

VESITALOUS

4/2008



**Kuivatus
ja kastelu**



Koko ala yhdessä näyttelyssä.



Yhdyskuntatekniikka Infratech 2009

Tampereen
Messu- ja Urheilukeskus
27.-29.5.2009

- Energiahuolto • Jätehuolto • Katu-, tie- ja liikennetekniikka • Konekalusto • Mittaustekniikka ja laboratoriopalvelut
- Satamat ja väylät • Informaatiotekniikka • Työmaavarusteet • Urheilu- ja virkistysalueet • Vesihuoltotekniikka
- Yhdyskuntasuunnittelu • Ympäristönsuojelu

Varaa osastosi heti syyskuussa 2008.

www.yhdyskuntatekniikka.fi

Vol. XLIX

Julkaisija

YMPÄRISTÖVIESTINTÄ YVT OY

Puhelin (09) 694 0622

Annankatu 29 A 18

00100 Helsinki

Kustantaja

TALOTEKNIikka-JULKAISUT OY

HARRI MANNILA

E-mail: harri.mannila@talotekniikka-julkaisut.fi

Päätoimittaja

TIMO MAASILTA

Maa- ja vesitekniikan tuki ry

Annankatu 29 A 18

00100 Helsinki

E-mail: timo.maasilta@mvt.fi

Toimitussihteeri

TUOMO HÄYRYNEN

Puistopiha 4 A 10

02610 Espoo

Puhelin (050) 585 7996

E-mail: tuomo.hayrynen@talotekniikka-julkaisut.fi

Tilaukset ja osoitteenmuutokset

TAINA HIIKKIÖ

Maa- ja vesitekniikan tuki ry

Puhelin (09) 694 0622

Faksi (09) 694 9772

E-mail: vesitalous@mvt.fi

Ilmoitukset

HARRI MANNILA

Koivistontie 16 B

02140 ESPOO

Puhelin (050) 66174

E-mail: harri.mannila@gmail.com tai

ilmoitus.vesitalous@mvt.fi

Kannen kuva

JUKKA NISSINEN

Painopaikka

FORSSAN KIRJAPAINO OY

ISSN 0505-3838

Asiantuntijat ovat tarkastaneet lehden artikkelit.



Toimituskunta

MINNA HANSKI

dipl.ins.

Maa- ja metsätalousministeriö

ESKO KUUSISTO

fil.tri, hydrologi

Suomen ympäristökeskus,

hydrologian yksikkö

RIINA LIIKANEN

tekn.tri, vesihuoltoinsinööri

Vesi- ja viemäriolosuhteiden tutkimuskeskus

HANNELE KÄRKINEN

dipl.ins., ympäristöinsinööri

Uudenmaan ympäristökeskus

SAIJARIINA TOIVIKKO

dipl.ins., vesihuoltoinsinööri

Vesi- ja viemäriolosuhteiden tutkimuskeskus

RIKU VAHALA

tekn.tri., vesihuoltotekniikan professori

Teknillinen korkeakoulu

OLLI VARIS

tekn.tri, dosentti, akatemiatutkija

Teknillinen korkeakoulu

ERKKI VUORI

lääket.kir.tri, oikeuskemian professori

Helsingin yliopisto, oikeuslääketieteen laitos



Lehti ilmestyy kuusi kertaa vuodessa.

Vuosikerran hinta on 50 €.

www.vesitalous.com

Tämän numeron kokosi

HELENA ÄIJÖ

E-mail: helena.ajjo@salaajoyhdistys.fi



4 Maatalouden vesirakennusta tarvitaan PERTTI VAKKILAINEN

KUIVATUS JA KASTELU

6 Pelloista vielä yli neljäsosa avo-ojissa RAUNO PELTOMAA JA HELENA ÄIJÖ

Peltojen kuivatusjärjestelyillä on keskeinen merkitys peltoviljelyn onnistumisessa. Suurin osa Suomen peltojen kuivatuksista on tehty sotien jälkeen, jolloin ensisijainen tavoite oli elintarviketuotannon turvaaminen.

10 Maatalouden peruskuivatus ja purojen luonnontilan parantaminen LIISA LAITINEN, LASSE JÄRVENPÄÄ JA JUKKA JORMOLA

Suurin osa sekä maa- että metsätalousalueiden purovesistöistä on perattu ja suoritettu maankuivatuksen tehostamiseksi. Luonnonmukaisilla peruskuivatuskäytännöillä pyritään yhdistämään kuivatuksen, uomien ekologisen tilan parantamisen ja vesiensuojelun tarpeet.

13 Oikeus maankuivatukseen ja kuivatushankkeen toteuttaminen HEIKKI PAJULA

Lainsäädäntöön perustuva ojitusoikeus viljelys- tai metsämaan kuivattamiseksi periytyy kaukaa historiasta. Vireillä olevassa vesilain uudistamisessa ollaan säilyttämässä ojitusoikeudet pääosin ennallaan.

16 Maaperän happamuus vesienhoidon suunnittelussa LIISA MARIA RAUTIO

Vaikka ilmiö on tunnettu pitkään, emme vielä pysty hallitsemaan maaperän happamuutta ja sen aiheuttamia haittoja. Maaperän happamuuden hallinta edellyttää laaja-alaista yhteistyötä ja monipuolisia menetelmiä.

20 Salaojitus ja savipeltojen ravinnekuormitus MAIJA PAASONEN-KIVEKÄS, PERTTI VAKKILAINEN JA TUOMO KARVONEN

Etelä- ja Lounais-Suomessa valtaosa pelloista on eroosioherkkiä savimaita. Näillä seuduilla salaojituksella voidaan saada välittömiä vesiensuojelullisia hyötyjä pintavalun ja sen kiintoaine- ja fosforikuorman vähenemisen myötä.

25 Metsien kunnostusojituksen tulevaisuus SAMULI JOENSUU

Puuntuonnin supistuminen tai mahdollinen tyrehtyminen kokonaan Venäjältä lisää tarvetta hyödyntää myös suometsien puuta. Suometsien vuotuinen hakkuumäärä voitaisiin kaksin- tai kolminkertaistaa seuraavien kahden vuosikymmenen aikana.

27 Veden merkitys kasvintuotannolle kärjistyy ilmaston muuttuessa PIRJO PELTONEN-SAINIO

Vesi on kaiken elollisen perusta. Se lienee myös merkittävin yksittäinen voimavara, jonka saatavuutta ilmastomuutos ratkaisevasti heikentää.

29 Kastelun menetelmät ja mahdollisuudet Suomessa JUHA-PEKKA TRIPPONEN JA OSMO PURHONEN

Viimeaikaisten ilmastomuutoskenaarioihin liittyvien hydrologisten ennusteiden perusteella näyttää siltä, että kasteluveden riittävyttä turvaavat toimenpiteet nousevat tulevaisuudessa yhä tärkeämmiksi erityisesti vähäjärvisissä osissa Etelä-Suomea.

31 Peltojen vesitaloudesta huolehtiminen on välttämätön edellytys globaalin ruokapulan ratkaisemiseksi RAUNO PELTOMAA

YMPÄRISTÖ

33 Uudet liukkaudentorjunta-aineet pienentävät ympäristöriskejä KIMMO RASA, HELINÄ HARTIKAINEN JA TOMMI PELTOVUORI

JÄTEVESILIIETTEET

36 Jätevesilietteiden hyödyntämisen vaihtoehtojen vertailua elinkaariarvioinnin avulla TUULI MYLLYMAA, PIRJO RANTANEN, JYRI SEPPÄLÄ JA HELENA DAHLBO

MAAILMANNÄYTTELY

40 Vesi ja kestävä kehitys – Expo 2008 Zaragozassa PEKKA VIRTANEN

45 Liikehakeremisto

50 Abstracts

VIERASKYNÄ

51 Kuka huolehtii tonttini kuivatuksesta? UNTO HUTTU

Seuraavassa numerossa teemana on
Erytistilanteisiin varautuminen.

Vesitalous 5/2008 ilmestyy 3.10.
Ilmoitusvaraukset 5.9. mennessä.



MAATALOUDEN VESIRAKENNUSTA TARVITAAN

Maankuivatusjärjestelmät muodostavat tieverkostoon verrattavissa olevan yhteiskunnan perusinfrastruktuurin, jonka tulisi olla valtiovallan suojeluksessa. Kun vielä 1960-luvulla näitä tehtäviä varten oli koko maan kattava maanviljelysinsinööripiiriorganisaatio, on tilanne nykyään sellainen, että valtion viranomaisten painoaloihin kulttuuritekniset työt eivät enää kuulu. Maankuivatuksen ajatellaan hoituvan pääasiassa maanomistajien toimesta. Monesti Suomessa näytetään myös ajateltavan, että maatalouden vesirakennukseen kuuluvat tehtävät on jo tehty. Ei myöskään mielletä, että niiden suunnittelemiseen ja toteuttamiseen tarvitaan erityistä ammattitaitoa.

Maankuivatuksessa ja kastelussa oli aiemmin pelkästään kyse maaperän vesisuhteiden järjestämisestä viljelyn kannalta mahdollisimman suotuisiksi. Kasvuston tuli kehittyä mahdollisimman hyvin ja maanviljelyskoneiden oli pystyttävä liikkumaan viljelyalueilla. Nykyään toisena, yhtä tärkeänä lähtökohtana on, että pellon ravinnetila saadaan kasvustolle optimaaliseksi ja että eroosio ja ravinnehuuhtoumat voidaan minimoida. Kyseessä ei ole helppo tehtävä, sillä peltoalueella tapahtuva veden ja ravinteiden käyttäytyminen ei ole ilmiönä yksinkertaisimmasta päästä. Oikein suunnitellulla maankuivatuksella ja kastelulla voidaan kuitenkin varmistaa, että sekä maaperän vesi- ja ravinnetalous että koneiden tarvitsema kantokyky tulevat järjestetyksi parhaalla mahdollisella tavalla.

Salaojitus on nykyaikaisen viljelyn ehdoton edellytys. Sen avulla on mahdollista saada pelto kuivumaan nopeasti ja se on tärkeä menetelmä eroosion ja fosforikuormituksen torjunnassa. Säättosalaojituksella ja salaojakastelulla voidaan vähentää typpihuuhoutumia. Salaojitettaessa tapahtuva avo-ojien häviäminen on herättänyt huolta luonnon monimuotoisuuden vähenemisestä. Biodiversiteetistä voidaan kuitenkin

huolehtia soveltamalla luonnonmukaisen vesirakentamisen periaatteita peruskuivatusratkaisuihin ts. muistamalla, että monipuolisilla elinympäristöillä voidaan varmistaa monipuolinen eliöyhteisö. Valtaojilla ja kosteikoilla on tässä oma merkittävä roolinsa.

Maankuivatusongelmat keskittyvät savimaille. Niissä jankko on koneiden painon kasvaessa tiivistynyt lähes vettä läpäisemättömäksi. Salaojitus toimii huonosti, vettä kertyy pellolle, eroosio ja ravinnehuuhtoumat kasvavat, maan rakenne heikkenee ja viljely hankaloituu. Ongelman ratkaisemiseksi tarvitaan keinoja, joilla maan rakenne saadaan korjatuksi ja hyvin vettä johtavaksi. On muistettava, että ilman toimivaa kuivatusta ei ole hyvää maan rakennetta. Unohtaa ei tietenkään sovi, että myös viljelymenetelmät ovat keskeisiä maan rakenteen ja vesistökuormituksen kannalta.

Maankuivatustutkimusta on syytä lisätä, jotta peltoviljely saadaan ympäristön kannalta mahdollisimman kestäväälle pohjalle. Veden ja ravinteiden kulkeutumista kuivatusojiin tunnetaan vielä nykyäänkin puutteellisesti. Salaojaputken ympärillä olevan ympärysaineen ominaisuuksien ja paksuuden merkitys ojaetäisyyksiin ja aineiden huuhtoutumiseen vaatii sekä kokeellista että teoreettista tutkimusta. Säättosalaojituksen merkitystä ravinnehuuhtoumien vähentäjänä on viime vuosina selvitetty, mutta lisätutkimusta kaivataan.

Ihmiskunnan käyttämästä vedestä noin 70 prosenttia kuluu maan kasteluun. Kasteltujen peltujen osuus on vain vajaa viidesosa peltujen kokonaismäärästä, mutta kastelluilta pelloilta saadaan lähes 40 prosenttia kokonaissadosta. Suuri osa ihmiskunnasta saa siis elantonsa kastelun ansiosta.

Maailmalta viimeisten kuukausien aikana kuuluneet uutiset ovat huolestuttavia. Ruuan hinnan nopea nousu on aiheuttanut eräissä kehittyvissä maissa



PERTTI VAKKILAINEN
professori
TKK, vesitalous ja vesirakennus
E-mail: pertti.vakkilainen@tkk.fi

mellakoita. Epäsuotuisat säät, energian hinnan nousu, biopolttoaineen tuotannon lisääntyminen ja väestönkasvu ovat saaneet aikaan tilanteita, jossa ruuasta on lisääntyvässä määrin pulaa. Mikäli ennustettu ilmastonmuutos toteutuu, ei ravinnon riittäminen näytä enää itseltään selvältä teollisuusmaissakaan. On aiheellista kysyä, voiko tämä kehitys johtaa Suomessa tilanteeseen, jossa peltoa joudutaan raivaamaan merkittävästi lisää. Jos näin käy, myös maatalouden vesirakennuksen tarve tulee vastaavasti kasvamaan.

Suomalaiset ovat pystyneet rakentamaan vaikeissa pohjoisissa oloissa toimivan ravinnontuotantojärjestelmän, jolla pystytään takaamaan omavaraisuus. Tämän järjestelmän kulmakivi on hyvin toimiva maankuivatus. Maankuivatusjärjestelmiin tulee suhtautua kuten tieverkostoon. Pienet yksityistiet ja paikalliskuivatus tulee hoitaa yksityisten, valtatiet ja peruskuivatus yhteiskunnan toimesta.

Epävarmassa maailmassa Suomen on seisottava omilla jaloillaan ja huolehdittava siitä, ettei peltojamme päästetä rappeutumaan. Tämä edellyttää, että maatalouden vesirakennuksen ammattitaito maassamme säilyy. ♦



MAA- JA VESITEKNIIKAN TUKI

on aatteellinen yhdistys, joka tukee ensisijaisesti vesitekniikan ja siihen liittyvää ympäristötekniikan sekä maaperän suojelun tutkimus- ja opetustoimintaa.

Apurahat vuodelle 2009

Julistamme haettavaksi apurahoja vuodelle 2009. Apuraha-anomus on tehtävä lomakkeelle, joka on saatavilla kotisivuillamme www.mvtt.fi tai toimistostamme puh. **(09) 694 0622**. Hakuohjeet sekä luettelo tuetuista hankkeista löytyvät kotisivuiltamme.

Anomus liitteineen, jota ei palauteta, pyydetään lähettämään toimistoomme **30.9.2008** mennessä osoitteella
Annankatu 29 A 18, 00100 Helsinki.

Tämän lisäksi toivomme, että anomus ilman liitteitä lähetetään sähköpostilla osoitteeseen tuki@mvtt.fi.

Myönnettyistä apurahoista ilmoitetaan hakijoille kirjeitse marraskuun loppuun mennessä.

Maa- ja vesitekniikan tuki ry.
Hallitus

www.mvtt.fi

PELLOISTA VIELÄ YLI NELJÄSOSA AVO-OJISSA



RAUNO PELTOMAA
toiminnanjohtaja, Salaojayhdistys ry
E-mail: rauno.peltomaa@salaojayhdistys.fi



HELENA ÄIJÖ
projektivastaava, Salaojayhdistys ry
E-mail: helena.aijo@salaojayhdistys.fi

Suomi on maailman pohjoisin valtio, joka on ollut perusmaataloustuotteidensa osalta omavarainen. Yhtenä perusedellytyksenä tälle on ollut peltojen kuivatuksen toimivuus. Valtaosa nykyisistä perus- ja paikalliskuivatuksista on tehty 1950–80 luvuilla, mutta yli neljäsosa peltopinta-alasta on yhä avo-ojissa. Tämän lisäksi vanhimpien valtaojien ja salaojitusten kunnostustarvetta on runsaasti.

Peltojen kuivatusjärjestelyillä on keskeinen merkitys peltoviljelyn onnistumisissa. Tilojen mahdollisuudet investoida kuivatukseen riippuvat maatalouden kannattavuudesta. Koska kuivatukset vaativat suuren kerta-investoinnin ja niiden hyödyt saadaan pitkän ajan kuluessa, yhteiskunnan tukijärjestelmillä on ollut merkittävä rooli hankkeiden käytännön toteutuksissa. Salaojitus on todettu maatalouden kehittämisen kannalta tarkoituksenmukaiseksi paikalliskuivatusmuodoksi.

Suurin osa Suomen peltojen kuivatuksista on tehty sotien jälkeen, jolloin ensisijainen tavoite oli elintarviketuotannon turvaaminen. Ympäristökysymykset nousivat esiin 1900-luvun lopulla, jolloin alettiin kiinnittää huomiota ravinnehuuhtoumiin ja kuivatuksen mahdollisuuksiin niiden vähentämisessä.

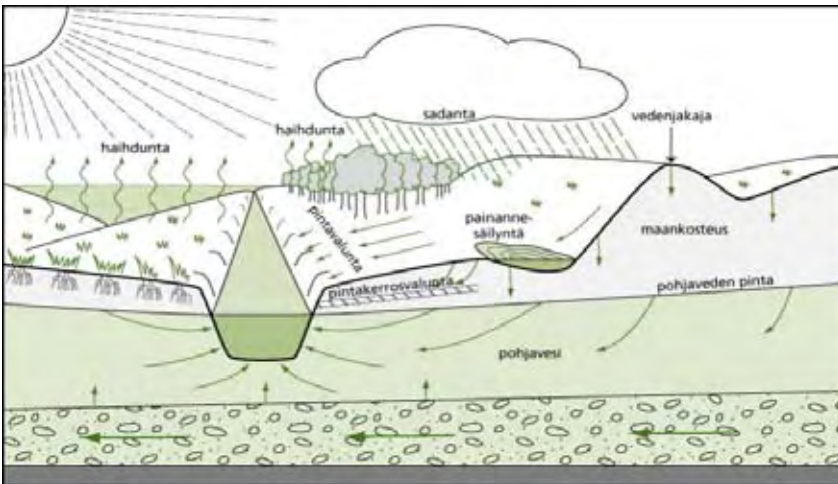
Peltojen kuivatus jaetaan yleensä paikalliskuivatukseen ja peruskuivatukseen niin Suomessa kuin kansainvälisestikin. Paikalliskuivatuksen toteuttaa pääsääntöisesti maan omistaja itsenäisesti, kun taas peruskuivatushankkeen toteuttaminen vaatii useiden maanomistajien yhteistyötä. Tässä artikkelissa tarkastellaan tilannetta paikalliskuivatuksen näkökulmasta. Peruskuivatukseen liittyvät asiat esitellään lehden muissa artikkeleissa.

Kuivatuksen tarve

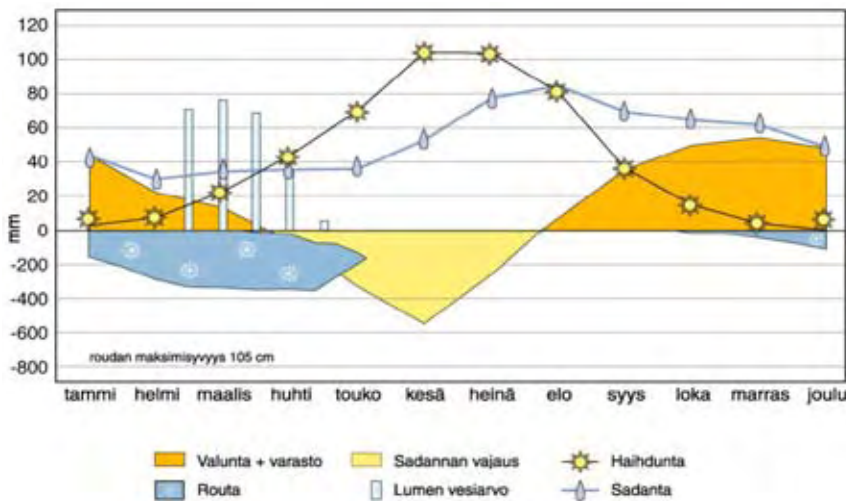
Peltojen kuivatuksen ensisijaisena tavoitteena on viljelyn varmistaminen. Kuivatus pyritään tekemään siten, että ravinnehuuhtoumat minimoidaan. Tämä on haasteellinen tehtävä, koska sekä sää- että muut olosuhteet vaihtelevat suuresti niin ajallisesti kuin paikallisesti.

Suomi kuuluu ilmastollisesti alueeseen, jolle ovat tyypillisiä voimakkaat vuodenaikaiset valuntavaihtelut. Vuosisadanta vaihtelee välillä 500–750 mm, josta valuntana poistuu maaperästä 100–450 mm. Valunnasta suurin osa tapahtuu keväällä ja syksyllä. Kasvukauden tehokkaan hyödyntämisen kannalta kuivatustarve korostuu keväällä ja sadon korjuun varmistamiseksi riittävä kuivatus on tarpeen myös syksyllä. Keskikesällä sen sijaan haihdunta on suurempaa kuin sadanta.

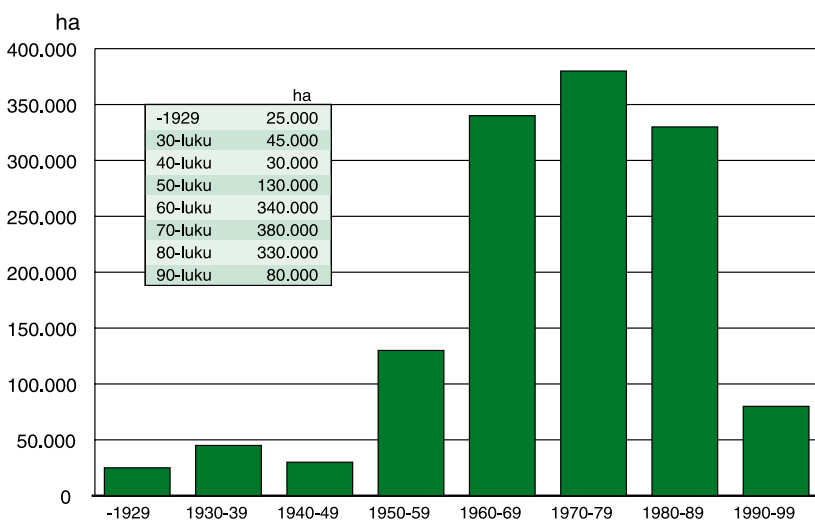
Ravinteiden poistuminen pelloilta vesistöihin tapahtuu valunnan mukana. Mitä suurempi on valunta ja mitä runsaampi poistuvan veden ravinnepitoisuus, sitä suuremmaksi muodostuu kokonaishuuhtouma. Valuntaa voi tapahtua joko suoraan maan pintaa pitkin tai suotautumalla maakerroksen läpi salaojien kautta vesistöihin. Valuntareitti vaikuttaa osaltaan valumaveden ravinnepitoisuuksiin.



Kuva 1. Periaatekuva hydrologisesta kierrosta. (ILRI Pub 16, 1994/Salaojakeskus 2006.)



Kuva 2. Suomen ilmasto asettaa suuret vaatimukset peltojen kuivatukselle. Keväällä lumen runsaat sulamisvedet ja rouda vaikeuttavat pellolle pääsyä ja syksyllä sateet sadonkorjuuta. Kuva on laadittu Jokioisten pitkän ajan keskiarvojen perusteella. (Salaojakeskus 2002.)



Kuva 3. Salaojitusmäärät kymmenvuotiskausittain. (Salaojakeskus 2002.)

Edellä mainittuja reunaehtoja kuvaa hydrologinen kiertö, jota on havainnollistettu kuvassa 1 sekä vuodenaikaisia vaihteluita vastaavasti kuvassa 2.

Viljelyn kannalta kuivatustarpeita määrittävät olosuhteet ovat Suomessa erityisesti seuraavat:

- lyhyt kasvukausi
- huonosti vettä läpäisevät savi- ja turvemaat
- peltojen tasainen pinnanmuodostus
- sulannan ja sadannan ajoittuminen viljelyn kannalta kriittisiin ajankohtiin
- routa

Salaojitus Suomessa

Suomessa on kuivatettu peltoja jo satoja vuosia avo-ojia ja myös erilaisia kivi- ja risusalaojia käyttäen. Vuonna 1858 senaatti pohti keisarin velvoittamana keinoja Suomen maatalouden edistämiseksi. Tämän seurauksena palkattiin kaksi valtionagronomia, joiden tehtäviin kuului antaa viljelijöille neuvoja muun muassa salaojituksessa. Tänä vuonna vietetään siten suunnitelmallisen salaojituksen 150-merkkivuotta.

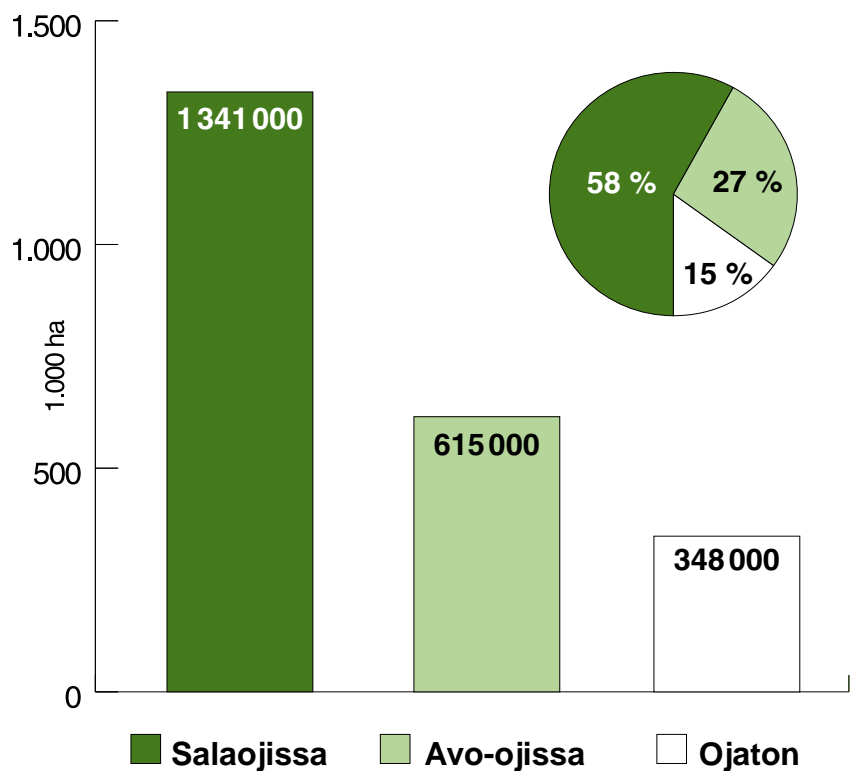
Salaojitus toiminta vilkastui kuitenkin vasta 1900-luvun alusta alkaen. Toimintaa varten viljelijät perustivat vuonna 1918 oman yhdistyksen, Suomen salaojitusyhdistyksen. Yhdistys jatkaa edelleen toimintaansa ollen nykyiseltä nimeltään Salaojayhdistys ry, Täckdikningsföreningen rf. Yhdistyksen merkitys suomalaisen salaojituksen edistäjänä ja laadun valvonnan kehittäjänä niin tarvikkeiden kuin työn laadun osalta on ollut huomattava.

Salaojayhdistyksen arkistoinut kaikkien valvonnassa tehdyt salaojitus suunnitelmat vuodesta 1918 lähtien. Arkistoa on siirretty paikkatietojärjestelmän piiriin ja urakka on valmis Uttamaata ja Varsinais-Suomea lukuun ottamatta, joiden kartat saataneen järjestelmän piiriin parin vuoden kuluessa. Karttoja tarvitaan salaojien kunnossapidossa, täydennysojituksissa, kunnallisteknisessä ynnä muussa rakentamisessa.

Valtio on tukenut salaojitusta pitkään. Sitä varten on ollut jopa oma salaojituslaki. Laki säädettiin vuonna 1955 ja sen korvasi vuoden 1977 maatalolaki. Nämä lait loivat pohjan salaojitus toiminnan

vilkkaimmalle jaksolle 1950-luvulta aina 1980-luvun lopulle saakka. Kuten kuvasta 3 voidaan todeta, 1970-luvun huippuvuosina ojitetiin keskimäärin yli 35 000 hehtaaria vuodessa. Kuvasta näkyy niin ikään vuosittaisten määrien raju lasku 1990-luvulla, jonka taustalla olivat muun muassa valtion tuen loppuminen ja EU-neuvotteluiden luoma epävarmuus maatalouden tulevaisuudesta. EU-jäsenyyden myötä salaojitus-toiminta virkistyi vähitellen, kun investointitukia alettiin myöntää uudelleen. Lisäksi toimintaa vauhditti maatalouden ympäristötuki, jonka erityistuki mahdollisti säätosalaojituksen ja sittemmin myös valumavesien kierrätyksen sekä säätokastelun tukemisen. Näitä toimenpiteitä on toteutettu vuoden 1995 jälkeen yli 40 000 hehtaarella. 2000-luvulla vuosittaiset salaojitusmäärät ovat olleet keskimäärin 10 000 hehtaaria vuodessa. Tästä määrästä viidennes on ollut vanhojen ojitusten täydennyksiä. Nykyisin salaojituksen tehdään yksinomaan muoviputkilla, jonka käyttöön siirtymisen tapahtui pääosin 1980-luvulla. Salaojasoraa on osittain korvattu putken päälle asennetulla esipäällysteellä.

2000-luvulla salaojituksen merkitystä on korostanut tilakoon kasvu. Vuosina 1995–2004 maatilojen määrä on vähentynyt 26 prosenttia. Viljelyssä oleva ala ei ole kuitenkaan vähentynyt vaan peltoa on jopa raivattu lisää noin 10 000 hehtaarin vuosivauhdilla. Rakennemuutoksen myötä keskimääräinen tilakoko on kasvanut 22,8 hehtaarista 31,5 hehtaariin jaksolla 1995–2004. Tilakoon kasvusta noin 66 prosenttia on tapahtunut peltoa vuokraamalla. Vuonna 2004 viljelyksessä olleesta 2,24 miljoonasta hehtaarista noin kolmannes oli vuokrateltoa. Vuokrateltojen suuri osuus on toisaalta vähentänyt salaojitusta, koska halukkuus tehdä pitkävaikutteisia investointeja vuokrateltoille on vähäistä. Sen sijaan tilusjärjestelyissä salaojitus on ollut hyvin mukana ja sillä on ollut alueellisesti suuri merkitys ojitusmääriin. Kuivatusratkaisulla voidaan vaikuttaa myös peltokuvioiden kokoon ja muotoon. Keskimääräinen lohkokoko on nykyisin kaksi hehtaaria, kun taloudellisten laskelmien mukaan 40 hehtaarin tilalla se tulisi olla vähintään kol-



Kuva 4. Peltojen paikalliskuivatuksen jakautuma vuonna 2000. (Salaojakeskus 2002.)

me hehtaaria. Pienten valtaojien putkitus onkin ollut viime vuosina varsin yleistä.

