

VESITALOUS

www.vesitalous.fi

2/2020

Irtonumero 12 €



**Luontopohjaisia
ratkaisuja
metsätalouden
vesiensuojeluun**

VESITALOUS-LEHDEN LIIKEHAKEMISTO

**Valitse osastosi ja nosta yrityksesi tunnettavuutta.
Toista tai vaihda ilmoitusta numeroittain.**

**Palstan leveys liikehakemistossa 80 mm,
kaksi palstaa 170 mm.**

Kysy tarjousta!

ilmoitus.vesitalous@mvtt.fi

Tuomo Häyrynen 050 585 7996

JULKAISIJA

Ympäristöviestintä YVT Oy
Annankatu 29 A 18, 00100 Helsinki
Puhelin (09) 694 0622

KUSTANTAJA

Ympäristöviestintä YVT Oy
Tuomo Häyrynen
e-mail: tuomo.hayrynen@vesitalous.fi

Yhteistyössä Suomen Vesiyhdistys ry

ILMOITUKSET

Tuomo Häyrynen
Puhelin 050 5857996
e-mail: ilmoitus.vesitalous@mvt.fi

PÄÄTOIMITTAJA

Timo Maasilta
Maa- ja vesitekniiikan 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@vesitalous.fi

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET

Taina Hihkiö
Maa- ja vesitekniiikan tuki ry
Puhelin (09) 694 0622
e-mail: vesitalous@mvt.fi

ULKOASU JA TAITTO

Taiteopalvelu Jarkko Narvanne, p. 045 305 0070

PAINOPAIKKA

Forssa Print | ISSN 0505-3838

Asiantuntijat ovat tarkastaneet lehden artikkelit.

TOIMITUSKUNTA

Esko Kuusisto, fil.tri., hydrologi,
Suomen ympäristökeskus SYKE

Riina Liikanen, tekn.tri., vesiasian päällikkö,
Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Hannele Kärkinen, dipl.ins.

Annina Takala, dipl.ins.,
Suomen Vesiyhdistys ry.

Sajariina Toivikko, dipl.ins., vesiasian päällikkö,
Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Riku Vahala, tekn.tri., vesihuoltotekniikan professori,
Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu

Olli Varis, tekn. tri, vesitalouden professori,
Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu

Erkki Vuori, lääket.kir.tri., professori, emeritus,
Helsingin yliopisto, oikeuslääketieteen osasto.

Lehti ilmestyy kuusi kertaa vuodessa.
Vuosikerran hinta on 60 €.

Tämän numeron kokosi **Kaisa Heikkinen**
e-mail: kaisa.heikkinen@ymparisto.fi

Kansikuva: Tommi Selander / Unsplash

Sisältö

4 Metsätalouden vesiensuojelun toimintamallit kehittyvät

Antton Keto ja Marja Hilska-Aaltonen

LUONTOPOHJAISIA RATKAISUJA METSÄTALOUDEN VESIENSUOJELUUN

6 Metsätalouden vesistökuormituksesta uudet arviot

Leena Finér, Ahti Lepistö, Kristian Karlsson, Antti Räike, Sirkka Tattari, Markus Huttunen, Laura Härkönen, Samuli Joensuu, Pirkko Kortelainen, Tuija Mattsson, Sirpa Piirainen, Sakari Sarkkola, Tapani Sallantausta ja Liisa Ukonmaanaho

10 Uppopuu puhdistaa metsätalouden valumavesiä

Kari-Matti Vuori, Heli Lassila, Saija Koljonen ja Esko Keskinen

14 Biohiili valumavesien puhdistajana

Marjo Palviainen, Ari Laurén, Taija Saarela, Elham Kakaei Lafdani ja Jukka Pumpanen

17 Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjunta metsätaloudessa

Laura Härkönen, Tiina M. Nieminen, Mirkka Hadzic, Hannu Ilvesniemi ja Samuli Joensuu

21 Metsäpurojen suojavyöhykkeiden optimointi

Mari Tolkkinen, Heikki Mykrä ja Antti Leinonen

25 Vesiensuojelua tiedon avulla – suosimulaattori kertoo, missä kunnostusojitusta ei kannata tehdä

Ari Laurén, Hannu Hökkä, Iñaki Urzainki, Marjo Palviainen, Kersti Haahti, Leena Stenberg, Samuli Launiainen, Mika Nieminen ja Antti Leinonen

28 Purojen tilan arvioinnin kehittäminen – kohti paikkatietopohjaista luonnontilaisuuden arviointia

Jukka Aroviita, Jari Ilmonen, Maria Rajakallio, Tapio Sutela, Heikki Mykrä, Kati Martinmäki-Aulaskari, Minna Kuoppala, Antti Leinonen, Jussi Jyväsjärvi ja Teemu Ulvi

30 Suot puhdistavat vesiämme

Kaisa Heikkinen

MUUT AIHEET

32 Viestinnän ja tiedottamisen kehittäminen vesilaitoksella

Hanna Anttila

36 Lounais-Suomen koskien käytöstä rautakaudelta nykyaikaan

Reijo Solantie

39 IoT vesistöseurannoissa

Jari Hakala, Risto Mäkinen, Jyrki Nieminen ja Jari Silander

42 IWA:n Nutrient Recovery & Removal –konferenssi kokoaa huippututkijat Espooseen

Tuomo Häyrynen

46 Ajankohtaista Vesiyhdistykseltä

47 Uutisia

48 Liikehakemisto

50 Abstracts

51 Vieraskynä

Mika Nieminen

Metsätalouden vesiensuojelun toimintamallit kehittyvät

Soiden taloudellisella hyödyntämisellä on Suomessa pitkät perinteet. Yhteiskunta on asettanut soiden käytölle tavoitteita, jotka ovat kuvastaneet kunkin ajankohdan hyväksytyjä periaatteita. Tutkimuksella on ollut soiden hyötykäytössä alusta lähtien vahva rooli.

Tavoitteenaan saada tuottamattomat alueet tuottaviksi valtio myönsi 1920-luvulta lähtien yksityismetsänomistajille valtion rahoitusta soiden ojitukseen.

Valtakunnan tasolla asetettiin 1960-luvulla puuntuotannon lisäämiseen tähtäävät ojitus- ja lannoitustavoitteet. Niiden saavuttamiseksi suunnatut resurssit sekä kehittyvät tekniset valmiudet mahdollistivat huippuvuosina lähes 300 000 hehtaarin vuotuiset ojitukset. Maaseudulla metsänparannustoilla, erityisesti soiden ojituksella ja ojitusalueiden metsityksellä, oli merkittävät työllisyysvaikutukset ja siten vahva kytkentä aluelouteen. Tehokkaan organisoitumisen avulla ojitettiin noin 5 miljoonaa hehtaaria metsätalouskäyttöön. Uudisojituksen rahoituksesta luovuttiin 1990-luvun puolivälissä.

Taloudelliset pyrkimykset eivät ole enää 2000-luvulla olleet ainoita suometsien hoitoon ja käyttöön liittyviä tavoitteita. Jo 1990-luvulla metsätalouden ympäristöarvot nousivat taloudellisten arvojen rinnalle. Suometsissä suunnattiin aikaisempaa enemmän resursseja ojien kunnostuksen haitallisten vesistövaikutusten arvioimiseen ja vesiensuojelutoimenpiteiden kehittämiseen.

Ojitusten vaikutuksia vesistöihin on tutkittu 1960-luvun lopulta lähtien. Saatuja tuloksia on käytetty kunnostusojituksia koskevia suosituksia sekä koulutus- ja neuvontamateriaaleja laadittaessa. Nykyisin Luonnonvarakeskuksen ylläpitämän, pysyvän metsätalouden vesistökuormituksen verkoston avulla on mahdollista seurata sekä luonnonhuuhtouman että metsätaloustoimenpiteiden aiheuttaman vesistökuormituksen kehitystä. Vuosikymmenten aikana kerätty aineisto soiden ojitusten vaikutuksista fosforin ja typen vesistökuormitukseen on laajuudessaan ainutlaatuinen maailmassa.

Pohdittaessa suometsätalouden harjoittamisen edellytyksiä, kunnostusojituksen lisäksi esille nousee usein jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen mahdollisuus sekä ojituksen rinnalle myös muita toimenpiteitä puuston kasvun turvaamiseksi. Tuhkalannoituksen edut ravintalouden tasapainottamiseen soilla perustuvat vankkaan tutkimustietoon. Tuhkalannoituksella aikaan saatu puuston kasvun lisäys edistää haihduntaa niin, että ojien kunnostustarve vähenee. Kun suometsän kuivatustilanne edellyttää ojien kunnostusta, tehokkaat vesiensuojelumenetelmät mahdollistavat vesistökuormitushaittojen hallinnan. Uusia menetelmiä kehitetään jatkuvasti. Näistä hyvänä esimerkkinä on biofilttereiden kehittäminen käytännön vesiensuojeluun sopiviksi.

Vesien johtaminen kuivatusalueelta kuivuneelle suolle on eräs keino parantaa ojituksen takia heikentyneiden alueiden luonnonarvoja. Näillä toimenpiteillä edistetään vesiensuojelun lisäksi suoekosysteemin monimuotoisuutta. Valtio tukee suoelinympäristöjen ennallistamista ja kosteikkojen rakentamista sekä valtion metsissä että yksityismetsissä.

Suometsät ovat ekosysteemeinä monimutkaisia ja ilmastomuutoksen aiheuttamat entistä suuremmat vuositaiset lämpötilan ja sateisuuden vaihtelut asettavat aivan uudenlaisia haasteita suometsissä toimimiselle. Kiristyvät ilmastotavoitteet edellyttävät, että suometsien ja turpeen kykyyn toimia kasvihuonekaasujen nieluna kiinnitetään yhä enemmän huomiota ojien kunnostuksen- ja muiden metsänhoitotoimenpiteiden yhteydessä.

Ojitettujen suometsäkohteiden tarkastelun tulee olla nykyistä kokonaisvaltaisempaa. Tarkastelua ei voi tehdä kuviokohtaisena, vaan rinnalle tarvitaan valuma-alueen tarkastelua. Paikkaan sidotut tietovarannot ovat eräs suomalaisen metsäalan suurista mahdollisuuksista. Suomen Metsäkeskuksen ajantasaisten metsävaratietojen käytön avoimuudella ja uusilla jatkuvasti kehitettävillä paikkatietoon pohjautuvilla työkaluilla varmistetaan mahdollisuudet toimenpiteiden laadukkaaseen suunnitteluun ja toteutukseen. Kehittyvien työkalujen käyttö vaatii kuitenkin riittävää osaamista.

Yksittäisten metsätaloustoimenpiteiden toteuttaminen siten, että puuntuotannon rinnalla otetaan samalla huomioon vesiensuojelun vaatimukset, luonnon monimuotoisuuden turvaaminen sekä vaikutukset hiilitaseeseen, edellyttää nykyistä yksityiskohtaisempaa suunnittelua. Ympäristöministeriöllä ja maa- ja metsätalousministeriöllä on yhteinen tavoite sellaisten valuma-alue-, osavaluma-alue- ja ojitusaluekohtaisten suunnittelumenetelmien kehittämiseen, joilla voidaan tarkastella vaikutuksia, joita eri toimenpiteillä on alueen hydrologiaan ja vesistökuormitukseen. Tarkastelut tulee yhä useammin tehdä valuma-aluelähtöisesti ja ulottaa, silloin kun kokonaisuuden kannalta on järkevää, kattamaan myös maatalousalueet. Yhteinen lähestymistapa ja sitä tukeva suunnittelumateriaali tarjoavat maanomistajille ja muille toimijoille nykyistä kokonaisvaltaisempaa tietoa yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksista ojitetuilla alueilla sekä parantavat toimenpiteiden vaikuttavuutta.

Alueellisia metsäohjelmia laaditaan parhaillaan maakunnissa. Niissä tarkastellaan kokonaiskestävyyden edistämistä kunkin maakunnan erityispiirteiden mukaisella tavalla. Suometsävaltaisilla alueilla erityisesti suometsien käsittelyyn ja suoluonnon turvaamiseen liittyvät tavoitteet ja niiden myötä vesiensuojelukysymykset tulevat esille. Samaan aikaan ELY-keskukset tarkistavat alueellisia vesienhoidon toimenpideohjelmia, joissa esitetään tarvittavat toimenpiteet vesien hyvän tilan saavuttamiseksi vuoteen 2027 mennessä. Nykyiset metsätalouden paikkatietotyökalut ovat kehittyneet valtavasti viimeisen vuosikymmenen aikana, mikä mahdollistaa uudenlaisen suunnitteluyhteistyön alueellisten metsäohjelmien ja vesienhoidon toimenpideohjelmien laadinnassa.

Hallitusohjelman linjauksiin perustuen ympäristöministeriö ja maa- ja metsätalousministeriö ovat kehittämässä suometsien hoitoa ja maa- sekä metsätalouden vesiensuojelua monella tavalla. Maa- ja metsätalousministeriö rahoittaa mm. Metsäkeskuksen ja Luonnonvarakeskuksen yhteistyönä toteutettavan mittavan tieteelliseen tutkimukseen perustuvan ja käytännön metsätaloutta palvelevan hankkeen. Monivuotisessa hankkeessa kehitetään valuma-alueperustaista toimintamallia, jonka avulla turvemaita voidaan hoitaa kokonaiskestävästi ottaen huomioon turvemaiden puuntuotanto, monimuotoisuuden ja hiilivarastojen ylläpito sekä vesiensuojelu. Samaan aikaan käynnistyy myös muita valuma-alueperustaista toimintamallia kehittäviä hankkeita. Näiden kaikkien hankkeiden yhteisenä tavoitteena on luoda vankka perusta valuma-aluelähtöiselle maa- ja metsätalouden vesiensuojelun toimintamallille. 💧



ANTTON KETO
neuvotteleva virkamies,
ympäristöministeriö
antton.keto@ym.fi



MARJA HILSKA-AALTONEN
metsäneuvos, maa- ja
metsätalousministeriö
marja.hilska-aaltonen@mmm.fi

Kemira

TUOTTEET JA ASiantuntijapalvelut KUNNILLE JA TEOLLISUUDELLE

Vesa Kettunen
Myyntipäällikkö
p. 050 3087803
vesa.kettunen@kemira.com

Tuomo Harju
Aluemyyntipäällikkö, Länsi-Suomi
p. 050 3874205
tuomo.harju@kemira.com

Eelis Kähkönen
Aluemyyntipäällikkö, Keski-Suomi
p. 050 5706166
eelis.kahkonen@kemira.com

Jukka Lehtovuori
Aluemyyntipäällikkö, Pohjois-Suomi
p. 050 5672299
jukka.lehtovuori@kemira.com

Juha Kartsalo
Aluemyyntipäällikkö, Etelä-Suomi
p. 040 5753645
juha.kartsalo@kemira.com

Toni Kettunen
Aluemyyntipäällikkö, Itä-Suomi
p. 0503446368
toni.kettunen@kemira.com

Tuotteemme

- > Rauta ja alumiini saostuskemikaalit
- > Polymeerit
- > Hapot ja emäkset
- > Hapettimet ja desinfiointiaineet
- > Vaahdonestoaineet
- > Saostumanestoaineet
- > Säiliö- ja pumppuvuokraus

Tuotteiden käyttökohteet

- > Jäteveden käsittely
- > Fosforin poistaminen
- > Hajun torjunta
- > Juomaveden valmistus
- > Lietteiden tiivistys ja kuivaus
- > Desinfiointi
- > pH:n säätö
- > Muut teollisuuden käyttökohteet

Metsätalouden vesistökuormituksesta uudet arviot



LEENA FINÉR
Luonnonvarakeskus
leena.finer@luke.fi

AHTI LEPISTÖ
Suomen ympäristökeskus

KRISTIAN KARLSSON
Luonnonvarakeskus

ANTTI RÄIKE
Suomen ympäristökeskus

SIRKKA TATTARI
Suomen ympäristökeskus

MARKUS HUTTUNEN
Suomen ympäristökeskus

LAURA HÄRKÖNEN
Tapio Oy

SAMULI JOENSUU
Tapio Oy

PIRKKO KORTTELAINEN
Suomen ympäristökeskus

TUIJA MATTSSON
Suomen ympäristökeskus

SIRPA PIIRAINEN
Luonnonvarakeskus

SAKARI SARKKOLA
Luonnonvarakeskus

TAPANI SALLANTAUS
Suomen ympäristökeskus

LIISA UKONMAAHO
Luonnonvarakeskus

Uusissa typpi- ja fosforikuormitusarvioissa näkyy selvästi metsäojitusten vaikutus. Metsätalouden osuus kaikesta ihmistoiminnan aiheuttamasta typpi- ja fosforikuormituksesta nousee 6 %:sta 12 %:iin ja fosforikuormituksesta vastaavasti 8 %:sta 14 %:iin. Metsistä tulevassa fosforikuormituksessa havaittiin laskeva trendi, kun taas typen sekä orgaanisen hiilen kuormitus on kasvussa.

Valtioneuvosto on tehnyt poliittisia päätöksiä, jotka tavoittelevat puuntuotannon ja -käytön kestävä lisäystä. Tämä edellyttää luotettavaa tietoa sekä luonnontilaisista metsistä että metsätalouden käytössä olevilta alueilta vesistöön päätyvästä kuormituksesta. Lisäksi tarvitaan tietoa siitä, miten kuormitusta ja siitä aiheutuvia haitallisia ympäristövaikutuksia voidaan vähentää. Metsätalouden kuormitustieto on välttämätöntä myös vesien- ja merenhoidon suunnittelussa sekä raportointiaessa vesistökuormituksesta EU:n ja Itämeren suojelukomission velvoitteiden mukaisesti. Myös ilmastopolitiikka aiheuttaa metsien käytölle aiempaa konkreettisempia vaatimuksia.

Vuonna 2019 toteutettiin Valtioneuvoston kanslian rahoituksella MetsäVesi-hanke, jonka tavoitteena oli laskea uudet valtakunnalliset arviot metsätalouden vesistökuormituksesta, arvioida vanhoilta, kertaalleen ojitetuilta alueilta tulevan vesistökuormituksen suuruus, sekä tuottaa tietoa siitä mitä epävarmuuksia metsätalouden vesistökuormituksen arviointimenetelmiin liittyy (Finér ym. 2020). Vesitalous-lehden numerossa 5/2019 tarkasteltiin aikaisemmin julkaistuja metsätalouden aiheuttaman kuormituksen ja luonnonhuuhtouman arvioita, niiden eroja ja niihin liittyviä epävarmuuksia (Finér ym. 2019). Tässä artikkelissa esitetään uudet MetsäVesi-hankkeen tuottamat kokonaistypen, kokonaisfosforin ja orgaanisen kokonaishiilen kuormitusarviot sekä tarkastellaan kuormituksessa havaittavia muutoksia ja niihin vaikuttavia tekijöitä.

Metsistä tuleva vesistökuormitus on aiemmin arvioitua suurempaa

MetsäVesi-hankkeessa koottiin saatavissa oleva pienten metsäisten valuma-alueiden veden laadun ja virtaaman aineisto vuosilta 1960–2018. Jatkotarkasteluun valittiin alueet, joilta oli otettu vesinäytteitä vähintään kolmen vuoden ajanjaksolla vähintään kahdeksan kertaa vuodessa. (Finér ym. 2020). Laatuvaatimukset täyttävien 88 valuma-alueen aineiston perusteella laadittiin valumaveden typen, fosforin ja orgaanisen hiilen pitoisuuksia selittävät yhtälöt. Pitoisuuksia selittivät parhaiten pitkän ajanjakson (1961–1990) keskimääräinen lämpösumma sekä soiden ja ojitettujen soiden osuus valuma-alueen pinta-alasta. Fosforin ja orgaanisen hiilen pitoisuuksia selitti myös havaintovuosi. Yleispiirteensä oli, että kaikki pitoisuudet pienenevät etelästä pohjoiseen ja suurenevät, kun soiden ja/tai ojitettujen soiden osuus valuma-alueen pinta-alasta kasvoi. Ojitettujen soiden osuus kuvasi yhtälöissä kaikkea metsätalouden aiheuttamaa kuormitusta (Finér ym. 2020).

Alueellinen ja valtakunnallinen kuormitus laskettiin MetsäVesi-hankkeessa kahdella eri tavalla. Typen, fosforin ja orgaanisen hiilen kuormitus laskettiin kolmannen jakovaiheen valuma-alueille MetsäVesi-hankkeen tuottamien pitoisuusyhtälöiden ja hydrologisella mallilla tuotetun pitkän ajanjakson (1961–1990) keskimääräisen valunnan avulla (**Taulukko 1**, MetsäVesi-arviot). Lisäksi typen ja fosforin kuormitus laskettiin jaksolle 2012–2019 opera-

tiivisella VEMALA-mallilla (Huttunen ym. 2016), joka sisältää vuorokausitasolla luonnonhuuhtouman, haja-asutuksen, pistekuormituksen, peltoviljelyn, metsätalouden ja laskeuman aiheuttaman kuormituksen laskennan. Mallissa luonnonhuuhtouman ja metsätalouden osuus kuormituksesta tuotettiin käyttäen MetsäVesi-yhtälöitä (VEMALA-arviot). MetsäVesi- ja VEMALA-arviot ovat suhteellisen lähellä toisiaan, vaikka laskennan menetelmissä on eroja ja VEMALA laskee arviot suuremmalle pinta-alalle kuin MetsäVesi (28 Mha/26 Mha).

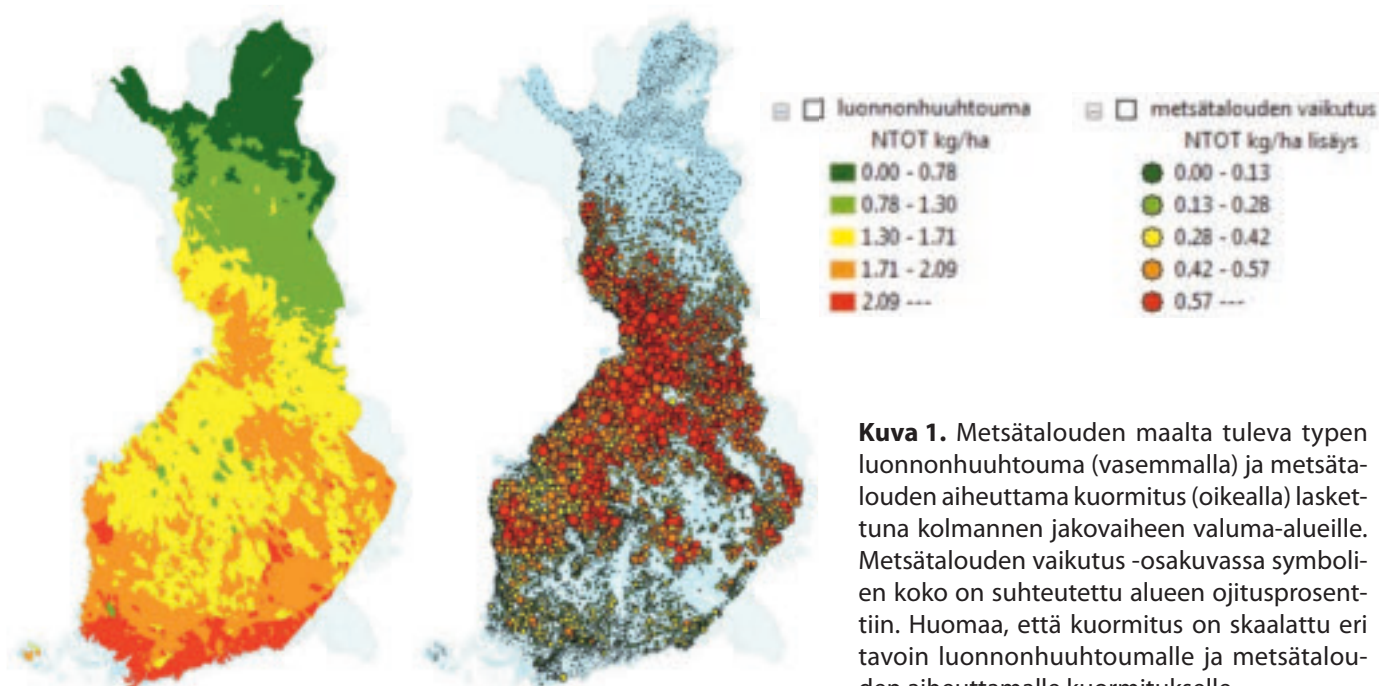
Metsätalouden osuus metsistä ja soilta tulevasta typen kokonaiskuormituksesta on MetsäVesi-arvion mukaan 16 %, fosforikuormituksesta 25 % ja orgaanisen hiilen kuormituksesta 4 %. Metsätalouden osuus kaikesta ihmistoiminnan aiheuttamasta typen ja fosforin kuormituk-

sesta on noin kaksinkertainen Suomen virallisissa tilastoissa (2018) esitettyihin lukuihin nähden. Kuormitus nousee typen osalta 6 %:sta 12 %:iin ja fosforin osalta 8 %:sta 14 %:iin. Orgaanisen hiilen kuormituksesta ei ole aiemmin julkaistu virallisia arvioita. Metsätalouden aiheuttamassa kuormituksessa näkyy selvästi metsäojituksen vaikutus.

