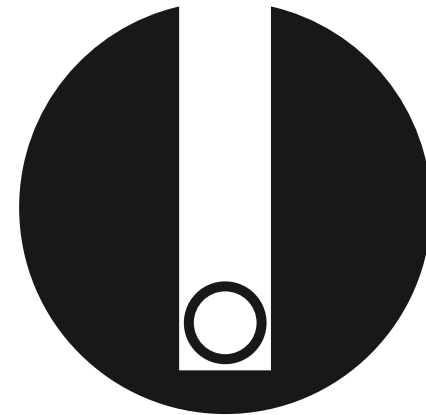


SALAOJAYHDISTYS

TÄCKDIKNINGSFÖRENINGEN



Salaojayhdistys ry:n jäsenjulkaisu 1/2014



SALAOJAYHDISTYS RY

1/2014
96. toimintavuosi

www.salaojayhdistys.fi

YHTEYSTIEDOT

Salaojayhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki
puh. (09) 694 2100, fax (09) 694 2677
salaojayhdistys@salaojayhdistys.fi
www.salaojayhdistys.fi

PÄÄTOIMITTAJA

Helena Äijö, helena.ajjo@salaojayhdistys.fi

ULKOASU JA TAITTO

Juha Peltomaa, juha.peltomaa@salaojayhdistys.fi

KANNEN KUVA

Jyrki Nurminen tekemässä tarkistusmittausta automaattisella anturilla varustetusta pohjavesiputkesta PVO-hankkeen Nummelan koekentällä Jokioisissa.

PAINOS

3 800 kpl

PAINOPIIKKA

Multiprint Oy, Helsinki 2014



SALAOJAYHDISTYS RY:N JÄSENJULKAISU 1/2014

Lukijalle: Tarvitaanko salaojatutkimusta?	4
Haetaan peltoa salaojakonetutkimusta varten	5
Salaojayhdistys tänään	5
Salaojitushistoria	5
Salaojitustekniikoiden vaikutukset pellon kuivatukseen, ravinnehuuhtoumiin ja satoon	6
Water gate -säätösalojavitteihin kokeilu	15
Väheneekö happamilta sulfaattimailta tuleva kuormitus pohjaveden pintaa säätämällä?	18
Precikem-projektissa kehitetään happamien sulfaattimaiden kemiallista täsmäkäsittelyä	25
Förord: Behöver vi forskning om täckdikning?	28
Åker för ett fältförsök sökes	29
Täckdikningsföreningen idag	29
Täckdikningshistoria	29
Olika täckdikningsteknikers inverkan på åkers torrläggning, näringsutlakning och skörd	30
Water gate -ett försök med ventiler för reglerad dränering	37
Går det att minska miljöbelastningen från sura sulfatjordar genom att reglera grundvattendjupet?	39
I precikem-projektet utvecklas kemiska precisionsmetoder för behandling av sura sulfatjordar	44
Salaojitusneuvonta	47
Salaojasuunnittelijat	48
Salaojaurakoitsijat	51
Putket, tarvikkeet	55

TARVITAANKO SALAOJATUTKIMUSTA?

SOVELTAVAN TUTKIMUKSEN tarpeet syntyvät käytännön tarpeista. Tietoa tarvitsevat viljelijät, suunnittelijat, toteuttajat, materiaalien ja koneiden valmistajat, viranomaiset ja rahoittajat. Tiedon tarve muuttuu ajan myötä toimintaympäristön kehittyessä. Myös arvomaailma yhteiskunnassamme muuttuu, kuten suhtautuminen maataloustuotantoon ja ympäristöasioihin, mikä edelleen heijastuu tukipolitiikkaan ja lain-säädäntöön.

Salaojatutkimusta on tehty Suomessa siitä lähtien kun salaojitus yleistyi täällä 1900-luvun alussa. Koekenttätoiminta alkoi vuonna 1908, kun prof. I.A. Hallakorpi perusti Tikkurilaan maanviljelystaloudellisen koelaitoksen pellolle koekentän, jossa tutkittiin ojavälien vaikutusta satoon. Salaojitusyhdistyksen tutkimuskohteina 1920- ja 30-luvuilla olivat ojavälit eri maalajeilla ja myöhemmin muun muassa ojasuhteisuus ja ympärysaine.

Viimeisten vuosikymmenien aikana salaojituskoneet, materiaalit, mittauslaitteet ja suunnitteluohjelmat ovat kehittyneet paljon. Tiiliputkista siirryttiin Suomessa kokonaan muoviputkiin 1980-luvun aikana. Muovin käyttö on yleistynyt myös kaivo- ja rumpumateriaalina betonin rinnalla. Soran riittämättömyys monella alueella on aiheuttanut tarvetta käyttää soran tilalla muita ympärysaineita.

Maataloudessa tapahtuu myös jatkuvaa kehitystä. Yhä tehokkaampien

ja raskaampien viljelykoneiden käyttö, kevennetyt muokkausmenetelmät ja siirtyminen suurempiin lohkokokoihin vaikuttavat myös peltomaan kuivatus-tarpeeseen. Maataloudessa tapahtuvat rakennemuutokset, kuten tilakoon kasvu ja vuokrateltojen lisääntyminen, sekä muuttuva tukipolitiikka vaikuttavat maankuivatuksen kannattavuuteen.

1990-luvulta lähtien maatalouden haitallisten ympäristövaikutusten, erityisesti vesistökuormituksen, vähentämistarve on korostunut. Ennusteiden mukaan ilmastonmuutos lisää hydrologisia ääri-ilmiöitä, joihin on syytä varautua niin maan kuivatuksen kuin kastelun osalta.

Yllä mainitut muutokset ovat synnyttäneet uusia tutkimustarpeita. Tutkimusmenetelmät ovat myös kehittyneet, erityisesti mittaustekniikat ja matemaattiset mallit. Eri ojitusmenetelmiä, valumavesien käsittelymenetelmiä sekä viljelytoimenpiteitä pitää tutkia edelleen, jotta maataloustuotanto olisi taloudellisesti ja ympäristön kannalta kestävällä pohjalla.

Tässä julkaisussa esitetään muutamiin uusimpiin tutkimushankkeiden tuloksia, jotka toivat taas lisää tietoa salaojitusosalalle.

Marraskuussa 2014

Helena Äijö

HAETAAN PELTOA SALAOJAKONE-TUTKIMUSTA VARTEN

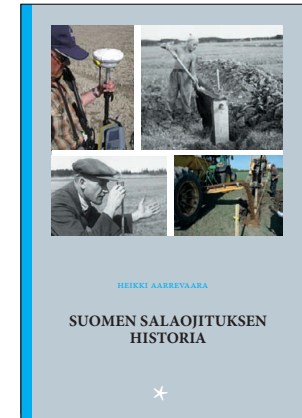
SALAOJAYHDISTYKSESSÄ ON alkanut salaojakonetutkimus, jossa tutkitaan aura- ja kaivavan salaojakoneen toimivuutta. Kenttäkoetta varten haetaan salaojittamaton, tasainen, vähintään 2 hehtaarin kokoinen pelto. Maalajiltaan pellon tulisi olla tiivistä ja huonosti vettä läpäisevää hiesua tai hiesusavea.

Pelto ojitetaan aura- ja kaivavalla salaojakoneella keväällä 2015 ja pellon pohjavedenpintaa seurataan kiinteillä pohjavesiputkilla vähintään vuoden.

Jos tiedossanne on mahdollisesti kenttäkoetta varten sopiva peltoalue, niin ottaa yhteyttä Salaojayhdistykseen: Markus Sikkilään, markus.sikkila@salaojayhdistys.fi, puh. (09) 694 2100.

SALAOJITUSHISTORIA

SALAOJITUKSEN TUKISÄÄTIÖN julkaisemasta kirjasta Suomen salaojituksen historia julkaistaan täydennetty painos 29.11.2014. Kirjan voi tilata Salaojayhdistykseltä hintaan 40 euroa.



SALAOJAYHDISTYS TÄNÄÄN

Salaojayhdistys ry pyrkii ylläpitämään salaojitukseen liittyvää tietotaitoa sekä tiedottamaan ajankohtaisista salaojitusasioista viljelijöille sekä ylläpitämään ja kehittämään vuodesta 1918 lähtien arkistoituja salaojituskarttoja.

Yhdistyksen jäseniksi voivat liittyä sekä henkilöjäsenet että yhteisöt. Henkilöjäsenen jäsenmaksu on 15 euroa vuodessa. Jäseneksi voi ilmoittautua yhdistyksen toimistoon tai lähimmälle salaojasuunnittelijalle.

Yhdistyksen toiminnasta vastaa sen hallitus, johon vuonna 2014 kuuluivat seuraavat henkilöt:

Mikael Jern
puheenjohtaja

Espoo

Mika Mikkola
varapuheenjohtaja

Kokkola

Vesa Alikirri

Lieto

Eila Turtola

Jokioinen

Hannu Haapala

Seinäjoki

Lassi Uotila

Tampere

Seppo Hihnala

Kalajoki

SALAOJITUSTEKNIKOIDEN VAIKUTUKSET PELLON KUIVATUKSEEN, RAVINNEHUHTOUMIIN JA SATOON

Vuosina 2006–2014 toteutetussa tutkimushankkeessa Salaojitustekniikat ja pellon vesitalouden optimointi (PVO ja PVO2) tutkittiin eri salaojitustekniikoiden, kuten ympärysaineen ja ojavälin, vaikutuksia pellon kuivastilaan, satoon, ravinnehuhtoumiin ja maan ominaisuuksiin.

VUONNA 2005 alkoi vilkas keskustelu salaojituksen, erityisesti salaojien ympärysaineen ja esipäällysteiden laatuvaatimuksista. Maa- ja metsätalousministeriön asettaman työryhmän esityksen pohjalta annettiin asetus tuettavan peltoalaojituksen laatuvaatimuksista ja tukikelpoisista enimmäiskustannuksista (MMM:n asetus 204/2006). Nykyinen voimassa oleva asetus on vuodelta 2010 (VNA 978/2010).

MMM:n esityksestä Salaojituksen tutkimusyhdistyksen aiemmin tekemään, lähinnä savimaiden kuivatusta käsittelevään tutkimussuunnitelmaan lisättiin kohta, jossa tutkittiin myös ohuempaa esipäällystettä kuin MMM:n silloisessa asetuksessa edellytettiin. Valtioneuvosto antoi asetuksen (VNA 322/2006), jonka mukaan ojituksille, jotka eivät täytä laatuvaatimuksia, mutta hyväksytään mukaan PVO-tutkimushankkeeseen, voidaan myöntää investointitukea.

Tutkimuksessa perustettiin koekentät Jokioisiin, Siuntioon ja Sotkamoon, seurattiin uusia ojituskohteita, joissa käytettiin tavanomaisesta ojituksesta poikkeavia menetelmiä, sekä kerättiin kokemuksia erilaisilla ympärysaineilla aiemmin tehdystä ojituksista.

Kokeellisen tutkimuksen ohella PVO2-hankkeessa kehitettiin ja sovellettiin matemaattista mallinnusta peltoalueen hydro-

logian ja ravinteiden sekä kiintoaineen kulkeutumisen kuvaukseen.

TUTKIMUSALUEET

Laajimmat koejärjestelyt olivat Nummelan koekentällä Jokioisissa. Siellä tutkittiin kahden alun perin 16 metrin ojavälin alueen uusinta- ja täydennysojitus. Koekenttä koostui neljästä koalueesta, joista kolmella (alueet A, B ja C) oli alkujaan 16 metrin ojaväli ja yhdellä (alue D) 32 metrin ojaväli. Ensiojitukset oli tehty 1950-luvun alkupuolella ojavälitutkimusta varten. Koalueiden maalaji oli aitosavea ja keskimääräinen kaltevuus noin 1 %.

Alueiden A ja C kuivatusta tehostettiin kesäkuussa 2008. Uusinta- ja täydennysojitetun alueen A (ohut suodatinkangas ympärysaineena, aurasalajakone) ojaväliksi tuli kuusi metriä ja perinteisesti täydennysojitetun alueen C (ympärysaineena sora, kaivava salajakone) kahdeksan metriä. Uusinta- ja täydennysojitetun alueen D (ympärysaineena sora, kaivava salajakone) kahdeksan metriä. Uusinta- ja täydennysojitetun alueen C (ympärysaineena sora, kaivava salajakone) kahdeksan metriä. Uusinta- ja täydennysojitetun alueen D (ympärysaineena sora, kaivava salajakone) kahdeksan metriä. Uusinta- ja täydennysojitetun alueen C (ympärysaineena sora, kaivava salajakone) kahdeksan metriä. Uusinta- ja täydennysojitetun alueen D (ympärysaineena sora, kaivava salajakone) kahdeksan metriä.

Gårdskulla Gårdin koekenttä Siuntiossa käsitti kaksi kaltevuodeltaan erilaista

(1 ja 5 %) peltolohkoa, jotka oli salaojitettu 1940-luvulla. Valumavedet purkautuivat peltoalueilta suoraan Kirkkojokeen. Tutkimuksen alkaessa koelohkoilla viljeltiin syysvehnää. Vuonna 2011 Gårdskulla Gård aloitti siirtymisen luomutuotantoon ja lihakarjan pitoon.

Nummelan ja Gårdskulla Gårdin koekentillä mitattiin pintakerros- ja salaojavaluntaa sekä valumavesien pitoisuuksia vuosina 2007–2013. Mittausten perusteella laskettiin peltoalueilta tulleet kiintoaine- ja ravinnekuormat. Tutkimuslohkoilla seurattiin myös pohjavedenpinnan syvyyttä ja Nummelassa lisäksi muokauskerroksen kosteutta. Siellä mitattiin myös sadon määrää ja laatua sekä ojituksen vaikutuksia maan rakenteeseen.

Nummelan koekentälle laskettiin sekä sen ulkopuolisen ajan tyypitaseet jaksolla 2007–2013.

MTT:n koekentällä Sotkamossa tutkittiin jankkuroinnin merkitystä salaojituksen tehostajana viljan- ja nurmenviljelyssä. Tavoitteena oli parantaa maan rakennetta ja satotasoa.

Koekenttien lisäksi hankkeessa oli mukana valtioneuvoston asetuksen 322/2006 mukaisia kohteita (VNA-kohteet). Nämä yhdeksän, yksityisillä tiloilla sijaitsevaa peltolohkoa, oli ojitettu käyttämällä tavanomaisesta poikkeavaa salaojitusmenetelmää. Tutkimuslohkoilla seurattiin ojituksen vaikutusta maan rakenteeseen ja kerättiin viljelijöiden kokemuksia menetelmästä.

Kuva 1. Tutkimuksen koekenttien ja peltolohkojen sijaintipaikkakunnat. Esille kaivetussa ojituksissa oli ympärysaineena käytetty ohutta esipäällystettä (Fibrella) tai kookoskuitua. VNA-tilakohteissa oli ojitettu käyttämällä tavanomaisesta poikkeavaa salaojitusmenetelmää.

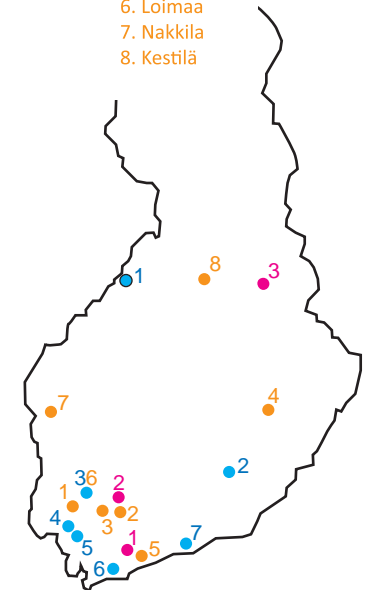
Esipäällysteiden toimintaa selvitetiin seitsemällä paikkakunnalla yhteensä 12 peltolohkolla. Tutkimuslohkoilla kaivettiin esiin savi- tai hietamailla vanhoja ohuella suojakankaalla (Fibrella) tai kookoskuudulla tehtyjä ojituksia, joissa oli esiintynyt märkyysoongelmia. Esiin kaivamisen yhteydessä tarkistettiin myös oliko putkessa maa-ainesta ja arvioitiin silmä-määräisesti ympärysaineen hajoamisaste. Maan rakeisuusikäyrä määritettiin neljästä kerroksesta ja putkessa olleesta maasta. Tutkimuskohteet jakautuivat ympäri Suomea (kuva 1).

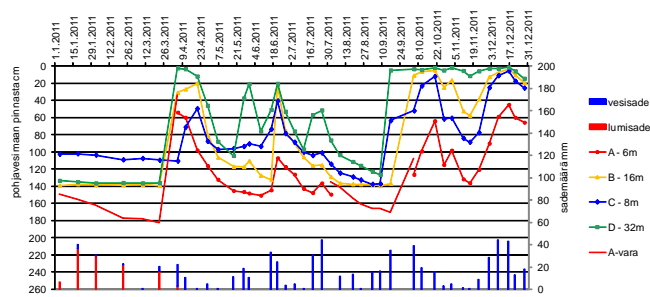
Koekentät

1. Siuntio, Gårdskulla Gårdin koelue
2. Jokioinen, Nummelan koekenttä
3. Sotkamo, MTT:n tutkimusasema

Esillekaivetut ojitukset VNA-tilakohteet

- | | |
|-------------|----------------|
| 1. Kalajoki | 1. Pöytyä |
| 2. Ristiina | 2. Somero |
| 3. Loimaa | 3. Koski TI |
| 4. Lieto | 4. Joroinen |
| 5. Paimio | 5. Kirkkonummi |
| 6. Inkoo | 6. Loimaa |
| 7. Loviisa | 7. Nakkila |
| | 8. Kestilä |





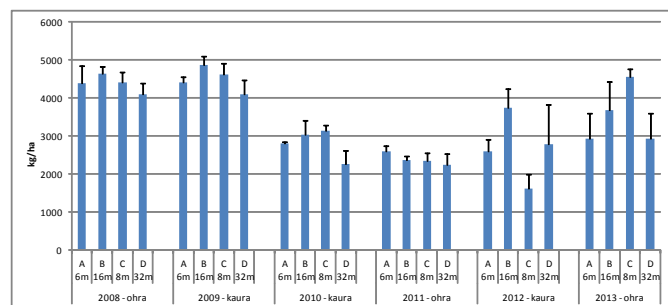
Kuva 2. Nummelan koealueiden pohjaveden pinnankorkeudet vuonna 2013. Pohjaveden pinta oli korkeimmillaan 32 metrin ojavälillä.

OJITUSMENETELMIEN VAIKUTUKSET KUIVATUS-TEHOKKUUTEEN JA MAAN RAKENTEeseen

Nummelassa sekä täydennys- että uusinta- ojitus eri menetelmiä käyttäen tehosi peltoalueiden kuivatusta, mikä näkyi vertailualueita alempana pohjavedenpinnan syvyytenä ja pienempänä muokkauskerroksen kosteutena.

Suuri ojaväli johti sateisina aikoina märkyyteen. 32 metrin ojavälillä pohjaveden pinta nousi nopeammin ja pysyi kauemmin korkealla sadetapahtuman jälkeen kuin tiheimmän ojavälin alueilla (kuva 2).

Salaojituksen tehostaminen ei vielä runsaan viiden vuoden aikana merkittävästi vaikuttanut maan rakenteeseen. Mittaukset tehtiin ojien puolivälissä eikä maan rakenne ennen ojitusta ollut erityisen huono.



Kuva 3. Sadon määrä vuosittain koealueilla A-D. Jokainen pylväs esittää neljän näytteen keskiarvoa. Virhepalkki kuvaa keskihajontaa.

OJITUSMENETELMIEN VAIKUTUS SATOON

Nummelan koekentällä ohra- ja kaurasadon määrässä tai laadussa ei havaittu systemaattisia eroja 6, 8 ja 16 metrin ojavälien kesken. Sato oli keskimäärin pienin 32 metrin ojavälillä (kuva 3).

Vuosien 2012 ja 2013 satovaihtelut johtuivat poikkeuksellisen huonoista korjuu-oloista syksyllä 2012. Silloin korjaamat jäänyt sato häiritsi seuraavan vuoden kasvua.

Yhtenäisten koeolosuhteiden varmistamiseksi kaikki koealueet oli kylvetty samaan aikaan määrimmätkin lohkon kuivuttua. Käytännön viljelyssä lohkoille mennään kuitenkin niiden kuivumisen kannalta optimaaliseen aikaan, jolloin ojitustavan tai ojavälin vaikutus satotasoon tulee mahdollisesti selvemmin esille.

VALUNTAMÄÄRÄT

Salaoja- ja pintakerrosvalunnat vaihtelivat peltoalueiden ja vuosien välillä Nummelan tasaisilla savipelloilla. Nummelan koekentällä salaojavalunnan osuus 6–16 m ojavä-

lin alueilla A, B ja C kokonaisvalunnasta (mitattujen pintakerros- ja salaojavaluntojen summa) oli 80–90 % ja alueella D (32 metrin ojaväli) 60 %. Gårdskulla Gårdin alueella salaojan osuus vuosivalunnasta vaihteli 70 ja 95 %:n välillä. Loivalta (1 %) lohkolta purkautunut vuotuinen salaojavalunta vaihteli 200 ja 500 mm:n välillä. Myös kaltevalta (5 %) lohkolta salaojavalunta oli suurta, 100–350 mm vuodessa). Todellisuudessa salaojavalunnan osuus oli vähän pienempi, koska pintakerrosvalunnan mittauksessa oli molemmilla koekentillä jonkin verran ongelmia keväisin, jolloin osa pintavalunnasta valui keräilyuomien ohi.

