiintyvästä sulfaattimaasta. Potentiaalinen hapan sulfaattimaakerros sijaitsee muokkauskerroksen alapuolella, jolloin maan ominaisuudet eivät tule ilmi esimerkiksi maan viljavuutta mittaavissa maaperänäytteissä. Myöskään ongelmallisen maaperän vesistöille ja ympäristölle aiheutuviin haittoihin ei näin ollen tule kiinnitettyä huomiota. Viljelijöiden kannalta katsottuna avainasemassa tiedon välittämisessä ovat maatalousneuvojat. Mahdollisen potentiaalisesti happaman sulfaattimaan esiintyminen ja sen vaikutus viljelykäytäntöihin olisi mielekästä tuoda esiin esimerkiksi viljelysuunnitelmia tehdessä. Koulutusta ja tiedotusta sulfaattimaista tulisikin suunnata entistä enemmän neuvojille.

Uuden ohjelmakauden ympäristökorvausjärjestelmässä happamat sulfaattimaat on huomioitu nykyistä paremmin ja maaomistajilla on mahdollisuus hakea tukea sulfaattimaiden happamuusriskejä vähentäviin toimenpiteisiin. Korvausjärjestelmässä ehdotettu kohdentamisalue on Etelä- ja Lounais-Suomesta Keski-Pohjanmaalle ulottuvalla rannikkoseudulla. Kohdentamisalueella tukea maksetaan enemmän ja suuremmasta talviaikaan kasvipeitteisestä alasta kuin muualla maasta. Tuki on rakennettu kannustavaksi siten, että mitä suurempi osa tilan pelloista on kasvipeitteisiä, sitä suurempi korvaus on mahdollista saada. Tilusjärjestelyiden yhteydessä tehtävään säätösalaojitukseen on saatavissa valtion tukea myös uudella ohjelmakaudella, joten säätösalaojitusta tehdään todennäköisesti jatkossakin. Lisäksi viljelijöitä olisi tärkeä ohjeistaa säätösalaojien hoitoon, jotta investoinneista saataisiin täysi hyöty.

Vähän käytössä ollut, mutta periaatteessa toimiva ratkaisu tilusjärjestelyn yhteydessä on säätösalaojien lisänä valtaojien padotus ja padotusvesien käyttö säätökasteluun. Tilusjärjestelyjen yhteydessä tehtävä yhteispadotus on tehokkaampi, sillä sen vaikutus saadaan ulotettua laajemmalle alueelle. Samalla suuremman alueen vesitalous saataisiin paremmin hallintaan kuivatusalueen eri kuivatusvyöhykkeillä.

Maanomistajien toiveista ja mahdollisuuksista riippuen tilusjärjestelyjä suunnittelevat tahot voisivat tarjota mahdollisuutta valtaojien padotukseen tai esimerkiksi pienialaisen kosteikon perustamiseen. Kosteikko toimisi paitsi kasteluveden lähteenä myös maatalousympäristön monimuotoisuuden ja tulvahuippujen säätelyn kannalta tärkeänä elementtinä. Kosteikon perustaminen ei kuitenkaan ole joka paikkaan sopiva ratkaisu, vaan sen tekeminen tulisi suunnitella tapauskohtaisesti. Valtaojien padotus voitaisiin

sijoittaa rajaojiin, jolloin padotus ei vaikuttaisi liian voimakkaasti yksittäiseen maanomistajaan ja toisaalta siitä saatava hyöty esim. kasteluveden saamiseksi jakautuisi useammalle viljelijälle.

Tilusjärjestelyissä on mahdollisuus vaihtaa sulfaattimaita sellaisille tiloille, joiden tuotantosuunta mahdollistaa osalle lohkoista pysyvän nurmipeitteisyyden. Uudessa ympäristökorvausjärjestelmässä happamien sulfaattimaiden matalan kuivatussyvyyden pelloille on saatavissa tukea. Erityisesti niillä alueilla, joissa sulfaatit ovat lähellä maan pintaa ja happamoitumisriski on todellinen, voitaisiin uusjaolla saada riskialttiimmat pellot hyötykäyttöön nurmirehun tuotantoon tai kesannoksi ilman niiden ottamista kokonaan pois viljelykäytöstä. Tilusvaihdoissa tällaisten maiden vaihto tulisi tehdä niin, ettei yksittäisen viljelijän asema ja tilan peltomaan laatu kokonaisuudessaan heikkene.

2.5 Lähteet

Nuotio, E., Rautio, L.M., Zittra-Bärsund, S. (toim.) 2009. Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa.

Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi. [Pdf-dokumentti]. Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavana: http://www.mmm.fi/attachments/vesivarat/5HZmlDmc6/MMM-61505-v2-Kohti_happamien_sulfaattimaiden_hallintaa_-raportti.pdf

Tilusjärjestely 2014. [www-dokumentti]. Maanmittauslaitos. [viitattu 26.5.2014]. Saatavana: http://www.maanmittauslaitos.fi/kiinteistot/maanmittaustoimitukset/tilusjarjestely

3 Automaattinen veden laadun seuranta humuspitoisella järvellä

Kaija Karhunen, Outi Laurinen, Joni Kosamo ja Laura Karhu
Oulun ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö, Kotkantie 1, 90250 Oulu, etunimi.sukunimi@oamk.fi

3.1 Johdanto

Jatkuvatoiminen veden laadun ja määrän seuranta on yleistynyt Suomessa viime vuosina voimakkaasti. Automaattimittausten yleistymisen syitä ovat olleet mm. mitattavien muuttujien valikoiman lisääntyminen, mittaustiheyden kasvaminen, tiedonsiirron ja tallennuksen varmuuden lisääntyminen sekä mittausten halpeneminen. Automaattiantureiden avulla voidaan saada yksityiskohtaisia tuloksia veden laatutekijöistä ja niissä tapahtuvista nopeista vaihteluista.

Kaikkia tärkeitä veden laatua kuvaavia muuttujia ei pystytä vielä mittaamaan suoraan vesistössä. Lisäksi tarvitaan laboratorioanalyysien tuomaa tietoa. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry:n kokemusten perusteella suhteellisen helposti ja varmatoimisesti mitattavia suureita ovat ainakin sähkönjohtavuus, lämpötila, happipitoisuus, sameus, nitraattityppi ja orgaanisen aineksen pitoisuus. Fosforin mittaaminen savisilla alueilla, missä suurin osa fosforista kulkeutuu kiintoaineeseen sitoutuneena, onnistuu sameuden avulla. Sameus kertoo myös veden kiintoainepitoisuudesta. Sameuden käyttäminen kiintoainepitoisuuden tai kokonaisfosforin mittaamisessa vaatii aina mittauspaikkakohtaisen kalibroinnin. Liukoisen fosforin mittaamisen ei ole vielä yksinkertaista, edullista anturia. (Valkama ja Lahti 2012).

Tässä tutkimuksessa kokeiltiin ja testattiin automaattisen veden laadun mittausjärjestelmän soveltuvuutta humuspitoisen järven veden laadun analysointiin. Lisäksi automaattimittareiden tuottamia mittaustuloksia haluttiin verrata säännöllisesti otettuihin vesinäytteisiin, jotka analysoitiin vesilaboratorioissa standardimenetelmin. Mittauslaitteiston testaus ja vesinäytteiden otto suoritettiin Siikalatvan Mankilanjärvellä vuosina 2013 ja 2014.

3.2 Automaattimittaukset veden laadun seurannassa

Automaattiseurantaa on hyödynnetty erityisesti erilaisissa tutkimushankkeissa. Jatkuvatoimisten automaattiantureiden käyttö onkin osoittautunut hyväksi keinoksi havaita mahdollisia poikkeustilanteita ja arvioida niiden vaikutuksia vastaanottavassa vesistössä.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys aloitti automaattisen veden laadun seurannan vuonna 2005. Mittauksia on siitä lähtien hyödynnetty monissa tutkimus- ja seurantahankkeissa etenkin pienillä maatalousvaltaisilla valuma-alueilla. Jatkuvatoimiset anturit ovat paljastaneet virtavesissä tapahtuvasta veden laadun ja määrän vaihtelusta paljon uutta ja merkittävää tietoa. Erityisesti ravinne- ja kiintoainekuormien arvioinnissa niiden käyttäminen on osoittautunut erittäin tarkaksi menetelmäksi. Savimailla anturin mittaaman sameuden avulla voidaan veden kiintoaine- ja fosforipitoisuus laskea usein erittäin tarkasti. (Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry 2014).

TEHO -hanke kokeili vuosina 2009–2011 kolmella eri vesistöalueella Varsinais-Suomessa sameuden, nitraattitypen ja virtaaman automaattimittausta. Mittaukset tapahtuivat pinta-alaltaan erikokoisilla ja veden laadultaan erilaisilla valuma-alueilla: Eurajoki, Aurajoki ja Loimijoki. Kaikkien valuma-alueiden yhteisenä piirteenä oli maatalousvaltaisuus ja vesien savisameus. (Salmi ym. 2011).

TEHO- hankkeen kokemusten mukaan automaattisia veden laadun mittausmittausmenetelmiä tulee kehittää laajalti, ennen kuin ne voidaan ottaa käyttöön maatalouden ravinnepitoisuus- ja kuormitusseurannoissa. Toistaiseksi ei ole saatavissa kohtuuhintaisia antureita, jotka pystyvät laajasti mittaamaan veden laatua kuvaavia muuttujia. Nykyisillä antureilla voidaan mitata 2 – 3 muuttujaa samaan aikaan. Näistä voidaan laskea edelleen johdannaismuuttujia. (Lillunen ym. 2011).

Ratkaisuja vaativia kysymyksiä TEHO-hankkeen kokemusten mukaan ovat mm. anturitekniikan mittaustarkkuus ja luotettavuus sekä anturitekniikalla saatavan raakadatan säilyttäminen ja sen käsittelymenetelmien kehittäminen. Hankkeen kokemusten mukaan

automaattiasemien anturimittausten suurin vahvuus on niiden tuottama tieto pienipiirteisistä ja lyhytaikaisista tapahtumista vesistöissä eli se tieto, joka jää havaitsematta harvaan näytteenottoon perustuvalla perinteisellä seurannalla. (Lillunen ym. 2011).

Ravinnehuuhtoumien hallinta (RaHa) –hankkeessa selvitettiin niin peltojen kuin luonnontilaisen metsän ravinnehuuhtoumiin vaikuttavia tekijöitä ja keinoja, miten huuhtoumia voisi vähentää. Metsäpuron ja pelto-ojan veden laatua seurattiin hankkeessa automaattisin mittauksin Uudellamaalla keväästä 2011 syksyyn 2013. Pelto-oja, jonka valuma-alue oli 124 ha, oli esimerkki virtaavan veden laadusta Uudellemaalle tyypilliseltä peltovaltaiselta savikkoalueelta. Seuranta-alueille perustetuilla asemilla mitattiin tunnin välein veden määrää ja laatua kevään ja syksyn ylivirtaamakausina. Automaattisesti mitattiin myös nitraattityppeä ja virtaamaa. Uomassa mitatun sameuden avulla voitiin selittää veden kiintoaine- ja fosforipitoisuutta. (Valkama 2014).

RaHa-hankkeen tulosten mukaan peltovaltaisella valuma-alueella veden määrän ja laadunvaihtelun havaittiin olevan paljon nopeampaa ja voimakkaampaa kuin luonnontilaisella metsäalueella. Yksittäinen sadetapahtuma nosti pelto-ojan virtaaman ja veden sameuden, kiintoainepitoisuuden ja fosforipitoisuuden nopeasti korkealle kun taas metsäpurossa muutokset olivat hitaampia ja rauhallisempia. Pellolla ravinnekuormaan vaikuttavat säätekijöiden lisäksi sekä pellon ominaisuudet kuten maan rakenne ja ojituksen tehokkuus että viljelytoimenpiteet kuten kasvilajin valinta ja lannoituksen mitoitus. (Valkama 2014).

TASO-hankkeessa (2011–2013) kehitettiin turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojelua. Se toteutettiin pääosin Saarijärven reitillä Keski-Suomessa. Jatkuvatoimisella mittauksella saatiin aiempaa tarkempaa tietoa veden laadusta ja sen nopeista vaihteluista lähes reaaliaikaisesti. Hankkeen kokemusten perusteella automaattiset seurantamenetelmät vaativat vielä menetelmien kehittämistä ja yhdenmukaistamista, mutta ovat tämänhetkisistä puutteista huolimatta hyvin toimiessaan tehokkain tapa saada kattavia ja luotettavia tuloksia vesistökuormituksesta. (TASO-hankkeen loppuraportti 2014).

Kukkosen (2012) mukaan metsätalouden jatkuvatoimisiin mittauksiin soveltuvia parametreja voivat olla virtaama, sameus, kiintoaine, happamuus (pH), liukoinen hiili (DOC), kokonaishiili (TOC), kemiallinen hapenkulutus (COD) ja johtokyky.

3.3 Tutkimuksen tavoitteet Mankilanjärvellä

Useissa tutkimuksissa on todettu, että automaattisesta mittauksesta ei vielä ole itsenäiseksi seurantamenetelmäksi vaan se vaatii tuekseen perinteisen manuaalisen vesinäytteenoton. Automaattimittareilla ei myöskään vielä voida mitata suoraan vesistössä kaikkia veden laadun muuttujia kuten ravinteita ainakaan kohtuullisin kustannuksin.

Tässä hankkeessa oli alun perin tavoitteena veden laadun automaattisen mittaamisen pilotointi vähintään kahdessa kohteessa: korkean riskin alueella eloperäisellä peltomaalla, joissa on käytetty karjanlantaa ja vertailun vuoksi myös eloperäisellä peltomaalla, jossa ei ole käytetty karjanlantaa. Tästä kahden kohteen tavoitteesta kuitenkin luovuttiin, koska haluttiin ensiksi perehtyä tarkemmin mittauslaitteisiin ja niihin liittyvään tekniikkaan, jotta pystyttäisiin paremmin hallitsemaan ja hyödyntämään niiden tuottamaa runsasta tietoaineistoa. Lisäksi automaattimittareiden tuottamia mittaustuloksia haluttiin verrata säännöllisesti otettuihin vesinäytteisiin, jotka analysoitiin vesilaboratorioissa standardimenetelmin. Näistä syistä päädyttiin siihen, että perustetaan yksi mittausasema humuspitoiselle järvelle ja keskitytään seuraamaan sen toimintaa, huoltotarvetta ja mittaustuloksia sekä vertaamaan tuloksia laboratorioanalyyseihin.

Automaattiantureilla mitattaviksi parametreiksi valittiin veden pH, lämpötila, johtokyky, kiintoaine, sameus sekä nitraatti- ja ammoniumtyppi. Typen mittauksesta luovuttiin vuonna 2014, koska mittausarvot olivat niin alhaisia, että valitun anturin mittausalue ei soveltunut kyseiseen vesistöön.