Alueellisessa kuormitustarkastelussa typen (Kuva 1) ja fosforin luonnonhuuhtouman havaittiin olevan suurinta Etelä-Suomen rannikkoalueilla (Finér ym. 2020). Orgaanisen hiilen luonnonhuuhtouma oli suurinta Oulusta Ilomantsiin ulottuvalla alueella, jossa on paljon soita. Metsätalouden aiheuttama typen, fosforin ja orgaanisen hiilen kuormitus oli sen sijaan suurinta Pohjanmaalla ja Kainuussa, jossa on paljon ojitetuja soita.

Taulukko 1. Uudet metsätalouden ja luonnonhuuhtouman kuormitusarviot laskettuna MetsäVesi-yhtälöillä ja VEMALA-mallilla samoja yhtälöitä soveltaen (Finér ym. 2020).

		Metsätalous	Luonnon huuhtouma	Yhteensä metsistä	Metsä-talous	Luonnon huuhtouma	Yhteensä metsistä
		MetsäVesi-arviot			VEMALA-arviot		
Typpi	tn/v	7 300	37 300	44 600	8 400	41 800	50 200
	kg/ha/v	0,4	1,4	1,9	0,3	1,4	1,8
Fosfori	tn/v	440	1 320	1 760	520	1 580	2 100
	kg/ha/v	0,024	0,051	0,075	0,018	0,056	0,074
Org. hiili	tn/v	78 000	1 770 000	1 840 000			
	kg/ha/v	7,8	68,2	76,0			



Kuva 1. Metsätalouden maalta tuleva typen luonnonhuuhtouma (vasemmalla) ja metsätalouden aiheuttama kuormitus (oikealla) laskettuna kolmannen jakovaiheen valuma-alueille. Metsätalouden vaikutus -osakuvassa symbolien koko on suhteutettu alueen ojitusprosenttiin. Huomaa, että kuormitus on skaalattu eri tavoin luonnonhuuhtoumalle ja metsätalouden aiheuttamalle kuormitukselle.

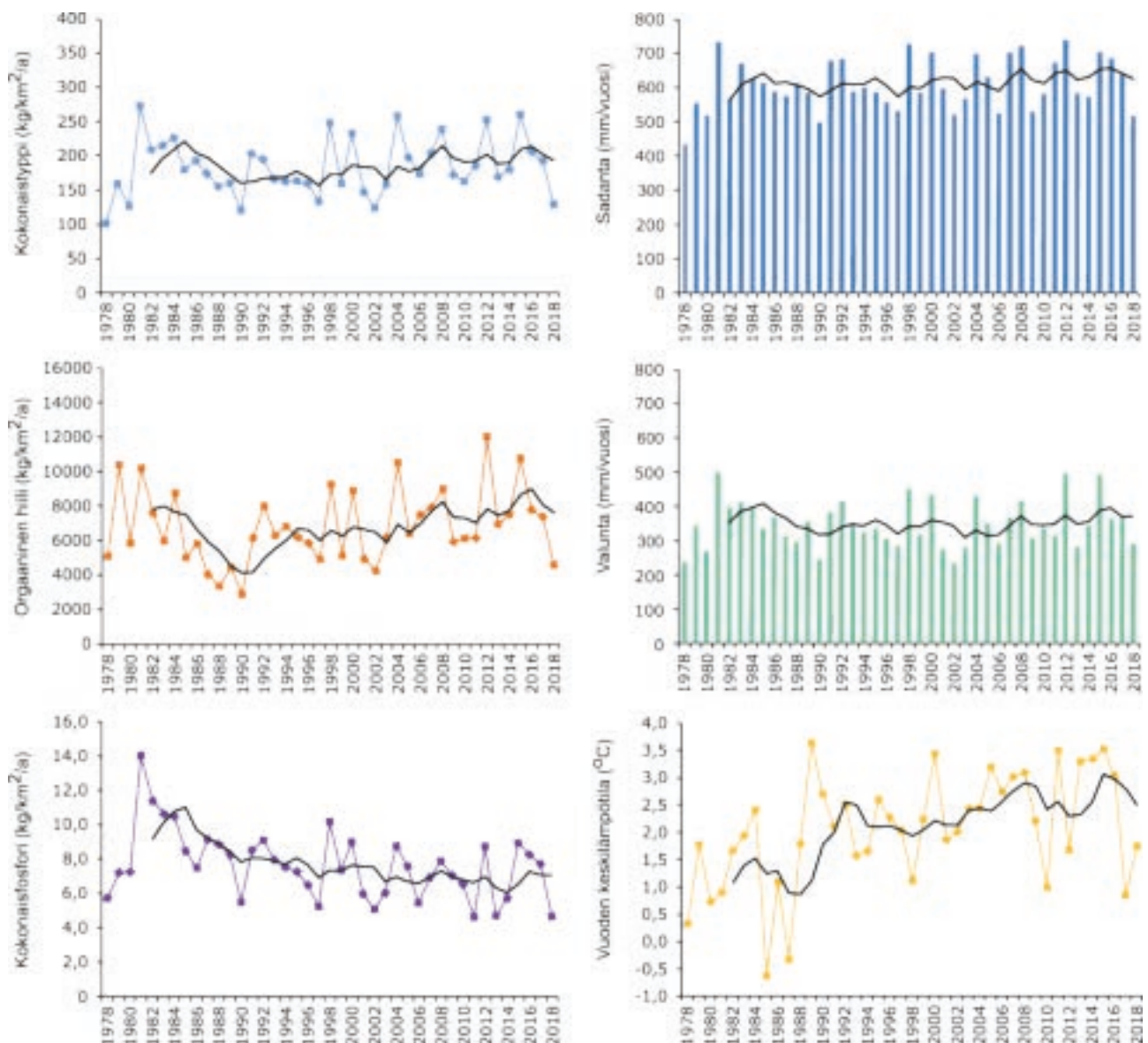
Ainevirtaamien muutosten taustalla on useita tekijöitä

Typen, fosforin ja orgaanisen hiilen kuormituksen muutoksia tarkasteltiin 12 intensiivisesti seuratus, eri puolilla Suomea sijaitsevan tutkimusvaluma-alueen keskiarvoina, 40 vuoden ajanjaksolla 1978-2018. Selittävinä tekijöinä tarkasteltiin mm. lämpötilan, sadannan ja valunnan sekä laskeuman muutoksia (Lepistö ym. 2020).

Kuormitusaikasarjoissa havaittiin sateisen 1980-luvun alun aiheuttamat korkeat ainevirtaamat, jotka laskivat 1980-luvun kuluessa vuosisadannan ja -valunnan laskiessa (Kuva 2). Samalle vuosikymmenelle ajoittui myös voimakas happamoittavan laskeuman kasvu (1980-1987),

mikä voi osaltaan selittää ainevirtaamien laskua 1980-luvulla. Sen jälkeen varsinkin orgaanisen hiilen ja typen kuormitus on ollut nousussa. Koko jaksolla voidaan havaita merkittävää vaihtelua yksittäisten vuosien välillä. Jakson kylmimmät vuodet (1985 ja 1987) mitattiin 1980-luvulla, minkä jälkeen keskilämpötilat ovat kääntyneet nousuun. Vaihteluväli kylmimpien ja lämpimimpien vuosien keskilämpötilojen välillä on noin 4°C (Kuva 2).

Kuormitusaikasarjojen tarkastelussa (12 alueen keskiarvot) havaittiin orgaanisen hiilen kuormituksen kasvaneen 20 % jälkimmäisellä 20 vuoden jaksolla (7380 kg/km²/v) ensimmäiseen vastaavaan jaksoon verrattuna (6180 kg/km²/v). Kokonaistypen kuormi-



Kuva 2. Typen, orgaanisen hiilen ja fosforin kuormitus sekä sadanta, valunta ja lämpötila jaksolla 1978–2018. Kuviissa on sekä vuosikeskiarvot että viiden vuoden liukuvat keskiarvot. Sadanta ja lämpötila ovat keskiarvoja Ilmatieteen laitoksen seitsemältä havaintoasemalta. Kuormitukset ja valunta ovat 12 tutkimusvaluma-alueen keskiarvoja (Lepistö ym. 2020).

tuksen kasvu oli vastaavasti 11 % (174 ja 193 kg/km²/v). Sadannassa ja valunnassa tapahtuneet muutokset olivat huomattavasti vähäisempiä, joten kuormituksen nousu ei ole selitettävissä vuosivalunnan muutoksilla. Fosforin kokonaiskuormitus oli puolestaan laskenut n. 16 % (8,3 ja 7,0 kg/km²/v). Fosforikuormituksen lasku johtui todennäköisesti laajojen fosforilannoitusten loppumisesta ja siirtymisestä tuhkalannoitukseen.

Metsävaltaisilla valuma-alueilla typpi on pääosin orgaanisessa muodossa, joten orgaanisen typen ja orgaanisen hiilen pitoisuudet korreloivat vahvasti keskenään (Lepistö ym. 2020). Molemmat kuvaavat orgaanisten yhdisteiden huuhtoutumista. Hydrologia aiheuttaa vuosien välisen vaihtelun orgaanisen hiilen ja typen kuormituksen aikasarjoissa, mutta huuhtoutumisen nousua ajavat todennäköisesti kohonnut lämpötila ja voimistuneet hajoamisprosessit. Ne tuottavat enemmän huuhtoutumiselle altista orgaanista ainesta, jota erityisesti tulvavedet huuhtovat metsistä ja soilta (de Wit ym. 2016). Ravinteiden ja orgaanisen hiilen huuhtoutumisen kannalta vuodenaikaismuutokset, kuten leudot ja sateiset talvet ovat sadannan ja valunnan vuosikeskiarvoissa tapahtuvia muutoksia olennaisempia.

Vesistökuormituksen vähentäminen edellyttää käytäntöjen parantamista

MetsäVesi-hankkeen tulokset tukevat tarvetta seurata kuormituksen kehitystä ja parantaa metsätalouden käytäntöjä ja vesiensuojelua muuttuvassa ympäristössä. Hankkeen tulokset tulee viedä operatiiviseen VEMALA-malliin, jotta ne saadaan käyttöön vesienhoidon suunnittelussa, ja tuloksia tulisi käyttää virallisissa raportoinneissa.

Metsätalouden aiheuttama kuormitus on suurinta Perämereen laskevilla suovaltaisilla, ojitetuilla valuma-alueilla. Suuren kuormituksen alueet tulisi tunnistaa tarkemmin ja metsätaloustoimenpiteet tulisi, muun kuormittavan ihmistoiminnan ohella, suunnitella ja toteuttaa valuma-alueella vesiensuojelu huomioiden. Orgaanisen hiilen kuormituksen kasvu on havaittu laajalti eri mitta-kaavoissa, erityisesti Pohjanmaalla (esim. Räike ym. 2016). Kasvavan orgaanisen kuormituksen vaikutukset vesien tilaan tulisi huomioida vesienhoidossa entistä paremmin.

Ojien kunnostamisen kohdekohtaista suunnittelua tulee kehittää eroosiohaittojen ja kuormituksen vähentämiseksi. Paikkatietoaineistojen (mm. eroosiomallit, kosteusindeksit ym.) täysimääräistä hyödyntämistä tulee kouluttaa ojituksen suunnittelijoille. Vesiensuojelumenetelmiä, jotka soveltuvat myös liukoisten ravinteiden kiinniottoon tulee kehittää, ja niitä tulee hyödyntää vanhoilla ojitus-alueilla, joiden oja vielä kunnostetaan. Typen, fosforin ja orgaanisen hiilen kuormituksen hallintaan on kehitettävä uusia ratkaisuja. Vesien hallittu viivyttäminen valuma-alueella, tai niiden johtaminen metsätalouden ulkopuolelle jääville alueille ja suojelualueille voi olla mahdollisuus sitoa liukoisia ravinteita maaperään.

Hankkeen tulokset korostavat pitkäaikaisen kuormituksen seurannan tärkeyttä. Kuormitusarvioita tulee päivittää vuosittain, uudet seurantatulokset ja hydrometeorologinen vaihtelu huomioon ottaen. Myös kuormituksen syntymekanismeista tarvitaan lisää tietoa. Ilmaston muuttumisesta aiheutuvan kuormituksen lisäyksen ehkäisyyn ja hallintaan on varauduttava erityisesti turvemaiden metsänhoidossa. 💧

Kirjallisuus

- Finér, L., Huttunen, M., Härkönen, L., Kortelainen, P., Lepistö, A., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T., Tattari, S. & Ukonmaanaho, L. 2019. Metsätalouden vesistökuormituksen arviointimenetelmiä on kehitettävä. *Vesitalous* 5/2019: 29–32.
- Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T. ja Ukonmaanaho, L. 2020. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020, MetsäVesi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6, 77 s. julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162009/VNTEAS_2020_6.pdf
- Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S. & Vehviläinen, B. (2016). A national-scale nutrient loading model for Finnish watersheds – VEMALA. *Environmental Modeling and Assessment* 21(1):83–109. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10666-015-9470-6>.
- Lepistö, A., Räike, A. & Sallantausta, T. 2020. Metsäalueilta tulevan kuormituksen muutos ja siihen vaikuttavat tekijät. Julkaisussa: Finér, L. ym. Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020, MetsäVesi-hankkeen loppuraportti. Luku 7. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6: 42–58.
- Räike, A., Kortelainen, P., Mattsson, T., & Thomas, D. N. (2016). Long-term trends (1975–2014) in the concentrations and export of carbon from Finnish rivers to the Baltic Sea: organic and inorganic components compared. *Aquatic Sciences*, 78(3).
- de Wit, H., Valinia, A., Weyhenmeyer, G.A., Futter, M.N., Kortelainen, P., Austnes, K., Hessen, D.O., Räike, A., Laudon, H. & Vuorenmaa, J. 2016. Current browning of surface waters will be further promoted by wetter climate. *Environmental Science and Technology Letters* 3:430–435.
- Suomen virallinen tilasto, vuosikirja 2018 ladattu 10.6.2019 osoitteesta: <http://www.doria.fi/handle/10024/67152>.

Uppopuu puhdistaa metsätalouden valumavesiä



KARI-MATTI VUORI
FT, Johtava tutkija
Suomen ympäristökeskus
kari-matti.vuori@ymparisto.fi

HELI LASSILA
FT, Tutkija
Suomen ympäristökeskus

SAIJA KOLJONEN
FT, Erikoistutkija
Suomen ympäristökeskus

ESKO KESKINEN
Insinööri AMK
Jyväskylän
ammattikorkeakoulu

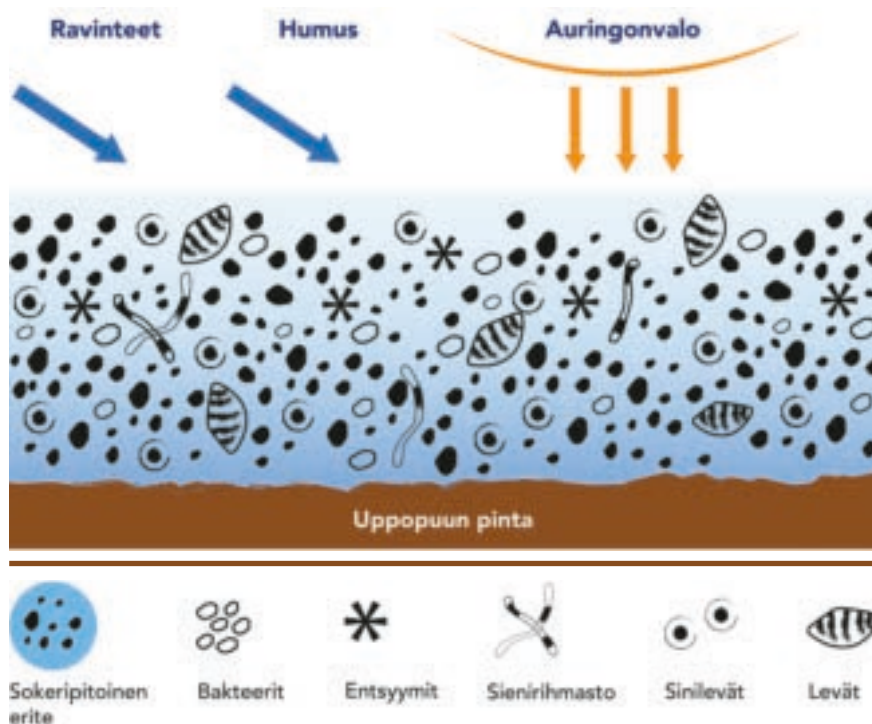
Muuttuvassa ilmastossa lisääntyvä puunkorjuu ja painottuminen enenevässä määrin turvemaille aiheuttaa merkittävän riskin vesistökuormituksen kasvulle. Kuormitus- ja valunhuippujen äärevöityessä ovat metsätalouden perinteiset vesiensuojelukeinot riittämättömiä. PuuMaVesi-hankkeessa selvitetään voisiko pienpuuainesta käyttää puhdistamaan valumavesiä entistä tehokkaammin.

Ilmastonmuutoksen edetessä maankäytön aiheuttama vesistökuormitus on kasvamassa. Metsätalouden liettävä ja rehevöittävä kuormitus yhdessä humusaineiden ja metallien huuhtoutumisen kanssa voi merkittävästi muuttaa vesien ekologista tilaa. Vaikka vaikutukset tyypillisesti kohdistuvat voimakkaaimmin latvavesiin (Räpysjärvi ym. 2016), voivat etenkin typen ja humuksen kasvaneen huuhtoutumisen vaikutukset ulottua myös isompiin vesiluontotyyppisiin muuttaen niiden ekosysteemien rakennetta ja toimintaa (Maileht ym. 2013, Lammi ym. 2018, Vuori & Korjonen Kuusipuro 2018).

Vuonna 2018 käynnistyneessä PuuMaVesi-hankkeessa (Puupohjaisilla uusilla materiaaleilla tehoa metsätalouden vesiensuojeluun ja vesistökunnostuksiin) tutkitaan puuta hyödyntävän uuden biologisen menetelmän tehoa useilla koealueilla Keski-Suomessa ja Etelä-Karjalassa. Hankkeessa kehitetään pienpuusta uusia vesistökuormitusta pienentäviä rakenteita; risu- ja rankatukkeja sekä -kasetteja, joiden pinnoille kehittyvän biofilmin ja sitä hyödyntävän eliöstön oletetaan suodattavan vedestä ravinteita, humusaineita ja metalleja. Rakenteet pidättävät tehokkaasti myös kiintoainesta. Uppopuuston hallitulla lisäyksellä tavoitellaan pysyvää, huoltovapaata ja täysin luonnonmukaista biologista puhdistamoa.

Innovaatio perustuu teoriaan ravinnesilmukoinnista (Newbold ym.1982), jonka mukaan ravinteiden, kiintoaineksen sekä liukoisien ja partikkelimuotoisen orgaanisen aineksen pidätyksessä ja kierrätyksessä kiinteiden pintojen ns. biofilmeillä on keskeinen rooli. Tämä luontainen päällyskasvusto koostuu levistä, sinibakteereista, mikrobeista ja mikroskooppisesta sienirihmastosta, jotka elävät polysakkaridimatriisissa (Kuva 1).

Uppopuun pinnalla kasvavan päällyskasvuston koostumus



Kuva 1. Havainnekuva puupinnoille kehittyvästä luontaisesta päällyskasvustosta.

Kasvustoa hyödyntävät puolestaan mikroskooppiset ja makroskooppiset selkärangattomat sekä niitä ravintonaan käyttävät selkärangattomat ja selkärangattomat pedot. Luonnontilaisissa vesiekosysteemeissä uppopuusto on määrällisesti runsasta ja merkitys päälyskasvustolle ja muulle eliöstölle on suuri. Sekä virtavesikunnostuksissa että vesiensuojelukosteikoissa lisätyn uppopuuston on havaittu tehostavan ravannesilmukointia ja lisäävän merkittävästi biologista tuottavuutta ja monimuotoisuutta (Alsfield ym. 2009, Frainer ym. 2018). Metsätalouden vesiensuojelukeinona uppopuuaineksen lisäämistä ei sen sijaan ole tiettävästi tutkittu.

Rankaniput ja kasettirakenteet kokeilussa

Hanke käynnistyi heinäkuussa 2018 hyödyntäen joutsalaisen Esko Keskisen kunnostusojituksen laskeutuslaitteisiin opinnäytetyössään toteuttamia kuusirankanippuja (Kuva 2). Työssä on vertailtu kahdella ojituslallalla käsittelemättömän ja puukäsittelyn altaan vedenlaatua



Kuva 2. Kuusirankanippuja esiasennettuna laskeutuslallan jään päälle.




Matalapaineikumppanisi

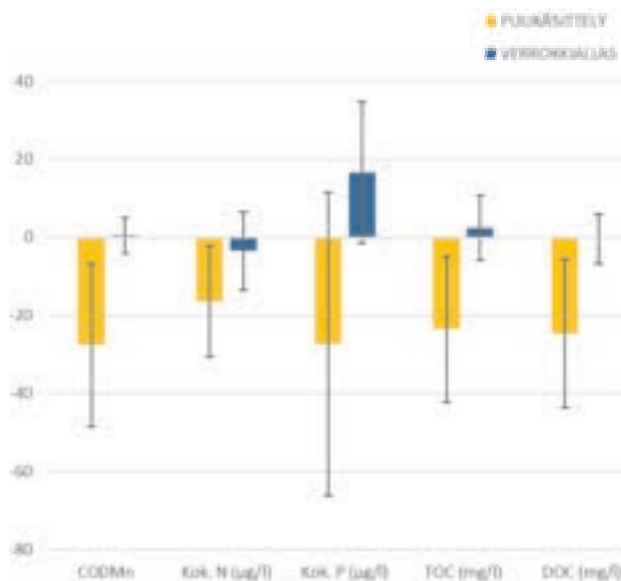
Laaja tuotevalikoima matalapainepuhaltimia-
ja kompressoreita vaativiin kohteisiin.

www.atlascopco.fi

ja biologista monimuotoisuutta. Toisena uppopuura-
kenteen prototyyppinä toteutettiin yhteistyössä Metsä
Groupin kanssa Finnsilva Oyj:n Karstulan kunnostus-
ojituskohteessa paalujen väliin ladottua ns. kasettiraken-
netta. Kasettirakenteen ideana on toteuttaa puupuhdis-
tamo konetyönä altaan poikkisuuntaisesti kiintoainespul-
seja pidättävällä tavalla (Kuva 3). Karstulan kohteessakin
käsittelyvaikutuksia on verrattu käsittelemättömään altaa-
seen rinnakkaisella ojitusallalla. Näin kokeiluhankkeessa



Kuva 3. Havainnekuva konetyönä toteutettavasta kasettirakenteesta.

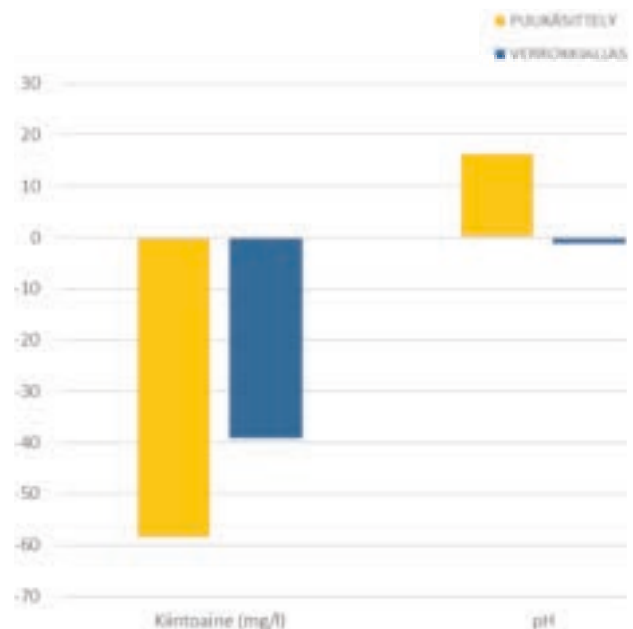


Kuva 4. Puukäsittelyistä ja käsittelemättömistä laskeutus-
altaista lähtevän veden ainepitoisuuksien prosenttinen
muutos COD-, kokonaisravinne- sekä orgaanisen hiilen
kokonais- ja liuenneissa pitoisuuksissa tulevan veden
pitoisuuksiin verrattuna.

on kertynyt tietoa kolmen puukäsittelyn ja kolmen verrok-
kialtaan tulevan ja lähtevän veden laadusta sekä biologi-
sesta monimuotoisuudesta. Vedenlaatua on seurattu sekä
perinteisten vesinäytteiden (analysointi laboratoriossa)
että kenttämittausten avulla (YSI ProDSS).