Tilastojen mukaan maan 2,3 miljoonan hehtaarin peltoalasta 15 prosenttia viljellään ojattomana ja 27 prosenttia on avo-ojissa. Yhteenveto vuoden 2000 paikalliskuivatustilanteesta on esitetty kuvassa 4. Kuivatustarve on meillä EU-maista poikkeuksellisen suuri. Esimerkiksi Ruotsissa voidaan ojattomana viljellä kolmasosaa peltoalasta ja Baltian maissa vastaava osuus on puolet peltoalasta.

Paikalliskuivatuksen kehittämishankkeita

Kotimaisen salaojituksen koetoiminnan juuret yltävät aina 1920-luvulle. Alkuvaiheessa selvitysten kohteena olivat putkimateriaalit, salaojien täyttömateriaalit, ojaetäisyys ja ojasyvyys.

Salaojitustutkimuksen painopiste siirtyi 1980-luvulla ravinnehuuhtoumien vähentämismahdollisuuksien selvittämiseen. Tuolloin alettiin tutkia USA:ssa hyviä tuloksia antaneen säätosalaojituksen soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin. Tutkimushankkeet joh-

tivat siihen, että käytännön ojituksissa otettiin käyttöön säätosalaojitus ja sen sovellutus säätokastelu. Menetelmien periaatteet ilmenevät kuvasta 5. Säätosalaojituksen käyttöönottoa suosi myös sen myönteiset vaikutukset happamalla sulfaattimailla.

Meneillään olevista tutkimushankkeista merkittävin on Pellon vesitalouden optimointihanke. Tutkimus on yhteishanke, jonka koordinaattorina toimii Salaojituksen tutkimusyhdistys. Tutkimukseen osallistuvat Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Teknillinen korkeakoulu, Helsingin yliopisto, Suomen ympäristökeskus ja Salaojayhdistys. Tutkimuksessa selvitetään erilaisilla salaojarakenteilla, ojaväleillä ja jankkuroinnilla toteutettujen salaojitusten vaikutuksia maan vesitalouteen ja sitä kautta satoon ja ravinnehuuhtoumiin. Tutkimushankkeen myötä on perustettu kaksi uutta koe-kenttää, toinen Jokioisiin MTT:n ja toinen Siuntioon Gårdskulla Gårdin peltoille. Vuoden aikana on mitattu pinta- ja salaojavaluntonojen laatua ja määrää. Täydennysojitukset tehtiin kahdella eri menetelmällä Jokioisiin keväällä 2008.

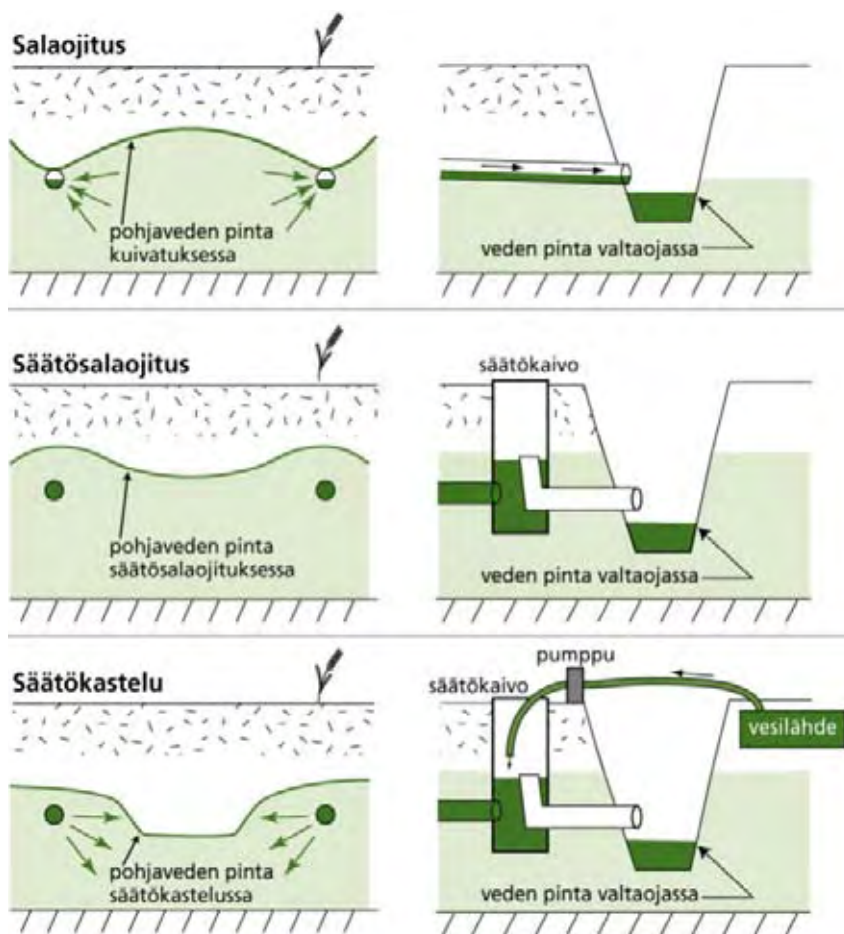
Hankkeessa selvitetään myös vanhojen ojitusten toimivuutta.

Tulevaisuuden näkymät

Yhteiskunnallinen kiinnostus maataloutta kohtaan ei enää kohdistu pelkästään ravinnontuotantoon perinteisessä muodossa. Maatalous nähdään paitsi elintarvikeraaka-aineiden tuottajana, myös maaseudun monimuotoisena vaikuttajana. Eri kehityssuunnat eivät vaikuttane peltoalan tarvetta vähentävästi. Sen sijaan ne korostavat tarvetta entistä ympäristöystävällisempään ja luontoa säästävempään tuotantotapaan. Viljellyn maan vesitalouden hoito tulee tätä kautta saamaan uusia ulottuvuuksia verrattuna perinteiseen maankuivatukseen.

Salaojitus toiminnan ajankohtaisimmat haasteet johtuvat mautilojen ja koneiden koon kasvusta. Erityisesti tuorehunan korjuussa ja lietelannan levityksessä kuormien kokonaispainot ovat kasvaneet moninkertaisiksi sitten 1960-luvun, mikä luonnollisesti asettaa kovat vaatimukset maan kantavuudelle ja sitä kautta kuivatukseen.

Salaojituksen valtakunnallisissa tavoiteohjelmissa on todettu, että avoimitettujen peltojen salaojittaminen on monestakin syystä tarkoituksenmukaista. Maatalouden rakennekehitys on johtanut siihen, että työajan säästö on noussut yhdeksi keskeisimmistä salaojituksen eduista. Kuivatuksen ja maan rakenteen parantaminen aiemmin salaojitetuilla pelloilla edesauttavat myös ravinnehuuhtoumien vähentämistä. Alueellisena haasteena ovat myös happamat sulfaattimaat, joilla salaojituksen ja peruskuivatuksen ratkaisulla voidaan minimoida ongelmia. Tapauskohtaisia



Kuva 5. Salaojituksen, säätösalaojituksen ja säätökastelun toimintaperiaatteet. (Salaojakeskus 2006.)

erityiskysymyksiä on muun muassa luonnon monimuotoisuuden huomioiminen pellon kuivatuksessa.

Viime kuukausien uutiset ruoan hinnan kallistumisesta ja jopa sen pulasta korostanevat lähivuosina ympäristönäkökohtien lisäksi uudelleen peltojen tuottokyvyn varmistamisen merkitystä. Myös meneillään oleva ilmastomuutoskeskustelu vaikuttaa sa-

maan suuntaan. Salaojituksen tutkimuksessa ja edistämisessä on vielä paljon tehtävää.

Kirjallisuus

- Salaojituksen tavoiteohjelma 2020, MMM, työryhmämuistio 2002:9
- Valtion varoin tuettavan salaojituksen ehdot – Peltoviljelyn ravinnepäästöjen vähentäminen, MMM, työryhmämuistio 2006:15



FCG Finnish Consulting Group
Infra ja ympäristö

Jätevedenpuhdistamot Itämeren parhaaksi

Turun seudun Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo valmistuu vuoden lopussa

FCG Planeko Oy

www.fcg.fi

puh. 010 409 5000

MAATALOUDEN PERUSKUIVATUS JA PUROJEN LUONNONTILAN PARANTAMINEN

Peruskuivatuksen avulla mahdollistetaan peltojen riittävä kuivatussyvyys ja estetään paikallinen tulviminen käytössä olevilla alueilla. Syventämisen ja suoristamisen seurauksena suurin osa purovesistöistä on menettänyt ekologista arvoaan. Maatalousalueiden purot voivat olla kalataloudellisesti arvokkaita ja toimia esimerkiksi lohikalojen lisääntymisalueina. Nykyaikaisessa vesistöjen hoidossa pyritään käytäntöihin, joissa yhdistetään kuivatustarpeet ja uomien ekologisen tilan sekä kalastollisen merkityksen parantaminen. Seuraavassa tarkastellaan luonnonmukaisen vesirakentamisen soveltamista purojen hoitoon.



LIISA LAITINEN

suunnittelija
Suomen ympäristökeskus, vesivarayksikkö
E-mail: liisa.laitinen@ymparisto.fi



LASSE JÄRVENPÄÄ

dipl.ins., kehitysinsinööri
Suomen ympäristökeskus, vesivarayksikkö
E-mail: lasse.jarvenpaa@ymparisto.fi



JUKKA JORMOLA

maisema-arkkitehti
Suomen ympäristökeskus, vesivarayksikkö
E-mail: jukka.jormola@ymparisto.fi

Toimiva kuivatus on maanviljelyn perusehto. Maan tulee kantaa raskaita maatalouskoneita ja tarjota kasveille suotuisat kasvuolosuhteet. Maatalousmaan tehokas kuivatus tukee vesiensuojelun tavoitteita, kun tulvat eivät nouse pelloille ja lietä ravinteita mukaansa. Kuivatus edesauttaa myös maan rakenteen pysymistä vettä läpäisevänä. Märkä maa tiivistyy kuivaa maata herkemmin koneiden alla ja lisää siten pintavaluntaa ja ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin.

Suurin osa sekä maa- että metsätalousalueiden purovesistöistä on perattu ja suoristettu maankuivatuksen tehostamiseksi. Tasapohjaisiksi kaivetut, suoralinjaiset uomat ovat ekologis-

ti yksipuolisia eivätkä tarjoa juurikaan suojaa eliöstölle. Uoman pohja saattaa olla kulkeutuvan lietteen peitossa, mikä heikentää pohjaeläinten elinoloja ja kalojen mädin selviytymistä. Vaikka perkaustoimenpiteiden haittavaikutukset tyypillisesti vähenevät ajan myötä, kun uoma alkaa palautua kohti luonnontilaa elpymiskehityksen seurauksena, on haittoja havaittavissa vielä vuosien ja vuosikymmentenkin jälkeen. Haitan kestoon vaikuttavat uoman morfodynaamiset prosessit, joista on vain vähän tutkittua tietoa Suomessa. Perattujen uomien vedenjohtokyky pienenee liettymisen ja umpeenkasvun seurauksena, ja uomia joudutaan aika ajoin perkaamaan uudestaan kuivatushyötyjen yllä-

pitämiseksi. Uusintaperkaukset lisäävät uomien kunnossapitokustannuksia ja heikentävät entisestään uomien eliöstön elinolosuhteita ja alapuolisten vesistöjen vedenlaatua.

Valtaosa maatalouden peruskuivatushankkeista toteutettiin 1950-70 -luvulla. Peruskuivatushankkeiden ikääntyessä on odotettavissa kunnossapitoperkausten määrän kasvua. Uudisojituksia ei juurikaan tehdä, koska viljelyksessä olevat pellot ovat jo kuivatuksen piirissä. Tilusjärjestelyjen, peltojen painumisen ja salaojitukseen siirtymisen vuoksi peruskuivatuksiin tulee jonkin verran muutoksia, mutta nykykäytännön mukaan kunnossapito tapahtuu pääasiassa vanhojen suunnitelmien pohjalta.

Tällöin toteutustapa ei yleensä vastaa nykykäytystä puroluonnon huomioon ottamisesta.

Luonnonmukaisilla peruskuivatuskäytännöillä pyritään yhdistämään kuivatuksen, uomien ekologisen tilan parantamisen ja vesiensuojelun tarpeet. Luonnonmukaisen vesirakentamisen menetelmien käyttöä uomakunnostuksissa on tutkittu ja kehitetty TKK:n ja SYKE:n yhteistyönä 1990 –luvun puolivälistä saakka (Jormola ym. 2003, Järvenpää 2004, Järvelä 2004, Näreaho ym. 2006). Menetelmien soveltamista peruskuivatushankkeissa testattiin koekohteiden avulla SYKE:n koordinoimassa, vuosina 2005-2007 toteutetussa hankkeessa ”Maatalousalueiden purojen luonnonmukainen kunnostus ja hoito” (PURO) .

Perinteisestä perkauksesta tulvasanteelliseen kaivuun

Peruskuivatuksen nykyaikainen toteuttaminen edellyttää uomien luontoarvojen selvittämistä hankkeen suunnittelu- vaiheessa. Perinteisen perkauksen sijaan puron vedenjohtokykyä parannetaan kaivamalla uoma poikkileikkaukseltaan kaksitasoiseksi. Uoman yläosa avarretaan tulvasanteiksi ja pohja jätetään koskematta. Tasanteiden alapuolelle jäävässä, kapeassa ja usein mutkittelevassa alivesiuomassa on eliöstölle riittävästi vettä myös vähävetisenä aikana ja jatkuva virtaus estää sitä liettymästä ja kasvamisesta umpeen. Tulvasanne on maaperästä ja rantakasvillisuudesta riippuen yleensä 40-60 senttimetriä alivesiuoman pohjaa korkeammalla ja vesi nousee sille ylivirtaamalla. Kaivu voidaan tehdä kuivatyönä, jolloin veden työnaikaiselta samentumiselta vältytään.

Tulvasanteen on todettu parantavan uoman luiskan kestävyyttä, koska se toimii tukipenkereenä korkealle luiskalle ja yhtenäisen luiskan korkeus madaltuu. Tasanne myös suojaa korkean luiskan herkkää tyveä voimakkaimmalta virtaukselta ja sen kasvillisuus on vahva eroosiosuoja. Tulvatilanteissa tasanne toimii kosteikon lailla sedimentin laskeutumisalustana.

Tulvasanteilla on mahdollista rajoittaa uoman pohjan leveys vastaamaan tyypillisiä vähäisen virtaaman tilanteita, vaikka uoma kokonaisuutena olisi-

kin mitoitettu kerran 20 vuodessa esiintyvän huippuvirtaaman mukaan.

- Pohjaleveyden säilyttäminen pitää yllä vesisyvyyttä ja lisää uoman reuna-alueen suojavaikutusta sekä turvaa kalojen ja pohjaeliöiden säilymisen uomassa.
- Tyypillisesti esiintyvien vähäisten virtaamien keskittyminen suppeammalle alueelle edesauttaa myös uoman auki pysymistä, tulvavirtaamien levittyessä kuitenkin koko uoman alalle.
- Antaa mahdollisuuden alivesiuoman mutkittelun ja monimuotoisuuden kehittymiselle, vaikka uoma kokonaisuudessaan olisi suora.

Tulvasanteiden ruohovartinen kasvillisuus toimii eroosiosuojana ja sitoo kiintoainesta, mutta tasanteelle mahdollisesti kasvavaa pensaikkoa on vaurauduttava poistamaan. Uoman vedenjohtokyvyn pieneneminen kasvillisuuden lisääntyessä ja tulvasanteen hoitokäytännöt vaativat tutkimista. Muita tutkimustarpeita ovat tulvasanteen toimiminen eri pituuskaltevuuksilla ja maaperillä, tasanteen vaikutukset sedimentin kulkeutumiseen ja pidättymiseen sekä alivesiuoman kehittyminen morfologian ja kalaston kannalta.

Uoman vahvistaminen kiviaineksen avulla parantaa myös kalaston elinolosuhteita

Uomien eroosio- ja syöpymisongelmia voidaan ehkäistä vahvistamalla uomaa kivimateriaalilla. Soraistukset ja kiveäminen sekä luovat habitaatteja kaloille ja muulle eliöstölle että suojaavat uomaa eroosiolta. Luonnonmukaisia, matalia pohjakynnyksiä rakentamalla voidaan ennaltaehkäistä eroosiohaittojen syntymistä ja samalla edesauttaa kalaston viihtymistä uomassa.

PURO- hankkeessa saatujen kokeuksien mukaan pienet maatalousalueiden purot voivat olla tärkeitä lisäintymisalueita muun muassa meritaimenelle. Pienimuotoisillakin kunnostustoimenpiteillä voidaan saada aikaan merkittävää poikastuotannon kasvua. Osittain maatalousalueella virtaavan Helsingin Longinojan kunnostaminen mutkittelua ja pohjan kiviainesta lisää-

mällä johti taimenen poikastiheyden moninkertaistumiseen (kuva 2).

Vesiensuojelu on osa nykyaikaista peruskuivatusta

Peruskuivatushankkeen yhteydessä voidaan toteuttaa erilaisia vesiensuojelutoimenpiteitä, kuten rakentaa lietekuoppia, laskeutusaltaita tai monivaikutteisia kosteikkoja uoman yhteyteen (kuva 3). Niiden avulla voidaan parantaa uoman ja sen alapuolisten vesistöjen vedenlaatua, lisätä monimuotoisuutta ja luoda vaihtelua maisemaan. Uomien perkaaminen aiempaa loivemmillä luiskakaltevuuksilla ehkäisee niiden erodoitumista ja edistää sitä kautta vesiensuojelua. Tulvasanteellisella kaivulla on pelkkään luiskien loiventamiseen nähden etuna sekä vesiensuojeluhuöty että monimuotoisuuden lisääntyminen.

Soveltamismahdollisuudet ja kehittämistarpeet

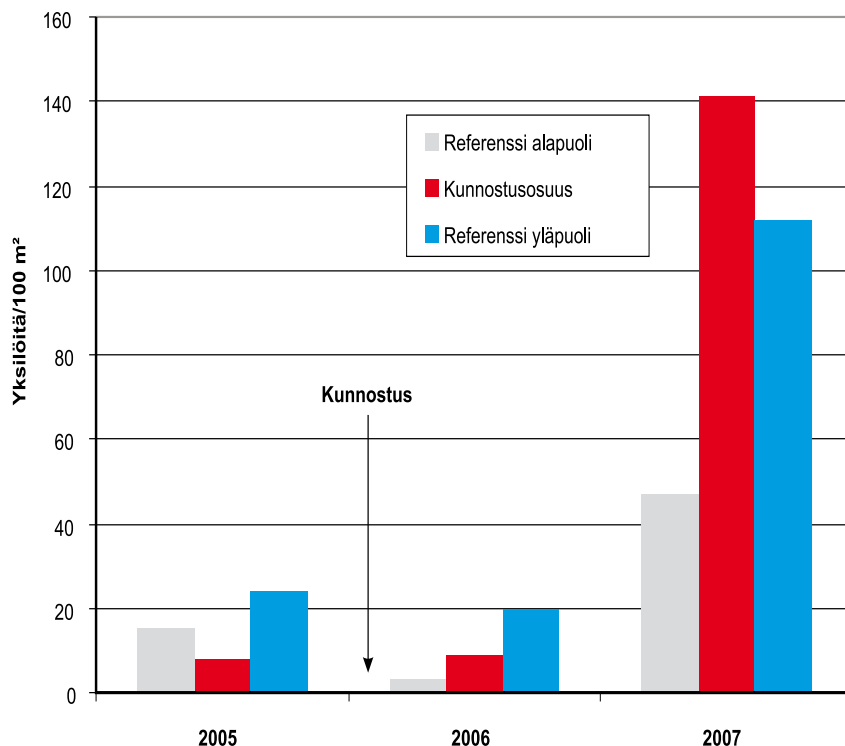
Ojitus toiminnan luonne on muuttunut. Ennen ojitukset käsiteltiin lähes poikkeuksetta ojitus toimituksissa ympäristökeskuksen määräämän toimitusinsinöörin huolehtiessa ojitus suunnitelman laatimisesta, mutta nykyään ojitus toimitusten määrä on vähentynyt ja kunnossapito ja peruskorjaushankkeet viedään läpi pääasiassa konsulttien tekemien tai päivittämien suunnitelmien pohjalta. Tämä osaltaan vaikeuttaa viranomaisten mahdollisuuksia ohjata suunnittelua ja tuoda uusia käytäntöjä osaksi peruskuivatustoimintaa.

Suunnitteluosaamisen siirtämiseksi uusille tekijöille on ympäristöhallinnossa laadittu opas maankuivatuksen ja kastelun suunnittelusta (Pajula ja Järvenpää 2007) sekä esite purojen hoidosta maatalousalueilla (Sarvilinna ym. 2008). Julkaisuissa on pyritty tuomaan esille uusia näkökulmia peruskuivatuksen toteuttamiseen. Ympäristöhallinto on myös järjestänyt vuosittain koulutustilaisuuksia, joihin on osallistunut suunnittelijoita ja työn valvoja. Ohjeistamisen lisäksi uusien menettelytapojen käyttöönotto tarvitsee myös nykyistä tehokkaampia ohjauskeinoja.

Valtio tukee peruskuivatusta maatalouden kehittämISRahaston (MAKERA) varoista. Tuen myöntämisen edellytyksenä on, että vesien-



Kuva 1. Tulvatasanteen kaivua Perniön Juottimenojalla, jossa esiintyy meritaivementa. Tulvatasanteet kaivetaan erikseen uoman molemmilta puolilta tai leveämpänä vain toiselle puolelle. Kuva Liisa Laitinen.



Kuva 2. Taimenen poikastihedetyt kasvoivat merkittävästi Helsingin Longinojalla kunnostuksen jälkeen vuonna 2007. Nousu oli suurempi kunnostusosuudella kuin yläpuolisella referenssiosuudella. Kuva Ari Saura.

suojelu ja kohdealueen ympäristöarvot otetaan hankkeessa huomioon. Tuen osuus voi olla korkeintaan 50 prosenttia hankkeen kokonaiskustannuksista. Peruskuivatustuen yhteydessä MAKERA:n varoista voidaan myöntää harkinnanvaraisiin ympäristön hoitotoimenpiteisiin täysmääräistä avustusta. Toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi kosteikon rakentaminen tai eroosiosuojaukset. Lisäksi maatalouden ympäristö- ja investointituen avulla on mahdollista perustaa monivaikuttaisia kosteikkoja ja palauttaa tulva-alueita.

Peruskuivatuksessa tulisi jatkossa kiinnittää huomiota maatalous-, ympäristö- ja kalatalousviranomaisten, peruskuivatustoimijoiden ja muiden intressiryhmien välisen yhteistyön ja tiedonkulun kehittämiseen. Uusien me-

netelmien laajamittaisempi käyttöön-otto ja purojen ekologisen arvon aiempaa tehokkaampi huomioiminen edellyttää menetelmien pitkäaikaisvaikutusten tutkimista. Toimenpiteiden tavoitteiden asettelun koskettaessa yhä useampaa tieteenalaa, olisi poikkitieteellinen tutkimus myös kehitystyössä tarpeen.

Kirjallisuus

Jormola, J., Harjula, H. ja Sarvilinna, A (toim.). 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen - Uusia näkökulmia vesistösuunnitteluun. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja 631.

Järvelä 2004. Flow resistance in environmental channels: focus on vegetation. Teknillisen korkeakoulun ja vesitalouden julkaisuja. TKK-VTR 1.

Järvenpää, L. 2004. Tavoitetilan määrittäminen virtavesikunnostuksessa – esimerkkinä Nuuksion Myllypuro. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja 737.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2008. Purot – elävää maaseutua. Purokunnostusopas.

Näreaho, T., Jormola, J., Laitinen, L. ja Sarvilinna, A. 2006. Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnossapito. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja 52/2006.

Pajula, H. ja Järvenpää, L (toim.). 2007. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu - Työryhmän mietintö. Suomen Ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2007.

Sarvilinna, A., Laitinen, L., Järvenpää, L. ja Jormola, J. 2008. Purojen hoito maatalousalueilla. Luonnonmukainen peruskuivatus. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen esite. 12 s. ♠

OIKEUS MAANKUIVATUKSEEN JA KUIVATUSHANKKEEN TOTEUTTAMINEN

Nykyaikainen taloudellinen viljelytekniikka edellyttää yleensä toimivaa salaoitusjärjestelmää, jonka edellytyksenä on tehokas peruskuivatus. Peruskuivatuksella tarkoitetaan maan kuivattamiseksi suoritettavaa valtaojien perkausta ja pienehköjä pengerryksiä sekä purojen vedenjohtokyvyn parantamista. Suomen viljelyssä oleva peltopinta-ala on ainakin kertaalleen peruskuivatettu. Pääosa pelloista on kuitenkin ojitettu jo ennen 1970-lukua, joten odotettavissa on todennäköisesti ojituksen peruskorjauskausi, koska ojitukset ovat päässeet rappeutumaan paikoin niin, että uomat on perattava kokonaan uudestaan.



HEIKKI PAJULA
kehitysinsinööri
Suomen ympäristökeskus
E-mail: heikki.m.pajula@ymparisto.fi

Lainsäädäntöön perustuva ojitusoikeus viljelys- tai metsämaan kuivattamiseksi periytyy kaukaa historiasta. Jo vuonna 1868 annetussa asetuksessa oli säädetty niistä ojitusta koskevista periaatteista, jotka osataan muodostivat vuonna 1902 säädetyn vesioikeuslain. Maanomistajalle suotiin oikeus tehdä oja tietyin ehdoin vaikka toisen maalle, jos se maan kuivattamiseksi oli tarpeellista. Sama periaate on säilynyt nykyisessä 1.4.1962 voimaan tullessa vesilaisissa. Vireillä olevassa vesilain uudistamisessakin ollaan säilyttämässä ojitusoikeudet pääosin ennallaan.

Vesilaisissa ojituksesta on säädetty 6. luvussa ja ojitustoimituksesta 19. luvussa. Pienehköstä ojituksesta maanomistajat voivat sopia keskenään, mutta isompi ja sellainen ojitus, josta ei päästä sopimukseen, on käsiteltävä alueelliselta ympäristökeskukselta haettavassa ojitustoimituksessa.

Ojituksesta aiheutuvien vahinkojen ehkäiseminen ja korvaaminen

Ojitus on toteutettava ja kunnossapidettävä siten, ettei toiselle kuuluvalle alueella aiheudu vahingollista vetymistä tai muuta vahinkoa. Toisen maalle tehtävä oja on sijoitettava niin,

että siitä on maan omistajalle mahdollisimman vähän haittaa. Ilman toisen suostumusta avonaista ojaa eikä em. rakenteita saa tehdä toisen tontille, rakennuspaikalle, puutarhaan, varastopaikalle, uimarannalle tai muulle erityiseen käyttöön otetulle alueelle eikä myöskään salaojitetulle alueelle. Kaikki ojituksesta johtuvat vahingot on korvattava.

Ympäristölupaviraston luvan tarve

Joissakin tapauksissa ojitukseen on hankittava ympäristölupaviraston lupa. Lupa tarvitaan, jos ojitus

- muuttaa vesistön asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta, vedenjuoksua tai muuttaa vesiympäristöä siten, että siitä aiheutuu vahinkoa tai haittaa yleiselle tai yksityiselle edulle (VL 1:15)
- haittaa toisten pohjaveden hankintaa (VL 1:18)
- voi aiheuttaa ympäristönsuojelulain 3 §:n 1 momentin 1 kohdassa tarkoitetun pilaantumisen vesialueella (VL 1:19).

Käytännössä ympäristölupaviraston luvan tarve tavanomaisissa ojitushankkeissa on melko harvinaista. Yleensä lupa on tarpeellinen pu-

roluokan ojitushankkeissa, joissa perkauksesta saattaa aiheutua haittaa kalastukselle. Jos ympäristölupaviraston lupa tarvitaan, on ojitusasia käsiteltävä VL 19 luvun säännösten mukaisesti ojitustoimituksessa.

Ojitussuunnitelman käsittely ojitustoimituksessa

Ojitustoimituksen pitäminen tulee yleensä tarpeelliseksi useita tiloja koskevilla yhteisillä ojitushankkeissa. Jos ojitustoimituksessa ei ole tarpeen vahvistaa ojitussuunnitelmaa, voidaan ojitustoimituksen sijasta pitää yhden kokouksen toimituskokous.

Ojittamiseen ei saa ryhtyä ennen kuin asia on ollut vesilain 19 luvun säännösten mukaisesti ojitustoimituksessa käsiteltävänä, jos

- 1) kysymys on ojituksesta, johon vesilain 6 luvun 2 §:n mukaan siinä tarkoitetuilta osin tarvitaan ympäristölupaviraston lupa,
- 2) ojitukseen sisältyy tulva-alueen poistaminen tai pienentäminen tahi vesilain 6 luvun 1 §:n 2 momentissa tarkoitetun pienehkön järven laskeaminen taikka kun ojituksen johdosta vesien virtaamissuunta huomattavasti muuttuu tahi ojitusta varten on tarpeen tehdä suoja-penger tai pumppuasema toisen maalle,

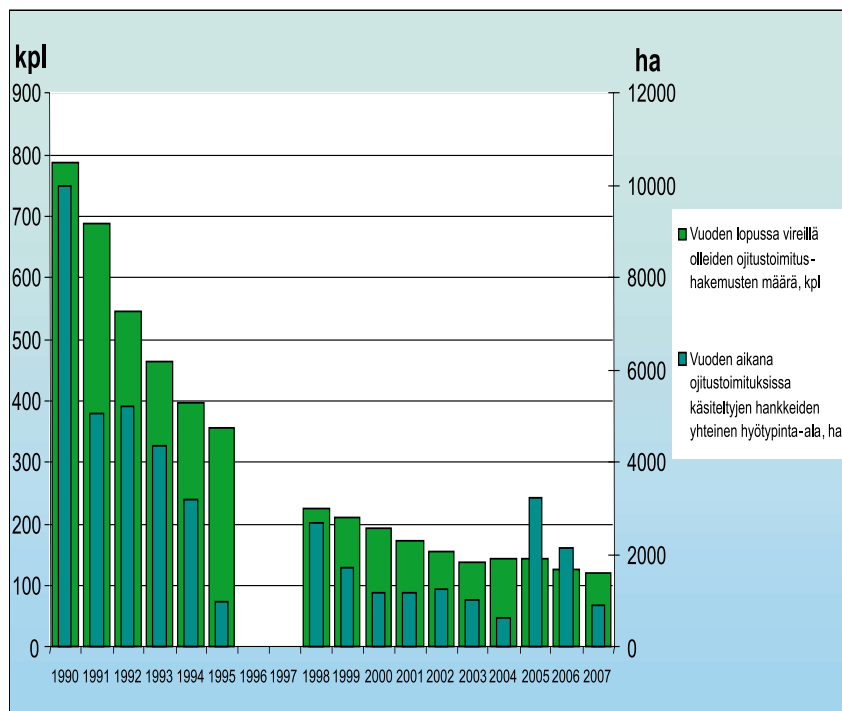
- 3) oja on tehtävä yleisen tien, rautatien tai muun kiskoradan alitse taikka sellaisen tien poikki johtavaa uomaa on suurennettava eikä tienpitäjän taikka rautatien tai muun kiskoradan omistajan suostumusta ole toimenpiteeseen saatu, taikka
- 4) sopimusta yhteisestä ojituksesta ei saada aikaan.