3.4 Automaattisen mittausaseman kuvaus ja menetelmät

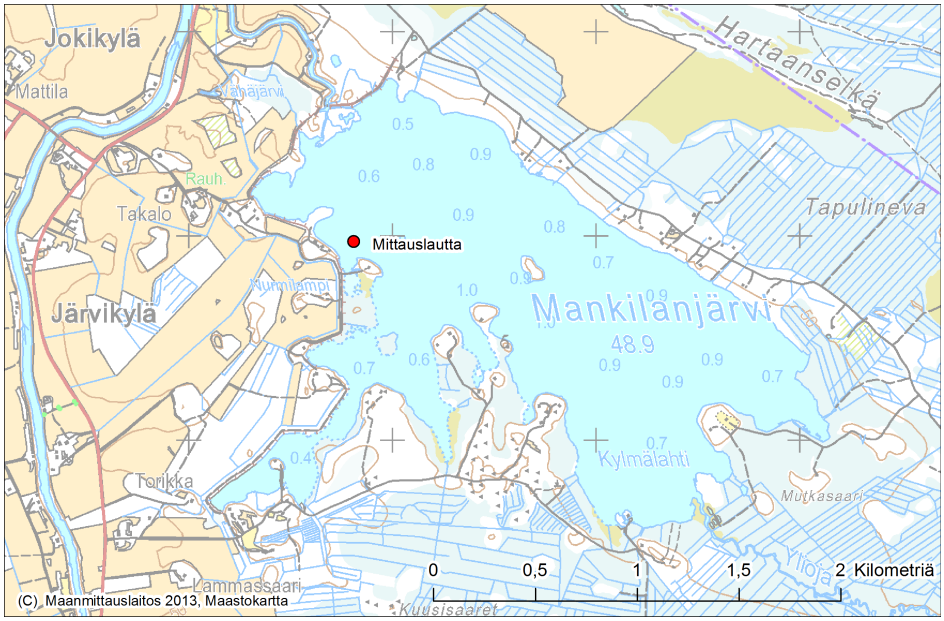
3.4.1 Mittausaseman sijainti ja mittausjaksot

Mankilanjärvi sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Siikalatvan kunnassa noin 52 km Oulusta etelään. Järven pinta-ala on 260,5 ha ja sen keskisyvyys on noin 1,5 m. Pintavesityypiltään se on lyhytviipymäinen (Lv) ja matala, runsashumuksinen järvi. Järven valuma-alue

201,84 km² ja siitä pellon osuus on 5,08 km². Mankilanjärvi kuuluu Oulujoen-Iijoen vesienhoitoalueeseen. (Hertta-tietokanta. Valtion ympäristöhallinto. Hakupäivä 24.5.2013). Järven ympäristössä on merkittävä turvepeltojen keskittymä.

Mankilanjärvi kuuluu Siikajoen vesistöön, johon kohdistuu pistemäistä kuormitusta taajamista, teollisuudesta ja turvetuotannosta sekä hajakuormitusta maa- ja metsätaloudesta ja jokivarren asutuksesta. Fosforia sisältävää vivianiittia eli rautafosfaattia esiintyy yleisesti koko Siikajokilaakson alueella. Myös Siikajoen vesistöalueen alaosilla on happamia sulfaattimaita, jotka ajoittain sadantaolosuhteista riippuen aiheuttavat voimakasta veden pH-arvojen laskua Siikajoen sivu-uomissa ja pääuomassakin. Lisäksi Uljuan tekoaltaan säännöstely vaikuttaa oleellisesti alapuolisen Siikajoen virtaamiin ja veden laatuun. (Ojala 2012).

Mittauslaitteisto sijoitettiin pinta-alaltaan noin 9m^2:n lautalle, joka sijaitsi noin 200 metrin päässä järven rannasta, Järvikylällä (kuva 16). Automaattinen mittauslaitteisto oli toiminnassa Mankilanjärvellä vuonna 2013 syyskuun alusta lokakuun loppuun ja vuonna 2014 kesäkuun alusta lokakuun puoliväliin (kuva 17). Antureiden mittaussyvyys oli 0,75 m ja mittaus tapahtui pääasiassa 30 min välein.

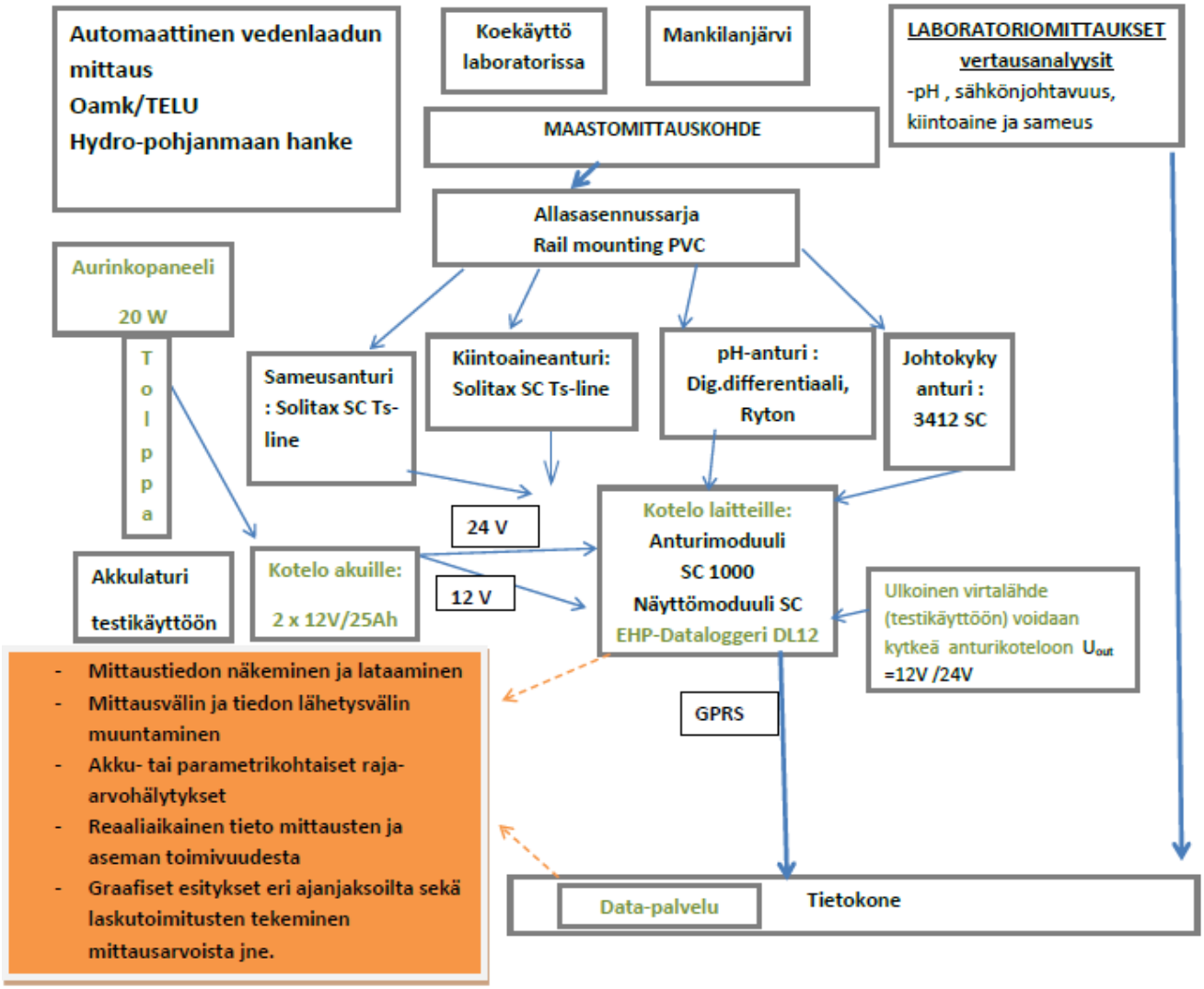


Kuva 16. Mittauslautan sijainti Mankilanjärvellä. Kuva: Maija Tolonen

Kuva 17. Automaattinen veden laadun mittauslaitteisto Mankilanjärven lautalla. Kuva: Kaija Karhunen

3.4.2 Laitteisto, anturit ja mitattavat parametrit

Hydro- Pohjanmaa- hankkeessa käytetty automaattinen vedenlaadun mittausjärjestelmä koostuu useista eri komponenteista. Parhaiten tätä järjestelmää voidaan kuvata seuraavanlaisella lohkokaaviolla (kuva 18)



Kuva 18. Automaattinen veden laadun mittausjärjestelmä

Mittausjärjestelmä koostuu anturimoduulista, neljästä anturista, kahdesta akusta, dataloggerista, regulaattorista ja aurinkopaneelista. Lisäksi laboratoriossa käytettiin ulkoista virtalähdettä akkujen sijasta. Anturimoduulin, näyttömoduulin ja anturit on valmistanut Hach Lange ja toimittanut Hyxo Oy. Dataloggerin, suojakotelot, datapalvelun sekä virtalähteet on toimittanut EHP- tekniikka Ltd.

Automaattisen vedenlaadun mittausjärjestelmän mittaamat parametrit Mankilanjärvellä ovat veden pH, lämpötila, sähkönjohtavuus eli johtokyky, sameus sekä kiintoaine.

pH-anturin toimintaperiaate
Veden pH:n mittaukseen käytettiin pH-anturia (pHD sc differentiaali, Ryton, DPD1R1, Hach Lange). Anturi (kuva 19) reagoi pieniinkin muutoksiin veden pH:ssa. Anturi on tarkoitettu mittaamaan luonnonvesiä tai jätevesiä. Anturi toimii parhaiten pH-alueella 2–12.

Differentiaaliantureiden toiminta perustuu kolmeen mittauselektrodiin normaalin kahden elektrodin sijasta. Kolmas elektrodi mittaa pH-arvoa referenssiliuoksessa pH7, johon varsinaista mittauselektrodia verrataan. Differentiaalisen anturin muun muassa mittaustarkkuus on tavallisia antureita parempi ja se on huoltovapaampi (Onkamo 2010).

Kuva 19. pH-anturi. Kuva: Laura Karhu

Johtokykyanturin toimintaperiaate
Johtokykyanturina oli 3412 sc Sensor, Hach Lange. Mittausalue anturilla on teknisten tietojen mukaan 1 – 2000 µS/cm. Anturissa on myös lämpötilasensori, jonka avulla huomioidaan lämpötilan vaikutus johtokykymittaukseen (Hach Lange 2014).

Johtokykymittauksessa ionit kuljettavat sähkövirtaa liuokseen upotettujen, jännitelähteeseen kytkettyjen elektrodien välillä. Liuoksen sähkönjohtavuus määritetään mittaamalla joko sen vastus eli resistanssi (R) tai johtokyky eli konduktanssi (G). Johtokyky on vastuksen käänteisarvo. Liuoksen sähkönjohtavuus eli ominaisjohtokyky (γ) voidaan laskea mitatusta vastuksesta tai johtokyvystä kaavalla (Jaakkola 2009).

Lämpötila vaikuttaa johtokykyyn. Lämpötilan kasvaessa ionien johtokyky kasvaa. Tällöin johtokyvyn kasvu on riippumaton liuoksen konsentraatiosta. Jotta mittauksessa lämpötilanaiheuttama virhe olisi mahdollisimman pieni, lämpötila olisi pidettävä vakiona ± 0,5°C:n tarkkuudella (Jaakkola 2009).

Sameuden ja kiintoaineen mittauksissa käytetty anturi ja sen mittausmenetelmä
Kiintoaine- ja sameus-antureilla (SOLITAX sc Ts- line) voidaan mitata sekä veden sameutta että kiintoaineen määrää vedessä. Sameuden mittausmenetelmä perustuu kaksisäteisen sironneen infrapunavalon mittaukseen 90° kulmassa, jossa on värin kompensointi. Kiintoaineen mittaus perustuu infrapunavalon mittaukseen 90° ja 140° kulmassa. Anturi mittaa normin DIN EN 27027 mukaisesti sameuspitoisuuksia sekä kiintoainepitoisuuksia. Yksittäinen anturi (kuva 20) ei pysty mittaamaan sekä kiintoainetta ja sameutta samanaikaisesti. Tämän takia päädyttiin kahden anturin käyttöön, jotta näiden parametrien mittaamiset pystytään suorittamaan samanaikaisesti. Anturinteknisissä tiedoissa annettu mittausalue on kiintoaineessa välillä 0,001–50 g/l ja sameudessa välillä 0,001–4 000 FNU (Hyxo Oy 2013).

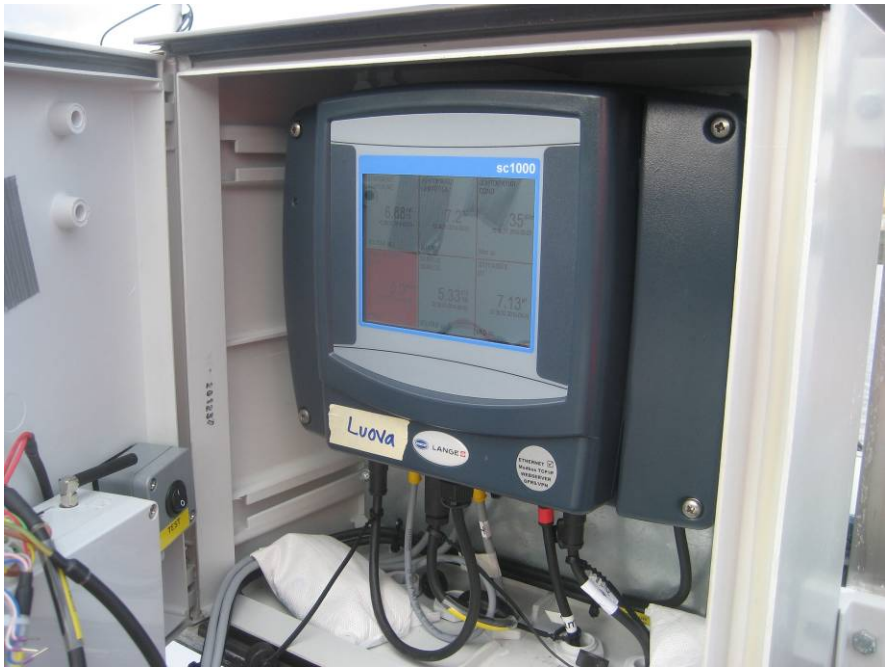
Kuva 20. Kiintoaineanturi. Kuva: Laura Karhu

Veden lämpötilan mittauksissa käytetty anturi

Veden lämpötilan mittaamiseen käytettiin johtokykyanturia (3798-S sc, Hach Lange). Anturi hankittiin alun perin johtokyvyn mittaamiseen, mutta anturi ei soveltunut kyseessä olevan vesistön mittaamiseen johtokyvyn osalta. Anturissa olevaa veden lämpötilanmittausominaisuutta hyödynnettiin veden lämpötilan mittaamisessa.