Lupaavia tuloksia

Vedenlaadun seuranta aloitettiin syksyllä 2018. Seuranta
haittasivat kaksi perättäistä kuivaa kesää ja syksyä, joiden
aikana virtaamat ojastoissa jäivät vähäisiksi. Tässä esitel-
lään alustavat tulokset vesinäytteenotoista, jotka pyritiin
painottamaan suurimpien virtaamien ajankohtiin
(n = 5–8). Tulosten perusteella puukäsittely alensi syste-
maattisesti lähtevän veden ainepitoisuuksia niin kemi-
allisen hapenkulutuksen, kokonaisravinteiden kuin
orgaanisen hiilenkin osalta (Kuva 4). Samoin puukäsit-
tely alensi altaista purkautuvien vesien kiintoainepitoi-
suuksia selvästi tehokkaammin kuin pelkkä laskeutus-
lasrakenne (Kuva 5). Positiivista olivat erityisesti tulva-
aikaiset korkeat, yli 40 % ja kiintoaineksen osalta jopa
77 % alenemat. Merkittävää alenemaa tapahtui myös
puukäsittelyistä altaista lähtevän veden rautapitoisuuks-
issa. Sekä vesinäytteenotto että kesän alivirtaamilla toteu-
tetut viikoittaiset kenttämittaukset osoittivat, että puukä-
sittelyillä ei ollut vaikutusta lähtevän veden happipitoi-
suuksiin. Veden pH-tasoa puukäsittely näytti hivenen
jopa nostavan (Kuva 5).



Kuva 5. Puukäsittelyistä ja käsittelemättömistä laskeu-
tusaltaista lähtevän veden kiintoainepitoisuuksien ja
pH:n keskimääräinen prosenttinen muutos tulevan ve-
den pitoisuuksiin verrattuna.

Puupintojen läheisyydestä otetuissa potkuhaavinäytteissä esiintyi alustavien arvioiden perusteella satakertainen, paikoin jopa tuhatkertainen, määrä pohjaeläinyksilöitä verrattuna verrokkialtaiden näytteisiin. Lajimääritykset ovat vielä kesken, mutta alustavan arvion mukaan lajimäärä on 10–20 -kertaisesti suurempi puukäsittelyistä kuin verrokkialtaissa. Alkukesän kenttähavainnot osoittivat mm. sammakon nutipäätoukkien laiduntavan valtavina massoina puupinnoilla ja sudenkorentoja aikuistuneen suuria määriä kesän mittaan puukäsittelyistä altaista. Verrokkialtaiden eliöstö oli silminnähden erittäin paljon niukempaa.

Ennakkotulokset tukevat siis teoreettista oletusta puupintojen biopuhdistamoissa työtänsä tekevän päällyskasvuston ja pohjaeläimistön vettä puhdistavasta vaikutuksesta. Samalla jo tutkimuksen ensimmäiset vuodet osoittivat puukäsittelyn monimuotoistavan paikallisesti vesiluontoa huomattavasti sekä siirtävän sammakoiden ja vesihyönteisten muodossa ravinteita ja hiiltä ojavesistä metsäekosysteemin ravintoketjuihin.

Puun lisääminen vesiensuojelurakenteisiin on helppo ja halpa tapa tehostaa vesiensuojelua. Hankkeessa suunnitellut rakenteet ovat toteutettavissa samalla, kun vesiensuojelua varten tehdään esimerkiksi laskeutusallasta. Käytetty puuaines löytyy usein altaan kohdalta ja lähialueelta ja se voi hyvin koostua latvaosista ja pienpuusta, jonka taloudellinen arvo puun myynnissä on pieni. Vaikka tutkimuksemme keskittyykin metsätalouden laskeutusaltaisiin, näemme uppopuurakenteilla laajempia, valuma-alueittakaavan sovellusmahdollisuuksia. Hallittu uppo- eli liekopuuston lisääminen niin ojastoissa, vesiensuojelurakenteissa, purku-uomissa, pienvesissä kuin rantavyöhykkeillä voisi merkittävästi tehostaa ravinteiden talteenottoa ja ehkäistä vesistöhaittoja. Samalla parannetaan vesiluontotyyppien ja kalakantojen tilaa monimuotoistamalla elinympäristöjä. Ilmastobonusena on, että upponnut puuaines säilyy vedessä eliöstön ruokapöytänä ja samalla hiilivarastona suotuisissa oloissa tuhansia vuosia (Koivisto 2018). 💧

Kirjallisuus

Alsfield A.J., Bowman J.L., Deller-Jacobs, A. 2009. Effects of woody debris, microtopography and organic matter amendments on the biotic community of constructed depressional wetlands. *Biol. Conserv.* 142:247–255.

Frainer A., Polvi L.E., Jansson R., McKie B.G. 2018. Enhanced ecosystem functioning following stream restoration: The roles of habitat heterogeneity and invertebrate species traits. *J. Appl. Ecol.* 55:377–385. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12932>.

Koivisto S. 2018. Järvien kätöksissä –vedenalaisia metsiä ja hukkuneita asuinpaikkoja. *Hiisi* 2/2018:3–10.

Lammi, A., Kokko, A., Kuoppala, M., Aroviita, J., Ilmonen, J., Jormola, J., Karonen, M., Kotanen, J., Luotonen, H., Muotka, T., Mykrä, H., Rintanen, T., Sojakka, P., Teeriaho, J., Teppo, A., Toivonen, H., Urho, L. & Vuori, K.-M. 2018. Sisävedet ja rannat. Teoksessa: Kontula T. & Raunio A. (toim.), Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Luontotyyppien punainen kirja. Osa 1: Tulokset ja arvioinnin perusteet, s. 81–115. Suomen ympäristö 5/2018, Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö.

Maileht, K., Nöges, T., Nöges, P., Ott, I., Mischke, U., Carvalho, L., Dudley, B. 2013. Water colour, phosphorus and alkalinity are the major determinants of the dominant phytoplankton species in European lakes. *Hydrobiologia* 704:115–126.

Newbold, J.D., O'Neill, J., Elwood, J.W., van Winkle, W. 1982. *American Naturalist* 120:628–656.

Rääpysjärvi, J., Karjalainen, S.M., Karttunen, K., Kuoppala, M., Aroviita, J. 2016. Metsätalouden vaikutukset purojen ja jokien biologiseen tilaan – MEBI-hankkeen tulokset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 20/2016, 39 s. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/161512>.

Vuori, K.-M., Kuusipuro-Korjonen, K. 2018. Kolme kertomusta järviemme tilasta. Vesistömuutokset kansalaisten, limnologisten mittausten ja ympäristöhallinnon näkökulmasta. – *Alue ja Ympäristö* 47:1 (2018): 50–61.

Biohiili valumavesien puhdistajana

Biohiiltä tuotetaan kuumentamalla orgaanista ainetta 300–800 °C vähän happea sisältävissä olosuhteissa. Tässä niin kutsutussa pyrolyysiprosessissa saadaan talteen pyrolyysikaasua, pyrolyysiöljyä, tisleitä ja lämpöenergiaa. Jäljelle jäävää hiiltojäänöstä kutsutaan biohiileksi. Biohiilen raaka-aineeksi soveltuvat maa-, metsä- ja elintarviketalouden sivuvirrat tai yhdyskuntajäte, kuten puuhake, oljet, lanta tai liete. Biohiili on huokoinen materiaali, jolla on suuri ominaispinta-ala ja kationin- ja anioninvaihtokapasiteetti, minkä ansiosta se pystyy sitomaan itseensä ravinteita ja epäpuhtauksia. Hyvinä adsorbenttina biohiili voi tarjota uuden, innovatiivisen, uusiutuvan ja kokonaisuudessaan kierrätettävän materiaalin metsätalouden valumavesien puhdistukseen. Tutkimusryhmämme selvittää parhailaan voidaanko biohiilestä rakennetuilla ojiin asennettavilla vedenpuhdistimilla poimia valumavedestä muutoin huonosti pidättyviä liukoisia ravinteita avohakatuilla turvemailla. Käytön jälkeen biohiili ja siihen sitoutuneet ravinteet voidaan kierrättää takaisin maaperään.



MARJO PALVIAINEN
yliopistotutkija, Helsingin
yliopisto, Metsätieteiden
osasto
marjo.palviainen@helsinki.fi

ARI LAURÉN
apulaisprofessori,
Itä-Suomen yliopisto,
Metsätieteiden osasto
ari.lauren@uef.fi

TAIJA SAARELA
tohtorikoulutettava,
Itä-Suomen yliopisto,
Ympäristö- ja biotieteiden
laitos
taija.saarela@uef.fi

ELHAM KAKAEI LAFDANI
tohtorikoulutettava,
Itä-Suomen yliopisto,
Metsätieteiden osasto
elhka@student.uef.fi

JUKKA PUMPANEN
professori, Itä-Suomen
yliopisto, Ympäristö- ja
biotieteiden laitos
jukka.pumpunen@uef.fi

Neljäsosa Suomen puustosta kasvaa turvemailla ja niissä tehtävät hakkuut lisäävät vesistöihin päätyvää typpi- ja fosforikuormitusta (Nieminen ym. 2017a, **Kuva 1**). Turvemaiden metsätalouden hyväksyttävyys riippuu paljolti siitä, miten haitalliset ympäristövaikutukset voidaan minimoida. Suojavyöhykkeiden, pintavalutuskenttien ja kosteikkojen ravinteiden pidätyskyky perustuu pitkälti biologiseen aktiivisuuteen, ja ne toimivat parhaiten kasvukauden aikana. Valumavesien typpi- ja fosforipitoisuudet kohoavat kasvukauden päätyttyä eivätkä nykyiset vesiensuojelumenetelmät kykene vähentämään kuormitusta riittävästi. Kasvukauden ulkopuolisen vesistökuormituksen osuus tulee todennäköisesti kasvamaan tulevaisuudessa ilmaston lämpenemisen myötä (Mattsson ym. 2015). Perinteisiä vesiensuojelumenetelmiä täydentämään tarvitaankin uusia keinoja.

Biohiili vesien puhdistajana?

Biohiiltä saadaan energiantuotannon sivutuotteena, kun orgaanista ainetta, kuten puuta, kuumentetaan vähän happea sisältävissä olosuhteissa niin kutsutulla pyrolyysiprosessilla. Prosessi tuottaa lämpöä, kaasua, bioöljyä ja hiiltojäänöstä, jota kutsutaan biohiileksi. Biohiili

on huokoinen materiaali, jolla on suuri ominaispinta-ala ja kationin- ja anioninvaihtokapasiteetti. Sen vuoksi biohiiltä on käytetty hule- ja jätevesien puhdistamisessa sekä saastuneiden maa-ainesten ja sedimenttien puhdistamisessa (Yin ym. 2017). Toistaiseksi biohiiltä ei ole juurikaan kokeiltu metsäisten alueiden valumavesien puhdistuksessa. Metsäisten alueiden valumavesille on ominaista jätevesiin nähden



Kuva 1. Rehevien korpien avohakkuu lisää ravinnekuormitusta vesistöihin.

matalat ravinnepitoisuudet, veden happamuus ja liukoisien orgaanisen aineen suuri määrä. Metsissä valumavesien puhdistuksen haasteena ovat myös suuret vesimäärät.

Tällä hetkellä biohiili on melko kallista määriin nähden, joita puhdistamiseen tarvitaan erityisesti pienistä pitoisuuksista. Biohiilen käytön tulevaisuus vesienpuhdistuksessa riippuu pitkälti siitä millaisen roolin biohiili saa kiertotalousyhteiskunnassa. Biohiili muodostaa luonnossa erittäin pitkäkestoisen hiilivaraston (Woolf ym. 2010, Palviainen ym. 2018). Jos hiilen sidonnasta ja varastoinnista maksetaan, siinä tapauksessa biohiilen hinta metsänomistajalle voi laskea tasolle, jolloin biohiilen käyttö on kustannustehokasta. Ennen kuin biohiili levitetään metsään maanparannusaineeksi, sen ravinnepitoisuutta voidaan lisätä käyttämällä sitä ensin vesienpuhdistuksessa. Näin biohiilestä voidaan saada useita hyötyjä.

Biohiilikokeita eri mittakaavoissa

Marjatta ja Eino Kollin säätiön ja Suomen Akatemian rahoitukset ovat mahdollistaneet laboratorio- ja kenttäkokeiden sarjan, jossa tutkitaan biohiilen käyttöä turvemaiden valumavesien puhdistuksessa. Tutkimusta varten kerättiin vettä rehevän avohakatun korpialueen ojista. Pienimittakaavaisissa laboratoriokokeissa selvitimme erilaisten biohiilien ja partikkelikokojen vaikutusta typen adsorptionopeuteen ja adsorptiokapasiteettiin (**Kuva 2**). Puhdistustehoa ja veden viipymäajan vaikutusta siihen testattiin suuremman mittakaavan laboratoriokokeessa, jossa biohiilellä täytettyjen kolonnien läpi kierrätettiin suuri määrä valumavettä (**Kuva 2**). Lisäksi kokeessa selvitettiin biohiilireaktorin mitoittamiseen vaikuttavia tekijöitä, kuten partikkelikoon vaikutus biohiilen vedenläpäisykykyyn. Olemme perustaneet myös kenttäkokeen, jossa biohiilellä täytettyjä verkkopusseja on asennettu ojiin (**Kuva 3**). Alueella mitataan virtaamaa ja veden laatua biohiilireaktorin ylä- ja alapuolella sekä ravinteiden kertymistä biohiileen. Näiden perusteella voidaan arvioida biohiilen vaikutusta kokonaiskuormitukseen. Viisi metriä

pitkät biohiilirakenteet eivät padottaneet vettä, eivätkä vaikuttaneet juurikaan ojavirtaukseen eikä ojien kuivatuskäyttöön, sillä puuhakkeesta tehty biohiili on partikkelikooltaan melko suurta ja näin ollen hyvin vettä johtavaa.

Laboratoriokokeiden tulokset osoittavat, että biohiili pystyy pidättämään valumavedestä sekä orgaanista typpeä, että epäorgaanista ammonium- ja nitraattityppeä. Koivubiohiilen typen pidätyskyky vaikuttaa olevan hieman parempi kuin kuusibiohiilen. Ravinteiden pidätyskyky paranee, kun biohiilen partikkelikoko pienenee. Ravinteiden pidättymisprosessi on nopea tapahtuma, joten biohiili kykenee todennäköisesti pidättämään ravinteita vedestä myös lyhyellä viipymäajalla. Kolonnikokeemme tulokset osoittivat, että veden kokonaistyyppipitoisuus aleni 0,8 mg L⁻¹:sta 0,5 mg L⁻¹:ssa, kun vesi kulki 1,5 metriä pitkän biohiilellä täytetyn putken läpi, jossa veden viipymäaika oli 10–20 minuuttia (Kakaei Lafdani ym. 2020). Sovellettavuuden kannalta keskeinen havainto on, että veden tyyppipitoisuuden kasvaessa biohiilen adsorptiokyky kasvaa ja että kokonaistypen adsorptiota ei tapahdu lainkaan, jos pitoisuus on alle 0,5 mg L⁻¹.



Kuva 3. Kenttäkoe, jossa ojiin on asennettu biohiilellä täytettyjä verkkopusseja.



Kuva 2. Biohiilen kykyä adsorboida typpeä mitattiin laboratoriossa tehtävällä ravistelukokeella sekä kolonnikokeella, jossa valumavettä kierrätettiin biohiilellä täytettyjen kolonnien läpi.

Biohiilen sovellettavuus vesiensuojelussa

Biohiili puhdistaa valumavesiä sitä paremmin mitä korkeampi veden ravinnepitoisuus on. Näin ollen biohiilen käyttökohteita voisivat olla rehevät turvemaat, avohakatut alueet sekä vanhat ojitusalueet, joissa typpipitoisuudet ovat tyypillisesti korkeita (Nieminen ym. 2017a, 2017b). Koska biohiilen ravinteiden pidätyskyky perustuu pääasiassa kemiallisiin reaktioihin (adsorptio), biohiili pidättää ravinteita myös kasvukauden ulkopuolella. Biohiili pidätti myös tehokkaasti nitraattia, joka liikkuvana, negatiivisesti varautuneena ionina pidättyy heikosti maaperään. Tämän vuoksi biohiili soveltuu hyvin täydentäväksi vesiensuojelukeinoksi suojavyöhykkeiden, pintavalutuskenttien ja kosteikkojen rinnalle. Biohiili on mikrobeille hyvä kasvualusta ja vedessä biohiilen pinnalle voi muodostua biofilmi, joka edesauttaa ravinteiden pidättymistä (Li ym. 2016). Tutkimushankkeessamme kehitetään simulaatiomalli, jonka avulla voidaan laskea paikkakohtainen biohiilireaktorin mitoitus (pituus, läpimitta, korkeus ja veden viipymäaika), biohiilen määrä, oletettu puhdistus-teho ja toiminta-aika suhteessa valuntaan. Pitkäaikaisissa kokeissa selviää, miten pysyvää typen adsorptio biohiileen on. Aiempien tutkimusten mukaan desorptio eli biohiileen adsorboituneiden ravinteiden vapautuminen on vähäistä (Jassal ym. 2015, Zhou ym. 2019).

Biohiili ja siihen sitoutuneet ravinteet voidaan kierrättää ympäröivään metsään maanparannusaineeksi ja pitkäaikaiseksi hiilivarastoksi sen jälkeen, kun biohiili on saturoitunut ravinteilla, eikä enää pysty puhdistamaan valumavettä. Biohiili säilyy maassa satoja, jopa tuhansia vuosia, ja siksi se on erinomainen keino hiilipäästöjen kompensointiin (Woolf ym. 2010, Palviainen ym. 2018). Lisäksi biohiilen on havaittu parantavan maan fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia sekä lisäävän puuston kasvua (Thomas & Gale 2015).

Jatkotutkimustarpeet

Jatkossa tulisi selvittää tarkemmin, kuinka biohiilen rakenne, pinnan funktionaaliset ryhmät ja useiden alkuaineiden tai yhdisteiden samanaikainen kilpaileva adsorptio vaikuttavat biohiilen ravinteiden pidätyskykyyn. Kun tämä ymmärrys lisääntyy niin biohiilen raaka-ainetta ja valmistusprosessia säätämällä voidaan tuottaa eri tarkoituksiin räätälöityjä biohiiliä, joilla on haluttuja ominaisuuksia. Seuraavaksi tulisi selvittää myös, missä määrin ja kuinka nopeasti biohiilen vedestä sitomat ravinteet tulevat kasvillisuuden käytettäväksi. 💧

Kirjallisuus

- Jassal, R.S., Johnson, M.S., Molodovskaya, M., Black, T.A., Jollymore, A., Sveinson, K. 2015. Nitrogen enrichment potential of biochar in relation to pyrolysis temperature and feedstock quality. *Journal of Environmental Management* 152: 140–144.
- Kakaei Lafdani, E., Saarela, T., Laurén, A., Pumpanen J., Palviainen, M. 2020. Purification of forest clear-cut runoff water using biochar: A meso-scale laboratory column experiment. *Water* 12, 478; doi:10.3390/w12020478.
- Li, W., Loyola-Licea, C., Crowley, D.E., Ahmad, Z. 2016. Performance of a two-phase biotrickling filter packed with biochar chips for treatment of wastewater containing high nitrogen and phosphorus concentrations. *Process Safety and Environmental Protection* 102: 150–158.
- Mattsson, T., Kortelainen, P., Räike, A., Lepistö, A., Thomas, D.N., 2015. Spatial and temporal variability of organic C and N concentrations and export from 30 boreal rivers induced by land use and climate. *Science of the Total Environment* 508: 145–154.
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Laurén, A. 2017a. Impacts of forest harvesting on nutrient, sediment and dissolved organic carbon exports from drained peatlands: A literature review, synthesis and suggestions for the future. *Forest Ecology and Management* 392: 13–20.
- Nieminen, M., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L., Nieminen, T.M., Sarkkola, S. 2017b. Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing. *Science of the Total Environment* 609: 974–981.
- Palviainen, M., Berninger, F., Bruckman, V.J., Köster, K., Ribeiro Moreira de Assumpção, C., Aaltonen, H., Makita, N., Mishra, A., Kulmala, L., Adamczyk, B., Zhou, X., Heinonsalo, J., Köster, E., Pumpanen, J. 2018. Effects of biochar on carbon and nitrogen fluxes in boreal forest soil. *Plant and Soil* 425: 71–85.
- Thomas, S.C., Gale, N. 2015. Biochar and forest restoration: a review and meta-analysis of tree growth responses. *New Forests* 46: 931–946.
- Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, A.F., Lehmann, J., Joseph, S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications* 1:56 DOI: 10.1038/ncomms1053.
- Yin, Q., Zhang, B., Wang, R., Zhao, Z. 2017. Biochar as an adsorbent for inorganic nitrogen and phosphorus removal from water: a review. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 26297–26309.
- Zhou, L., Xu, D., Li, Y., Pan, Q., Wang, J., Xue, L., Howard, A. 2019. Phosphorus and nitrogen adsorption capacities of biochars derived from feedstocks at different pyrolysis temperatures. *Water* 2019, 11, 1559; doi:10.3390/w11081559.



Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen torjunta metsätaloudessa



LAURA HÄRKÖNEN
Tapio Oy
laura.harkonen@tapio.fi

TIINA M. NIEMINEN
Luonnonvarakeskus

MIRKKA HADZIC
Suomen ympäristökeskus

HANNU ILVESNIEMI
Luonnonvarakeskus

SAMULI JOENSUU
Tapio Oy

Metsätalous happamilla sulfaattimailla on riski vesistöille. Ojituksen ja maanmuokkauksen seurauksena vesistöihin päätyy happamuutta ja raskasmetalleja. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamia haittoja voidaan torjua välttämällä kivennäismaahan ulottuvaa maanmuokkausta. Meneillään olevassa vesien- ja merenhoidon kärkihankkeessa testataan haittojen torjumista tuhkalannoituksen avulla.

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan maaperässä luontaisesti esiintyviä sulfidirikkipitoisia kerrostumia, joita esiintyy Suomen koko rannikkoalueella, erityisesti Litorinameren korkeimman rannan alapuolisilla alueilla. Esiintymisvyöhyke ulottuu merenpinnasta noin 80 metrin korkeudelle, Perämeren rannikolla jopa 100 metrin tasoon

ja Etelä-Suomen rannikolla noin 20–40 metrin tasoon merenpinnan yläpuolelle (Heikkinen 2009). Meneillään oleva Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) yleiskartoitus tuottaa tietoa happamien sulfaattimaiden alueellisesta esiintymistodennäköisyydestä. Rannikon lisäksi sulfidirikistä aiheutuvaa happamoitumista esiintyy mustaliuskealueilla paikoitellen eri puolilla Suomea.

Sulfidisedimentit ovat muodostuneet sulfaattipitoisessa vedessä orgaanisen aineksen ja rautaoksidien kanssa entiselle merenpohjalle. Kun bakteerit ja arkeonit ovat hajottaneet orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa, sulfaatti on pelkistynyt sulfidiksi ja saostunut raudan kanssa rautasulfideiksi. Maankohoamisen seurauksena sulfidisedimentit ovat päätyneet merenpinnan yläpuolelle. Sulfidisedimenttejä muodostuu edelleen sopivissa hapettomissa olosuhteissa Itämeren ja järvien pohjilla.

Pohjavedenpinnan tason laskeminen heikentää valumavesien laatua

Suomen olosuhteissa kasvukausi on lyhyt, ja sadanta ylittää haihdunnan. Maaperän liika märkyys heikentää puuston juurien hapensaantia ja siten myös puuston kasvua. Ojituksen tarkoituksena on alentaa pohjaveden pintaa, jotta saadaan aikaiseksi puuston juuristolle ja siten puuston kasvulle otollisemmat, hapelliset olosuhteet. Ojien kunnostuksen myötä parantunut juuriston happitilanne parantaa puuston kasvua keskimäärin 0,5–1,5 m³/ha/v (Hökkä ja Kojola 2003). Turvemaiden puuston kasvua on saatu ojituksen avulla parannettua huomattavasti. Suomen suopuustojen kokonaiskasvu on nykyisin noin 24 milj. m³ vuodessa, joka vastaa noin 23 % metsien kokonaiskasvusta (Päivänen 2018).

Pohjavedenpinnan alla hapettomassa tilassa sulfidisedimentit ovat kemiallisesti vakaita, eivätkä aiheuta haittaa ympäristölle. Luonnontilaisina ne ovat usein veden kyllästämiä maita, joiden orgaanisen aineksen ja typen pitoisuus on korkea. Kun pohjavedenpinnan taso laskee ojituksen tai maanmuokkauksen seurauksena, sulfidisedimentit altistuvat hapelle. Maaperän sulfidiyhdisteet alkavat hapettua ja veteen liuenneina muodostavat rikkihappoa. Muodostuva happamuus uuttaa maaperästä metalleja, jonka seurauksena muodostuu happamia ja metallipitoisia valumavesiä.