Vuodesta 1997 lähtien ojitustoimituksen hakija on voinut toimittaa hakemuksen yhteydessä toimituskäsittelyyn ojitussuunnitelman. Jos hakija ei sitä toimita, on toimitusinsinöörin huolehdittava ojitussuunnitelman laatimisesta. Toimitusinsinööri on kuitenkin aina vastuussa suunnitelman asianmukaisuudesta, ja on velvollinen tekemään tai teettämään siihen tarvittavat muutokset.

Ojitustoimituksessa pidetään alku- ja loppukokous ja annetaan toimitusmiesten päätös. Alkukokouksen tarkoituksena on asianosaisten kuuleminen ojitussuunnitelman tavoitteiden ja perusteiden selville saamiseksi ja tarkistamiseksi. Loppukokouksessa toimitusinsinööri esittelee vahvistettavan suunnitelman, sen hyödyt, haitat ja vahingot sekä vahingonkorvausten maksamisen. Asianosaiset voivat esittää kokouksessa suunnitelmaa koskevat huomautuksensa sekä sellaiset vaatimukset ja selvitykset, joiden esittämiin he katsovat olevan aiheita.

Loppukokouksen tai toimituskokouksen tultua pidetyksi toimitusmiesten on annettava päätös, jossa on vahvistettava ojitussuunnitelma, milloin sellainen on laadittu, ja annettava ratkaisu tehdyistä muistutuksista ja vaatimuksista, sekä tarvittavat määräykset siitä, miten ojitusyrittäjä muutoin on pantava toimeen. Päätöksessä on myös määrättävä, onko havaitusta vahingosta sekä mihin määrään suoritettava korvaus, vaikkei korvausvaatimusta ole tehty. Niin ikään on päätöksessä, mikäli ojitusasiassa on näistä seikoista kysymys, arvioitava ojituskustannukset sekä toimitettava menojen osittelu ja annettava määräykset vastaisesta ojan kunnossapidosta.

Ojitustoimituksessa annettuun päätökseen voi hakea muutosta Vaasan hallinto-oikeudelta se, jonka oikeut-



Kuva 1. Ojitustoimitushakemukset ja ojitustoimituksissa käsiteltyjen hankkeiden yhteinen hyötyala vuosina 1990-2007 (vuosina 1996-1997 tietoja ei kysyty).

ta tai etua asia saattaa koskea ja julkisen edun valvojana alueellinen ympäristökeskus sekä työvoima- ja elinkeinokeskus kalatalousviranomaisena. Vaasan hallinto-oikeuden päätöksestä on mahdollista valittaa korkeimmalle hallinto-oikeudelle.

Sopimusojitus

Jos ojitus on tarkoitus toteuttaa ilman ojitustoimitusta, eikä suunnitelmaa näin ollen ole tarpeen vahvistaa, voidaan toteuttaminen hoitaa ns. sopimusojituksena. Sopimussuunnitelman pysyvyys ja velvoittavuus on heikompi kuin ojitustoimituksessa käsitellyn suunnitelman. Sopimus sitoo vain sen allekirjoittaneita henkilöitä, kun taas toimituksessa vahvistetun suunnitelman velvoittavuus seuraa tilaa omistajasta riippumatta.

Sopimusojitus edellyttää yleensä kaikkien hyödynsaajien mukana olemista. Jos joku hyödynsaajista ei halua osallistua hankkeeseen, hänet voidaan jättää pois, mikäli muut hyödynsaajat ottavat hänen kustannusosuutensa hoitaakseen.

Sopimusojituksen toteuttamiseen tulee hankkia myös hyötyalueen alpuolisen työosuuden maanomistajien

suostumus. Ellei em. maanomistajien suostumusta saada, oikeutta työn suorittamiseen voidaan hakea kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta.

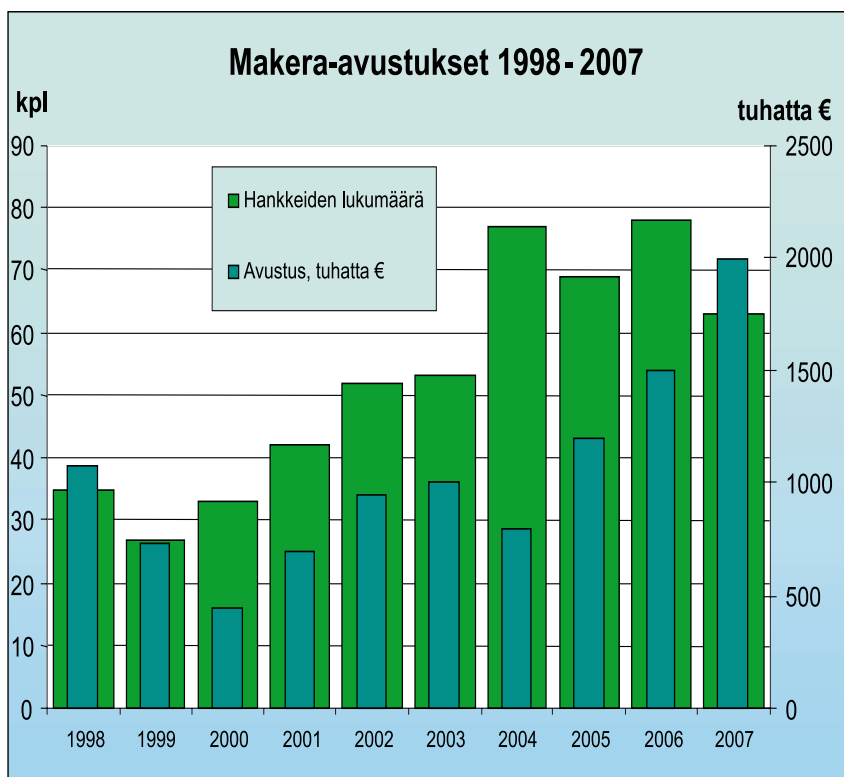
Ojitusyhtiö ja ojituksen toteutus

Yhteisen ojituksen toimeenpanemista varten on perustettava ojitusyhtiö, milloin hyödynsaajia on vähintään kaksi ja ojitukseen on hankittava ympäristölupaviraston lupa tai sopimusta yhteisestä ojituksesta ei saada aikaan. Ojitusyhtiö huolehtii ojituksen toteuttamisesta ja ojituksen kunnossapidosta.

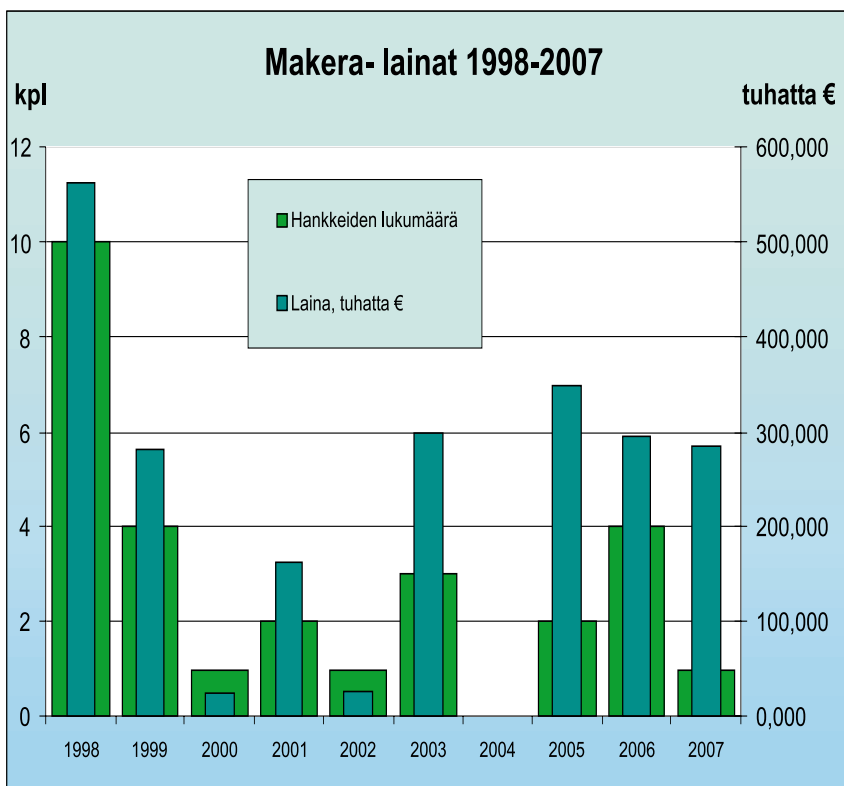
Ojitushanke on toteutettavissa täysin omarahoitteisesti tai valtion myöntämällä rahoitustuella yhdistettynä omaan rahoitukseen. Toteutuskustannukset jaetaan hyödyn suhteessa laaditun kustannusosittelun mukaisesti.

Valtion tuki

Valtion osallistuminen kuivatushankkeen toteuttamiseen perustuu peruskuivatusoiminnan tukemisesta annettuun lakiin (TukL 947/1997) ja vastaavaan asetukseen (TukA 530/1998). Valtion tuki voidaan myöntää joko pelkkänä avustuksena tai pelkkänä lai-



Kuva 2. Maatilatalouden kehittämistärahastosta (Makera) ojituksiin myönnetty avustukset vuosina 1998-2007.



Kuva 3. Maatilatalouden kehittämistärahastosta (Makera) ojituksiin myönnetty lainat vuosina 1998-2007.

nana tai näiden yhdistelmänä. Valtion tuen myöntää hakemuksesta paikallinen TE-keskus käytettävissä olevien määrärahojen puitteissa.

Lain mukaan tuki myönnetään pääsääntöisesti avustuksena, jolloin ojitusyhtiö teettää työn ns. osakastyönä. Hanke voidaan toteuttaa myös osittain tai kokonaan valtiontyönä, jolloin sille voidaan myöntää yksinomaan valtionlainaa tai sitten avustusta ja valtionlainaa. Avustusta voidaan koko maassa myöntää joitain poikkeuksia lukuun ottamatta enintään 50 prosenttia hyväksyttävistä kustannuksista. Valtiontyön tuki eli avustuksen ja lainan yhteismäärä ei saa ylittää 90 prosenttia hyväksyttävistä kustannuksista. Se osuus kustannuksista, jota valtion tuki ei kata eli omarahoitusosuus, on rahoitettava joko rahalla, osakkaiden omalla työllä tai esimerkiksi tarvikkehankintoina. Valtionlainan takaisinmaksuaika on yksityisellä lainasaajalla enintään 15 vuotta. Valtion, liikelaitoksen, kunnan, seurakunnan, säätiön, yhtiön tai muun yhteisön saama laina peritään takaisin enintään viidessä kannossa sen mukaan kun TE-keskus rahoituspäätöksessään päättää. TE-keskus voi kuitenkin päättää, että maataloutta pääelinkeinonaan harjoittavalle yhtiölle tai muulle yhteisölle tulevan lainan laina-aika on enintään 15 vuotta.

Ympäristönsuojelun ja -hoidon huomioiminen valtion rahoituksessa

Avustuksen enimmäismäärää voidaan korottaa enintään 20 prosenttiyksikköä, jos hankkeessa tarvittavat vesienpuhdistustoimenpiteet tai rakennatkorjaukset ovat erityisen kalliita. Harkinnanvaraiset ympäristönsuojelu- ja -hoitotoimenpiteet voidaan myös rahoittaa kokonaan avustuksella, jolloin niitä ei oteta huomioon määriteltäessä hankkeelle myönnettävää muuta avustusosuutta.

Avustusosuutta voidaan korottaa 20 prosenttiyksiköllä myös, jos merkittävä osa hankkeen kustannuksista johtuu sellaisten liettymis- tai tulvavahinkojen poistamisesta, joiden syynä ovat hankkeen yläpuolisella valuma-alueella tehdyt toimenpiteet. Näiden avustusta korottavien seikkojen käyttö on täysin rahoituspäätöksen tekijän harkinnassa (Tuka 7 §). ♦

MAAPERÄN HAPPAMUUS VESIENHOIDON SUUNNITTELUSSA

Litoriinamaat, rikkimaat, happamat sulfaattimaat, alunamaat ja mustasavet kuvaavat kaikki samaa asiaa. Nämä alueet ja niiden aiheuttamat ongelmat on tunnettu jo pitkään. Esimerkiksi vuonna 1834 asiaa kuvattiin Kyrönjoella seuraavasti: ”Syyskuussa 25. – 27. päivä oli vesi niin kirkasta vain Merikaarron kylässä että saattoi nähdä selvästi syvimmästäkin paikasta joen pohjaan ja tällä ajalla kuolivat kalat.”

LIISA MARIA RAUTIO
erikoisasiantuntija
Länsi-Suomen ympäristökeskus
E-mail: liisa.rautio@ymparisto.fi

Vaikka ilmiö on tunnettu pitkään, emme vieläkään pysty hallitsemaan maaperän happamuutta ja sen aiheuttamia haittoja. Vielä nykyisinkin maaperästä lähtevä happamuus, veden kirkastuminen, korkeat metallipitoisuudet ja kalakuolemat koetaan yllätyksinä. Emme myöskään tiedä, mitkä alueet ovat erityisen happamia tai miten erilaiset toimenpiteet vaikuttavat happamuuteen.

Yleensä maaperän happamuuteen kiinnitetään huomiota vasta, kun kalat kuolevat tai tapahtuu jotain muuta dramaattista. Viimeksi näin tapahtui talvella 2006 – 2007, kun pitkän kuivan kesän jälkeen suuria happamuuskuormia lähti liikkeelle Siikajoelta Isojoelle ulottuvalla alueella. Kun happamuuden näkyvät ongelmat poistuvat, unohtuu myös maaperän happamuuden huomiointi. Happamat maat ovat kuitenkin pysyvä ongelma ja ne ulottuvat Pohjanlahden rannikolla keskimäärin 60 metrin korkeuteen ja paikoitellen jopa tasolle 80 -100 m.

Vesienhoidon keskeinen ongelma Pohjanmaalla

Maaperän happamuus on esillä viime vuonna valmistuneessa Kiskonjoelta Lestijoelle ulottuvan ns. läntisen vesienhoitoalueen keskeisten kysymysten asiakirjassa (Länsi-Suomen ympäristökeskus, 2007). Maaperän happamuudesta johtuvat ongelmat on todettu varsinkin Pohjanmaan jokien keskeiseksi ja vaikeimmin ratkaistavaksi ympäristöongelmaksi. Happamuusongelmat näkyvät isoissa vesistöissä varsinkin Perhonjoen, Luodon- ja Öjanjärven ja siihen laskevien jokien, Lapuanjoen, Kyrönjoen ja Närpiönjoen alueella.

Maaperän happamuus vaivaa eri-

tyisesti rannikon pieniä vesistöjä, jotka sijaitsevat kokonaisuudessaan korkeudella 0 – 60 metriä merenpinnasta. Tällaisia jokia ovat esimerkiksi Kälviänjoki, Laihianjoki ja Sirppujoki. Monien pienten jokien valuma-alueella jopa yli puolet pelloista on mahdollisia happamia sulfaattimaita. Veden tilan kannalta kriittisiä tilanteita voi esiintyä jo silloin, kun valuma-alueesta muutama prosentti, 2- 5 prosenttia, on happamia sulfaattimaita (Rantala,1991).

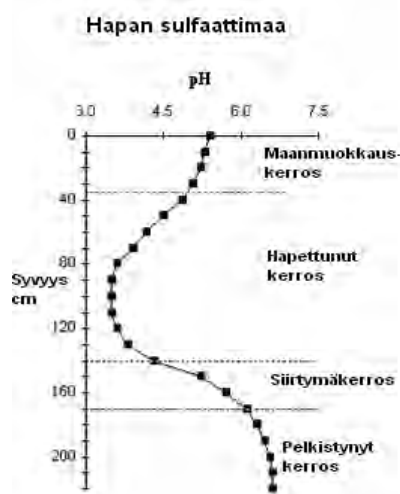
Kevään 2008 aikana on ympäristökeskuksissa ympäri Suomea valmisteltu vesienhoidon toimenpideohjelmiä, joissa selvitetään keinoja vesien hyvän ekologisen ja kemiallisen tilan saavuttamiseen vuoteen 2015 mennessä. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella maaperän happamuus ja sen hallintaan liittyvät toimet ovat nousseet keskeiseksi kysymykseksi, ja maaperän happamuudesta ollaan laatimassa myös erillistä osaohjelmaa Luodon- ja Öjanjärven ympäristössä. Maaperän happamuus tulee nousemaan esille myös Varsinais-Suomessa ja Pohjois-Pohjanmaalla laadittavissa vesienhoidon toimenpideohjelmissä.

Korkeita metallipitoisuuksia

Happamuus lisää monien metallien liukoisuutta. Metallit vapautuvat sulfaattimaiden maaprofiileista kuivalla kaudella ja huuhtoutuvat sen jälkeen sadekausina. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että alumiinia, beryllä, kadmiumia, kobolttia, litiumia, nikkeliä, mangaania, rubidiumia, talliumia, uraania ja sinkkiä on suuria määriä sulfaattimaiden läpi virtaavissa vesistöissä (mm. Palko, 1994 ja Sundström 2005). Sama havainto on tehty myös Geologisen tutkimuslaitoksen vuonna 1990 toteuttamassa valtakunnallisessa purokartoituksessa.



Kuva 1: Euroopan suurimmat happamat sulfaattimaaesintymät ovat Suomessa Pohjanlahden rannikolla alle 60 metrin korkeudessa (Palko, 1994).



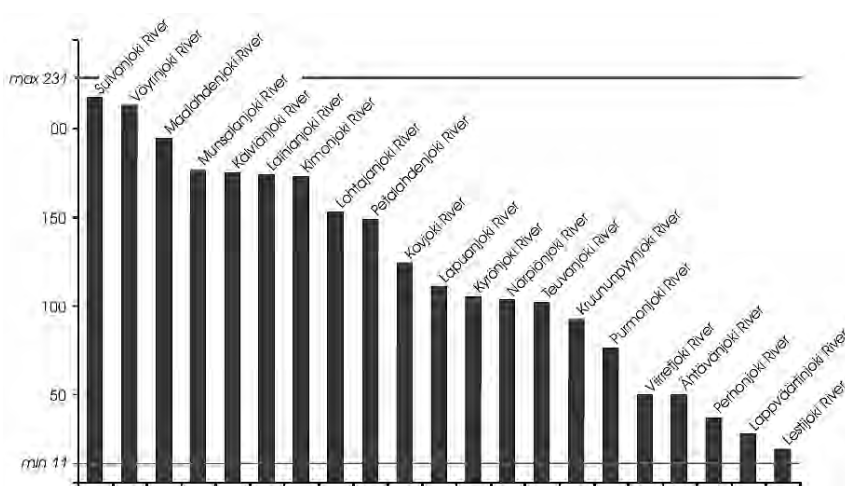
Kuva 2: Happamuutta ja metalleja vapautuu happamien sulfaattimaiden hapettuneesta kerroksesta kuivatustilanteesta riippuen (muokattu kuva: Österholm & Åström, 2002).

Jokien metallipitoisuuksien seuranta on osa ympäristöhallinnon veden laadun seurantaa. Kun Pohjanmaan jokien metallipitoisuuksia verrataan EU:ssa valmisteilla olevaan prioriteettiainedirektiiviluonnoksen mukaiseen laatuunormiin, niin voidaan todeta, että Lapuanjoella, Kyrönjoella ja Närpiönjoella varsinkin kadmiumpitoisuuden vuosikeskiarvot (kokonaispitoisuus) ylittävät laatuunormin (liukoinen pitoisuus). Osin ylittyy myös sinkin laatuunormi. Lestijoen, Perhonjoen ja Lapväärtinjoen- Isojoen tulokset eivät ainakaan 2000-luvulla ylitä mainittuja laatuunormeja.

Koska pienten jokien metallipitoisuuksista on erittäin vähän tietoja ja lähes kaikki aikaisemmat määritykset ovat kokonaispitoisuuksia, on kevään 2008 aikana selvitetty eräiden Pohjanmaan pienten jokien metallipitoisuuksia. Selvityksen yhteydessä havaittiin, että kadmium ja nikkeli olivat happamissa jokivesissä kokonaisuudessaan liukoissa muodossa (0,45 µm:n kalvosuodatus) ja alumiinikin oli pääosin liukoista. Huhtikuussa 2008 mitatut metallipitoisuudet ylittivät lisäksi selvästi prioriteettiainedirektiiviluonnoksen mukaisen kadmiumin laatuunormin 0,08 µg/l (raja-arvo riippuu CaCO₃-pitoisuudesta) ja nikkelin laatuunormin 20 µg/l.

Taulukko 1: Eräiden Pohjanmaan pienten jokien liukoisten metallien pitoisuuksia huhtikuussa 2008.

Näytteenottoaika	pH	pitoisuus (µg/l)		
		Al liuk. (µg/l)	Cd liuk. (µg/l)	Ni liuk. (µg/l)
		0,45µm	0,45µm	0,45µm
Kälviänjoki, Kälviä	4,4	2800	0,25	21
Hongabäcken, Kokkola	4,5	2400	0,24	21
Munsalanjoki, Uusikaarlepyy	4,4	3100	0,29	27
Kimojoki, Oravainen	4,5	2700	0,23	24
Vöyrinjoki, Vöyri	4,4	5900	0,44	74
Laihianjoki, Mustasaari	4,5	3700	0,35	72
Sulvanjoki, Mustasaari	4,4	4900	0,45	68
Maalahdenjoki, Maalahti	4,9	1800	0,19	25
Kyläjoki, Jurva	4,5	2100	0,16	23
Orismalanjoki, Isokyrö	4,7	1800	0,23	42
Lehmäjoki, Isokyrö	4,7	1800	0,25	39



Kuva 3: Maaperän happamuus lisää merkittävästi Pohjanmaan jokien metallikuormitusta. Roos & Åström (2005) ovat vertailleet Pohjanmaan jokien suhteellista metallikuormitusta.

Näyttääkin ilmeiseltä, että maaperän happamuuden seurauksena Pohjanmaalta löytyy useita jokia ja puroja, jotka vesipuitteedirektiivin ja prioriteettiainedirektiivin kannalta ovat huonossa tilassa. Happamuus on vaikuttanut merkittävästi myös Pohjanmaan jokien ekologiseen tilaan. Sulfaattimaa-alueiden joet ovat ekologiselta luokaltaan välttäviä tai huonoja. Maaperän happamuudesta kärsiviin vesistöihin tulee jatkossa kiinnittää enemmän huomiota.

Pohjanmaan vesistöjen hyvän ekologisen ja kemiallisen tilan saavuttaminen edellyttää selkeää puuttumista maaperän happamuuteen.

Lisää tietoa tarvitaan

Maaperän happamuuden hallinta edellyttää lisää tutkimus- ja kehitystyötä. Geologian tutkimuskeskuksen johdolla toteutetaan parhaillaan Esihasu-nimistä hanketta, jossa kartoitetaan maaperän happamuuteen liittyvät keskeiset tutkimus- ja kehitystarpeet. Hankkeessa on mukana laaja joukko alan toimijoita, muun muassa Suomen ympäristökeskus, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitos ja useita paikallisia järjestöjä ja viranomaisia. Hanke jakautuu neljään osaan:

1. happamien sulfaattimaiden kartoitus,
2. happamuuden seuranta ja biologiset vaikutukset,
3. happamuuden torjuntamenetelmät ja
4. happamuuteen liittyvä tiedonvälitys.

Happamien sulfaattimaiden sijainnista ja huuhtoutumisriskistä tarvitaan kattavaa ja vertailukelpoista tietoa. Kartoituksessa tulee viljelysmaiden lisäksi huomioida myös metsämaat, jotka on aikaisemmin pääosin jätetty kartoitusten ulkopuolelle, sillä myös metsätalous voi selvästi lisätä happamuusongelmia.

Suurin tutkimus- ja kehitystarve koskee maaperän happamuuden hallintakeinoja. Tarvitaan lisää tietoa nykyisin käytössä olevien toimenpiteiden, kuten säätösalaajituksen, kalkkisuodinojituksen ja kuivatusolojen säädön, vaikutuksista. Lisäksi tulee selvästi panostaa uusien menetelmien kehittämiseen, sillä nykyisin käytössä olevat menetelmät eivät ole riittäviä.

Happamuuden hallinnassa ei voida jäädä odottamaan vain uutta tutkimustietoa, vaan jo nyt tiedossa olevia toimenpiteitä tulee käyttää ympäristötehokkaasti. Tarvitaan happamuusongelmiin liittyvää tietoa ja neuvontaa, jotta sekä viljelijä että vesistö saavat säätösalaajituksesta parhaan mahdollisen hyödyn, maansiirtourakoitsijat tunnistavat happamat sulfaattimaat ja metsäojituksen suunnittelija voi minimoida sulfaattimailla tehtävät kaivutyöt.

Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa

Merkittävistä vaikutuksistaan huolimatta happamat sulfaattimaat ovat vähällä huomiolla suomalaisessa lainsäädännössä ja tukipolitiikassa. Myös valtioneuvoston hyväksymässä periaateohjelmassa vesiensuojelun suuntaviivoista vuoteen 2015 happamat sulfaattimaat ovat mukana lähinnä taustaselvityksissä (Nyroos, 2006).

Maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön johdolla onkin aloitettu valtakunnallinen esiselvitys happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämismahdollisuuksista. Selvitystyön yhteydessä kartoitetaan nykyisen lainsäädännön ja tukijärjestelmän mahdollisuudet ja mietitään kehittämistarpeita. Happamien sulfaattimaiden hallinnan kansallisten suuntaviivojen pohjaksi tarkoitettu selvitys valmistuu syksyllä 2008. Tässä kirjoituksessa onkin osin hyödynnetty kyseistä selvitystä, jota ovat laatineet Sofia Zित्रa Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta ja Markku Yli-Halla Helsingin Yliopistosta.

Maaperän happamuuden hallinta edellyttää laaja-alaista yhteistyötä ja monipuolisia menetelmiä. Ensimmäisen tärkeää on pitää sulfidikerrokset pohjaveden pinnan alapuolella. Mitä vähemmän tehostamme happamien alueiden kuivatusta sitä vähemmän meillä on yllättäen kirkkaita puroja, haitallisen korkeita metallipitoisuuksia ja happamuudesta johtuvia kalakuolemia.

Kirjallisuus

- Länsi-Suomen ympäristökeskus: Yhteenveto vesienhoidon keskeisistä kysymyksistä Kokemäenjoen- Saaristomeren – Selkämeren vesienhoitoalueella. 2007.
- Nyroos, H. et al.: Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 – Taustaselvityksen lähtökohdat ja yhteenveto tuloksista. Suomen ympäristö 55/2006.
- Palko, J.: Acid sulphate soils and their agricultural and environmental problems in Finland. Oulun Yliopisto. 1994.
- Rantala, A.: Vesistöjen kalkitus happamien sulfaattimaiden vaikutusalueella. Vesihallituksen julkaisuja sarja A 78. 1991.
- Roos, M. & Åström M.: Hydrochemistry of rivers in an acid sulphate soil hotspot area in western Finland. Agricultural and Food Science. 2005.
- Sundström, R.: Läckage av syra och metall från dikad jordbruksmark – En naturvetenskaplig och juridisk granskning. Åbo Akademi. 2005.
- Österholm, P. & Åström, P.: Spatial trends and losses of major and trace elements in agricultural acid sulphate soils distributed in the artificially trained Rintala area W. Finland. Åbo Akademi. 2002. ◆

SG-VALURAUDALLA MENNÄN PITKÄLLE

SG-valurauta on vuosi vuodelta vahvistunut mainettaan kestävä ja luotettava materiaalina juoma- ja jätevesien paineputkijärjestelmissä.

SG-valurauta kestää ja se mukautuu ympäristön moninaisiin vaatimuksiin.



SAINT-GOBAIN
PIPE SYSTEMS

Merstolantie 16, 29200 HARJAVALTA
Nuijamiestentie 3 A, 00400 HELSINKI
Puh. 0207 424 600, fax 0207 424 601
E-mail: sgps.finland@saint-gobain.com
www.sgps.fi



PARASTA LAATUA MAAILMAN PARHAIMMALLE VEDELLE

ONKO VERKOSTOSI TURVATTU ?

SFS - EN 1717

Vesilaitteistoissa olevan talousveden suojaaminen saastumiselta ja laitteille asetetut yleiset vaatimukset takaisinvirtauksen aiheuttaman saastumisen ehkäisemiseksi



Suojauslaitteet nesteluokka 4 vesille

BA "Takaisinvirtauksen estin koestettavissa olevalla, säädetyllä painealueella"

Watts **BA 909 TURVAVENTTIILIT**

Vapaaseen ilmatilaan purkautuva välitila, jonka molemmin puolin on yksisuuntaventtiili koestettavissa



KOESTUSLAITTEET

SALAOJITUS JA SAVIPELTOJEN RAVINNEKUORMITUS



MAIJA PAASONEN-KIVEKÄS
TkL, tutkija
Teknillinen korkeakoulu,
vesitalous ja vesirakennus
E-mail: maija.paasonen@tkk.fi

PERTTI VAKKILAINEN
professori
Teknillinen korkeakoulu,
vesitalous ja vesirakennus
E-mail: pertti.vakkilainen@tkk.fi

TUOMO KARVONEN
professori
Teknillinen korkeakoulu,
vesitalous ja vesirakennus
E-mail: tuomo.karvonen@tkk.fi



KUVAI MAIJA PAASONEN-KIVEKÄS

Kuva 1. Tutkimusalueen pintakerrokset olivat jatkuvassa muutostilassa sääolosuhteiden ja viljelytoimenpiteiden seurauksena. Maahan muodostui useiden senttimetrin levyisiä ja suurimmillaan ainakin 60 senttimetrin syvyyteen ulottuvia halkeamia kuivina aikoina. Maan vetyessä se menetti rakenteensa ja kantavuutensa (alakuva).

Hyvin toimiva salaojitus vähentää pintavaluntaa ja sen mukana kulkeutuvaa fosforikuormaa, mikä on ensiarvoisen tärkeää vesiensuojelussa. Savimaissa oikovirtaukset saattavat kuitenkin kuljettaa merkittäviä määriä eroosioainesta, fosforia ja typpä muokkauskerroksesta salaojiin ja edelleen pintavesiin. Salaojien kautta tulevan kuormituksen vähentäminen asettaa haasteita sekä viljelymenetelmille että salaojitustekniikalle.

Etälä- ja Lounais-Suomessa, missä salaojituksen osuus on keskimäärin 75 prosenttia peltopinta-alasta, valtaosa pelloista on eroosioherkkiä savimaita. Varsinkin näillä seuduilla salaojituksella voidaan saada välittömiä vesiensuojellisia hyötyjä pintavalunnan ja sen kiintoaine- ja fosforikuorman vähenemisen myötä. Useissa tutkimuksissa todettua tyyppien huuhtoutumisen lisäystä salaojituksen seurauksena ei Suomessa ole pidetty kovin haitallisena toisin kuin useissa muissa maissa, koska fosfori on useimmiten pintavesiemme rehevöitymistä säätelevä minimitekijä.