3.4.3 Datan siirto ja datapalvelu

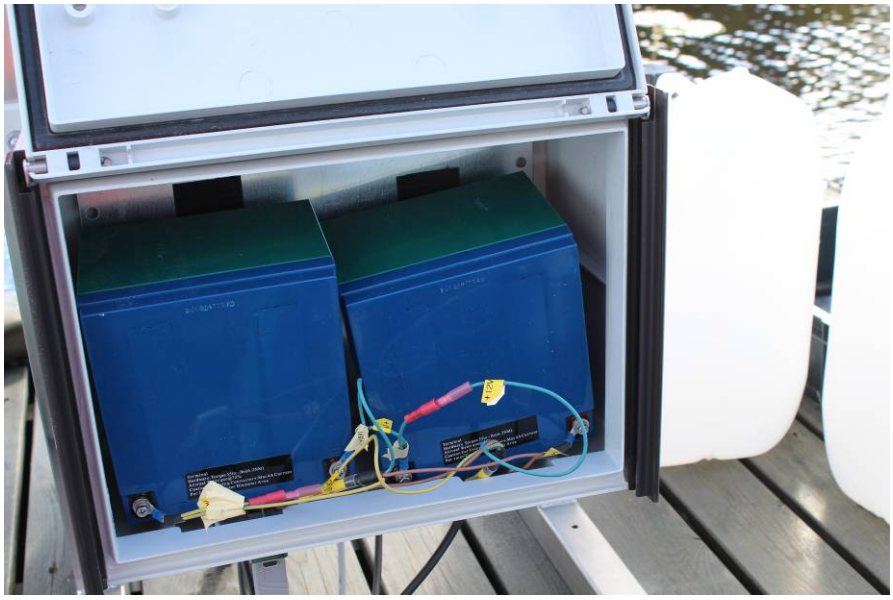
Anturi- ja näyttömoduulin (SC 1 000) avulla voidaan ohjata laitteistoa, mittausta ja tarkastella tuloksia. Anturimoduuli (kuva 21) sijaitsee vesitiiviissä suojakotelossa. Anturit kytketään anturimoduuliin, johon on mahdollista liittää samanaikaisesti useita antureita. Tieto siirtyy anturimoduulista, joko digitaalisesti tai analogisesti tiedonsiirtolaitteistoon (dataloggeriin) (kuva 22), joka sijaitsee myös samassa kotelossa anturi- ja näyttömoduulin kanssa.



Kuva 21. Anturimoduuli ja näyttömoduuli. Kuva: Kaija Karhunen

Kuva 22. Dataloggeri on auki olevan kaapin ovessa. Kuva: Laura Karhu

Toisessa kotelossa sijaitsevat ulkoisen virtalähteen kiinnityskohta sekä kaksi 12 voltin akkua (kuva 23). Dataloggeriin menevät kaikki mittaustiedot päätelaitteesta ja akkujen tilaa koskevat tiedot, jotka lähetetään edelleen laitetoimittajan tiedonkäsittelypalveluun (datapalvelu). Akkujen lataamiseen käytettiin 20 watin aurinkopaneelia. Käyttäjätunnusten avulla voidaan seurata mittaustuloksia ja laitteiston tilaa tietokoneen tai muun mobiililaitteen kautta.



Kuva 23. Kaksi akkua mittauslautan suojakotelossa. Kuva: Kaija Karhunen

EHP-tekniikka Ltd:n tuottaman datapalvelun kautta voidaan seurata mittaustuloksia esimerkiksi päivittäin tai viikoittain. Palvelusta näkee myös akkujen virtamäärät. Jos akkujen virtamäärät menevät liian alas (alle 12 V), palvelusta tulee hälytys puhelimeen tai sähköpostiin, jolloin asia pystytään korjaamaan. Palvelun kautta voidaan myös muokata mittaustiheyttä. Lisäksi datapalvelussa voidaan syöttää raja-arvot tuloksille.

3.4.4 Vesinäytteiden otto

Mittauslautan huoltokäyntien yhteydessä otettiin manuaalisesti vertailunäytteet, jotka analysoitiin Oulun ammattikorkeakoulun kemian laboratoriossa. Mittausjakson aikana viikoittain tehtyjä analyysejä olivat pH:n, johtokyvyn ja sameuden mittaaminen vesinäytteestä, sekä kiintoainesanalyysi.

Näytteenotto suoritettiin Limnos-vesinäytteenottimella 0,70 metrin syvyydestä. Näytepullot pestiin ja huuhdottiin hyvin ennen näytteenottoa, ja ne säilytettiin kuljetuksen ajan kylmälaukussa. Kiintoaineen, sameuden ja johtokyvyn määritystä varten mukaan otettiin muoviset näytepullot ja pH:n määritystä varten tarvittiin lasinen, ilmatiivis näytepullo. Kesän 2014 mittausjakson aikana Mankilanjärvellä kävi kerran kuukaudessa virallinen, sertifioitu näytteenottaja, joka vei näytteen analysoitavaksi Suomen Ympäristökeskuksen Oulun laboratorioon (SYKE).

3.4.5 Laboratorioanalyysit

Oamkin kemian laboratorioissa tehtiin vertailumittauksia standardien pohjalta. Vertailumittaukset olivat pH, johtokyky, sameus ja kiintoaine. Suorittamalla laboratoriomittauksia voitiin seurata automaattisten antureiden tulosten oikeellisuutta järvellä. Oamkin laboratorion tuloksia verrattiin SYKE:n laboratorioiden virallisiin tuloksiin aika-ajoin.

Näytteiden tuonti laboratorioon ja säilytysajat
Vesinäytteiden oton jälkeen näytteet sijoitetaan matkan ajaksi kylmälaukkuun, jotta niiden laatu pysyisi mahdollisimman tasaisena. Laboratoriossa samana päivänä tehtäviin analyyseihin tarkoitetut näytepullot säilytetään huoneenlämmössä ja seuraavana päivänä analysoitavat näytteet viedään kylmähuoneeseen säilytettäväksi soveltaen standardien ohjeita.

pH:n ja johtokyvyn määritys suoritettiin laboratorion lisäksi myös järvellä. Näytteiden analysointi järvellä tapahtui järven veden lämpötilassa. Laboratoriossa määritykset tehtiin mahdollisimman lähellä huoneenlämpöä olevasta näytteestä, sillä mittarista riippuen tarkin tulos saadaan joko 20 tai 25 celsiusasteisesta näytteestä.

Taulukko 5. Menetelmissä käytetyt mittalaitteet

pH	VWR pH100	SCHOTT handylab 1
Johtokyky	SCHOTT handylab LF1	CONSORT C535
Sameus	WTW TURB 430 IR	

pH -mittauksen laboratoriomenetelmä
pH-mittaukset suoritettiin SFS 3021 standardin ohjeita soveltaen. Menetelmä on potentiometrinen menetelmä. Mittari kalibroitiin tunnetuilla puskuriliuoksilla mittarin oikean tuloksen varmistamiseksi (kaksi pistettä). Analysoitavat vesinäytteet olivat 20 – 25 °C välillä, sekä näytteitä sekoitettiin mittauksen aikana.

Johtokykymittauksen laboratoriomenetelmä
Johtokyvyn mittaukset suoritettiin standardia SFS-EN 27888 soveltaen. Mittauslaitteisto kalibroitiin sekä mittaustulosten oikeellisuutta seurattiin kaupallisella tunnetun pitoisuuden omaavalla vertailuliuoksella.

Sameuden mittauksen laboratoriomenetelmä
Sameuden määritys tapahtui standardin SFS-EN ISO 7027 pohjalta. Laitteen toiminta tarkistettiin vertailuliuoksilla (kaupalliset liuokset) ennen näytteiden mittaamista. Tällä tavalla varmistuttiin mittarin toimintakyvystä. Tarvittaessa suoritettiin kalibrointi.

Kiintoainemittauksen laboratoriomenetelmä
Kiintoaine määritettiin vesinäytteistä standardin SFS EN 872:2005 mukaan. Vesinäytteet suodatettiin näyte paine-eron avulla lasikuitupaperin läpi (Whatman, Glass Microfiber Filters, GF/C, diameter 47 mm, cat. No.: 1822-047). Kiintoaine jäi suodatinpaperiin, jolloin sen määrä vedessä voidaan määrittää. Määrityksessä ovat vesinäytteiden lisäksi mukana nollanäyte (0-näyte) (tislattua vettä) ja vertailuliuos (kiintoainepitoisuus 10 mg/l), joiden avulla voitiin seurata menetelmän toimivuutta.

3.4.6 Automaattianturien huolto

Mittauslautan automaattiantureiden huolto suoritettiin keskimäärin kerran viikossa mittausjakson aikana. Käytännön huoltotoimenpiteisiin kuuluivat antureiden puhdistus, niiden toiminnan tarkkailu näyttömoduulin kautta, sekä mahdollinen kalibrointi. Myös lautan yleiskunnosta huolehdittiin huoltokäynneillä. pH-, kiintoaine- ja sameusanturit huollettiin viikoittain, kun taas johtokykyantureiden huoltoväli oli lähes koko kesän kaksi viikkoa.

Kesän 2014 helteiden alkaessa antureihin alkoi tarttua yhä enemmän levää ja muuta likaa, joten heinä-elokuussa kaikki anturit huollettiin kerran viikossa. Sameus- ja kiintoaineantureiden elektrodipäihin oli asennettu pyyhkijät, joiden tarkoitus oli pitää mittauspää puhtaana, jotta mittaustuloksiin ei pääsisi syntymään häiriöpiikkejä likaantumisen takia.

Antureiden puhdistus suoritettiin nostamalla ne ensin vedestä ylös, minkä jälkeen niiden mittauspäät puhdistettiin kevyesti pehmeällä siveltimellä ja laimennetulla kloriitilla. Antureiden varret pyyhittiin pehmeällä liinalla. pH-anturin mittaustarkkuus testattiin kahden viikon välein puskuriliuoksilla pH 7 ja pH 4. Mikäli mittaustarkkuudessa oli suurta vaihtelua, anturi kalibroitiin näyttömoduulin ohjeita seuraten. Myös johtokykyanturi kalibroitiin näyttömoduulin ohjeita seuraten pH-anturin kalibroinnin yhteydessä. Lisäksi johtokykyanturin toimintaa seurattiin aika-ajoin mittaamalla kaupallista liuosta, jonka johtokyky tiedetään. Anturit kalibroitiin kahdesti kesän aikana, heinäkuussa ja elokuussa. Tähän asti antureiden antamat tulokset olivat samansuuntaisia ja testatessa puskuriliuokset antoivat oikean tuloksen.

Tiheän huoltovälin ja puhdistuksen ansiosta anturit eivät päässeet likaantumaan mittausjakson aikana. Mittauslautta, jossa anturit olivat kiinnitettynä, kuitenkin liikkui vesistössä jonkin verran. Tämän vuoksi mittauslautta oli joinakin viikkoina tiheän vesikasvillisuuden seassa.

3.5 Tulokset ja niiden tarkastelu

3.5.1 Laitteiston hankinta ja käyttökokemukset

Hydro-Pohjanmaa –hankkeessa oli tavoitteena kokeilla ja testata automaattisten veden laadun mittareiden soveltuvuutta humuspitoisten vesien analysointiin ja laatia ohjeistus mittaamisesta. Automaattisen mittausaseman laitteisto hankittiin Oulun ammattikorkeakoulun Luonnonvara-alan yksikköön (nykyisin Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö) nopealla aikataululla keväällä 2013, jotta mittauslaitteiden testaus voitaisiin aloittaa jo kesällä 2013.

Laitteiston hankintavaiheessa ratkaistavia asioita olivat mm.

- mitä veden laatutekijöitä mitataan
- missä mitataan
- mitä laitteita ja mistä hankitaan ja mitä tehdään itse
- miten datan siirto ja datapalvelu järjestetään
- laitetoimittajien valinta ja sopimukset

Laitteisto päätettiin kilpailutuksen jälkeen hankkia alueen yrityksistä, jotta yhteistyö laitteiston asennuksessa, käyttöönotossa ja huollossa olisi vaivatonta. Mittauspaikaksi valittiin Mankilanjärvi, koska se sijaitsi turvemaiden ympäröimällä alueella kohtuullisen matkan päässä Oulusta. Lisäksi paikalliseksi yhteistyökumppaniksi käytännön järjestelyissä saatiin Mankilan kyläseura ja Mankilanjärven jakokunta.

Ennen laitteiston asentamista Mankilanjärvelle sitä testattiin kesällä 2013 sekä lisäksi talvella 2013–2014 Oulun ammattikorkeakoulun kemian laboratoriossa. Laitteiston asennus järvelle tapahtui elokuussa ja mittaukset aloitettiin syyskuussa 2013 ja niitä jatkettiin 30.10.2013 saakka. Ensimmäisenä mittausvuonna keskityttiin lähinnä laitteiston tekniikan, kalibroinnin ja käytön hallintaan sekä datapalvelun toiminnan testaamiseen.

Vuonna 2014 mittausasema oli toiminnassa 1.6.–15.10.2014. Tämän jakson aikana otettiin myös manuaalisesti vesinäytteitä mittaustulosten vertailua varten.

Automaattisen mittauslaitteiston hankintavaiheessa havaittiin, että jatkuvatoimisilla antureilla on rajoitteensa, sillä niitä on vain osalle mitattavista parametreista ja niiden mittaustarkkuus ja -alue(/-väli) asettavat rajoituksia sille, kuinka tarkkaan ja millä mittausepävarmuudella mittauksia saadaan tehtyä. Esimerkiksi tässä hankkeessa keväällä 2013 hankitun typpianturin mittausalue ei soveltunut kyseiseen vesistöön. Myös seurantapaikan olosuhteet ja niiden vaihtelu (mm. säätekijät, lämpötila, järven kasvillisuus ja jännitevaihtelut) vaikuttavat tuloksien tarkkuuteen.

Jatkuvatoimisella mittauksella saatiin huomattavasti enemmän ja tarkempaa tietoa mitattavan suureen ajallisesta käyttäytymisestä kuin kertanäytteenotossa, jossa pitoisuus on vain kyseisen hetken tulos. Jatkuvalla mittauksella saatu aineisto on suoraan sähköisessä muodossa ja siten nopeammin käytettävissä toisin kuin perinteisesti käsin mitatut tai laboratoriossa määritetyt arvot. Automaattinen mittauslaitteisto tuottaa huomattavat määrät aineistoa, minkä hyödyntäminen ja säilyttäminen on myös suunniteltava. Lisäksi datan joutuu tarkastamaan virheistä ja korjaamaan tarvittaessa ennen käyttöä.