Nummelassa ojavälin pienentäminen 16 metristä 8 metriin lisäsi vuotuis- ta salaojavaluntaa lähes kaksinkertaisesti. Uusinta- ojituksessa salaojavalunta ei kuitenkaan kasvanut 6 metrin ojavälis- tä huolimatta, mikä saattoi johtua alueen topografiasta ja matalammasta ojitussy- vyydestä. Myös vanhat salaojat ovat voi- neet vaikuttaa uuden ojituksen toimintaan vaikka vanhat putket rikottiin uusinta- ojituksen yhteydessä.

OJITUSMENETELMIEN VAIKUTUKSET RAVINNE- JA KIINTOAINEKUORMIIN

Ravinne- ja kiintoainekuormat savipelloilta vaihtelivat huomattavan paljon eri vuosien välillä. Vuotuiset kokonaisfosforikuormat salaojista Nummelan ja Gårdskullan Gårdin tutkimusalueil- la vaihtelivat välillä 0,1–3,9 kg ha⁻¹, kokonaistyyppikuormat välillä 1–29 kg ha⁻¹ ja kiintoainekuormat välillä 170–2400 kg ha⁻¹. Suurimmat huuhtoumat mitattiin vuonna 2007–2008 sateisena ja leutona kaudella 2007–2008 sateisena ja leutona vuonna. Nummelan kokonaisfosforikuor- mat salaojavalunnassa on esitetty kuva- sa 4 ja kokonaistyyppikuormat kuvassa 5.

Valtaosa Nummelan ja Gårdskul-

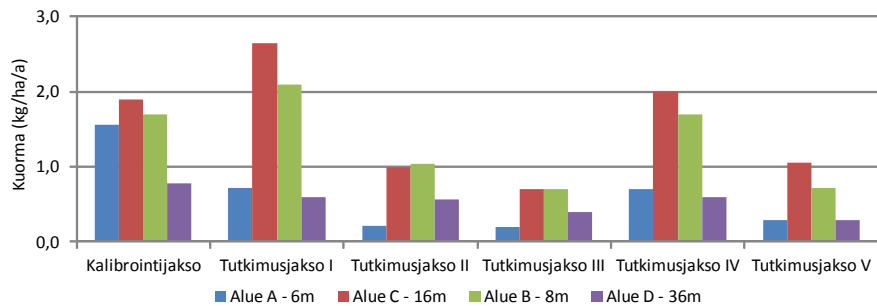
la Gårdin tutkimuslohkojen ravinne- ja kiintoainehuuhtoutumista tuli runsaan salaojavalunnan mukana kasvukauden ulkopuolisena aikana. Myös Gårdskullan melko jyrkältä pellolta (kaltevuus 5 %) salaojavalunta sekä sen mukana tulleet ravinne- ja kiintoainehuuhtoutumat olivat suhteellisen suuret.

Koealueiden ravinne- ja kiintoainepi- toisuudet olivat pintakerrosvalunnassa keskimäärin suurempia kuin salaojavalunnassa. Kokonaisfosforipitoisuuksien vuosikeskiarvojen keskiarvot olivat 0,53 mg l⁻¹ (salaojissa) ja 0,80 mg l⁻¹ (pinta- kerrosvalunnassa) ja kokonaistyyppi- toisuuksien 6,7 mg l⁻¹ (salaojissa) ja 7,3 mg l⁻¹ (pintakerrosvalunnassa) ja kiintoai- nepitoisuuksien 450 mg l⁻¹ (salaojissa) ja 570 mg l⁻¹ (pintakerrosvalunnassa).

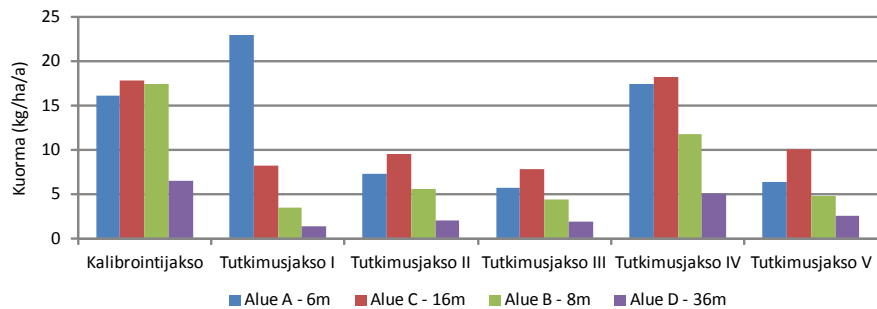
Koealueiden mittaukset osoittivat, et- tä muokkauskerroksen fosforiluvut ale- nivat pikku hiljaa fosforilannoituksen lo- pettamisen myötä, mutta se ei näkynyt valumavesien fosforipitoisuuksissa. Tä- mä saattaa johtua alhaisista fosforiluvui- ta ja Gårdskulla Gårdissa viljelysuunnan muuttamisesta.

Typitaselaskelmista ilmeni, että Num- melan koekentällä peltoon tulleesta typpi- määrästä (lannoitus, laskeuma ja siemenet) valumavesien mukana huuhtoutuvan koko- naistypen osuus oli keskimäärin noin 10 % ja sadon ottama typpimäärä vaihteli välil- lä 35–90 % alueesta ja vuodesta riippuen.

Salaojien mukana huuhtoutunut typen osuus peltoon tulleesta typen määrästä Nummelassa oli keskimäärin 7,2 %, kun alueet lannoitettiin kivennäislannoitteella 80,0–94,5 kg N ha⁻¹. Vastaava osuus pin- takerrosvalunnassa oli keskimäärin 2,7 %. Huuhtoutuva typpi on osittain peltoon tul- lutta tyyppiä ja osittain maasta vapautuvaa tyyppiä. Viljellyissä mineraalimaissa tyy- peä on kirjallisuuden mukaan muokkaus-



Kuva 4. Salaojavalunnan kokonaisfosforikuorma (kg ha⁻¹) vuodessa Nummelan koalueilla kalibroitinjaksolla (6/2007–5/2008) ennen uusia ojituksia ja vuoden pituisilla tutkimusjaksoilla I–V ojituksen jälkeen. Kalibroitinjaksolla ojaväli alueilla A, B ja C oli 16 m ja alueella D 32 m. Kesäkuussa 2008 alue A uusintaajotettiin käyttäen ohutta suodatinkangasta ja 6 m ojaväliä ja alue B täydennysojitettiin käyttäen soraa ja 8 m ojaväliä.



Kuva 5. Salaojavalunnan kokonaistyyppikuorma (kg ha⁻¹ a⁻¹). Kts. myös kuva 4.

kerroksessa noin 5000–6000 kg ha⁻¹, josta valtaosa on orgaanisessa muodossa.

Erialaisten ojitusmenetelmien vaikutuksista ravinne- ja kiintoainehuhtoutumiin ei saatu yksikäsitteisiä tuloksia. Uusintaajotus tiheällä ojavälillä, jankkuroinnilla ja aurasalaojakoneella lisäsi typen huhtoutumista heti ojituksen jälkeisinä vuosina. Lisäys johtui lähes täysin kohonneista typpipitoisuuksista, jotka johtuivat todennäköisesti maan orgaanisen typpivaraston mineralisaatiosta. Sitä vastoin uusintaajotuksen jälkeen oli havaittavissa fosforipitoisuuksien laskua.

Perinteinen täydennysojitus lisäsi salaojavalunnan määrää, mutta ei juurikaan sen pitoisuuksia. Suuresta valunnasta joh-

tuen huuhtoumat kasvoivat selvästi täydennysojituksen jälkeen.

JANKKUROINTI

Sotkamon koekentän jankkurointikokeessa tutkittiin maan ominaisuuksia ennen ja jälkeen jankkuroinnin. Koekentän maalaus oli multavaa hiesua. Koeruuduista mitattiin myös nurmi- ja viljasatojen määrää ja laatua jankkuroinnin vaikutusten selvittämiseksi. Jankkurointi tehtiin kaistoittain noin 40 cm:n syvyyteen uravälillä 180 cm vajaan vuoden päästä salaojituksesta kesäkuussa 2008.

Tulosten mukaan jankkurointi ei aiheuttanut tilastollisesti merkitseviä eroja



Kuva 6. Sotkamon koekentän jankkurointikokeessa käytetty jankkuri. (Kuva: Merja Mylly.)

nurmi- ja viljasatojen määrään tai laatuun kuuden koevuoden aikana eikä se ei juuri vaikuttanut maan fysikaalisiin tai biologisiin ominaisuuksiin.

ESIPÄÄLLYSTEET

Eri esipäällysteiden soveltuvuutta salaojien ympärysaineksi selvitettiin kaivamalla esille noin kymmenen vuotta tai sitä vanhempia ohuella suodatinkankaalla tai kookoskuidulla tehtyjä ojituksia. Tutkittavat kohteet olivat savi- tai hietamaila. Maaperää tutkimalla selvitettiin, onko maalajilla ja esipäällysten hajoamisella yhteyttä putken tukkeutumiseen. Kirjallisuuden mukaan toimivan salaojituksen edellytys on, että ympärysaineen paksuus

ja huokosjakauma noudattavat tiettyjä kriteerejä suhteessa ympäröivään maahan. Lisäksi hyödynnettiin Nummelan koekentän, tilakohtaisten seurantakohteiden (VNA) sekä mallintamisella tuotettuja aineistoja.

Tulosten mukaan esipäällysteiden hajoaminen oli suuressa osassa kohteita pitkällä (kuva 7), sillä suodatinkangas oli kadonnut yhtä kohdetta lukuun ottamatta kokonaan. Myös vain kolme vuotta sitten tehtyjen salaojien kohdalla näkyi hajoamisen merkkejä esipäällysteissä. Kookospäällyste oli säilynyt useammassa kohteessa paremmin kuin suodatinkangas.

Kun esipäällyste oli hajonnut, putkessa esiintyi liettymiä hyvää suodatinominaisuutta vaativilla mailla – käytännössä hyvin hietapitoisilla mailla. Maa-ainesta oli kertynyt putkeen myös kohteissa, joissa hyvää suodatinominaisuutta omaavaa ympärysainetta ei teorian mukaan maan korkean savespitoisuuden takia tarvittaisi. Putkissa ei havaittu maa-ainesta karkeilla mailla, vaikka esipäällyste oli hajonnut.

Tulosten perusteella orgaanisten esipäällysteiden käyttöä tulisi välttää maassa, jossa olosuhteet saattavat aiheuttaa orgaanisten aineiden hajoamista, ja joka on herkkä liettymiselle. Tutkimukses-



Kuva 7. Tulosten mukaan esipäällysteiden hajoaminen oli suuressa osassa kohteita pitkällä noin 10 vuotta ojituksen jälkeen. Vasemmalla ohuella suojakankaalla ja oikealla kookoskuidulla päällystetty putki. (Kuva: Markus Sikkilä.)

sa saatuja tulosten perusteella valtionneuvoston asetuksessa (VNA 978/2010) salaojituksen tukemisesta esitettyjä laatuvaatimuksia ei ole syytä muuttaa. Asetuksen mukaan hyvää suodatinomaisuutta vaativilla maalajeilla täytyy käyttää ympärysaineena tietynlaista rakeisuutta omaavaa soraa tai kivimurskettä tai vähintään 3 mm paksuista ja tietynlaista huokoisuutta omaavaa esipäälystettä.

SALAOJITUSTEN TILAKOHTAISET SEURANTAKOHTTEET

Yksityisillä tiloilla sijaitsevia peltolohkoja (VNA-kohteet) oli ojitettu tavanomaisesta poikkeavilla tavoilla käyttäen ohutta suodatinkangasta ja tiheää ojaväliä, erityisen runsaasti ja erityisen niukasti soraa sekä salaojakaivannon täyttöä hakkeella.

Lisäojitukset olivat haastattelujen perusteella parantaneet maan kuivatustilaa. Kaikki käytetyt ojitustekniikat olivat toimineet hyvin kuuden vuoden tutkimusajanjakson ajan. Maan rakenteessa oli yleensä havaittavissa pientä parannusta erityisesti maan biologisten ominaisuuksien suhteen.

MALLINTAMINEN

Kolmiulotteisella matemaattisella mallilla voidaan tutkia peltoalueen hydrologiaa, analysoida mittausaineistoja ja arvioida eri ojitusmenetelmien vaikutuksia laskennallisesti. Koekenttien mallisovellukset perustuvat Aalto-yliopistossa kehitetyt numeerisen FLUSH-laskentamallin käyttöön. Malli soveltuu erityisesti savimaille, joissa veden virtausta ja aineiden kulkeutumista kuvataan erikseen isoissa huokosissa ja pienissä huokosissa. Mallin avulla tarkasteltiin Nummelan ja Gårdskullan peltoalueiden vesitasetta, eroosiota sekä typen liikkeitä. Mallin simuloimat hydrologiset prosessit on esitetty kuvassa 8.

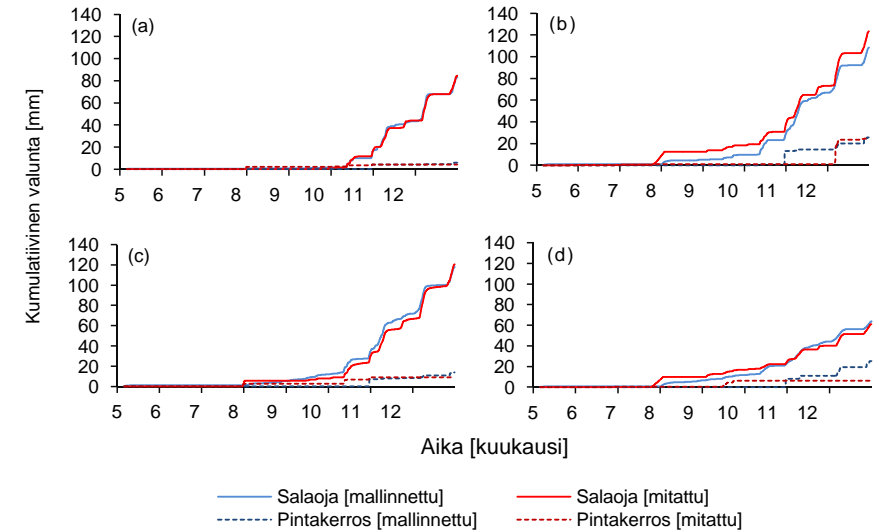
Tutkimuksessa mallinnetut salaoja- ja pintakerrosvalunnat vastasivat hyvin mitattuja arvoja (kuva 9). Mallin ja mittausten perusteella tuotettiin tutkimusalueiden kokonaisvesitaset (kuva 10). Simuloinneilla voitiin erityisesti arvioida vesitaseeseen komponentteja, joita ei oltu mitattu ja joita ylipäättänsä on hankala mitata, kuten haihduntaa ja pohjavesivaluntaa sekä varastonmuutoksia maaperässä. Toisaalta mallilla voitiin kuvata myös tapahtumia

kuten kevätsulantoja, joiden mittauksissa esiintyi vaikeuksia.

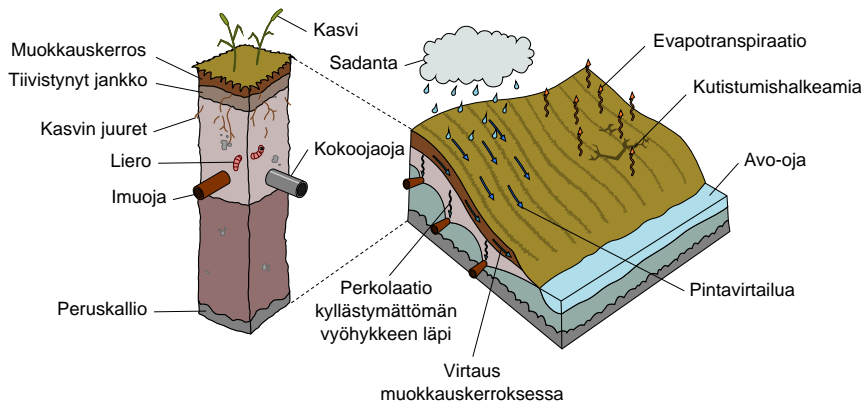
Mallilla selvitettiin lisäksi salaojitusmenetelmien vaikutusta kasvukaudella Nummelan pellon vesitaseeseen. Gårdskulla Gårdin koekentän aineistoa käyttäen mallilla laskettiin kaltevuus-

den vaikutusta vesitaseeseen ja kiintoainekuormaan eri vuodenaikoina.

Malliin kehitettiin aineiden kulkeutumiskomponentti, jota sovellettiin typpi-kuormituksen laskentaan syksyllä kasvukauden jälkeen. Typpimallilla voitiin arvioida typen kulkeutumiseen liittyviä

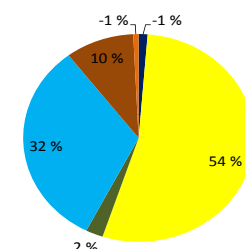


Kuva 9. Tunnittainen mitattu ja mallinnettu salaojavalunta sekä pintakerrosvalunta vastasivat toisiaan tutkituilla Nummelan koeläyillä (a) A, (b) B, (c) C ja (d) D kalibrintajaksolla (6.5.2007 – 31.12.2007).

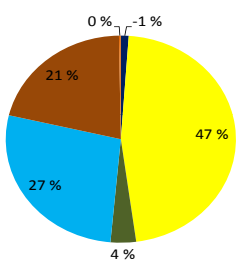


Kuva 8. Hydrologiset prosessit pellolla. FLUSH-malli kuvaa pellolla tapahtuvia prosesseja kaksikulotteisesti pellon pinnalla ja kolmiulotteisesti maaperässä.

Alue 1 (kaltevuus 1%)



Alue 2 (kaltevuus 5%)



■ Varaston muutos ■ Evapotranspiraatio ■ Pintakerrosvalunta ■ Salaojavalunta ■ Pohjavesivalunta ■ Massatasevirhe

Kuva 10. Gårdskulla Gårdin peltoalueiden simuloitujen vesitaseeseen komponentit prosentteina sadanasta 2008-2012. Pintakerrosvalunnassa on mukana myös alueita ympäröiviin mataliin (0,4-0,5 m) ojiin valuva vesi.

kemiallisia ja biologisia prosesseja, kuten mineralisaatiota, nitrifikaatiota ja denitrifikaatiota, peltolohko mittakaavassa.

Mallintamistulosten perusteella pohjavesivalunta savisilla peltoalueilla oli merkittävää, mikä tulisi ottaa huomioon vesitasetta ja kokonaiskuormitusta arvioidessa. Gårdskulla Gårdin tutkimusalueilla mallinnuksen mukaan salaojavalunnan osuus oli 30 % ja pohjavesivalunnan osuus 10–20 % vesitaseesta ajanjaksolla 2008–2012 (kuva 8). Nummelan mallinnustulosten mukaan noin 9–15 % sadanasta poistuu pelolta pohjavesivalunnan kautta (kuva 10).

JOHTOPÄÄTÖKSET

Ojavälin tihentäminen alensi selvästi pohjavedenpintaa ja maan kosteutta. Sato oli keskimäärin pienin harvaan ojitetulla alueella (ojaväli 32 m). Jankkurointi ei aiheuttanut merkittäviä eroja nurmi- tai viljasatojen määrään eikä laatuun.

Ympärysaineita koskevien tutkimustulosten perusteella orgaanisten esipäällysteiden käyttöä tulisi välttää maassa, jossa olosuhteet saattavat aiheuttaa niiden hajoamista, ja joka on herkkä liettymiselle. Valtioneuvoston asetuksessa (VNA 978/2010) salaojituksen tukemisesta esitettyjä laatuvaatimuksia ei ole syytä muuttaa.

Tutkimusalueilla ravinne- ja kiintoainekuormien pitoisuudet olivat keskimäärin suuremmat pintavalunnassa kuin salaojavalunnassa. Suurten salaojavaluntojen takia pääosa kuormituksesta tuli salaojien kautta. Suurin osa kuormituksesta tuli kasvukauden ulkopuolisella ajalla. Maatalouden vesiensuojelussa tulisi kiinnittää erityisesti huomiota peltoalueilla tehtäviin toimenpiteisiin, joilla voidaan vähentää sekä pinta- että salaojavalunnan pitoisuuksia.

Mallintamistulosten perusteella pohjavesivalunta savisilla peltoalueilla oli merkittävää, mikä tulisi ottaa huomioon vesitasetta ja kokonaiskuormitusta arvioidessa.

Peltomittakaavan kokeet ovat välttämättömiä salaojitusmenetelmien tutkimuksessa. Koealueiden epähomogeenisuus, kuten vaihtelut maan ominaisuuksissa ja topografiassa, aiheuttavat epävarmuutta tulosten tulkinnassa. Pitkät havaintosarjat ennen ja jälkeen toimenpiteiden toteuttamista parantavat tulosten luotettavuutta. Kokeellisen tutkimuksen ohella tarvitaan matemaattista mallinnusta peltoalueiden vesi- ja ravinnetaseiden kuvaamisessa, mittausaineistojen analysoinnissa ja eri ojitusvaihtojen toiminnan simuloinnissa.