Savimaissa veden virtaus salaojiin eroaa karkeammista kivennäismaista johtuen pääasiassa siitä, että muokkauskerroksen alapuolisen pohjamaan vedenjohtavuus on hyvin pieni. Tällöin vesi virtaa salaojiin pääasiassa salaojakaivannon täyttömaan ja sorasilmäkkeiden sekä maassa olevien suurten huokosten eli makrohuokosten kautta niin sanottuina oikovirtauksina. Makrohuokosia (halkaisija > 0,03 mm) syntyy maan kuivumishalkeilun, juurikanavien, lierojen kaivamien reikien, roudan ja maan muokkauksen seurauksena. Oikovirtaukset voivat joko lisätä tai vähentää aineiden kulkeutumista salaojiin riippuen niiden ominaisuuksista ja esiintymispainokasta maassa (Jarvis 2007).

Tässä artikkelissa käsitellään salaojista tulevaa kuormitusta Kirkkonummella sijaitsevalla savipellolla tehdyn seuran perusteella. Veden mahdollisia oikovirtausreittejä salaojiin on arvioitu maaperästä tehtyjen mittausten ja selvitysten perusteella.

Sjökullan koalue

Sjökullan tutkimusalue käsitti kaikkiaan 3,3 hehtaaria salaojitettua savipeltoa. Pellon pintamaa on hiesusavea ja pohjamaa aitosavea. Maa halkeilee voimakkaasti kuivina aikoina (Kuva 1). Maasto on kumpuilevaa ja pellon kaltevuus on suurimmillaan lähes 5 prosenttia. Salaojitus on tehty tiiliputkin vuonna 1951. Salaojat sijaitsevat 0,7–1,5 metrin syvyydessä ojavälin ollessa noin 13 metriä. Tutkimuksen aikana peltoalue oli tavanomaisessa viljelykäytössä ja siellä viljeltiin kevävehnää, ohraa ja syysruista. Typpilannoitetta käytettiin vuosittain 96–120 kg ha⁻¹ ja fosforilannoitetta 9–15 kg ha⁻¹. Syksyisin pelto joko kynnettiin tai kultivoitiin.

Peltoalueella seurattiin valuntaa ja valumavesien pitoisuuksia 1990-luvulla useammalla ajanjaksolla. Salaoja- ja pintavaluntaa mitattiin mittapadoilla (v-aukko) olevilla paineantureilla 15–30 minuutin välein, mutta varsinkin talven pintavaluntamittauksissa oli katkoksia mittalaitteiden toimintahäiriöistä johtuen. Salaojaveden laadun lyhytaikaista vaihtelua tutkittiin touko-marraskuussa 1995 ja 1998 useiden valuntatapahtumien aikana näytteistä, jotka otettiin automaattisella näytteenottimella neljän tunnin välein. Muina ajan-kohtina näytteet otettiin satunnaisesti käsin, ja pintavaluntanäytteet otettiin aina käsin. Kuormitus laskettiin valunnan tunti-/vuorokausiarvojen ja em. pitoisuusmittausten perusteella.

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitos (MTT) tutki 2000-luvun alussa koalueen makrohuokoisuutta ja vedellä kyllästyneen maan veden johtavuutta sekä lierolajeja ja niiden määrää (Alakukku ym. 2003). Mittaukset

tehtiin salaojien kohdalta, 2 metrin etäisyydellä salaojasta ja salaojien puolivälistä.

Valunta

Sjökullan peltoalueella salaoja- ja pintavalunta muodostui varsin vaihtelevasti eri vuodenaikoina (Taulukko 1). Tutkimusvuosina lumen sulaessa pintavalunta oli yleensä vallitseva ja salaojavalunta alkoi esiintyä runsaammin vasta roudan sullettua. Leutoina alkutalvina, kuten tammi-helmikuussa 1998 ja tammikuussa 1999, vettä virtasi runsaasti myös salaojista. Kesällä valunnasta tuli salaojien kautta ja pintavaluntaa syntyi vain rankkasateiden yhteydessä vähäisiä määriä muutaman tunnin ajan. Syksyisin salaojavalunnan osuus kokonaisvalunnasta (salaoja- ja pintavalunnan summa) vaihteli välillä 40–90 prosenttia.

Kuvissa 2a ja 3a on esitetty yksittäisten sadanta-valuntatapahtumien dynamiikkaa kesäkuussa 1998 ja lokakuussa 1998. Sadannan ja salaojavalunnan välinen viive oli syksyllä vettyneessäkin maassa vain muutaman tunnin, mikä viittaa hyvin vettä johtaviin makrohuokosiin. Tulokset osoittavat myös, että kuivumishalkeamien umpeutumisen ei näyttänyt merkittävästi pienentäneen salaojavaluman maksimiarvoja (Kuvat 2b ja 3b).

Typen huuhtoutuminen salaojista

Vuotuinen kokonaistypen huuhtouma Sjökullan koealueen salaojista oli 8,2–13,3 kg ha⁻¹ vuosien 1995, 1996 ja 1998 mittausten perusteella. Taulukossa 2 on esitetty kokonaistypen pitoisuuksia ja kuormia vuodenaikoittain. Erilaisista näytteenottoiheyksistä johtuen arvot eivät ole täysin vertailukelpoisia, mutta antavat käsityksen kuormituksen suuresta vaihtelusta samanakin vuodenaikana.

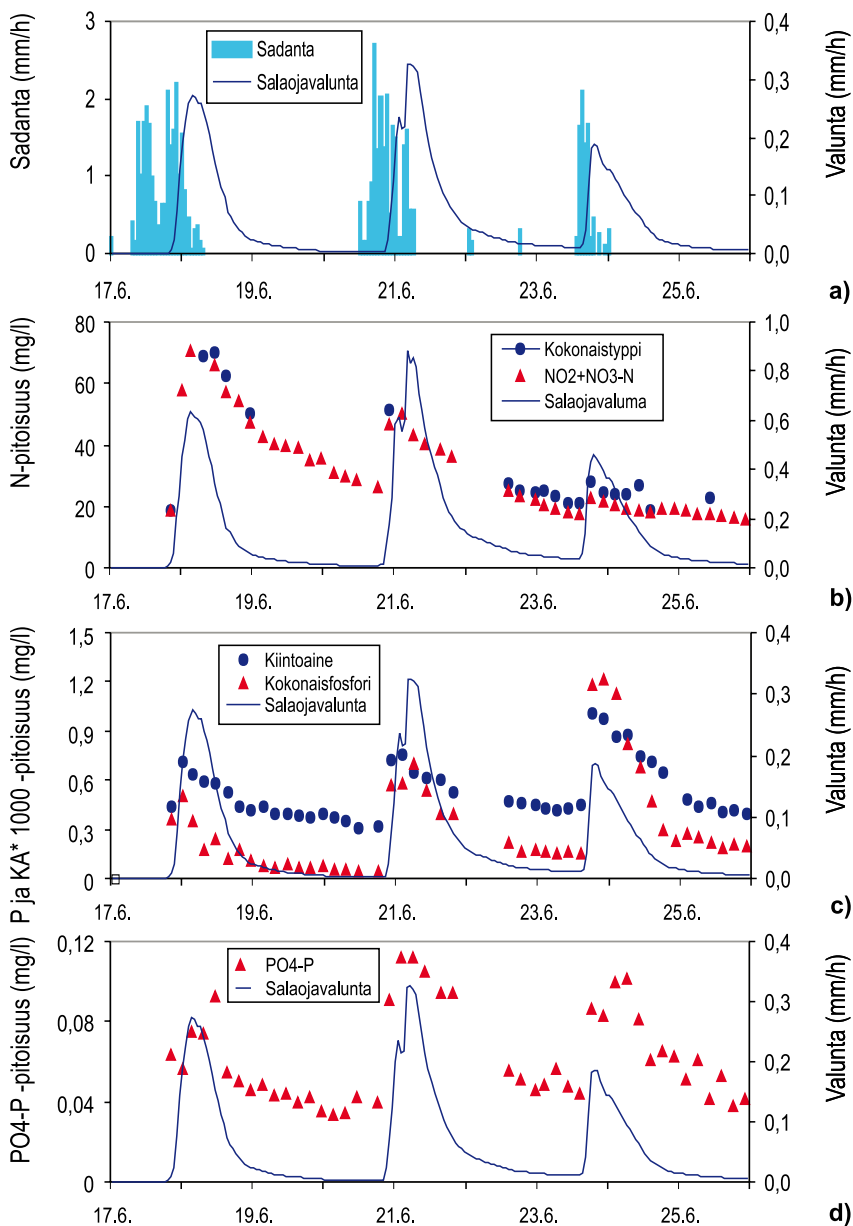
Salaojaveden typpipitoisuudet nousivat huomattavan korkeiksi, suurimmillaan 70 mg:aan l⁻¹, lannoituksen jälkeen. Touko-kesäkuussa 1995 vuodenaikaan nähden runsas salaojavalunta (20 mm) kuljetti kokonaistyyppiä kaikkiaan 11 kg ha⁻¹. Vuoden 1998 kesäkuussa kuukausi lannoituksen jälkeen tyyppiä huuhtoutui salaojista 5 kg ha⁻¹ (Kuva 2b). Muina vuodenaikoina ko-

Taulukko 1. Sadanta, salaoja- ja pintavalunta vuodenaikoittain Sjökullan koealueella. Tammi-huhtikuun pintavalunnan arvot ovat epätarkkoja mm. mittalaitteiden jäätymisen vuoksi.

Vuosi	Sadanta, mm			Salaojavalunta, mm			Pintavalunta, mm		
	tammi-huhti	touko-kesä	syys-joulu	tammi-huhti	touko-kesä	syys-joulu	tammi-huhti	touko-kesä	syys-joulu
1995	208	203	281	15	24	37	90 ¹⁾	0,4	4
1996	91	245	359	20	20	84	64 ²⁾	3,0	58
1998	142	395	262	42	55	57	83	8,8	80
1999	186			57			116		

¹⁾ ei mitattu 1.1. - 24.2.1995

²⁾ mittauksissa katkoksia



Kuva 2. Sadanta ja salaojavalunta (a), kokonaistypen ja nitraattityypin pitoisuudet ja salaojavaluma (b), kokonaisfosforin ja kiintoaineen pitoisuudet (c) ja liukoisen fosfaattifosforin pitoisuudet (d) Sjökullan peltoalueelta purkautuvassa salaojavedessä 17. - 26. kesäkuuta. Kylvö ja lannoitus (117 kg N ha⁻¹ ja 9 kg P ha⁻¹) tehtiin 16. toukokuuta. Kokonaissadanta oli 53 mm, salaojavalunta 12,2 mm ja pintavalunta 0,3 mm ko. ajanjaksolla. Kokonaistypen kulkeuma salaojista oli 5,1 kg ha⁻¹, kokonaisfosforin 0,12 kg ha⁻¹ ja kiintoaineen 148 kg ha⁻¹ koko ajanjaksolla.

Taulukko 2. Salaojavalunnan keskimääräinen valunnalla painotettu kokonaistypen pitoisuus ja kuorma vuodenajoittain Sjäskullan koel alueella.

Vuosi	Kokonaistypen pitoisuus, mg/l			Kokonaistypen kuorma, kg/ha			
	tammi-huhti	touko-kesä	syys-joulu	tammi-huhti	touko-kesä	syys-joulu	tammi-joulu
1995	4,1	45,6	4,0	0,6	10,8	1,5	12,9
1996	7,1	7,1	5,5	1,4	1,6	5,2	8,2
1998	7,3	13,4	5,4	3,1	7,2	3,0	13,3
1999	2,9			1,6			

konaistypen pitoisuudet pysyivät yleensä alle 10 mg l⁻¹, mutta syysmuokkauksen jälkeen tyyppipitoisuudet nousivat ylivirtaamien aikana yli 20 mg:aan l⁻¹ (Kuva 2b).

Vuonna 1998, jolloin mittausaineisto oli edustavin ja salaoja- ja pintavaluntaa muodostui lähes yhtä paljon, salaojien osuudeksi kokonaistypen kokonaiskuormituksesta arvioitiin 65 pro-

senttia. Nitraattitypen osuus salaojien kokonaistyyppikuormasta oli korkeimmillaan (80–90 %) alkukesällä ja pienimmillään (30 %) syksyllä 1998.

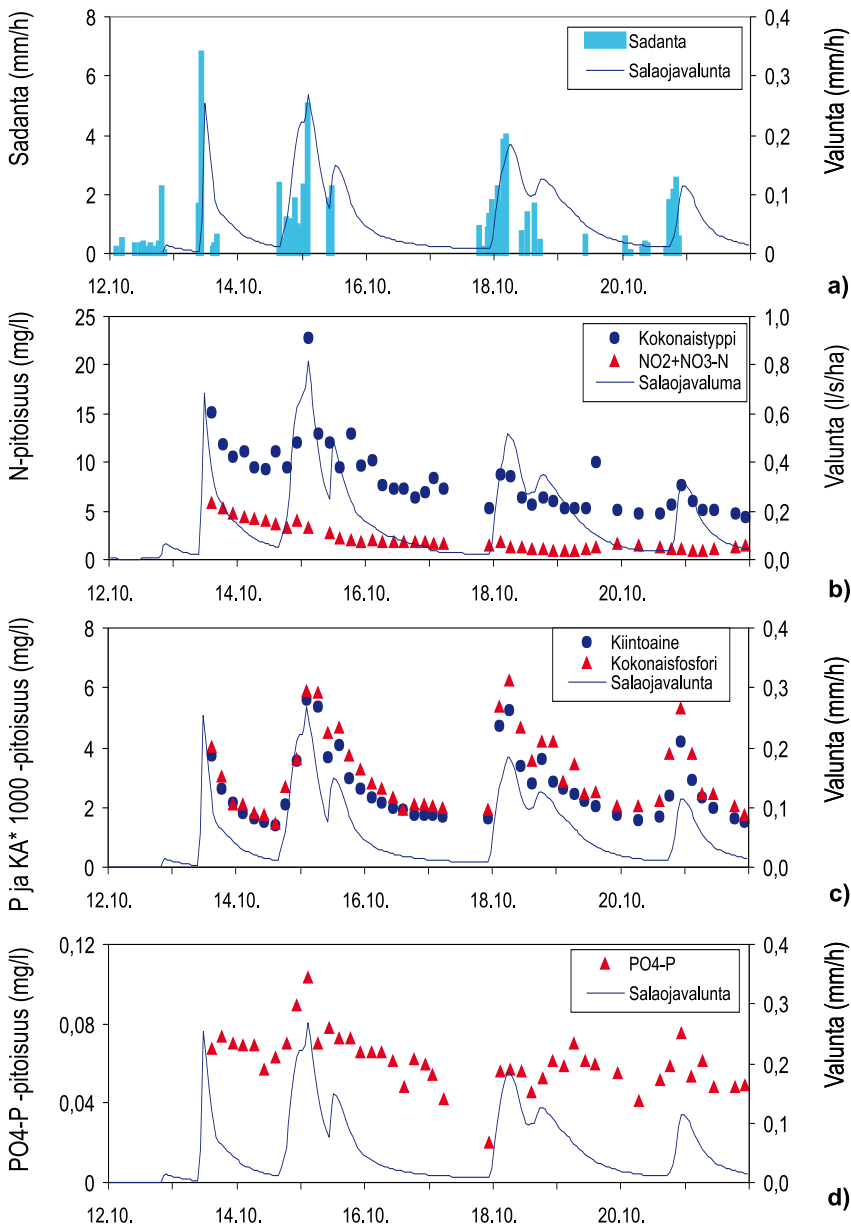
Fosforin ja kiintoaineen kulkeutuminen salaojista

Sjäskullan salaojastosta kulkeutuvaksi kiintoainemääräksi saatiin 105–1900 kg ha⁻¹ a⁻¹ vuosien 1995, 1996 ja 1998 mittauksen perusteella. Taulukko 3 osoittaa, että pitoisuudet ja kuormitukset vaihtelivat paljon vuodenajoittain. Salaojavesien kokonaisfosforikuorma oli 1,7 kg ha⁻¹ vuonna 1998, jolloin kokonaisfosforin pitoisuuksia mitattiin läpi vuoden. Valtaosa salaojavesien mukana tulleesta fosforista kulkeutui maa-ainekseen sitoutuneena, sillä vastaava liukoksen fosfaattifosforin kuorma oli vain 0,105 kg ha⁻¹.

Kiintoainetta ja partikkelimaista fosforia kulkeutui salaojista varsinkin syksyllä muokkauksen jälkeen. Tällöin ylivirtaamien aikaiset kiintoaine- ja kokonaisfosforin pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin pintavalunnasta mitatut suurimmat pitoisuudet. Uusitalon ym. (2001) tekemien Cs-137-mittauksen perusteella pääosa Sjäskullan salaojavesien maa-aineksestä oli peräisin muokkauksesta.

Kuvissa 2c ja 3c on esitetty salaojavesien kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuuksien vaihtelua yksittäisten valuntataphtumien aikana kesäkuussa ja lokakuussa 1998. Kesäkuussa kasvusto oli oraalla suojaten maata eroosiolta. Lokakuussa runsaat sateet alkoivat viikko kynnen jälkeen, minkä seurauksena maa erodoitui herkästi. Pintavaluntaa muodostui selvästi enemmän kuin salaojavaluntaa lisäten eroosiota. Liukoksen fosfaattifosforin pitoisuudet pysyivät puolestaan varsin samanlaisina näinä ajankohtina (kuvat 2d ja 3d). Syksyllä ennen muokkausta sekä talvella ja keväällä salaojavesistä mitatut kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin alkukesällä.

Salaojavesien kiintoaine- ja fosforikuormituksen arvioitiin muodostaneen 30–40 prosenttia syksyn 1996 ja 1998 kokonaiskuormituksesta. Kokonaisfosforin kuormasta salaojista tuli vajaa 40 prosenttia vuonna 1998. Tällöin liukoista fosfaattifosforia kul-



Kuva 3. Sadanta ja salaojavalunta (a), kokonaistypen ja nitraattitypen pitoisuudet ja salaojavaluma (b), kokonaisfosforin ja kiintoaineen pitoisuudet (c) ja liukoksen fosfaattifosforin pitoisuudet (d) Sjäskullan peltoalueelta purkautuvassa salaojavedessä 12. - 22. lokakuuta. Pelto osittain kynnettiin ja osittain kultivoitiin 6. lokakuuta. Kokonaissadanta oli 68 mm, salaojavalunta 12,6 mm ja pintavalunta 33 mm ko. ajanjaksolla. Kokonaistypen kulkeuma salaojista oli 1,3 kg ha⁻¹, kokonaisfosforin 0,52 kg ha⁻¹ ja kiintoaineen 441 kg ha⁻¹ koko ajanjaksolla.

keutui salaojien kautta hieman enemmän kuin pintavalunnassa. Esitettyihin lukuihin sisältyy kuitenkin epävarmuutta muun muassa erilaisista näytteenotto-ohjelmista johtuen.

Runsasta kiintoaine- ja fosforikuormitusta salaojavesissä on todettu myös MTT:n Jokioisilla sijaitsevalla Kotkanojan koealueella (Turtola ym. 2007, Uusitalo ym. 2007). Uusintaajituksen jälkeen salaojien kautta kulkeutui 18–92 prosenttia vuosittaisesta kokonaisvalunnasta ja 37–94 prosenttia eroosioaineksesta, jonka mukana tuli myös valtaosa kokonaisfosforin kuormituksesta.

Veden reitti pellon pinnalta salaojaan

Sjökullan tutkimusalueella oli selvä merkkejä oikovirtauksista salaojiin, kuten oli odotettavissa aiempien savimaila tehtyjen tutkimusten perusteella. Salaojavalunnan nopea vaste sadantaan ja salaojavesien korkeat typpipitoisuudet heti lannoituksen jälkeen viittasivat veden nopeaan virtaukseen muokkauskerroksesta syvemmälle maahan. Samoin salaojavesissä havaittu runsas maa-ainemäärä kulkeutui pääosin oikovirtausten mukana muokkauskerroksesta salaojiin.

Oikovirtausten keskeinen osuus salaojavalunnan muodostumiseen tuli esille myös laskennallisesti, kun erilaisia matemaattisia malleja sovellettiin tutkimusalueelle (esim. Karvonen ja Paasonen-Kivekäs 2005, Hintikka ym. 2008, Warsta ym. 2008). Mitattua salaojavaluntaa pystyttiin simuloimaan vain malleilla, joissa veden virtaus makrohuokosissa ja maamatriisin pienissä huokosissa laskettiin erikseen.

Tutkimusalueella maa on selvästi tiivistynyt muokkauskerroksen alapuolella sekä salaojien kohdalla että niiden välissä (Alakukku ym. 2003), joten vesi ei todennäköisesti pääse virtaamaan suoraan muokkauskerroksesta kaivannon täyttömaan kautta salaojiin. Veden virtaus tapahtuneekin pääasiassa biohuokosten (lierojen käytävät ja juurikanavat) sekä halkeamien ja kuivumisen synnyttämien pysyvien rakojen kautta. MTT:n tutkimuksen (Alakukku ym. 2003) mukaan kastelieroja, jotka kaivavat läpimitaltaan jopa 10 mm suuruisia pystysuoria on-

kaloita yli metrinkin syvyyteen, esiintyi Sjökullassa lähes yksinomaan salaojien kohdalla. Makrohuokokset näyttävät olevan suhteellisen pysyviä myös paisuneessa maassa sadannan ja salaojavalunnan lyhyen viiveen ja lähellä mitoitusvalumaa olevien ylivaluma-arvojen perusteella.

Johtopäätökset

Tutkimus osoitti, että kiintoainetta, kokonaisfosforia ja kokonaistyyppiä kulkeutui huomattavan paljon salaojien kautta pintavesiin kohtuullisen viettävällä peltoalueella. Tulokset tukevat muilla savisilla peltoalueilla tehtyjä havaintoja (esim. Seuna ja Kauppi 1981, Turtola ym. 2007, Uusitalo ym. 2007). Yksittäisiä peltoalueita koskevien kuormitustulosten yleistäminen on kuitenkin hankalaa muun muassa peltojen saviaineksen hyvinkin erilaisten kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien takia. Kiinnostavaksi kysymykseksi nouseekin, miten yleistä maa-aineksen ja siihen sitoutuneen fosforin kulkeutuminen salaojista on erityyppisillä savipelloilla.

Sjökullan tutkimusalueella kuormitusta salaojien kautta tuli varsinkin silloin, kun lannoituksen ja syysmuokkauksen jälkeen sattui runsaita sateita. Vastaava ilmiö on todettu myös muilla koealueilla. Pelloilta tulevan pintavalunnan ja sen aiheuttaman eroosion vähentäminen uusinta- tai täydennysojituksella ei välttämättä ole riittävä keino fosforikuormituksen vähentämiseksi. Salaojituksen tehostamisen lisäksi olisi muutettava maan muokkausta vähemmän kuormittavaksi ja parannettava pintamaan kestävyttä eroosiota vastaan.

Uusien salaojitusten suunnittelussa ja toteutuksessa tulee kiinnittää eniten huomiota ratkaisuihin, joilla voidaan vähentää vesistökuormitusta. Tutkimusta tarvitaan esimerkiksi siitä, missä määrin salaojien ympäristä voidaan estää savimaissa maapartikkelien ja ravinteiden kulkeutumista salaojiin. Myös säätsalaojituksen käyttö ravinnekuormituksen, erityisesti tyypin huuhtoutumisen, vähentämiseen kaipaasi perusteellista selvitystä suomalaisissa viljelyolosuhteissa.

Taulukko 3. Salaojavalunnan keskimääräinen valunnalla painotettu kiintoaineen pitoisuus ja kuorma vuodenajoin Sjökillan koealueella.

Vuosi	Kiintoaineen pitoisuus, mg/l			Kiintoaineen kuorma, kg/ha			
	tammihuhti	touko-kesä	syys-joulu	tammihuhti	touko-kesä	syys-joulu	tammijoulu
1995	116	203	106	18	48	39	105
1996	573	642	1750	114	140	1649	1903
1998	365	856	1664	153	461	937	1551
1999	269			154			

Kirjallisuus

- Alakukku, L., Nuutinen, V., Koivusalo, H., Paasonen-Kivekäs, M. 2003. Macroporosity of three arable clays in relation to subdrain location. Proceedings of the 16th Triennial Congress (July 2003) of the International Soil Tillage Research Organisation (ISTRO), Brisbane, Australia. 6 pp.
- Hintikka, S., Koivusalo, H., Paasonen-Kivekäs, M., Nuutinen, V., Alakukku, L. 2008. Role of macroporosity in runoff generation on a sloping subsurface drained clay field – a case study with MACRO model. *Hydrology Research* 38, 2: 143–155.
- Jarvis, N. 2007. A review of non-equilibrium water flow and solute transport in soil macropores: principles, controlling factors and consequences for water quality. *European Journal of Soil Science* 58: 523–546.
- Karvonen, T., Paasonen-Kivekäs, M. 2005. Valunnan muodostuminen makrohuokosissa salaojitetussa maassa. Helsingin yliopisto. Pro Terra No. 22: 126–128.
- Seuna, P., Kauppi, L. 1981. Influence of sub-drainage on water quantity and quality in a cultivated area in Finland. *Vesihallitus, Vesitutkimuslaitoksen julkaisuja* 43: 32–47.
- Turtola, E., Alakukku, L., Uusitalo, R., 2007. Surface runoff, subsurface drainflow and soil erosion as affected by tillage in a clayey Finnish soil. *Agricultural and Food Science*, 16: 332–351.
- Uusitalo, R., Turtola, E., Kauppila, T., Lilja, T. 2001. Particulate phosphorus and sediment in surface runoff and drainflow from clayey soils. *Journal of Environmental Quality* 30: 589–595.
- Uusitalo, R., Turtola, E., Lemola, R. 2007. Phosphorus losses from a subdrained clayey soil as affected by cultivation practices. *Agricultural and Food Science*, 16: 332–351.
- Warsta, L., Paasonen-Kivekäs, M., Karvonen, T. 2008. Modelling runoff at an agricultural field. Proceedings of the 10th International Drainage Workshop of ICID Working Group on Drainage. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 16. TTK-VTR-16: 209–217. ♀

Ympäristötekniikka

08

yhdyskunta

vesi

jäte

energia

10.–12.9.2008 Helsingin Messukeskus

Toimivan ympäristön rakentaja



Ympäristötekniikka 08 on ympäristöalan ainoa ammattitapahtuma Suomessa ja antaa kattavan kuvan alan uusimmista innovaatioista sekä tulevaisuuden mahdollisuuksista. Tule messuille päivittämään tietosi ja tapaamaan alasi ihmisiä!

Messujen päätemana on ilmastonmuutos. Maksuton seminaariohjelma pureutuu monipuolisesti alan tärkeisiin aiheisiin. Jätehuoltoyhdistyksen valtakunnalliset Jätehuoltopäivät 08 järjestetään messujen yhteydessä.



Kuntamarkkinat 2008: Maksuton bussikuljetus messukävijöille 10.–11.9. Messukeskuksen ja Kuntatalon välillä.

Rekisteröidy maksutta kävijäksi: www.ymparistotekniikkamesut.fi

Mediayhteistyökumppanit



ILMATIETEEN LAITOS



Jätehuoltoyhdistys ry

SITRA



Suomen Kemian Seura
Kemiska Sällskapet i Finland



YMPÄRISTÖJONHTAMISEN
YHDISTYS



YMPÄRISTÖYRITYSTEN LIITTO

Avoinna: ke–to klo 9–17, pe klo 9–16. **Paikka:** Helsingin Messukeskus

Sisäänkäynti on maksuton. Rekisteröityminen ennakkoon www.ymparistotekniikkamesut.fi tai tapahtuman aikana Messukeskuksen sisäänkäyntien asiakaspöytäillä. Samalla käynnillä myös liikunta-alan ammattimesut Arena 08.

Järjestäjä: Suomen Messut, puh. (09) 150 91.

METSIEN KUNNOSTUSOJITUKSEN TULEVAISUUS



SAMULI JOENSUU
Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio
E-mail: samuli.joensuu@tapio.fi

Suometsistä hakataan tällä hetkellä vuosittain noin viisi miljoonaa kuutiota käyttöpuuta. Vuotuinen hakkuumäärä voitaisiin kuitenkin kaksin- tai kolminkertaistaa seuraavien kahden vuosikymmenen aikana. Puuntuonnin supistuminen tai mahdollinen tyrehtyminen kokonaan Venäjältä lisää tarvetta hyödyntää myös suometsien puuta. Vuoden 2008 alkupuolella valtioneuvostossa hyväksytyyn Kansallisen metsäohjelman 2015 tavoitteena on lisätä kotimaisen puuraaka-aineen vuotuista käyttöä 10 – 15 miljoonalla kuutiometrillä.

Metsäojitus on metsätaloudellisen tuoton kohottamiseen tähtäävää maan vesitalouden järjestelyä (Huikari et. al. 1963). Varhaisimpia kokemuksia soiden käytöstä Suomessa on kirjattu lähinnä viljelytarkoituksiin tehdyistä ojituksista jo 1600-luvun lopulla. Metsäojituksen historia alkoi varsinaisesti vuonna 1908 valtion mailla. Puutavarayhtiöiden metsissä toteutettiin ensimmäiset laajahkot metsäojitukset 1910 -luvulla. Yksityismailla metsäojituksia ei alkuvaiheessa tehty. Vuosi 1928 oli merkittävä erityisesti

yksityismaiden metsäojituksen kannalta. Tällöin saatiin aikaan metsänparannuslaki, jolla varattiin valtion budjetissa rahaa soiden kuivatuksiin sekä muiden tuottamattomien tai vähätuottoisten metsämaiden saattamiseen tuottavaan kuntoon yksityis- ja valtion mailla (Metsänparannuslaki 140/1928). Aluksi laki säädettiin viideksi vuodeksi kerrallaan. Metsänparannuslain voimaantulon jälkeen metsäojitustoiminta oli vilkasta, sillä ennen toista maailmansotaa Suomessa arvioitiin olevan metsäojitettua pinta-alaa jo runsaat 600 000 hehtaaria (Lukkala 1940). Kaikki ojat kaivettiin tuolloin lapiokaivutyönä. Ojitusmäärä alkoi nousta 1950-luvun alussa. Tähän vaikuttivat ojitus toimintaa varten varattujen määrärahojen lisääminen valtion budjettiin sekä ojitustekniikan kehittyminen. Koneellisen metsäojitustoiminnan alettua 1950-luvun puolivälissä kaivumäärät moninkertaistuivat (Aarne 1990).

Metsäojitustoiminta jatkui vilkkaana 1960-luvun alkupuolella, jolloin useilla metsäohjelmilla pyrittiin lisäämään metsäpinta-alaa ja metsien tuottokykyä. Tärkein näistä ohjelmista oli Metsätalouden rahoitusohjelma - MERA, jolla pyrittiin edistämään vajaa tuottoisten alueiden kuntoon saattamista ja erityisesti soiden ojituksia. Ohjelma kesti kymmenen vuotta (1965-1975), jona aikana huomattava osa, noin 2,6 miljoonaa hehtaaria (Uusitalo 1978), nykyisin metsätalouskäytössä olevista soistamme ojitettiin (Holopainen 1965, 1970, MERA Metsätalouden rahoitusohjelma I 1964, MERA - Metsätalouden rahoitusohjelma II 1966, MERA - Metsätalouden rahoitusohjelma III 1969, Palosuo 1979). Ojituksen huippukaudesta on siten kulunut aikaa jo lähes 40 vuotta. Valtakunnanmetsien inventointien mukaan soiden ja veden vaivaamien kankaiden ojituspinta-ala on tällä hetkellä noin 5,8 miljoonaa hehtaaria. Koko Suomen metsätalousmaasta ojitettujen soiden ja veden vaivaamien kankaiden osuus on noin 22 prosenttia.