Antureiden ja koko mittausjärjestelmän kuntoa ja puhdistustarvetta tarkkailtiin säännöllisesti mahdollisten häiriöiden havaitsemiseksi. Myös mittauslaitteiston tuottamaa dataa seurattiin jatkuvasti, jotta voitiin havaita mahdolliset ongelmat kuten antureiden likaantuminen tai laiterikot. Anturit säilyivät hyväkuntoisina koko mittauskauden ajan ja viikon puhdistusväli osoittautui riittäväksi.

Mittausjärjestelmän käyttöohjeeksi suunniteltiin käsikirja, joka käsittää tärkeimmät mittauspisteessä tarvittavat ohjeet esimerkiksi huoltotoimista. Lisäksi mukana on yleisiä huomioita ja vinkkejä mittauskohteessa käymisestä ja lista mukana tarvittavista välineistä. Käsikirja toimii parhaiten juuri tässä hankkeessa käytetylle mittausjärjestelmälle ja mittauskohteelle. Jos mittauskohde tai -järjestelmä vaihtuu, on myös käsikirjaa päivitettävä (Kesti 2014).

3.5.2 Mittaustulosten vertailu

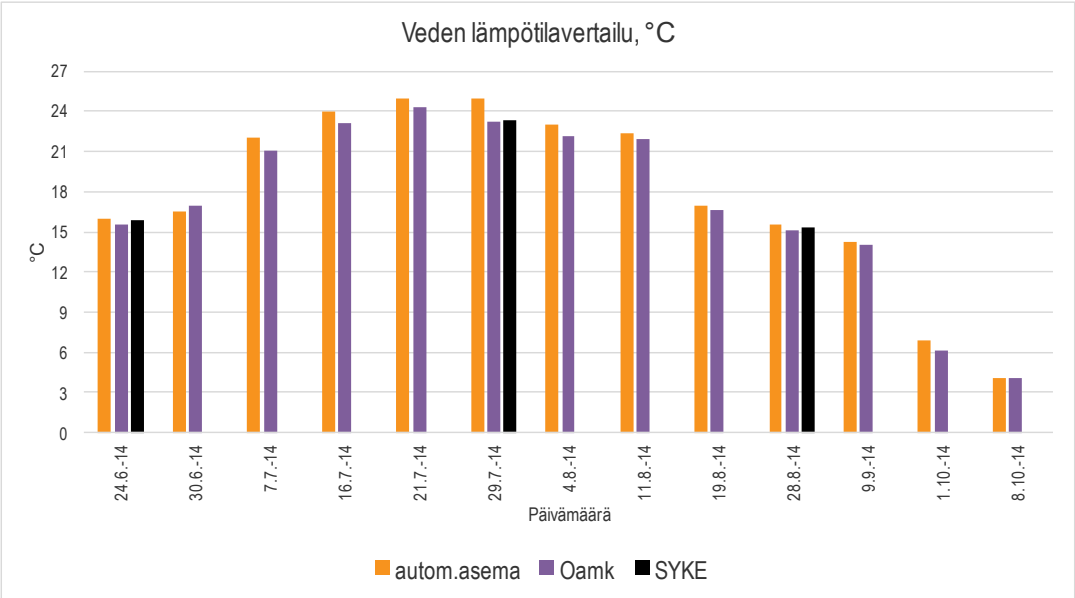
Veden laadun mittaustuloksia saatiin mittausjakson aikana vuonna 2014 jatkuvatoimisella laitteistolla 30 minuutin välein sekä laboratorioanalyyseilla Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriossa kerran viikossa ja Oulun SYKE:n laboratoriossa kerran kuukaudessa kesä-elokuun ajan.

3.5.2.1 Veden lämpötila, pH ja johtokyky

Mankilanjärven veden laatua on tarkkailtu vain satunnaisesti vuosina 1972–2008. Tarkkailutulosten mukaan veden pH-arvo on vaihdellut pH 5,4…7,2. Sähkönjohtokyky on vaihdellut 2,4…18 mS/m. (Aluehallintovirasto 2011).

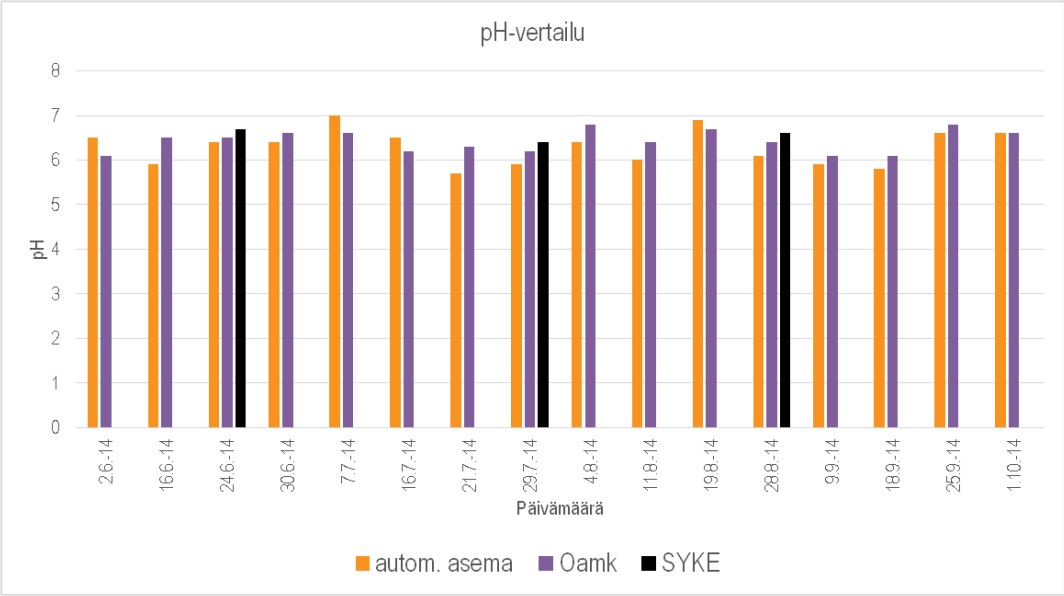
Hydro-Pohjanmaa –hankkeeseen liittyen SYKE:n Oulun laboratoriossa tutkittiin Mankilanjärven vesinäyte vertailutulosten saamiseksi. Vesinäyte otettiin 4.9.2013. Tulokset olivat seuraavat: veden lämpötila 15^{0}C, pH 6,4 ja sähkönjohtavuus 3,2 mS/m.

Kuvassa 24 on esitetty Mankilanjärven veden lämpötilan vaihtelu mittausjaksolla vuonna 2014. Korkein lämpötila-arvo (25^{0}C) mitattiin automaattianturilla heinäkuun lopussa 21.7. ja 29.7. Eri mittausmenetelmien välillä ei ollut merkittäviä eroja.



Kuva 24. Mankilanjärven veden lämpötila-arvot mitattuna automaattianturilla, Oamkin laboratoriossa ja SYKE:n vertailulaboratoriossa

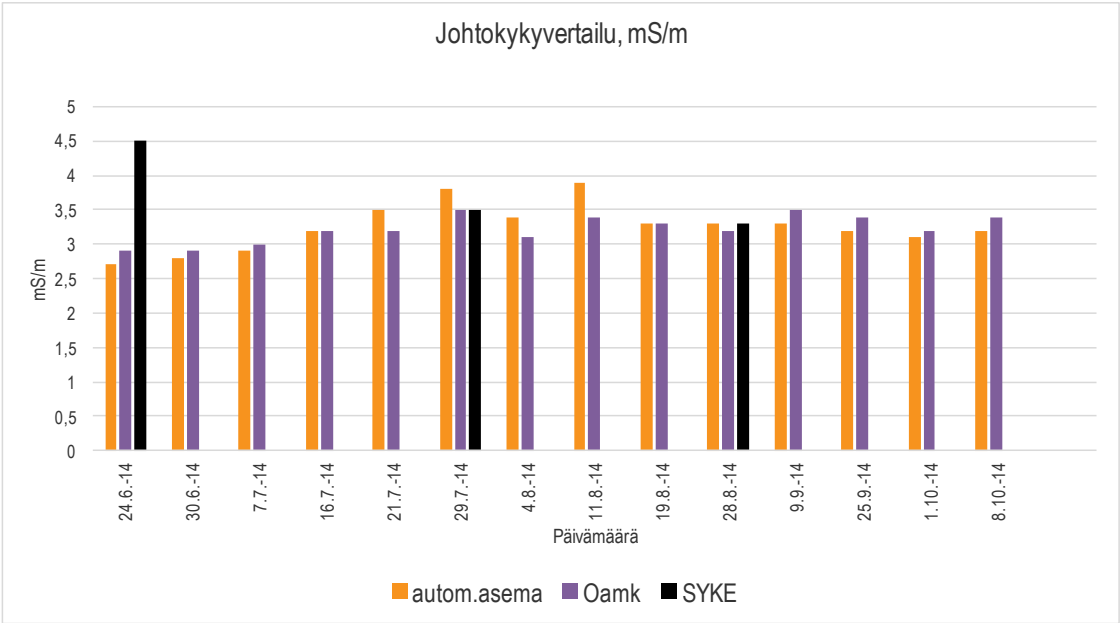
Kuvassa 25 on esitetty Mankilanjärven pH-arvot vuoden 2014 mittausjaksolla. Veden pH-arvo on vaihdellut pH 5,7:n ja 7,0:n välillä. Eri mittausmenetelmien välillä ei näytä olevan merkittäviä eroja.



Kuva 25. Mankilanjärven veden pH –arvon mittaukset automaattianturilla, Oamkin laboratoriossa ja SYKE:n vertailulaboratoriossa.

Sähkönjohtokyky kuvaa veteen liuenneiden suolojen määrää. Mitä korkeampi sähkönjohtokyvyn lukema on, sitä suurempi on veden suolapitoisuus. Näitä suoloja ovat yleensä maaperän liuenneita kivennäisaineita, nitraatteja, fosfaatteja, sulfaatteja ja metalli-ioneja muun muassa natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä kloridi. Sähkönjohtavuus kuvastaa hyvin yleistä vedenlaatua. Suomen vedet ovat yleisesti ottaen vähäsuolaisia. Luonnon vesissä arvo on alle 10 mS/m. (Oravainen 1999)

Kuvassa 26 on esitetty Mankilanjärven johtokyky-arvot vuoden 2014 mittausjaksolla. Eri menetelmillä saadut mittaustulokset ovat samansuuntaisia lukuun ottamatta kesäkuun lopun mittausta, joka tehtiin Oulun SYKE:n laboratoriossa.

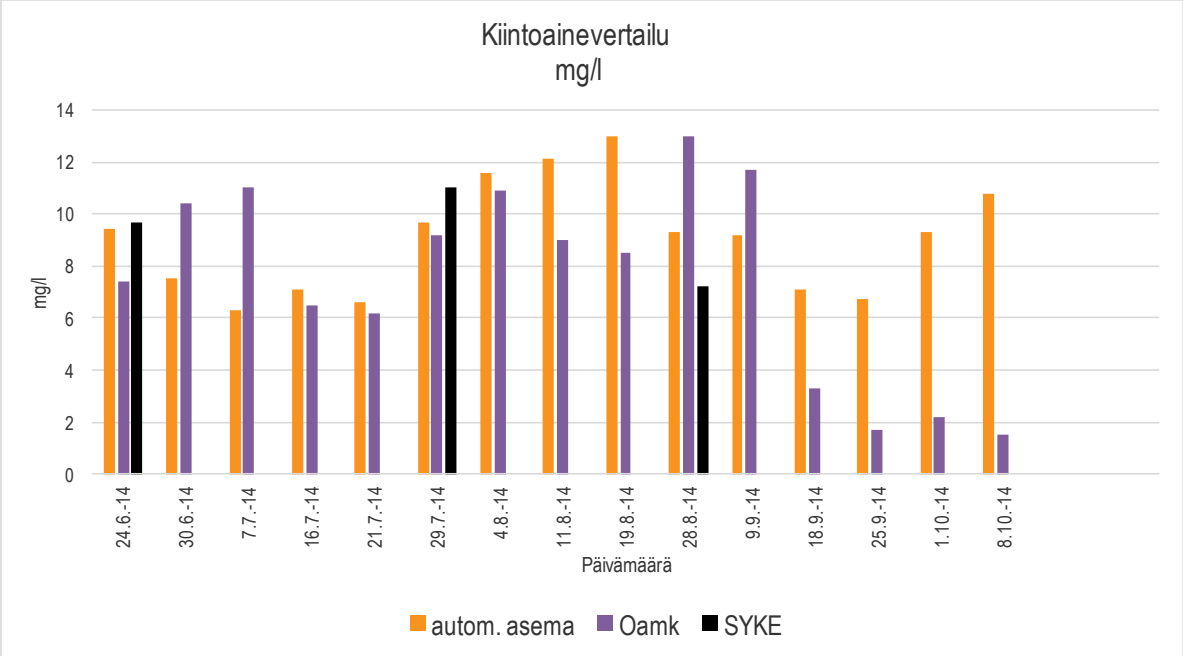


Kuva 26. Mankilanjärven veden johtokykyarvot mitattuna automaattianturilla, Oamkin laboratoriossa ja SYKE:n vertailulaboratoriossa.

3.5.2.2 Kiintoaine ja sameus

Kiintoaineella tarkoitetaan vedessä hiukkasmaisessa muodossa (yli 0,45 µm) olevaa ainetta, joka koostuu sekä orgaanisesta että epäorgaanisesta aineksesta. Kiintoainekuormitus on seurausta maaperän eroosiosta ja kulkeutumisesta valumaveden mukana vastaanottavaan vesistöön. (Marttila 2012)

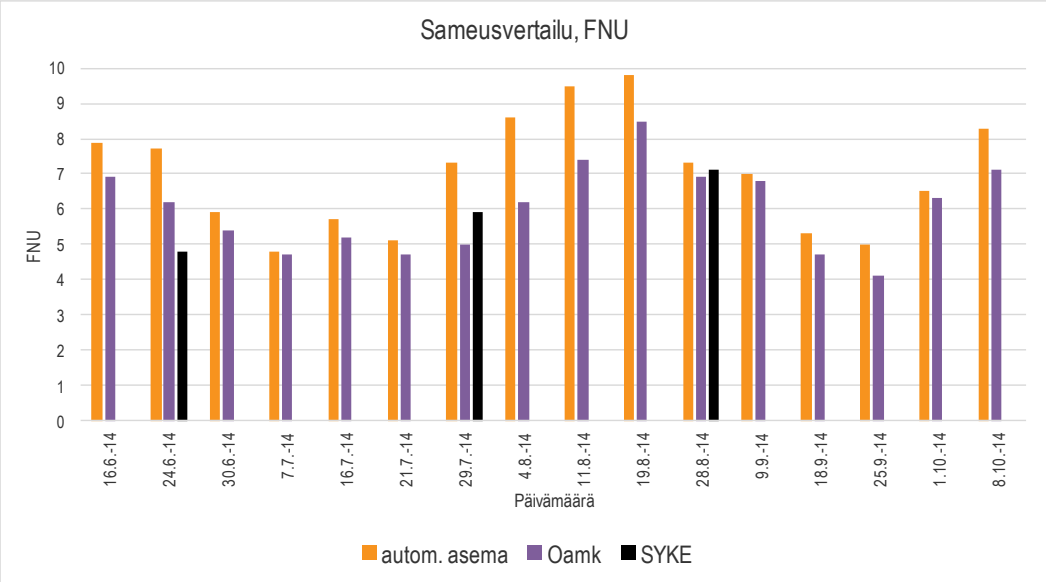
Kiintoainemääritys tehdään laboratoriossa suodattamalla tietty vesimäärä tiheän kalvon läpi, joka kuivataan ja punnitaan. Tulos ilmoitetaan mg/l. (Oravainen 1999). Mankilanjärven vedestä saadut kiintoainemittaustulokset vaihtelivat suuresti (kuva 27).