Hankkeen rahoittivat Salaojituksen Tukisäätiö, maa- ja metsätalousministeriö, Maa- ja vesitekniikan Tuki ry ja hankkeen toteutuksesta vastanneet laitokset: Salaojayhdistys, MTT, Aalto-yliopisto, SYKE, Helsingin yliopisto ja Sven Hallinin tutkimussäätiö.

Tutkimusryhmä: Helena Äijö (Salaojayhdistys), Merja Mylly (MTT), Jyrki Nurminen (Salaojayhdistys), Mika Turunen (Aalto-yliopisto), Lassi Warsta (Aalto-yliopisto), Maija Paasonen-Kivekäs (Sven Hallinin tutkimussäätiö), Emilia Korpelainen (Salaojayhdistys), Heidi Salo (Aalto-yliopisto), Markus Sikkilä (Salaojayhdistys), Laura Alakukku (HY), Harri Koivusalo (Aalto-yliopisto) ja Markku Puustinen (SYKE).

PVO2-hankkeen loppuraportti: Äijö ym. 2014. PVO2-hanke Salaojitekniikat ja pellon vesitalouden optimointi. Salaojituksen tutkimusyhdistyksen ry:n tiedote 31 on saatavissa painettuna Salaojayhdistyksestä ja sähköisesti yhdistyksen kotisivuilta osoitteesta:

www.salaojayhdistys.fi/pdf/TY_31.pdf

WATER GATE -SÄÄTÖSALAOJAVENTTIILIN KOKEILU

Säätösalaajituksessa pohjavedenpintaa säädetään yleensä säätökaivoilla. Sääto voidaan tehdä myös automaattisilla Water Gate -salaajaventtiileillä. Salaojayhdistys on tutkinut venttiilin toimivuutta Suomen oloissa yhteistyössä ProAgria Österbottenin (ÖSL) kanssa.

SÄÄDÖN TARKOITUS

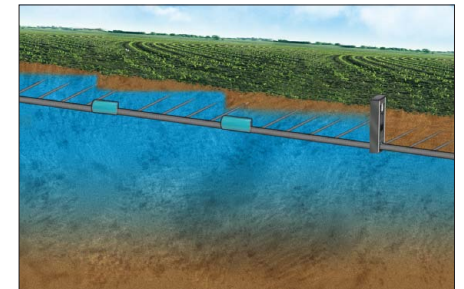
Pellon maskimaalinen kuivatustehokkuus, jolla turvataan riittävä kuivavara koneille ja estetään kasvuston vettymishaitat, tarvitaan vain ajoittain varsinkin keväällä ja syksyllä. Kuivina aikoina tavanomainen salaojitus saattaa toimia turhankin tehokkaasti, jolloin kasvukaudella menetetään kasvien tarvitsemää vettä. Kuivatusvesien mukana huuhtoutuu myös ravinteita sekä happamilla sulfaattimailla happamuutta ja metalleja, mikä on haitaksi sekä kasvustolle että ympäristölle.

Padottamalla vettä salaojaverkostoon kokoojaojaan asennetulla säätökaivolla tai salaajaventtiilillä estetään salaojavalunta kunnes pohjavedenpinta nousee padotuskorkeuden yläpuolelle. Säätösalaajituksessa pohjavedenpinnan korkeuden aleneminen hidastuu verrattuna tavalliseen salaojitukseseen. Pumppaamalla ojastoon lisää vettä eli altakastelussa (tai salaojastelussa) pohjavedenpinta saadaan pidettyä korkeammalla kuin pelkästään padottamalla.

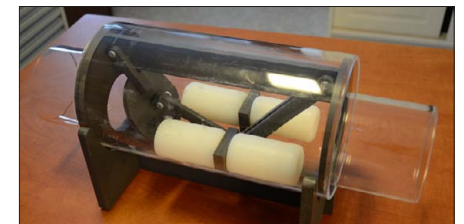
Säätösalaajitus ja altakastelu edistävät kasvien vedensaintia kuivina kausina ja vähentävät ravinnehuuhtoumia. Korkea pohjavesi vähentää happamilla sulfaattimailla happamuuden ja metallien huuhtoutumista vesistöihin.

SALAOJAVENTTIILIN TOIMINTAPERIAATE

Water Gate -salaajaventtiilin on kehittänyt yhdysvaltalainen Agri Drain -yritys. Säätoventtiilit toimivat täysin automaattisesti. Ne asennetaan kokoojaojaan (kuva 1), jonka laskuaukkoon asennetaan tavan-



Kuva 1. Salaojiventtiilin sijainti kokoojaojaan.



Kuva 2. Pienoismalli, josta näkyy venttiilin toimintaperiaate. Kun venttiili on veden täyttämä kellukkeet kääntävät läpän, joka sulkee venttiilin tiettyyn paineeseen asti. (Kuva: Rainer Rosendahl.)

omainen säätökaivo. Kaivon avulla säädetään lähtöpadotustaso.

Venttiilin toiminta perustuu kellukkeisiin (kuva 2), joihin on kiinnitetty varsi, joka liikuttaa saranoitua läppää. Kun putki venttiilin ylävirtaan päin on veden täyttämä, kelluke liikkuu ja kääntää läpän, joka sulkee putken. Näin vesi ei pääse virtamaan venttiilin lävitse ja vedenpinta nousee ylävirtaan. Vedenpaine pitää sulkuläpän kiinni tiettyyn paineeseen asti. Valmistajan mukaan venttiilin avulla voidaan padota vettä noin 30 cm alajuoksun vedentason verrattuna.

KOEJÄRJESTELY

Water Gate -venttiilin toimintaa tutkittiin Pohjanmaan Söderfjärdenillä sijaitsevalle peltoalueella. Koekentän maalaji on hapanta sulfaattimaata, ja sen pinta-ala on 14,9 ha ja kaltevuus 0,1 %. Tammi-kuussa 2013 asennettiin neljä kappaletta Water Gate-salaojaventtiiliä kokoojaputkeen (kuva 3), jonka pituus on 1 760 m.



Kuva 3. Water Gate -venttiilin asennus Söderfjärdenillä. (Kuva: Rainer Rosendahl.)

Kokoojaputken alapäässä on tavallinen säätökaivo, jonka avulla säätö tehtiin. Lisävetä pumpattiin ojastoon kokoojaputken yläpäästä kesällä 2013 heinä- ja elokuun alussa yhteensä 2 250 m³ ja kesällä 2014 touko- ja kesäkuun lopussa yhteensä 1 660 m³.

Painekorkeus kokoojaputkessa mitattiin jokaisen venttiilin ylä- ja alapuolelle asennetuista tarkkailuputkista sekä kentällä kymmenestä pohjavesiputkista. Lisäksi seurattiin pohjavedenpinnan korkeutta valtaojissa lohkon ylä- ja alaosassa.

TULOKSET

Jokaisen venttiilin (WG1-WG4) ylä- ja alapuolelle asennetuista tarkkailuputkista mitatut painekorkeudet on esitetty kuvassa 4. Tulosten mukaan venttiilit toimivat suurimman osan vuotta hyvin ja pohjavedenpinnan korkeutta voitiin säätää alimpana olevan säätökaivon avulla. Venttiilin heikkoutena oli, että sen on oltava veden täyttämä, jotta se pysyy suljettuna. Kesällä kuivaan aikaan ylimpänä oleva venttiili avautui ensin ja vähitellen avautuivat myös alempana olevat venttiilit kunnes alimpana oleva säätökaivo pysäytti ulosvirtauksen. Säätökaivot olisivat padottaneet veden hieman kauemmin, arviolta noin 1–5 päivää haihdunnan määrstä riippuen.

KUSTANNUKSET

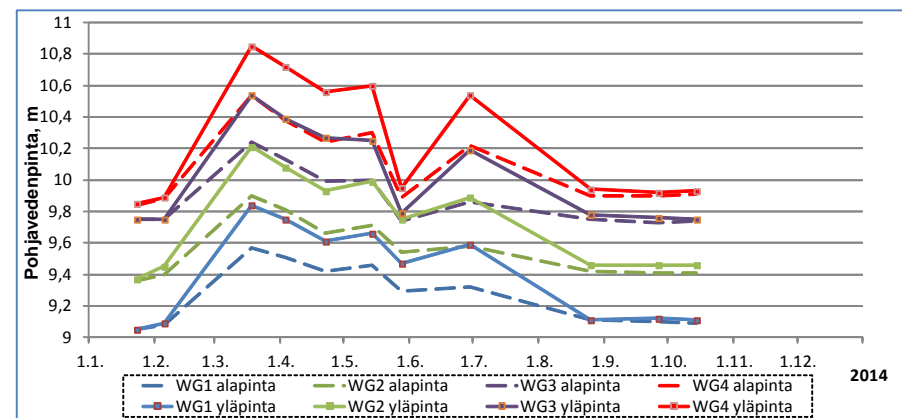
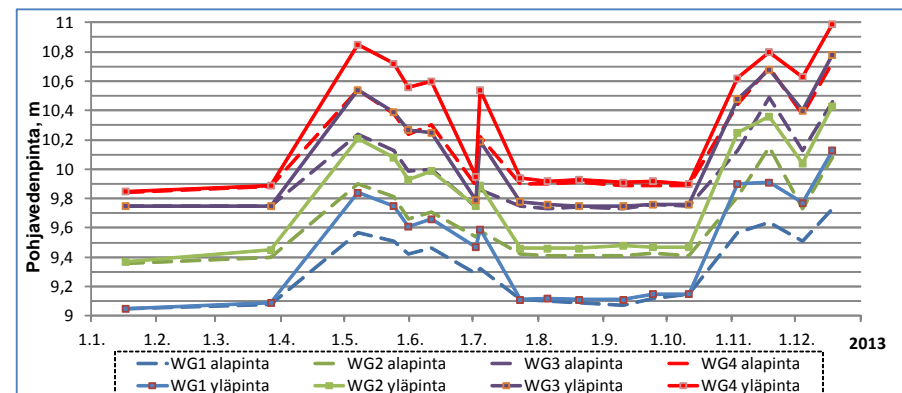
Säätöventtiilien yksikköhinta on hieman alempi kuin säätökaivon, mutta venttiilejä tarvitaan pinta-alaa kohti noin puolitakertainen määrä säätökaivoihin verrattuna. Asennuskustannukset ovat säätöventtiilien osalta hieman alemmat kuin säätökaivojen. Kokonaiskustannuksiltaan menetelmät ovat samaa hintaluokkaa.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Säätökaivoihin verrattuna venttiilien etuna ovat toiminnan automaattisuus ja maahan upotettava laitteisto, joka ei häiritse viljelytoimenpiteitä. Kuivana jaksolla venttiilin padotuskyky loppui hieman aikaisemmin kuin säätökaivojen padotus olisi loppunut, millä ei kuitenkaan yleensä ole kovin suuri merkitys. Altakastelussa

venttiilien voidaan olettaa toimivan yhtä hyvin kuin säätökaivojen, mikäli käytössä on riittävästi vettä pumpattavaksi järjestelmään.

Venttiilien toimintaa seurataan vielä jatkossakin. Vielä ei ole tietoa siitä, miten ne kestävät maaperässä ja varsinkin koealueella olevassa happamassa maassa. Teksti: Helena Äijö ja Rainer Rosendahl.



Kuva 4. Salaojaventtiilien WG1-WG4 ylä- ja alapuolella mitatut painekorkeudet kokoojaojassa vuonna 2013 (ylempi kuva) ja vuonna 2014 (alempi kuva). Venttiilin käyrien erotus (noin 0-30 cm) kuvaa padotuskorkeutta.

VÄHENEKÖ HAPPAMILTA SULFAATTIMAILTA TULEVA KUORMITUS POHJAVEDEN PINTAA SÄÄTÄMÄLLÄ?

Normaali salaojitus suunnitellaan siten, että sateisina ajanjaksoina sekä lumen ja roudan sulaessa kuivatus on riittävän nopea turvaamaan kuivavara koneille ja estämään kasvuston vettymishaitat. Maksimaalista kuivatustehokkuutta tarvitaan kuitenkin vain ajoittain ennen kaikkea keväällä ja syksyllä.

VÄHÄSATEISIMPINA AIKONA salaojitus saattaa toimia liiankin tehokkaasti, jolloin pohjavesi voi laskea tarpeettoman syvälle tavanomaisessa maassa, jolloin menetetään kasvien kasvukaudella tarvitsemaa vettä. Tämän lisäksi happamilla sulfaattimaila pohjaveden laskeminen syvälle on haitallista, koska silloin pohjamaassa olevat rautasulfidit pääsevät reagoimaan hapen kanssa, ja muodostuu rikkihappoa.

Säätösalaajituksen avulla kuivatusta säädetään kasvukauden sääolosuhteiden mukaan. Säätösalaajituksessa kokooajojan asennetaan säätökaivoja, joista purkautuvan veden määrää ja taso voidaan säätää ”säätöputkella” (Kuva 1). Kun pohjavesi nousee padotuskorkeuden yläpuolelle, vettä virtaa ojastosta kunnes pohjaveden pinta laskee säätöputken asennetulle tasolle. Kun padotus poistetaan kokonaan, ojitus toimii normaalina salaojituksena. Säätökaivojen määrä riippuu maanpinnan kaltevuudesta ja ojaston rakenteesta. Peukalo-sääntönä on, että korkeuseroa säätökaivoa kohti on 50 cm. Johdettaessa vettä säätökaivojen ja salaojien kautta maaperään kasvien käytettäväksi puhutaan altakastelusta, josta käytetään myös nimitystä säätökastelu tai salaojakastelu.

Söderfjärdenin kentällä Vaasan lähellä on tutkittu vuodesta 2010 alkaen tavan-



Kuva 1. Säätökaivon avulla säädetään pohjaveden pinnan tasoa. Kaivon kautta ojastoon voidaan pumpata lisävetä. (Kuva: Rainer Rosendahl.)

omaisen salaojituksen, säätösalaajituksen ja altakastelun vaikutusta happamilta sulfaattimailta purkautuvan salaojaveden happamuuteen ja metallikuormitukseen. Tutkimus alkoi CATERMASS (Climate Change Tools for Environmental Risk Mitigation of Acid Sulphate Soils) -hankkeena (2010–2012), ja se on jatkunut sen jälkeen BEFCASS-hankkeena (2013–2014). Kentällä selvitetään myös eri kuivatustapojen vaikutuksia kasvihuonekaasupäästöihin sekä viljelykasvien satoon ja laatuun. Säätösalaajitus ja altakastelu otettiin koekentällä käyttöön vuonna 2011, sillä ensimmäisenä vuonna (2010) seurattiin, minkälainen pellon satotaso ja kuormitus oli lohkoilla ennen toimenpiteitä.

SÖDERFJÄRDENIN DEMONSTRAATIOKENTTÄ

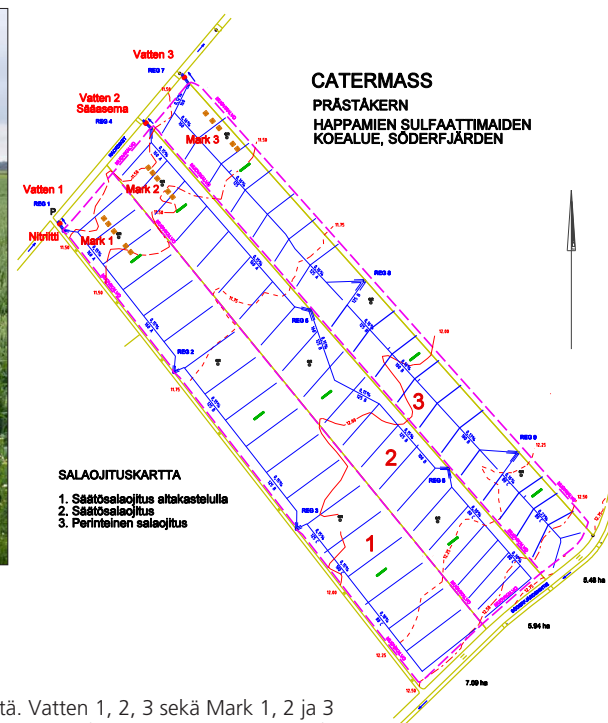
Söderfjärdenin kenttä muodostuu kolmesta koelohkosta, joiden pinta-ala on yhteensä 18,5 ha. Kentällä on kolme erilaista salaojitusmenetelmää: (1) altakastelu, (2) säätösalaajitus ja (3) tavallinen salaojitus (Kuva 2). Kenttää rakennettaessa periaatteena oli, että jos tulokset osoittaisivat menetelmistä olevan hyötyä, niin säästö voitaisiin rakentaa niin vanhoihin kuin uusiinkin salaojituksiin. Lohkot ympäröitiin 1,5 m leveällä muovikalvolla, jonka alareuna asennettiin 1,9 m syvyyteen. Joka lohkolle asennettiin kolme säätökaivoa ja lisäksi kolme pohjavesiputkea pohjavedenkorkeuden reaaliaikaista seuranta varten. Altakastelussa vettä pumpattiin pienellä bensiinipumpulla viereisestä

valtaojasta 2–4 kertaa kesässä, keskimäärin 1000 m³ kerrallaan; virtausnopeus oli noin 3–5 l/s.

Koekentällä salaojat ovat noin 1,2 metrin syvyydessä, mutta kesällä pohjaveden pinta saattaa laskea niiden alapuolelle. Maaprofiili onkin hapettunut 1,5 m:n syvyyteen, ja sen alapuolelta alkaa hapettumaton sulfidikerros. Syvällä oleva sulfidikerros pysyy pelkistyneenä, kun pohjavesi estää sulfidien altistumisen ilman hapelle. Lähempänä maan pintaa aiemmin olleet sulfidikerrokset ovat hapettuneet ojituksen takia ja muuttuneet happamiksi sulfaattimaiksi. Muokkauskerroksen pH on kalkituksen ansiosta 6,6–7,1, mutta happamat keltaista jarosiittia, $KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$, sisältävät maakerroksen alkavat heti jankon alta, ja niiden pH vaihtelee 3,8:sta 4,7:ään.



Kuva 3. Pohjavesiputken kelluva antenni näyttää pohjaveden pinnan etäisyyden maanpinnasta (Kuva: Rainer Rosendahl.)



Kuva 2. Söderfjärdenin koekenttä. Vatten 1, 2, 3 sekä Mark 1, 2 ja 3 viittaavat automaattisiin mittausasemiin. (Kartta: Rainer Rosendahl.)

Pelkistynyt sulfideja sisältävä maa ei ole hapanta, vaan sen pH on 7 tai sitä korkeampi (Laakso, 2009; Yli-Halla, 2012).

Eri salaojitusmenetelmien vaikutusta pohjaveden korkeuteen seurattiin pohjavesiputkien avulla sekä putkeen asennetun jatkuva-omaisen anturin että ”antennin” avulla (Kuva 3). Pellolle asennettiin myös muita automaattisia mittaustaitteita, joiden tulokset (mm. salaojaveden pH, johtoluku ja nitraattityppipitoisuus sekä pohjavedenpinnan korkeus) ovat vapaasti luettavissa reaaliajassa Internetin (<http://www.catermass.fi>) kautta. Tämän lisäksi salaojaveden laatua on seurattu vesinäytteiden avulla, joista on mitattu mm. veden asiditeettiä. Koelohkojen lisäksi vesinäytteitä on otettu myös läheisestä Nackdiket-ohjasta, jotta valuma-alueen taustapitoisuuksien tasoa ja vaihtelua voidaan verrata koekentältä saatuihin tuloksiin.

Kuivatusmenetelmistä on seurantatietoa neljällä kasvukaudella: 2011 (normaalia kuivempi), 2012 (normaalia sateisempi), 2013 (kevät ja alkukesä sateisia, märkyys häiritsi jonkin verran kylvöjen aloittamista) ja 2014 (elokuu poikkeuksellisen sateinen, 5 tunnin sademäärä 57 mm 4. elokuuta ja kuukauden kokonais sademäärä 175 mm).

TULOKSET

Hankkeen tutkimuskysymykset olivat

- Miten pohjavedenpinnan taso vaikuttaa happamilta sulfaattimailta lähtevään happamuus-, sulfaatti-, typpi-, fosfori- ja metallikuormaan?
- Onko pohjaveden korkeudella vaikutuksia satotasoon, sadon laatuun tai kasvien metallienottoon?
- Voidaanko pohjaveden korkeutta säättämällä vaikuttaa happamien sulfaattimaiden typpioksiduulipäästöihin?

Happamat sulfaattimaita

Happamia sulfaattimaita esiintyy Suomen rannikoilla entisen Litorinameren alueella. Niissä esiintyvät sulfidikerrokset hapettuvat mm. maankohoamisen ja ojituksen seurauksena, jolloin sulfidien sisältämä rikki ja rauta hapettuvat rautahydroksidiksi ja rikkihapoksi.

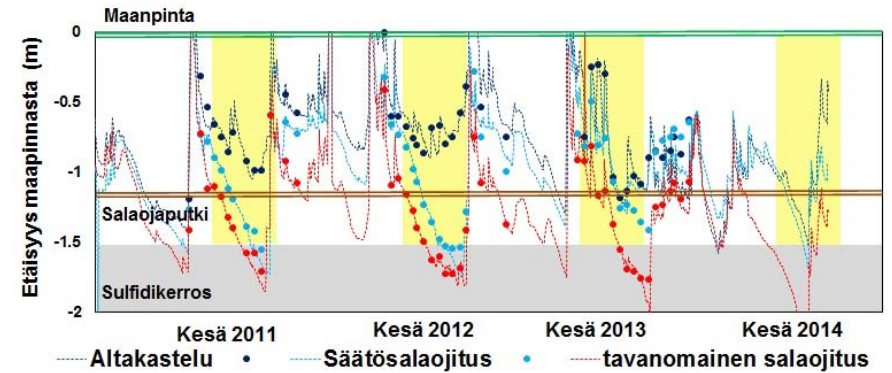
Vaasan lähelle perustettiin Söderfjädenin kenttä Life plus -rahoittaman CATERMASS (Climate Change Tools for Environmental Risk Mitigation of Acid Sulphate Soils) -hankkeen aikana (2010–2012).