Metsäojitusalueet vaativat jatkuvaa kunnossapitoa

Suometsiin on ojituksen seurauksena kertynyt huomattava puuvarasto.

Metsäojitusalueet tarvitsevat kivennäismaametsiä enemmän huoltoa. Ojat kasvavat umpeen tai olosuhteet muuttuvat turpeen painumisen johdosta siten, että vanha ojitus ei enää toimi. Tällöin oja on perattava tai tehtävä täydennysojia. Tilannetta parantaa, että ojitusalueelle kehittynyt puusto haihduttaa merkittävän osan liiasta vedestä. Töiden jaksotukselle saadaan siten pelivaraa.

Vanhon ojitusalueiden kunnostaminen edistyi vuoden 1987 jälkeen, jolloin metsänparannuslakia uudistettiin (Metsänparannuslaki 140/87). Tuolloin uudisojituksen määrä oli jo supistunut voimakkaasti vuosien 1969-70 huippumääristä, jolloin ojitettiin vuodessa lähes 300 000 hehtaaria soita ja veden vaivamia kivennäismaita. Vuoden 1993 alussa voimaan tullessa metsänparannussäädösten muutoksessa kunnostusojitus tuli ensisijaiseksi ojitusmuodoksi ja uudisojitusta voitiin tehdä kunnostusojitukseen sisältyvänä täydennyksenä. Vuodesta 1997 lähtien tehdyissä valtion rahoittamissa uusissa kunnostusojitus suunnitelmissa uudisojitusta ei ole enää rahoitettu valtion varoin.

Ojien kunnostamista oli yksityismaila tehty jo ennen vuoden 1987 metsänparannuslain (140/1987) voimaantuloa. Uudisojituksen yhteydessä oli ollut ojitus hankkeisiin läheisesti liittyvällä alueella mahdollista toteuttaa pienimuotoisena vanhojen ojien perkausta ja täydennysojitus. Metsä-2000 -ohjelmassa painotettiin kunnostusojituksen suurten rästien purkamistarvetta. Tämän katsottiin edellyttävän vähintään 120 000 hehtaarin vuotuista kunnostusojitus määrää vuosina 1986-2005 (Metsä 2000-ohjelma 1985). Metsä-2000 -ohjelman tarkistustoimikunnan raportissa kunnostusojituksen vuotuinen vähimmäistavoite nostettiin 150 000 hehtaariin vuoteen 2000 saakka (Komiteamietintö 1992:5). Viime vuosikymmenellä kunnostusojitusta tehtiin kuitenkin vuosittain keskimäärin vain noin 75 000 hehtaaria (Aarne 1999). Vuonna 1999 hyväksytyyn Kansallisen metsäohjelman 2010 mukaan kunnostusojituksen määrän tavoiteltiin nousevan vuosittain 110 000 hehtaariin vuosina 2000-2010 (maa- ja metsätalousministeriö 1999). Tällä vuosikymmenellä

kunnostusojitusten määrä on kuitenkin ollut keskimäärin 65 000 hehtaaria. Maaliskuussa 2008 Valtioneuvostossa hyväksytyn Kansallisen metsäohjelman 2015 mukaan kunnostusojitusten vuotuisiksi tavoitteeksi asetettiin 100 000 hehtaaria.

Valtakunnanmetsien viimeisimpien inventointien mukaan tällä hetkellä arvioidaan kunnostusojitustarpeen olevan noin 1,6 miljoonaa hehtaaria. Tästä määrästä korpien osuus on runsas 500 000 ha, josta Etelä-Suomessa yli 300 000 ha ja Pohjois-Suomessa vajaat 200 000 ha. Räreillä kunnostuksen tarvetta on reilun 1,1 miljoonan hehtaarin alalla, Etelä-Suomessa 600 000 ja Pohjois-Suomessa runsaat 500 000 ha. Korpien kunnostusojitustarpeet painottuvat Etelä-Suomen runsaspuustoisiin uudistuskypsyttä lähenleeviin metsiköihin, joissa kunnostusojitus tehdään uudistamisen yhteydessä. Räreillä kunnostusojitustarve on suurin ensiharvennusikää lähentelevissä metsissä (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008).

Viime vuosina kunnostusojituksia on yksityismailla toteutunut vain puolet alueellisissa metsäohjelmissa mainituista tarpeista ja metsäkeskusten tulostavoitteistakin laskettuna vain 2/3. ”Rästiin” jää vuosittain 30 000 – 40 000 ha. Arvioiden mukaisia kunnostusojitustavoitteita ei välttämättä voida kannattavasti toteuttaa, sillä pienillä kohteilla erillinen kunnostushanke voi olla liian raskas ja ojien perkaus on edullisempaa esimerkiksi uudistamisen yhteydessä (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008).

Toisaalta pelkkä ojien kunnostaminen ei riitä. Ojitusalueille syntyneet metsät on myös hoidettava. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiossa on yhteistyössä sidosryhmien kanssa tuotettu uudet suometsien hoidon suositukset, joiden pääpaino on ollut kehittää suopuustojen kasvatukseen uudet kasvatusmallit. Suosituksissa on paneuduttu erityisesti kohteiden kunnostusojituskelpoisuuteen ja määrittely kriteerit kunnostusojituksen taloudelliseen kannattavuuteen. Edelleen on pohdittu kysymystä, milloin investoinnit uuden puusukupolven aikaansaamiseksi ojitusalueella ovat perusteltuja? Suosituksissa on myös käsitelty turvemaiden lannoituksia.

Ojat yhteistyöllä kuntoon

Jo ensimmäisistä lapion pistoista 1930-luvun alusta lähtien ojitus toiminnassa on haettu kustannussäästöjä ja pyritty kehittämään toiminnan tehokkuutta. Tällä hetkellä kustannussäästöjä haetaan muun muassa selvittämällä erilaisen työn organisointimallien kustannustehokkuutta. Myös uusi, vuoden 2009 alusta voimaan tuleva metsänparannuslaki tähtää toiminnan tehostumiseen. Uuden lain mukainen suometsien hoito -työlaji edistää kunnostusojituksen lisäksi nuoren metsän hoitoa ja ravinnetalouden kuntoon saattamista samalla alueella koordinoitusti.

Kunnostusojituksen, puunkorjuun ja metsänhoitotöiden yhteensovittaminen edellyttää suunnitelmallisuutta ja laajaa yhteistyötä ojitusalueiden suunnittelijoiden, puunostajien, puutavaran kuljetuksesta vastaavien ja kaivuriyrittäjien kesken. Verkostoituminen onkin taloudellisen toiminnan edellytys. Tapion suometsien hoitosuosituksissa halutaan edistää kerralla kuntoon -mallia. Tällä tarkoitetaan sitä, että kunnostusojituksen lisäksi ojitusalueiden puustot hoidetaan kuntoon ja parannetaan tarvittaessa alueen ravinnetaloutta (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008).

Taloudelliselta kannalta on myös suositeltavaa, että kunnostusojitus toteutetaan usean tilan yhteishankkeena. Ojitusalueen puun myynti on niinkin järkevää toteuttaa yhteismyyntinä, mikä saa alueen puunostajat kiinnostumaan. Hankkeen koordinoinnista, suunnittelusta ja toteuttamisesta sovitaan verkostomallin mukaisesti.

Hyvin toimivasta suometsien hoidon verkostomallista on esimerkkinä Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskuksen ja metsänhoitoyhdistys Kalajokilaakson luoma malli, jossa metsänhoitoyhdistys hoitaa hakkuut ja puunkorjuun sekä puutavaran yhteismyynnin. Metsänhoitoyhdistys vastaa myös muiden mahdollisten metsänhoitotöiden ja lannoituksen organisoinnista. Metsäkeskus taas vastaa kunnostusojituksen suunnittelusta ja toteutuksesta. Tässä mallissa on erityisen hyvät edellytykset toteuttaa kerralla kuntoon -periaatetta. Samantyyppisiä yhteistyösopimuksia on solmittu myös Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen ja alueella

toimivien metsänhoitoyhdistysten välille. Vastaavia muita yhteistoimintamalleja kehitetään Metsäntutkimuslaitoksen aiheetta koskevassa tutkimushankkeessa.

Kunnostusojituksen vesiensuojelu on tärkeää

Yhteiskunnan arvojen muuttuessa puhtaisten vesien arvostus lisääntyy. Tästä syystä metsätaloudessakin kiinnitetään vesiensuojeluun entistä enemmän huomiota. Usean tilan yhteishankkeena toteutettavassa kunnostusojitushankkeessa voidaan panostaa vesiensuojeluun laaja-alaisesti. Vesiensuojelurakenteet voidaan mitoitaa tarkoituksenmukaisiksi ja vesien johtamista ojitusalueilta voidaan tarkastella kokonaisvaltaisemmin ja parhaita vesiensuojelumenetelmiä kuten pintavalutusta ja kosteikkoja hyväksikäyttäen. Kohteelle sopivia vesiensuojelumenetelmiä käyttäen voidaan merkittävästi vähentää esimerkiksi kiintoaineksen ja ravinteiden valumista pintavesiin. EU:n vesipuitedirektiivi asettaa kovat haasteet myös metsätalouden vesiensuojelulle. Uusia, tehokkaampia vesiensuojelumenetelmiä kehitetäänkin jatkuvasti. Samoin kunnostusojituksen ja vesiensuojelun suunnittelussa paikkatietomenetelmien hyväksikäyttö eroosioriskien hallintaan yleistyy.

Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim.) 1992. Metsätalostollinen vuosikirja 1990-91. Folia Forestalia 790. 281 s.
- Huikari, O., Muotiala, S. & Väre, M. 1963. Ojitusopas. Kirjayhtymä. 260 s.
- Kansallinen metsäohjelma 2015. Lisää hyvinvointia monimuotoisista metsistä. Valtioneuvoston periaatepäätös 27.3.2008. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Komiteamietintö 1992:5
- Lukkala, O. J. 1940. Metsämiehen suo-oppi. 192 s. Keskusmetsäseura Tapio
- Maa- ja metsätalousministeriö 1999. Kansallinen metsäohjelma 2010. MMM:n julkaisu 2/1999. 38 s.
- Metsä 2000-ohjelma 1985. Talousneuvosto. Valtion painatuskeskus, Helsinki, 189 s.
- Metsänparannuslaki 140/1928.
- Metsänparannuslaki 140/87.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008.
- Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaidelle. Metsäkustannus. 50 s.
- Palosuo, V. J. 1979. MERA-ohjelmat Suomen metsätaloudessa. Acta Forestalia Fennica 165: 1-55.
- Uusitalo, M. 1978. Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965-75. Folia Forestalia 367. ◆

VEDEN MERKITYS KASVINTUOTANNOLLE KÄRJISTYY ILMASTON MUUTTUESSA

Vesi on kaiken elollisen perusta. Se lienee myös merkittävin yksittäinen voimavara, jonka saatavuutta ilmastonmuutos ratkaisevasti heikentää. Vedestä ennakoidaankin yhä ankarampaa hyvinvoinnin ja köyhyyden jakajaa. Maatalous niin veden käyttäjänä kuin ruoan tuottajana joutuu hakemaan sopeutumiskeinoja ehkä kautta aikain suurimpiin menestymishaasteisiinsa.

Ilmastonmuutos on itse itseään ruokkiva tapahtumasarja, jota voi kylä hillitä, mutta ei enää pysäyttää. Siksi maatalouden tulee, muiden toimialojen tapaan, etsiä keinot sopeutuakseen muutoksiin. Tälle globaalille ilmiölle on tyypillistä etteivät sen vaikutukset ole tasapuolisia, eivätkä muutokset välttämättä kohtele ankarimmin niitä, jotka ovat ilmiötä eniten ruokkineet.

Maataloutta, erityisesti kasvinviljelyä harjoitetaan ”vallitsevien säiden armoilla”. Näin peltoviljely altistuu välittömästi ja suoraan tuotanto-oloissa tapahtuville muutoksille. Muutokseen sinällään voi yleensä sopeutua paremmin, kun sen suunta on selvä eikä samanaikaisesti muuttuvia olosuhteita ole liian monia. Nämä reunaehdot eivät kuitenkaan istu ilmastonmuutokseen.

Ilmaston lämpenemisen edetessä tuotanto-olojen vaihtelut lisääntyvät ja ääri-ilmiöt yleistyvät. Tämä on omiaan lisäämään maataloustuotannon epävarmuutta. Näin käy, vaikka sinällään ilmastonmuutos lisääisi tuotantokykyä. Pohjois-Eurooppa kuuluu niihin harvoihin alueisiin maailmassa, joissa satoisuuden voi ennakoida paranevan. Erityisesti Suomessa kasvukausi pitenee ilmaston lämpenemisen myötä. Kun kasvukauden lyhyys on merkittävin satoerojen selittäjä Suomen ja Keski-Euroopan välillä, tulee maataloustuotannostamme ilmeinen ”nettohyötyjä” yleisen epävarmuuden kasvusta huolimatta.

Sadantaennusteissa epävarmuus kietoutuu suuriin haasteisiin

Sadannassa tapahtuvien muutosten ennustaminen on haasteellista. Sadantaennusteisiin liittyikin paljon

epävarmuutta. Tulevaisuuskuva voi kuitenkin haarukoida vertaamalla eri mallien ennusteita. Hallitusten välisen ilmastopaneelin (IPCC) tuottaman kattavan aineiston perusteella voi kuitenkin yleistää, että laajat viljelyalueet maailmalla tulevat kärsimään yhä ankaroituvasta kuivuudesta. Näitä alueita on niin Pohjois- ja Etelä-Amerikassa, Afrikassa, Australiassa, Aasiassa kuin Euroopassakin. Näiden joukossa on alueita, joilla vuotuinen sadanta on vähentynyt myös viime vuosisadan aikana. Afrikassa jo todettu vähentymä sademäärissä on ollut kaikista voimakkainta, kun sadetta on saatu jopa vain puolet aiemmasta.

Maataloustuotannon edellytykset tulevat muuttumaan ratkaisevasti myös Euroopan sisällä. Pohjois-Euroopassa vuotuisen sademäärän ennustetaan lisääntyvän, kun taas Välimeren alueella kuivuus ankaroituu nykyisestään samalla, kun helleaallot yleistyvät. Jos nämä ennusteet toteutuvat, Etelä-Euroopasta poistuu merkittävä määrä peltoalaa viljelystä jo tällä vuosisadalla. Veden saatavuus on näin ollen päävaikutin maataloustuotannon painopisteen siirtyessä yhä vahvemmin Euroopan koilliskolkille.

Kuivuus kasvava haaste myös Suomen kasvukausille

Vaikka sadannan ennustetaankin lisääntyvän Pohjois-Euroopassa muiden vastaavien leveysasteiden tapaan, ei se automaattisesti paranna maataloustuotantomme edellytyksiä. Sadannan vuotuisella ja kasvukauden aikaisella jakautumisella on ratkaiseva merkitys kasvin tuotannolle. IPCC:n koostaman aineiston perusteella sadanta lisääntyy meillä erityisesti talvella, kun taas ennusteet



KUVA: VEIKKO SOMERPURO / MTT:n ARKISTO

PIRJO PELTONEN-SAINIO
professori
MTT, Maa- ja elintarviketalouden
tutkimuskeskus
E-mail: pirjo.peltonen-sainio@mtt.fi

Kirjoittaja toimii MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa Kasvin tuotannon tutkimuksen professorina ja johtaa ILMASOPU-yhteistutkimusta osana Kansallista Ilmastonmuutokseen Sopeutumisen tutkimusohjelmaa (ISTO).

vaihtelevat kasvukauden aikaisista sadannan muutoksista. Niiden mukaan sademäärät joko pysyvät nykyisellään tai vähenevät.

Vaikka kasvukauden sademäärässä ei tapahtuisi muutoksia, on luultavaa, että meilläkin kuivuus ankaroituu ja on tulevaisuudessa yhä merkittävämpi sato tappioiden aiheuttaja. Ensinnäkin nykyistä runsaammat ja satoisammat kasvustot tarvitsevat enemmän vettä kasvuunsa. Lisäksi ilmaston lämpene-

minen lisää haihduntaa. Mikäli sateet muuttuvat yhä kuuroluontoisemmiksi ääri-ilmiöiden yleistyessä, saavat kasvit yhä epätasaisemmin veden käyttöönsä suhteessa niiden jatkuvaan tarpeeseen. Lisäksi sateiden ennustetaan yleistyvän kasvukauden lopussa, jolloin kasvukauden sademäärän pysyessä samanakin tarkoittaisi se vähemmän sadetta kasvukauden alussa.

Kasvukauden alussa ilmenevä kuivuus on jo nykyoloisamme merkittävin kasvukaudella ilmenevä, sadontuottoa rajoittava tekijä. Tällöin ennakoitua, ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset kasvukauden sadannassa merkitsevät kovia sopeutumishaasteita myös Suomen kasvintuotannolle. Laskelmiemme mukaan ohra saa sadon häiriöttömään rakentamiseen tarvitsemastaan sademäärästä vain noin 35-60 prosenttia alueesta riippuen. Kyseinen laskelma perustuu ohran kriittisimmän, tähkälle tuloa edeltävän kehitysjakson aikaisen vedentarpeen ja toteutuneiden kolmen viimeisen vuosikymmenen keskimääräisen sademäärän vertailuun.

Kylmästä leutotalviseen ilmastoon

Yleistyvät talvisateet ovat todellinen haaste viljelypeltojen eroosio- ja huuhtoumariskien hallinnalle. Huuhtoutumiselle alttiiden typen ja fosforin määrät voivat kasvaa lämpötilan nousun kiihdyttäessä maaperäprosesseja, mutta myös mikäli suurempien satotasojen saavuttamiseksi käytetään yhä suurempia lannoituspanoksia. Pullonkaulaksi voi muodostua kuivuus, jolloin kasvit eivät onnistukaan hyödyntämään annettuja ravinteita tehokkaasti. Erityisesti tuotanto-olojen vaihtelun lisääntyminen ja siihen liittyvä ennakoinnin vaikeus ovat huuhtoumariskien avainvaikuttimia.

Syysmuotoisten kasvien viljelyn yleistämisellä voidaan lisätä peltojemme talviaikaista kasvipeitteisyyttä, mikä on eräs keino voimistuvien ympäristöriskien parempaan hallintaan, mutta myös alkukesän kuivuusongelmien välttämiseen. Vaikka ilmastomme lämpenee – ja talvella vieläpä kesää voimakkaammin – ei syyskylvöisten kasvien menestymisedellytykset väistämättä välittömästi parane.

Nyky-Suomi kuuluu kylmäntalviseen ilmastoon ja kestää useita vuosikymmeniä ennen kuin ilmastomme lämpenee niin merkittävästi, että voimme puhua nykyisen Keski-Euroopan tyyppisistä leudoista talvehtimisoloista. Siirtymävaiheen ajan olosuhteet sen sijaan vaihtelevat suuresti talvesta toiseen, mutta myös talven sisällä ollen välillä ankaria ja taas leutoja. Suuri vaihtelu onkin usein pysyviä oloja haasteellisempi kasvien menestymiselle. Lisäksi oman epävarmuuden tuo mahdollinen syyssateiden yleistymisen, mikä vaikuttaisi suoraan syyskylvöjen toteutumiseen.

Maan vesitilan parempaan hallintaan

Mikäli vuotuinen sadanta lisääntyy ja ennusteet vuodenaikaisesta jakaumasta toteutuvat, edellyttää viljelyn sopeuttaminen sadannassa tapahtuviin muutoksiin tehokkaita hallintamenetelmiä. Syksyn ja talven sateiden runsastuminen sekä rankkasateiden yleistymisen kesällä edellyttävät tehokasta veden johtamista pois pelloilta. Toisaalta tarvitaan myös kas-



KUVA: TAPPO TUOMELA / MTT:n ARKISTO

telujärjestelmiä, joita voidaan soveltaa pelto- eikä vain puutarhaviljelyyn. Vain kastelulla voimme hallita tulevaisuudessa tärkeintä kasvintuotantomme epävarmuustekijää.

Paineet ilmastonmuutoksen aiheuttaman satoisuuden kasvun hyödyntämiselle ovat suuret ja luultavasti viljelijöiden halukkuus panostaa viljelyyn kasvaa merkittävästi kohoavien tuottajahintojen kannustamana. Ruoan hinnan nousulle luo paineita samanaikaisesti niin elintason nousu maailman väestörikkaimmilla alueilla, maatalousmaan vähentyminen ilmaston muutoksen myötä, bioenergiatuotannon aiheuttama kilpailu maatalousmaasta kuin väestön kasvu.

Kasvien vesitalouden hallinta tulee olemaan nykyistäkin tärkeämpi globaali kysymys. Se kuitenkin nousee Suomessakin avainkysymykseksi tulevaisuudessa, kun samanaikaisesti halutaan hyötyä viljelykasviemme satoisuuden kasvumahdollisuuksista ja saada maatalous yhä vesistöystävällisemmäksi. Suomi lienee harvinaisessa asemassa myös sikäli, ettei sen tuotantokyky vain kasva ilmastonmuutoksesta, vaan meillä on myös ainutlaatuisia, peltokasvien kasteluun käytettävissä olevia vesivaroja. Sadetuskalusto on kuitenkin auttamattomasti vanhentunut, joten tulevaisuudessa kastelujärjestelmien kysynnän voi ennustaa kasvavan merkittävästi. ◆

KASTELUN MENETELMÄT JA MAHDOLLISUUDET SUOMESSA

Maa- ja metsätalousministeriön toimeksiannosta Suomen ympäristökeskus ja Lounais-Suomen ympäristökeskus laativat selvityksen, joka julkaistiin vuonna 2003. Kastelutilanteen kokonaisvaltaisempi tarkastelu nousi ajankohtaiseksi, koska 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa oli useampia kasvukausille sattuneita kuivia kausia, jolloin Etelä-Suomessa sato jäi monien kasvien osalta heikoksi ilman kastelua. Viimeaikaisten ilmastonmuutosskenaarioihin liittyvien hydrologisten ennusteiden perusteella näyttää siltä, että kasteluveden riittävyttä turvaavat toimenpiteet nousevat tulevaisuudessa yhä tärkeämmiksi erityisesti vähäjärvisissä osissa Etelä-Suomea.



JUHA-PEKKA TRIIPPONEN
vesistöinsinööri
Lounais-Suomen ympäristökeskus
E-mail: juha-pekka.triipponen@ymparisto.fi



OSMO PURHONEN
apulaisjohtaja
Lounais-Suomen ympäristökeskus
E-mail: osmo.purhonen@ymparisto.fi

Vaikka maassamme sataa keskimäärin riittävästi, sade jakaantuu kasvien kasvurytmin kannalta epäedullisesti. Kasvukauden alkupuolella, jolloin kasvien vedentarve varsinkin viljoilla on suurimmillaan, sateita saadaan vähän ja haihtuminen on voimakasta. Kuivina kesinä jokien vesimäärät eivät vähäjärvisillä valuma-alueilla aina riitä kasteluun ollenkaan. Ongelmallisimpia ovat Varsinais-Suomen ja Uudenmaan rannikon pienet jokivesistöt. Kastelun tarve syntyy haihdunnan ja sadannan erotuksesta, joka Etelä-Suomen rannikkoalueilla on kesän kasvukaudella keskimäärin noin 150 mm. Osan tästä vajauksesta kasvit ottavat maaperässä olevasta kosteudesta, mutta rannikon savimailla tämä ei riitä kovinkaan pitkäksi aikaa. Tyypillinen kastelun määrä on 100 – 300 mm/ha (1 000 m³ – 3 000 m³/ha) kasvukau-

den aikana. Kasteluvettä käytetään myös hallantorjuntaan erikoiskasvien viljelyssä.

Koko Suomen vesitasetta tarkastellen kasteluveden riittävyys ei näyttäisi aiheuttavan ongelmia, koska erilaisiin hyötykäyttötarkoituksiin vettä otetaan vain noin 2 prosenttia Suomen kokonaisvirtaamasta. Tästäkin valtaosa kuluu yhdyskuntien ja teollisuuden vedentarpeeseen kastelun osuuden ollessa vähäinen. Suomessa ei myöskään lämpimien maiden tapaan ole rakennettu laajoja kastelua palvelevia vedensiirtojärjestelmiä, vaan kastelu perustuu lähes kokonaan paikallisiin pinta- tai pohjavesiä hyödyntäviin ratkaisuihin. Kasteluveden riittävyden kannalta on haasteellista se, että suuri osa kastelun painopistealueesta eteläisessä ja läntisessä Suomessa on vähäjärvisiä seutua, jossa jokien virtaamavaihtelut ovat hyvin suuria ja kaste-

liveden tarve on tavallisesti suurimmillaan silloin, kun jokien ja ojien virtaamat ovat pienimmillään.

Kastelumenetelmät

Kastelumenetelmät voidaan jakaa maanpinnan ylä- ja alapuolisiin menetelmiin. Yläpuolisia menetelmiä ovat valutuskastelu, tippukastelu ja sadetuskastelu, jota käytetään myös hallantorjuntaan. Suomessa ei juurikaan käytetä valutuskastelua, joka on maailmanlaajuisesti eniten käytetty kastelumenetelmä. Tippukastelua käytetään pääasiassa kasvihuoneissa ja siinä vettä pyritään yleensä kierrättämään. Sadetuskastelua käytetään ylivoimaisesti eniten Suomessa muiden Pohjoismaiden tapaan. Sadetuksen päämääränä on muokkauskerroksen vesivaraston täydentäminen aiheuttamatta pintavaluntaa. Sadetinlaitteistot

koostuvat joko ympyräsadettimista tai sadetuskoneista, jotka voivat olla itsekskulkevia.

Maanpinnan alapuolinen järjestelmä voi olla maahan upotettu kasteluputkisto, josta tiikutetaan vettä muokkauskerrokseen (tihkukastelu) tai vaihtoehtoinen järjestelmä, jonka avulla säädelään pohjaveden korkeutta avo- tai salaojia padottamalla (pohjavesikastelu).

Tihkukastelu on yleistynyt viime vuosina maassamme nopeasti riviviljelyssä (mansikka, kurkku, marjapensasat ym.), koska menetelmä mahdollistaa sadon maksimoinnin myös kuivina kesinä ja samalla säästää kasteluvettä sadetukseen verrattuna. Riviviljelyssä käytetään sadetusta enää lähes pelkästään hallantorjuntatarkoituksessa. Tihkukastelulla saadaan myös vesiensuojelullista hyötyä, koska siinä voidaan annostella vettä ja ravinteita juuri oikea määrä ja vähentää samalla ravinnehuuhtoutumia vesistöihin. Ainoana haittapuolena ovat tihkukasteluletkujen investointikustannukset, koska letkut joudutaan uusimaan vähintään muutaman vuoden välein.

Pohjavesikastelun, joka voi olla joko pohjavesipadotusta, säätösaloitusta tai säätökastelua, edellytyksenä on, että peltoalue on lähes tasainen. Menetelmän soveltuvuutta parantaa myös maaperän hyvä vedenjohtavuus. Pohjavesikastelulla on myös vesiensuojelullisia hyötyjä ravinteiden pidättymisen ja vesistön happamuuden torjunnan kautta.

Veden riittävyysnäkömät

Ilmastonmuutoksen ja siihen liittyvien kasvintuotannon kehitysnäkymien perusteella näyttää selvältä, että kastelun tarve tulee jatkossa lisääntymään entisestään maassamme. Vaikka sademäärät eivät nykyisestä merkittävästi muuttuisikaan, kohoavat lämpötilat lisäävät yleisesti kasvibiomassaa ja vedentarvetta. Lisäksi on ennustettu sademäärien painottuvan entistä enemmän talvikausille ja vähenevän kesäkuukausina. Viime talven ja kuluneen kevään hydrologiset olosuhteet tukevat varsin vahvasti tätä ennustetta.

Kasteluveden käyttö saattaa aiheuttaa kuivakausien aikana kasteluveden puutteesta kärsivien alueiden vedenkäyttäjien välille myös ristiriitoja, koska jokien ja ojien vettä ei aina riitä tasapuo-

lisesti kaikille tarvitsijoille. Pääsääntönä on, että kasteluveden ottoon vesistöistä tarvitaan ympäristölupaviraston lupa, mikäli toiminnasta aiheutuu haittaa tai vahinkoa vesistön alapuolisen osan vedenkäyttäjille tai jos yleistä etua loukataan. Pohjaveden ottaminen omalta alueelta kastelutarkoitukseen on sallittu enintään 250 m³/d käsittävään vesimäärän ottamiseen asti, mikäli ei rikota pohjaveden muuttamiskieltoa. Jatkossa kasteluveden käytön yleissuunnitelmat, joihin sisältyvät myös kasteluveden saatavuuden turvaamiseksi tehtävät toimenpiteet, olisi tarkoituksenmukaista tehdä vesistöalueittain tai osavalmualueittain sellaisilla kastelun painopistealueilla, joilla on useita kasteluveden tarvitsijoita.

Kuivuudesta kärsivillä valuma-alueilla voidaan kasteluveden saatavuutta parantaa joko siirtämällä vettä, keräämällä valumavesiä altaiisiin tai pohjavettä hyödyntämällä. Kasteluviesialtaiden rakentaminen on mahdollista toteuttaa joko patoamalla tai kaivamalla. Näistä patoaminen on yleensä aina edullisempi vaihtoehto, mutta se edellyttää sopivia maastonmuotoja ja sitä, ettei vedennostolla aiheuteta merkittäviä vahinkoja. Kun pato rakennetaan vesistöön, tarvitaan aina vesilain mukainen lupa. Kasteluviesialtailla on myös vesiensuojelullista hyötyä, koska ne estävät ravinteiden pääsyä alapuoliseen vesistöön kosteikkojen ja laskeutusaltaiden taapaa. Kasteluveden riittävyttä runsasjärvisillä valuma-alueilla parantaa myös ko. vesistöalueen järvien säännöstelyn tehostaminen.

Vettä on periaatteessa mahdollista myös siirtää toiselta vesistöalueelta joko pumppaamalla tai muilla järjestelyillä. Toistaiseksi Suomessa on toteutettu tällaisia vedensiirtojärjestelmiä vain yhdyskuntien (esim. Rauma ja Turku) vedentarvetta varten. Mikäli kasteluveden puutteesta tulee tulevien vuosikymmenten aikana vielä selvästi nykyistä suurempi ongelma, saattaa tulla ajankohtaiseksi harkita Etelä-Suomen suurten jokivesistöjen (esim. Kokemäenjoki, Kymijoki) veden siirtämistä kuivuudesta kärsiville kastelun painopistealueille esim. Varsinais-Suomessa ja Uudellamaalla. Toistaiseksi on kuitenkin vaikea nähdä tällaisten hankkeiden realistisuutta, kos-



ka korkeiden kustannusten lisäksi vesistöjärjestelyihin liittyvät lupakysymykset saattavat muodostua ongelmallisiksi.