Happamilla sulfaattimailla toteutettavien ojituksen ja maanmuokkauksen vaikutukset vesiin voivat olla laaja-alaisia. Arviolta 230 000 ha metsätalousmaata sijaitsee alueilla, joilla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on suuri tai kohtalainen (Nieminen ym. 2016). Lähes 100 000 ha tästä alasta on kangasmetsää, joilla sulfidisedimenttiä hapettumiselta suojaavaa turvekerrosta ei ole lainkaan. Ojien kunnostamisen yhteydessä joudutaan usein perkaamaan ojia alkuperäistä ojitusta syvemmälle, mikä lisää happamoitumisriskiä. Sekä ohut- että paksuturpeilla alueilla kuivatustarve saattaa ulottua kivennäismaahan saakka, mikä aiheuttaa valumavesien happamoitumisriskin. Happamat ja metallipitoiset huuhtoumat metsätalousmailta ovat mahdollisia erityisesti kuivien kausien jälkeen (Saarinen ym. 2013).

Haitat korostuvat vesistöissä

Happattuneesta sulfaattimaasta huuhtoutuu sateiden mukana valumavesiin rikkihappoa ja maaperän metalleja. Happamoituminen havaitaan vesistöissä etenkin pidempien kuivien kausien jälkeisten runsaampien sateiden aikaan. Kahta kuivaa kesää seuranneen syksyn 2019 aikana poikkeuksellisen voimakasta happamoitumista havaittiin muun muassa Pohjanmaan jokivesissä.

Haitat vesiliöille ovat yleensä happamuuden ja metallien yhteisvaikutusten aiheuttamia. Happamuus ja raskasmetallikuormitus voivat aiheuttaa laajoja kalakuolemia, vaikeuttaa kalojen poikastuotantoa, sekä yksipuolistaa ja hävittää pohjaeläimistöä (esim. Hudd 2000, Sutela ym. 2012). Happamissa olosuhteissa metallit ovat liukoisia ja eliöstölle myrkyllisimmässä muodossaan.

Happamuuden ja raskasmetallien aiheuttamat haitat heikentävät vesien tilaa. Pohjanmaan 60 metrin korkeuskäyrän alapuolella sijaitsevat jokivesistöt ovat ekologisesti ja kemialliselta tilaltaan hyvää huonommassa tilassa johtuen happamuudesta sekä metallien (Cd, Ni) ympäristölaatumien ylityksistä ja niiden vaikutuksista kasvillisuudelle ja eliöstölle. Jokivesien ohella happamista sulfaattimaista johtuvia haittoja ilmenee myös esimerkiksi Pohjanlahden alueen padotuissa merenlahdissa, fladoissa ja kluuvijärvissä, jotka ovat tärkeitä kalojen kutu- ja poikastuotantoalueita. Suomen sisävesissä ja Perämeren rannikkoalueilla happamuuden puskurikyky on luontaisesti alhainen graniittivoittoisen kallioperän vuoksi.

Haittoja voidaan torjua maltillisemmalla kaivusyvyydellä

Vesistöhaittojen ennaltaehkäisy edellyttää tavanomaista tarkemman maaperätiedon hankkimista silloin, kun toimitaan alueilla, joilla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on kohtalainen tai suuri. Metsänuudistamisen yhteydessä maaperän voimakas happamoituminen ja metallien liukeneminen voivat vesistöhaittojen ohella aiheuttaa myös vakavia kasvuhäiriöitä taimille. Haittojen ehkäisemiseksi happamien sulfaattimaiden sijainti tulee huomioida, kun kohteella tehtäviä metsänhoitotoimenpiteitä suunnitellaan ja toteutetaan.

Ojien kunnostamisen ja maanmuokkauksen kaivusyvyyksi tulisi pitää happamilla sulfaattimailla turvekerroksessa sulfidikerrosten yläpuolella. Matalat ojat ja maanmuokauskuopat, jotka eivät ulotu kivennäismaahan asti, eivät aiheuta voimakasta sulfidien hapettumista. Ojituksissa ja maanmuokkauksissa läjitetyt kivennäismaata sisältävät kaivumassat sijoitetaan kauaksi ojista ja peitetään turpeella hapettumisen hidastamiseksi. Happamilla sulfaattimailla

vältetään syviä vesiensuojelurakenteita, kuten lietekuoppia ja laskeutusaltaita. Niiden sijaan voidaan hyödyntää kaivu- ja perkauskatkoja, pohja- ja putkipatoja sekä pintavalutusta.

Tuhkalannoituksen neutraloivaa vaikutusta testataan HaSuMetsä-hankkeessa

Vesien- ja merenhoidon kärkihankkeessa testataan tuhkalannoituksen vaikutusta metsänuudistamisalojen happaman vesistökuormituksen hallintaan. Ympäristöministeriö on rahoittanut hanketta 240 000 eurolla, ja se toteutetaan vuosien 2018–2020 aikana.

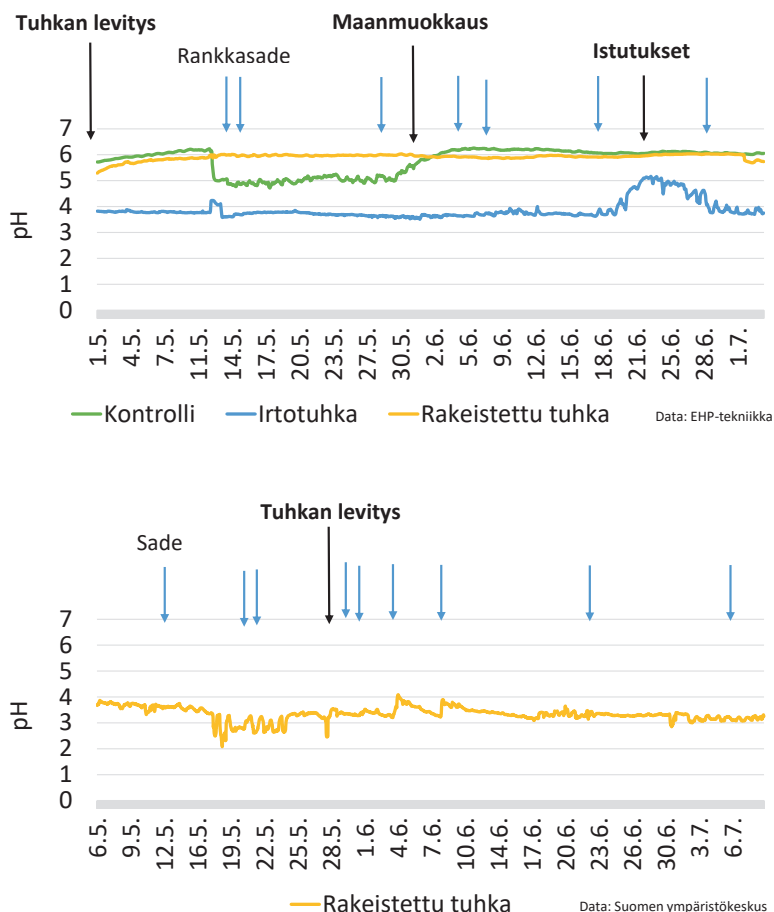
Tuhkan emäksisten yhdisteiden on havaittu neutraloivan kasvualustan happamuutta (Saarsalmi ja Kukkola 2009). Toisaalta tuhkalannoituksella voidaan myös saada aikaan etenkin typpirikkailla turvemaidella merkittävä ja pitkäaikainen puuston kasvunlisäys (Silfverberg 1996). Tuhkalannoitusten ei ole todettu aiheuttavan fosforin, typen, raskasmetallien tai orgaanisen hiilen merkittävää huuhtoutumista valumavesiin (Piirainen ym. 2013).

HaSuMetsä-hankkeessa testataan kahdella happamilla sulfaattimailla sijaitsevalla koealueella tuhkan happamuutta vähentävää vaikutusta: Kruunupyssä metsän-

uudistusalueella ja Yli-Iissä turvetuotannosta poistetulla alueella. Kohteilla toteutettiin vuoden 2019 aikana tuhkalannoitus ja joko päätehakkuu, suositusten mukainen maanmuokkaus ja metsänuudistaminen tai metsittymään jättäminen. Tuhkan vaikutusta valumavesien laatuun seurataan hankkeessa sulan kauden aikana sekä käsittelyjen välisiin sarkaojiin sijoitetuilla jatkuvatoimisilla mittalaitteilla että vesinäytteenotoin.

Hankkeen alustavien tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että pian levityksen jälkeen tuhkalannoitus on saattanut Kruunupyyn metsänuudistusalueella tasata valumavesien happamoitumista kuivaa kautta seuranneiden rankkasateiden aikana (**Kuva 1**). Happamien sulfaattimaiden esiintyminen on laikuittaista, mikä vaikuttaa todennäköisesti myös koealojen välisiin valumavesien happamuuseroihin. Kruunupyyn irtotuhkalla käsitellyn alan valumavesien pH on ollut myös tuhkausta edeltävänä aikana muita käsittelyaloja alhaisempi.

Yli-Iin koealalla jatkuvatoimisen pH-seurannan tulokset osoittivat, että koealan valumavedet ovat olleet lähellä pH-arvoa 3 koko mittausjakson ajan (**Kuva 2**). Pian tuhkanlevityksen jälkeen valumaveden pH nousi sateiden aikana antaen viitteitä siitä, että tuhkaa on saattanut huuht-



Kuva 1. Tuhkakäsittelyjen vaikutukset valumavesien pH-arvoon Kruunupyyn metsänuudistusalueella. Mustat nuolet kuvaavat toimenpiteitä, joita pilotti-kohteella toteutettiin vuoden 2019 aikana. Siniset nuolet kuvaavat sadantatapahtumia. Lähde: EHP-tekniiikan jatkuvatoimisen seurannan aineisto.

Kuva 2. Tuhkakäsittelyjen vaikutukset valumavesien pH-arvoon Yli-Iin turvetuotannosta poistetulla koealalla. Mustat nuolet kuvaavat toimenpiteitä, joita pilotti-kohteella toteutettiin vuoden 2019 aikana. Siniset nuolet kuvaavat sadantatapahtumia. Lähde: Suomen ympäristökeskuksen jatkuvatoimisen seurannan aineisto ja Ilmatieteen laitoksen Oulu, Oulunsalo, Pellonpää -sääaseman avoin sääaineisto.



routua valumaveteen. Tuhkalannoituksen jälkeen pH on pääosin pysynyt arvon 3 yläpuolella.

Vedenlaadun seuranta oli haasteellista kesän 2019 kuivuuden takia. Ojastot olivat suuren osan ajasta kuivillaan, ja vedenlaadun seurantatuloksia saatiin rajoitetusti. Alustavien

tulosten perusteella tuhkatujen alojen valumavesissä oli tuhkalannoituksen jälkeen koholla muutamia parametreja (sähkönjohtavuus, K, SO₄, S), joiden pitoisuuksia myös Piirainen ym. (2013) ovat todenneet tuhkalannoitusten nostavan. Hankkeen tarkemmat tulokset julkaistaan seurantajakson päätyttyä vuoden 2020 loppupuolella. 💧

Kirjallisuus

Heikkinen, S. (toim.) (2009). Happamien sulfaattimaiden haitat hallintaan. Geofoorumi 2/2009:14–15.

Hudd, R. 2000. Springtime episodic acidification as a regulatory factor of estuary spawning fish recruitment. Julkaisussa: Verhandlungen. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 27(1), Vaasa, 42 s.

Hökkä, H. & Kojola, S. 2003. Suometsien kunnostusohjelma – kasvureaktion tutkiminen ja kuvaus. Julkaisussa: Jortikka, S., Varmola, M. & Tapaninen, S. (toim.). Soilla ja kankailla – Metsien hoitoa ja kasvatusta Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 21.–22.5.2003. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja – The Finnish Forest Research Institute, Research Papers 903: 13–20.

Nieminen, T. M., Hökkä, H., Ihalainen, A. & Finér, L. 2016. Metsänhoito happamilla sulfaattimailla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2016. 40 s.

Piirainen, S., Domisch, T., Moilanen, M. & Nieminen, M. 2013. Long-term effects of ash fertilization on runoff water quality from drained peatland forests. Forest Ecology and Management 287: 53–66.

Päivänen J. 2018. Suometsätalous itsenäisessä Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja 2018– 2019: 10123. Tieteen tori. 11 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10123>

Saarinen, T., Mohammadighavam, S., Marttila, H. ja Klöve, B. 2013 Impact of peatland forestry on runoff water quality in areas with sulphide-bearing sediments; how to prevent acid surges? Forest Ecology and Management, 293:17–28.

Saarsalmi, A. ja Kukkola, M. 2009. Tuhkalannoituksen vaikutus maaperään ja puuston kasvuun. Metsätieteen aikakauskirja 1/2009, 63–68.

Silfverberg, K. 1996. Nutrient status and development of tree stands and vegetation on ash-fertilized drained peatlands in Finland. Finn. Forest Res. Inst. Res. Pap. 588, 27.

Sutela, T., Vuori, K-M, Louhi, P., Hovila, K., Jokela, S., Karjalainen, S.M., Keinänen, M., Rask, M., Teppo, A., Urho, L., Vehanen, T., Vuorinen, P.J. ja Österholm, P. 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. Suomen Ympäristö 14. 50 s.

Metsäpurojen suojavyöhykkeiden optimointi



MARI TOLKKINEN
tutkija, Suomen
ympäristökeskus
mari.tolkkinen@ymparisto.fi

Taloustmetsien käsittely purojen ja muiden pienvesien läheisyydessä tarvitsee uusia menetelmiä luontoarvojen kestävään ylläpitoon metsänhoidon yhteydessä. Paremmalla suojavyöhykesuunnittelulla olisi mahdollista tehostaa vesien suojelua ja ylläpitää puron ja sen rantavyöhykkeen luontoarvojen säilymistä.

Latvapurot sijaitsevat valuma-alueidensa alaosissa, minkä vuoksi niiden rantavyöhykkeille tulee valumavesiä ja rantavyöhykkeet ovat usein myös pohjavesivaikutteisia. Tämän vuoksi rantavyöhykkeiden maaperä on kosteampaa kuin muualla metsässä ja niillä tavataan monia kosteaa elinympäristöä vaativia kasvilajeja.

Puron läheisyydessä myös pienilmasto on kosteaa ja vaikutus voi yltää useiden kymmenien metrien etäisyydelle purosta lisäten mm. puunrungoilla ja maassa elävän sammallajiston monimuotoisuutta. Kosteiden olosuhteiden ansiosta purojen rantavyöhykkeiden eliöstö poikkeaa metsäeliöstöstä lisäten alueellista monimuotoisuutta (**Kuva 1**).



HEIKKI MYKRÄ
erikoistutkija, Suomen
ympäristökeskus
heikki.mykra@ymparisto.fi



ANTTI LEINONEN
projektipäällikkö,
Suomen metsäkeskus
antti.leinonen@metsakeskus.fi



Kuva 1. Metsäpurojen rantavyöhykkeen kasvillisuus usein poikkeaa luontaisesti muun metsän kasvillisuudesta kosteiden olosuhteiden vuoksi. Tyypillisesti puulajistosta huomattava osuus on lehtipuita. Kuvan puro sijaitsee Taivalkoskella, Pohjois-Pohjanmaalla.

Iijoen vesistöalueella vuonna 2018 tekemiemme purojen rantametsien maaperän kosteusmittauksien perusteella rantavyöhykkeen kosteusvaikutus säilyi jopa 20 metrin etäisyydelle purosta (Kuva 2). Saman tutkimuksen kasvikartoituksissa huomattiin, että kosteat purovarsialueet ylläpitivät monilajisempaa kasvillisuutta kuin kuivemmat alueet (Kuva 3).

Mualla tehdyt tutkimukset tukevat havaintoa kosteiden rantavyöhykkeiden korkeasta monimuotoisuudesta (esim. Zinko ym. 2005). Kosteissa ja kuivissa rantametsän osissa viihtyvät myös osin eri lajit. Iijoen vesistöalueen purojen kosteilla alueilla tavattiin esimerkiksi lehvä- ja rahkasammalia sekä saroja, jotka puuttuivat lähes kokonaan kuivemmilta alueilta. Kuiville alueille tyypillisiä lajeja olivat puolukka, mustikka ja kynsisammalet. Rantavyöhykkeen kosteusolosuhteiden vaihtelu siis määrittelee kasvien lajirunsautta ja lajistoa.

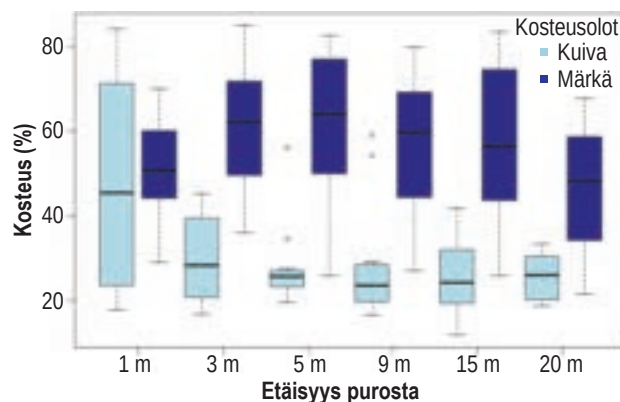
Purojen veden laatu ja valuma-alueelta tuleva luonnon huuhtouma

Rantavyöhykkeen maaperä pidättää ja käsittelee ravinteita ja orgaanista ainesta toimien tärkeänä linkkinä valuma-alueen ja vesistön välillä (Laudon ym. 2016). Luonnontilaisten metsien ja puustoisten talousmetsien rantavyöhyke voi olla suurin humuksen lähde puroille (Mei et al. 2012). Tämä johtuu siitä, että latvapurojen rantavyöhykkeiden pohjaveden pinnan korkean tason vuoksi humusta huuhtoutuu uomaan. Myös kauempaa valuma-alueelta voi huuhtoutua humusta etenkin, jos rantavyöhyke on jyrkkä tai sen humuskerros on ohut (Gannon ym. 2015).

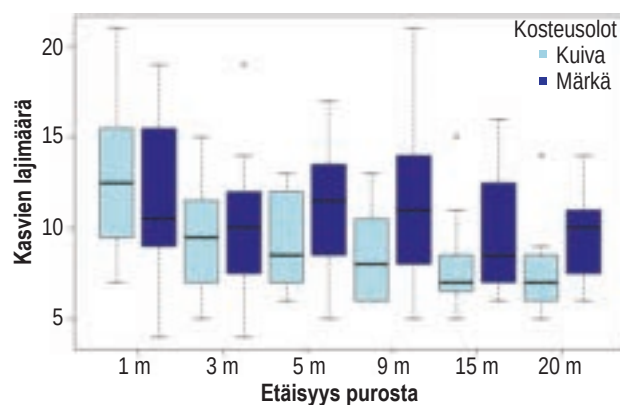
Kiintoaineen, kuten hiekan, kulkeutuminen puroon luonnontilaiselta rantavyöhykkeeltä on yleensä vähäistä, koska puiden juuret ja muu rantakasvillisuus pidättävät sitä tehokkaasti (Turunen ym. 2019). Puron pohja voi kuitenkin olla luontaisesti hiekkainen, jos rantavyöhykkeen humuskerros on ohut. Lumien sulamisen aiheuttama kevätvalunta ja kausittaiset tulvat voivat lisätä rantavyöhykkeen eroosiota.

Metsähakkuiden vaikutukset puroympäristöissä

Ilman riittäviä suojelutoimia tehty rantavyöhykkeiden kasvatus- ja uudistushakkuut muuttavat pienvesien lähiympäristön pienilmastoa, vesistön valaistus- ja lämpöolosuhteita, maaperän kosteusolosuhteita sekä vesistöön kulkeutuvien aineiden määrää ja laatua. Rantavyöhykkeiden hakkuut lisäävät valuntaa, ja maaperän rikkoutuessa koneellisen korjuun tai maanmuokkauksen seurauksena uomaan kulkeutuva kiintoaine- ja humuskuor-



Kuva 2. Iijoen vesistöalueella vuonna 2018 tehdyssä tutkimuksessa mitattiin maaperän kosteutta DTW-kosteusindeksillä (Depth to water -kosteusindeksi) luokitelluilla "kuivilla" ja "märkillä" rantavyöhykkeen alueilla 1–20 metrin etäisyydellä purosta. "Märkien" alueiden kosteuspitoisuus oli huomattavasti korkeampi kuin "kuivien" ja kosteusvaikutus näkyi vielä 20 metrin etäisyydellä purosta. Tutkimuksessa oli mukana kuusi puroa.



Kuva 3. Iijoen vesistöalueella vuonna 2018 kartoitettiin puron rantavyöhykkeen kasvillisuutta 1–20 metrin etäisyydellä puroista DTW-kosteusindeksissä "kuiviksi" ja "märäksi" luokitelluilla alueilla. Kasvien lajimäärä oli suurempi DTW-kosteusindeksin "märkillä" rantavyöhykkeen alueilla verrattuna "kuiviin". Puron välittömässä läheisyydessä (1 m) lajimäärä on samansuuruinen, koska aivan lähellä puroa maaperä on aina kostea (Kuva 1), myös DTW:n mukaan (Kuva 4).

mitus usein kasvaa (Turunen ym. 2019). Kosteat ranta-alueet ovat kriittisiä aineiden pidättymisen sekä huuhtoutumisen kannalta. Toisaalta juuri kosteat alueet ovat herkkiä maaperävaurioille ja niihin kohdistuvat toimenpiteet voivat aiheuttaa huomattavaakin kuormitusta alapuolisiin vesistöihin (Laudon ym. 2016). Koska rantavyöhyke on jo lähtökohtaisesti humuksen lähde puroille, tulisi kuormitusta lisääviä toimia välttää, jotta puron kyky käsitellä humushuuhtoumaa ei ylittyisi ja pohja liettyisi. Hakkuiden seurauksena puron pohja voi liettyä ja veden

laatu merkittävästi huonontua puroissa ja niiden alapuolissa vesistöissä.

Kiintoainekuormitus puolestaan yksipuolistaa puron pohjan rakennetta. Veden laadun ja elinympäristön heikkeneminen voivat muuttaa eliöstöä ja huonontaa vesistön ekologista tilaa. Kiintoainekuormitus heikentää kalojen, kuten purotaimenen, lisääntymismahdollisuuksia ja vahingoittaa yksilöitä aiheuttamalla mm. kidus-, evä- ja ihovaurioita. Pohjaeläinten, sammalten ja päällyslievien määrä ja lajirunsaus vähenevät humus- ja kiintoainekuormituksen seurauksena. Myös erittäin uhanalaisen jokihelmisimpukan eli raakun elinmahdollisuudet ovat huonot kuormitetussa purossa.

Rantavyöhykkeiden hakkuut vaikuttavat purojen ja metsien välisiin ekosysteemien toimintoja ylläpitäviin prosesseihin ja siten myös eliöstön monimuotoisuuteen. Esimerkiksi lehtikarke on usein tärkeä energian lähde latvapurojen eliöstölle, sillä varjoisissa uomissa perustuotanto voi olla vähäistä. Muutokset rantavyöhykkeen puulajisuhteissa voivat vaikuttaa lehtikariketta syövien mikrobien ja hyönteisten toukkien lajistoon. Runsas havupuuston osuus purojen läheisyydessä vähentää ravintoarvoltaan parempilaatuisen lehtikarikkeen määrää puroissa, mikä vähentää lehtikariketta syövien pohjaeläinten määrää ja lajirunsausta. Pohjalla elävät hyönteisten toukat ja niiden lentävät aikuismuodot ovat tärkeitä ravinnonlähteitä mm. kaloille ja rannan hyönteissyöjille. Hyönteisravinnon (pohjaeläinten) määrän vähentyminen vaikuttaa niitä syövien eläinten (lintujen, kalojen, hämähäkkien, petohyönteisten) määrään ja lajirunsauteen, mikä puolestaan voi vaikuttaa kilpailu- ja peto-saalis-vuorovaikutuksen kautta muihin lajeihin. Puulajisuhteiden muutokset rantavyöhykkeessä vaikuttavat siis monimutkaisen ravinto- ja vuorovaikutusverkon kautta purojen ja metsien monimuotoisuuteen.

Rantavyöhykkeiden hakkuusuositukset eivät ole optimaalisia

Vesiensuojelun tavoitteena on suojella vesien ekologista tilaa ja vesieliöstön monimuotoisuutta. Rantavyöhykkeiden hakkuusuosituksissa on huomioitu vesistön ekologiseen tilaan vaikuttavia tekijöitä, kuten varjostusta ja rantametsän puuston koostumusta (Äijälä ym. 2014), mutta rantametsän monimuotoisuuteen vaikuttavia toimintamalleja tulisi tämentää.