Mittauksia kentällä on jatkettu Maa- ja metsätalousministeriön, Maa- ja vesiteknikan tuen sekä Salaojituksen Tukisäätiön rahoittaman BEFCASS-hankkeen aikana (2013–2014).

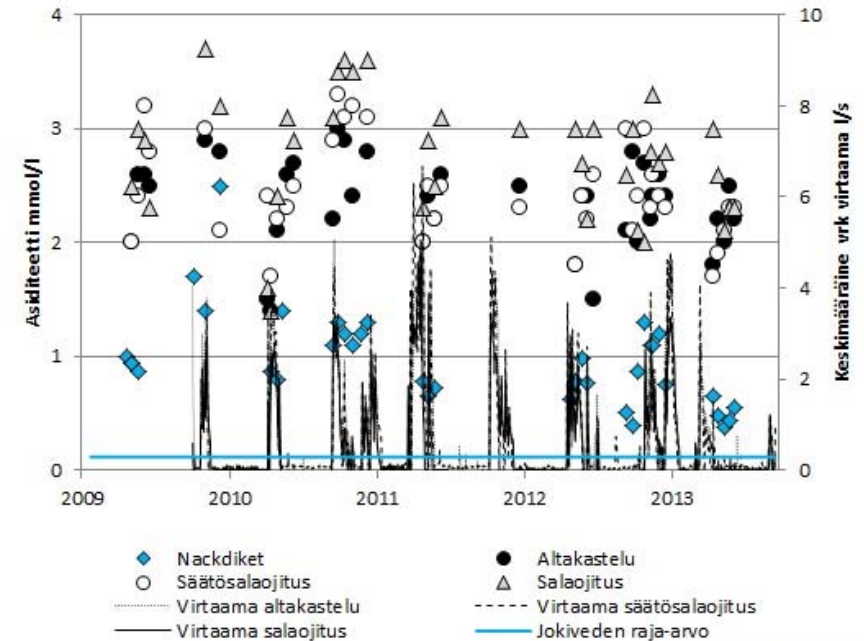
POHJAVEDEN TASO JA LAATU

Pohjaveden pinta pysyi sulfidisavikerroksen yläpuolella altakastelulohkolla koko koeajan, kun kuivina kausina salaojastoon pumpattiin lisävettä (30–50 mm/vuosi) (Kuva 4). Säättösalaojituksessa (ilman lisävettä) sulfidisavien hapettuminen oli mahdollista huomattavasti lyhyemmän ajan kuin tavanomaisessa salaojituksessa, jossa kerrokset olivat kesällä alttiina hapettumiselle useamman kuukauden ajan (Kuva 4). Vaikka pohjaveden pinta saatiin pidettyä korkealla altakastelulohkolla ja säättösalaojituslohkolla, muutoksia maan pH-luvussa ei havaittu (Österholm ym. 2014). Pellon reunaan 0,3 m:stä 1,9 m:n syvyyteen asennetulla muovikalvolla pystyttiin ehkäisemään veden virtaus valtaojaan, jolloin pohjaveden pinnan laskuun lohkoilla vaikutti lähinnä evapotranspiraatio eli kasvien vedenotto ja haihdunta maanpinnalta.

Salaojaveden pH vaihteli välillä 3,8 ja 4,5, ja alhaisimmat pH-arvot mitattiin tavanomaisesti ojitetulla lohkoilla. Salaojaveden happamuutta ja sen haitallisia



Kuva 4. Pohjaveden pinnan vaihtelut koelohkoilla vuosina 2011–2014 (Kuva: Seija Virtanen.)



Kuva 5. Salaojaveden happamuusaste (asiditeetti, mmol/l) altakastelu-, säättösalaojitus- ja tavanomaisesti salaojitetulla lohkoilla sekä alueen ulkopuolelta virtaavassa Nackdiket-valtaojassa vuosina 2010–2014. Sininen viiva osoittaa jokivesille määritellyä raja-arvoa, jota korkeammat asiditeetin arvot ovat haitallisia vesiekosysteemille. Kuvaan on piirretty myös päivittäiset keskivirtaamat kunkin lohkon laskuaukkokaivossa. Punainen viiva osoittaa säättöojituksen ja altakastelun aloittamisajankohdan. (Kuva Seija Virtanen.)

vaikutuksia vastaanottavissa vesistöissä voidaan arvioida pH-arvoa paremmin happamuuden määrän eli asiditeetin avulla. Tavanomaisesti ojitetulta lohkolta purkautuvan salaojaveden asiditeetti vaihteli välillä 1,4 ja 3,7 mmol/l, eli se oli haitallisen korkea, sillä pitoisuuksien, jotka ovat yli 0,03 mmol/l, on todettu olevan kaloille haitallisia jokivedessä (Kuva 5). Kuitenkin jo luontaisesti valtaojissa virtaavan veden asiditeetti ylitti tämän raja-arvon, sillä peltolohkojen ulkopuolelta tulevan Nackdiket-ojan veden asiditeetti oli välillä 0,38–2,5 mmol/l. Säätosalojitetun lohkon salaojaveden asiditeetti oli keskimäärin 0,3 mmol/l pienempi kuin tavanomaisessa salaojituksessa ja altakastellun lohkon vielä hieman pienempi, eli 0,4 mmol/l. Vaikka nämä erot olivat merkitseviä ja hieman parannusta vesien laatuun saatiinkin, on pelloilta purkautuvan veden asiditeetti silti vielä paljon raja-arvoa korkeampi ja ainakin kaksinkertainen muualta valuma-alueelta tulevan veden asiditeettiin verrattuna. Vaikka salaojista purkautuvat vedet laimenevatkin sekoituessaan valuma-alueen muihin vesiin, vesien laadun parantamiseksi tarvittaisiin suurempia muutoksia pellolta purkautuvan veden laatuun.

Vedenpinnan säätely vaikutti positiivisesti myös vesieliölle myrkyllisen alumiinin pitoisuuksiin. Altakastelulohkolta purkautuvassa salaojavedessä alumiinipitoisuudet olivat pienempiä (11,5 mg/l) kuin tavanomaisessa salaojituksessa (15,8 mg/l) ja myös hieman pienempiä kuin säätosalojituksessa (Virtanen ym. 2014). Salaojaveden kokonaistyyppi- (5–35 mg/l) ja nitraattityypipitoisuudet (3–30 mg/l) olivat suuria kaikilla käsittelyillä. Tavanomaisesti salaojitetulla lohkolta oli hieman alhaisemmat pitoisuudet kuin säätosalojituksessa ja salaojakastelussa.

Ammoniumtyypipitoisuudet olivat yleensä alle 0,5 mg/l. Kokonaisfosforipitoisuudet olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta alle 0,1 mg/l, koska maassa oli fosforia tehokkaasti pidättäviä rautayhdisteitä (Taulukko 1) suuria määriä. Sulfaattipitoisuudet vaihtelivat 140:stä 1200:aan mg/l, ja ne olivat vähän pienemmät altakastelulohkon salaojavesissä kuin säätosalojituksen tai tavallisen ojituksen lohkoilla. Tämä viittaa siihen, että altakastelu on hieman vähentänyt maassa olevan sulfidimuotoisen rikin hapettumista sulfaatiksi.

SADON MÄÄRÄ JA LAATU

Satotasossa ei ollut havaittavissa merkittäviä eroja koevuosien 2011–2013 aikana, mutta vuoden 2014 satotasoon pohjaveden korkeudella oli positiivinen vaikutus. Suurin sato saatiin altakastelulohkolla ja pienin tavanomaisesti salaojitetulla lohkolta. Kaikkina koevuosina viljasadot ylittivät suomalaisten peltojen keskisadot. Heinäkuussa 2013 altakastelulohkolta kasvuston kasvu hidastui märkyden takia ja lohkon alaosassa sato jäi hieman pienemmäksi verrattuna tavanomaisesti ojitetun lohkon vastaavan kohdan satoon. Koekentältä kerättyjen kasvustonäytteiden ja jyvien alkuainepitoisuudet eivät olleet tavallisuudesta poikkeavia. Altakastelussa havaittiin maanpinnan liettymistä kasvukaudella 2013, mikä saattoi johtua liian korkeasta pohjavedenpinnasta (Österholm ym. 2014). Jo syksyllä 2012 oli märkää ja vuoden 2013 kevään ja alkukevään runsaiden sateiden seurauksena märkyys haittasi kevättöitä. Kesäkuun 2013 sademäärä oli 129 mm.

KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT

Typpioksiduulipäästöt olivat suuria verrattuna aiemmin peltomaasta mitattuihin

päästöihin. Typpioksiduuli (N₂O) on ilmastoja lämmittävä kaasu, jota mikrobit tuottavat maaperässä vapaana olevasta typestä. Kivennäismaiden typpioksiduulipäästöt viljan viljelyssä ovat Suomessa keskimäärin 3,5 kg/ha/vuosi, mutta Söderfjärdenin pelloilta mitatut vuosipäästöt olivat 8–32 kg/ha. Ojitustavalla ei

ollut vaikutusta näihin päästöihin. Kynökerroksen pH ja typpipitoisuudet olivat samanlaisia kuin kivennäismailla, mutta alemmissa maakerroksissa typpipitoisuus oli suuri ja pH alhainen. Maan korkean typpipitoisuuden lisäksi alhainen pH saattaa olla yksi syy korkeisiin typpioksiduulipäästöihin.

Taulukko 1. Maaprofiilin horisontit, maalaji, pH(H₂O), johtoluku, oksalaattiuuttoiset Al ja Fe sekä hiilen (C_{tot}), typen (N_{tot}), rikin (S_{tot}), ja fosforin (P_{tot}) kokonaispitoisuudet (Laakso 2009).

Syvyys (cm)	Horisontti	Maalaji	pH (H ₂ O) tuore	Johtoluku	Alox (mmol/kg) ¹⁾	Feox (mmol/kg) ¹⁾	C tot (%) ²⁾	N tot (%) ²⁾	S tot (%) ²⁾	Ptot (mg P/kg) ³⁾
0-28	Ap	Hiue	6,7	1,6	50	76	2,3	0,23	0,23	1325
28-50	Bgj1	Hiuesavi	4,7	1,1	29	64	1,2	0,16	0,35	977
50-86	Bgj2	Hiuesavi	4,0	1,7	41	110	1,5	0,22	0,39	944
86-152	Bg	Hiuesavi	3,8	6,7	-	-	1,9	0,28	0,18	986
152-182	Cg1	Hiesusavi	7,9	22,1	19	87	2,2	0,32	0,83	944
182-220	Cg2	Hiesusavi	8,6	20,1	18	62	2,1	0,29	0,79	997
Keski-virhe ⁴⁾			0,03	-	1	1	0,00	0,01	0,01	133

1) Horisontteille Ap-Bgj2 määrittäminen tehtiin ilmakuivista, Cg1 ja Cg2 tuoreena kylmäkuivatuista näytteistä

2) Kokonaispitoisuudet määritetty kuivapolttoimenetelmällä

3) Kokonaisfosfori määritetty mikroalottounehajotuksella ilmakuivista näytteistä

4) Rinnakkaismääritysten keskimääräinen keskivirhe

Taulukko 2. Horisonttien lajitekoostumus (Laakso 2009).

Syvyys (cm)	Horisontti	Sr	KHK	HHK	KHt	HHT	KHs	HHs	S
%									
0-28	Ap	0	0	1	5	34	23	11	26
28-50	Bgj1	0	0	0	2	27	24	14	32
50-86	Bgj2	0	0	1	2	21	23	16	38
86-152	Bg	0	0	0	0	25	26	13	36
152-182	Cg1	0	0	0	1	18	29	14	38
182-220	Cg2	0	0	0	1	16	28	16	40

YHTEENVETO

Säätöojituksen ja altakastelun positiivinen vaikutus satotasoon voitiin havaita vain yhtenä koevuonna todennäköisesti siitä syystä, että seurantajakson kasvukaudet olivat tavanomaista mämpiä. Jotta pellolle saadaan varastoitua vettä kasvien käyttöön, tulee säätö laittaa päälle keväällä heti, kun pohjavesi on laskenut noin 60 cm maan pinnan alapuolelle ja maa kantaa koneita. Kuitenkin sateisen kesän sattuessa on erityisen tärkeää tarkkailla pohjavedenpinnan tasoa, niin ettei pellon liika märkyys pääse haittaamaan kasvien kasvua varsinkin muovikalvomenetelmää käytettäessä. Pohjavesiputkien kelluva antenni on osoittautunut erinomaiseksi työvälineeksi pohjavedenpinnan korkeuden seurannassa.

Muutokset maaperässä ovat hitaita, eikä kovin suuria eroja havaittukaan eri lohkojen salaajaveden asiditeetissa tai kuorimituksessa neljän ensimmäisen vuoden aikana. Tämän takia koealueen seuranta tulisikin jatkaa, jotta saataisiin selville, ovatko tähän mennessä havaitut vähittäiset muutokset kohti parempaa veden laatua säätösalaajitettulla ja altakastellulla lohkoilla pysyviä ja saadaanko selvempiä muutoksia pidemmällä ajanjaksolla. Tällöin voitaisiin myös saada selville eri menetelmien vaikutus satoon normaalina tai poikkeuksellisen kuivana kasvukautena.

Hanketta ovat rahoittaneet: CATERMASS Life plus, maa- ja metsätalousministeriö, Salaajituksen Tukisäätiö, Maa- ja vesitekniikan tuki ja Oiva Kuusisto Säätiö. Lisäksi hanketta ovat rahoittaneet Kyronjokirahasto, Lapuanjokirahasto ja Ähtävänjokirahasto.

TUTKIMUSYHMÄ:

Jaana Uusi-Kämpä (MTT), Seija Virtanen (Salaajituksen Tukisäätiö), Peter Österholm (Åbo Akademi), Rainer Rosendahl (ProAgria Österbotten), Merja Mäensivu (EPO-ELY), Vincent Westberg (EPO-ELY), Kristiina Regina (MTT), Kari Ylivainio (MTT), Markku Yli-Halla (Helsingin yliopisto) ja Eila Turtola (MTT)

Lisätietoa: www.catermass.fi

LÄHTEET

Laakso, J. 2009. Happaman sulfaattimaan fosforin esiintymismuodot. Pro gradu –tutkielma. Maaperä. ja ympäristötiede, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, Helsingin yliopisto.

Uusi-Kämpä, J., Virtanen, S., Rosendahl, R., Österholm, P., Mäensivu, M., Westberg, V., Regina, K., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Edén, P. & Turtola, E. 2013. Ympäristöriskien vähentäminen happamilla sulfaattimailla – Opas pohjaveden pinnan säätämiseksi. MTT Raportti 74. 24 p.

Uusi-Kämpä, J., Virtanen, S., Rosendahl, R., Österholm, P., Mäensivu, M., Westberg, V., Regina, K., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Edén, P. & Turtola, E. 2013. Minskning av miljörisker orsakade av sura sulfatjordar Handbok för reglering av grundvattennivån. MTT Raportti 89: 24 p.

Virtanen, S., Österholm, P., Uusi-Kämpä, J. & Yli-Halla, M. 2014. Mitigation of environmental hazards from cultivated acid sulphate soil by controlled drainage and sub-irrigation in Finland. Abstracts. 12th ICID International Drainage Workshop. 23–26 June 2014, St. Petersburg, Russia. p. 11.

Yli-Halla, M. 2012. The soil profile at Söderfjärden. Guidebook. Post-conference excursions. 7th IAASS. 26.8.–1.9.2012. Finland. p. 18–20.

Österholm, P., Virtanen, S., Rosendahl, R., Uusi-Kämpä, J., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Mäensivu, M. & Turtola, E. 2014. Groundwater management of sulfide bearing farmlands using controlled drainage, by-pass flow prevention and subsurface irrigation on a Boreal farmland. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science. Submitted 1.6.2014.

PRECIKEM-PROJEKTISSA KEHITETÄÄN HAPPAMIEN SULFAATTIMAI DEN KEMIALLISTA TÄSMÄKÄSITTELYÄ

HAPPAMAT SULFAATTIMAAT

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan metallisulfidipitoisia maita, joilla voi muodostua rikkihappoa sulfidien hapettua. Muiden ominaisuuksiensa ansiosta happamat sulfaattimaat ovat usein hädällisiä ja ne on otettu viljelykseen. Happamuus koettiin pitkään nimenomaan maanviljelysongelmana, joka on monissa tapauksissa pystytty ratkaisemaan peltoja kalkitsemalla. Viimevuosikymmeninä on kiinnitetty enenevää huomiota sulfaattimailta valuvien happamien metallipitoisten vesien aiheuttamiin ympäristöongelmiin, joita pinnalta tapahtuva kalkitseminen ei ratkaise.

Happamia sulfaattimaita on Suomessa erityisesti länsirannikolla tuhansia neliökilometrejä. Vuosituhansia sitten alueella lainehtineen Litorina-meren ajoilta alkaen on meren pohjaan saostunut sulfidimembraaleja. Noista ajoista alkaen maa on kohonnut kymmeniä metrejä ja koko rannikko onkin entistä merenpohjaa. Monet toiminnot edellyttävät maan kuivattamista, jolloin kuivien kesien aikana maaperään vuosituhansia sitten saostuneet sulfidimembraalit pääsevät kosketuksiin ilman hapen kanssa. Näissä oloissa sulfidit hapettuvat, jolloin reaktiotuotteena muodostuu myös happoa. Kuivaa kesää seuraava märkä syksy huuhtoo tämän hapon ja siihen maaperästä liukenevat metallit vesistöihin aiheuttaen pahimmillaan mm. masiivisia kalakuolemia.

Kun happamalla sulfaattimaalla sijaitsevalle pellolle kaivetaan vähintään puoli-toista metriä syvä kuoppa, havaitaan maaperässä tyypillisesti kuvasta 1 ilmenevät kolme kerrosta: muokkauskerros, hapan sulfaattimaa ja potentiaalinen hapan sulfaattimaa.

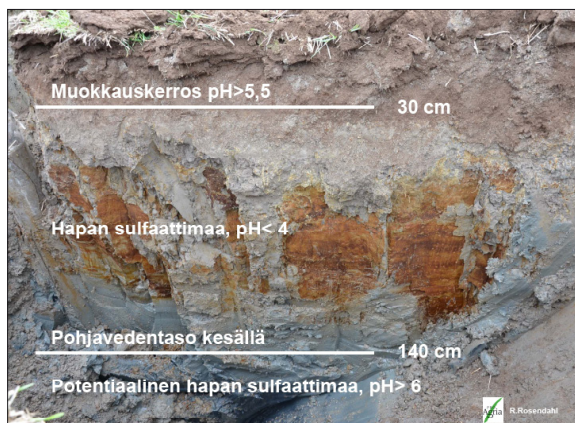
Kuvassa 1 esitetyn kuopan seinämän alin kerros n. 1,5 metrin syvyydeltä alaspäin on tiivistä mustaa sulfidisavea, joka ei juurikaan johda vettä, on yleensä pohjavedenpinnan alapuolella eikä ole vielä hapettunut. Jos kerros pysyy ilman hapelta suojassa pohjaveden pinnan alapuolella, siitä ei aiheudu ympäristölle haittaa. Kuiten-

PRECIKEM

Nelivuotisen (2010–2014) PRECIKEM-hankkeen toteuttavat Yrkeshögskolans Novia, Vaasan ammattikorkeakoulu, Yrkesakademien i Österbotten ja Åbo Akademi yhdessä ProAgria Österbottens svenska lantbrukssällskapin kanssa. Projektin päärahoitus tulee Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahaston Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelmasta 2007–2013.

Ohjelman edellyttämän yksityisen rahoituksen ovat myöntäneet Salaajituksen tutkimusyhdystys, K. H. Renlundin säätiö, Maa- ja vesitekniikan tuki, MTK:n säätiö, Österbottens svenska producentförbund sekä MTK Etelä-Pohjanmaa.

Näiden lisäksi projektia tukevat Nordkalk sekä KWH Pipe ja siihen liittyvät investoinnit rahoittaa K. H. Renlundin säätiö, Oiva Kuusisto Säätiö, Vaasan Aktia-säätiö ja Gustaf Svanlungin säätiö.



Kuva 1. Happaman sulfaattimaan kerrokset pH-arvoineen. (Kuva: Rainer Rosendahl.)

kin tätä sulfidisavikerrosta kutsutaan potentiaalisesti happamaksi sulfaattimaaksi, koska joutuessaan hapen kanssa tekemisiin sen sisältämät metallisulfidit hapettuvat mikrobivälitteisessä reaktiossa sulfaateiksi, jolloin muodostuu myös happoa. Lähinnä maan pintaa on noin 30 cm paksu muokkauskerros, jonka happamuuden maanviljelijät säätävät viljelykasveille sopivaksi levittämällä maan pinnalle kalkkia.