Kasteluveden puutteesta kärsivillä alueilla yksi vaihtoehto on pohjavesien nykyistä tehokkaampi hyödyntäminen kastelussa. Kun joissain kuivuudesta kärsivissä Välimeren maissa pohjavettä joudutaan pumppaamaan jopa sadan metrin syvyydestä, täällä pohjavettä löytyy usein viljelysalueiden tuntumassa muutaman metrin syvyydestä, joten pumppauskustannukset ovat varsin kohtuulliset. Pohjaveden pumppaaminen kastelua vaativien viljelysalueiden läheisyyteen rakennettuun tai padottuun altaaseen ja tästä eteenpäin esim. tihkukastelujärjestelmään on monilla alueilla kuivina kesinä jo tälläkin hetkellä ainoa järkevä ratkaisu, mikäli lähialueen pintavesivarat eivät riitä kasteluveden käyttöön. Pohjavedestä saatavat vesimäärät ovat kuitenkin suhteellisen vähäiset ja ongelmia saattaa helposti ilmetä samassa pohjavesiesiintymässä sijaitsevien talousvesikaivojen suhteen. ♦

PELTOJEN VESITALOUDESTA HUOLEHTIMINEN ON VÄLTÄMÄTÖN EDELLYTYS GLOBAALIN RUOKAPULAN RATKAISEMISEKSI

RAUNO PELTOMAA

Toiminnanjohtaja, Salaojayhdistys ry
E-mail: rauno.peltomaa@salaojayhdistys.fi



Seminaarilaiset virolaisella salaojakastelu kohteella Harjun maakunnassa. Kuva Willem Vlotman.



Maa- ja metsätalousministeriön valtioneuvos Jouni Lind, toinen oikealta, neljän presidentin seurassa. Oikealla ICID:n nykyinen presidentti Peter Lee Englannista, Lindin vasemmalla puolella ICID:n kunniavarapresidentti Chandra Madramootoo Kanadasta, ICID:n kunniaresidentti Bart Schultz Hollannista ja ASABE:n kunniaresidentti Wayne Skaggs USA:sta. Kuva Vesa Vuorimaa.

Suomi liittyi maailmanlaajuisen kastelu- ja kuivatusjärjestön ICID:n jäseneksi vuonna 2000. Vuonna 1950 perustetun ICID:n (International Commission on Irrigation and Drainage) tarkoituksena on toimia itsenäisenä kansainvälisenä tieteellisteknisenä järjestönä. Sen toimialaan kuuluvat kastelun, kuivatuksen ja tulvasuojelun kehittäminen kestävällä tavalla tekniset, taloudelliset, sosiaaliset ja ympäristönnäkökohdat huomioon ottaen. Järjestö korostaa tehtäväalueessaan vesivarojen käytön ja hoidon kehittämisen yhteyttä kestäväan ruoantuotantoon. Suomen kansallisen toimijatahona järjestössä on Fincid ry, jonka puheenjohtaja on professori Pertti Vakkilainen. Järjestön kuivatusryhmä on järjestänyt seminaareja 3-5 vuoden välein eri puolella maailmaa. Ensimmäinen kuivatusseminaari pidettiin Hollannissa 1979.

ICID:n kuivatusryhmän kymmenes juhlaseminaari järjestettiin heinäkuun alussa Suomessa ja Virossa. Seminaarin käytännön järjestelyistä vastasivat Fincid yhdessä virolaisen Estcid:n kanssa. Viikon kestäneeseen seminaariin osallistui 110 varsinaista osanottajaa ja 24 seuraajaa, mikä ylitti järjestäjien odotukset. Osanottajat edustivat 25 eri kansallisuutta, kaukaisimmat Australiasta saakka. Tapahtuma oli vuoden suurin alan asiantuntijoiden tapaaminen koko maailmassa. Seminaarissa pidettiin kuusi pyydettyä yhteenvetoesitel-



Ryhmäkuva osanottajista Säätötalon portailla. Kuva Vesa Vuorimaa.

mää, 29 tutkijaesitelmää ja yli 20 poster-esitelyä. Lisäksi ohjelmaan sisältyi retkiä käytännön kohteisiin niin Suomessa kuin Virossa. Järjestäjät olivat erityisen ylpeitä siitä, että seminaariin osallistui alan johtavien tutkijoiden lisäksi ICID:n korkein johto englantilaisen presidentin Peter Leen johdolla.

Seminaarin yhtenä teemana oli peltojen valumavesien laadun hallinta. Suomalaisia kiinnostivat erityisesti amerikkalaisten tutkimustulokset kuivatuksen tehokkuuden vaikutuksista valuntaan ja ravinnehuhtoumiin. Seminaarin yhteenvedoista muistettaneen vielä pitkään sääätosalajituksen uranuurtajan professori Wayne Skaggsin toteamus, että valumavesien käsittelyssä ”ei ole olemassa yhtä viisasten kiveä, vaan on syytä käyttää useita eri menetelmiä valumavesien laadun parantamiseksi”.

Seminaarin järjestäjät esittävät parhaat kiitoksensa kaikille seminaarin järjestelyihin osallistuneille. Suomalaisen tutkijoiden osalta järjestelytoimikunta kiittää erityisesti maa- ja metsätalousministeriötä, Maa- ja vesitekniikan tuki ry:tä



Seminaarin rutiinien vastuuhenkilöitä, oikealta vasemmalle ICID:n kuivatustyöryhmän pj Willem F. Vlotman Australiasta, Estcid:n pj. Mati Tönismäe, Fincid:n pj. prof. Pertti Vakkilainen, Fincid:n sihteeri Helena Äijö ja Tarton maatalousyliopiston prof. Toomas Tamm. Kuva Toomas Timmusk.

ja Salaojituksen tukisäätiötä. Seminaarin käytännön järjestelyihin ja ohjelman toteutukseen osallistuivat merkittäväällä tavalla Gårdskulla Gärd, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Lounais-

Suomen ympäristökeskus ja Suomen ympäristökeskus, joille myös parhaat kiitokset tuesta.

Seminaarin aineistoon voi tutustua Fincidin kotisivuilla www.fincid.fi

Uudet liukkaudentorjunta-aineet pienentävät ympäristöriskejä

Maanteiden suolaus tieliikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden parantamiseksi talviolaisa aloitettiin Suomessa 1950-luvulla. Suolan käyttömäärät pysyivät verraten pieninä 1980-luvulle asti, jolloin teitä ryhdyttiin suoлаamaan myös ennakkoon odotettavissa olevan liukkauden varalta. Huippuvuonna 1990 käyttö nousi 157 000 tonniin. Toimenpiteen ympäristöhaittoihin alettiin kiinnittää huomiota, kun pohjaveden suolapitoisuuden nousu alkoi heikentää talousveden laatua useilla pohjavesialueilla. Tiesuolauksen vaikutusta liikenteen päästöinä maahan joutuvien aineiden kuten kadmiumin (Cd) aiheuttamaan pohjavesiriskiin on sen sijaan tutkittu Suomessa varsin vähän.

Perinteisesti tiesuolana käytetään natriumkloridia (NaCl), joka liikkuu maassa helposti. Kloridi-anioni ei sitoudu maahan lainkaan kemiallisesti vaan kulkeutuu veden liikkeitä seuraillen. Myös natrium-kationi pidättyy maahiukkasten pinoille selvästi huonommin kuin muut maassa tavallisesti esiintyvät kationit ja huuhtoutuu varsin helposti. Koska kasvit ottavat molemmissa ioneja varsin vähän, biomassaan sitoutumisen merkitys pohjavesiin kulkeutumisen vähentäjänä jää pieneksi.

Etenkin vilkkaasti liikennöityjen teiden varsilla kadmiumia on kertynyt maahan dieselajoneuvojen päästöjen ja autonrenkaiden kulumisen seurauksena. Tämä raskasmetalli on erittäin haitallinen ihmisille ja muille eliöille. Maassa kadmiumin haitallisuutta lisää se, ettei se sitoudu maan orgaaniseen ainekseen yhtä tehokkaasti kuin monet muut raskasmetallit. Se esiintyy pääasiassa ns. vaihtuvana kationina, jolloin se ei ole kemiallisesti sitoutunut vaan pidättyy maahan sähköisin vetovoimin. Tiesuolassa levitettävä natrium voi vaihtaa kadmiumia hiukkaspinoilta maaveteen kasvien saataville ja vajaveden

kuljetettavaksi. NaCl:in käyttöön tiesuolana liittyy myös se riski, että kloridi voi muodostaa kadmiumin kanssa hyvin helpoliukkoisia komplekseja. Teoriassa kloridikompleksien synty heikentää kadmiumin kykyä pidättyä vaihtopaikoille ja lisää siten huuhtoutumisriskiä. Kompleksien merkitykseen kadmiumin kuljettajina maassa on kiinnitetty varsin vähän huomiota.

Uusia vaihtoehtoja

Teiden suolauksesta ei voida kokonaan luopua liikenneturvallisuussyistä. Tämän vuoksi on etsitty ympäristön kannalta vähemmän haitallisia vaihtoehtoja, joilla NaCl voitaisiin korvata. Mielenkiintoa ovat herättäneet erityisesti yksinkertaiset orgaaniset suolat, ja kationeina on käytetty kasvien kannalta tärkeitä kalsiumia, magnesiumia ja kaliumia. Olettamuksena on, että mikrobit hajottavat anioniosan, eikä se ehdi kulkeutua pohjaveeteen. Kasvit puolestaan voivat hyödyntää osan kationeista ravinteenaan. Eri puolilla maailmaa on tutkittu mm. etikkahapon kalsium- ja magnesiumsuoloja (mm. Elliot ja Linn 1987). Orgaanisten yhdisteiden haittapuolena on se, että päästessään kulkeutumaan pohjaveeteen ne toimivat mikrobien ravintona tai energian ja hiilenlähteenä ja lisäävät siten hapenkulutusta. Teoreettisesti laskien asetaatti-anionin (CH₃COO) hajoamisessa bikarbonaatiksi yhtä grammaa kohti kuluvan hapen määrä on 0,69 g O₂. Toisen mielenkiintoisen yhdisteen, muurahais-hapon kaliumsuolan eli kaliumformiaatin (KHCOO) vastaava laskennallinen hapenkulutus on paljon pienempi: 0,36 g O₂. Kaliumformiaatin koekäyttö liukkauden torjunnassa aloitettiin tiepiireissä vuonna 2002, talvikautena 2005–2006 sitä käytettiin jo yhteensä 101 tonnia (Tidenberg et al. 2007).

Hapen väheneminen maassa voi vaikuttaa raskasmetallien pidäytymiseen kahdella vastakkaisella tavalla. Pelkistymiseen liittyy usein pH:n kohoaminen, mikä edistää raskasmetallien kemiallista pidäytymistä hydroksikomplekseina oksidipinnoille. Toisaalta pelkistysreaktioiden edetessä mangaani- ja rautaoksidit alkavat liueta ja menettää kykyään toimia pidäytyspintana.



KIMMO RASA
MMM

Helsingin yliopisto, soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos
E-mail: kimmo.rasa@helsinki.fi

HELINÄ HARTIKAINEN

MMT, professori
Helsingin yliopisto, soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos

TOMMI PELTOVUORI

MMT
Helsingin yliopisto, soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos

Laboratoriokoe

Tutkimme laboratoriossa tehdyllä inkubointikokeella, miten maan hapetus-pelkistystila (redox), pH ja Cd-Cl –kompleksien synty vaikuttavat kadmiumin liukoisuuteen maassa. Koe tehtiin karkealla metsästä otetulla kivennäismaalla, joka saastutettiin Cd(NO₃)₂:lla (3 mg Cd kg⁻¹). Kuiviin maanäytteisiin lisättiin joko NaCl:a (10 g kg⁻¹) tai KCHOO:ta (14,4 g kg⁻¹) niin, että anioneja oli aineäärin yhtä paljon. Kemikaalilisäykset vastasivat NaCl:n keskimääräistä käyttömäärää Uudenmaan tiepiirin alueella 1s-hoitoluokassa (18 t km⁻¹, Gustafsson 2000) olettaen, että suola jakautuu tien varsille 7,5 m leveydeltä ja 0,5 m syvyyteen. Verrokinäytteisiin ei lisätty liukkaudentorjunta-aineita. Osaa maanäytteistä muhitettiin 50 päivää kentäkosteudessa (pF 2), osaa vedellä kylästyneessä tilassa (pF 0) joko kevättä tai kesää vastaavassa maan lämpötilassa (+5 °C ja +15 °C).

Koemaiden redox-tilaa seurattiin kokeen aikana maanäytteisiin upotettujen platinaelektrodien avulla ja kokeen pur-

kamisvaiheessa mittaamalla redox-potentiaali samasta suspensiosta, josta mitattiin maan pH. Kadmiumin sitoutumista maahan selvitettiin fraktiointianalyysillä, jossa eri tavoin sitoutuneet metallimuodot erotetaan peräkkäisillä uutoilla:

Fraktio	Uuttoneste
Vesiliukoinen Cd	Deionisoitu H ₂ O
Kationinvaihtopaikoille pidättynyt Cd	1 M KNO ₃
Orgaaniseen ainekseen pidättynyt Cd	0,5 M NaOH
Oksideihin pidättynyt Cd	0,1 M NH ₂ OH HCl, pH 2

Utteiden kadmiumpitoisuudet määritettiin grafiittiuunilla varustetulla atomiabsorptiospektrofotometrillä.

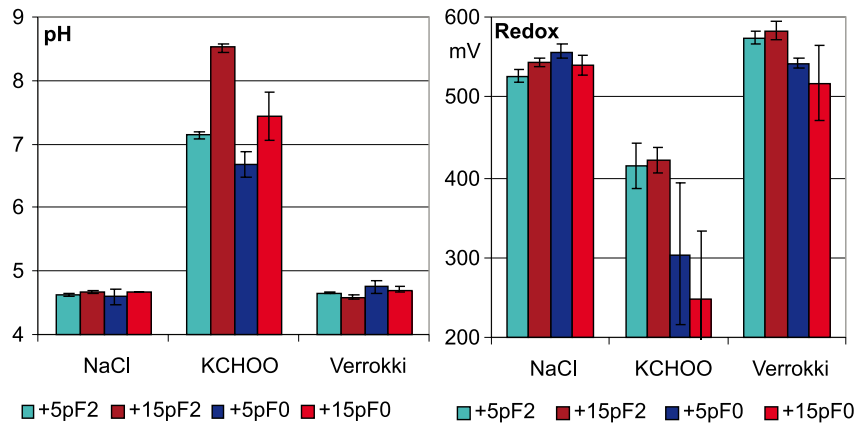
Tulokset

Maan redox ja pH

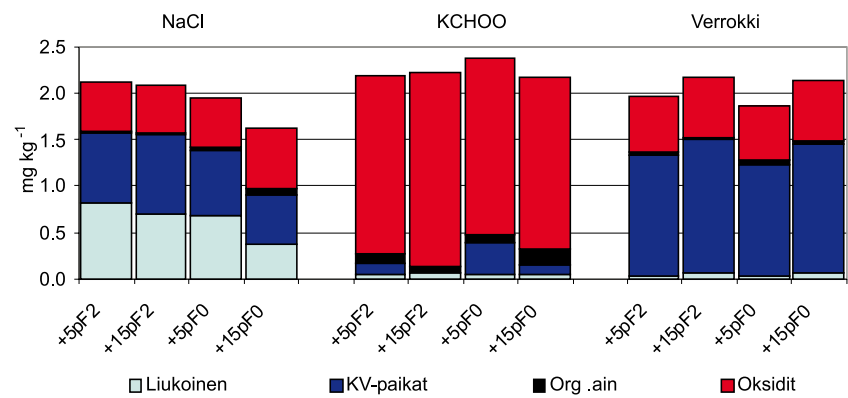
Kaliumformiaatin mikrobiologinen hajoitus maassa alensi selvästi redox-potentiaalia (Kuva 1). Vaikutus oli voimakasta märissä ja lämpimissä olosuhteissa (+15 pF0). Sen sijaan NaCl- ja verrokkikäsitelyssä redox-potentiaali pysyi kaikissa olosuhteissa yli 500 mV:ssa. Näissä käsittelyissä ei siis juuri tapahtunut pelkistymisreaktioita. Kokeen alussa maan pH oli 4,3 ja nousi kokeen aikana sekä verrokkinäytteissä että NaCl-käsittelyissä näytteissä 4,6:een (Kuva 1). Kaliumformiaatilla käsitellyissä näytteissä pH:n nousu oli voimakasta; kokeen lopussa muhitusolosuhteista riippuen pH oli 7,1 - 8,5. Lämpötilan nousu edisti pH:n nousua, mutta märkyys puolestaan hillitsi sitä.

Kadmiumin uuttuvuus

Inkubointikokeen päättyessä vesiliukoista kadmiumia oli verrokki- ja formaattikäsitelyissä kaikissa muhitusolosuhteissa alle 0,07 mg kg⁻¹, mutta NaCl:lla käsitelyissä moninkertainen määrä: 0,38 - 0,83 mg kg⁻¹ (Kuva 2). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin kylmissä aerobisissa oloissa muhitetuista näytteistä (5pF2) ja matalimmat lämpimissä ja märissä oloissa muhitetuista (15pF0). Verrokkinäytteissä kadmiumia sitoutui kationinvaihtopaikoille eniten, koska niissä oli vähemmän vaihtopaikoista kilpailevia kationeja (Na⁺ ja K⁺) kuin liukaudentorjunta-



Kuva 1. Maan pH ja redox-potentiaali eri käsittelyissä inkubointikokeen lopussa. Rinnakkaisten näytteiden keskihajonnat kuvattu virhebepäkkeillä.



Kuva 2. Eri fraktioihin pidättyneen kadmiumin määrä inkubointikokeessa.

aineilla käsitellyissä näytteissä. NaCl-lisäys vähensi vaihtopaikoille pidätymisen noin puoleen ja formaatti noin neljänneen tai jopa sadasosaan verrokkiin nähden (Kuva 2). Formaattia saaneissa maissa valtaosa kadmiumista löytyi oksidipinnoille sitoutuneesta fraktiosta, jossa pitoisuus oli noin kaksinkertainen muihin käsittelyihin verrattuna. Orgaanisen aineksen sitomaksi oletettuun fraktioon kadmiumia päätyi erittäin vähän (Kuva 2). Suurimmat pitoisuudet löytyivät formaattikäsitelystä (0,07 - 0,16 mg kg⁻¹).

Vesiliukoinen ja kationinvaihtopaikoille pidättynyt fraktio muodostavat yhdessä niin sanotun biokäyttökelpoisen kadmiumin poolin (Kuva 3), joka on kasvien käytettävissä ja altis huuhtoutumaan pohjavesiin. Vaikka verrokki- ja NaCl-käsittely eivät suuresti eronneet toisistaan biosaatavan poolin osalta, kaikkein helpoliukoisimman (vesiliukoinen) fraktion kasvu NaCl-käsittelyssä oli silmään pistävän

suuri (Kuva 2). Formaattikäsitelyssä biosaatava pooli oli sen sijaan selkeästi pieni kaikissa muhitusolosuhteissa: 0,07 - 0,39 mg kg⁻¹ (Kuva 3).

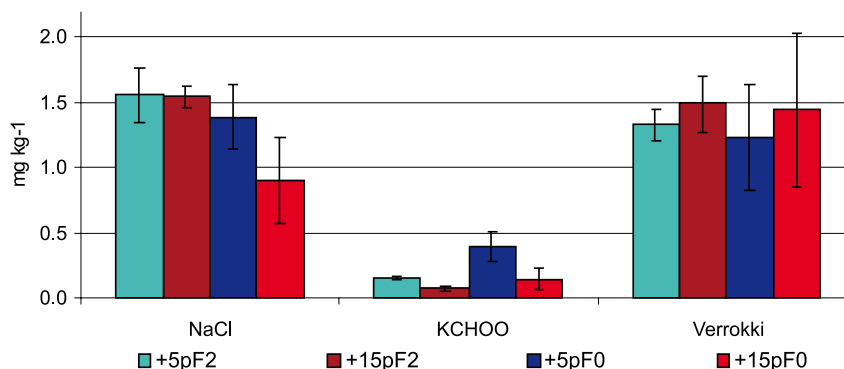
Tulosten tarkastelu

Orgaanisen ja epäorgaanisen liukaudentorjunta-aineen vaikutukset kadmiumin liukoisuuteen maassa poikkesivat toisistaan selvästi. Kaliumformiaatin kationiosa vaihtoi tehokkaasti kadmiumia kationinvaihtopaikoilta. Vaikka orgaanisen anionin hajoituksesta aiheutuva hapenkulutus laski maan hapetus-pelkistys -potentiaalia, samanaikaisesti tapahtunut pH:n nousu edisti vaihtopaikoilta syrjäytetyn kadmiumin uudelleen pidättymistä hydroksikomplekseina maassa oleville oksidipinnoille. Koejärjestelyssä käytetyistä äärevistä olosuhteista ja merkittävästä redox-potentiaalin laskusta huolimatta pidättymisen kannalta haitallisesta oksidien liukenemisestä ei havaittu merkkejä kaliumformiaattia saaneissa maissa.

Kadmiumin pidättyminen oksidipinoille oli merkittävää ja prosessin seurauksena biokäyttökelpoinen reservi selvästi pieni.

Natriumkloridia käytettäessä muutokset kadmiumin liukoisuudessa aiheutuivat pääosin kilpailusta kationenvaihtopaikoista ja kompleksimuodostuksesta. Natrium-ionit syrjäyttävät kadmium-ioneja hiukkaspinoilta, jolloin vapautunut kadmium muodostaa maanesteen kloridi-ionin kanssa Cd-Cl-komplekseja. Ne eivät pidäty maahan, vaan pysyvät liukoisessa muodossa. Teoreettisten kompleksimuodostuslaskelmien perusteella yli 95 prosenttia maanesteen kadmiumista oli natriumkloridia saaneissa maissa CdCl₄²⁻ kompleksimuodossa (Rasa et al. 2005). Natriumkloridilla käsitellyissä maissa ei tapahtunut suuria muutoksia pH- eikä hapetus-pelkistys – olosuhteissa, eikä orgaanisen aineen ja oksidien kyky pidättää raskasmetalleja näyttänyt muuttuvan. Tulosten perusteella natriumkloridin käytön tiesuolana voidaan katsoa lisäävän kaikkein helppoliukoisimpien kadmiumin muotojen pitoisuutta maassa.

Tutkimus osoitti kaliumformiaatin olevan kadmiumin liukoisuuden kannal-



Kuva 3. Biologisesti käyttökelpoinen kadmium (vaihtuva + vesiliukoinen) muhituskokeen eri käsittelyissä. Rinnakkaisten keskijonnot kuvattu virhepalkeilla.

ta parempi liukkaudentorjunta-aine kuin natriumkloridi. Mikäli formaatti hajoaa nopeasti myös luonnon olosuhteissa ja nostaa maan pH:ta, voidaan sen olettaa edistävän kationimuotoisten (hydroksikomplekseja muodostavien) raskasmetallien pidättymistä maan oksidipinoille ja vähentävän siten niiden kulkeutumista syvempiin maakerroksiin ja kohti pohjavettä. Kloridipitoisuuden tuntuva nousu perinteisen tiesuolan käytön seurauksena saattaa puolestaan lisätä sellaisten raskasmetallien (esim. lyijy) kulkeutumiskäytännön, jotka pystyvät muodostamaan liukoisia kloridikomplekseja.

Kirjallisuus

- Elliot, H. A. & Linn, J. H. 1987. Effect of Calcium Manganese Acetate on Heavy Metal Mobility in Soils. *Journal of Environmental Quality*. 16:222-226.
- Gustafsson, J. 2000. Tiesuolauksen riskiarvio pohjavesialueella. Valtakunnallinen yhteenveto. Suomen ympäristö 361. 104 s.
- Rasa, K., Peltovuori, T. & Hartikainen, H. 2005. Effects of de-icing chemicals sodium chloride and potassium formate on cadmium solubility in coarse mineral soil. *Science of the Total Environment* 366, 819-825.
- Tidenberg, S., Kosonen, E. & Gustafsson, J. 2007. Teiden talvikunnossapidon vaikutukset pohjaveteen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 10/2007, 131 s., Suomen ympäristökeskus. ♠

VEDEN- JA JÄTEVEDENKÄSITTELYLAITTEITA KUNNILLE JA TEOLLISUUDELLE

Tuotteitamme

Välppäysyksiköt:	Ruuvi-, porras- ja lamellivälppät, rumpusiivilät
Hiekkanerotus- ja kuivausyksiköt	FW-M ja FW-MIL tyypit sekä vaunukaapimet
Lietekaapimet:	Siltalaahat, pyörölaahat, pumppuvaunut, vaunulaahat
Sekoittimet:	Staattiset- ja potkurisekoittimet, vaaka- ja pystyhämmennin
Lietteenkuivausyksiköt:	Suotonauhat, puristimet, rumputiivistimet, säkkikuivainyksiköt
Kemikaalinannostelulaitteet	Polymeeriyksiköt, kemikaaliliuoksen valmistus- ja annosteluyksiköt, kemikaalijauhesisilot
Flotaatioyksiköt	Esi- ja jälkipuhdistukseen



Porrasvälppä 5500 m³/h (1 kpl)
Toimitus 5 kpl, Kazan



HALLINTO JA MARKKINOINTI
Steniuksentie 11 B 25
00320 Helsinki
P. 09-44 69 72
F. 09-44 69 73

SUUNNITTELU JA VALMISTUS
Laturitie 10
60510 Hyllykallio
P. 06-41 44 580
F. 06-41 44 581

www.fennowater.fi

JÄTEVESILIIETTEIDEN HYÖDYNTÄMISEN VAIHTOEHTOJEN VERTAILUA ELINKAARIARVIOINNIN AVULLA



TUULI MYLLYMAA
tutkimusinsinööri
Suomen ympäristökeskus
tuuli.myllymaa@ymparisto.fi

PIRJO RANTANEN
tutkimusinsinööri
suomen ympäristökeskus
pirjo.rantanen@ymparisto.fi

JYRI SEPPÄLÄ
tutkimuspäällikkö
Suomen ympäristökeskus
jyri.seppala@ymparisto.fi

HELENA DAHLBO
vanhempi tutkija
Suomen ympäristökeskus
helena.dahlbo@ymparisto.fi



Jätevesilietteiden yleisiä käsittelytapoja ovat muun muassa mädättäminen ja kompostointi. Toistaiseksi harvinaisempia vaihtoehtoja Suomessa ovat polttaminen, terminen kuivaus ja kemiallinen käsittely. Kun vaihtoehtoja vertaillaan ilmastonmuutosvaikutusten kannalta, mädätys on kannatettavaa – etenkin lietteen ja biojätteen pienen mittakaavan yhteismädätys – mutta niin on myös poltto. Kompostointikin on kaatopaikkasijoitusta parempi vaihtoehto.

Lietteiden ja muiden orgaanisten jätteiden käsittely- ja hyödyntämismenetelmien ympäristövaikutuksia ja kustannuksia on vertailtu Suomen ympäristökeskuksen (SYKE), Helsingin yliopiston, Åbo Akademin, Tampereen teknillisen yliopiston ja Teknillisen korkeakoulun yhteistutkimuksessa POLKU – Polttokelpoisten jätteiden hyödyntäminen ympäristö- ja kustannusvaikutusten kannalta.

Biojätteet ja jätevesilietteet ovat järjestelmätarkastelujen näkökulmasta hyvin samanlaisia materiaaleja - molemmat jätteet ovat orgaanista ainesta, ja eroavat lähinnä vesi-, ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksiensa suhteen. Syntypaikkalajiteltua biojätettä kerätään vuosittain noin 197 000 tonnia ja jätevesilietteitä syntyy 1,1 – 1,2 miljoonaa tonnia. Kuiva-aineena molempia jättemassoja saadaan talteen noin 150 000 tonnia vuodessa. Sekajäte sisältää nykyisin vielä lajittelematonta biojätettä vähintään 240 000 kuiva-ainetonnin edestä, ja sen saaminen erilliskeräyksen piiriin on vielä paljon haja-asutusten jätevesihuoltokysymyksiäkin suurempi haaste.

Jätehuoltovaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuuden arviointi

Elinkaariarvioinnin avulla lietteiden ja biojätteiden käsittely- ja hyödyntämisprosessien massatase- ja päästötietoja kootaan systemaattisesti jätehuoltojärjestelmän kaikista eri vaiheista. Menetelmässä päästöt luokitellaan eri ympäristövaikutusluokkiin ja lopputuloksena voidaan vertailla sekä järjestel-

män potentiaalisesti aiheuttamia erilaisia ympäristövaikutuksia että toisaalta erilaisia järjestelmiä. Kun elinkaariarviointia sovelletaan jätehuoltoon, jätteen hyödyntämisen lisäämisestä aiheutuvat muutokset muissa tuote- ja energiajärjestelmissä arvioidaan. Jätteiden poltolla tuotettu energia voi olosuhteista riippuen korvata esimerkiksi öljyllä tuotettua energiaa, jolloin järjestelmässä vältetään öljyn poltosta syntyvät päästöt. Nämä vältetyt päästöt vähennetään järjestelmässä syntyneistä käsittely- ja hyödyntämisketjun päästöistä, eli niitä tarkastellaan jätehuoltojärjestelmän hyvityksinä. Kun näin nettotulokseksi saatujen potentiaalisten ympäristövaikutusten rinnalla tarkastellaan kustannuksia, voidaan tulosten avulla kuvata eri vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuutta ja mahdollisuuksia vähentää ympäristövaikutuksia (Myllymaa ym. 2005).

POLKU-hanke

POLKU-hankkeessa tavoitteena on ollut tarkastella kuuden erityyppisen jätteen vaihtoehtoisia jätehuoltoratkaisuja neljällä erilaisella alueella. Tutkittuja jätelajeja ovat sekajäte, biojäte ja jätevesiliete sekä teollisuuden tuottama kuitu-, puu- ja muovijäte. Alueiden nykyisen energia- ja jätehuollon sekä niihin liittyvien suunnitelmien pohjalta kullekin alueelle laadittiin materiaalin kiertoa painottavat ja tuotetun energian määrää painottavat jätehuoltoketjut. Vältetyt prosessit valittiin alueiden lämmön ja sähkön tuotannon profiilia mukailleen.

Käytössä olevista prosesseista muodostettiin jätevesilietteelle ja lietteen ja

biojätteen seokselle yhteensä kahdeksan vaihtoehtoista käsittely- ja hyödyntämisketjua (Taulukko 1). Ketjut koostuvat erilaisista yhdistelmistä mädätystä, kompostointia, termistä kuivausta, kemiallista käsittelyä ja polttoa. Lietteiden tarkasteluun otettiin mukaan sekä yhdyskuntajätevesilietteet että haja-asutuksen sako- ja umpikaiivolietteet, biojätteiksi laskettiin alueellisesti asutuksesta syntyvä tai laadultaan sitä vastaava biojäte.