Metsänhoito-ohjeissa ja -suosituksissa sekä metsänhoidon sertifikaateissa vesistöjen varsille jätetään hakkaamattomia tai osittain hakattuja suojavyöhykkeitä, joilla ei tehdä maanmuokkausta. Tavoitteista riippuen vyöhykkeiden

minimileveysvaatimukset vaihtelevat 5–15 metrin välillä. Tasalevyiset suojavyöhykkeet eivät kuitenkaan ole optimaalisia vesien suojelun kannalta, koska maanmuokkaukselle herkimpien ja vesistökuormitusta eniten aiheuttavien kosteiden rantametsän alueiden leveydet vaihtelevat. Myös monimuotoisten rantavyöhykkeiden säilymisen kannalta kosteiden alueiden säästämisen hakkuilta olisi ensisijaisen tärkeää. Kaavamaisten suojavyöhykkeiden ongelmana on myös niiden alttius tuulituhoilille.

Suojavyöhykkeiden monitavoitteinen optimointi

Vesien suojelun tavoitteena on säilyttää vesien hyvä ekologinen tila ja toisaalta EU:n vesipuitedirektiivi vaatii heikentyneiden vesistöjen tilan kohentamista. Suojelutoimenpiteet vesistön alaosassa voivat olla tehotomia, mikäli vesistön yläosien vesien ja rantavyöhykkeiden suojelu on puutteellista. Virtavedet tulisivatkin nähdä jatkumoina, joiden vesiensuojelu suunnitellaan valuma-alueetasolla. Pienvedet ja niiden rantavyöhykkeet pitäisi lisäksi huomioida kokonaisuuksina, joissa rantavyöhykkeiden käsittely suunnitellaan kohdekohtaiset olosuhteet huomioiden niin, etteivät metsänkäsittelytoimet vaaranna vesi- ja niihin liittyvien maaelinympäristöjen rakennepiirteiden säilymistä. Kohdekohtaisella suunnittelulla ja luonnonhoidollisilla toimenpiteillä mahdollistetaan tuloksellinen metsänhoito ja samalla luontoarvojen palautuminen alueilla, joista ne ovat aikaisempien toimenpiteiden seurauksena kadonneet.

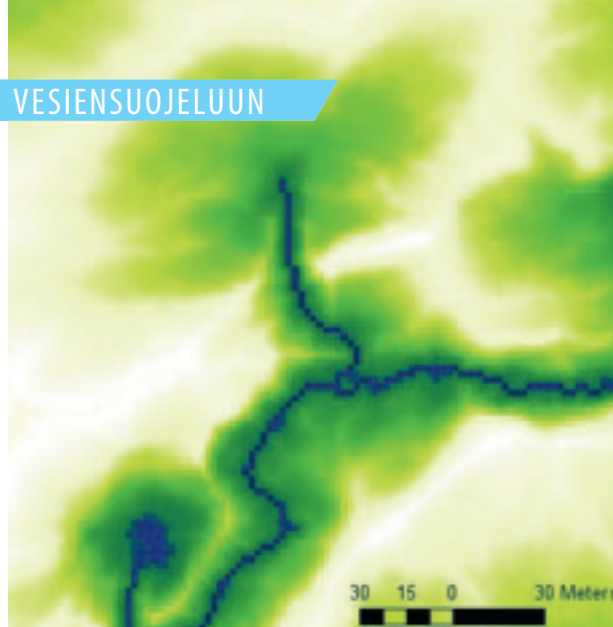
Tutkimusten mukaan vesiensuojelun ja luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi tarvitaan vähintään 15–45 metrin levyinen suojavyöhyke (Keto-Tokoi 2018). Esimerkiksi kostean pienilmaston ylläpitäminen vaatii jopa 30 metrin suojavyöhykkeen ilman poimintahakkuuta (Oldén ym. 2019). Aina riittävän leveän vyöhykkeen jättäminen ei kuitenkaan ole taloudellisesti mahdollista. Tehokkaan suojelun kannalta olisikin tärkeää tunnistaa elinympäristöjä, joissa suojelutoimenpiteiden vaikutus on suurin niin vesi- kuin maaympäristössä ja toisaalta myös ympäristöjä, joissa suojelutoimenpiteillä on vähemmän merkitystä. Kosteiden rantavyöhykealueiden huomiointi leveämmillä suojavyöhykkeillä olisi tehokas menetelmä vähentää hakkuulta tulevaa kuormitusta ja säilyttää puron ja rantavyöhykkeen monimuotoisuuden ja ekosysteemitointojen taso (Kuglerová ym. 2014). Nämä alueet ovat lisäksi tärkeitä monimuotoisuutta ylläpitävän lahoppuujatkumon kannalta. Usein merkittävä osa kosteiden rantavyöhykkeen alueiden puustosta on taloudellisesti vähämerkityksellistä (Tiwari ym. 2016). Vaihtelevan levyisten suojavyöhykkeiden paikantamisessa ja suunnittelussa voidaan hyödyntää jo olemassa olevia

paikkatietotyökaluja, kuten kosteusindeksiä (**Kuva 4**) ja RUSLE-eroosiomallia.

Metsänkasvuvaiheeseen tulisi myös kiinnittää huomiota puronvarsimetsien käsittelyssä. Nykyinen käytäntö suunnitella suojavyöhykkeet metsän uudistamisvaiheessa ei välttämättä ole paras ekologiselta ja taloudelliselta kannalta. Olisikin tärkeää, että rantavyöhykkeiden käsittely suunniteltaisiin jo kasvatushakkuiden yhteydessä, jolloin rantavyöhykkeen luontoarvojen lisäämiselle olisi paremmat edellytykset. Kasvatushakkuiden yhteydessä rantavyöhyke voitaisiin jättää pääosin raivaamatta. Tällöin uudistamisvaiheessa jätettävä suojavyöhyke olisi jo lähtökohtaisesti monimuotoisesti arvokas, eikä rantavyöhykkeen uudistamisesta koituisi kuluja metsänomistajalle.

Tuulituhovahinkoja voidaan vähentää, jos puustoa käsitellään tuhoa kestävämmäksi puulajisuhteita muuttamalla, eli lisäämällä lehtipuiden osuutta puustosta siellä, missä se on vähäistä. Poistamalla puita puron varteen asti yltävästä istutuskusikosta ja lisäämällä lehtipuita rantavyöhykkeelle voitaisiin parantaa puronvarren luontoarvoja. Ohjeistuksiin ja sertifikaatteihin voisi siis joiltain osin lisätä liikkumavaraa ja sallia rantametsien varovaiset poimintahakkuut rantavyöhykkeillä, joiden monimuotoisuus on vähentynyt aiemman metsänkäsittelyn seurauksena.

Ekologisesti kestävä metsänkäsittelyn tavoitteena purojen läheisyydessä tulisi olla luonnontilaisen kaltaisen kasvillisuuden ylläpitäminen. Tavoite voitaisiin saavuttaa kosteat rantavyöhykkeen alueet huomiovilla suojavyöhykkeillä ja luonnonhoidollisilla toimenpiteillä, jotka mahdollistavat



Kuva 4. Kosteusindeksiä (DTW) voitaisiin hyödyntää vaihtelevan levyisten suojavyöhykkeiden suunnittelussa. Sininen väri kuvaa pintavettä ja vihreä kosteusvaihtelua: mitä tummemman vihreä pikseli alue on, sitä lähempi se on. Kuvan malli on laskettu 2 x 2 metrin DEM-mallista Luke:n toimesta. Kosteusindeksiä on käytetty esimerkiksi puunkorjuun olosuhteiden ennakoimisessa (Salmi ym. 2013). Kuvassa Koivuoja, joka puro oli yksi tutkimuspuroistamme Pudasjärvellä.

rantavyöhykkeille tyypillisen kasvilajiston ja puuston säilymisen, lahopuiden muodostumisen sekä purojen eliöstön monimuotoisuuden säilymisen. Samalla ehkäistäisiin puroon kohdistuvaa kuormitusta ja turvattaisiin puron ja rantavyöhykkeen toiminnallisen yhteyden säilyminen.

Tutkimus tehtiin SYKEssä ja sen rahoitti Maj ja Tor Nesslingin säätiö, Suomen Metsätieteellinen seura, Suomen Luonnonsuojelun säätiö ja Ilmari Räsänen säätiö. 💧

Kirjallisuus

- Gannon, J. P., Bailey, S. W., McGuire, K. J. & Shanley, J. B. 2015. Flushing of distal hillslopes as an alternative source of stream dissolved organic carbon in a headwater catchment. *Water Resources Research* 51: 8114–8128.
- Keto-Tokoi, P. 2018. Tutkimukseen perustuvia suosituksia vastuullisen metsänhoidon kehittämiseksi. WWF Suomen raportteja 37.
- Kuglerová, L., Ågren, A., Jansson, R. & Laudon, H. 2014. Towards optimizing riparian buffer zones: Ecological and biogeochemical implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 334:74–84.
- Mei, Y., Hornberger, G. M., Kaplan, L. A., Newbold, J. D. & Aufdenkampe, A. K. 2012. Estimation of dissolved organic carbon contribution from hillslope soils to a headwater stream. *Water Resources Research* 48: W09514.
- Oldén, A., Selonen, V. A. O., Lehtonen, E., Kotiaho, J. S., 2019. The effect of buffer strip width and selective logging on streamside plant communities. *BMC Ecology* 19: 9. <https://doi.org/10.1186/s12898-019-0225-0>.
- Salmi, M., Räsänen, T. & Hämäläinen, J. 2013. Kosteusindeksi puunkorjuun olosuhteiden ennakkoinnissa – Kosteusindeksin laskennan kuvaus ja pilottitutkimuksen tulokset. *Metsätehon raportti* 229.
- Tiwari, T., Lundström, J., Kuglerová, L., Laudon, H., Öhman, K. & Ågren, A. M. 2016. Cost of riparian buffer zones: A comparison of hydrologically adapted site-specific riparian buffers with traditional fixed widths. *Water Resources Research* 52: 1056–1069.
- Turunen, J., Marttila, H., Kämäri, M., Saari, M., Heikkinen, K., Postila, H. & Koljonen, S. 2019. Kiintoaineen eroosio ja sedimentaatio virtavesissä – Luonnollisesta prosessista virtavesien ongelmaksi. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 46.
- Zinko, U., Seibert, J., Dynesius, M. & Nilsson, C. 2005. Plant species numbers predicted by a topography-based groundwater flow index. *Ecosystems* 8: 430–441. <https://doi.org/10.1007/PL00021513>
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Met-sätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Vesiensuojelua tiedon avulla

– suosimulaattori kertoo, missä kunnostusojitusta ei kannata tehdä



ARI LAURÉN

apulaisprofessori, Itä-Suomen yliopisto, Metsätieteiden osasto
ari.lauren@uef.fi

Kirjoittaja on metsäekosysteemi-mallinnuksen apulaisprofessori Itä-Suomen yliopistossa. Hänen erikoisalaansa on hydrologia, ravinnekierron ja puuston kasvun mallintaminen.

HANNU HÖKKÄ

erikoistutkija, Luonnonvarakeskus
hannu.hokka@luke.fi

IÑAKI URZAINKI

tutkija, Luonnonvarakeskus
inaki.urzainqui@luke.fi

MARJO PALVIAINEN

yliopistotutkija, Helsingin yliopisto, Metsätieteiden osasto
marjo.palviainen@helsinki.fi

KERSTI HAAHTI

tutkija, Luonnonvarakeskus
kersti.hahti@luke.fi

LEENA STENBERG

tutkija, Luonnonvarakeskus
leena.stenberg@luke.fi

SAMULI LAUNIAINEN

akatemiututkija, Luonnonvarakeskus
samuli.launiaiainen@luke.fi

MIKA NIEMINEN

johtava tutkija, Luonnonvarakeskus
mika.nieminen@luke.fi

ANTTI LEINONEN

projektipäällikkö, Suomen metsäkeskus
antti.leinonen@metsakeskus.fi

Suometsätalouden tulevaisuus riippuu siitä, miten sen aiheuttamia ilmasto- ja ympäristövaikutuksia saadaan vähennettyä. Yksinkertaista mutta tehokasta vesiensuojelua on välttää suomet-sien kunnostusojituksia siellä, missä niiden taloudellinen tulos jää vähäiseksi. Suosimulaattori SUSI mahdollistaa tällaisten alueiden tunnistamisen. SUSilla on mahdollista vastata kysymyksiin, jotka voivat johtaa suometsätalouden uudistamiseen: Voidaanko kunnostusojituksia korvata tuhkalannoituksella? Riittävätkö matalamat ojat? Entäpä muuttuvan ilmaston mukana tulevat kuivemat kesät: pysyväkö pohjaveden pinta ilman kunnostusojituksiakin riittävän syvällä, vai joudutaanko ojia jopa tukkimaan riittävän veden saannin turvaamiseksi?

Suomessa on lähes viisi miljoonaa hehtaaria ojitettua suometsää; vilkkaimmat ojitusvuodet meillä koettiin viitisenkymmentä vuotta sitten. Turvemaiden nykypuusto kattaa metsien kokonaiskasvusta yli viidenneksen. Tänä päivänä turvemaiden metsänhoidossa eletään ehkä suurinta murrosta sitten laajamittaisen ojitusten. Lämpenevä ilmasto, tietoisuus haitallisten vesistövaikutusten laajuudesta ja turpeen vapauttamista kasvihuonekaasuista, sekä kansainväliset ilmasto- ja vesisopimukset tulevat asettamaan ennennäkemättömiä paineita taloudellisen kannattavuudenkin kanssa painiskelevalle turvemaiden metsätaloudelle. Turvemaiden metsänhoidon kohtalon kysymys on, miten näihin ympäristöhaasteisiin vastataan.

Vesistöjen kannalta haitallisin metsätaloustoimenpide on kunnostusojitus, jolla tarkoitetaan umpeenkasvaneiden ojien aukaisua ja joissain tapauksissa täydennysojien kaivamista. Alkuperäiset ojat, jotka

kaivettiin tyypillisesti 90 cm syvyyteen, mataloituvat seurantatutkimusten mukaan noin 30 cm kahdessakymmenessä vuodessa; tämän seurauksena pohjaveden pinta voi nousta ja puuston kasvu taantua. Kunnostusojituksella pyritään laskemaan pohjaveden pinta takaisin halutulle, *kuivatusnormin* mukaiselle tasolle. Kuivatusnormin mukaan vedenpinta ei saisi kasvukauden aikana olla kahta viikkoa kauempaa korkeammalla kuin noin 40 cm.

Useimmissa tapauksissa, mutta ei aina, kunnostusojitus parantaa puuston kasvua. Pohjimmiltaan kunnostusojitus on investointi, jonka tarkoituksena on nostaa puun tuotosta siten, että investointi tuottaa voittoa. Yksinkertaista mutta tehokasta vesiensuojelua on jättää kunnostusojitus tekemättä siellä, missä taloudellinen hyöty jää saamatta. Vesiensuojelun – ja koko suometsätalouden keskeinen kysymys onkin siis se, mikä yhteys on ojituksella aikaan saadulla kuivatuksella ja metsän kasvulla?

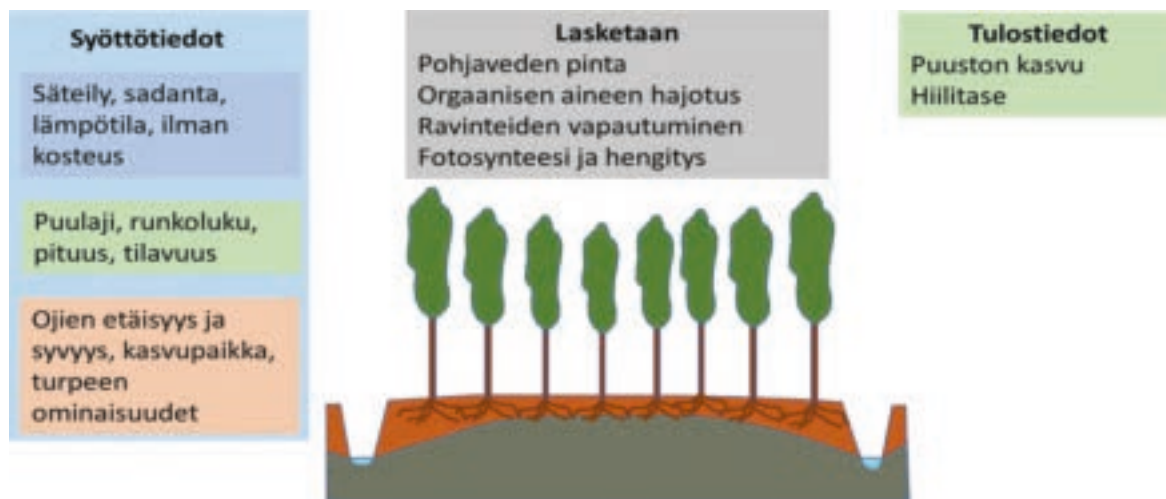
Kuivatusnormista kausaaliselitykseen

Perinteinen mittatikki kuivatuksen riittävyteen on kuivatusnormi. Kenttätutkimusten perusteella tiedetään, että jos pohjaveden pinta on loppukesällä syvemmällä kuin 35 cm, kunnostusojitus laskee pohjaveden pintaa vain vähän ja sen aiheuttama kasvuvaste jää myös vähäiseksi. Pohjaveden pintaa on kuitenkin hankala seurata koealueiden ulkopuolella. Tästä seuraa käytännöllisempi kysymys: kuinka syvät ojat tarvitaan, jotta pohjaveden pinta pysyy kuivatusnormin alapuolella? Jo pikainen kysymyksen pohdiskelu paljastaa, että vastaukseen vaikuttavat sääolosuhteet, puulaji, puuston määrä, turpeen ominaisuudet, sekä ojaväli. Puuston määrän vaikutus kunnostusojitusten tarpeellisuuteen tunnetaan jo yleisellä tasolla: mitä isompi puusto, sitä syvemmällä on pohjavesi ja sitä pienempi kunnostusojitustarve. Hydrologisella mallilla tekemämme systemaattinen tarkastelu osoitti, että kuivatusnormin saavuttamiseen riittää saraturpeisilla kasvupaikoilla 50 cm syvä oja, mikäli puuston tilavuus on yli 100 m³/ha. Toisaalta rahkaturpeiset kasvupaikat Pohjois-Suomessa voivat olla niin huonosti kuvattavissa, ettei mikään järkevä ojasyvyys riitä kuivatusnormin saavuttamiseen. Tämä johtuu erityisesti maatuneen rahkaturpeen erittäin alhaisesta vedenläpäisykyvystä - vesi ei liiku turpeen läpi ojaan, olipa oja kuinka syvä hyvänsä. Jo nämä tilanteet, joissa pärjätään hyvinkin matalilla ojilla tai syvilläkin ojilla ei saada kuivatusta juuri parannettua, rajaavat merkittävän määrän ojitusalueista kunnostusojituksen ulkopuolelle. Kuivatusnormi on hyödyllinen käytännön työkalu, mutta sen rajoite on, että yhteys veden pinnan säätelyn ja puuston kasvun välillä on pelkästään tilastollinen ja huonosti tunnettu. Kausaalinen selitys voi tarjota mahdollisuuden syvällisempään suometsätalouden uudistamiseen.

Rakensimme kokeelliseen aineistoon perustuvan, suorat ja epäsuorat vaikutukset paljastavan kausaalimallin kuivatuksen ja puuston kasvun välille. Kausaalimalli viittaa vahvasti siihen, että kuivatus vaikuttaa kasvuun ensisijaisesti parantuneen ravinnetalouden kautta. Kun pohjavedenpinta laskee, ilmanvaihto maassa paranee, turpeen hajoaminen kiihtyy ja ravinteita vapautuu paitsi mikrobien myös puuston käyttöön enemmän. Lisääntynyt ravinteiden saatavuus lisää puuston kasvua. Kausaalimallin perusteella rakensimme Suosimulaattori SUSIn, mekanistisen simulointimallin, jota testasimme riippumattomalla aineistolla. SUSI pystyi ennustamaan uskottavasti niin suometsien kasvun, tuotoksen, pohjaveden pinnan kuin hiilitaseenkin eri ojasyvyyksillä ja sarkaleveyksillä, samoin kuin kunnostusojituksen aiheuttamat muutokset näissä tunnuksissa.

Suosimulaattori päätöksenteon apuna

Kuivatuksen aiheuttama puuston kasvun lisäys on monimutkainen ekologinen ja biogeokemiallinen prosessi, johon vaikuttavat sääolosuhteet, puulaji, puuston määrä, turpeen ominaisuudet, ojien etäisyys ja niiden syvyys. Suosimulaattori SUSI laskee pohjaveden pinnan syvyyden, orgaanisen aineen hajotuksen, ravinteiden vapautumisen, ravinteiden tarpeen, fotosynteesin ja hengityksen, sekä näistä aiheutuvan puuston kasvun kahden kuivatusojan väliselle saralle (**Kuva 1**). Kunnostusojituksen aiheuttamaa kasvuvastetta arvioidaan vertaamalla metsän kasvua skenaarioissa, joissa ojien syvyydet ovat erilaiset. Voidaan esimerkiksi kysyä, kuinka paljon kasvu lisääntyy, jos ojat syvennetään 30 cm:stä 90 cm:iin, tai lisääntykö kasvu, jos oja syvennetään 50 cm:stä 70 cm:iin.



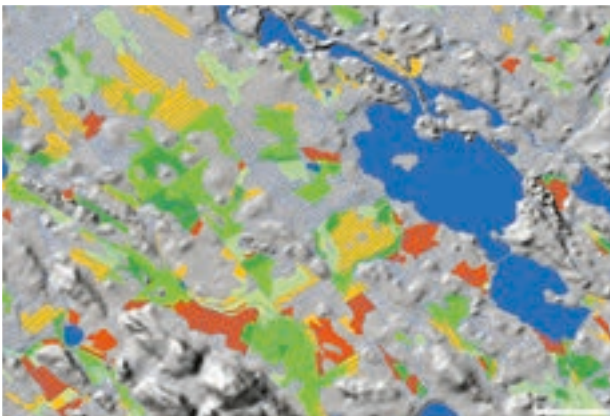
Kuva 1. Suosimulaattori SUSI laskee puuston kasvun helposti saatavan metsävaratiedon ja sääaika-sarjan perusteella. Laskemalla puuston kasvua eri ojan syvyyksillä, voidaan erilaisten kunnostusojitusten aiheuttamaa puuston kasvua vertailla.

Suosimulaattori käytössä

Mekanistisen mallin soveltaminen avaa uusia näkökulmia kunnostusojitukseen liittyviin kysymyksiin: Voidaanko osa kunnostusojituksista korvata esimerkiksi tuhkalannoituksella? Mikä on riittävä ojan syvyys, voidaanko kunnostusojituksessa kaivaa nykyistä matalampia oja? Entäpä muuttuvan ilmaston mukana tulevat kuivemmat kesät: pysykö pohjaveden pinta ilman ojien kunnostamistakin riittävän syvällä, vai joudutaanko oja jopa tukkimaan riittävän vedensaannin turvaamiseksi?

Tällä hetkellä Suosimulaattoria koekäytetään ja sen käyttöä koulutetaan Metsäkeskuksessa Etelä-Savon alueella Vesiensuojelun laatuloikka -hankkeessa. SUSilla on laskettu kaikki Metsäkeskuksen alueen turvemaat siten, että skenaarioissa tarkastellaan millainen kasvun lisäntyminen saataisiin aikaan syventämällä oja 30 cm:stä 90 cm:iin ja 50 cm:stä 90 cm:iin. Simulointien perusteella on tehty karttoja, joita voidaan käyttää kunnostusojituksen suunnittelussa. Kartat paljastavat esimerkiksi, millä metsikkökuvioilla kunnostusojitusta ei ole kannattavaa tehdä ja millä kuvioilla se antaa parhaan taloudellisen tuotoksen (**Kuva 2**).

Suosimulaattori voidaan laajentaa laskemaan mm. ravinne- ja kiintoainekuormituksia, hiili- ja kasvihuonekaasutaseita, sekä suometsätalouden investointien taloudellista tulosta. 💧



Ojien perkaamisella saatava kasvun lisäys m³/ha/v ojan syvyyden muutos 30 cm -> 90 cm

0,001 – 0,15
0,15 – 0,25
0,25 – 0,35
0,35 – 0,45
0,45 – 0,9

Kuva 2. Suosimulaattorilla laskettuja kunnostusojituksen kasvuvasteita Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella. Kolmessa huonoimmassa luokassa kunnostusojitus kannattaa jättää tekemättä. Kahdessa parhaassa luokassa kunnostusojitus voidaan tehdä, jos ojan syvyys on 30 cm tai vähemmän.