Muokkauskerroksen ja tiiviin sulfidisaven välissä on varsinainen hapen sulfaattimaa. Tässä kerroksessa alunalkaen ollut sulfidisavi on aikojen kuluessa osittain hapettunut. Sulfidi on hapettunut sulfaatiksi ja reaktiossa muodostuneen hapen takia tämän maakerroksen pH on alhainen, tyypillisesti alle arvon 4. Maassa luontaisesti oleva rauta esiintyy tässä kerroksessa hapettuneessa muodossa, eräänlaisena ruosteena, aiheuttaen kerroksen punaruskean värin. Hapettuneensa ja kuivuessaan sulfidisavi on muuttunut kuohkeaksi ja hapen kerros sisältääkin runsaasti huokosia, rakoja sekä halkeamia, joissa vesi kulkee helposti. Kaikki tämän kerroksen sulfidit eivät ole vielä hapettuneet, vaan niiden hapettuminen ja siihen liittyvä hapenmuodostus jatkuu edelleen.

PRECIKEM-PROJEKTI

Happamoitumisesta aiheutuneita kalakuolemia on Pohjanmaalla dokumentoitu ainakin vuodesta 1834 alkaen. Vuosien 2006–2007 massiivisten kalakuolemien jälkeen on käynnistynyt useita hankkeita, joissa etsitään keinoja happamien sulfaattimaiden aiheuttamien ympäristöongelmien vähentämiseen. PRECIKEM-projektissa (*Kemisk precisions-behandling av sura sulfatjordar för att förhindra uppkomsten av syra, Kemialinen täsmäkäsittely hapenmuodostuksen estämiseksi happamilla sulfaattimailla*) salaojaputkistoon pumpataan säätökaivojen kautta kalsiumkarbonaatti- ja kalsiumhydroksidisuspensioita, joiden on havaittu leviävän huokoisessa maassa rakoja ja halkeamia pitkin. Kalkkituotteet neutraloivat huokosissa olevan hapen, mutta perimmäisenä tarkoituksena on pH-arvon nousun myötä hidastaa sulfidien hapettumista katalysoivien asido-fiilisten (happamissa oloissa viihtyvien) mikrobien toimintaa ja siten vähentää hapenmuodostusta syntysijoillaan.

Vaasan Risöfladanille rakennettu PRECIKEM-projektin koekenttä on jaettu yhdeksään toisistaan ja viereisis-



Kuva 2. Kalsiumkarbonaattisuspension tunkeutuminen maahan alhaalla oikealla näkyvästä salaojaputkesta. (Kuva: Rainer Rosendahl.)

tä valtaojista hydrologisesti eristettyyn hehtaarin kokoiseen ruutuun. Eristys on toteutettu 1,5 m leveällä muovikalvolla, joka ulottuu juuri muokkauskerroksen alapuolelta n. 1,9 m syvyyteen tiiviiseen ja vettä läpäisemättömään mustaan sulfidisavikerrokseen. Kaikkiin koeruutuihin on rakennettu samanlainen säätösalaotus, jonka salaojaputket sijaitsevat 120–130 cm syvyydessä, siis vettä hyvin läpäisevässä huokoisessa maakerroksessa.

Kolmena kesänä 2012–2014 pohjaveden pinnan laskettua salaojituksen alapuolelle kentällä on tehty suuren mittakaavan altakastelukokeita, joissa kuudella koeruudulla altakasteluveteen (100–400 m³) on lisätty eri määrät (150 kg–1600 kg) hienojakoista kalsiumkarbonaattia tai kalsiumhydroksi-

dia. Kolme koeruutua on pidetty vertailuruutuina, joita on altakasteltu vastaavalla tilavuudella jokivettä.

PRECIKEM-PROJEKTIN TULOKSET

Syksyisin ja keväisin pohjaveden pinnan noustua salaojituksen yläpuolelle salaojaputkista purkautuvien valumavesien happamuutta ja metallipitoisuuksia on seurattu näytteenoton ja analyysien avulla. Pelkästään jokivedellä kasteltujen vertailuruutujen salaojista purkautuva vesi on happamuudeltaan tyypillistä happamien sulfaattimaiden valumavetta: pH on hiukan alle 4 ja asiditeetti välillä 4–5 mmol/l. Sekä pH että asiditeetti kuvaavat happamuutta. Neutraalin veden pH on lämpötilasta riippuen suunnilleen 7 ja mitä alhaisempi pH-arvo, sen happamampaa vesi on. Asiditeetti on vähemmän käytetty, mutta käytännössä tärkeämpi suure, joka kuvaa sitä emäksen (esim. kalkin) määrää, joka tarvitaan neutraloimaan hapen vesi. Kalsiumkarbonaatilla ja kalsiumhydroksidilla käsiteltyjen koeruutujen salaojista purkautuvan veden happamuus on selvästi vähäisempää. Annoksesta riippuen asiditeetti pienenee jopa puoleen ja pH lähenee neutraalia arvon 6 tuntumaan vaikutuksen ollessa selvästi havaittavissa ainakin vuoden. Suurin vaikutus käsittelyillä oli kuitenkin kaloille haitallisen alumiinin määrään valumavesissä. Parhaimmillaan alumiinipitoisuus pieni kahdeskymmenesosaan kalsiumkarbonaattikäsittelyn ansiosta.

Tutkimusryhmä: Sten Engblom, Yrkeshögsolan Novia, Kjell-Erik Lall, Yrkesakademien i Österbotten, Rainer Rosendahl, ProAgria Österbottens svenska lantbrukssällskap, Pekka Stén, Vaasan ammattikorkeakoulu, Peter Österholm, Åbo Akademi.

BEHÖVER VI FORSKNING OM TÄCKDIKNING?

BEHOVET AV tillämpad forskning uppkommer ur ett praktiskt behov. Kunskapen behövs av jordbrukare, planerare, de som utför arbetet, av material- och maskintillverkare, myndigheter och finansiärer. Behovet av kunskap förändras med tiden i takt med att verksamhetsmiljön utvecklas. Också samhällets värdegrund förändras, såsom attityderna gentemot lantbruksproduktionen och miljöfrågorna, vilket i sin tur återspeglas på stödpolitiken och lagstiftningen.

I Finland har man forskat om täckdikning allt sedan man började täckdika i Finland i början av 1900-talet. Försöksverksamhet startade år 1908 när prof. I.A. Hallakorpi anlade ett försök på Dickursby lantbruksekonomiska försöksanstalts åkrar, där man undersökte dikesavståndens inverkan på skörden. Under 1920- och 30-talen forskade Täckdikningsföreningen om dikesavstånd på olika jordarter, och senare har man forskat om bl.a. dikesdjup och kringfyllnadsmaterial.

Täckdikningsmaskinerna, materialen, mätinstrumenten och planeringsprogrammen har utvecklats mycket under de senaste decennierna. Under 1980-talet övergick man i Finland helt till att använda plaströr i stället för tegelrör. Plast har också blivit allmänt som material för brunnar och trummor vid sidan av betong. På många håll har bristen på grus lett till att man i stället för grus tvingats använda andra kringfyllnadsmaterial.

Det pågår också en ständig förändring inom jordbruket. Användningen av allt effektivare och tyngre jordbruksmaskiner, nya odlingsmetoder och allt större odlingskiften påverkar behovet av åker-torrläggning. Strukturförändringarna i jordbruket, den ökade användningen av arrendjord och stödpolitiken påverkar torrläggningens lönsamhet.

De senaste åren har jordbrukets miljöverknings och särskilt behovet av att minska belastningen på vattendragen lyfts fram. Enligt prognoserna kommer klimatförändringen att öka förekomsten av hydrologiska extremfenomen, som vi bör förbereda oss för både i fråga om torrläggning och bevattning.

De ovan nämnda förändringarna har medfört nya forskningsbehov. Också forskningsmetoderna har utvecklats, i synnerhet mätningsteknikerna och de matematiska modellerna. Effekterna av olika dikningsmetoder, metoder för behandling av avrinningsvatten och odlingsåtgärder bör undersökas vidare för att jordbruksproduktionen ska ha en ekonomisk och miljömässigt hållbar grund.

I denna publikation presenterar vi resultat av några forskningsprojekt, som tillfört täckdikningsbranschen ny kunskap.

November 2014

Helena Äijö

ÅKER FÖR ETT FÄLTFÖRSÖK SÖKES

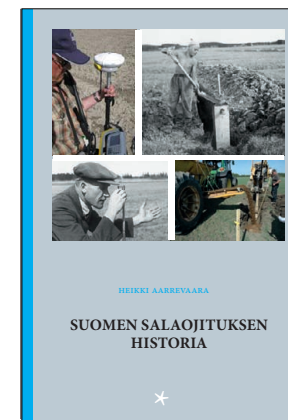
TÄCKDIKNINGSFÖRENINGEN HAR påbörjat ett forskningsprojekt om täckdikningsmaskiner. För ett fältförsök sökes ett minst 2 ha stort skifte, som inte tidigare täckdikats. Jorden bör vara tät med låg vattengenomsläpplighet och jordarten skall vara mjäla eller mjällera.

Åkern täckdikas med en grävande täckdikningsmaskin och med en plogmaskin våren 2015, varefter grundvattennivån mäts med fasta grundvattenrör minst i ett års tid.

Om ni möjligen har ett skifte, som skulle kunna vara lämpligt för försöket, kan ni kontakta Markus Sikkilä på Täckdikningsföreningen: markus.sikkila@salaojayhdistys.fi, tel. (09) 694 2100.

TÄCKDIKNINGSHISTORIA

STIFTELSEN FÖR täckdikning publicerar den 29.11.2014 en kompletterad upplaga av boken "Suomen salaojituksen historia". Boken kan beställas från Täckdikningsföreningen till ett pris av 40 euroa.



TÄCKDIKNINGSFÖRENINGEN IDAG

Täckdikningsföreningen rf strävar till att upprätthålla och utveckla kunskaper i dränering samt att informera jordbrukare om aktualiteter inom dräneringssektorn. Centralen upprätthåller och utvecklar ett kartarkiv, som omfattar dräneringskartor fr.o.m. 1918.

Till föreningen kan både personmedlemmar och samfund ansluta sig. Medlemsavgiften för personmedlemmar är 15 euro per år. Man kan ansluta sig som medlem genom att kontakta föreningens kontor eller närmaste dräneringstekniker. För föreningens verksamhet svarar styrelsen, som år 2014 bestod av följande personer:

Mikael Jern
ordförande

Esbo

Mika Mikkola
vice ordförande

Karleby

Vesa Alikirri
Hannu Haapala
Seppo Hihnala

Lundo
Seinäjoki
Kalajoki

Eila Turtola
Lassi Uotila

Jockis
Tammerfors

OLIKA TÄCKDIKNINGSTEKNIKERS INVERKAN PÅ ÅKERNS TORRLÄGGNING, NÄRINGSUTLAKNING OCH SKÖRD

I forskningsprojektet Salaojitustekniikat ja pellon vesitalouden optimointi (PVO och PVO2) (Täckdikningstekniker och optimering av åkerns vattenhushållning) som utfördes åren 2006-2014 undersöktes hur olika täckdikningstekniker, såsom kringfyllnadsmaterial och dikesavstånd, inverkar på åkerns torrläggning, skörd, utlakning av näringsämnen och jordens egenskaper.

År 2005 började en livlig diskussion om kvalitetskraven på täckdikningen och särskilt om kringfyllnadsmaterialets och rörfiltrens kvalitet. Utgående från förslag av en arbetsgrupp tillsatt av jord- och skogsbruksministeriet gavs en förordning om kvalitetskrav och maximikostnader för stödberättigad åkerdränering (JSM 204/2006). Den förordning som gäller nu är från år 2010 (Srf 978/2010).

På förslag av JSM kompletterades den forskningsplan som tidigare uppgjorts av Forskningsföreningen för täckdikning, och som främst gällde torrläggning av lerjordar, nu med ett tillägg enligt vilken man också skulle undersöka rörfiltersom är tunnare än vad som krävdes i JSM:s dåvarande förordning. Statsrådet utfärdade en förordning (SRf 322/2006) enligt vilken investeringsstöd kan beviljas för täckdikningar som inte uppfyller kvalitetskraven men som godkänns för PVO-forskningsprojektet.

I försöket anlades försöksfält i Jockis, Sjundeå och Sotkamo. Man följde med nya täckdikningsprojekt där man använde andra metoder än vanlig täckdikning, och man samlade in erfarenheter om tidigare täckdikningar där man använt olika typer av rörfilters.

Vid sidan av den experimentella försöksdelen utvecklades och tillämpades i projektet PVO2 matematiska modeller för beskrivning av åkerområdets hydrologi och transport av näringsämnen och fasta partiklar.

FÖRSÖKSFÄLT

De största försöksarrangemangen gjordes på försöksfältet Nummela i Jockis. Där undersöktes förnyelse- och kompletteringsdikning på två fält där dikesavståndet ursprungligen varit 16 m. Försöksfältet bestod av fyra försöksområden. På tre av områdena (A, B och C) var dikesavstånden från början 16 m och på ett område (D) var dikesavståndet 32 meter. Fältet hade ursprungligen täckdikats i början av 1950-talet i samband med en forskning om dikesavstånd. Jordarten på fältet var styvlera och lutningen i medeltal ca 1 %.

Dräneringen av områdena A och C effektiviserades sommaren 2008. På det omdikade området A (tunn filterduk som kringfyllnadsmaterial, täckdikningsplog) var dikesavståndet sex meter och på fält C som täckdikades traditionellt (grus som kringfyllnadsmaterial, grävande täckdikningsmaskin) var dikesavståndet åtta meter. Det omdikade området djupluckrades

omkring ett och ett halvt år efter dikningen. Som jämförelse användes områdena med 16 respektive 32 meters dikesavstånd. Odlingsväxterna och -metoderna har varit desamma på hela området i tio-tals år. Avrinningsvattnet rann ut i ett utfallsdike intill försöksfältet.

Försöksfältet på Gårdskulla gård i Sjundeå bestod av två åkerskiften med olika lutning (1 och 5 %), som täckdikats på 1940-talet. Avrinningsvattnet från åkerrarna rann direkt ut i Kyrkån. När försöket började odlades höstvetete på skiftet. År 2011 började Gårdskulla gård lägga om produktionen till ekoproduktion och uppfödning av köttnöt.

På försöksfälten i Nummela och Gårdskulla mättes ytavrinningen och avrinningen i täckdikena samt avrinningsvattnens halter åren 2007-2013. På basis av mätresultaten räknade man ut partikel- och näringsbelastningen från åkrarna. På försöksfälten följde man också med grundvattennivåerna och i Nummela dessutom fuktigheten i bearbetningsskiktet. Där mättes också skördens storlek och kvalitet samt dikningens inverkan på markstrukturen.

På försöksfältet i Nummela räknade man ut både den årliga kvävebalansen och kvävebalanserna under och utanför växtperioden under åren 2007-2013.

På MTT:s försöksfält i Sotkamo undersöktes betydelsen av avlucking för att effektivisera dräneringen vid spannmåls- och vallodling. Målet var att förbättra markstrukturen och skördenivån.

Förutom försöksfälten omfattade projektet skiften enligt statsrådets förordning 322/2006 (Srf-skiften). Dessa nio skiften som fanns på privata gårdar, hade täckdikats med metoder som avviker från normal täckdikning. På dessa följde man med dikningens inverkan på markstruk-

turen och samlade in jordbrukarnas erfarenheter av metoderna.

Rörfiltrens funktion undersöktes på sju orter på sammanlagt 12 åkerskiften. På skiftena grävde man fram gamla täckdikningar på ler- eller mojord där man använt en tunn filterduk (Fibrella) eller kokosfiber, och där man haft problem med väta. I samband med grävningen kontrollerades samtidigt om rören innehöll jordmaterial och man bedömde okulärt hur långt kringfyllnadsmaterialet brutits ner. Jordens kornstorlekskurva bestämdes för jorden från fyra jordskikt och på jorden i röret. Ortarna för projektets försöksfält och åkerskiften ses på bild 1.

DIKNINGSMETODERNAS INVERKAN PÅ DRÄNERINGSEFFEKTER OCH MARKSTRUKTUREN.

I Nummela effektiviserades både kompletterings- och omdikning med olika metoder dräneringen. Man såg det på att grundvattenståndet var lägre och bearbetningsskiktet var mindre fuktigt än på jämförelseområdena.

Ett stort dikesavstånd gjorde regniga höstar att åkern var blöt. Med ett dikesavstånd på 32 meter steg grundvattenytan snabbare och hölls längre hög efter regn än på området med tätare dikning (bild 2).

En effektivisering av täckdikningen inverkar inte ännu efter drygt fem år avsevärt på markstrukturen. Mätningarna gjordes vid halva dikesdjupet och markstrukturen hade inte varit särskilt dålig före dikningen.

DIKNINGSMETODERNAS INVERKAN PÅ SKÖRDEN

På försöksfältet Nummela noterades i fråga om korn- och havreskördens storlek eller kvalitet inga systematiska skillnader med dikesavstånden 6, 8 och 16 meter.

Skörden var i snitt minst med dikesavståndet 32 meter (bild 3).

Skördevariationerna åren 2012 och 2013 berodde på de exceptionellt dåliga skördeförhållandena hösten 2012. Den gröda som då blev oskördad störde nästa års tillväxt.

För att säkerställa enhetliga försöksförhållanden hade alla försöksområden sätts samtidigt när också det våtaste skiftet torkat. I praktiken kör man ändå ut på åkrarna vid optimal tid med tanke på deras upptorkning, och då kommer möjligen dikningssättets och dikesavståndets inverkan på skördenivån klarare fram.

AVRINNINGSMÄNGDER

Avrinningen via täckdikena och ytskikten varierade mellan olika skiften och år på de jämna leråkrarna på Nummela-området. På Nummelas försöksfält var dikesavrinningens andel på skifte A, B och C där det var 6-16 meters dikesavstånd 80-90 % av den totala avrinningen (summan av uppmätt yt- och dikesavrinning) och på område D (dikesavstånd 32 meter) var andelen 60 %. På Gårdskulla varierade avrinningen via täckdiken mellan 70 och 95 %. Den årliga avrinningen via täckdiket på det svagt sluttande skiftet (1 %) varierade mellan 200 och 500 mm. Avrinningen via täckdiket varierade stort också på det sluttande skiftet (5 %), mellan 100 och 250 mm per år. I verkligheten var andelen avrinning via täckdiken något mindre eftersom man hade vissa problem med mätning av ytavrinningen på vårarna, när endel av vattnet strömmade förbi uppsamlingsfårorna.

På Nummela-fältet ökade en minskning av dikesavståndet från 16 till 8 meter den årliga avrinningen från täckdiket med nästan det dubbla. Vid omdikningen ökade ändå inte avrinningen från täck-

diket fast dikesavståndet minskades till 6 meter, vilket kan bero på områdets topografi och grundare dikningsdjup. Också de gamla täckdikena kan ha inverkat på den nya dikningens funktion, trots att de gamla rören söndrades i samband med omdikningen.

DIKNINGSMETODERNAS INVERKAN PÅ NÄRINGS- OCH PARTIKELBELASTNINGEN

Närings- och partikelutsläppen från leråkrar varierade betydligt från år till år. Den årliga fosforbelastningen från täckdikena på Nummela och Gårdskulla försöksområden varierade mellan 0,1 och 3,9 kg/ha, kväveutsläppen mellan 1 och 29 kg/ha och utsläppen av partiklar mellan 170 och 2400 kg/ha. Den största utlakningen uppmättes under perioden 2007-2008 då vädret var regnigt och mildt. Den totala fosforbelastningen via täckdikena på Nummela visas på bild 4 och den totala kvävebelastningen på bild 5.

Största delen av närings- och partikelutsläppen från undersökningsskiftena på Nummela och Gårdskulla skedde utanför växtperioden då avrinningen från täckdikena var stor. Också på det brantare skiftet på Gårdskulla var avrinningen och utlakningen av näring och partiklar via täckdiket relativt stor.

Närings- och partikelhalterna i ytavrinningsvattnet från försöksområdena var i snitt högre än i avrinningsvattnet från täckdikena. Medeltalen av totalfosforhalternas årsmedeltal var 0,53 mg l⁻¹ (i täckdikena) och 0,80 mg l⁻¹ (i avrinningsvattnet från ytskikten) och totalkvävehaltens medelvärden 6,7 mg l⁻¹ (i täckdikena) och 7,3 mg l⁻¹ (i avrinningsvattnet från ytskikten) och partikelhalterna 450 mg l⁻¹ (i täckdikena) och 570 mg l⁻¹ (i avrinningsvattnet från ytskikten)

Mätningar på försöksområdena visade att bearbetningsskiftets fosfortal minskade så småningom efter att man slutat gödsla med fosfor, men det syntes inte på avrinningsvattnets fosforhalter. Det kan bero på att fosfortalen var låga och på att man på Gårdskulla lade om odlingsinriktning.

Av kvävebalanskalkylen framgick att andelen totalkväve av den kvävemängd som tillförts till åkern på Nummela (gödsling, nedfall, utsäde) som utlakades med avrinningsvattnen var i medeltal ca 10 % och att den andel kväve som skörden upp tog varierade mellan 35 och 90 % beroende på område och år.

Andelen kväve som utlakades via täckdikena av det kväve som åkern tillförts i Nummela var i snitt 7,2 % när områdena gödslades med mineralgödsel 80,0-94,5 kg N ha⁻¹. Motsvarande andel av avrinningen från ytskiktet var i snitt 2,7 %. Det utlakade kvävet är dels kväve som åkern tillförts och dels kväve som friläggts från jorden. Enligt litteraturen innehåller bearbetningsskiktet av odlad mineraljord ca 5000-6000 kg ha⁻¹ kväve, av vilket största delen är i organisk form.