Kuva 27. Mankilanjärven veden kiintoainearvot mitattuna automaattianturilla, Oamkin laboratoriossa ja SYKE:n vertailulaboratoriossa.

Sameus koostuu pienistä hiukkasista vedessä. Laboratoriossa veden sameus määritetään mittaamalla vesinäytteestä siroavan valon voimakkuus. Sameus ilmoitetaan suhteellisella FNU (formazine nephelometric units)-asteikolla, koska määrityksessä käytetään vertailuliuoksena formatsiinia. Sameus riippuu vedessä olevien partikkeiden määrästä ja laadusta (esim. savihiukkaset, kasviplankton). Karkeana sääntönä voidaan pitää, että 1 FNU vastaa 1 mg/l kiintoainetta.(SYKE 2014). Lievästi samean veden sameus on välillä 1-5 FTU. (Oravainen 1999)

Sameus vaihteli Mankilanjärven vesinäytteissä vuoden 2014 tutkimusjaksolla välillä 4,1–9,8 FTU. Automaattianturilla mitatut FTU-arvot olivat säännöllisesti korkeampia kuin laboratoriotulokset, mutta mittaustulosten pitoisuuden trendi on yhteneväinen mittausjaksolla. (kuva 28).



Kuva 28. Mankilanjärven veden sameusarvot mitattuna automaattianturilla, Oamkin laboratoriossa ja SYKE:n vertailulaboratoriossa.

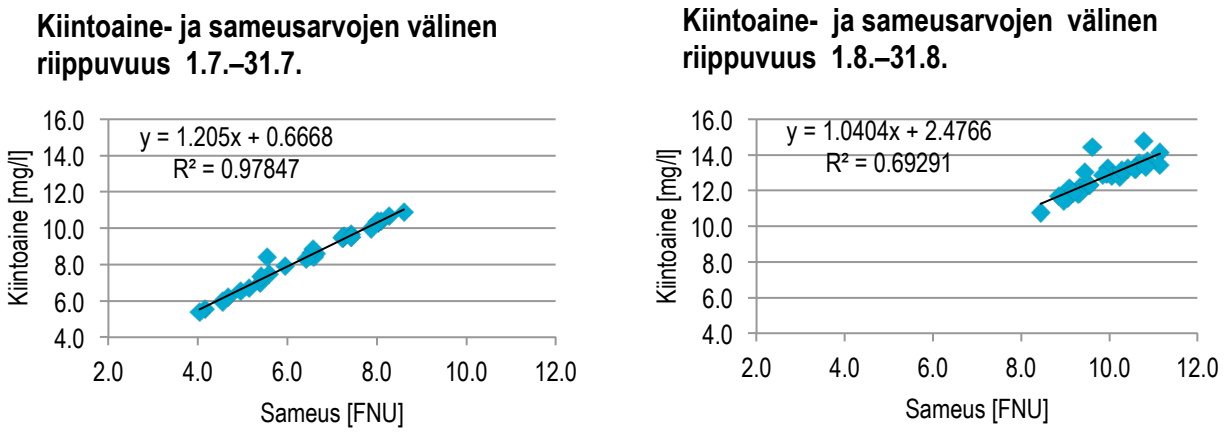
3.5.2.3 Kiintoaineen ja sameuden välinen riippuvuus

Heinäkuussa 2014 automaattimittausanturilla mitattu kiintoainepitoisuus vaihteli välillä 6,3–9,7 mg/l. Tulokset ovat niiltä päiviltä (n=4), jolloin analysointi tapahtui myös laboratoriossa. Elokuussa vaihteluväli oli 9,3–13.0 mg/l (n=4). Vastaavasti sameuden tulokset heinäkuussa niinä päivinä (n=4), jolloin analysointi tapahtui myös laboratoriossa, olivat välillä 4,8–7,3 FNU ja elokuussa välillä 7,3 – 9,8 FNU.

Lisäksi tarkasteltiin automaattianturilla mitattujen kiintoainepitoisuuksien päiväkeskiarvoja. Vaihteluväli heinäkuussa (n=26) oli 5,4–10,9 mg/l ja elokuussa (n=29) 10,8–14,8 mg/l. Sameuden päiväkeskiarvojen vaihteluväli oli heinäkuussa 4,0–8,6 FNU ja elokuussa 8,4–11,1 FNU. Tuloksista havaittiin, että sekä kiintoainepitoisuuden että sameuden arvot olivat elokuussa suuremmat kuin heinäkuussa.

Kuvassa 29 on esitetty sameus- ja kiintoainearvojen välinen riippuvuus päiväkeskiarvojen avulla. Havaittiin, että riippuvuus on heinäkuussa hyvä. Selityskerroin oli 0,9785. Elokuussa riippuvuus heikkeni, jolloin selityskerroin oli vain 0,6929.

Koko mittausjakson ajan sekä kiintoaine- että sameusarvot olivat alhaisella tasolla. Salmi ym. (2011) ja ovat raportoineet huomattavasti suurempia arvoja (yli 50 FTU) sameuden osalta vesistöistä, joiden valuma-alueen pellot ovat pääosin hieta- ja savimaita.



Kuva 29. Sameuden ja kiintoaineen välinen riippuvuus Mankilanjärvellä heinä- ja elokuussa 2014.

3.5.2.4 Kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori

Tutkimuksen aikana kesällä 2014 kokonaisfosfori (kokP) ja fosfaattifosfori (PO_4-P) analysoitiin Suomen ympäristökeskuksen Oulun laboratorion toimesta vain kolmena päivänä (taulukko 6). Kiintoaineen, sameuden ja fosforin riippuvuutta ei voida havaita näin pienen aineiston avulla.

Taulukko 6. Kokonaisfosfori ja fosfaattifosforin arvot Mankilanjärvellä kesällä 2014 (Oulun SYKE:n laboratorio)

	yksikkö	Kesäkuu 24.6.2014	Heinäkuu 29.7.2014	Elokuu 28.8.2014
Kokonaisfosfori (kokP)	µg/l	44	45	50
Fosfaattifosfori (PO_4-P)	µg/l	6	6	4

Mankilanjärven liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista on keskimäärin 11 % (n=3). Verrattaessa tulosta Jäälinjärven alueen veden laatuseurantaan on Mankilanjärvessä liukoisen fosforin osuus pienempi kuin Jäälinjärvessä (35 %, n=4), jossa kokP oli keskimäärin 34 µg/l ja PO_4-P oli 12 µg/l. Jäälinjärvi on matala runsashumuksinen järvi, joka sijaitsee Oulussa. Vastaavasti Pyyköjärvessä, joka sijaitsee Oulussa asutuksen keskellä, liukoisen fosforin osuus oli keskimäärin 26 %, jossa kokP oli 54 µg/l ja PO_4-P oli 14 µg/l (Kainua 2013).

3.6 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää automaattisen mittauslaitteiston käyttökelpoisuutta humuspitoisessa vesistössä. Automaattimittauksia on toteutettu monien hankkeiden avulla vesistöissä, joiden valuma-alueet ovat pääasiassa savimaita ja karkeita kivennäismaita. Maatalousalueiden humuspitoisissa vesistöissä mittauksia ei ole aikaisemmin tehty.

Automaattisen mittauslaitteiston ja –antureiden hankinta, mittauspaikan valinta, laitteiston asennus, kalibrointi jne. veivät alussa huomattavan paljon aikaa, joten pitempiin yhtäjaksoisiin mittausjaksoihin päästiin vasta vuonna 2014. Varsinaisella tutkimusjaksolla mittausasema ja –anturit toimivat hyvin ja automaattimittauksella saadut tulokset vastasivat hyvin laboratorioissa määritettyjä arvoja. Kiintoainemittaukset poikkesivat kuitenkin huomattavasti laboratorioanalyyseista.

Automaattisen mittauslaitteiston tuottamia tuloksia sekä laboratoriotuloksia vertailtaessa tulee ottaa huomioon, että saadut mittaustulokset perustuvat joissakin tapauksissa eri menetelmiin kuin laboratorioanalyysit ja tällä tekijällä voi olla vaikutusta lopputulokseen.

Automaattisella veden laadun mittauksella saatiin tutkimusjakson aikana runsaasti tarkkaa tietoa Mankilanjärven veden laadusta. Automaattimittauksella pystyttiin myös havaitsemaan esimerkiksi antureiden likaantumisesta johtuvat nopeat muutokset veden laadussa.

Jatkuvatoimisia laitteita tulee huoltaa säännöllisesti ja niiden tuottamaa dataa on seurattava jatkuvasti. Mahdollisten ongelmien, kuten mittausta haittaavan likaantumisen tai laiterikon sattuessa ne on käytävä nopeasti puhdistamassa tai korjaamassa. Joiltakin osin on mahdollista seurata antureiden toimintaa tunnetun pitoisuuden omaavilla kaupallisilla liuoksilla.

Tämän tutkimuksen perusteella automaattisia veden laadun mittauksia on mahdollista toteuttaa myös humuspitoisissa vesissä. Laitteiston valintaan, asennukseen, kalibrointiin, datan siirtoon ja hallintaan tulee kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota. Luotettavien tulosten varmistamiseksi tulee ottaa myös kertanäytteitä laboratorioanalyyseja varten.

Maatalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta tällä tutkimuksella ei selvitetty, sillä Mankilanjärven valuma-alueella peltoalan osuus oli varsin pieni (2,5 %). Tulevaisuudessa maatalouden vesistökuormitusta tulisi selvittää myös turvepelloilta. Mittauspaikat tulee valita esimerkiksi pelto-ojan ylä- ja alajuoksulta siten, että mittauksilla voidaan selvittää viljelytoimenpiteiden kuten muokkauksen, kasvilajin valinnan, lannoituksen ja karjanlannan käytön vaikutuksia vesistökuormitukseen. Lisäksi tulee tutkia liukoisen fosforin osuutta ja merkitystä turvepeltojen aiheuttamassa kuormituksessa.

Sääolosuhteiden vaikutusta kiintoaineenpitoisuuden ja sameuden arvoihin ei voitu tässä tutkimuksessa selvittää, sillä paikkakohtaista säähavaintoasemaa ei ollut käytettävissä. Jatkuvatoimisella mittauksella voidaan havaita ajankohta, jolloin

muutokset alkavat ja näin selvittää mahdolliset esimerkiksi säätekijöistä johtuvat vaihtelut. Jotta pystyttäisiin hyödyntämään jatkuvatoimisten laitteiden tuloksia, tulisi seuranta olla useamman vuoden mittainen. Samanaikaisesti tulisi edelleen suorittaa viranomaisten puolesta vesinäytemäärityksiä.

Jatkuvatoimisten laitteiden avulla tavoitellaan yleensä säästöä mittaus- ja seurantakustannuksiin. Tässä tutkimuksessa laitteiston hankintaan ja asentamiseen liittyvät kustannukset vuonna 2013 olivat noin 26 000 euroa. Lisäksi on otettava huomioon seurantaan liittyvät henkilökustannukset. Laitteiston ja mittaustulosten hankintakustannuksia leasing-periaatteeseen ei verrattu, koska Oulun ammattikorkeakoulu halusi investoida laitteisiin ja niihin liittyvään osaamiseen. Laitteistoja ja osaamista on tarkoitus hyödyntää myös jatkossa Oulun ammattikorkeakoulun tarjoamassa opetuksessa.

3.7 Lähteet

Aluehallintovirasto. 2011. Lupapäätös nro 11/11/2. Viitattu 11.12.2014. http://www.avi.fi/documents/10191/56940/psavi_paatos_11_11_2-2011-03-01.pdf

Arola, H. 2012 (toim.) Jatkuvatoiminen sameusmittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistonkäsittely. YMPÄRISTÖHALLINNON OHJEITA 2 | 2012. Viitattu 07.12.2014. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41515/OH_Ohjeita_2_2012.pdf?sequence=1

Hach Lange. 2014. Product information. http://www.hyxo.com/brochure/3400_sc_gb1.pdf. Viitattu 11.12.2014.

Hertta-tietokanta. Valtion ympäristöhallinto. Viitattu 24.5.2013

Hyxo Oy, 2013. Pekka Ilmolan anturikoulutus 2013, Oulu

Jaakkola, Elina 2009. Automaattisen pH- ja johtokykymittauslaitteiston käyttöönotto ja validointi. Lopputyö.Turku.

Kainua, K.2013. Jäälinjärven alueen veden laatuseuranta, tulokset vuodelta 2013. Kiimingin-Jäälin vesienhoitoyhdistys ry.

Kesti, J. 2014. Jatkuvatoiminen vedenlaadun mittausjärjestelmä. Seurannan käynnistäminen humuspitoisessa vesistössä. Opinnäytetyö. Viitattu 09.12.2014. http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201404104126

Kukkonen M. 2012. Opas metsätalouden vesistökuormituksen seurantaan. Viitattu 07.12.2014 http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp245.pdf

Lillunen,A., Härjämäki, K., Riiko, K., Yli-Renko, M., Kulmala, A., Koskinen, J., Lundström, E. ja Kaasinen, S. 2011. Kotopellolta Rantalohkolle - Tehoa maatalouden vesiensuojeluun. TEHO-hankkeen (2008 - 2011) loppuraportti. TEHO-hanke 5/2011.

Marttila, H. 2012.Orgaaninen kiintoaines turvemaiden valumavesissä - keinoja kuormituksen vähentämiseksi. Oulun yliopisto - Huomiota humusvesiin seminaari 14.4.2012. Viitattu 07.12.2014. http://ysy-fi-bin.directo.fi/@Bin/9f9b86fef415387a2ead6ffaea59ec33/1417963438/application/pdf/139893/Parkano_SS_2012_Hannu%20Marttila.pdf

Onkamo, M. 2010. pH:n mittaukset prosessiteollisuudessa. Lopputyö. Pori.

Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. Viitattu 07.12.2014. http://www.kvvy.fi/opasvihkonen.pdf

Ojala, S. 2012. Siikajoen yhteistarkkailu 2011. Osa I: vesistötarkkailu. Lapin vesitutkimus Oy. Viitattu 07.12.2014. http://www.vapo.fi/filebank/939-Siikajoki_vesisto_2011_FINAL_muut_kuormittajat.pdf

Salmi, P., Heikkinen, J., Koskinen, J., Rasa, K. ja Peltonen, J. 2011. Yliskulman laskeutusaltaan seurantaja valuma-alueelta tulevankuormituksen arvioiminen. TEHO-hanke 8/2011 TEHO-hankkeen raportteja, osa 5.

SYKE. 2014. Tietoa SYKEn vedenlaadun kaukokartoitustuotteista. Viitattu 07.12.2014.http://wwwi4.ymparisto.fi/i4/fin/tuotteet/lisatietoja/tuoteinfo.html Päivitetty: 08/26/2014

TASO-hankkeen loppuraportti. 2014. TASO-hanke - Turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojelutason kehittäminen. Päivitetty 30.6.2014. Viitattu 28.10.2014. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/TASOhanke

Valkama, P. 2014. Ravinnehuuhtoumat pelto-ojaan ja metsäpuroon. RaHa -hankkeen julkaisemaa materiaalia viljelijöille - Vedenlaadun seurannan tulokset. Päivitetty 30.9.2014. Viitattu 28.10.2014. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ravinnehuuhtoumien_hallinta/Tietoa_ja_materiaalia_viljelijoille

Valkama, P. & Lahti, K. 2012. Jatkuvatoimiset mittaukset osana yhteistarkkailuja. Aquarius 1/2012. http://www.vesiensuojelu.fi/Aquarius_1_2012.pdf

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. 2014 Jatkuvatoimiset mittaukset. Viitattu 28.10.2014. http://www.vhvsy.fi/content/fi/1007/1069/Jatkuvatoimiset%20mittaukset.html

4 Kokemuksia peltojen raivaamisesta Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla

Sarita Ventelä, Jaakko Uusitalo ja Jarkko Spoof
Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Elintarvike ja maatalous, Ilmajoentie 525, 60800 Ilmajoki, etunimi.sukunimi@seamk.fi

4.1 Johdanto

Maatalouden rakennemuutoksesta johtuva tiluskokojen suureneminen näkyy myös pellonraivaustilastoissa. MTT:n tekemän selvityksen (Niskanen & Lehtonen, 2014) mukaan uusia lohkoja on kirjattu peltorekisteriin vuosina 2000–2011 yhtensä 94 130 hehtaaria. Näistä varsinaiset maatalouden tuotantosuunnat ovat raivanneet 85 400 hehtaaria peltoa tuona ajanjaksona.

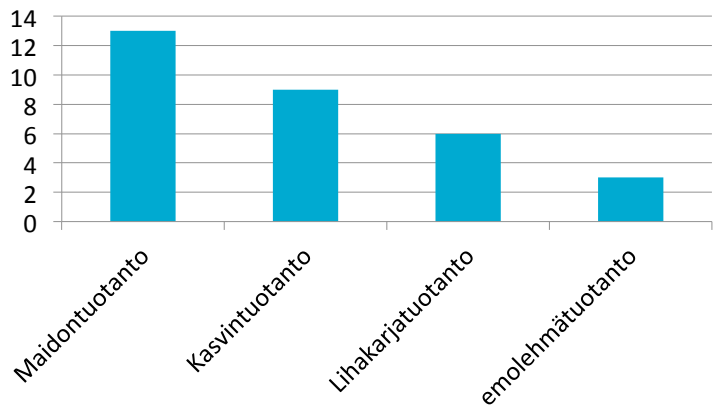
Peltojen raivausta on hillinnyt tukioikeuksien rajoittaminen. Raivausten määrät ovat vähentyneet voimakkaasti vasta vuoden 2006 jälkeen, vaikka vuoden 2004 jälkeen uusia tukioikeuksia ei ole enää myönnetty. Vuosien 2005 ja 2006 korkeat pellonraivaustilastot johtuvat jo aloitettujen raivauksien loppuun saattamisesta. Niskasen ja Lehtosen (2014) mukaan viime vuosina raivaus on taas alkanut yleistyä, mutta peltoala ei ole saavuttanut vuoden 1990 tasoa. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaalla uudisraivauksia on tehty vuosina 2000–2009 yhteensä 20 794 ha, joista kivennäismaata 12 492 ha, turvemaata 8 081 ha ja multamaata 221 ha. Raivattujen lohkojen keskikoko kivennäismailla on ollut 1,35 hehtaaria, turvemailla 4,38 hehtaaria ja multamailla 5,15 hehtaaria (Niskanen 2013, 12). Eloperäisten maiden raivaus on ollut kivennäismaita vähäisempää. Eloperäisillä mailla kuitenkin lohkojen keskikoko on ollut suurempi kuin kivennäismailla.

Laajentavien kotieläintilojen huolena on riittävän lannanlevitysalan löytäminen suhteessa eläinmäärään. Yksi keino lisämaan hankkimiseksi on uusien peltojen raivaaminen. Hyvin usein raivatut pellot sijaitsevat turvemailla, jotka yleisen olettamuksen mukaan ovat runsasta lannoitusta tarvitsevia ravinneköyhiä maita. Maaperään sitoutumattomien ja huuhtoutumiselle alttiiden ravinteiden pelätään päätyvän vesiä rehevöittämään. Hydro-Pohjanmaa-hanke selvitti syitä raivauksille haastattelemalla yhteensä 30 maataloustuottajaa Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalta.

4.2 Aineisto ja menetelmät

Hydro-Pohjanmaa-hankkeen Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla tekemässä uudisraivio-selvityksessä tavoitteena oli selvittää erityisesti EU-jäsenyyden aikana raivausta tehneiden tilojen tuotantosuuntaa, raivausten syitä ja määriä sekä lannanlevityskäytänteitä. Lisäksi näillä tiloilla haluttiin selvittää, kuinka suuri osa raivatuista pelloista edusti turvemaita. Selvityksessä haastateltiin yhteensä 30 raivauksia toteuttanutta viljelijää Pohjois-Pohjanmaalta Haapaveden, Nivalan, Sievin ja Siikalatvan kunnista sekä Etelä-Pohjanmaalta Alajärven, Alavuden, Soinin, Ilmajoen, Vimpelin ja Kauhavan kunnista. Viljelijähaastattelujen taustoitukseksi haastatteluja tehtiin lisäksi alueen maaseutusihteereille ja raivauksia tehneille urakoitsijoille. Haastattelut suoritettiin teemahaastattelutyyppisesti, nauhoitettiin ja litteroitiin jälkeenpäin.

Selvitykseen osallistuneiden viljelijöiden ikäjakauma oli 23–63 vuotta keski-iän ollessa 39 vuotta. Maaseutusihteerien ja urakoitsijoiden haastatteluissa tuli esiin yleinen käsitys siitä, että raivauksia tekevät suomalaisen maatalouden tulevaisuuteen uskovat nuoret viljelijät sekä voimakkaasti laajentavat kotieläintilat. Tilojen tuotantosuunnat jakautuivat kuvan 30 mukaisesti. Maidontuotantoa oli 42 prosentilla vastaajista, kasvinviljelytiloja 29 prosentilla, lihakarjatuotantoa 19 prosentilla ja emolehmätuotantoa 10 prosentilla tiloista. Yhdellä tilalla oli kahta eri tuotantosuuntaa.

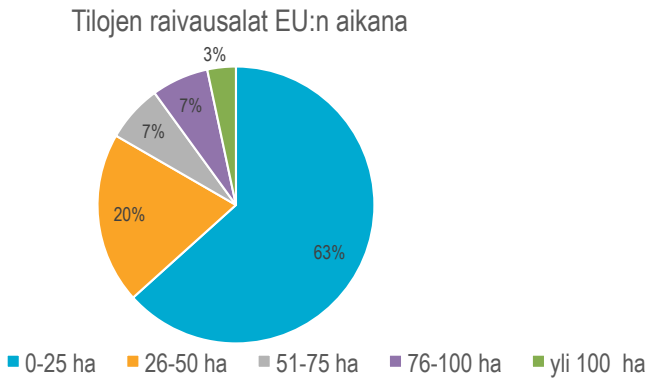


Kuva 30. Selvitykseen osallistuneiden tilojen päätuotantosuunnat (n=31).

4.3 Tulokset

4.3.1 Raivioiden määrät ja maalajit

Keskimääräisten raivattujen alueiden pinta-ala oli 12 hehtaaria. 63 % raivauksista oli laajuudeltaan varsin pieniä, alle 25 ha raivioita (kuva 31). Yli 50 hehtaarin raivauksia oli tehty vain 17 prosentilla haastatelluista tiloista. Haastateltujen tilojen kaikkien viljelykäytössä olevien maiden keskipinta-ala oli 80 hehtaaria.



Kuva 31. Tiloilla raivattujen peltoalojen jakautuminen

Haastatteluihin osallistuneista viljelijöistä vajaa kolmannes ilmoitti raivattujen maiden maalajiksi turvemaan ja kolmasosa vastaajista ilmoitti raivioiden maalajiksi kivennäismaan. Viimeinen kolmannes oli raivannut joko multamaalle tai monelle eri maalajityypille. Viljelijät olivat suorittaneet pellonraivauksen kaivinkoneella (kivennäismaat) ja jyrsimällä (multamaat). Kivisimmät alueet oli tehty haraamalla.

4.3.2 Kustannukset vs. taloudellinen hyöty

Raivauskustannukset vaihtelivat suuresti. Etelä-Pohjanmaalla kustannukset vaihtelivat 500–5 000 euroa hehtaarilta riippuen raivattavasta maalajista ja urakoitsijan käytöstä. Pohjois-Pohjanmaalla arvioitiin muodostuneiksi hehtaarikustannukseksi 3 000–4 000 euroa raivaustavasta riippuen. Pienimmät kustannukset koituivat entisten turvesoiden raivauksista ja suurimmat kivikkoisten metsämaiden raivaamisesta.

Raivauskustannuksiin pystytään vaikuttamaan omalla työpanoksella merkittävästi. Raivaustyöstä viljelijät pyrkivät tekemään mahdollisimman suuren osan itse ja urakoitsijaa käytettiin lähinnä silloin, kun omat työkoneet eivät soveltuneet työn tekemiseen. Suurin osa haastatelluista tiloista joutui kuitenkin käyttämään urakoitsijaa oman työpanoksensa lisäksi. Vain harva viljelijä teki raivauksen omin voimin tai täysin ulkopuolisen urakoitsijan suorittamana.

Raivauksen taloudellinen kannattavuus on sidoksissa tilakohtaisiin tavoitteisiin. Esimerkiksi peltokuvioiden parantamisella on vain välillisiä vaikutuksia kannattavuuteen. Mikäli tuotannon laajentamisen esteenä on riittämätön peltoala ja alueen peltohehtaari maksaa toistakymmentä tuhatta euroa, kokevat viljelijät raivauksen hyvinkin kannattavana investointina.

”Ei kannata, jos tukea ei saa verrattuna tukikelpoiseen peltoon. Kannattaa, jos ei ole muita vaihtoehtoja.”

”Kallista mutta kannattavaa. Tulevaisuudessa omia, ei vuokramaksuja, eikä tarvitse pelätä, että saako enää vuokralle.

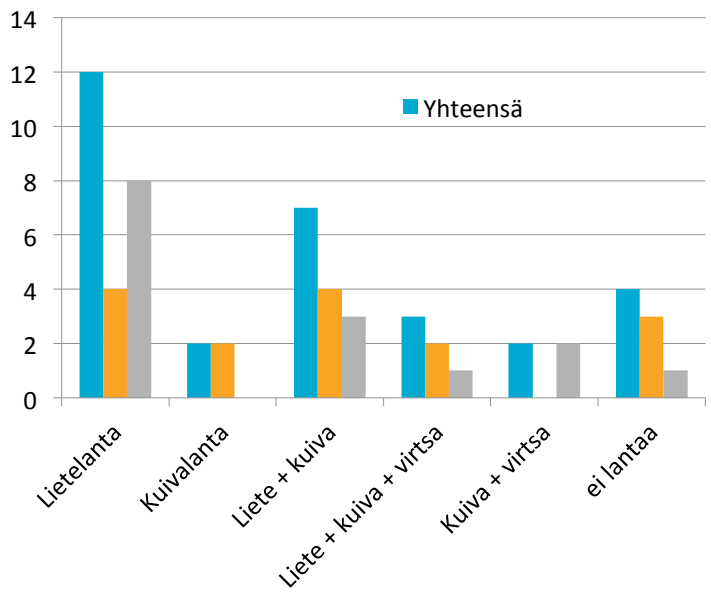
4.3.3 Raivauksien syyt

Haastatteluissa tärkeimmiksi syiksi raivauksille nousi peltokuvioiden parantaminen ja tuotannon tehostaminen. Ennakko-oletuksesta poiketen vain kymmenisen prosenttia haastatelluista mainitsi lannanlevitysalan lisätarpeen olevan tärkein syy raivaamiselle. Nurmi- ja viljapinta-alan tarve, eläinmäärän kasvu sekä tilusjärjestelyt mainittiin myös raivauksen syiksi. Kaksi vastaajista ilmoitti raivaukselle jonkin muun syyn kuten myrskytuhon.

Selvitykseen osallistuneista pohjoispohjalaisista viljelijöistä lähes jokainen uskoi pellonraivauksen olevan heidän kohdallaan mahdollista vielä tulevaisuudessakin. Heidän mukaansa karjatalousvaltaisella alueella peltoa joudutaan raivaamaan, jos eläinmäärät kasvavat ja rehu- sekä lannanlevitysalaa tarvitaan entistä enemmän. Suurin osa eteläpohjalaisista viljelijöistä puolestaan eivät uskoneet enää raivaavansa lisäpeltoa tulevaisuudessa.

4.3.4 Lannankäyttö ja viljely raivioilla

Tiloilla muodostui yleisimmin lietelantaa, joka levitettiin peltoon hajalevityksenä, letkulevityksenä tai sijoittamalla. Osalla tiloista oli käytössään useampia menetelmiä. Kuvasta 32 nähdään haastattelutiloilla muodostuvat lantatyypit lukumäärinä. Pelkkää kuivalantaa muodostui ainoastaan seitsemällä prosentilla haastattelutiloista. Pelkkää lietelantaa muodostui 40 prosentilla tiloista. Sekä liete- että kuivalantaa ja mahdollisesti myös virtsaa muodostui kolmasosalla tiloista.



Kuva 32. Haastattelutilojen lantamuodot lukumäärittäin.