Jätteille valittujen käsittely- ja hyödyntämisvaihtoehtojen potentiaalisia ympäristövaikutuksia mallinnettiin alueellisesti, eli välttynyt energian tietoina käytettiin olemassa olevien lämpölaitosten ja sähkön- ja lämmön yhteistuotantolaitosten polttoainetietoja. Tyypillistä on, että Pohjois-Suomessa turve on yleinen lämmöntuotannon polttoaine, Etelä-Suomessa puolestaan öljy ja maakaasu, kun taas puunjalostusteollisuusvaltaisilla alueilla energiantuotannossa käytetään paljon puuperäisiä polttoaineita. Jäteperäisen energian arvioitiin korvaavan nimenomaan kyseisellä alueella käytettyjä polttoaineita ja näiden polttoaineiden korvaamisella vältettävät päästöt vähennettiin hyödyntämisen- ja käsittelyketjujen tuottamista päästöistä.

Ilmastonmuutos merkittävin potentiaalinen ympäristövaikutus

Tulosten mukaan ilmastonmuutos on merkittävin lietteiden ja biojätteiden käsittelyyn liittyvistä potentiaalisista

ympäristövaikutuksista. Ilmastonmuutosvaikutuksia aiheuttavat mädätyksessä käytetyn energian tuotannon päästöt sekä mädätteen kompostoinnissa vapautuvat metaani ja typpioksiduuli. Jos biokaasun tuottamalla energialla kuitenkin voidaan korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä, kääntyy mädätyksen hiilidioksiditase säästöiksi. Mädätyksessä syntyvän, kaatopaikalle sellaisenaan sijoitettavan kiinteän rejektin määrä on noin 7 prosenttia syötemäärästä, mutta tulosten kannalta sen rooli on merkitykseton.

Pelkkä kompostointi ei mädätykseen verrattuna ole ilmastonmuutosvaikutusten kannalta järkevää, mutta se on kuitenkin parempi vaihtoehto kuin sijoittaminen kaatopaikalle. Lietteen ja liete-biojäteseoksen hyödyntämisketjujen kasvihuonekaasupäästöt (CO₂-ekv-päästöinä) on esitetty kuvassa 1.

Lietteen kannalta eniten päästöjä vältetään, jos liete kuivataan termisesti ja poltetaan hyvällä hyötysuhteella turvetta korvaten (L 3). Ero liete-biojäteseoksen maatilamädätykseen ja siihen yhdistettyyn peltolannoitekäyttöön (L&Bj 1) on kuitenkin marginaalinen silloin, jos maatilan mikroturbiinilla tuotetun sähköenergian voidaan olettaa korvaavan kivihiililauhdetta. Öljyllä toimiva terminen kuivain tuottaa päästöjä, mutta vähemmän kuin kuivatusta lietteestä arinalaitoksessa tuotetulla energialla voidaan välttää.

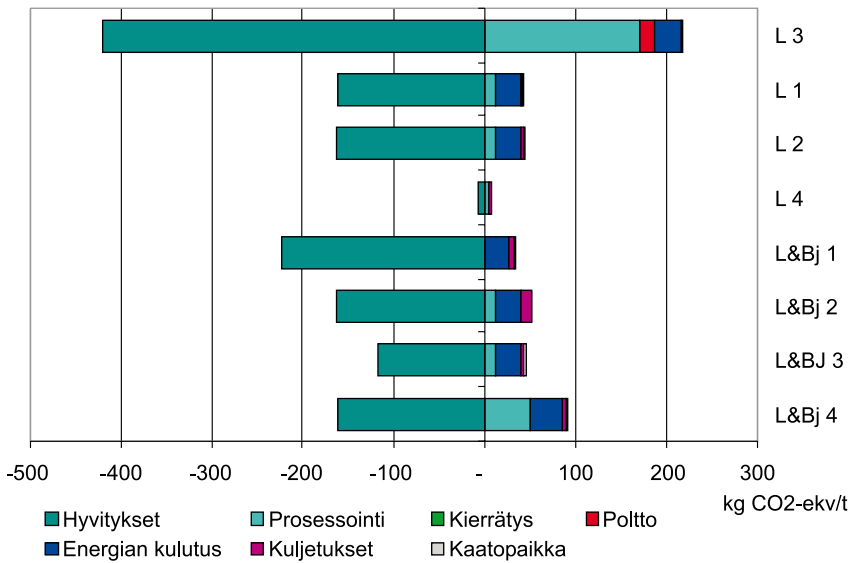
Lietteiden ja biojätteiden yhteiskäsittely osoittautui ympäristövaikutus-

ten kannalta erittäin hyväksi ratkaisuksi. Jos useita pieniä mädätyslaitoksia sijoitettaisiin esimerkiksi maatilojen yhteyteen, vähenisivät lyhentyvien kuljetusmatkojen ansiosta niin kustannukset kuin hiilidioksidipäästötkin keskitettyyn järjestelmään verrattuna. Tosin kuljetuksilla todettiin loppujen lopuksi olevan ketjujen ympäristövaikutuksissa yllättävän pieni rooli (Kuva 1). Termofiilisen yhteismädätyksen eduksi voidaan myös katsoa se, että maatilalla mädätettyä massaa ei tarvitse välttämättä kompostoida ennen levitystä pellolle. Laadultaan pellolla käytettävän mädätteen on oltava viherrakentamisessa käytetyn massan tavoin riittävän kypsää ja stabiilia, mutta viherrakennuskäyttöä varten mädäte on käytännössä yleensä kompostoitava hajuhaittojen minimoimiseksi. Peltokäytössä mädäte voidaan kyntää pintamaan sekaan, jolloin haju ei ole vastaava ongelma.

Lietteiden polttaminen on kuuma aihe, koska paineet bioperäisen energian tuotannon lisäämiseen ovat valtakunnallisesti kovat. Polttamalla saadaankin tuotettua enemmän energiaa kuin mädättämällä, koska poltolla saadaan hyötykäyttöön pääosa jätemassan hiilisisällöstä. Biokemiallisiin reaktioihin perustuvan mädätyksen tehokkuus hiilen hyödyntäjänä ei yllä samalle tasolle. Kun huomioidaan energiantuotantoprosessien hyötysuhteet, saadaan mädätyksellä tuotettua energiaa noin 1 GJ käsiteltyä jätetonnina (märkä) koh- ti ja poltolla vastaavasti noin 3 GJ.

Taulukko 1. POLKU-hankkeessa tarkastellut jätevesilietteen (L) ja liete-biojäteseoksen (L&Bj) käsittely- ja hyödyntämisketjut.

	L1	L2	L3	L4	L&Bj 1	L&Bj 2	L&Bj 3	L&Bj 4
Prosessointi	Mädätys (termof.) ja mädätteen kompostointi	Mädätys (termof.) ja mädätteen kompostointi	Terminen kuivaus	Kernicond ja kompostointi	Maatilamädätys (termof.)	Mädätys (termof.) ja mädätteen kompostointi	Mädätys (termof.) ja mädätteen kompostointi	Mädätys (termof.), mädätteen terminen kuivaus
Poltto	Biokaasun poltto öljykattilassa	Biokaasun poltto turve- kattilassa	Arinapoltto		Sähkön ja lämmön tuotanto biokaasusta mikroturbiinilla	Biokaasun poltto turvekattilassa	Biokaasun poltto öljy- kattilassa	Biokaasun poltto turvekattilassa
Kierrätys	Turvemullan raaka-aineeksi Peltolannoitteeksi	Turvemullan raaka-aineeksi Peltolannoitteeksi		Turvemullan raaka-aineeksi	Peltolannoitteeksi	Turvemullan raaka-aineeksi Peltolannoitteeksi	Turvemullan raaka-aineeksi	Metsä-lannoitteeksi Peltolannoitteeksi
Hyvitykset	Öljyn poltto	Turpeen poltto	Öljy 56%, puu 32%, maakaasu		Suomen keskimääräinen lämmöntuotanto	Turpeen poltto	Öljyn poltto	Turpeen poltto
Raaka-aineet	Turpeen otto, N- ja P-ravinteiden valmistus	Turpeen otto, N- ja P-ravinteiden valmistus		Turpeen otto	N- ja P-ravinteiden valmistus	Turpeen otto, N- ja P-ravinteiden valmistus	Turpeen otto, Öljyn (POR) jalostus	Turpeen otto, N- ja P-ravinteiden valmistus
Kaatopaikka			Tuhka		Mädätysrejekti (kiinteä)	Mädätysrejekti (kiinteä)	Mädätysrejekti (kiinteä)	Mädätysrejekti (kiinteä)



Kuva 1. Jätevesilietteiden ja liete-biojäteseoksen käsittely- ja hyödyntämisketjujen CO₂-ekv-päästöt, (kg CO₂-ekv/jätetonnei (märkä)). Prosessointi-vaihe sisältää mädätyksen ja kompostoinnin päästöt. Hyvitykset-vaihe sisältää jäteperäisen energian avulla vältettävien polttoaineiden käytön.

Jos lietteen polton energiataaseeseen lasketaan mukaan termisen kuivauksen vaatima energia, laskee polton tuotto tosin sekkin noin 1 GJ/tonni. Käytännössä yhden biojäte- ja liete-tonnin mädättämisellä voidaan säästää hiilidioksidipäästöjä noin 600 - 800 kilometrin maantiejän verran, jos biokaasu käytetään polttoaineena energian tuotannossa öljyn tai turpeen sijaan.

Yksi Suomessa käytännössäkin koikeiltu lietteenkäsittelyratkaisu on sen termisen kuivaus ja tuotteistaminen metsälannoitteeksi (L&Bj 4). Termisen kuivauksen melko suurista prosessipäästöistä johtuen ravinteiden palauttaminen maaperään näyttäisi kuitenkin olevan järkevämpi tehdä tavanomaisen mädätyksen ja kompostoinnin tai maatilamädätyksen jälkeen ja ennemmin pellolle kuin metsään.

Elinkaariarvioinnin keinoin ei voida vertailla kaikkia ympäristövaikutuksia

Ilmastonmuutos on parhaillaan ympäristöpolitiikan ydin, mutta jätehuollon prosessit voivat aiheuttaa myös muita ympäristövaikutuksia. Lisäksi materiaali- virtojen, veden ja ravinteiden palauttaminen maaperän ekologiseen kiertoon kaatopaikalle sijoittamisen sijaan katsotaan toisinaan olevan sellaisenaan ympäristön kannalta suotuisa vaikutus.

Ilmastonmuutosvaikutusten ohella lietteiden ja biojätteiden käsittelyn ja hyödyntämisen käsittelyn potentiaalisia ympäristövaikutuksia ovat hiukkaspäästöistä aiheutuva eliniän odotteen aleneminen, maaperän rehevöityminen ja ympäristön happamoituminen, joiden aiheuttajia ovat kompostoinnin ammoniakkipäästöt ja energian tuotannon rikin ja typen oksidit. Näissäkin vaikutusluokissa voidaan kuitenkin saada säästöjä, mikäli biokaasu korvaa fossiilisia polttoaineita, sillä biokaasu palaa kiinteitä polttoaineita puhtaammin.

Orgaanisen aineksen sisältämät ravinteet, humus ja kosteus saadaan hyötykäyttöön, jos mädätyksen ja kompostoinnin lopputuotteet käytetään viherrakentamisessa tai levitetään pellolle. Yksi tonni mädätettyä lietteen ja biojätteen seosta vastaa ravinnesisällöltään noin 16 kg peltolannoitetta. Ravinteiden kierrätyksellä vältettävät, muun muassa keinolannoitteiden valmistuksen kasvihuonekaasupäästöt ovat kuitenkin melko vähäiset biokaasun energiakäytöllä vältettäviin päästöihin verrattuna. Lisäksi ravinteet kierrättämällä voidaan hidastaa fosforivarantojen ehtymistä ja vältytään muun muassa fosforimalmin louhinnan vaikutuksilta. Toisaalta lietteiden ja biojätteiden mukana kulkeutuvat haitta-ainejäämät saattavat tuoda omat liisähaasteensa, joita ei toistaiseksi voi-

da arvioida elinkaariarvioinnin avulla. Ravinteiden saatavuutta ja metallien kasvillisuusvaikutuksia tutkitaan Suomessa esimerkiksi METLA:ssa ja MTT:ssa. Muita orgaanisen aineksen kierrätyksen hyötyjä ovat veden ja orgaanisen aineksen palautuminen ekologiseen kiertoon ja luonnonvarojen säästyminen. Näitäkään vaikutuksia ei kuitenkaan elinkaariarvioinnissa toistaiseksi pystytä tarkastelemaan laskennallisesti tai vertaamaan muihin ympäristövaikutuksiin, koska vertailuun soveltuvat kertoimet vielä puuttuvat.

Energiajärjestelmiin ja polttoaineisiin liittyvät oletukset ovat tulosten kannalta ratkaisevia

Kasvihuonekaasupäästöjen nettotuloiksi tarkastellessa korostuvat energiajärjestelmiin ja korvattaviin polttoaineisiin liittyvien oletusten merkitys. Järjestelmätarkastelujen kannalta tärkeäksi käsitteeksi todettiin energian saanto – se osa energiantuotantolaitosten tuottamasta energiasta, joka todella päätyy järjestelmässä hyötykäyttöön. Järjestelmän energian saanto ja samalla myös vältettyjen polttoaineiden määrä on suuri, jos kattila toimii tehokkaasti ja kaikelle tuotetulle energialle, myös lämmölle, on käyttöä joko teollisuushöyrynä tai kaukolämpönä. Järjestelmän energian saanto ja vältettyjen polttoaineiden määrä jää vastaavasti sitä pienemmäksi, mitä suuremman osan energialaitos joutuu lauhduttamaan tuottamastaan energiasta, jos sille ei löydy käyttöä. Eniten ilmastonmuutosvaikutuksia voidaan vähentää jos jäteperäisen energiantuotannolla voidaan korvata kivihiililauhdevoimaa, turve- tai öljyvoimaa.

Lietteet ja biojätteet – yhdistettynä suurempi mahdollisuus

Biojätteitä ja lietteitä arvioidaan ympäristön kannalta yleensä hyvin eri näkökulmista: vesihuolto keskittyy ravindepäästöjen hallintaan, jonka välituote liete on, kun taas jätehuollossa biojätteitä pidetään ennen kaikkia ilmastonmuutosta aiheuttavien metaanipäästöjen lähteenä. Molemmilla jätelajeilla on vaikutuksensa molemmilla osa-alueilla, ja näiden vaikutusten taustalla olevat omi-

Elinkaariarvioinnin termien selityksiä

Elinkaariarviointi	ISO 14040 ja 14044 –standardeissa määritelty, tuotejärjestelmän elinkaaren aikaisien syötteiden ja tuotosten sekä potentiaalisten ympäristövaikutusten arviointi, Elinkaareen sisällytetään kaikki vaiheet raaka-aineiden hankinnasta loppusijoitukseen. Elinkaareen kuuluvat myös järjestelmän energian kulutus ja kuljetukset. Kustakin elinkaarivaiheesta kootaan tiedot käytetyistä materiaali- ja energiavirroista sekä ilmaan, veteen ja maaperään päätyvistä päästöistä, ns. inventaariovaiheessa. Inventaarioanalyysin tulokset luokitellaan eri ympäristövaikutusluokkiin. Samoja vaikutuksia aiheuttavat päästöt karakterisoidaan eli muunnetaan vaikutusluokkaindikaattorin yhteiseen yksikköön (kuten CO ₂ -ekv. vaikutusluokassa ilmastonmuutos). Vaikutusluokkaindikaattoritulokset voidaan suhteuttaa eli normalisoida jonkin referenssialueen, esim. Suomen vastaavilla vaikutusluokkaindikaattorituloksilla, jolloin saadaan tarkasteltavan tuotejärjestelmän ympäristövaikutusten suhteellinen merkitys valittuun referenssiin nähden. Eri vaikutusluokkaindikaattoritulokset voidaan yhdistää kokonaisympäristövaikutusluvuksi painottamalla tulokset eli arvottamalla eri vaikutusluokkien merkitevyys toisiinsa nähden
Päästöt	Esimerkkejä päästöistä ilmaan ovat hiilidioksidi, metaani, typpioksiduuli ja hiukkaset, päästöistä veteen ammoniumtyppi, kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori.
Tuotejärjestelmä	Tuotejärjestelmäksi kutsutaan tutkimukseen rajattua yksikköprosessista (valmistus-, jalostus-, kuljetus- ja energiantuotantoprosesseista) koostuvaa kokonaisuutta, jolle elinkaariarviointi laaditaan.
Vaikutusluokka	Ympäristökäsitteitä nimitetään elinkaariarvioinnissa vaikutusluokiksi. Vaikutusluokka ilmentää päästöjen erikseen sovitteja vaikutuksia, jotka syntyvät määrätyn syyseurausketjun perusteella. Vaikutusluokkia ovat esim. ilmastonmuutos, happamoituminen ja rehevöityminen.
Potentiaalinen ympäristövaikutus	Elinkaariarvioinnissa arvioidut ympäristövaikutukset eivät pyri kuvaamaan todellisia vaikutuksia. Ympäristövaikutustuloksia verrataan aina johonkin, minkä takia erilaisten tuotejärjestelmien tai niiden osien suhteelliset erot ympäristövaikutusten aiheuttajana riittävät arviointien perustaksi.
Hiilidioksidi-ekvivalentti (CO ₂ -ekv)	Ilmastonmuutokseen vaikuttavia päästöjä ovat mm. hiilidioksidi, metaani ja typpioksiduuli. Päästöt muunnetaan ilmasto vaikutusluokkiaan yhteiseen yksikköön, hiilidioksidi-ekvivalenteiksi, käyttämällä päästökohtaisia karakterisointikertoimia (CO ₂ = 1, CH ₄ = 25, N ₂ O = 298).
Ilmastonmuutos	Ilmastonmuutosta kuvaavassa vaikutusluokassa tarkastellaan maapallon lämpötilamuutoksia ja kaikkia niistä seuraavia vaikutuksia, jotka liittyvät ilmakehän säteilypakotteessa tapahtuviin muutoksiin ns. kasvihuonekaasupäästöjen seurauksena Merkittävimpää kasvihuonekaasuja ovat hiilidioksidi, metaani ja typpioksiduuli.
Rehevöityminen	Liian suuret ravinnepäästöt aiheuttavat haitallisia seurauksia ympäristössä. Etenkin tyypeä ja fosforia sisältävät päästöt lisäävät kasvien kasvua maaperässä ja vesistöissä, mistä seuraa mm. lajimuutoksia ja happikatoa vesistöissä.
Happamoituminen	Ilmakehään vapautuvat rikkidioksidin ja typen yhdisteet reagoivat ilmakehässä aiheuttaen hapanta laskeumaa. Happamoituminen vaikuttaa mm. purojen ja järvien eliöihin sekä metsämaan kasvuolosuhteisiin.
Vältetyt päästöt, hyvitykset ja korvaavuus	Tutkittavan järjestelmän vaikutuksia muihin järjestelmiin – esimerkiksi sekajätteen polton vaikutusta alueen energiantuotantolaitoksen polttoaineiden käyttöön – tutkitaan, jotta voidaan saada kokonaiskuva tuotejärjestelmän vaikutuksista. Muissa järjestelmissä tapahtuvat muutokset otetaan huomioon vältettyinä päästöinä tai hyvityksinä ja tutkittavan järjestelmän sanotaan korvaavan vältettyä toimintaa.

naisuudet tulisi paitsi hallita, myös valjastaa hyötykäyttöön – mikäli se on sekä ympäristö- että kustannusmielessä järkevää.

Johtune historiallisista syistä, että lietteet ja biojätteet käsitellään erikseen, niitä koskevat päätökset tehdään erillään, ja vesi- ja jätehuolto ovat omat toisistaan eriytyneet maailmansa. Tulevaisuudessa tarvittaisiin kuitenkin avointa, tuoretta näkökulmaa ja innovatiivista otetta, jotta osa-alueet oppisivat toisiltaan ja voisivat löytää yhteiset mahdollisuudet.

Kirjallisuus

- ISO 2006. ISO 14041: Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely sekä inventaarioanalyysi. Geneve: ISO.
- ISO 2006. ISO 14042: Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaikutusarviointi. Geneve: ISO.
- Myllymaa, T., Dahlbo, H., Ollikainen, M., Peltola, S. ja Melanen, M. 2005. Menettely jätehuoltovaihtoehtojen ympäristö- ja kustannusvaikutusten elinkaaritarkasteluun. Suomen ympäristö 750. Helsinki.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Zevenhoven, M., Ollikainen, M., Isoaho, S. ja Dahlbo, H. 2008a. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. POLKU-hankkeen pääraportti. Käsikirjoitus Suomen ympäristö –sarjan julkaisuksi. Luonnos 18.6.2008.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Rantanen, P., Korhonen, M.-R., Ollikainen, M., Isoaho, S., Nummela, E. ja Dahlbo, H. 2008b. Jätteiden materiaali- ja energiahyödyntämisen prosessien ja käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset. Inventaarioanalyysin tulokset. Käsikirjoitus Suomen ympäristökeskuksen raportteja –sarjan julkaisuksi. Luonnos 20.5.2008.
- Mäenpää, I. 2006. Kirjallinen tiedonanto. FINWASTE-hankkeessa tuotetut jätevirtataulukot toimialoitain ja jäteluokittain vuonna 2003. 23.9.2006.
- Tilastokeskus 2005. Polttoaineluokitus. Saatavissa osoitteesta: <http://www.stat.fi/tup/khkinv/polttoaineluokitus.html>
- Tilastokeskus 2008. Jätetilasto. www.tilastokeskus.fi
> Tilastot > Tilastot aiheittain > Ympäristö ja luonnonvarat > Jätetilasto.

Hankkeessa tutkittiin lietteiden ja biojätteiden lisäksi myös sekajätteen, hyvälaatuisen muovin, kuitupakkausten ja puupakkausten käsittelyä ja hyödyntämistä. Hankkeen tulokset kokoava pääraportti ja jätehuollon prosesseja kuvaava inventaarioreportti julkaistaan syyskuussa 2008.

Lisätietoja: www.ymparisto.fi/syke/polku

VESI JA KESTÄVÄ KEHITYS – EXPO 2008 ZARAGOZASSA

Espanjan Zaragozassa on meneillään 14.9.2008 saakka avoinna oleva maailmannäyttely Expo 2008. Kokoavana teemana on Vesi ja kestävä kehitys ja näkökulmansa puitteissa se kuuluu maailman historian suurimpiin spektaakkeleihin kautta aikojen. Vesitaloutta ja –tekniikkaa esittelevät kansainväliset näyttelyt ovat välillä mammutteja nekin, mutta monesta suunnasta lähestyen, eri tavoin kertautuen, kokonaisuutta kartoittaen ekologia, talous, tekniikka ja kulttuuri yhteen sulautettuna vesi ei ole montakaan kertaa, jos koskaan, ollut vastaavalla tavalla pääosassa.



PEKKA VIRTANEN

FM

E-mail: pekka.virtanen@helsinki.fi

Kirjoittaja työskentelee kulttuuri-, tutkimus-, museo- ja näyttelyaloilla pääkohteena ihmisen ympäristösuhde.

Ajankohtaisuutta Exposta ei puutu. Kun Zaragozan näyttelyä viimeisteltiin Ebro-joen varteen, vallitsi Pohjois-Espanjassa kova vesipula. Kiinan patohanke, Pohjois-Amerikan myrskyt, tsunamit, jäätiköiden sulaminen, kuivuus ja monet muut vesikriisit ovat olleet jatkuvasti otsikoissa. Heinäelokuun vaihteessa uutisissa on näkyvästi tuotu esiin Saturnuksen kuun ja Marsin vesilöydöt.

Vesi kiinnostaa muuallakin. Saksassa kesällä Berliinin Ifa-galleriassa kesäkuussa ollut näyttely kertoi veden merkityksistä ja Maailman viidenteen vesifoorumiin Istanbuliin maaliskuussa 2009 odotetaan kävijäluvun kasvavan jo yli 20 000 ammattilaisen.

Täällä tuhansien järvien maassa esimerkiksi Itämeren tilanne, Nokian vesikriisi, Päijänne-tunneli ja Vuotoksen allashanke ovat puolestaan olleet lähihistorian näkyviä aiheita. Sadepitoinen kesä on synnyttänyt omanlaisia tunnelmia ja kysymyksiä. Sattumaa vai ilmastonmuutosta sekini?

Suomi on menestynyt monesti hyvin ollessaan mukana maailmannäyttelyissä hyvänä esimerkkinä Lissabonin



Expossa tuli monista näkökulmista esiin myös kuivuudesta kärsivien maiden vesiratkaisut.

Maailmannäyttely vuonna 1998. Tällä kertaa Suomi ei ole mukana Zaragozassa, vaikka teeman puitteissa nykyistä ja historiallista näytettävää olisi. Tukkilaisnäytöksetkin olisivat varmasti kaikessa rahvaanomaisuudessaan olleet todellista korkeakulttuuria. Jotain suomalaista kuitenkin pilkahtaa

siellä täällä, kuten Tampereen teknillisessä yliopistossa kehitetty vesihöyryyn perustuva FogScreen.

Matkailua ja tosietoa

Espanjan maailmannäyttelyssä on mukana lukuisten yhteisöjen rinnalla yli 100 maata, jotka omista lähtö-

kohdistaan lähestyvät vesi-teemaa. Maailmannäyttelyn luonteeseen kuuluu luonnollisena osana yksittäisen maan saavutusten ja kulttuurin esittely. Muutamien matkailumaiden osastot ovatkin enimmäkseen matkailumainoksia värikkäine rantakuvineen ja tilpehöörikauppoineen. Jokunen vedenkanto ja -säilytysastia saattaa ohessa tuoda lisätunnelmaa. Vastaavat osastot voisivat hyvin sopia sellaisenaan myös matkailumessuille.

Kokonaisuutta ajatellen yksinkertainen ja odotusten mukainen turismi-näkökulma kuitenkin melkein päydyntää kuin latistaa Zaragozan näyttelyä; matkailun esittelykulttuuri nyt vain on sellaista. Oikeastaan yllättävän usein yksittäisten saavutusten, keksintöjen ja uutuuksien ylikorostamista on vähän ja pääosan saa itse näyttelyn teema, vesi.

Expon suurimpana kävijäjoukkona on ”suuri yleisö”, mikä ei ole johtanut ylenmääräiseen tiedon tai tapahtumallisuuden tasapaksuuntumiseen. Ammattilaisille, yrityksille ja muille erikoistiedon tarvitsijoille on Expossa omat verkostonsa, mutta kokeneellekin vesigurulle on kaikkialla varmasti jotain uutta nähtävää ja koettavaa.

Seminaarit ja julkaisut

Yli sata yksittäisempiä teemoja, paviljonkien sisältöjä ja tapahtumallisuuksia kokoavaa ja näyttelyn rinnalla kulkevaa ”virallista” julkaisua täydentävät ja kertaavat sellaisia näyttelyosastojen teemoja kuin energia, kaupungit, vesivarannot, sademetsät, jää, saaret ja rannikot. Useissa on mukana liitteenä myös romppu. Yllättäviä näkökulmia löytyy. Vesi ja ruoka on yhden esitelmäryppään teema ja myynnissä on samaa aihepiiriä käsittelevä gourmet-kirja resepteineen. Toiset julkaisut ovat pienempiä, esimerkiksi kirjalliset versiot Javier Solanan tai Mihail Gorbatšovin tapaisten lukuisten vierailijoiden esitelmistä.

Jatkuvasti on käynnissä koko kävijäjoukolle suunnattuja keskustelutilaisuuksia, tietoisuuksia, esitelmiä ja muunlaisia lavatapahtumia. Vesi-teemallisia viikkoja on esimerkiksi sellaisista näkökulmista kuin kasvatus, konfliktit, ilmastonmuutos, saavutettavuus, kulttuuri, kehitysmaat, ekosysteemi ja kierrätys.



Tietokone muotoili ”vesiverhosta” kuvioita, kirjaimia ja liikettä joka suuntaan.



Circus Soleilin esitys luo uutta myyttiä rakennusaineina pilvet, sade ja sateenkaari.

Ammattilaisille ja tutkijoille suunnattuja konferensseja on Expossa kolmen kuukauden virrassa kymmenittäin. Käsittelyssä ovat sellaiset veden kautta lähestyttävät aihepiirit kuin turismi, vesitutkimus, reilu kauppa, energia, ekologia, maatalous, etiikka, meteorologia, maisema, journalismi, talous ja politiikkaa.

”Virallisten” tai etukäteen tiedotettujen julkaisujen ja tapahtumien lisäksi osallistujatahojen puolesta osastoilla on lukuisia omia lehtisiä ja tapahtumia, etteivät houkutukset ja informaatio varmasti loppuisi kesken.

Taidetta ja kulinarismia

Zaragozan Expoon mahtuu tuhansia pienempiä ja suurempia eri alojen tapahtumia: musiikkia, teatteria, katutaidetta, elokuvia, tanssia, performanssia, lausuntaa, tietoiskuja, esitelmää jne. Osa nivoutuu vesi-teemaan, osa aasinsiltojen kautta ja osa on mukana ihan muuten vaan. Melkein pä sen isompia erikoiskorostuksia Bob Dylan (A hard rains a-gonna fall), Alanis Morissette, Stray Cats ja Patti Smith ovat mukana lukuisista tahoista koostuvassa esiintyjälistassa. On klassista, rokkia, maailmanmusiikkia ja jatsia. Maailmankuulu kanadalainen uuden sirkuksen ryhmä Circus Soleil on Zaragozassa kolmen kuukauden ajan esiintymässä joka päivä kymmenien esiintyjien kera teemaa sivuavalla Sateenkaari-ohjelmanumerollaan.

Houkutusia Exposta löytyy ja tuntui siltä, että kaikki mahdollinen on huomioitu. Jalkapallon EM-ottelutkaan eivät karkottanut väkeä koteihin tai kaupungin ravintoloihin. Jättiruutujen ääreen mahtui helposti pienen stadionin verran katsojia ja alueen gourmet- ja pika-ravintolat riittivät täyttämään juhlinnan tarpeet. Zaragozan ja ottelu-paikkakuntien sateet vain täydensivät Expon sanomaa.

Vesi-teemaisista elokuvista on oma jatkuva sikermänsä, jonka katominen veisi putkeen kolme täyttä työviikkoa. Multitaiteellista Aquatic Inspirations –teosta esitetään varta vasten rakennetussa teatterirakennuksessa useamman kerran päivässä. Iltaisin Ebro-joen varrella Focus-ryhmän kokoama valtaisa Jäävuori-esitys tulkitsee kuvan, äänen, teatterin, valojen, liikkeen ja oikeastaan kaikkien esitysmuotojen avulla veden ja kestävä kehityksen merkitystä. Illan pimetessä Expon rakennusten seinämiin ja muihin tiloihin avautuu valojen myötä uusia vesitasoja.

Arkkitehtuuri ja näyttelyt

Zaragozan Expo ei maailmannäyttelyiden tavoin ole lähtökohdiltaan vain messumainen esittelytilaisuus, jossa ensisijalla ovat yksittäiset tuotteet tai maiden erinomaisuus. Taustavoimien eksistenssi tulee parhaimmillaan esiin ilmiselvää tyrkyttämistä tyylikkäämmin. Luovuus ja kunnianhimo on valjastettu enemmänkin kokonaisuuteen, jossa arkkitehtuuri, näyttelymedia ja yleinen suunnittelu nivoutuvat sisältöihin. Jossain kohden keinot ylittävät kyllä tarkoituksen eivätkä sisällöt kohtaa sanomisen tapoja. Näin esimerkiksi Extreme Water –projektissa, jossa sadetakkiin pukeutuneena vesisuihkujen ja liikkuvien penkkien sekä elokuvan myötä demonstroitiin vesielementin voimaa.