Man fick inga entydiga resultat om de olika dikningsmetodernas inverkan på närings- och partikelutlakningen. Omdikning med litet dikesavstånd, avlucking och dikning med täckdikningsplog ökade utlakningen av kväve de följande åren efter dikningen. Ökningen berodde nästan enbart på att kvävehalterna steg, vilket sannolikhet beror på att organiskt kväve i marken mineraliserades. Efter omdikning kunde man däremot se en minskning av fosforhalterna.

Traditionell kompletteringsdikning ökade avrinningen från täckdikena, men höjde inte halterna nämnvärt. På grund av den stora avrinningen ökade utlakningen klart efter kompletteringsdikning.

ALVLUCKRING

I försöket med avlucking på försöksfältet i Sotkamo undersöktes jordens egenskaper före och efter avlucking. Försöksfältets jordart var mullrik mjåla (bild 6). På försöksrutorna uppmättes också vall- och spannmålsskördarnas mängd och kvalitet. Avlucking gjordes till ca 40 cm djup med 180 cm mellanrum knappt ett år efter täckdikningen i juni 2008.

Enligt resultaten medförde avlucking ingen statistiskt signifikanta skillnader i vall- och spannmålsskördarnas mängd och kvalitet under de sex försöksåren och hade nästan ingen inverkan på jordens fysikaliska eller biologiska egenskaper.

RÖRFILTER

Olika rörfilters lämplighet som kringfyllnadsmaterial undersöktes genom att man grävde fram ca tio år gamla eller äldre täckdiken där man använt filterduk eller kokosfiber. De undersökta objekten fanns på ler- eller mojordar. Genom att undersöka jordmånen utredde man om jordarten och rörfiltrens förmultning hade något samband med igenstockningen av rören. Enligt litteraturen är det en förutsättning för en fungerande täckdikning att kringfyllnadsmaterialets tjocklek och porositet uppfyller vissa kriterier i förhållande till den omgivande jorden. Dessutom använde man sig av erfarenheterna från försöksfältet i Nummela och uppföljningen av gårdsobjekten samt av de modeller man tagit fram.

Resultaten visade att nedbrytningen av rörfiltren var långt framskriden på en stor del av objekten (bild 7) eftersom filterduken förmultnat helt på alla ställen utom ett. Också i de dikningar som anlagts för bara tre år sen fanns tecken på nedbrytning av rörfiltren. Kokosfiltret hade på de flesta områden hållit bättre än filterduken.

På de ställen där rörfiltret brutits ner förekom slambildning i rören på de jordarter som kräver goda filtreringsegenskaper - i praktiken på mycket mohaltiga jordar. Jordsubstans hade samlats i rören också där det i teorin inte på grund av jorden höga lerhalt skulle behövas kringfyllnadsmaterial med goda filtreringsegenskaper. På grova jordar noterades inget jordmaterial i rören fast rörfiltret brutits ned.

Enligt resultaten bör man undvika att använda organiska rörfilter på jord där det finns risk för att organiskt material förmultnar och som är känslig för tillslamning. Enligt resultaten av undersökningen finns det inte skäl att ändra de kvalitetskrav som fastställts i statsrådets förordning om stöd till täckdikning (978/2010). Enligt förordningen ska man på jordarter som kräver goda filtreringsegenskaper som kringfyllnadsmaterial använda grus eller stenkross av viss grovlek eller rörfilter som är minst 3 millimeter tjockt och har en viss porstorlek.

UPPFÖLJNING AV TÄCKDIKNINGAR PÅ SRF-SKIFTEN

De täckdikningsobjekt på enskilda gårdar (Srf-skifte), som man följde upp, hade dikats med otraditionella metoder med tunn filterduk och litet dikesavstånd, extra mycket eller extra litet grus och med flis som fyllnadsmaterial i diket.

Tilläggsdikning hade enligt intervjuer förbättrat markens torrläggning. Alla täckdikningstekniker man använt hade fungerat bra under den sex år långa forskningsperioden. Markstrukturen hade vanligtvis blivit något bättre särskilt i fråga om de biologiska egenskaperna.

MODELLER

Med hjälp av en tredimensionell matematisk modell kan man undersöka ett

åkerområdes hydrologi, analysera uppmätta parametrar och bedöma olika dikningsmetoders verkningar matematiskt. De tillämpningar som användes på försöksfälten baserar sig på en numerisk FLUSH-beräkningsmodell som tagits fram vid Aalto-universitetet. Modellen lämpar sig i synnerhet för lerjord, där vattnets strömning och transporten av materia beskrivs separat för stora och för små porer. Modellen användes för att granska vattenbalansen, erosionen och kvävet rörelser på åkerområdena på Gårdskulla och i Nummela. De hydrologiska processerna som modellen simulerar visas på bild 8.

Den simulerade avrinningen från yt-skikten och via täckdiken motvarade bra de uppmätta värdena i undersökningen (bild 9). Forskningsobjektens totala vattenbalanser räknades ut på basis av modellen och mätningarna (bild 10). Genom simulering kunde man bedöma de komponenter av vattenbalansen som inte uppmätts och som är svåra att mäta, såsom avdunstning och grundvattenavrinning samt förändringar i vattenförrådet i marken.

Med modellen undersökta man också täckdikningsmetodernas inverkan på åkerns vattenbalans i Nummela. Med material från försöksfältet på Gårdskulla räknade man ut lutningens inverkan på vattenbalansen och partikelbelastningen under olika årstider.

Modellen kompletterades med en komponent för transport av olika ämnen, som användes för att räkna ut kvävebelastningen på hösten efter växtperioden. Med kväve modellen kunde man bedöma kvävet kemiska och biologiska processer, såsom mineralisering, nitrifikation och denitrifikation, i en skala som omfattar ett helt åkerskifte.

Enligt resultaten av modellen var grundvattenavrinningen på leriga åkerområden betydande, vilket bör beaktas vid bedömningen av vattenbalansen och totalbelastningen. På Gårdskulla forskningsområde var enligt modellen andelen avrinning via täckdiken 30 % och grundvattenavrinningen andel 10-20 % av vattenbalansen under perioden 2008-2012 (bild 9). På Nummela bortförs enligt de simulerade resultaten ca 9-15 % av nederbörden via grundvattenavrinning (bild 10).

SLUTSATSER

Ett mindre dikesavstånd sänkte klart grundvattenytan och markfuktigheten. Skörden var i medeltal minst på det område som var glest dikat (dikesavstånd 32 m). Avluckring medförde inga tydliga skillnader i fråga om vall- och spannmåls-skördarnas mängd eller kvalitet.

På basis av den undersökning som gällde kringfyllnadsmaterial bör man undvika att använda organiska rörfilter på jord där det finns risk för att de förmultnar och som är känslig för tillslamning. Det finns inte skäl att ändra de kvalitetskrav som fastställts i statsrådets förordning om stöd till täckdikning (978/2010).

Halterna av näring och partiklar i vatten var i medeltal större i ytavrinningen än i avrinningen via täckdikena på forskningsområdena. På grund av att avrinningen via täckdiken är stor kommer ändå merparten av belastningen via täckdikena. Största delen av belastningen sker utanför växtperioden. I jordbrukets vattenskyd borde man fästa särskild uppmärksamhet vid de åtgärder på åkrarna med vilka man kunde minska halterna både i ytavrinningvattnet och i det vatten som rinner ut via täckdikena.

Enligt resultaten av modellen var grundvattenavrinningen på leriga åker-

områden betydande, vilket bör beaktas vid bedömningen av vattenbalansen och totalbelastningen.

Försök i full skala på åkrar är nödvändiga vid undersökning av olika täckdikningsmetoder. Försöksområdenas ohomogenitet, dvs. variationerna i fråga om markegenskaper och topografi, medför osäkerhet i fråga om resultatets tolkning. Långa observationsserier före och efter åtgärdernas förverkligande förbättrar resultatets tillförlitlighet. Vid sidan av experimentell forskning behövs matematiska modeller för att beskriva åkerområdenas vatten- och näringsbalanser, analysera mätresultat och simulera olika dikningsmodellens funktion.

Projektet finansierades av Stödstitfelsen för täckdikning, jord- och skogsbruksministeriet, Maa- ja vesitekniikan Tuki ry och av de medverkande instanserna: Täckdikningsföreningen, MTT, Aalto-universitetet, SYKE, Helsingfors universitet och Sven Hallins forskningsstiftelse.

Forskningsgrupp: Helena Äijö (Täckdikningsföreningen), Merja Myllylä (MTT), Jyrki Nurminen (Täckdikningsföreningen), Mika Turunen (Aalto-universitetet), Lassi Warsta (Aalto-universitetet), Maija Paasonen-Kivekäs (Sven Hallins stiftelse), Emilia Korpelainen (Täckdikningsföreningen), Heidi Salo (Aalto-universitetet), Markus Sikkilä (Täckdikningsföreningen), Laura Alakukku (HU), Harri Koivusalo (Aalto-universitetet) ja Markku Puustinen (SYKE).

PVO2-projektets slutrapport: Äijö m.fl. 2014. PVO2-hanke Salaojitustekniikat ja pellon vesitalouden optimointi. *Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 31* kan fås i tryckt form hos Täckdikningsföreningen eller laddas ner från föreningens hemsida.

Bildtexter:

s. 7. Bild 1. Projektets försöksfält och åkerskiften fanns på dessa orter. I de framgrävda täckdikningssystemena hade man använt en tunn filterduk (Fibrella) eller rörfilter av kokosfiber. På Srf-skifte hade täckdikningarna utförts med metoder som avviker från det normala.

s. 8. Bild 2. Grundvattenstånderna på försöksområdena Nummela år 2013. Grundvattnet var högst på skiftet med 32 meters dikesavstånd.

s. 8. Bild 3. Skördens storlek årligen på försöksområdena A-D. Varje stapel visar medeltalet av fyra prov. Felstapeln visar medelspridningen.

s. 10. Bild 4. Den totala fosforbelastningen via avrinningen från täckdiken (kg/ha) per år på försöksområdet Nummela under kalibreringsperioden (6/2007-5/2008) före de nya dikningarna och de ettåriga försöksperioderna I-V efter dikningen. Under kalibreringsperioden var dikesavståndet på områdena A, B och C 16 m och på område D 32 m. I juni 2008 förnyades täckdikningen av område A med tunn filterduk och 6 meters dikesavstånd och område B kompletteringsdikades med grus och 8 meters dikesavstånd.

s. 10. Bild 5. Totalkvävebelastningen från täckdikets avrinningsvatten ($\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$). Se också bild 4.

s. 11. Bild 6. Alvluckrare, som användes på försöksfältet i Sotkamo.

s. 11. Bild 7. Resultaten visade att kringfyllnads materialet på många områden hade brutits ned ca 10 år efter dikningen. Till vänster ett rör beklätt med tunn filterduk och till höger ett rör beklätt med kokosfilter.

s. 12. Bild 8. Hydrologiska processer på åkern. FLUSH-modellen beskriver de processer som pågår på åkern, tvådimensionellt på åkerns yta och tredimensionellt i marken.

s. 13. Bild 9. De timvisa uppmätta värdena och den simulerade avrinningen via täckdiken samt ytavrinningen motsvarade varandra på de undersökta försöksfälten Nummela (a) A, (b) B, (c) C och (d) D under kalibreringsperioden (6.5.2007 – 31.12.2007).

s. 13. Bild 10. Simulerade vattenbalanskomponenter på åkerområdena på Gårdskulla, procent av nederbörds mängden 2008-2012. I ytavrinningen är också medräknat vatten som rinner ner i de omgivande grunda (0,4-0,5 m) dikena.

WATER GATE

-ETT FÖRSÖK MED VENTILER FÖR REGLERAD DRÄNERING

Vid reglerad dränering regleras grundvattennivån vanligen med reglerbrunnar. Vattennivån kan också regleras med automatiska Water Gate täckdikensventiler. Täckdikningsföreningen har i samarbete med ProAgria Österbotten (ÖSL) undersökt ventilernas funktion i Finland.

REGLERINGENS SYFTE

Maximal torrläggningseffekt som tryggar en tillräcklig torrläggning för maskiner och hindrar vattenskadorna på grödorna behövs på åkrarna endast tidvis, särskilt vår och höst. Under torrperioder kan vanlig täckdikning vara t.o.m. onödigt effektiv, och göra att man under växtperioden förlorar vatten som växterna behöver. Med dräneringsvattnet utlakas också näring och på sura sulfatjordar också surhet och metaller, vilket är skadligt för både växtligheten och miljön.

Genom att dämna upp vattnet i täckdikessystemet med en reglerbrunn eller ventil i samlingsdiken hindras avrinningen från täckdikena tills grundvattennivån stigit över reglerbrunnens nivå. Med reglerbar dränering sjunker grundvattennivån långsammare än med vanlig täckdikning. Genom att pumpa in vatten i dikessystemet dvs. med hjälp av underbevattning kan grundvattennivån hållas högre än genom enbart uppdamning.

Reglerande dränering och underbevattning förbättrar tillgången på vatten för växterna under torrperioder och minskar näringsutlakning. På sura sulfatjordar minskar en hög grundvattennivå utlakning av surhet och metaller i vattendragen.

TÄCKDIKESVENTILENS FUNKTIONSPRINCIP

Täckdikensventilen Water Gate har utvecklats av det amerikanska företaget Agri Drain. Ventilerna fungerar helt automatiskt och monteras längs samlingsdiken (bild 1). Ovanför täckdikessystemets utlopp monteras en vanlig reglerbrunn. Med brunnens hjälp ställer man in utgångsläget för regleringen av åkern.

Ventilen fungerar med flottörer (bild 2) som är fästa vid en arm som rör en gångjärnsförsedd klaff. När rörets ventil uppströms är fylld med vatten, rör sig flottören och vänder klaffen som stänger röret. Då kan vatten inte flöda genom ventilen och vattenytan stiger uppströms. Vattentrycket håller klaffen stängd tills ett visst tryck har uppnåtts. Enligt tillverkarens uppgift går det att med ventilen dämna upp vattennivån ca 30 cm jämfört med vattennivån nedströms.

FÖRSÖKSARRANGEMANG

Water Gate-ventilens funktion undersöktes på ett åkerområde på Söderfjärden i Österbotten. Jordarten på fältet är sur sulfatjord och dess areal är 14,9 ha och lutningen 0,1 %. I januari 2013 installerades fyra stycken Water Gate täckdikensventiler

i uppsamlingsröret (bild 3) vars längd är 1760 m. I täckdikessystemets nedre ända finns en vanlig reglerbrunn, med vilken regleringen gjordes. Extra vatten pumpades in i dikessystemet via samlingsdikets övre ända sommaren 2013 i juli och början av augusti, sammanlagt 2250 m³, och sommaren 2014 i maj och slutet av juni sammanlagt 1660 m³.

Tryckhöjden i uppsamlingsröret mättes med observationsrör ovanför och nedanför varje ventil och på fältet med tio grundvattenrör. Dessutom följde man med grundvattennivån i utfalldikena på skiftets övre och nedre del.

RESULTAT

De tryckhöjder som uppmättes i observationsrören uppströms och nedströms från varje ventil (WG1-WG4) visas på bild 4. Resultaten visar att ventilerna fungerar bra största delen av året och att grundvattennivån kunde regleras med hjälp av reglerbrunnen längst nere. Ventilens nackdel var att den måste vara vattenfylld för att hållas stängd. På sommaren under den torra tiden öppnades den översta ventilen först och så småningom öppnades också de nedre ventilerna tills reglerbrunnen längst nere stoppade utströmningen. Reglerbrunnar skulle ha dämt upp vattnet något längre, uppskattningsvis ca 1-5 dagar beroende på avdunstningen storlek.

KOSTNADER

Regleringsventilernas styckpris är något lägre än priset på en reglerbrunn, men det behövs 1,5 gånger så många ventiler som brunnar per ytenhet. Monteringskostna-

derna för en regleringsventil är något lägre än för en reglerbrunn. Totalkostnaderna för de två metoderna är av samma pris-klass.

SLUTLEDNINGAR

Ventilernas fördel jämfört med reglerbrunnar är att de fungerar automatiskt och att de är nergrävda i marken och inte i vägen för jordbruksmaskinerna. Under torrperioder upphörde ventilens uppdämningsförmåga något tidigare än reglerbrunnarnas uppdämning hade upphört, men detta har vanligen ingen större betydelse. Vid underbevattnings antas ventilerna fungera lika bra som reglerbrunnar, bara det finns tillgång på tillräckligt med vatten att pumpa in i systemet.

Man kommer att följa upp ventilernas funktion fortsättningsvis. Man vet inte ännu hur bra de håller i jorden, särskilt inte i den sura jord som finns på försöksområdet.

Text: Helena Äijö och Rainer Rosendahl.

Bildtexter

s. 15. Bild 1. Täckdikensventilernas placering i uppsamlingsdiket

s. 15. Bild 2. Miniaturmodell som visar ventilens funktionsprincip. När ventilen fyllts med vatten vänder flottören den klaff som stänger ventilen tills ett visst tryck uppnåtts.

s. 16. Bild 3. Installering av Water Gate-ventilerna på Söderfjärden

s. 17. Bild 4. Uppmätta tryckhöjder uppströms och nedströms från varje ventil (WG1-WG4) år 2013 (övre bilden) och år 2014 (nedre bilden). Skillnaden mellan ventilernas kurvor (ca 0-30 cm) visar uppdämningshöjden.

GÅR DET ATT MINSKA MILJÖBELASTNINGEN FRÅN SURA SULFATJORDAR GENOM ATT REGLERA GRUNDVATTENDJUPET?

Normal täckdikning planeras så, att åkern torrläggts tillräckligt snabbt under regnperioder samt efter snösmältning och tjällossning för att säkerställa en tillräcklig dräneringshöjd för maskinerna och för att undvika vattenskador på grödorna. Maximal torrläggningseffekt behövs ändå bara periodvis, framförallt under våren och hösten.

UNDER PERIODER med mindre regn kan täckdikningen fungera t.o.m för effektivt så att grundvattennivån sjunker för lågt i normal jord, och man förlorar vatten som växterna skulle behöva under växtperioden. Dessutom är det skadligt om grundvattennivån sänks för djupt på sura sulfatjordar, eftersom järnsulfider då reagerar med syre, och det bildas svavelsyra.

Med reglerad dränering regleras torrläggningen enligt vädret under växtperioden. Vid reglerad dränering monteras reglerbrunnar längs samlingsdiket, där mängden vatten som kommer ut och uppdämningsnivån kan regleras med hjälp av ett ”reglerör” (bild 1). När grundvattnet stiger över fördämningshöjden strömmar vattnet ut från täckdikningssystemet tills grundvattenytan sjunkit till den nivå som reglerörret har inställts för. När regleringen kopplas bort fungerar täckdikningssystemet som ett normalt täckdike. Antalet reglerbrunnar som behövs beror på markens lutning och täckdikningssystemets konstruktion. En tumregel är att höjdskillnaden mellan varje reglerbrunn ska vara 50 cm. När man via reglerbrunnar och täckdiken leder vatten till marken för bevattnings av växter talar man om underbevattnings.

På Söderfjärden i Vasa har man från år 2010 undersökt hur vanlig täckdikning, reglerad dränering och underbevattnings påverkar surheten och minskningen av metaller i täckdikningsvattnet från sura sulfatjordar. Undersökningen påbörjades med projektet CATERMASS (Climate Change Tools for Environmental Risk Mitigation of Acid Sulphate Soils) (2010-2012) och har fortsatt med projektet BEFCASS (2013-2014). På försöksfältet undersöks också de olika torrläggningsslagens inverkan på utsläppen av växthusgaser samt på odlingsväxternas skörd och kvalitet. Reglerad dränering och underbevattnings togs i bruk på försöksfältet år 2011, eftersom man det första året (2010) undersökte åkerns skördenivå och belastningen från skiftena före åtgärderna.

FÖRSÖKSFÄLTEN PÅ SÖDERFJÄRDEN

Försöksfältet på Söderfjärden består av tre försöksskiften vars sammanlagda areal är 18,5 hektar. På fältet undersöks tre olika dräneringsmetoder: (1) reglerad dränering med underbevattnings, (2) reglerad dränering och (3) vanlig dränering. Principen vid anläggningen av försöksfältet var att, ifall resultaten visar att metoden är till nytta, reglering skulle gå att anlägga bå-

Sura sulfatjordar

Sura sulfatjordar förekommer vid de delar av Finlands kuster som en gång varit täckta av Litorinahavet. Sulfidlagren oxideras bl.a. till följd av landhöjning och torrläggning, varvid svavel och järn som sulfiderna innehåller oxideras till ferrohjdroxid och svavelsyra.

På Söderfjärden nära Vasa genomfördes projektet CATERMASS (Climate Change Tools for Environmental Risk Mitigation of Acid Sulphate Soils) med finansiering av Life plus (2010–2012).

Mätningarna på fältet har fortsatt inom projektet BEFCASS som finansieras av Jord- och skogsbruksministeriet, Maa- ja vesiteknikan tuki samt Stödstitelsen för Täckdikning (2013-2014).

de i gamla och nya täckdikningssystem. Runt skiftena har man grävt ner en 1,5 m bred plastfilm vars underkant når ner till 1,9 m djup. På varje skifte anlades tre reglerbrunnar och dessutom tre observationsrör via vilka grundvattennivån kan följas med i realtid. På skiftet med underbevattnings pumpade man med en liten bensinpump in vatten i systemet från ett närliggande utfallsdike, 2-3 gånger per sommar, i snitt 1000 m³ per gång med en flödes hastighet på 3-5 l/s.