Raivioiden merkitys lannanlevitykselle arvioitiin riippuvan raiviolohkon sijainnista ja maalajista. Huomattavia kustannussäästöjä oli syntynyt tiloilla, joilla raiviot antoivat mahdollisuuden säästää lannan kuljetuskustannuksissa. Lannan merkitys uudismaiden viljavuuden parantamiseksi arvioitiin hyvin suureksi. Raivioiden todettiin tuovan myös ajallista joustavuutta lannan levitykseen. Toisaalta uudismaiden heikko kantavuus koettiin suureksi ongelmaksi etenkin eloperäisillä mailla, joilla esiin nousi vesitalouden vaikea hallinta etenkin runsassateisina vuosina.

Raiviolohkoilla viljeltiin ensisijaisesti nurmea, mutta lähes yhtä yleisesti myös ohraa ja kauraa. Muutamilla tiloilla raivioilla oli viljelyksessä myös vehnää, ruista ja rypsiä. Jotkut tilat olivat kokeilleet viljellä raivioilla myös kuminaa ja ruokohelpeä. Satotasot vaihtelivat raivioiden maalajista ja sääolosuhteista riippuen lähes täysin tuottamattomasta aina erinomaisiin satotasoihin. Tilan vanhoihin lohkoihin verrattuna suurimmat erot sadoissa oli nähtävissä kolmesta viiteen ensimmäisen vuoden aikana, jolloin sadot olivat olleet huomattavasti heikompia etenkin happamilla mailla. Kalkituksen ja lannoituksen tärkeyttä korostettiin vesitalouden hoidon rinnalla. Seuraavalla sivulla on esitetty raivauksia tehneiden viljelijöiden kommentteja raivioilta saaduista sadoista.

”Nurmisadot olleet samanlaisia, Viljasato 60 % normisadosta.”

”1000 kg huonompi. Vuosien saatossa aina 500 kg heikompi, vaikka kuinka lannoittaisi.”

”Raivioilla aluksi huonompi -> köyhä maa. Lannoituksella ja kalkituksella on päästy lähes samoihin satoihin.”

”Paranee vuosien saatossa. Vaihtelee luomussa aika paljon, koska ongelmana rikkakasvit. Panostus viljelyyn vaikuttaa.”

”Viljavuusluokat raivioilla huonommat, joten satotaso on alempi.”

”Samalla tasolla. On lannoitettu ja pH on saatu kuuteen kalkitsemalla.”

”Raiviot veden peitossa, ojitukselle tehtävä parannus. Ovat turvemaita.”

”Tyydyttävä. Pellon pinnat on muotoiltu ruuvilla. Sateisina jaksoina vesi on seissyt pellolla. Ei ole ollut tiivistymiä.

”Heikko. Maalaji on turvemaa.”

Viljelijöiden vastauksista voidaan päätellä, että saamalla viljavuusluokat kohdalleen oikeilla viljelykäytänteillä voi raivatuiltakin pelloilta saada hyviä satoja, mikäli myös sääolosuhteet suosivat. Tilojen viljelykierrot vaihtelivat ollen tyypillisimmillään kaksi vuotta viljalla ja kolme vuotta nurmella.

Maan eloperäisellä aineksella koettiin olevan vaikutusta maan viljavuuteen ja lannoitustarpeeseen. Runsasmultaisuus vähentää typpi- ja fosforilannoitusta. Turve- ja multamailla typpitaso on hyvä jo entuudestaan, mutta fosfori, kali ja rikkitaso ovat heikompia. Kivennäismailla asia on puolestaan päinvastoin. Peltoraivioilla maan viljavuus oli punaisella eli huonon ja välttävän välillä, kun peltoraivio oli tehty. Vuosien saatossa viljelijät olivat pyrkineet nostamaan viljavuuden muiden peltolohkojen tasolle tai ainakin tyydyttävän rajoille.

Raivattujen eloperäisten maiden viljelystä oli saatu erilaisia kokemuksia:

”Peltomaana on parempaa, kuin savimaa. Sadonkorjuu onnistuu paremmin, kuin savimailta.”

”Nurmiviljelyyn soveltuvia.”

”Kivennäismaat parempia viljellä, eloperäisillä mailla huonompaa.”

”Hukkaan heitettyä työpanosta. Turvemaat jäävät kesannolle.”

”Haasteellista. Sateisena vuonna on vaikeuksia pystyä työskentelemään pellolla raiteita jättämättä.”

4.4 Johtopäätökset

Pohjanmaalla peltoja raivataan tilan elinkykyisyyden turvaamiseksi. Suomen EU-jäsenyyden aikana Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla on raivattu peltoa yhteensä kymmeniä tuhansia hehtaareja. Alueen raivatuista pelloista noin 40 % on ravinteita heikosti pidättäviä turvemaita. Raivaukset koetaan tilan kehittämisen kannalta osaksi suurta kokonaisuutta ja siten järkeväksi toiminnaksi. Raivaamalla saadaan paitsi lisää viljelyalaa myös toimivampia peltokuvioita.

Raivaus koetaan ostamista kannattavammaksi
Pellon hinta on noussut vuodesta 2012 vuoteen 2013 kahdeksan prosenttia. Koko maan keskihinta vuonna 2013 oli 8 100 euroa hehtaarilta. Kallein hintataso oli Pohjanmaan maakunnassa, 12 000 euroa hehtaarilta. Pohjalaisisäntien raivauskustannukset puolestaan vaihtelivat välillä 500–5 000 €/ha riippuen raivattavasta maalajista ja urakoitsijan käyttämisestä. Pienimmät kustannukset koituivat entisten turvesoiden raivauksista ja suurimmat kivikkoisten metsämaiden raivaamisesta.

Haastatellut viljelijät kokivat raivaamisen pellon ostamista edullisempana vaihtoehtona, vaikkakin pellon kasvukuntoon saattamisesta aiheutui vielä huomattavia lisäkuluja. Viljelijöiden mukaan pitkällä aikajänteellä raivauskustannukset maksavat itsensä takaisin. Osa haastatelluista tiloista on pystynyt jopa kaksinkertaistamaan viljelyalansa raivauksia tekemällä. *”Vuokra- tai ostomaiden hankinta ei tällä paikkakunnalla ole ollut mahdollista, joten raivaukset ovat olleet ainoa keino lisätä peltopinta-alaa ja pitää tila elinkykyisenä.”*

Kannattamattomana mutta toimivuuden kannalta välttämättömänä raivausta pitivät tilat, jotka olivat tehneet alle kolmen hehtaarin raivioita, jotka ovat käytännössä olleet peltojen kulmien parantamista tai metsäsaarekkeiden poistoa peltolohkojen väleistä.

Ongelmana pellon kantavuus
Raiviot tuovat tiloille elintärkeitä lisähehtaareja, mutta eivät lisää tuottoa samassa suhteessa. Yleisesti eloperäisille maille raivatut pellot toimivat parhaiten nurmien viljelyssä.

Raivioiden viljelyssä esiin nousee vesitalouden hallinnan haasteellisuus sekä kalkituksen tärkeys. Haastattelujen mukaan hyvien kasvuolosuhteiden vallitessa aikaiset kevätviljat menestyvät hyvin uudisraivatuilla lohkoilla tuottaen parhaimmillaan jopa runsaamman sadon kuin tilan vanhemmat lohkot. Runsassateiset vuodet koetaan suurimmaksi uhaksi turvemaaraivioita viljeltäessä, sillä rankkasateet ovat aiheuttaneet jopa katovuosia. Osa viljelijöistä toteaa, että turvemaiden kantavuus ei riitä toistuvien rankkasateiden vuoksi, joten ne joudutaan jättämään jatkossa kesannolle. Haastatteluun osallistuneet viljelijät kokevat ympäristötukijärjestelmän ohjaavaan raivauksia ja raivioiden viljelyä vahvimmin. He uskovat, että raivaukset eivät aiheuta vaikuttavaa vesistökuormitusta turvemaillakaan. Merkitystä vesistökuormitukseen koettiin olevan enemmän peltojen sijainnilla ja viljelykäytännöillä kuin itse raivion maalajilla.

Tilusjärjestelyt vaihtoehto raivauksille?
MMM:n tilusjärjestelystrategian mukaan tilusjärjestelyjen yhteiskunnallinen vaikuttavuus perustuu muun muassa mahdollisimman tehokkaan ja tarkoituksenmukaisen kiinteistörakenteen ja kiinteistöjen käytön kautta maaseudun kestävään ja monipuoliseen kehittämiseen. Pohjalaiset viljelijät nostavat esiin, että tilusjärjestelyjen avulla olisi mahdollista vähentää raivauksia ja samalla tehostaa tilakohtaista tuotantoa, sillä monet raivaukset tehdään toimivampien peltokuvioiden tai peltolohkojen saamiseksi tilakeskuksen läheisyydestä. Tilusjärjestelyillä monet viljelijät olisivat voineet välttää raivaukset. Halukkuutta tilusjärjestelyihin viljelijöiden keskuudesta löytyy, mutta sen toteuttaminen nähdään liian monimutkaisena ja haastavana prosessina.

Viljelijät ottavat tietoisen riskin investoidessaan raivauksiin, sillä eloperäisille maille raivattu pelto saavuttaa kasvukuntonsa vasta noin viidestä kymmeneen vuoden kuluttua viljelykäyttöön ottamisen jälkeen. Eloperäisille maille, eritoten turvemaille raivattu peltomaa on usein hapanta ja ravinneköyhää vaatien sekä runsaan lannoituksen että kalkituksen. Myös tukioikeuksien saaminen raivatuille lohkoille on aina epävarmaa. Ainakaan tällä hetkellä niitä ei ole tiedossa. Paljon puhutulla raivauskiellolla puolestaan saattaisi olla negatiivisia vaikutuksia yksittäisten tilojen kokonaistalouteen. Raivauksia tekeviä tiloja yhdistää kuitenkin usko kotimaiseen maatalouteen ja myös sen jatkumiseen tulevaisuudessa.

4.5 Lähteet

Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. 7. uud. p. Helsinki: Edita Publishing.

Niskanen, O. 2013. Pellonraivaus ja eloperäisten maiden viljelykäytännöt. [Verkkojulkaisu]. MTT. [Viitattu 14.2.2014]. Saatavana: http://www.metla.fi/hanke/7515/pdf/Niskanen-Pellonraivaus-eloperaisten-maiden-viljelykaytannot.pdf

Niskanen, O. & Lehtonen, E. 2014. Maatilojen tilusrakenne ja pellonraivaus Suomessa 2000-luvulla. Jokioinen MTT Raportti 150.

5 Turvemaiden viljelyn nykytilanne ja tulevaisuus Pohjois-Pohjanmaalla

Kaija Karhunen, Elisa Lampela ja Laura Karhu
Oulun ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö, Kotkantie 1, 90250 Oulu, etunimi.sukunimi@oamk.fi

5.1 Johdanto

Tällä hetkellä Suomen maatalouskäytössä olevasta peltomaasta 260 000 hehtaaria on turvemaata. Tämä on noin 10 % koko maan peltoalasta ja kaksi kolmasosaa kaikista eloperäisistä viljelymaista. Eniten turvepeltoja on Pohjois-Suomessa, Pohjanmaan rannikkoalueilla ja Kainuussa. Määrällisesti eniten turvepeltoja on Pohjois-Pohjanmaalla, yhteensä noin 65 000 ha ja maakunnassa lähes kolmannes kokonaispeltoalasta on turvemaata. Useissa Pohjois-Pohjanmaan kunnissa turvemaiden osuus peltoalasta on enemmän kuin kolmasosa, mm. Kuusamossa (48 %), Yli-Iissä (44 %), Pudasjärvellä (43 %) ja Oulussa (37 %). (MTT Taloustohtori 2011, viitattu 9.5.2014.)

Turvemaiden viljely on ollut viime aikoina esillä maatalouden ympäristökeskusteluissa siihen liittyvien vesistö- ja ilmakehävaikutuksien takia. Nykyisen tutkimustiedon mukaan turvemaiden viljely ja etenkin raivaus ovat ongelmallisia ympäristövaikutuksiltaan. Turvepelloilta kulkeutuu typpeä vesistöihin enemmän kuin kivennäismailta ja fosforin huuhtoutuminen tapahtuu epäedullisemmassa liukoisessa muodossa (Maa- ja metsätalousministeriö 2011). Turvemaiden viljelypinta-alan lisääntyessä myös turvemaiden maatalouskäyttöön liittyvät kasvihuonekaasujen päästöt ovat lisääntyneet.

Ympäristökeskustelut ovat luoneet epävarmuutta viljelijöiden keskuudessa. Puhuttaessa maatalouden ympäristövaikutuksista ja niiden ehkäisystä, on tärkeää huomioida maatalouden toimintaedellytykset myös Pohjois-Suomessa. Mahdolliset turvemaita koskevat viljelytoimien rajoitukset kohdistuvat selkeästi Pohjois-Pohjanmaan alueelle ja Suomen pohjoisosaan. Turvemaiden viljelyssä on mahdollista vähentää ympäristökuormitusta, kun toiminnassa otetaan huomioon näiden maiden erityispiirteet.

5.2 Turvemaiden viljelykäytänteet Pohjois-Pohjanmaalla

Eloperäisten maiden viljelyä ja ympäristövaikutuksia on tutkittu Suomessa suhteellisen vähän ja toistaiseksi tutkimus on painottunut Etelä-Suomeen. Tutkimuksia kaivataan erityisesti Pohjois-Suomesta ja alueilta, jonne suurin osa turvepelloista on keskittynyt. Erityisen tärkeää turvemaiden ominaisuuksiin ja ympäristökysymyksiin liittyvä tutkimus- ja selvitystyö olisi Pohjois-Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Pohjois-Savon alueilla, joilla sijaitsee merkittäviä kotieläinkeskittymiä ja rehuntuotanto turvepelloilla on yleistä.

Hydro-Pohjanmaa –hankkeessa (Lampela 2014) selvitettiin turvemaiden viljelykäytänteitä, ravinnetalouden tehokkuutta ja turvemaaviljelyn merkitystä Pohjois-Pohjanmaalla, sekä laadittiin kehittämisehdotuksia turvemaaviljelyn ravinnekuormituksen vähentämiseksi. Selvitys tehtiin haastattelemalla neljää pohjoispohjalaista viljelijää, jotka harjoittavat karjataloutta. Haastattelut suoritettiin touko-kesäkuussa 2014 kyselylomakkeen avulla. Tietoja kerättiin myös tilojen lohkokirjanpidoista ja viljelysuunnitteluohjelmista. Selvitykseen saatiin aineistoa yhteensä 590 hehtaarilta, josta 255 hehtaaria on turvemaata.