Arkkitehtonisia maamerkkejä löytyy monia eikä toteutuksissa ole säästely. Näyttelyalueelle on esimerkiksi rakennettu maailman suurin jokivesistöjen vesieläimistöä esittelevä akvaario. Pinta-alaltaan lähes 8000 m² sisätilan isoimpien altaiden äärellä tuntee melkein olevansa Amazonin viidakkovesien äärellä. Nähtävyys jää jatkossa lähes 700 000 asukkaan kaupungin ja laajenevan puiston yhdeksi vetonaulaksi.

Korkean ja ”onton” vesitornin alakerroksissa esitellään veden eri ulottuvuuksia laidasta laitaan.



Vesikanistereissa kulkee kymmenien miljoonien ihmisten käyttövesi.



Water Towerin sisäseinää pitkin kulkee liuska rakennuksen katolle, jossa virvokkeiden kera voi katsella messualueen ja koko Zaragozan näkymiä. Pelkästään edestakaiseen vesiroisketta esittävää taideteosta kiertävään edestakaiseen kävelyrupeamaan on hyvä varata aikaa tunti, ja puolikas hengähtämiseen.

Maailmannäyttelyn anteja

Zaragozan Expon vähänkin syventäen läpikäynyt vieras on melkoinen vesitietäjä. Julkaisujen myötä kuvineen pääsee suurelta osin samoihin tietovarantoihin. Laaja-alaisuuteen tähtäävän näyttelyn anti tapahtumiin ja muine kehikkoineen vie kuitenkin pelkän ”faktatiedon” ääreltä syvempiin vesiin. Parhaimmillaan, kun tekniikka, talous, luonnon prosessit ja mittaluvut nivoutuvat osaksi kaikin aistein tiedostettavia henkilökohtaisia ja yhteisöllisiä liikuntoja, kulttuuria ja historiaa, pääsee paljon lähemmäksi vedenläheistä todellisuutta.

Kokoavat vesinäkyvät eivät ole Suomessakaan täysin tuntemattomia. Kansainvälinen Veden estetiikka -konferenssi Rantasalmella vuonna 2000 tarjosi monipuolisen katsauksen veden maailmaan. Harmittavasti estetiikka-käsite ymmärretään Suomessa kovin etäiseksi ja ”kaunotaitteelliseksi” käsitteeksi. Ken on tutustunut vastaavaan konferenssarjaan julkaisuineen (metsä, suo, vesi, pelto, kallio) viimeistään silloin havaitsee, kuinka erottamattomasti kaikin aistein ja ajatuksin havaittava ja työstettävä maailma ja kulttuuri nivoutuvat tekniikan, talouden ja luonnon prosessien kulkuun.

Suomessa kokonaisvaltaiset kulttuurinäkyvät eivät kuitenkaan vielä ole itsestäänselvyksiä, mutta asetelmat ovat muuttumassa hiljalleen. Siinä mielessä tulevaisuuden vesialan ulospäin suuntautuvalla moniotteelijalle Zaragozan Expo on varmasti tärkeä inspiraation lähde, mutta toki se tarjoaa monenlaista yleisempää ihmettelyn ja kritiikinkin aihetta.

Valtavat uudet rakennelmat, kaikkialta tulviva nopealiikkeinen kuvavirta ja muu mahtipontisuus laittavat kyllä kyselemään kestävyuden sisältöjä Zaragozassa ja muissa vastaavissa näyttelyissä. Megamessuaminen ja näyttelymedian ylivärikkyyttä saattaa myös tyrmistyttää, mutta silti vähintäänkin rivien välistä löytyy lukuisia helmiä.

Zaragozaan?

25 000 hehtaarin alue on sisältöineen niin laaja, että kevyttä maratonhökkää edeten kannattaa hankkia heti vähintään kolmen päivän lippu, eikä silloinkaan ehdi kaikkea nähdä ja kokea. Pelkästään ensimmäinen päivä saattaa olla jo pitkällä ennen kuin hahmottaa näyttelytilan koko laajuuden ja suuntimet. Aamukymmenestä iltakymmenen auki olevat näyttelypaviljongit ja vielä aamukolmeen jatkuvat tapahtumaosuudet ja ravintolaelämä estävät pitkästymisen ellei väsymys jo iske sitä ennen.

Vakiotyöntekijöiden lisäksi 30 000 vapaaehtoista ohjastavat Expo-lai- vaa ja apuvoimaa tarvitaankin. Yli 50 000 päiväkävijän myötä Expossa ehtii kolmessa kuukaudessa vieraila Suomen väestön kokoinen kävijämäärä. Sellainen tietää ruuhkaa eri paviljongeissa ja osastoilla ja pitkien jonotusten välttämiseksi ainoa keino on tehdä kuhunkin niistä (eritoten suosituimpiin) erikseen etukäteisvaraus.

Expo 2008 on auki syyskuun 14. päivään saakka. Elokuu on Euroopassa lomakuukausi ja varsinkin silloin ilman suunnittelua ja etukäteisvarmistelua saattaa olla vaarana jäädä litistykseen ihmispaljouden ja tapahtumavirran pyörteisiin.

Lisätietoa: <http://www.expozaragoza2008.es/> 

► VESIKEMIKAALIT

Ciba Specialty Chemicals Oy

**Polymeerit
juoma- ja jäteveden
käsittelyyn sekä
lietteenkuivaukseen**



Raisionkaari 60 Puh. 020 380 022
PL 250 customerservice.finland@ciba.com
FI-21201 Raisio www.ciba.com

**VESIKEMIKAALIEN
YKKÖNEN**

kemira

Kemira Oyj
Kemira Water
PL 330, 00101 HELSINKI
Puh. 010 861 211, fax. 010 862 1968
<http://www.kemira.com/water>

eka
an Akzo Nobel company



**LAATUKEMIKAALEILLA
parhaisiin tuloksiin**

Vedenkäsittelykemikaalit

- Polyalumiinikloridit • Natriumaluminaatti
- Natriumhypokloriitti • Kloori • Natronlipeä

Eka Chemicals Oy, PL 198, 90101 Oulu
Puh. 0207 515 600, Faksi 0207 515 630

www.nordkalk.com



**Tunemme
veden.**

 **Nordkalk**



**ESIKÄSITTELYKEMIKAALIT • PINTAKÄSITTELYKEMIKAALIT • PERUSKEMIKAALIT
VEDENPUHDISTUSKEMIKAALIT • SAOSTUSKEMIKAALIT • RASKASMETALLIEN SAOSTUS**

Algol Chemicals Oy • Karapellontie 6 • PL 13, 02611 Espoo • Puhelin (09) 50 991 • Faksi (09) 5099 254

www.algol.fi

 **ALGOL**
CHEMICALS

► AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT



MISO
MIPRO
Vesihuollon asiantuntija

Katso lisää osoitteessa www.mipro.fi

VESIHUOLLON
SÄHKÖTEKNISET
RATKAISUT



SLATEK
WWW.SLATEK.FI

logica

Liiketoimintaa
tehostavat
IT-kokonaisratkaisut
vesi- ja jätehuoltoon.

www.logica.fi

► VERKOSTOT JA VUOTOSELVITYKSET

ULEFOS NV
NV- JA ULEFOSKANSISTOTUOTTEITA
SUOMESSA EDUSTAA ULEFOS NV OY
www.ulefosnv.fi
myynti@ulefosnv.com

ULEFOS NV OY
NIEMISEN VALIMO – KANTAA VASTUUNSA

NOPEASTI ASENNUSVALMIIT KOKKO-PAINOT
KOKKO S-10: Lukkopaino 90 mm->
KOKKO S-20: Sidos <-75 mm



**JA-KO
BETONI**
www.jakobetoni.fi

putkistoasennukset
ohjattavalla
vaakaporauksella

**Putket maahan.
Kaivamatta.**

viemärisaneeraukset
VPP SUJU-
pätkäputkilla

Ympäristöystävällinen vaihtoehto avokaivuulle

Vaakaporauspalvelu VPP Oy

Puhelin (02) 674 3240 ■ www.vppoy.com

► SUUNNITTELU JA TUTKIMUS



Kiuru & Rautiainen Oy
Vesihuollon asiantuntijatoimisto

- Laitosten yleis- ja prosessisuunnittelu
- Vesihuollon kehittämissuunnitelmat
- Talous- ja organisaatioselvitykset
- Taksojen määrittämissuunnitelmat
- Ympäristölupahakemukset

SAVONLINNAN (015) 510 855
HELSINKI (09) 692 4482 www.kiuru-rautiainen.fi

Kunnallistekniikan osaamista



Asemakatu 1
62100 Lapua
Puh. 06-4374 350
Fax 06-4374 351

"Jos kaikki
Suomen järvet..."



VESISTÖJEN KUNNOSTUS JA HOITO

SUUNNITTELU JA TUTKIMUS

- VE-LIMNO ravintetasemallisto
- VE-EKOSIMU happimalli
- Kunnostussuunnitelmat

TOTEUTUS

MIXOX-hapetusurakointi



Yrittäjätie 12
70150 Kuopio
Puh. (017) 279 8600
Fax (017) 279 8601
www.vesieko.fi
tiiedustelut@vesieko.fi

LIMNOLOGITOIMISTO-VESIEN HOIDON JA KUNNOSTUKSEN ASIAANTUNTIJA



INFRA- JA YMPÄRISTÖSUUNNITTELU
RAKENNUS- JA KUIVATUSSUUNNITTELU



SUOMEN SALAOJAKESKUS OY

Kiilakiventie 1, 90250 Oulu, Puh. (08) 534 9400
Minna Canthin katu 25, PL 1096, 70110 Kuopio
Puh. (017) 288 8130

POHJUSTAMME UNELMIA

WWW.SSKOY.FI



www.sito.fi

Sitoutuminen kannattaa.

SITO on suomalainen infran, liikenteen ja ympäristön suunnittelu- ja asiantuntijapalveluja tuottava moniosaaja.

Palvelutarjontamme kattavat vesihuollon suunnittelun ja selvitykset:

- Vesihuollon yleis- ja kehittämissuunnitelmat
- Verkosto- ja linjasuunnittelu
- Laitos- ja prosessisuunnittelu
- Pumppaamossuunnittelu
- Haja-asutusalueiden vesihuolto

Espoo – Turku – Tampere – Kuopio – Kouvola – Rovaniemi
Puhelin 020 747 6000

Vesilaitokset
Jätevesilaitokset
Flotaatiolaitokset

INSINÖÖRITOIMISTO OY **RICSON AB**

Sibeliuksenkatu 9 B 00250 HELSINKI
Puh. 09-447 161 Fax 09-445 912



Knowledge taking people further---

Vesi- ja ympäristötutkimuksia

- Limnologia
- Kalatalous
- Vesikemia
- Hydrobiologia

Yhdyskuntatekniikan ratkaisuja

- Vedenhankinta
- Jätevedenpuhdistamot
- Vedenpuhdistuslaitokset
- Vesihuoltolinjat



www.ramboll.fi
puhelin 020 755 611

YIT Environment Oy

PL 36, 00621 HELSINKI
Käyntiosoite: Panuntie 6
Puhelin 020 433 111, Faksi 020 433 2066
pauli.hyvarinen@yit.fi
www.yit.fi

Together we can do it. **YIT**

Veela,

Hitsaajankatu 4 c
00810 Helsinki
puh. 044 091 77 77
info@veela.fi
www.veela.fi

VESIHUOLTOPALVELUA

- vesihuollon projektinhoito
- palveluhankintojen kilpailutus
- ympäristölupapalvelut
- osuuskuntien isännöinti
- osaamistestaus

AIRIX Ympäristö
FMC GROUP

Teemme parempaa huomista.

AIRIX Ympäristö Oy | Puhelin 010 2414 000 | etunimi.sukunimi@airix.fi
PL 52, 20781 KAARINA | Telefax 010 2414 001 | www.airix.fi

Toimistot: Kaarina, Tampere, Espoo ja Oulu



Vesi- ja ympäristötekniikan
asiantuntemusta ja suunnittelua


Tritonet Oy
Pinninkatu 53 C
33100 Tampere
Puh. (03) 3141 4100
Fax (03) 3141 4140
www.tritonet.fi



Pöyry Environment Oy
PL 50, Jaakonkatu 3
01621 Vantaa
Puh. 010 3311
Faksi: 010 33 26600
www.environment.poyry.fi

► **VEDENKÄSITTELYLAITTEET JA -LAITOKSET**

KYSY MEILTÄ



KAIKO OY

Yhteystiedot:
KAIKO OY
Henry Fordin katu 5 C
00150 HELSINKI

Puhelin: (09) 684 1010
Faksi: (09) 6841 0120
Internet: www.kaiko.fi

Flotaatiotekniikkaa yli 40 vuotta

Vesilaitokset
Jätevesilaitokset
Jäähdytysvesilaitokset

INSINÖÖRITOIMISTO OY RICTOR AB

SIBELUKSENKATU 9 B 00250 HELSINKI
PUH. 09-440 164 FAX 09 445 912

Kaikki ominaisuudet yhdessä laitteessa – ProMinentilta

Experts in Chem-Feed and Water Treatment



DELTA® KALVOANNOSTELU-PUMPPU optoDrive® teknologialla

- Laadukasta annostelua
- Lisää luotettavuutta
- Taloudellisuutta

www.prominent.fi/delta

ProMinent Finland Oy
Orapihlajatie 39
00320 Helsinki

www.prominent.fi
puh. 09-4777 890
fax 09-4777 8947

**AKVA FILTER -
PUHTAAN VEDEN PUOLESTA!**

-suunnittelua ja palvelua 40 vuoden kokemuksella.
-vedenkäsittelyratkaisut ja suodatusmateriaalit raudan, mangaanin, orgaanisten aineiden, radonin, raskasmetallien ja kloorin poistoon sekä veden neutralointiin.
-suodattimet manuaalisena tai moottoriventtiili-automatiikalla varustettuina.
-vedenottoa 10-1000 m³/vrk.
-omakotitalouksiin, maatiloille, laitoksiin.
-myös vesipistekohtaiset suodattimet.



AKVA FILTER OY

PL 33,
19650 Joutsa
Puh. 014-883 521
Fax 014-883 522

www.akvafilter.fi
E-mail: info@akvafilter.fi

Kotimaiset, energiaa säästävät



AIRIT™-ilmastimet
MIXIT™-sekoittimet

- Kunnallisen ja teollisen jäteveden käsittelyyn
- Luonnonvesien hapetukseen

Waterixilta kokonaispalveluna järjestelmien suunnittelu, asennus, huolto, etävalvonta ja tarvittaessa vuokraus.

WWW.WATERIX.COM

SK-TRADE OY
 PINNINKATU 53 B PUH. (03) 35 95 400
 33100 TAMPERE FAX (03) 35 95 444
 www.sk-trade.com

UV-LAITTEET

◆ JUOMAVEDET ◆ JÄTEVEDET
 ◆ UIMA-ALTAAT ◆ PROSESSIVEDET

Hanovia
 WORLD CLASS UV

Dosfil oy – Vedenkäsittelyn hallintaa –

- Automaattiset suotimet vedenkäsittelyyn
- Erilaiset säiliöt vaihteleviin prosesseihin
- RO-laitteistot ja Nanosuodatuslaitteet
- UV-lamput ja Otsoninkehityslaitteistot
- pH-, Cl₂- ja johtokyky säätimet uima-allas- ja vesilaitoskäyttöön
- Vedenkäsittelyjärjestelmien komponentit
- Vedenkäsittelyn prosessisuunnittelu

Salpakuja 9, 01200 VANTAA, puh. 042 494 7800, fax 042 494 7801
 Email: dosfil@dosfil.com, internet: www.dosfil.com, Antti Jokinen GSM 0400 224777

▶ **JÄTEVESIEN- JA LIETTEENKÄSITTELY**

tam

- KVR-, kokonais- ja koneistourakointi
- Laitetoimitukset: Porrasvälpät, bioroottorit etc.

T & A Mämmelä Oy
 PL 85, 85101 KALAJOKI
 Puh. 08 463 120, Fax. 08 462 720
info@tam.fi, www.tam.fi

Hydropress Huber Ab **HUBER TECHNOLOGY**

Kaikki laitteet mekaaniseen jätevedenkäsittelyyn:

ROTAMAT® ja **STEP SCREEN®** välpät
HUBER WAP välppeen pesu/puristus
COANDA hiekkapesuri
ROTAMAT® lietteenkäsittelylaitteet
CONTIFLOW hiekkasuodatin

Tulkinkuja 3, 02650 ESPOO,
 puh. 0207 120 620, fax 0207 120 625
info@hydropresshuber.fi, www.hydropresshuber.fi

TURBO SUOMI

Oy HV-TURBO SUOMI Ab, PL 49, 02211 ESPOO
 Puh (09) 884 5500, Faksi (09) 884 5600

HV-TURBO	kompressorit
STAMO	sekoittimet
LANDIA	upposekoittimet ja pumput

25 vuotta

VESIHUOLTOLAITTEITA

OY SLAMEX AB

Vernissakatu 8 A, 01300 Vantaa
 Puh. (09) 3436 200 • slamex@slamex.fi



HAJA-ASUTUKSEN JÄTEVESIJÄRJESTELMÄT 1-200 taloutta

WWW.RAITA.COM

► VESIHUOLLON KONEET JA LAITTEET



We know how water works

- pumppaamot
- jätevesipumput
- kaukolämpöpumput
- NOPOL/OKI ilmastimet
- epäkeskoruuvipumput
- työmaappopumput
 - potkuripumput
 - tyhjöpumput
 - sekoittimet

ABS Finland Oy

Turvekuja 6, 00700 Helsinki
puh. 075 324 0300, fax (09) 558 053, www.absgroup.com

EDULLISET JA LUOTETTAVAT
VENTTIILIT VEDENKÄSITTELYYN

KEYFLOW OY

Paalukatu 1
53500 LAPPEENRANTA
Puh. (05) 614 6400, fax (05) 614 6464
info@keyflow.fi
www.keyflow.fi



Jätevesipumppaamot
Käytämme laadukkaita
PXPUMPS[®]
tuotteita
puh. (09) 4174 5070 • www.septek.fi
Ilmastinjärjestelmät



- pumppaamot
- oppopumput
- kuiva-asenteiset pumput
- venttiilit
- pumppuautomaatio
- käynnissäpito

KSB Finland Oy
Savirunninkatu 4,
04260 Kerava
Puh. 010 288 411
www.ksb.fi

ITT Flygt 50 vuotta Suomessa! www.flygt.fi

- Pumput
- Sekoittimet
- Ilmastimet
- Pumppaamot
- Myynti
- Vuokraus
- Huolto



ITT Water & Wastewater Suomi Oy
Mestarinie 8
01730 Vantaa
Puh (09) 849 4111
Fax (09) 852 4910

Engineered for life 

PA-VE

Palo- ja Vesitekniikka PA-VE Oy
Kisakaarteentie 14, 42700 Keuruu
puh. 014-772 640, fax 014-772 649
info@pave.inet.fi
www.pa-ve.fi



VENTTIILIT - KARANJATKOT 

KAIVOT - PALOPOSTIT - SÄHKÖHITSAUS

VEESEADMED Oy, LAHTI 010-424 4000
Info@veeseadmed.fi www.veeseadmed.fi

Finnish journal for professionals in the water sector

Published six times annually

Editor-in-chief: Timo Maasilta

Address: Annankatu 29 A 18, 00100 Helsinki, Finland

RAUNO PELTOMAA AND HELENA ÄIJÖ:
Open ditches still in over a quarter of fields

Finland is the northernmost country to have been self-sufficient in basic agricultural products. This would have been impossible without successful drainage of fields. The bulk of present basic and local drainage was carried out in the 1950s-1980s, but more than a quarter of all arable land still has open ditches. What is more, many of the older main ditches and subsurface drains are in need of restoration.

LIISA LAITINEN, LASSE JÄRVENPÄÄ AND JUKKA JORMOLA:
Basic drainage in agriculture and improving the natural state of streams

Basic drainage can ensure sufficient drainage depth for fields and prevent local floods in agricultural areas. Deepening and straightening have destroyed the ecological value of the majority of stream waterways. Streams in agricultural areas may be important for fishery, serving, among other things, as breeding grounds for salmonoids. Current waterway management favours practices that combine the need for drainage with improving the ecological state of channels and their importance for fishery. The article examines the application of natural water engineering to the maintenance of streams.

HEIKKI PAJULA:
Right to undertake land drainage and the implementation of a drainage project

Modern profitable agriculture usually requires a functioning system of subsurface drains, and these in turn require effective basic drainage. By basic drainage, we mean draining the soil by clearing the largest ditches, building small embankments and improving the water-conducting capability of streams. The arable area currently under cultivation in Finland has undergone basic drainage at

least once. However, as most of the fields were drained before the 1970s, a period of regeneration is foreseen, the ditches having deteriorated in places to such an extent that some channels need to be completely cleared out once again.

LIISA MARIA RAUTIO:
Soil acidity in waterway maintenance planning

Littorina soils, sulphur soils, acidic sulphate soils, alum soils and black clays all indicate the same thing, that is, acidification. Such soils and the problems they cause have long been known. As long ago as 1834, for example, the matter was described with regard to the river Kyrönjoki as follows: "On 25 – 27 September, the water was clear enough to see the bottom of the river, even in the deepest part, at Merikaarto village and during those days the fish died."

SAMULI JOENSUU:
The future of forest ditch maintenance

Currently, about 5 million cubic metres of commercial timber are harvested from peatland forests. The annual felled volume could, however, be doubled or even tripled during the following two decades. The decline in, or even termination of, timber imports from Russia will increase the need to exploit the timber of peatland forests, too. The aim of the National Forest Programme, approved by the Government in March 2008, is to increase the annual use of domestic timber resources by 10-15 million cubic metres.

PIRJO PELTONEN-SAINIO:
Climate change will stress the importance of water for plant production

Water is the basic element of all living things. It is probably also the most important single source of energy to be drastically affected by climate change. Water availability is therefore expected to further broaden the gap between rich

and poor. As both a user of water and a producer of food, agriculture has to find ways of facing challenges that may be the greatest ever posed.

JUHA-PEKKA TRIIPPONEN AND OSMO PURHONEN:
Irrigation methods and their potential in Finland

Irrigation became a topical subject in Finland following several dry periods during the growing season in the 1990s and early 2000s. In the south of the country, yields of many crops were low due to lack of irrigation. The Southwest Finland Regional Environment Centre has therefore assessed resources of irrigation water and possible measures to secure its availability, as that part of the country is a key area for many special crops dependent on irrigation. Hydrological forecasts associated with recent climate change scenarios suggest that irrigation water sufficiency will be increasingly important in the future, notably in those parts of southern Finland that have few lakes.

Other articles:

MAIJA PAASONEN, PERTTI VAKKILAINEN AND TUOMO KARVONEN:
Drainage and nutrient load from clay soil

KIMMO RASA, HELINÄ HARTIKAINEN AND TOMMI PELTOVUORI:
New anti-skid agents reduce environmental risks

TUULI MYLLYMAA, PIRJO RANTANEN, JYRI SEPPÄLÄ AND HELENA DAHLBO:
Using life cycle assessment to compare alternative measures to exploit sewage

PERTTI VAKKILAINEN:
Hydraulic construction in agriculture is needed

UNTO HUTTU:
Who will see to the drainage of my plot?

KUKA HUOLEHTII TONTTINI KUIVATUKSESTA?

Jo kouluaikana Pohjanmaalla matkustaessani silmäni sairasti katsellessani junan ikkunasta suolle tai muuten alavalle maalle rakennettuja taloja. Koriseudullani Kainuussa olin tottunut siihen, että talot ovat vaaran päällä tai ainakin kovalla maalla, ympäristöään korkeammalla. Kun myöhemmin insinöörikseni käytyäni muutin Pohjanmaalle, olin opinut, että kyllä suollekin voidaan rakentaa menestyksellisesti, kunhan huolehditaan perustusten kuivattamisesta, katkaistaan tehokkaasti kapillaarinen vedennousu rakenteisiin ja perustetaan kunnolla kovaan pohjaan. Matkan varrella olen huomannut, että vaikka periaate on yksinkertainen, käytännössä siihen liittyy sekä teknisiä että juridisia ongelmia.

Maankäytösuunnittelussa kaavoittaja valitsee rakennuspaikat puolestamme. Asiantuntevasti laaditussa asemakaavassa kuivatus on otettu huomioon. Kunta huolehtii kuivatuksen käytännön toteutuksesta. Useimmin rakennuspaikkojen kuivatusongelmia esiintyy alueilla, joilla asutus leviää ilman suunnittelua. Peltoteitosta myydään tontti kerrallaan. Sarkajako ei käy tonttijaotukseen. Vanhoja ojaia muutetaan omien tarpeiden mukaan. Ojat liettyvät vähitellen ja niiden kunnossapito ei tunnu olevan enää kenenkään vastuulla. Olenpa nähnyt sellaisenkin tapauksen, että kun rantapellon kuivavara ei enää riittänyt viljelyyn, siihen rakennettiin kesämökki. Vasta homeallergian puhjettua aletaan miettiä kuivatusta, valitettavan usein siitä lähökohdasta, kenen syy, kuka maksaa vahingon. Virheellinen rakennuspaikan valinta, kuivatuksen laiminlyönti tai väärä rakennustapa realisoituu riidaksi usein kiinteistökaupan myötä.

Vesilain mukaan maanomistajalla on oikeus maansa ojitamiseen. Ojittajalla on oikeus tehdä oja toisenkin maalle. Tätä ei aina halua ymmärtää se, jonka maan kautta oja kaivetaan, mutta joka ei itse tarvitse kuivatuksen parantamista. Tähän pääsääntöön vesilaki antaa toki tarpeellisia tarkennuksia.

Toisen maalle kaivetun ojan on pidettävä kunnossa sen, joka käyttää ojaa hyväkseen. Myöskin tämän asian käsittäminen on joskus vaikeaa. Minäkö hyödyn saaja, kun oja tulvii kellariini! Miksi saamaton naapuri alajuoksulla päästää ojansa liettymään ja aiheuttaa tuolla tavoin haittaa minulle. Jätevesien johtaminen ojaan ei ainakaan lisää naapurisopua. Asiassa on valitettavaa tietämättömyyttä paitsi kiinteistönomistajilla myöskin viranomaisilla. Vesilain mukaisen yhteisen ojituksen pelisäännöt ovat vielä astetta monimutkaisemmat. Kuka on velvollinen osallistumaan yhteiseen ojitukseen? Kenellä siihen on oikeus?

Maankuivatukseen sovelletaan vesilakia niin maalla kuin kaupungissakin. Asemakaava-alueella tai vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella sovelletaan ojitukseen vesilain säännöksiä, jollei vesihuoltolaista tai maankäyttö- ja rakennuslaista taikka niiden nojalla annetuista säännöksistä muuta johdu. Vesihuoltolain mukaan kiinteistön omistaja tai haltija vastaa kiinteistönsä vesihuollosta, kuivatus mukaan luettuna. Vesihuoltolaitos huolehtii toiminta-alueellaan vesihuollosta

yhdyskuntakehityksen tarpeita vastaavasti, mutta kiinteistökohtaisia velvoitteita kuivatuksen järjestämiseksi sillä ei ole. Kun otetaan huomioon yksittäisen kiinteistönomistajan mahdollisuudet järjestää tonttinsa kuivatus ongelmatapauksessa tajaan asutulla alueella, herää kysymys tulisiko vesihuoltolaitoksella tai kunnalla olla nykyistä suurempi vastuu asiassa. Jussi Kauppi pohdi hulevesiviemäröinnin järjestämistä ansiokkaasti tällä samalla palstalla numerossa 5/2005.



UNTO HUTTU
hallinto-oikeustuomari,
Vaasan hallinto-oikeus
E-mail: unto.huttu@oikeus.fi

Viimeaikainen keskustelu hulevesistä on keskittynyt niiden aiheuttamiin kaupunkitulviin ja vesiensuojeluhaittoihin. Vähemmälle huomiolle on jäänyt pintavesiviemäröinnin toteuttamistapa. Vesien johtaminen pois rakennetuilta alueilta rakennusten perustuksia myöten joko putkessa tai avouomassa on niin rakennusten säilymisen kuin asukkaiden terveyden kannalta välttämätöntä. Toinen asia on, kuinka tarkkaan pihat, turut ja torit pitää peittää asfaltilla, kuinka suurelta alalta vedet kerätään yhteen purkupisteeseen ja pitääkö ne viedä putkessa vesistöön asti vai rakennetaanko sopiviin paikkoihin kosteikkoja tai erilaisia lammikoita. Haittoja voidaan välttää asiantuntevalla ja riittävän laaja-alaisella suunnittelulla unohtamatta luonnonmukaisen vesirakentamisen menetelmiä.

Siitä huolimatta, että alavan alueen rakennuspaikan kuivatus on välttämätöntä, ojitamisesta saattaa aiheutua myöskin vaurioita maavaraisten rakennusten perustuksille. Pohjavesipinnan lasku perustusten alla lisää alempiin maakerroksiin kohdistuvaa kuormitusta. Paksut hienojakoiset maakerrokset painuvat, rakennus niiden mukana. Lähellä ojaa pohjavesipinnan pudotus on yleensä suurin ja niin lähinnä ojaa oleva rakennuksen sivu tai nurkka painuu muita enemmän. Ojittaja on aika yksiselitteisesti vastuussa vahingosta. Sitä ei voi panna urakoitsijan piikkiin. Sitä ei voi selittää rakennuksen sopimattomalla perustamistavalla, routimisella tai muilla luonnonilmiöillä, ellei syy-yhteys ole aivan ilmeinen ja yksiselitteisesti todistettavissa. Painumis- ja muut vahingot ovat kuitenkin vältettävissä asiantuntevalla suunnittelulla.

Rakennuspaikan valinta on ehdottomasti tärkein toimi pyrkimyksissä kuivaan ja terveelliseen asumiseen. Pitkän matkan päässä perässä tulevat tekniset keinot, mutta niitä on ja niitä voidaan käyttää, mutta ne vaativat asiantuntemusta, usein yhteistoimintaa ja jatkuvaa huolenpitoa siitä, että järjestelmät toimivat käyttäjilleen ja ympäristölle turvallisesti.

Maankäyttö tehokkaaksi – avo-ojat Weholite-putkeen



Avo-ojan putkitus KWH Popen Weholite-putkella tarjoaa siistin ja kestävän ratkaisun moneen kohteeseen. Käyttökohteita ovat alueet, joissa avo-ojat ovat rakentamisen tiellä, rehottava ympäristö kaipaa siistimistä tai ongelmallinen maaperä edellyttää runsasta avo-ojien huoltoa.

Putkitus parantaa maisemaa ja maankäyttöä etenkin tiiviisti rakennetuilla seuduilla, kun kuntatekniikalle on rajallisesti tilaa ja jokainen neliometri on arvokas. Weholite-putki on edullinen hankkia ja keveytensä ansiosta helppo asentaa. Lisäksi se kaipaa vain vähän huoltoa ja varmistaa luotettavan lopputuloksen.



Oy KWH Pipe Ab
PL 21, 65101 Vaasa
Puhelin (06) 326 5511
Telefax (06) 315 3088