Täckdikena på försöksfältet ligger på ca 1,2 meters djup, men på sommaren kan grundvattennivån sjunka under dikesdjupet. Följaktligen har markprofilen oxiderats till 1,5 meters djup, och under det oxiderade skiktet börjar ett syrefritt sulfidskikt. Det underliggande sulfidskiktet hålls ooxiderat då grundvattnet hindrar sulfiderna att komma i kontakt med luftens syre. De markskikt som ligger nära markytan och som tidigare innehållit sulfider har oxiderats på grund av dräneringen och förvandlats till sura sulfatjordar. Bearbetningsskiktets pH är tack vare kalkning 6,6-7,1, men de sura skikten som innehåller gul jarosit,

$KFe_3(SO_4)_2(OH)_6$, börjar strax under alven, och deras pH-värden varierar mellan 3,8 och 4,7. Jord som innehåller sulfider som inte oxiderats är inte sur utan har ett pH-värde omkring 7 eller högre (Laakso 2009, Yli-Halla 2012).

De olika dräneringsmetodernas inverkan på grundvattennivån mättes kontinuerligt med hjälp av grundvattenrör och sensorer samt med ”antennor” som monterats i röret (bild 3) Man hade också andra mätinstrument på åkern, vars mätvärden (bl.a. dräneringsvattnets pH, ledningstal och halt av nitratkväve samt grundvattennivån) kan läsas av i realtid via Internet (<http://www.catermass.fi>). Dessutom har man följt upp dräneringsvattnets kvalitet med vattenprov, där man bland annat uppmätt vattnets aciditet. Vattenprov har också tagits från det närliggande Nackdiket för att ta reda på avrinningsområdets bakgrundshalter och variationer som sedan kan jämföras med resultaten från försöksfältet.

Dräneringsmetoderna har nu följts med under fyra växtperioder: 2011 (torrare än normalt), 2012 (regnigare än normalt), 2013 (regnig vår och försommar, fördröjd vårsådd pga. väta) och 2014 (augusti exceptionellt regnig, 57 mm regn på en timme den 4.augusti. och månadens totala nederbörd 175 mm).

RESULTAT

De frågor som undersöktes i projektet var

- Hur påverkar grundvattennivån surhets-, sulfat-, kväve-, fosfor- och metallbelastningen från sur sulfatjord?
- Inverkar grundvattennivån på skördnivån, skördens kvalitet eller växternas upptagning av metaller?
- Kan man genom att reglera grundvattennivån påverka utsläppen av kväveoxidul från sura sulfatjordar?

GRUNDVATTNETS NIVÅ OCH KVALITET

På det underbevattnade skiftet hölls grundvattenytan ovanför skiktet med sulfidlera under hela försöksperioden, genom att man under torrperioderna pumpade in extra vatten i täckdikningssystemet (30-50 mm/år) (Bild 4). På skiftet med reglerad dränering (utan inpumpat vatten) skedde oxideringen av sulfidleror under betydligt kortare tid än vid vanlig täckdikning, där lerskikten under sommaren exponerades för luftens syre under flera månader (bild 4). Trots att grundvattennivån kunde hållas högre på skiftena med underbevattnings och reglerad dränering uppmättes inga förändringar av markens pH-tal (Österholm m.fl. 2014). Med hjälp av den plastfilm som grävts ner runt skiftena på mellan 0,3 och 1,9 meters djup kunde man hindra att vatten rann ut i utfallsdiket, så att grundvattendjupet på skiftet främst påverkades av evapotranspirationen, dvs. av växternas vattenupptagning och avdunstningen från markytan.

pH i täckdikenas vatten varierade mellan 3,8 och 4,5, de lägsta pH-värdena uppmättes på skiftet med traditionell täckdikning. Dräneringsvattnets surhet och dess skadliga effekter i de mottagande vattendragen kan bättre än med pH-värdet uppskattas genom mätning av vattnets aciditet eller mängd surhet. Aciditeten i det vatten som kom ut från det skifte som täckdikats på vanligt sätt varierade vanligen mellan 1,4 och 3,7 mmol/l vilket är ett skadligt högt värde, eftersom redan halter över 0,03 mmol/l har konstaterats vara skadliga för fisk i åvatten (bild 5). Detta gränsvärde överskreds ändå redan i det vatten som naturligt strömmade i utfallsdikena, då aciditeten i vatten från det så kallade Nackdiket, som innehåller vatten från områdena utanför åkerskiftena,

var mellan 0,38 och 2,5 mmol/l. Aciditeten i dräneringsvattnet från det skifte som täckdikats med reglerande dränering var i medeltal 0,3 mmol/l lägre än från skiftet som täckdikats på vanligt sätt, och i vatten från det skifte där man hade underbevattnings var aciditeten ännu litet, dvs. 0,4 mmol/l lägre. Trots att skillnaderna var signifikanta och vattenkvaliteten förbättrades något är aciditeten i det vatten som kommer ut från åkern fortfarande mycket över gränsvärdet och åtminstone dubbelt högre än aciditeten i vatten från det övriga avrinningsområdet. Trots att det vatten som kommer ut från täckdikena späds ut när det blandas med annat vatten från avrinningsområdet skulle kvaliteten på det vatten som rinner ut från åkern behöva förbättras.

Reglering av vattenytan inverkar positivt också på halterna av giftigt aluminium i vattenlevande organismer. I dräneringsvattnet från det underbevattnade skiftet var aluminiumhalterna lägre (11,5 mg/l) än i vattnet från det skifte som hade vanlig täckdikning (15,8 mg/l) och också något lägre än från det skifte som hade reglerad dränering (Virtanen m.fl. 2014). Dräneringsvattnets totalkväve- (5-35 mg/l) och nitratkvävehalter (3-30 mg/l) var höga vid alla dräneringsmetoder. På det skifte som hade vanlig täckdikning var halterna något lägre än på de skiften som hade reglerbar dränering och underbevattnings. Ammoniumkvävehalterna var vanligen under 0,5 mg/l. Totalfosforhalten var med några få undantag under 0,1 mg/l, eftersom jorden innehåller stora mängder järnföreningar som binder fosfor effektivt (Tabell 1). Sulfathalterna varierade från 140 till 1200 mg/l, och var något lägre i dräneringsvattnet från skiftet med underbevattnings än från skiftena med reglerbar eller vanlig täckdikning. Det tyder på att under-

bevattningen något minskat oxideringen av svavel i sulfidform till sulfat i marken.

SKÖRDENS MÄNGD OCH KVALITET

I fråga om skördenivån konstaterades inga signifikanta skillnader under försöksåren 2011-2013, men grundvattennivån hade en positiv inverkan på skördenivån år 2014. Man fick störst skörd på det underbevattnade skiftet och minst skörd på det skifte som var täckdikad på normalt sätt. Spannmålsskörden var alla försöksår större än medelskörden i Finland. I juli 2013 var tillväxten på det underbevattnade skiftet långsammare på grund av väntan, och i skiftets nederdel blev skörden något mindre än på motsvarande skifte som var täckdikad på vanligt sätt. Halterna av grundämnen i det växtlighetsprov och kärnor som samlats in från försöksfälten skilde sig inte från de normala. På det underbevattnade skiftet noterades sommaren 2013 en viss igenslamning av markytan vilken kan ha berott på det alltför höga grundvattennivån (Österholm m.fl. 2014). Redan hösten 2012 var blöt och de rikliga regnen under våren och försommaren 2013 störde vårbruket. Regnmängden i juni 2013 var 129 mm.

UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER

Utsläppen av kväveoxidul var stora jämfört med utsläpp som tidigare uppmätts på åkerjord. Kväveoxidul (N_2O), även kallad lustgas, är en gas som bidrar till klimatuppvärmningen, och som markmikrober producerar av fritt kväve i marken. Utsläppen av kväveoxidul från mineraljord vid spannmålsodling i Finland är i medeltal 3,5 kg/ha/år, men de årliga utsläpp som uppmättes på Söderfjärden var 8-32 kg/ha. Täckdikningsmetoden hade ingen inverkan på dessa utsläpp. Plöjningsskiktets pH och kvävehalter var lika

höga som på mineraljord, men i de lägre jordskikten var kvävehalten stor och pH-talet lågt. Förutom jordens höga kvävehalt tros också det låga pH-värdet vara en orsak till de stora utsläppen av kväveoxidul.

SAMMANFATTNING

Reglerbar dränering och underbevattning konstaterades bara under ett av försöksåren inverka positivt på skördenivån, sannolikt av den orsaken att växtperioderna under uppföljningsperioden var regnigare än normalt. För att vatten ska kunna magasineras på åkern för växternas bruk bör regleringen kopplas på genast när grundvattennivån har sjunkit till ca 60 cm under markytan och åkern bär maskinerna. Om sommaren är regnig är det extra viktigt att följa med grundvattennivån för att inte vätan på åkrarna ska störa odlingsväxternas tillväxt, särskilt då man använder en metod med plastfilm runt skiftena. En flytande antenn i ett grundvattenrör har visat sig vara ett utmärkt instrument för att följa med grundvattenståndet.

Förändringarna i jorden sker långsamt, och under de första fyra försöksåren uppmättes inga större skillnader i fråga om dräneringsvattnets aciditet eller belastningen på de olika skiftena. Man bör därför fortsätta uppföljningen av försöksområdet för att få reda ut huruvida de gradvisa förändringarna mot en bättre vattenkvalitet man hittills uppmätt på skiftena med reglerbar dränering och underbevattning är bestående, och huruvida förändringarna blir tydligare under en längre period. Då kunde man också få reda på de olika metodernas inverkan på skörden under normala eller exceptionellt torra växtperioder.

Forskningsgruppen: Jaana Uusi-Kämpä (MTT), Seija Virtanen (Stiftelsen för täckdikning), Peter Österholm (Åbo Aka-

demi), Rainer Rosendahl (ProAgria Österbotten), Merja Mäensivu (NTM-centralen i Södra Österbotten), Vincent Westberg (NTM-centralen i Södra Österbotten), Kristiina Regina (MTT), Kari Ylivainio (MTT), Markku Yli-Halla (Helsingfors universitet) ja Eila Turtola (MTT)
Projektets finansiärer: CATERMASS Life plus, jord- och skogsbruksministeriet, Stödstitelsen för Dränering, Maa- ja vesiteknikaan tuki och Oiva Kuusisto Säätiö.
Ytterligare finansiärer är fonderna Kyrönjokirahasto, Lapuanjokirahasto och Ähtävänjokirahasto.

Ytterligare uppgifter: www.catermass.fi

KÄLLOR

Laakso, J. 2009. Happaman sulfaattimaan fosforin esiintymismuodot. Pro gradu -studie. Mark- och miljövetenskap, anstalten för tillämpad kemi och mikrobiologi, Helsingfors Universitet.

Uusi-Kämpä, J., Virtanen, S., Rosendahl, R., Österholm, P., Mäensivu, M., Westberg, V., Regina, K., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Edén, P. & Turtola, E. 2013. Ympäristöriskien vähentäminen happamilla sulfaattimailla – Opa pohjaveden pinnan säätämiseksi. MTT Rapport 74. 24 p.

Uusi-Kämpä, J., Virtanen, S., Rosendahl, R., Österholm, P., Mäensivu, M., Westberg, V., Regina, K., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Edén, P. & Turtola, E. 2013. Minskning av miljörisker orsakade av sura sulfatjordar Handbok för reglering av grundvattennivån. MTT Rapport 89: 24 p.

Virtanen, S., Österholm, P., Uusi-Kämpä, J. & Yli-Halla, M. 2014. Mitigation of environmental hazards from cultivated acid sulphate soil by controlled drainage and sub-irrigation in Finland. Abstracts. 12th ICID International Drainage Workshop. 23-26 June 2014, St. Petersburg, Russia. p. 11.

Yli-Halla, M. 2012. The soil profile at Söderfjärden. Guidebook. Post-conference excursions. 7th IASSC. 26.8.-1.9.2012. Finland. p. 18-20

Österholm, P., Virtanen, S., Rosendahl, R., Uusi-Kämpä, J., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Mäensivu, M. & Turtola, E. 2014. Groundwater management of sulfide bearing farmlands using controlled drainage, by-pass flow prevention and subsurface irrigation on a Boreal farmland. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science. Submitted 1.6.2014.

Bildtexter:

s. 18. Bild 1. Grundvattennivån regleras med hjälp av den reglerbara brunnden. Via brunnen går det att pumpa in vatten i dikessystemet. (Bild: Rainer Rosendahl)

s. 19. Bild 2. Försöksfältet på Söderfjärden. Vatten 1, 2, 3 och Mark 1, 2 och 3 hänvisar till de automatiska mätstationerna. (Karta: Rainer Rosendahl)

s. 19. Bild 3. En flytande "antenn" i grundvattenröret visar hur djupt grundvattenytan ligger i förhållande till markytan. (Bild: Rainer Rosendahl)

s. 21. Bild 4. Grundvattennivåns variationer på försöksskiftena åren 2010-2014 (Bild: Seija Virtanen).

s. 21. Bild 5. Dräneringsvattnets surhetsgrad (aciditet, mmol/l) på skiftet med underbevattning, reglerad dränering respektive täckdikning och i utfallsdiken Nackdiken utanför området åren 2010-2014. Den blåa linjen visar gränsvärdet för åvatten, som om det överskrids är skadligt för vattnekosystemet. På bilden har också ritats in de dagliga medelflödena i utfallsbrunnarna för varje skifte. Den röda linjen visar när den reglerade dräneringen och underbevattningen påbörjats (Bild Seija Virtanen)

s. 23. Tabell 1. Jordprofilens horisonter, jordarten, pH(H_2O), ledningstal, oxalatekstraherat El och Fe samt totalhalterna av kol (C_{tot}), kväve (N_{tot}), svavel (S_{tot}), ja fosfor (P_{tot}) (Laakso 2009). 1) För horisont Ap-Bgj2 gjordes bestämningen av lufttorra, av Cg1 och Cg2 av färsk frystorkade prov

- 1) För horisont Ap-Bgj2 gjordes bestämningen av lufttorra, av Cg1 och Cg2 av färsk frystorkade prov
- 2) Totalhalterna bestäms med torrforbränningsmetoden
- 3) Totalfosfor bestäms med uppslutning i mikrovågsgugn av lufttorra prov
- 4) Medelfel av parallellmätningar i genomsnitt

s. 23. Tabell 2. Horisonternas fraktionssammansättning (Laakso 2009).

I PRECIKEM-PROJEKTET

UTVECKLAS KEMISKA PRECISIONSMETODER FÖR BEHANDLING AV SURA SULFATJORDAR

SURA SULFATJORDAR

Med en sur sulfatjord avses en marktyp som ursprungligen varit rik på metallsulfider, men där en del av sulfiderna oxiderats. I oxidationen bildas svavelsyra som verkar försurande och ofta behövs en riklig kalkning innan marktypen tas i odlingsbruk. I övrigt har dessa jordar för odling gynnsamma egenskaper, och de utgör en viktig del av landets åkerareal. Under de senaste decennierna har allt mer uppmärksamhet fästs vid de miljöproblem som det sura och metallrika dräneringsvattnet från sura sulfatjordar orsakar. Kalkning på ytan når inte de underliggande markskikten, och dessa är därför kraftigt försurade.

I Finland förekommer sura sulfatjordar främst längs kusten och omfattar flera tusen kvadratkilometer. Efter den senaste istiden bildades sulfidhaltiga sediment på botten av det så kallade Litorinahavet. Landhöjningen har sedan dess lyft sedimenten och dessa tidigare havsbottnar utgör idag Finlands kusttrakter. När vi dränerar dessa marker sänker vi grundvattennivån, och luftens syre får tillgång till de gamla sedimenten. Under torra somrar sänks grundvattennivån ytterligare. Luftens syre reagerar med de exponerade metallsulfiderna och svavelsyra bildas. Under perioder med kraftiga höstregn eller i samband med snösmältningen sköljs syran och de metaller som lakas ur marken ut i vattendragen och kan i värsta fall orsaka omfattande fiskdöd.

MARKPROFILEN HOS EN UPPODLAD OCH DRÄNERAD SUR SULFATJORD

Då man gräver i en uppodlad sur sulfatjord till ett djup av åtminstone 1,5 meter, framträder en markprofil som den som ses i bild 1. I en sådan typisk profil av en sur sulfatjord framgår tre olika skikt tydligt: ett matjordsskikt, ett skikt med sur sulfatjord, och underst en potentiell sur sulfatjord.

Den potentiella sura sulfatjorden utgörs av en nästan svart sulfidhaltig lera som ofta börjar på ca 1,5 meters djup i en väl-dränerad jord. Eftersom den normalt befinner sig under grundvattenytan så är den inte oxiderad och leder heller inte vatten i någon större omfattning. Så länge grundvattennivån inte sänks så skyddas leran från luftens syre. Men, om grundvattennivån sänks så inleds oxidationen av sulfiderna till sulfat. Mikroorganismer som redan finns i marken snabbar upp förloppet av oxidationsreaktionerna och den syra som produceras försurar snabbt även det nyligen exponerade skiktet, och den potentiella sura sulfatjorden förvandlas därmed till en egentlig sur sulfatjord.

Skiktet närmast markytan utgörs av ett ca 30 cm tjockt matjordsskikt. Jordbrukaren påverkar genom ytkalkning pH-värdet i detta skikt så att det passar den gröda som odlas.

Mellan dessa två skikt ligger den egentliga sura sulfatjorden. Detta skikt har ursprungligen utgjorts av en sulfidlera. Landhöjning och dränering har fört med

sig en oxidation av en del av sulfiderna. Sulfid har oxiderats till sulfat och den i reaktionen uppkomna syran sänker pH-värdet i detta skikt till typiskt under fyra. Järn som varit bundet i metallsulfiderna har också oxiderats och faller ut som rost i detta skikt. Det ger detta skikt den typiska rostbruna färgen. Det finns fortfarande gott om sulfider i den sura sulfatjorden och oxidationen fortgår under en lång tid. När en sulfidlera dräneras så får den också en struktur genom sprickbildning. Sprickor och makroporer uppstår och ger detta skikt en god vattenledningsförmåga.

PRECIKEM-PROJEKTET

I Österbotten har man dokumenterat fiskdöd på grund av försurning för första gången redan 1834. Efter den omfattande fiskdöden 2006-2007 har flera projekt inletts där man försöker hitta sätt att minska de miljöeffekter som sura sulfatjordar ger upphov till.

I PRECIKEM-projektet (*Kemisk precisionsbehandling av sura sulfatjordar för att förhindra uppkomsten av syra*) utnyttjas en reglerad dränering så att man pumpar in suspensioner av kalciumkarbonat eller kalciumhydroxid i dräneringssystemet när grundvattennivån är som lägst i augusti. Suspensionerna sprids i den sura sulfatjorden via sprickor och porer. Dessa kalkprodukter neutraliserar den syra som redan bildats, men den egentliga avsikten är att höja pH-värdet och därmed göra förhållandena ogynnsamma för de acidofila mikroorganismer (mikroorganismer som kräver ett lågt pH-värde för att fungera) som katalyserar oxidationsreaktionerna. På detta sätt minskas själva syraproduktionen i marken.

På Risöfladan i Vasa har PRECIKEM-projektet byggt ett nio hektar stort försöksfält, som delats in i nio en hektar stora

PRECIKEM

Det fyraåriga (2010-2014) PRECIKEM-projektet utförs av Yrkeshögskolan Novia, Vasa yrkeshögskola, Åbo Akademi och Yrkesakademien i Österbotten tillsammans med ProAgria/Österbottens svenska lantbrukssällskap.

Huvudfinansier är Programmet för utveckling av landsbygden i Fastlandsfinland 2007-2013 vid Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling genom Närings-, trafik- och miljöcentralen i Österbotten. Delfinansiering har beviljats av Salaojituksen tutkimusyhdistys, K.H. Renlunds stiftelse, Maa- ja vesiteknikan tuki, MTK:n säätiö, Österbottens svenska producentförbund samt MTK Etelä-Pohjanmaa.

Dessutom finansierar K. H. Renlunds stiftelse, Oiva Kuusisto Säätiö, Aktiastiftelsen i Vasa samt handlanden Gustaf Svanljungs donationsfond kostnader i samband med byggandet och driften av fältet, samt den kontinuerliga uppföljningen av försöksfältet. Nordkalk och Uponor/KWH Pipe stöder aktivt projektet.

delfält. Delfälten är hydrologiskt isolerade från varandra, och från dikena, genom att en 1,5 m hög plastfilm installerats med början på 1,9 meters djup i sulfidlerskiktet. Varje delfält har en egen dränering där dräneringsrören ligger ca 120-130 cm under markytan i den nedre delen av skiktet med sur sulfatjord. Dräneringen ligger alltså på ett djup där sprickbildningen ger en god vattenledningsförmåga och därmed också en god spridning av behandlingssuspensionerna.

Under somrarna 2012-2014 har fältförsök i stor skala utförts när grundvattennivån legat under dräneringsdjup. Till sex delfält har suspensioner bestående av underbevattningssvatten (100-400 m³) och olika mängder (150-1600 kg) tillsatt fin-kornig kalciumkarbonat eller kalciumhydroxid pumpats via dräneringen. Tre del-

fält har fungerat som referensfält och till dessa fält har endast likadana volymer underbevattningsvatten (åvatten) pumpats.