Haastattelussa kerättiin tietoja tilojen viljelyhistoriasta ja -menetelmistä sekä viljelijöiden kokemuksista. Tarkasteltavia asioita olivat turvepeltojen viljelykasvit ja -kierrot, satotulokset, lohkokohtaiset viljavuustiedot, lannoitus, kalkitus ja karjanlannan käyttö, peltojen kasvukunto, maanmuokkaus, ojitus sekä turvepeltojen raivaus. Tilojen peltopinta-ala vaihteli 80 hehtaarista 280 hehtaariin ja eläinmäärä vaihteli 60 lypsävästä lehmästä sekä 60 vasikasta ja hiehosta 150 lypsävään lehmään sekä 300 vasikkaan ja hiehoon. Turvemaiden osuus tilojen kokonaispeltoalasta vaihteli 5 %:sta 50 %:iin. Tiloista kolmella oli turvemaata noin 50 % peltoalasta, mikä kertoo turvemaiden viljelykäytön yleisyydestä alueella.

Haastatelluista tiloista yksi oli sitoutunut maatalouden ympäristötuen lisätoimenpiteisiin. Kyseinen tila oli sitoutunut typpilannoituksen tarkentamiseen. Kolme tiloista sai selvityshetkellä maatalouden erityisympäristötukea. Eritysympäristötukea lietelannan sijoittamisesta peltoon sai kaksi tilaa ja valumavesien säätösalaojituksesta kaksi tilaa. Osalla tiloista olisi ollut potentiaalia useampaankin lisätoimenpiteeseen ja erityisympäristötukeen.

5.2.1 Viljelymenetelmät

Tilojen turvemaiden pääasiallinen viljelykasvi oli nurmi, joka yleensä perustettiin suojakasvin kanssa. Kahdella tiloista kaikki turvemaat olivat nurmella haastatteluhetkellä. Nurmen keskimääräinen uusimisväli tiloilla oli 3-8 vuotta. Lyhin nurmen uusimisväli (3 vuotta) oli tilalla, jonka peltopinta-alasta pienin osuus (5 %) oli turvemaata.

Turvepelloilla ojitusmenetelmä oli jakautunut turvekerroksen paksuuden mukaan; turpeen paksuuden ollessa yli 1 m, peltolohkot olivat avo-ojituksessa ja turpeen paksuuden ollessa alle 1 m, käytettiin salaojitusta. Tilat olivat tyytyväisiä ojitusratkaisuihinsa.

Yksi tiloista käytti nurmen suorakylvöä ja uusittaville lohkoille kevennettyä muokkausta. Muut tilat käyttivät vaihtelevasti kevät- ja syyskyntöä lohkojen maalajista riippumatta. Tilasta riippuen kynnöt painottuivat joko keväälle tai syksylle. Yksi tiloista käytti kevennettyä muokkausta eloperäisten maiden uudisraivioilla.

Kaikki tilat olivat raivanneet uutta peltoa 2000-luvulla ja pääasiallinen syy raivaukseen oli tilakoon kasvattaminen ja sitä seurannut tarve lisätä viljelyalaa ja lannanlevitysalaa. Kolme tilaa neljästä oli raivannut eloperäisiä maita. Turvemaita raivanneet viljelijät kertoivat tilojen läheisyydessä sijaitsevien raivauskohteiden olevan lähes yksinomaan turvemaita muiden maalajien esiintyessä niukasti alueella tai alueen kivennäismaiden ollessa jo ennestään viljelyssä.

5.2.2 Ravinnetalous

Tilojen viljavuustietojen perusteella turvemaiden pH kohoaa vähitellen säännöllisen kalkituksen johdosta. Turvemailla sekä fosforin että kaliumin viljavuusluokka vaihteli huomattavasti; fosforilla huononlaisesta arveluttavan korkeaan ja kaliumilla huonosta arveluttavan korkeaan. Tilojen multamaanäytteiden pH sekä fosforin ja kaliumin viljavuusluokat olivat tasaisempia (taulukko 7).

Taulukko 7. Tilojen eloperäisten maiden viljavuustulokset vuosina 2001–2014 ryhmiteltynä viiden vuoden jaksoihin näytteenottovuosien mukaan.

		pH			P *mg/l*			K *mg/l*		
Lohko	**Maalaji**	**2001-2005**	**2006-2010**	**2011-2014**	**2001-2005**	**2006-2010**	**2011-2014**	**2001-2005**	**2006-2010**	**2011-2014**
#1	Mm*/Ct	5,9*	6,4	4,4	14*	21,5	2,4	102*	168	39
#2	Mm*/Ct	5,8*	5,8	5,6	10*	12,7	13,3	36*	42	120
#3	Ct/Mm*	5,2	6,2*	5,1*	13	10,9*	5,9*	57	86*	52*
#4	SCt*/Ct	5,7*	4,8	5,7	15*	10,5	17,9	81*	132	187
#5	Mm*	6,0*	5,8*	6,1*	11*	12,7*	9,7*	48*	47*	77*
#6	htMm*/Ct	5,8*	5,5	5,1	4,7*	7,6	9,3	49*	40	34
#7	SCt	4,5	5,8	6,3	10	8,5	7,7	60	86	175
#8	Ct	4,1	6	6,2	2,9	8,7	9,6	36	54	47
#9	Mm*/Ct	6,0*	6,2	6,3	5,8*	14	8,7	48*	69	255
#10	Ct	5	6,2	6,3	3,5	8	5,2	121	29	160
#12	Ct	4,2	4,6	6,2	3,9	7,1	15,2	34	58	177
#11	Ct		5,9	5,8		17,3	9,6		120	410
#13	Ct		6,3	6,4		27	24,4		329	355
#14	Ct	5,3	5,6	5,8	12,7	6,1	9,8	41	40	37
#19	Ct		5,4	5,7		9,8	12,1		130	130
#20	Ct		5	6		11,2	15,7		54	210
#21	Ct		5,1	5,4		20,8	24,9		75	63
#22	Ct		4,8	5,8		16,6	16,3		210	120
#24	Ct		4,5	6,2		14,1	27,7		81	400
#26	Ct		5,1	5,5		20,8	25,1		75	62
#30	Ct		4,7	5,8		11,2	12,8		79	55
	*muu maalaji, kuin turve									
	Ct = saraturve, SCt = rahkasaraturve, Mm = multamaa									

Tiloilla käytettiin lannoitukseen ostolannoitteita ja tilojen omaa naudan lantaa. Turvemailla keskimääräinen lannoitus säilörehunurmelle oli 147 kg typpeä ja 15 kg fosforia hehtaarille vuodessa. Keskimääräinen karjanlannassa annettujen ravinteiden määrä säilörehunurmelle oli 60 kg typpeä ja 13 kg fosforia hehtaarille vuodessa. Lannan luovuttaminen, vastaanottaminen tai urakointipalveluiden käyttö lannan levityksessä ei ollut yleistä.

Tilojen ravinnetaseiden vaihteluväli oli erittäin suuri; säilörehunurmella typpitase vaihteli välillä -78 - 160 kg N/ha ja fosforitase välillä -9–27 kg P/ha. Ravinnetaseiden huomattava vaihtelu niin lohkokohtaisesti eri vuosina kuin vuosikohtaisesti eri lohkoilla – riippumatta lohkon maalajista tai viljelykasvista, antoi aihetta epäillä virhettä aineistossa tai sen käsittelyssä, eikä ravinnetaselaskelmia voitu pitää kovin luotettavina. Erityisesti nurmien satotason arviointi näytti aiheuttavan epävarmuutta ravinnetaselaskennassa. Kaiken kaikkiaan luotettavampien ja kattavampien tulosten saamiseksi turvemaiden ravinnetaloudesta tarvittaisiin huomattavasti laajempi aineisto ja selkeät lohkokirjanpidot.

5.3 Ympäristökuormituksen vähentämiskeinot turvemailla

5.3.1 Pellon vesitalous ja muokkausmenetelmät

Viljelykäytössä olevien turvepeltojen ympäristökuormituksen vähentämiseen on keinoja. Tehokas keino vähentää turvemaan ilmastovaikutuksia on pohjaveden pinnan säätely. Pohjaveden pintaa nostamalla hidastetaan turpeen hajotusta ja vähennetään huuhtoumia. Pitämällä pohjaveden pinta korkealla, hapellinen turvekerros (hajotuskerros) on mahdollisimman ohut ja pellolta poistuva valuma vähäistä. Pohjaveden pinnan nosto 70 cm:stä 30 cm:iin vähentää kasvihuonekaasujen määrää 30 %. Pohjaveden pinnan pitäminen alhaalla on tarpeellista ainoastaan viljelytoimien aikana. (Myllys 22.11.2011, esitelmätilaisuus.) Turvepelloille soveltuvia ja ympäristön kannalta optimaalisia ojitusmenetelmiä on tutkittu aika vähän, mutta tutkimuksia on käynnissä.

Turvemaille suositellaan mahdollisimman vähäisiä maanmuokkaus- toimenpiteitä. Kevennetty muokkaus vähentää hiilidioksidipäästöjä ja hidastaa eloperäisen aineksen hajoamista. Kyntöjen siirto kevääseen vähentää kasvihuonekaasujen ja ravinnepäästöjen määrää. Myös suorakylvö vähentää erityisesti maaperän hiilidioksidipäästöjä, mutta sen soveltuvuutta kotieläintiloilla ja turvemailla ei ole kuitenkaan Suomessa tutkittu.

5.3.2 Viljelykasvit, lannoitus ja kalkitus

Eräs kustannustehokas ja suositeltava keino vähentää turvemaiden kasvihuonekaasupäästöjä ja ravinnehuuhtoumia on turvepeltojen pitäminen kasvipeitteisinä nurmiviljelyllä. Nurmen kasvusto suojaa maata eroosiolta sekä käyttää tehokkaasti maasta vapautuvia ravinteita ja vettä koko kasvukauden ajan ehkäisten ravinteiden huuhtoutumista ympärivuotisesti. Nurmen viljelyssä pohjavesi voidaan pitää lähempänä maan pintaa ja maan kosteuspitoisuus korkeampana kuin viljan viljelyssä, mikä estää maan liiallista kuivumista ja hidastaa turpeen hajoamista. (Myllys 22.11.2011, esitelmätilaisuus.)

Tarkennettu lannoitus ja kalkitus sekä karjanlannan käytön tehostaminen vähentävät maahan päätyviä ja sieltä huuhtoutuvia ravinteita. Turvemaille suositellaan kohtuullista lannoitusta ja kalkitusta. Lannoituksen taso kannattaa tarkentaa entistä tarkemmin huomioimalla maan omat ravinnevarat viljavuusanalyysiä tulkittaessa. Karjanlannan ravinnekuormituksia kotieläintuotantokeskittymissä voidaan vähentää lisäämällä tilojen välistä yhteistyötä mm. lannan prosessoinnissa ja luovutuksessa.

5.3.3 Turvemaiden viljelyohjeita

Turvemaiden viljelyyn liittyvät keskeiset asiat voidaan tiivistää seuraaviin muistilistoihin.

Turvemaiden tuntomerkit

- Turvemaat ovat tasaisia, hyvin muokattavia, ja niiden typpilannoitustarve on vähäisempi kuin kivennäismaiden
- Turvemaiden vesitalous on yleensä hyvä
- Turvemaat ovat huonosti kantavia, kylmiä, paikoin märkiä
- Turvemaat ovat happamia ja vähäravinteisia
- Voimakkaat ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat turvemailta voivat aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä, happamoitumista ja sameutumista
- Turvemaat ovat hyviä viljelymaita, kun vesiensuojelusta ja ravinteiden tehokkaasta hyödyntämisestä huolehditaan

Tehokeinoilla ympäristövaikutukset minimiin

- Hillitty muokkaus vähentää ravinteiden huuhtoutumista ja ilmastovaikutuksia
- Ympärivuotinen kasvipeite monivuotisten kasvien avulla pienentää ravinnepäästöjä
- Lohkokohtaisesti optimoitu lannoitus estää ravinteiden huuhtoutumista
- Tilojen välisellä yhteistyöllä tehostetaan karjanlannan hyötykäyttöä
- Tilusjärjestelyillä saadaan aikaan laajempia lannanlevitysaloja ja laidunnus sekä lannanlevitys voidaan kohdistaa kivennäismaille
- Mahdollisuus ympäristökorvauksen ja ympäristösitoumuksien hyödyntämiseen uuden Ympäristökorvausjärjestelmän mukaisesti vuodesta 2015 alkaen

5.4 Tutkimustarpeita

Julkaistuja tutkimustuloksia viljelykäytössä olevien turvemaiden huuhtoumista ja ravinnekuormituksista Pohjois-Pohjanmaan tai Pohjois-Suomen olosuhteissa ei toistaiseksi ole. Tutkimus- ja selvitystyötä turvemaiden viljelyyn liittyvistä ympäristönäkökohdista ja nykyaikaisten viljelymenetelmien ympäristövaikutuksista nimenomaan pohjoisissa olosuhteissa tarvitaan lisää epäselvyyksien poistamiseksi ja tietoisuuden lisäämiseksi. Myös tiedotusta turvemaiden tutkimustuloksista ja viljelymenetelmistä tulisi lisätä.

Kotieläintuotannon keskittymisestä johtuva karjanlannan ja sen sisältämien ravinteiden keskittyminen tietyille alueille aiheuttaa haasteita myös turvemaiden viljelyssä. Lannan prosessoinnin kehittäminen ja tilojen väliseen yhteistyöhön kannustaminen tukisi ravinteiden kierrätystä ja tehokkaampaa hyödyntämistä. Karjanlannan uusien käsittely-, kuljetus- ja levitysmenetelmien tutkiminen ja niiden vesistövaikutusten selvittäminen edistäisi turvemaiden viljelymenetelmien parantamista.

Tulevan ympäristökorvausjärjestelmän mahdollisuudet turvemaiden ympäristökuormituksen hallinnassa tulee selvittää ja viljelijöiden tietoisuutta edistää kaikin mahdollisin viestinnällisin keinoin.

5.5 Lähteet

Lampela, E. 2014. Turvemaiden viljelyn nykytilanne ja tulevaisuuden näkymät Pohjois-Pohjanmaalla. Oulun ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, ympäristönhoidon suuntautumisvaihtoehto. Opinnäytetyö. Viitattu 09.12.2014. http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014120217812

Maa- ja metsätalousministeriö. 2011. Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävän ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi Työryhmämuistio. MMM 2011:1. http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/suojaturvemaat/5wXEXk8I7/Suostrategia_nettiin.pdf

MTT Taloustohtori 2011. Pintamaa maakunnittain. Viitattu 9.5.2014. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/maannostieto/vakioraportit/pintamaalajit_kansallinen_luokitus/pintamaa_maakunnittain

Myllys, M. 2011. Turvemaiden viljely -ympäristövaikutukset ja niiden vähentäminen. Suoseura ry esitelmätilaisuus Helsinki 22.11.20

Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin.

Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OAMK
OULUN AMMATTIKORKEAKOULU