FCG

Suunnitelmat vesihuollon elinkaarelle.

fcg.fi/vesihuolto



Purojen tilan arvioinnin kehittäminen

– kohti paikkatietopohjaista luonnontilaisuuden arviointia

Ympäristöministeriö ja maa- ja metsätalousministeriö julkaisivat vuonna 2015 kansallisen pienvesien suojelu- ja kunnostusstrategian, jonka tavoitteena on jäljellä olevien luonnontilaisten pienvesien turvaaminen ja heikentyneiden pienvesien tilan parantaminen. Pienvesien tilan arviointiin ei ole kuitenkaan ollut systemaattista lähestymistapaa eikä menetelmiä. FresHabit-hankkeessa on kehitetty pienten virtavesien tilan arviointiin uusia menetelmiä. Arviointitulokset kertovat, kuinka paljon puron nykytila poikkeaa sille arvioidusta luonnontilasta. Työn tuloksiin voi tarkemmin tutustua tarinakartta-verkkajulkaisussa: <https://tiny.cc/purot>



JUKKA AROVIITA
Erikoistutkija, Suomen
ympäristökeskus, Vesitieto
jukka.arviita@ymparisto.fi

JARI ILMONEN
Sisävesien erikoissuunnittelija,
Metsähallitus Luontopalvelut

MARIA RAJAKALLIO

TAPIO SUTELA
Tutkija, Luonnonvarakeskus

HEIKKI MYKRÄ
Suomen ympäristökeskus

KATI MARTINMÄKI-AULASKARI
Tutkija, Suomen ympäristökeskus,
Vesitieto

MINNA KUOPPALA
Suomen ympäristökeskus

ANTTI LEINONEN
Projektipäällikkö, Metsäkeskus

JUSSI JYVÄSJÄRVI
Dosentti, tutkijatohtori
Oulun yliopisto

TEEMU ULVI
Suomen ympäristökeskus



Kuva 1. Luonnontilainen metsäpuro (Kuvaaja Jari Ilmonen, Metsähallitus).

Suomessa on jäljellä hyvin vähän luonnontilaisia pieniä virtavesiä. Purojen tilaa heikentävät laaja-alaisimmin maatalouden ja metsätalouden maankuivatus: ojitukset, perkaukset ja niiden vaikutukset. Myös rantavyöhykkeen puuston poistaminen vähentää purojen luonnontilaisuutta ja erilaiset vesirakenteet estävät erityisesti kalojen liikkumisen.

Pienvesien suojelun sääntely sisältyy vesilakiin ja metsälakiin. Metsälain 10 §:n mukaan suojeltuja ovat ns. erityisen tärkeät elinympäristöt, joiden tulee määritelmällisesti olla luonnontilaisia tai luonnontilaisen kaltaisia.

Luonnontilaisuuden ja sen muuttuneisuuden määrittämiseen tarvitaan tilan arviointimenetelmiä. Tässä hankkeessa kehitettiin pienten virtavesien luonnontilan ominaispiirteiden määrittelyä. Luonnontilaisuuden määrittely vastaa pitkälti suurempien vesien luokittelujärjestelmän erinomaisen tilaluokan määrittelyyn käytettäviä vertailuluokkia.

Vesiensuojelun ja tilan parantamiseksi on tärkeää arvioida tilaa yhtäläisin kriteerein erikokoisissa vesissä. Näin pienvesien tila-arviot ovat jatkossa sovitettavissa myös vesienhoidon suunnittelujärjestelmän piiriin.

Mittavat aineistot

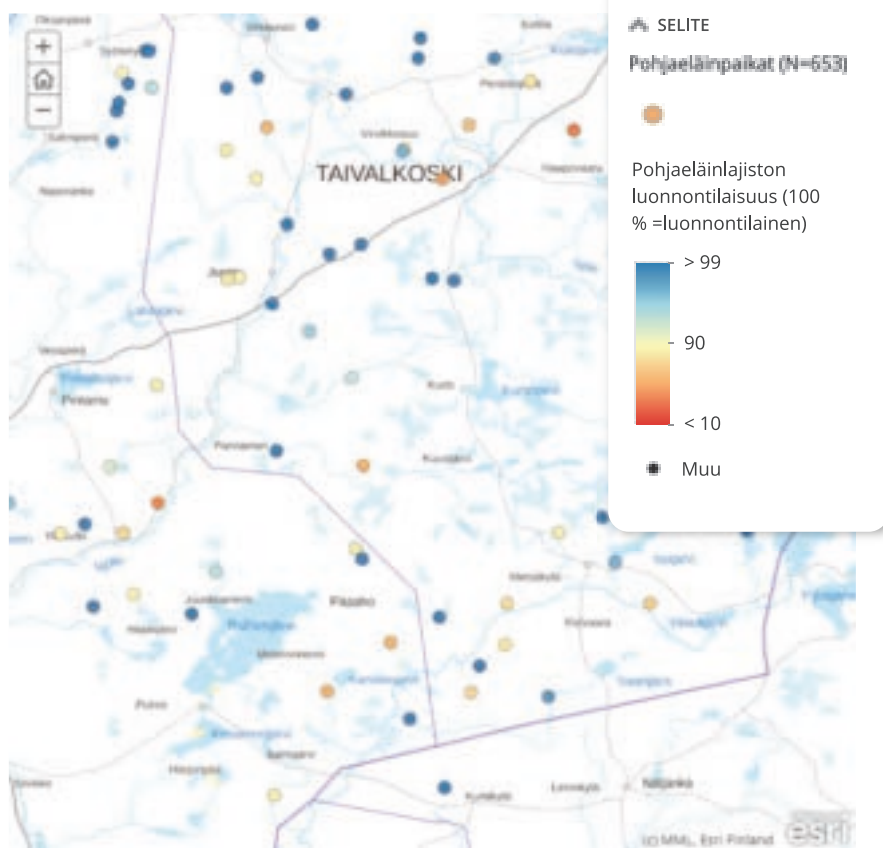
Hankkeessa koottiin olemassa olevia biologisia (kalat, pohjaeläimet ja vesisammalet) tietoja ja luonnontilaisuuden inventointitietoja yli 1 500 purokohteesta ympäri Suomea. Tiedot yhtenäistettiin ja hankkeessa tuotettiin laajat aineistot purokohteiden yläpuolisten valuma-alueiden ominaisuuksista, kuten maankäytöstä, tilan arviointimenetelmien kehittämiseksi. Tilastomenetelmien avulla kehitettiin empiirisiä malleja pienten virtavesien tilan arviointimenetelmiä varten. Työ on osa pienvesistrategian täytäntöönpanoa ja se toteutettiin Euroopan unionin rahoittamassa FresHabit LIFE -hankkeessa (Työpaketti 5).

Purojen biologiasta arvioidaan lajiston luonnontilaisuutta

Hankkeessa kehitettiin purojen tilan arviointiin tilastollinen malli luontaisen pohjaeläinlajiston ennustamiseksi (**Kuva 2**). Pohjaeläimet ovat vesistöjen pohjilla ainakin osan elin-
kierrosta eläviä selkärangattomia eläimiä. Niitä käytetään yleisesti vesien tilan indikaattoreina. Arviointimenetelmän perusteella purojen pohjaeläinlajisto on usein taantunut ojiteuilla metsätalousalueilla. Hankkeessa koottu kala-aineisto osoitti, että pienimpien virtavesien kalasto on yleensä vähälajinen. Puroissa elää tavallisimmin vain yksi kalalaji, usein taimen, tai ei sitäkään. Noin kolmasosa sähkökalastuksista jäi ilman saalista. Vesienhoidon jokivesien kalaindeksistä kehitettiin purovesiin soveltuva muoto.

Luonnontilaisuusarvioita voidaan mallintaa

Kaikkien Suomen kymmenientuhansien purojen tilaa ei voida kartoittaa maastokäynnin. Pienvesien tilasta tarvitaan kuitenkin valtakunnallisesti kattavaa arviointitietoa mm. vesienhoidon suunnittelua varten. Hankkeessa kehitettiin lijoen alueen laajan puroinventointiaineiston avulla empiiriseen tilastomalliin perustuvaa menetelmää, jolla arvioidaan purojen luonnontilaisuuden tasoa paikkatietojen perusteella. Tulosten perusteella luonnontilaisuutta voidaan mallintaa suhteellisen hyvin valuma-alueen muutuneisuuden (etenkin metsäojituksen määrä) ja uoman



Kuva 2. Esimerkkikuva puroasteiden pohjaeläinten tilan arvioinnista Taivalkosken alueelta mistä on paljon aineistoa. Kuva on tarinakartta-verkkosivustolta (<https://tiny.cc/purot>), missä on esitetty kaikki hankkeessa kootut aineistot. Tila-arvio perustuu lajiyhteisömalliin, jonka avulla voidaan ennustaa luontaista lajistoa ja arvioida näytteissä havaitun lajiston luonnontilaisuutta (ihmis-toiminnasta johtuvaa lajihävikki) asteikolla 0–100%, mikä vastaa ekologisen laatusuhteen vaihtelua välillä 0–1.

suorituksen perusteella. Metsäojitusten vaikutuksessa oli kuitenkin paljon vaihtelua, mikä saattaa liittyä ojen ikään, syvyyteen, maaperään ja mahdollisiin vesiensuojelutoimiin, joten näiden tietojen hyödyntäminen saattaisi parantaa mallien tarkkuutta.

Kehitystyö jatkuu

Latavesistöjen tulisi jatkossa muodostaa olennainen osa vesienhoitoa. Pidemmän aikavälin visiona on kehittää valtakunnallinen arviointijärjestelmä, jonka avulla voidaan tuottaa tietoa purojen luonnontilaisuudesta ja hyvän ekologisen tilan saavuttamisen riskistä maastokartoitusten ja näytteenottojen tietoja ja paikkatietoja yhdistäen. Kehitystyön suunnittelullaan jatkuvan mahdollisen jatkorahoitusten turvin.

Lisää tietoa

Verkkojulkaisu: Tarinakartta Uusia keinoja purojen tilan arviointiin: <https://tiny.cc/purot>



Lakijänkä, Salla. Kuva: Kaisu Aapala

Suot puhdistavat vesiämme

Suomi on soiden valtakunta. Soita on kolmannes maapinta-alasta, Pohjois-Suomessa paikoin jopa yli puolet. Monilla alueilla, esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaalla, soita pidetäänkin yhtenä alueen hyvän elinympäristön vetovoimatekijänä. Näihin vetovoimatekijöihin tulisi lukea mukaan myös soiden käyttö vesiensuojelussa.



KAISA HEIKKINEN
dosentti, FT, erikoistutkija
Suomen ympäristökeskus
kaisa.heikkinen@ymparisto.fi

Suurin osa vesiemme kuormituksesta on maankäytön aiheuttamaa hajakuormitusta, jonka vähentämisessä keskeisessä asemassa ovat kuormituksen syntyä vähentävät menetelmät. Näiden menetelmien lisäksi mm. EU:n vesipolitiikan puitteiden ohjeistot (esim. CIS 2003) suosittelevat käyttämään hyväksi myös toimenpidealueiden läheisten maa- ja vesiekosysteemien luontaista kykyä valumavesien puhdistamiseen. Tässä suo-

kosysteemit ovat tehokkaita. Soiden pinnan vettä läpäisevissä sammal- ja turvekerroksissa valumavettä puhdistavat monet prosessit. Fosforia ja typpeä pidättyy kemiallisesti turpeeseen. Niitä pidättyy myös kasvillisuuteen. Typpeä poistuu nitrifikaatio-denitrifikaatioprosessin tuloksena ilmakehään. Soiden pinnalle pidättyy myös kiintoainetta ja sen mukana kulkeutuvia ravinteita. Kaikki edellä mainitut prosessit ovat tehokkaimmillaan terveessä suoekosysteemissä, jossa on

hyväkuntoinen kasvillisuus. Soita onkin meillä jo pitkään käytetty hyvin tuloksin turvetuotannon vesiensuojelussa. Niiden avulla vesistökuormitusta on saatu vähenemään, ja ne ovat soveltuneet valumavesien pitkäaikaiseen puhdistukseen. Myös metsätaloudessa suojavyöhykkeitä ja pinta-valutuskenttiä on usein jo nyt sijoitettu soisille alueille.

Soita kannattaisikin käyttää maankäytön vesiensuojelussa aiempaa tehokkaammin. Näin erityisesti runsassoisilla valuma-alueillamme ja ainakin silloin, kun soita on maankäytön toimenpidealueiden läheisyydessä. Soiden vesiensuojelullisessa käytössä tulisi huomioida myös

Valtioneuvoston periaatepäätöksessä soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta esitetyt linjaukset. Periaatepäätös julkistettiin 30.8.2012.

Soiden vesiensuojelullista käyttöä mahdollistavia ohjauskeinoja ja valuma-alueen suunnittelutyökaluja tulisi kehittää. Pohjois-Suomen runsassoisilla alueilla olisi luonteva rooli toimia tämän kehittämistyön innovaattorina ja promootorina.

Tehdään Suomesta soiden vastuullisen vesiensuojelullisen käytön mallimaa Euroopassa! 💧

Aiheesta enemmän

CIS 2003. The Role of Wetlands in the Water Framework Directive. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No 12. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Heikkinen, K., Karjalainen, S.M. & Ihme, R. 2009. Turvetuotannon vesistövaikutukset ja vesiensuojelu. Vesitalous 1/2009: 6-8.

Heikkinen, K., Karpainen, A., Karjalainen, S.M., Postila, H., Hadzic, M., Tolkinen, M., Marttila, H., Ihme, R. & Kløve, B. 2018. Long-term purification efficiency and factors affecting performance in peatland-based treatment wetlands: An analysis of 28 peat extraction sites in Finland. Ecol. Engineering 117 : 153-164.

Heikkinen, K., Ruokanen, I., Rintala, J. & Joensuu, S. 2018. Luonto puhdistaa ojitettujen turvemaiden valumavesiä. Vesitalous 2/2018: 13-19.

Heikkinen, K., Savolainen, M., Ihme, R. & Lakso, E. 1998. Suo poistaa turvesuolta tulevaa kuormitusta. Vesitalous 1: 28-31.

MMM 2011. Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi. Soiden ja turvemaiden kansallista strategiaa valmistelleen työryhmän ehdotus 16.2.2011. (pdf 3.1MB, QR1) + Liitteet (pdf 5.7MB, QR2).

Valtioneuvosto 2012. Valtioneuvoston periaatepäätös soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta 30.8.2012. Muistio, 19 s., Helsinki. (pdf 106kB, QR3)

QR1



QR2



QR3



VESISTÖJEN KUNNOSTUKSEN HUIPPUASIAINTUNTIJA

SUUNNITTELUPALVELUITAMME:

- Selvitykset ja toimenpide-esitykset esimerkiksi valuma-aluekohtaisen kuormituksen vähentämiseksi.
- Vesistökunnostukset vedenlaadun, vesieliösten elinolosuhteiden ja vesistöjen käytön parantamiseksi sekä sisäisen kuormituksen vähentämiseksi.
- Kunnostusta palvelevat rakenteet ja toimenpiteet, kuten kosteikot, pohjapadot ja ruoppaukset.

Viestinnän ja tiedottamisen kehittäminen vesilaitoksella

Sastamalan seudun sosiaali- ja terveystalouden ympäristöterveydenhuollon valvontatyössä on havaittu kehittämistarpeita vesilaitosten tiedottamisessa. Viestinnän kehittämiseksi Hanna Anttila teki opinnäytetyön, jonka tarkoituksena oli saattaa yhteistyöhön lupautuneen Ikaalisten Vesi Oy:n asiakas-tiedottamisjärjestelmä käyttöön ja kehittää ympäristöterveydenhuollon tiedottamisjärjestelmää.

HANNA ANTILA
Terveystarkastaja
Sastamalan seudun
sosiaali- ja terveystalouden
hanna.anttila@sastamala.fi

Artikkeli liittyy
hyvinvointiteknologian
(yamk) opintoihin

Tutkimuksen taustalla oli lainsäädännöllinen velvoite vesilaitoksille ja terveydensuojeluviranomaisille veden laadun tiedottamisvelvollisuudesta. Vesihuoltolain (119/2001, 16 §) mukaan vesilaitoksen tulee tiedottaa riittävästi laitoksen toimittaman talousveden laadusta. Puolestaan Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (683/2017, 12 ja 13 §) kertoo kunnan terveydensuojeluviranomaisen häiriötilannesuunnitelman laatimisvelvollisuudesta talousveden laadun turvaamiseksi sekä viestinnästä häiriötilanteiden aikana ja sen jälkeen. Saman lainsäädännön 17 § vaatii kunnan terveydensuojeluviranomaisen antamaan viivytyksettä vedenjakealueen veden käyttäjille tarpeelliset ohjeet terveyshaittojen ehkäisemiseksi sekä tiedottamaan poikkeamasta ja sen merkityksestä terveydelle sekä korjaavista toimenpiteistä. Kyseisessä pykälässä on lisäksi mainittu, että tiedottaminen tehdään yhdessä talousvettä toimittavan laitoksen kanssa ennalta suunnitellulla tavalla.

Tutkimuksen lähtökohtana oli veden laatu-tiedon puutteellinen välittyminen vesilaitoksilta käyttäjille sekä käyttäjien riittävien yhteystietojen puuttuminen. Yhteystietojen puutteellisuuden tiedettiin hidastavan tiedonkulkua häiriötilanteissa. Jotta lainsäädännön tavoitteisiin voitaisiin vastata, lähdettiin ratkaisemaan asiaa tutkimuksen avulla.

Yhteistyö vesilaitoksen kanssa ja tiedon hankinta

Yhteistyöorganisaation viestintäjärjestelmän kehittämisen tueksi tehtiin kaksi kyselytut-

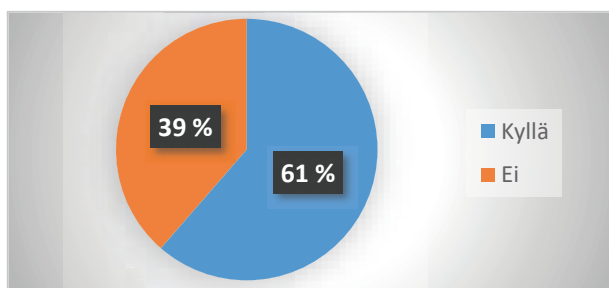
kimusta Ikaalisten Vesi Oy:n asiakkaille. Ensimmäinen kysely lähetettiin kaikille Ikaalisten Vesi Oy:n asiakkaille kirjekyselynä. Kirjekysely sisälsi asiakkaille valmiiksi maksetut vastauskuoret. Kyselyn tarkoitus oli kerätä ajantasaiset yhteystiedot sekä selvittää asiakkaiden tarvetta veden laadun tiedottamisesta sekä tiedottamisen tiheydestä. Toisen kyselyn tarkoituksena oli selvittää sitä, että asiakkaat ymmärsivät yhteystietojen keräämisen tarkoituksen sekä sitä pitivätkö he yhteystietojen keräämistä help-pona. Lisäksi asiakkaille annettiin toisessa kyselyssä mahdollisuus antaa yhteystietonsa, jos he halusivat lisätietoja Ikaalisten Vesi Oy:n asiakastiedottamisesta.

Yleisesti viestinnän sekä vedenlaadun tiedottamisen kokemuksista kerättiin tietoa haastattelututkimuksella. Haastatteluihin osallistui kahden muun ympäristöterveydenhuollon sekä kahden muun vesilaitoksen edustajat eli yhteensä viisi haastateltavaa. Haastattelujen tarkoituksena oli saada kokemuksia saman ympäristöterveydenhuollon valvontayksikön alueen valvonnan sekä alueella olevan vesilaitoksen toimijan mieli-piteistä veden laadun tiedottamisesta ja siinä onnistumisesta.

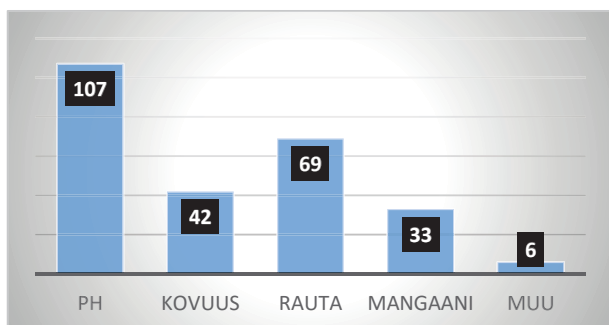
Kyselyt 1 770 asiakkaalle

Ensimmäinen kysely lähetettiin 1 770 Ikaalisten Vesi Oy:n asiakkaalle ja sen asiakaspaikkaa ja yhteystietoa koskevaan kyselyn osioon vastasi 694 asiakasta. Kyselyn molempiin osioihin eli yhteystiedot ja veden laatua ja tiedottamisen tiheyttä koskeviin kysymyksiin vastasi 659 asiakasta. Veden laadusta asiakkaat pitivät

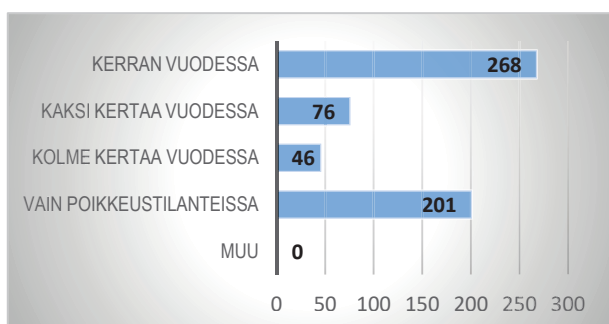
tärkeimpänä tietona suunnitelmallisten näytteiden tuloksia sellaisenaan (62 % asiakkaista). Niitä asiakkaita, joista nämä tiedot eivät olleet mielenkiintoisia, pitivät annetuista vaihtoehtoista eniten tärkeinä veden pH:ta, veden kovuutta, raudan määrää ja mangaanin määrää. Vapaaseen kenttään muuna analyysituloksena annettiin veden puhtaus, maku, klooripitoisuus ja yleiset terveydelliset tekijät. Veden laadun tiedottamisen tiheyttä kysyttiin ja sitä koskien eniten vastauksia saatiin kerran vuodessa tiedottamiseen sekä vain poikkeustilanteissa tiedottamiseen. Vastauksia saatiin myös kaksi kertaa vuodessa ja kolme kertaa vuodessa tiedottamiseen.



Kuva 1. Suunnitelmallisten tutkimusten tulokset tiedoksi suoraan asiakkaille.



Kuva 2. Vedenkäyttäjät eniten kiinnostavat laatutekijät.



Kuva 3. Toiveet tiedotuksen tiheydestä.

Toinen kysely lähetettiin ensimmäisessä kyselyssä sähköpostiosoitteensa antaneille asiakkaille E-lomake-editorilla. Kysely lähetettiin 534 Ikaalisten Vesi Oy:n asiakkaalle ja vastauksia saatiin 191 asiakkaalta. Kyselyyn osallistu-

neista asiakkaista 93,7 % piti yhteystietojen keräämiseen käytettyä kirjekyselyä helppona menetelmänä. Vastaajista puolestaan 90 % koki saaneensa riittävästi tietoa yhteystietojen keräämisen tarkoituksesta aiemmin tehdyssä kyselyssä. Kyselyn kolmannessa kysymyksessä annettuun mahdollisuuteen lisätietojen saamisesta Ikaalisten Vesi Oy:n asiakastiedottamisesta tarttui 26 vastaajaa, joista 22 jätti avoimeen kenttään yhteystietonsa.

Haastattelut muille ympäristöterveydenhuollon yksiköille sekä vesilaitosten edustajille

Haastatteluun osallistuivat Pirkkalan ympäristöterveydenhuollon valvontayksikön ympäristöterveyspäällikkö, Nokian Vesi Oy:n verkostoinsinööri, Pohjois-Satakunnan peruspalvelukuntayhtymän terveysvalvonnan johtaja sekä terveys-tarkastaja ja Kankaanpään kaupungin yhdyskuntainsinööri. Haastatteluihin valitut teemat olivat hyvät käytännöt, vastuuta koskevat asiat sekä viestinnän kehittäminen.

Haastatteluissa nousivat hyviksi käytännöiksi viestintäjärjestelmän suunnitteleminen ja tiedotepohjien laatiminen. Saatujen tulosten perusteella tiedotteiden tulisi olla selkeitä ja helposti ymmärrettäviä. Käytettäviksi viestintävälineiksi mainittiin Internet-sivujen käyttäminen, radiotiedottaminen, lehdet sekä lehtien Internet-sivut, kaiutinautot ja ovelta ovelle tiedotus sekä tarvittaessa vaaratiedotteen käyttäminen. Lisäksi muina menetelminä mainittiin tavanomaisen postin käyttäminen, avainkäyttäjien (esim. sairaalat, koulut, isot elintarvikehuoneistot jne.) erillinen tiedottaminen sekä sosiaalisen median käyttämisen, kuten Facebook-sivujen käyttämisen. Yhdellä vastaajista oli käytössään tekstiviestitiedotusjärjestelmä. Lisäksi mainittiin vapaaehtoisen pelastuspalvelun sekä urheiluseurojen käyttämisen tiedotuksen apuna. Yksi vastaajista kertoi yhteistyön merkityksestä ja sen parantamisesta säännöllisillä kokoontumisilla terveydensuojeluviranomaisen ja vesilaitoksen kesken. Toinen vesilaitoksesta piti tärkeänä valmiita käytännön ohjeita.