UPPNÅDDA RESULTAT I PRECIKEM-PROJEKTET

Dräneringsvattnet har provtagits och analyserats under de årstider (höst och vår) när grundvattennivån varit hög. Bland annat surhet och metallinnehåll har följts upp. Dräneringsvattnet från de referensfält som behandlats endast med åvatten uppvisar en vattenkvalitet som är typisk för en sur sulfatjord: pH-värdet ligger strax under 4 och aciditeten mellan 4 och 5 mmol/L. Både pH och aciditet speglar ett vattens surhet. Ett neutralt vatten har ett pH nära 7 (beroende något på vattentemperaturen), och ju lägre pH-värdet är desto surare är vattnet. Aciditet är ett mindre använt, men egentligen ett mer användbart, begrepp som beskriver hur mycket bas (t.ex. kalk) som man behöver tillsätta för att neutralisera ett vatten. De rutor som behandlades med kalciumkarbonat och kalciumhydroxid uppvisade en betydande minskning i surhet. Beroende

på dos, kunde dräneringsvattnets aciditet till och med halveras och pH-värde stiga till 6 och därmed närma sig det neutrala. Effekten av behandlingen var tydlig ännu ett år efter behandlingen. Störst effekt hade behandlingarna på den för fiskar så skadliga metallen aluminium. I bästa fall sjönk aluminiumhalten i dräneringsvattnet till en tjugonedel av den ursprungliga halten efter kalciumkarbonatbehandlingen.

Forskningsgrupp: Sten Engblom, Yrkes högskolan Novia, Kjell-Erik Lall, Yrkesakademien i Österbotten, Rainer Rosendahl, ProAgria Österbottens svenska lantbrukssällskap, Pekka Stén, Vaasan ammattikorkeakoulu, Peter Österholm, Åbo Akademi.

Bildtexter

s. 26. Bild 1. Skiktning i en sur sulfatjord med pH-angivelser. Bild: Rainer Rosendahl.

s. 27. Bild 2. Spridningen av kalciumkarbonat i den sura sulfatjorden sker via sprickor i jordskiktet. Nere till höger syns täckdikningsröret. Bild: Rainer Rosendahl.

SALAOJITUSNEUVONTA

SALAOJAYHDISTYKSEN ARKISTOSTA löytyvät koko sen historian aikana aina vuodesta 1918 lähtien tehdyt suunnitelmakartat. Yhteystiedot aluekohtaisesti salaojakartta-arkistoihin löytyvät alta. Maassa on myös kattavasti salaojasuunnittelijoita, jotka neuvovat salaojitukseen liittyvissä asioissa ja tekevät tarvittavat suunnitelmat. Seuraavilla sivuilla listatut salaojasuunnittelijat kuuluvat Salaojayhdistyksen jatko- ja

täydennyskoulutuksen piiriin. Sivuilta löytyy myös Salaojayhdistyksen tiedosta olevien salaojaurakoitsijoiden yhteystiedot sekä kotimaisten salaojitustarvikkeiden valmistajien yhteystiedot.

Jätevesisuunnittelua tekevät suunnittelijat sekä lisätietoa salaojituksesta internetistä: www.salaojayhdistys.fi

ALUEELLINEN SALAOJITUSNEUVONTA kartta-arkistot / kartarkiv

Uusimaa, Satakunta, Pirkanmaa, Häme

Etelä-Suomen Salaojakeskus

puh 020 747 2815 | Näsilinnank 48 D, 33101 Tampere | www.etela-suomensalaojakeskus.fi

Varsinais-Suomi

ProAgria Länsi-Suomi

puh 010 273 1500 | Artturinkatu 2, 20200 Turku | lansi-suomi.proagria.fi

Etelä-Pohjanmaa

ProAgria Etelä-Pohjanmaa

puh (06) 416 3111 | Huhtalantie 2, 60220 Seinäjoki | etela-pohjanmaa.proagria.fi

Pohjanmaa

Österbottens Svenska Lantbrukssällskap | Rainer Rosendahl

tel (06) 224 2430 | Östanåkersv. 1, 64230 Närpes st | osl.agrolink.net

Kymenlaakso, Etelä-Karjala, Etelä-Savo, Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala, Keski-Suomi, Keski-Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu, Lappi

Maveplan Oy

Kuopio: puh (017) 288 8130 | Minna Canthin katu 25, 70111 Kuopio

Oulu: puh (08) 534 9400 | Kiilakiventie 1, 90250 Oulu

www.maveplan.fi

salaojasuunnittelijat

maakunnittain

UUSIMAA

HYVINKÄÄ

Knuutinen Lauri | Uudenmaan salaojasuunnittelu | puh 050 536 7665 | lauri.knuutinen@pp.inet.fi

LOHJA

Hyypiä Jaakko | puh 050 571 3910 | jaakko.hyypia@hotmail.fi

MYRSKYLÄ

Hämäläinen Toimi | puh 040 554 6873 | toimi.hamalainen@pp.inet.fi

VARSINAIS-SUOMI

LAITILA

Mustonen Antti | puh 0400 527 286 | antti.mustonen@lailanet.fi

MARTTILA

Laine Kimmo | Proagria Länsi-Suomi | puh 050 512 1400 | kimmo.laine@proagria.fi | lansi-suomi.proagria.fi

MYNÄMÄKI

Kyrölä Tapani | Proagria Länsi-Suomi | puh 050 593 5877 | tapani.kyrola@proagria.fi | lansi-suomi.proagria.fi

MYNÄMÄKI

Viljakainen Juhani | puh 0500 775 575 | juhani.viljakainen@dnainternet.fi

SATAKUNTA

EUURA

Markku Luoma | puh 044 330 0627

KARVIA

Kuivanen Timo | puh 0500 232 953 | timo.j.kuivanen@gmail.com

KOKEMÄKI

Karvonen Juhani | puh 0400 594 776 | juhani.karvonen@pp.inet.fi

SÄKYLÄ

Pasi Helminen | puh. 044 211 5458 | pasi.helminen@proagria.fi | www.etela-suomensalaojakeskus.fi

PIRKANMAA

PARKANO

Kuivanen Timo | puh 0500 232 953 | timo.j.kuivanen@gmail.com

SASTAMALA

Suoja Sami | Maatalouspalvelu Suoja | puh 0400 724 965 | sami.suoja@gmail.com

TAMPERE

Paitula Jukka | Etelä-Suomen Salaojakeskus | puh 040 732 8205 | jukka.paitula@proagria.fi | www.etela-suomensalaojakeskus.fi

Pulkka Janne | Etelä-Suomen Salaojakeskus | puh 050 553 9554 | janne.pulkka@proagria.fi | www.etela-suomensalaojakeskus.fi

VIRRAT

Korhonen Tero | Etelä-Suomen Salaojakeskus | puh 050 536 6322 | tero.korhonen@proagria.fi | www.etela-suomensalaojakeskus.fi

HÄME

LAHTI

Mikko Ortamala | Etelä-Suomen Salaojakeskus | puh 044 331 1809 | mikko.ortamala@proagria.fi

RIIHIMÄKI

Puumalainen Heikki | Pekka Puumalainen Oy | puh 0400 816 727 | heikki.puumalainen@sci.fi

KYMENLAAKSO

IITTI

Virta Jussi | Etelä-Suomen Salaojakeskus | puh 040 750 8303 | jussi.virta@proagria.fi | www.etela-suomensalaojakeskus.fi

KOUVOLA

Kinnunen Pete | Mittakolmio Ky | puh 0400 657 963 | pete.kinnunen@mittakolmio.fi | www.mittakolmio.fi

ETELÄ-KARJALA

RUOKOLAHTI

Heiskanen Jouko | Maveplan Oy | puh 0400 153 195 | jouko.heiskanen@maveplan.fi | www.maveplan.fi

ETELÄ-SAVO

SAVONLINNA

Pelkonen Ossi | Suunnittelu- ja mittauspalvelu Ossi Pelkonen Ky | puh 0500 257 733 | ossi.pelkonen@sumipa.fi

POHJOIS-SAVO

IISALMI

Korsulainen Kaarlo | Maveplan Oy | puh 0400 379 296 | kaarlo.korsulainen@maveplan.fi | www.maveplan.fi

JUANKOSKI

Jokinen Esko | Tmi Suunnittelupalvelu Jokinen E. | puh 0400 188 355 | ejokinen@dnainternet.net | www.spejokinen.fi

KUOPIO

Hallikainen Veikko | Maveplan Oy | puh 0400 379 290 | veikko.hallikainen@maveplan.fi | www.maveplan.fi

Räsänen Risto | Maveplan Oy | puh 0400 379 291 | risto.rasanen@maveplan.fi | www.maveplan.fi

PIELAVESI

Lukkarinen Väinö | Maplan Maastomittauspalvelu Ky | puh 0400 277 342 | vaino.lukkarinen@pielavesi.iwn.fi

POHJOIS-KARJALA

LIPERI

Kurki Petri | Maveplan Oy | puh 050 354 8753 | petri.kurki@maveplan.fi | www.maveplan.fi

KESKI-SUOMI

PIHTIPUDAS

Uusitalo Jari | Maveplan Oy | puh 0400 244 339 | jari.uusitalo@maveplan.fi | www.maveplan.fi

ETELÄ-POHJANMAA

ILMAJOKI

Niemelä Harri | ProAgria Etelä-Pohjanmaa | puh 040 544 4510 | harri.niemela@proagria.fi | www.proagria.fi

ISOJOKI

Ojanperä Juha | puh (06) 263 9130 | puh 0400 160 617 | ojanpera.juha@ssvnet.fi

JALASJÄRVI

Yli-Kivistö Antti | puh 0500 666 152 | antti.yli-kivisto@agrain.fi

KURIKKA

Heino Toni | SÖmap Oy | puh 044 507 4318 | toni.heino@somap.fi

LAPUA

Hangasmaa Arto | Vesitalouspalvelu Hangasmaa | puh 050 591 9805 | arto.hangasmaa@netikka.fi

SEINÄJOKI

Laakso Juha | ProAgria Etelä-Pohjanmaa | puh 040 5264 930 | juha.laakso@proagria.fi | www.proagria.fi

YLISTARO

Keltto Markku | ProAgria Etelä-Pohjanmaa | puh 040 730 9820 | markku.keltto@proagria.fi | www.proagria.fi

ÄHTÄRI

Pirttimäki Heimo | ProAgria Etelä-Pohjanmaa | puh 0400 367 212 | heimo.pirttimaki@proagria.fi | www.proagria.fi

POHJANMAA

KRUUNUPYY

Bäck Fredrik | Dränering och Miljö F.Bäck | puh 0500 561 549 | fredrik.back@anvianet.fi

NÄRPIÖ

Rosendahl Rainer | ProAgria Österbotten | puh 0400 561 550 | rainer.rosendahl@proagria.fi

VAASA

Blomqvist Mikael | ProAgria Österbotten | puh 050 379 5905 | mikael.blomqvist@proagria.fi

KESKI-POHJANMAA

HALSUA

Kivelä Jussi | Maveplan Oy | puh 044 556 9212 | jussi.kivela@maveplan.fi

KANNUS

Peltoniemi Eero | Maveplan Oy | puh 040 506 8263 | eero.peltoniemi@maveplan.fi | www.maveplan.fi

POHJOIS-POHJANMAA

KALAJOKI

Hihnala Seppo | Maveplan Oy | puh 0400 283 570 | seppo.hihnala@maveplan.fi | www.maveplan.fi

LIMINKA

Haataja Ari | Maveplan Oy | puh 0400 289 850 | ari.haataja@maveplan.fi | www.maveplan.fi

TYRNÄVÄ

Karioja Veikko | Maveplan Oy | puh 0400 790 066 | veikko.karioja@maveplan.fi | www.maveplan.fi

VIHANTI

Ojamaa Marko | Maveplan Oy | puh 040 524 4692 | marko.ojamaa@maveplan.fi | www.maveplan.fi

KAINUU

KAJAANI

Kananen Eero | Ympäristösuunnittelu Eero Kananen | puh 0500 283 568 | ymparistosuunnittelukananen@gmail.com | www.ymparistosuunnittelukananen.fi

AHVENANMAA

MAARIANHAMINA

Hägglund Leif | Ålands Landskapsregering / Trafikavdelningen | puh 0400 745 228 | leif.hagglund@regeringen.ax

salaojaurakoitsijat

maakunnittain

SALAOJAUURAKOITSIJAT RY
Vanhankirkonmäentie 23, 61600 Jalasjärvi
puh (06) 456 0732 | puh 0400 666 152

www.salaojaurakoitsijat.fi

UUSIMAA

LAPINJÄRVI

Kaivinkoneyhtymä Lindholm Oy | 0400 314 625

LOHJA

Leo Nieminen & Kumpp. Ky Ismo Nieminen | 0400 730 369 | 0400 470 918

MÄNTSÄLÄ

Eino Pietala | 0400 314 611

MYRSKYLÄ

K. Tuuli Ky | 0500 455 764

NUMMI-PUSULA

Ruokolainen Kari | (019) 373 447

PUKKILA

Veljekset Kaunonen | (019) 626 298

RAASEPORI

Stefan Björkqvist | 0400 482 526

TUUSULA

Nyman Ari | 0400 945 944

VIHTI

Ilari Hyytiäinen | 0400 204 961

VARSINAIS-SUOMI

LIETO

Salaojitusyhtiö Alikirri Ky | 050 528 8075 | 0500 329 389

LOIMAA

T:mi Erkki Rantanen | 0400 233 659

Vuorinen & Palonen | (02) 767 6146

MYNÄMÄKI

Juha Sillanpää | 040 505 1980

ORIPÄÄ

Mäkinen & Hakanen | (02) 766 198

PARAINEN

Paraisten Salaojitus Ky Ralf Cederlöf | 040 515 7370

PÖYTYÄ

Veljekset Jokinen | (02) 486 2370

SALO

Perttelin Salaojitus Koivunen Ky Jaakko Koivunen | 050 320 4156 | 050 517 5030

SOMERO

Esa Haho | 040 565 1814

Jukka Hakala | 0400 227 028

Petri Kyyrä | 0400 720 236

Risto Kavander | 0400 532 598

Someron Salaojatyö Ky Janne Lauren | 0400 223 757

SATAKUNTA

EURA

Salaojatyö E. Suominen & Kumpp. | 0400 223 573

Salaojitusyhtiö Päiviö Oy | 0400 320 678 | www.salaojitus.net

HONKAJOKI

Hannu Kiviluoma | (02) 545 1009

Janne Mukkala | 044 527 2357

KOKEMÄKI

K. Hemmilä Oy | 0400 784 444 | www.hemmila.fi

Ojapojat | Ari Mattila | 040 510 1651

PIRKANMAA

NOKIA

Timo Sassi | (03) 340 1186

PUNKALAUDUN

Jukka Suoranta | 0400 630 292

Tapio Kaunisto | 0400 552 264

SASTAMALA

T.T. Saukko Ky | 0400 830 823

VAMMALA

Leo Nieminen & Kumpp Ismo Nieminen | 0400 730 369 | 0400 470 918

VESILAHTI

Maatalouspaja | (03) 373 8090

HÄME

FORSSA

Salaojatyö Grönholm | 050 599 1555

JANAKKALA

Tmi Jukka Salonen | 0400 359 080

JOKIOINEN

Kaivinkoneyhtymä Mikkola | 0500 846 201 | 0500 970 610

KÄRKÖLÄ

Jyrki ja Ari Tuokko | 050 555 5354 | 0500 610 390

RIIHIMÄKI

Tapio Takku Mesata Oy | 0400 663 385

SYSMÄ

Konemiehet Aurasmaa Ky | 0400 809 122

YPÄJÄ

Juhani Heikkilä | 0400 531922

KYMENLAAKSO

KOUVOLA

PWK-Kaivu Oy Reijo Pekala | 0400 552 141

Tuomo Lantta | 0400 154 744

Tuomo Toivari | 0400 255 535

ETELÄ-KARJALA

LUUMÄKI

Hannu Ilves | 0500 485 084

SAVITAIPALE

Jouko Vainikka Ky | 0400 242 543

ETELÄ-SAVO

RANTASALMI

Koneurakointi Nissinen | 040 512 4749 | www.konenissinen.fi

POHJOIS-SAVO

KIURUVESI

Maansiirtoliike Velj. Nousiainen | 040 552 9189 | www.maansiirtonousiainen.com

LEPPÄVIRTA

Hannu Kolehmainen Savon Salaoja Oy | 0400 278 710 | www.savonsalaoja.fi

SILIJÄRVI

Jari Rytönen Ky | 0400 275 436

VIEREMÄ

Konetyö Eero Hukkanen Ky | 0400 177 741

Veljekset Hukkanen Oy | 0400 650 996

POHJOIS-KARJALA

LIPERI

Salaojaurakointi Eero Lappalainen | 0400 375 166

Saukkonen Matti | 0500 276 444

POLVIJÄRVI

T:mi Paavo Pajarinen | 0500 178 607

KESKI-SUOMI

JYVÄSKYLÄ

Leustun Kaivu ky | 0400 640 617

ETELÄ-POHJANMAA

ALAJÄRVI

Aarno Laukkonen | 0400 368 545

Jari Tuovila | 0400 664 386

ALAVUS

Jarmo Salo | 0400 929 994

S. ja V. Lahti Maanrakennus Ky | 0400 264 964

JALASJÄRVI

Arto Yli-Kivistö | 0400 666 152 | www.yli-kivisto.fi

Jarmo Alajoki | 0400 269 225

KARIJOKI

Karijoen Salaojayhtymä | 0400 661 426

KAUHAJOKI

Äijö Raimo | 0400 496 406

Suupohjan kaivupalvelu Oy Matti Sampkala | 0400 669 784

KAUHAVA

Tapio Salo | 040 708 5733

KUORTANE

Kosti Keisala Ky | 0400 164 269

LAPUA

Esko Mastomäki | 0400 365 024

Salaojitus Leppinen Ky | 0400 866 702 | www.salaojituksetleppinen.fi

SEINÄJOKI

Malkamäki & Ristimäki | 0400 268 915 | www.salaoja.com

Salaojaurakointi Jukka Mäkinen | 050 511 1326 | www.salaojitusmakinen.fi

SOINI

Reijo Peura | (06) 528 1368

TEUVA

Salaojayhtymä H. ja E. Riskula | 0400 365 391 | 0500 901 415

Salaojayhtymä J.P.U. | 040 529 6052 | 0400 267 567

Veljekset Pollari A & U Oy | 0400 336 632 | www.veljeksetpollari.fi

TÖYSÄ

Raimo Korjonen | 040 741 3940

POHJANMAA

LAIHIA

Maanrakennus Ky Arto Jussila | 0500 365 809

MAALAHTI

Mikael Nyback Nybacks Gräv | 050 518 5880

NÄRPIÖ

Smått & Co | 0400 369 425

Viking Råfså | 050 517 2953

PEDERSÖRE

Sundström Oy Ab | 0400 361 917 | www.sundstroms.fi

KESKI-POHJANMAA

REISJÄRVI

Maaurakointi Huhtala & Kiviniemi | 0400 895 367 | 040 506 6023

TOHOLAMPI

Pentti Polso | 0400 950 360

POHJOIS-POHJANMAA

ALAVIESKA

Markku Mynntti | 0400 890 469

HAAPAJÄRVI

Piironen Jarmo | 040 505 3708

HAAPAVESI

Veljekset Petäjä Ky | 050 323 2408 | 0400 175 945

KÄRSÄMÄKI

Reino Hyvölä | 0400 683 565

SIIKALATVA

Isoviita Ky | 040 596 0356 | 0400 790 926

UTAJÄRVI

Aarne Vainiokangas Oy | 0400 251 133

YLVIESKA

Salaojapalvelu Savola Ky | 050 528 0099 | www.salaojapalvelu.fi

putket, tarvikkeet

SALAOJAJÄRJESTELMIÄ, PUTKIA

Jita

PL 47, 34801 Virrat
puh (03) 475 6100 | fax (03) 475 4040
info@jita.fi www.jita.fi

Meltex

Puuppulantie 111, 40270 Palokka
puh (014) 448 8800 | fax (014) 448 8820
www.meltex.fi

Uponor Suomi

PL 21, 15561 Nastola
puh 020 129 211 | fax 020 129 210
www.uponor.fi

SALAOJAKAIVOJA, PUTKITARVIKKEITA

AS-Muovi

Eskontie 2, 64700 Teuva
puh (06) 267 2700 | fax (06) 267 2300
www.asmuovi.fi

Muotek

Lahdentie 11, 61400 Ylistaro
puh (06) 474 0800 | fax (06) 474 1800
www.muotek.fi

Plastweld

Koivusillantie 82, 66440 Tervajoki
puh (06) 478 7801 | fax (06) 478 7802
www.plastweld.fi

TARVIKKEITA

Ergorej

Harpat, rassist | www.ergorej.com

Geotrim

Takymetrit, laserit, vaaituskoneet | www.geotrim.fi

Testele

Maakairat | www.testele.fi

Tomas Kjellman

Salaojien huuhtelulaitteita | www.tomaskjellman.fi

ALAN JÄRJESTÖJÄ

Koneyrittäjien liitto

www.koneyrittajat.fi

Salaojaurakoitsijat

www.salaojaurakoitsijat.fi