Vastuita koskien käsittelyyn nousi tiedottamisen vastuut eri tilanteissa. Vesilaitoksen teknisissä ongelmissa tiedotusvastuu on vesilaitoksella. Mikrobiologisissa tilanteissa, kuten epidemiatilanteissa viestintävastuu on ympäristöterveydenhuollolla. Ympäristöterveydenhuolto laatii mikrobiologista tilannetta koskevan tiedotteen ja vesilaitos jakaa tiedotteen asiakkailleen. Haastattelussa kävi kuitenkin ilmi, että tarvittaessa voidaan kuitenkin käyttää ympäristöterveydenhuollon omia Internet-sivuja tiedottamisen tueksi. Pelastuslaitoksen osuutta vastuusta käsiteltiin henkilöiden yhteydenotoissa, jolloin pelastuslaitos on yhteydenpitäjänä eri tahojen välillä.

Viestinnän kehittämistä koskien oli nähtävissä, että osassa vesilaitoksista normaaliaikojen vedenlaadun tiedottamista

ei ole suoritettu riittävästi. Yhdessä vastauksessa pidettiin tärkeänä, että vesilaitoksen henkilöstöä koulutetaan siitä, millainen vastuu heillä on veden laadusta sekä siitä, että he tietävät omien asiakkaiden yhteystiedot. Kehittämisen osalta yksi vastaajista kertoi myös miettineensä yhteistyön kehittämistä puolustusvoimien kanssa. Yksi vastaajista piti myös jatkoa ajatellen tärkeänä, että vesilaitokset tiedottavat myös pienistä häiriöistä ympäristöterveydenhuolto. Yhteistyön tärkeyttä vesilaitosten ja viranomaisen välillä pidettiin tärkeänä.

Ikaalisten Vesi Oy:n asiakastiedotus

Ikaalisten Vesi Oy on valinnut asiakastiedotukseen omien Internet-sivujen käyttämisen normaaliaikojen viestinnän lähteenä, tiedottaen viimeisimpien valvontatutkimusohjelman mukaisten vesinäytteiden tulokset sekä yleiskoosteen esittämisen erillisellä tiedotteella. Viestintäjärjestelmän kehittämiseksi on tarkoituksena ottaa käyttöön tekstiviestipalvelu kokonaisuus. Tekstiviestijärjestelmää on tarkoitus käyttää häiriötilanteiden tiedottamisen tueksi.

Tiedottamisen kehittäminen

Veden laadun tiedottamisen paras vaihtoehto saatujen tulosten mukaan on antaa suunnitelmallisten vesinäytteiden analyysitulokset sellaisenaan tiedoksi. Tiedotusta koskien vähintään kerran vuodessa tiedottaminen sekä poikkeustilanteissa tiedottaminen on saatujen vastausten perusteella riittävä. Asiakkaiden yhteystietojen keräämisessä tulee selkeästi ilmaista keräämisen tarkoitus, lisäksi kyselytavan tulee olla asiakkaille mahdollisimman helppo.

Taulukossa 1 on esitetty vesilaitoksen tiedottamisen ja viestinnän kehittämisen malli, joka pohjautuu opinnäytetyössä saatuihin tuloksiin. **Kuvassa 4** on puolestaan esitetty prosessimalli vesilaitoksen viestinnän ja tiedottamisen kehittämisen käynnistämisestä.

Sastamalan seudun sosiaali- ja terveystieteiden ympäristöterveydenhuollon viestinnän kehittämiseksi opinnäytetyössä saatuja tuloksien perusteella on laadittu prosessikaavio viestintäjärjestelmän kehittämisestä. Yksikön viestintäsuunnitelman haasteena on se, että se on osa muita suunnitelmia, kuten ruokamyrkytystyöryhmän suunnitelmaa ja eri kuntien valmiussuunnitelmia. Lisäksi yksiköllä on käytössä Sastamalan kaupunkikonsernin viestintäohje. Viestintäsuunnitelman kehittäminen tulee lähteä liikkeelle siitä, että kaikki käytettävissä olevat dokumentit tallennetaan yhteiseen verkkoasemaan, suunnitelmien mahdolliset eroavaisuudet päivitetään siten, että kaikissa suunnitelmissa on samat tiedot. Pyrkimyksenä tulisi ottaa

se, että kuntien erillisiin valmiussuunnitelmiin laadittaisiin yksi saman sisältöinen ympäristöterveydenhuoltoa koskeva osuus. Erillinen viestintäsuunnitelma tulisi laatia siten, että siitä muodostuu muiden suunnitelmien liitetiedosto, jossa näkyy aluekohtaiset eroavaisuudet, kuten terveystarkastajien jakautuminen alueen kuntien kesken.

Kuvassa 5 on esitetty kuvaus ympäristöterveydenhuollon viestintäjärjestelmän kehittämisen prosessista.

Jatkotoimenpiteet

Tehdyssä opinnäytetyössä ei ollut mahdollisuutta saattaa loppuun Ikaalisten Vesi Oy:n viestintäjärjestelmän käyttöönottamista. Opinnäytetyön aikana tehdyllä kyselytutkimuksella saatiin kerättyä osa ajantasaisista asiakkaiden yhteystiedoista sekä tieto veden laadun tiedottamisen tarpeesta. Opinnäytetyön tekeminen saattoi eteenpäin tekstiviestipalvelun käyttöönottamisen prosessia. Ajantasaisen yhteystietojen keräämistä jatketaan osana vesilaitoksen toimintaa ja asiakkaiden omatoimista yhteystietojen toimittamista ohjeistetaan asiakkaille yrityksen omilla Internet-sivuilla sekä mahdollisuuksien mukaan

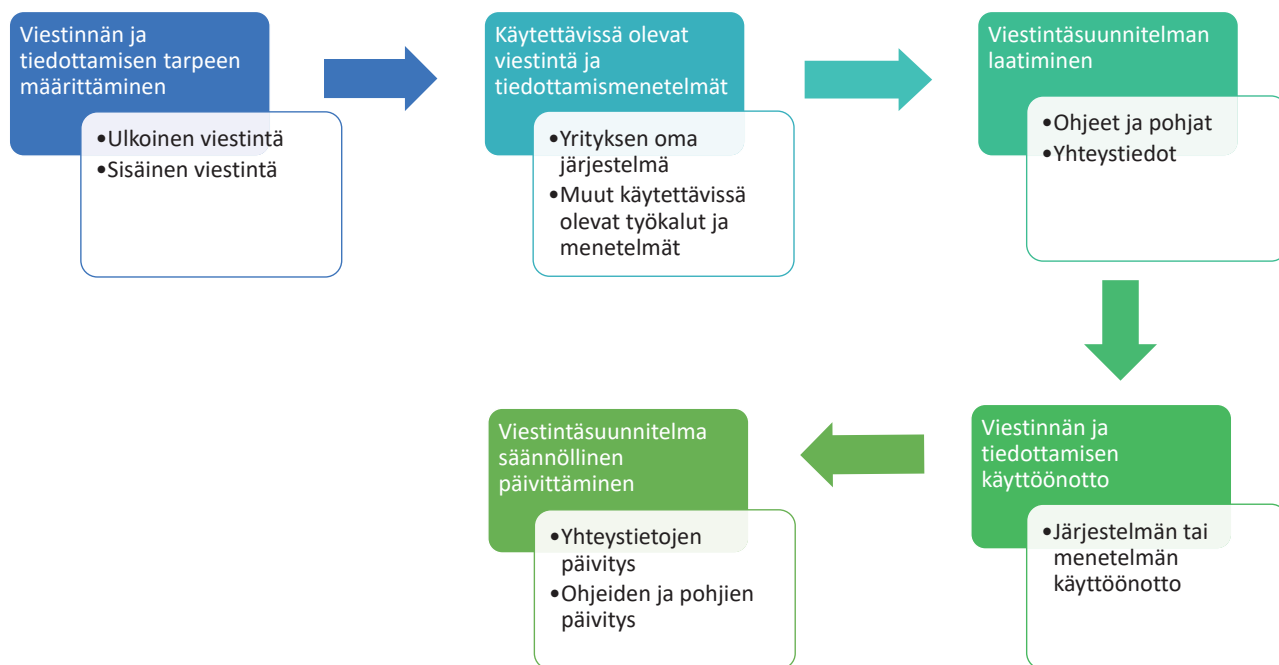
Taulukko 1. Vesilaitoksen tiedottamisen ja viestinnän kehittämisen malli, joka pohjautuu opinnäytetyössä saatuihin tuloksiin.

Viestinnän suunnitteleminen

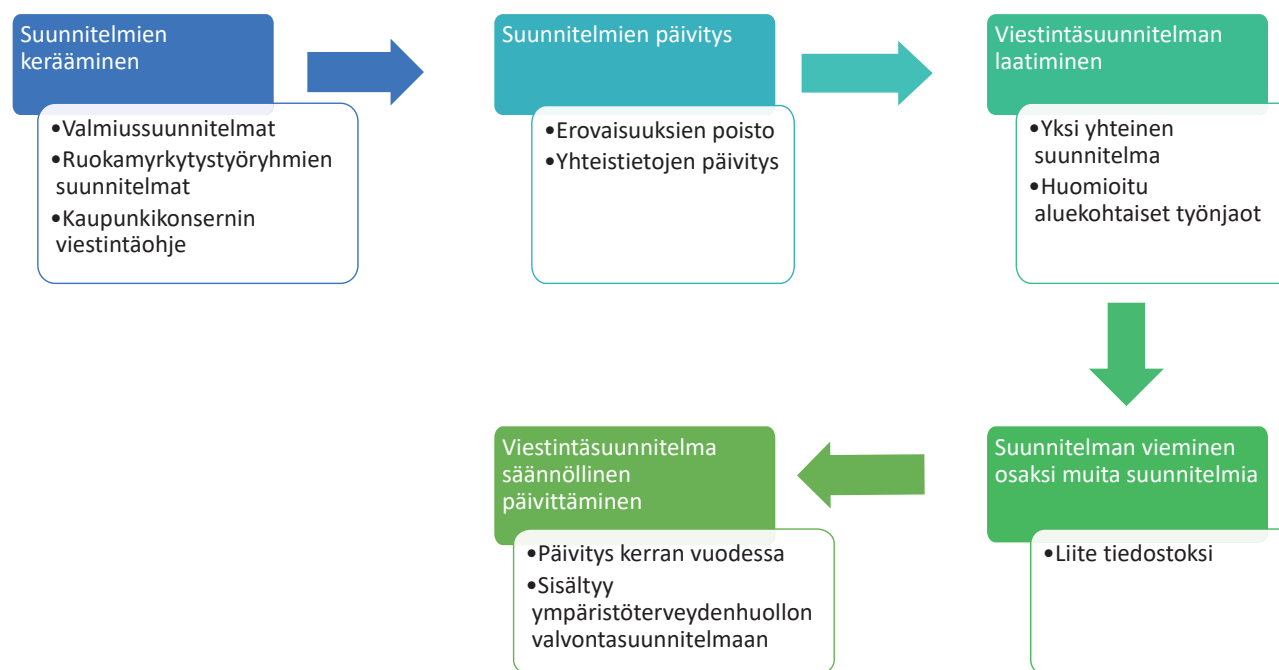
- Viestintämenetelmien valinta
 - Vesilaitoksen oma järjestelmä
 - Resurssit, välineet, käytännöt
 - Muut olemassa olevat viestintämenetelmät
- Tiedotepohjien ja käytännön ohjeiden laatiminen
 - Normaaliajat
 - Suunnitelmalliset vesinäytetulokset
 - Muu yleinen kooste veden laadusta
 - Häiriötilanteet
 - Selkeät ja helposti ymmärrettävät tiedotepohjat
- Viestintävastuut
 - Vesilaitos
 - Viranomainen
- Yhteystietojen ajantasaisuus
 - Asiakkaat
 - Viranomaiset
 - Muut sidosryhmät

Yhteistyö sidosryhmien kanssa

- Säännölliset kokoontumiset
- Muu yhteistyö



Kuva 4. Prosessimalli vesilaitoksen viestinnän ja tiedottamisen kehittämisen käynnistämisestä.



Kuva 5. Ympäristöterveydenhuollon viestintäjärjestelmän kehittämisen prosessi.

paikallislehdessä julkaistavassa kirjoituksessa liittyen järjestelmän käyttöönottoon ja opinnäytetyön tavoitteisiin.

Sastamalan seudun sosiaali- ja terveyspalveluiden ympäristöterveydenhuollon viestintäjärjestelmän kehittäminen osana opinnäytetyötä jäi työn saamien tulosten käyttöön jatkossa ja esitetyn viestinnän kehittämisen prosessimallin

hyödyntämiseen jatkoa ajatellen. Viestintäjärjestelmän kehittäminen on ajankohtaista ajantasaisen yhteystietojen päivittämisen tarpeen vuoksi sekä valvonta-alueen yhtenäisen ohjeen laatimiseksi. Toivottavaa on, että tehdystä työstä olisi myös hyötyä mahdollisessa ympäristöterveydenhuollon siirtymisessä sosiaali- ja terveydenhuollon uudistuksessa uuteen organisaatioon. 💧



Lounais-Suomen koskien käytöstä rautakaudelta nykyaikaan

Lounais-Suomessa on alettu kunnostaa koskia kalojen kutunousulle. Siksi on oikea aika tutkia alueen jokien käytön historiaa rautakaudelta nykyaikaan monitieteellisestä näkökulmasta.



REIJO SOLANTIE
FT, ilmatieteen laitos
emeritus

Kirjoittaja on eläkkeellä Ilmatieteen laitoksen ilmatieteen virasta; työuransa aikana hän on suorittanut lisensiaattitutkinnon lopputyön Suomen vesitaseesta sekä väitellyt meteorologiassa. Hän on lisäksi väitellyt taloushistoriassa; väitöksessä (Ilmasto ja sen määräämät luonnonolot Suomen asutuksen ja maatalouden historiassa) on tarkasteltu Suomen esihistoriaa ja historiaa tuoden siihen vahvasti luonnontieteellisen näkökulman perinteisen humanistisiin tieteisiin perustuvan lisäksi.

Varsinais-Suomen suomalaisasutus ulottui vielä noin vuoteen 1200 asti rannikolta vain parin kolmen peninkulman päähän sisämaahan. Suomalaiset kalastivat ja hyljestivät pääasiassa merensaariston erinomaisilla ja laajoilla apajilla. Suomalaisen rannikkoasutuksen koillispuolella asui harvakseltaan saamelaisia, jotka sulautuivat siellä suomalaisiin vasta keskiajalla, jolloin suomalaisasutus levisi väestön nopeasti kasvaessa heidän reviireilleen. Etelä- ja Länsi-Suomen saamelaisten eli lappalaisten asuinpaikat olivat parhaastaan lohen ja taimenen pyyntiin sopivien koskien niskoilla. Harvan asutuksen vuoksi pyynti oli kestävä, vaikka kalat olivat tärkeä osa ravinnosta.

Itämeren lohi ja meritaimen ovat ennen kiinteiden mylly-, voimalaitos- ja tehdaspatojen rakentamista ja koskenperkauksia

nousseet kutemaan Lounais-Suomen jokiin. Patokalastusta niissä on harjoitettu jo esihistoriallisella ajalla. Jo kaksi vuosituhatta sitten elettiin rautakautta, ja rautaisin kirvein pystyttiin tekemään tehokkaita lohipatoja. Nousukala johdettiin voimakaimman virran kohdalla olevaan patoaukoon. Kaloja voitiin siepata etenkin patoaukon alapuolella olevilla karsinoilla, jonne voimakas virta niitä vei, mutta toisaalta osa kaloista jaksoi kuitenkin aina ponnistaa aukon läpi ylävirtaan (Sirelius 1906–1908).

Hiisi ja Eura. Parhaat kalapaikat Suomen ja Lapin rajalla

Suomalaisten vanhan rautakautisen asutuksen ja vanhalle lapinmaalle keskiaikana tunkeutuneen uudisasutuksen raja Varsinais-Suomessa näkyy selvästi Ojan (1955) laatimassa kartassa, johon on merkitty rannikon suomalaisen ja sisä-

maan ruotsalaisen oikeuden kylät; ruotsalaista oikeutta tarvittiin, koska uudisasutuksessa peltoa ei ollut vielä sen vertaa, että viljaa olisi liennyt veronmaksuun. Ojan kartan perusteella piirtämäni raja (Kuva) kulki Aurajoen, Paimionjoen, Halikonjoen ja Uskelanjoen poikki itäkaakkoon Perniönjoen perimmäiselle latvalle. Siellä olevalla Lapinsuolla (6706790 N, 303250 E) raja kääntyi äkki-jyrkästi etelään, kulkien Perniönjoen koillisen latvahaaran Pernjoen Juvankoskelle ja siitä edelleen Perniönjoen ja Kiskonjoen välistä vedenjakajaa seuraten ja sitten Kiskonjokea lähten.

Kiskon kirkkojärven luusuaalla olevan Lapinkylän kohdilla raja meni joen eteläpuolelle, jatkuen Laptaalin laakson läpi Hankoniemen tyvellä olevaan Sidsbackan siittaan ja sieltä niemen etelärannan Lappohjaan. Tällä osuudella Lapinsuolta Lappohjaan raja erotti vanhan suomalaisasutuksen lännessä Uudenmaan lapinmaasta idässä, jonne (uuteen maahan) suomalaiset ja ruotsalaiset uudisasukkaat tunkeutuivat kautena 1200–1350, 600–900 vuotta myöhemmin kuin suomalaiset olivat asettuneet Varsinais-Suomen rannikolle eestiläisistä erkaantuen.

Varsinais-Suomen rautakautisen suomalais- ja lappalais-asutuksen raja kulki Aurajoen poikki Nautelassa, jossa Nautelankoski on tyypillinen lappalaisten kalastus- ja asuinpaikka. Muistona entisestä lapinkylästä on kosken ympäristö nykyisinkin nimeltään Lapinkulma. Keskiajan alkupuolelle asti Varsinais-Suomen sisämaan lappalaiset pyytivät laajoilla takamaillaan myös turkiseläimiä turkisten vientiä varten. Tästä Nautela lienee saanut nimensäkin; tarkoittaahan saamen návdi turkiseläintä ja návdet niiden metsästämistä (Álgu).

Paimionjoella asutusraja sijaitsi kohdalla, jossa joen kulkusuunta ylävirtaan päin kääntyy pohjoisesta itään. Joki kuitenkin jatkaa pohjoiseen Tarvasjoki-nimisenä sivujokena, mikä viittaa hirvieläinten pyyntiin asutusrajan takana. Haarapaikan nimi Eura viitanee Lapinmaan rajaan, kuten Eura pitäjännimenä Etelä-Satakunnassa; saamen eará tarkoittaa toista tai muuta, ja earis = toinen ihminen, muut, toiset (Álgu). Nautelassa taas on paikannimi Hiisi. Tämä suomen sana kertoo siitä, miten suomalaiset tämän rajan tunnistivat ja tunnustivat. Hiisi tarkoitti pyhää rajamaata, jossa oleskelu tai jonka kauttakulku oli ihmiselle vaarallista (Suvanto 1972). Hiisi-paikoilla lienevät myös nuoreen Turun kaupunkiin 1249 asettuneet

dominikaanimunkit kastaneet lappalaisia. Perttelissäkin asutusraja kulki Uskelanjoen poikki heti Iso-Hiisi -nimisestä rajamaasta ylävirtaan olevan Pitkänkosen kohdalla; Litzén (1977) arvelee tämän Iso-Hiiden tarkoittaneen rajaa, jonne kristinusko oli edennyt. Lapinmaan raja ylitti Halikonjoen Kutilankoskella; nimi lienee samaa perua kuin Lohjanjärven (Lohianjärven) yläpuoliset Kittiskosket, joista alempi on Lapimäen ääressä: suljettu on saameksi gitta.

Asutusrajan koskissa, lappalaisten parhaissa kalapaikoissa, keskimääräinen vuosivirtaama (m^3s^{-1}) on Paimion- ja Kiskojoessa noin 7, Uskelan- ja Aurajoessa 5 ja Halikonjoessa 3. Huhtikuussa arvot ovat noin 3- ja marraskuussa noin 1,5-kertaiset. Jos jatkamme vanhan suomalaisen rannikkoasutuksen rajaa Aurajoesta luoteeseen, on Raisiojoen varressa maannimi Lapinkiuas, Hirvijoen latvoilla Hiittiö, Mynäjoen varressa Lapinluhta sekä Laajoen varressa Juvankoski, mikä osoittaa saamelaisia asuneen näidenkin jokien latvapuolella. Juvankoskia on asutusrajalla idempänäkin; nimi tulee kivikkoa tarkoittavasta saamen sanasta juovva (Álgu). Aurajoesta länteen jokien valuma-alueiden pinta-alat lapinmaan rajalla ovat pienempiä ja kosket siten vähätuottoisampia kuin idempänä (**kuva**); vain Laajoen Juvankoskessa keskivirtaama yltää kolmeen.



Varsinais-Suomen jokien valuma-alueet sekä suomalaisen ja saamelaisen asutuksen raja (suomeksi hiisi, saameksi Eara) rautakauden lopulta 1200-luvun loppupuolelle. Rajan koskissa harjoitettiin kestävää lohikalojen pyyntiä keskiajalle asti.

Koskien käytön murrosvaihe keskiajalla

Heti Paimionjoen mutkan itäpuolella on Juvankoski, oiva paikka padottavaksi, paitsi lappalaisten lohienkalastusta, myös uudisasukkaiden myllyjä ja myöhempää vesivoimaa varten. Tämä jyrkkä koski lienee saanut nimensä sen pohjan pultereista, kuten myös Pernjoen Juvankoski, jolla myöhemmin oli paperitehdas. Noin vuonna 1300 uudisasutus levisi jokivartta itään Marttilaan, aluksi nimeltään Nybygd. Asutuksen etenemisestä myös Tarvasjoen alajuoksulle kertoo Suomen käskynhaltijan Lyder von Kyrenin kirje vuodelta 1316, jossa hän kruunun puolesta myi sieltä neljä erämaata eräälle Turun porvarille asutettaviksi. 1400-luvulla Nautela ja Kuttila läänitettiin Naantalin luostarille, joka sitten menetti ne uskonpuhdistuksen myötä; tällöin Nautelasta ja Kuttilasta tuli rälssitila ja Juvasta kuninkaankartano, myöhemmin sotilasvirkatalo. 1300-luku merkitsi ylämaan saamelaisten patokalasutukseen ja turkiseläinten pyyntiin nojautuneen elämäntavan loppumista; heidän oli ryhtyminen uudistilallisiksi uudistilallisten joukkoon. Kotiseudullaan vähemmistöksi jääneinä he menettivät äidinkieltä muutamassa sukupolvessa, kuten olivat menettäneet rannikolla vuosisatoja aiemmin.

Satakunnan rajoilla

Taimenet lienevät nousseet Aurajokea ylös kudulle joen perimmäiseen päähän, Oripäänharjun länsireunan latva-
ojien hiekkapohjille. Oripää tarkoittaneekin Oar’ri-johka

(Oravajoki) nimisen joen eli Aura-joen päätä. Harjun itäreunalla taimenet nousivat Kokemäenjoen suulta Loimijoen Niinijoki-haaran latva-
ojien kutuhiekoille. Suurimman ojan suulla (6756500 N, 273750 E) on maannimi Lappijoki. Ojan nimi Kaitonjoki ja sen päässä harjun kupeessa olevan suon nimi Käinänsuo viitannevat siihen, että kalastajat pääsivät kutuhietikoille vain venettä vetoköydestä (gáidnu) kisko-
en; tällaisesta kalastuksesta kertoo myös nimi Lohensuo Säkylänharjun itäkupeella.

Olkiluodon ydinvoimalan viereen laskee Lapinjoki. Sen keskijuoksulla on Lappi, entinen kuntakeskus, lappalaisille tyypillisellä asuinpaikalla, ahtaassa laaksossa sijaitsevan kosken niskalla. Kosken vanhassa pääuomassa on lohikalojen kudulle sopivaa kivikkoa ja soraikkoo (Anttila 2017). Kylä lienee säilynyt perinteisenä lapinkylänä vielä suomalaisasutuksen edettyä sen ohi Euran ja Köyliön kautta Kokemäenjoen pääuoman varrelle ja sitä seuraten Sydän-Hämeeseen.

Menneestä tulevaisuuteen

Väkiluvun nopean kasvun lisäksi lohikalojen osuutta ’perussuomalaisten’ ravinnossa vähensivät ajan kuluessa noususteiden eli mylly-, voimalaitos- ja tehdaspa-
tojen rakentaminen sekä koskien perkaus uittoja varten. Nykyään kun lohia on jo nähty Aurajoessa, näyttää lohikalakantojen kasvu Lounais-Suomen joissa hyvältä; menneisyys osoittaa, että luonnolle se hyvinkin sopii. 💧

Kirjallisuus

Álgu – Saamen etymologinen tietokanta, Kotimaisten kielten tutkimuskeskus 2019.

Anttila, Lauri 2017. Lapinjoen pääuoman kalataloudellinen inventointi. Pyhäjärvi-instituutti.

Litzén, Veikko 1977. Om socknen. Historisk tidskrift för Finland 1977, s. 331–335.

Oja, Aulis 1955. Keskiaikaisen ’Etelä-Suomen’ asutus- ja aluejaot. Historiallisia tutkimuksia XLIV, Suomen historiallinen seura: Erityisesti sen kartta keskiaikaisista suomalaisen ja ruotsalaisen oikeuden kylistä sivulla 37.

Sirelius, Uuno Taavi 1906 – 1908. Suomalaisen kalastus I–III. Kansatieteellisiä tutkimuksia. Suomalaisen kirjallisuuden seura.

Suvanto, Seppo 1972. Satakunnan ja Hämeen keskiaikainen rajalaitos. Tampereen yliopiston monistesarja B. Suomen historia N:o 3 (via Karkkilan historia; Aalto & Rentola 1992).

Lisäksi on tietoja alueen pitäjänhistorioista, etenkin koskien käytöstä ja uudisasutuksen etenemisestä. Paikannimistö on maanmittauslaitoksen kartoista via kansalaisen karttapaikka. Hydrologiset perustiedot ovat Hydrologisesta vuosikirjasta 1996–2000; virtaamat ovat kaudelta 1961–1990, koska niiden vuosirytmii kuvannee paremmin keskiajan oloja kuin kauden jälkeiset.

IoT vesistöseurannoissa

Vesistöseurannoissa havaintoasemia tullaan kahdentamaan ja niiden energiankulutus sekä tiedonsiirto- ja kustannukset putoavat. Säännöllisten tarkistuskäyntien määrää ja datakatkoksia voidaan vähentää, kun kuuluvuus on varmistettu rinnakkaisilla laitteilla. Uudessa toimintamallissa tietoa joudutaan käsittelemään yhä enemmän keskistetyksi ja kasvava laitekanta vaatii enemmän huoltoa ja ylläpitoa.



JARI HAKALA
kehitysinsinööri,
Suomen
ympäristökeskus
jari.hakala@ymparisto.fi

RISTO MÄKINEN
vesitalousasiantuntija,
Etelä-Pohjanmaan
ELY-keskus
risto.makinen@ely-keskus.fi

JYRKI NIEMINEN
tarkastaja, Suomen
ympäristökeskus
jyrki.nieminen@ymparisto.fi

JARI SILANDER
erikoistutkija, Suomen
ympäristökeskus
jari.silander@ymparisto.fi

Hankkeessa Tekoäly ja IoT -vesiriskien ja vesivarojen hallinnassa (ÄlyVesi) on ollut yhtenä osana esineiden internet (IoT) pinta- ja pohjavesien seurannassa. Hankkeessa on arvioitu IoT-teknologian soveltuvuutta seurannan eri tehtäviin. On haluttu selvittää, onko mittalaitteen hintaa ja energiankulutusta sekä tiedonsiirron ja varastoinnin kustannuksia mahdollista alentaa datan laadun kärsimättä. Hankkeessa on kokeiltu eri laitteita ja tiedonsiirtotekniikoita, kytketty laitteita IoT-verkkoon ja arvioitu mittalaitteiden ja tiedonsiirtoverkkojen toimivuutta sekä yhteensovittamista nykyisten seurantajärjestelmien kanssa.

Esineiden internet ja hydrologinen seuranta

Esineiden internetillä eli IoT:lla tarkoitetaan erilaisten laitteiden automaattista tiedonsiirtoa, etäseurantaa ja ohjausta internet-verkon kautta. IoT rajataan usein halpoihin ja vähän energiaa kuluttaviin laitteisiin niin antureiden kuin tiedonsiirron osalta. Viime vuosina käyttöön otetut tiedonsiirtotekniikat ja IPv6-internetstandardin käyttöönotto ja sen myötä kasvanut mahdollisten IP-osoitteiden määrä on varsinaisesti mahdollistanut IoT:n laajamittaisen käytön. Tyypillisesti on saatavilla paine-, maankosteus- ja lämpötila-antureita.

Tiedonsiirtoon liittyy tekniikasta riippumatta yleensä kolme perustavoitetta: pitkä kantama, suuri lähetysopeus ja matala virrankulutus. Näiden ominaisuuksien optimoinnilla ja käyttämällä kuhunkin kohteeseen parhaiten soveltuvaa tiedonsiirtotekniikkaa tiedonsiirron kustannuksia ja laitteiden energiankulutusta on mahdollista

alentaa. Usein energian säästämiseksi IoT-verkoissa joudutaan älykkyyttä viemään havaintoasemalta internet-palvelimille ja tietoa siirtämään tehokkaasti. Näin havaintoaseman akunkesto voi olla vuosia ja tietoliikenteeseen kuluva energia yli 75 % aiempaa vähemmän. Häviääkö tietoa matkalle?



Kuva 1. Vedenkorkeuden mittaus Decentlab DL-PR26 LoRaWAN-mittalaitteella havaintoasemalla 1601100 Koskenkylänjoki, Niinikoski. Kuvassa nähtävillä myös asteikon etäluentaan ja automaattiseen kuvantulkintaan liittyvä kuvausjärjestely.

Uusi teknologia on tuonut hydrologisessa seurannassa mahdollisuuden kahdentaa havaintoasemia. Tällöin havaintopaikalle asennetaan kaksi mittalaitteita saman suureen mittaamiseen. Laitteet ovat fyysisesti, sähköisesti ja tiedonsiirtoteknisesti toisistaan riippumattomia ja niillä on pieni virrankulutus ja kohtuulliset tiedonsiirtokustannukset.

Tiedonsiirtotekniikat ja palvelut

Hankkeessa päästiin kokeilemaan erityisesti LoRaWAN ja Sigfox-verkkojen ja niihin liittyvien palveluiden soveltuvuutta reaaliaikaisiin vesistöseurantoihin. Näissä tiedonsiirtotekniikoissa korostuu matala virrankulutus erityisesti tiedonsiirron nopeuden kustannuksella. Tiedonsiirtonopeudet ovat melko pieniä, mutta esimerkiksi vedenkorkeuden mittaukseen riittäviä.

LoRa on langaton LPWAN-verkkoteknologia (*Low Power Wide Area Network*), jonka kehittäjä ja patentinhaltija on Yhdysvaltalainen Semtech ja joka valmistaa ja lisensoi

yksinoikeudella LoRa teknologiassa käytettäviä piirisarjoja. Euroopassa LoRaWANin käyttämälle 868 MHz taajuusalueelle on säännelty 25 mW suurin sallittu lähetysteho ja maksimissaan 1 % hyötyaika. LoRaWAN-verkkoja tarjoavat sekä kaupalliset palveluntarjoajat, kuten teleoperaattorit, että yksityiset ei-kaupalliset järjestöt ja yhteisöt. Suomessa suurin LoRa-toimija on Digita oy, joka tarjoaa LoRa-yhteensopivaa verkkoa sekä tiedon siirtoon, varastointiin ja jakeluun liittyviä palveluita yhteistyökumppaneidensa kanssa.

Sigfox on vuonna 2009 perustettu ranskalainen yritys, joka on patentoinut oman LPWAN-verkkoteknologian. Sigfox tarjoaa yhdessä paikallisten kumppaneidensa kanssa tiedonsiirtoverkkoa, johon yhteensopivilla laitteilla on mahdollista liittyä. Sigfox toimii samalla taajuusalueella kuin LoRaWAN. Päätelaitteiden teknologia on avointa. Päätelaitteet rekisteröidään Sigfox-verkkoon ja verkon käytöstä maksetaan tilausmaksua paikalliselle Sigfox-operaattorille, jollaisena Suomessa toimii Connected Finland Oy.



Kuva 2. Maankosteuden ja –lämpötilan mittausjärjestelyt Muuramessa lumen vesiarvon gammasäteilymittausaseman yhteydessä. Pylvään yläpäässä näkyvät IoT-mittalaitteet ovat Sigfox-verkossa toimiva Connected TempGuard 3-kanavainen lämpömittari ja LoRaWAN-verkossa toimiva Decentlab DL-5TM maankosteuden mittalaite.

Asennus ja käyttö

Hankkeen yhteydessä on käytetty LoRaWAN ja Sigfox-laitteita erilaisissa ympäristöissä ja käyttötarkoituksissa hydrologisilla mittausasemilla. Lisäksi on ollut kokeiltavana molempien teknologioiden mukaisia muita laitteita, esimerkiksi GPS-paikantimia ja lämpömittareita.

LoRaWAN-laitteiden valmistajilta löytyi vedenkorkeuden mittalaiteratkaisuja, joita voitiin suoraan hyödyntää hankkeessa. Keravanjoen Hanalan, Mustijoen Vekkosken, Porvoonjoen Vakkolan ja Koskenkylänjoen Niinikosken vedenkorkeuden havaintopaikoille asennettiin paineanturein varustetut Decentlab DL-PR26 -mittalaitteet. Lumen vesiarvon gammasäteilymittausasemalle Muurameen asennettiin Decentlab DL-5TM maankosteuden mittalaite.

Sigfox-laitevalmistajilta ei vielä hankkeen alussa löytynyt varsinaisia hydrologisia suureita mittaavia laitteita, joten Sigfox-kokeilut tehtiin pääasiassa lämpömittareilla. Lisäksi kokeiltavana oli GPS-paikantimia ja painonappeja.

Kokemuksia

Uudet tiedonsiirtomenetelmät ja niihin liittyvät mittalaiteratkaisut osoittautuivat lyhyehkön kokeilujakson perusteella lupaaviksi. Laitteet osoittautuivat pienikokoisiksi ja helposti asennettaviksi. Ne ovat myös vähän virtaa kuluttavia, paristoilla toimivia ja käytännössä huoltovapaita mittalaitteita. Sekä LoRaWAN, että Sigfox-operaattorit tarjoavat internetsivuillaan verkkojen kuuluvuuskartat, joiden perusteella laitteiden mahdolliset asennuspaikat oli valittavissa. Molemmilta löytyy myös palvelut datan varastointiin, visualisointiin ja jakeluun.

Koska tekniikoiden hyödyntämistavat ovat vielä uusia, on liiketoiminta vielä kehitysvaiheessa. Dataformaatit eivät ole yhtenäisiä, vaan voivat vaihdella saman verkon sisällä laitevalmistajien kesken.

Koska laitteet ovat edullisia, on niiden ominaisuuksista tingitty. Testaamissamme laitteissa ei ole esimerkiksi muistia ja valmiissa mittalaitteissa antureiden tarkkuus ei aina vastaa hydrologisen seurannan vaatimuksia. Testaamillamme laitteilta ei myöskään ole mahdollista saada jatkuvaa mittausdataa ja siitä esimerkiksi keskiarvoja, vaan lähetetyt tiedot ovat aina hetkellisiä mittausarvoja. Asemien hinta oli tyypillisesti 500 – 1 000 €/kpl ja vuosittaiset tietopalvelukustannukset alle 5 €/havaintoasema. Nykyisten asemien vastaavat luvut 1 500 € ja 50 €/havaintoasema.

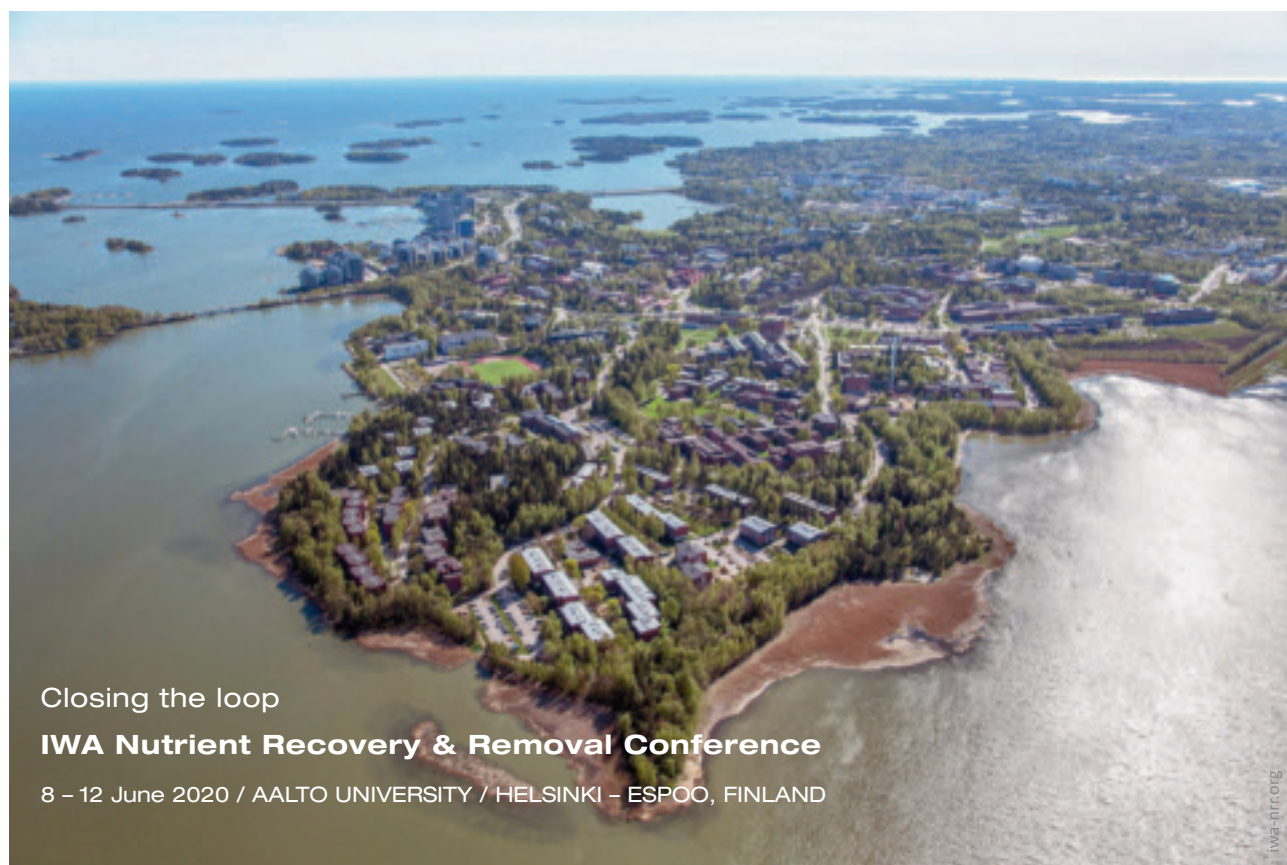
Verkkojen kuuluvuus vaihtelee paitsi niiden kattavuuden, myös paikallisten olosuhteiden vuoksi, kun maasto-olosuhteet ja ilmastotekijät vaikuttavat radiosignaalin etenemiseen. Tiedonsiirrossa huomattiin satunnaisia katkoja. Esimerkiksi Vekkosken vedenkorkeus-asemalta saatiin lokakuussa 2019 62,9 % havainnoista ja asemalta Koskenkylä, Niinikoski puolestaan 81,8 % havainnoista. Hanalassa ja Vakkolassa vastaavat luvut olivat 83,1 % ja 83,6 %. Nykyiseltä asemaverkolta saatiin kyseisiltä asemilta samalta havaintojaksolta 100 % havainnoista. Sitä oli kuitenkin mahdoton selvittää, johtuivatko katkokset paikallisista kuuluvuusolosuhteista vai tiedonsiirtoverkon ongelmista. Oman epävarmuutensa käytetyissä IoT-tekniikoissa tuo sekin, että data kulkee useamman tiedonsiirtolinkin ja palvelimen kautta, ennen kuin saavuttaa asiakkaan.

Yhteenveto

IoT-tekniologioiden hyödyntäminen vesistöseurannoissa on hankkeen aikana edistynyt nopeasti. Sekä ÄlyVesi-hankkeen, että hydrologisen seurannan muun kehitystyön ansiosta vuoden 2020 alussa käytössä on jo noin 60 vesistöseurantoihin liitettyä IoT-laitetta. Suurin osa näistä on vedenkorkeuden mittausasemilla kahdennuskäytössä. Näiden käyttöönottoon on rohkaissut erityisesti mittalaitteiden ja tiedonsiirron vähäinen huollontarve. Yleisemminkin kokeillut laitteet soveltuvat hyvin käyttötarkoituksiin, joissa datan määrä kerralla on pieni, mutta sitä tarvitaan säännöllisesti.

Tämän hetken IoT-mittalaiteratkaisut ovat käytössä vain hydrologisten havaintoasemien kahdennuksissa, kun laitteissa ei ole muistia eikä keskiarvolaskenta ole mahdollista. Todennäköisesti jatkossa IoT-laitetta voidaan käyttää myös mittausaseman ainoana mittalaitteena. Kokeilujakson aikana ilmeni ennakoimattomia datansiirron katkoksia. Vaikka kuuluvuusalueet ovat laajentuneet, ovat ne keskittyneet toistaiseksi pääasiassa asutuille seuduille. Kuuluvuuden kannalta mittauspaikat ovat haasteellisesti rantapenkkojen katveessa vedenpinnan tasolla alempana kuin muu maasto.

Tiedonsiirtoverkkojen, laitekannan ja palveluiden kehitys voi olla tulevaisuudessa nopeakin. IoT:n käyttö laajenee nopeasti reaaliaikaisen valvonnan, huollon ja ylläpidon apuna niin rakennusalaalla kuin sähkö-, vesi- ja jätehuoltoalallakin sekä myös teollisuudessa. Onkin odotettavissa, että tulevaisuudessa vesistöseurannoissakin hyödynnettävissä oleva laitevalikoima laajenee. 💧



IWA:n Nutrient Recovery & Removal –konferenssi kokoaa huippututkijat Espooseen

Aalto-yliopiston ja HSY:n järjestämä IWA:n Nutrient removal and recovery -konferenssi kokoaa kesällä yhteen ravinteiden poiston ja talteenoton tutkijat ja käytännön osaajat Otaniemeen. Konferenssi järjestetään Aalto-yliopistolla 8.–12.6.2020.

Konferenssin ohjelma koostuu työpajoista, luennoista ja esitelmistä sekä excursioista (ks. ohjelma seuraavalla aukeamalla). Perinteisesti ravinteiden poisto on keskeisessä osassa, mutta talteenoton ja kierrätyksen merkitys on nyt kasvussa. Ravinteisiin keskittyvä IWA-konferenssi järjestetään tyypillisesti parin vuoden välein ja tavallisesti osallistujia on noin 200–300.

”Yhdyskuntajätevesien käsittelyssä on merkittävä optimoinnin tarve, jolloin koko järjestelmää on tarkasteltava uudelleen. Muutoksia tarvitaan mm. ilmastonmuutoksen

ja kiertotalouden asettaessa uusia tarpeita ja vaatimuksia. Energian käytön, ravinteiden kierron ja haitta-aineiden poistamisen uudet vaatimukset tulee ottaa huomioon useiden prosessien eri vaiheissa. IWA:n konferenssissa pääsemme kuulemaan kaikkien näiden aiheiden huippututkijoita, uusimpien tutkimusten ja käytännön menetelmien tuloksia”, kertoo konferenssin järjestelyistä vastaava työelämäprofessori **Anna Mikola**.

Maanantaina 8.6. konferenssi aloitetaan työpajoilla, joissa asioihin perehdytään vuorovaikutuksessa toisten osallistujien kanssa. Esimerkiksi vesilaitosten käytännön ammat-



IWA:n konferenssin järjestelyistä vastaava työelämäprofessori Anna Mikola.

tilaiset voivat saada uusia näkökulmia vuoropuhelussa tieteentekijöiden kanssa ja päinvastoin. Työpajoja on kaksi ja kumpaankin voi osallistua 50–60 henkilöä.

Tiistaista torstaihin (9.–11.6.) on konferenssin tieteellinen osuus Aalto-yliopiston päärakennuksen U-siivessä, jossa on kolme rinnakkaista luentosalia käytössä. Aiheita on laajasti liittyen mm. puhdistusprosessien optimointiin, typen ja fosforin talteenoton uusiin tekniikoihin, resurssitehokkuuteen ja jätevesistä saatavien erilaisten materiaalien tuotantoon. Tässä konferenssissa on poikkeuksellisen paljon suomalaisten tutkijoiden esitelmää, noin 30.

Perjantaina 12.6. tehdään excursiot Viikinmäkeen, Blominmäkeen ja Porvoon Hermannisaareen, jossa osallistujat voivat tutustua uusiin, kiinnostaviin hankkeisiin ja ratkaisuihin suomalaisilla yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilla.

Aalto-yliopiston tutkimuksissa jätevedenpuhdistukseen liittyvän kiertotalouden merkittävimpiä hankkeita ovat typen talteenoton NPHarvest-menetelmä, fosforin talteenoton uudet menetelmät, mm. puunjalostusteollisuuden sivuvirtojen käsittelyssä sekä haitta-aineiden poiston tehostamiseen tähtäävät tutkimukset.

”Kiertotalouden ajatuksen mukaan jätevedenpuhdistamoiden luonne on muuttumassa ns. resurssitehtaisiksi, joissa energian ja lietteen talteenoton ja hyödyntämisen merkitys on korostumassa. Tämä asettaa vaatimuksia käytettävälle tekniikalla, mutta paljon työtä tarvitaan myös toimialan imagon muuttamisessa. Uusille innovatiivisille yrittäjille kyseessä on myös erinomainen tilaisuus kasvavalle ja kansainväliselle liiketoiminnalle. Olisi hienoa, jos syntyisi lisää yhteistyötä tutkijoiden ja yrittäjien välillä esimerkiksi tuotekehityksessä”, Mikola sanoo. ♦

Lisätietoja

Konferenssin verkkosivut: www.iwa-nrr.org

Yhteys sähköpostilla: nrr2020-be@aalto.fi



IWA:n Nutrient Recovery & Removal –konferenssi Aalto yliopistolla Otaniemessä 8.-12.6.2020
 CONFERENCE VENUE AALTO CAMPUS IN OTANIEMI U-WING

	Mon June 8th		Tue June 9th			
Morning 9 – 10.30	Workshop A: Microbial community studies in nitrogen removal	Workshop B: Developments in chemical phosphorus removal and modeling (KEMIRA Research center)	Opening session			
			Keynotes: Success stories in Nutrient removal from around the world			
			Networking break 10.30 – 11:00			
Morning II 11.00 – 12.30			Nitrogen conversions	Full-scale P recovery	Energy optimization (PANEL)	
Lunch 12.30 – 13.30						
Afternoon I 13.30 – 15	Workshop A: Microbial community studies in nitrogen removal	Workshop B: Developments in chemical phosphorus removal and modeling (KEMIRA Research center)	Lessons learned from deammunification	Chemical P removal	Microbial proteins	
			Networking break 15:00 – 15:30			
Afternoon II 15.30 – 17.00			N removal in extreme (PANEL)	P recovery end-products	Innovative NRR processes	
Evening 19.00 →	Welcoming reception		Young water professionals evening			

	Wed June 10th			Thu June 11th			Fri June 12th
	Mainstream deammonification	P recovery I	Urine treatment	N ₂ O mechanisms	Microbial ecology in NRR	Carbon balance	Excursions: a) Viikinmäki WWTP and/or Blominmäki WWTP b) Porvoo Hermanninsaari WWTP + old town of Porvoo c) Suomenlinna fortified island
	Networking break 10.30 – 11:00						
	Influent impact on AMX (PANEL)	P recovery II (PANEL)	NRR in rural areas and natural waters	N ₂ O mitigation	Future WWTPs	Migroalgae (PANEL)	
	Lunch 12.30 – 13.30						
	Nitrogen recovery I	Biological P removal	Process control in NRR	Keynotes: New challenges in NRR – Sustainable WWTPs Closing of the conference			
	Networking break 15:00 – 15:30						
	Nitrogen recovery II (PANEL)	NPK recovery	Aerobic granular sludge				
	Sauna experience			Conference dinner			



Vesiyhdistyksen vuosikokouksessa valittiin uusi hallitus ja puheenjohtaja

Suomen Vesiyhdistys ry:n 2.3. Tieteiden talossa pidetyssä vuosikokouksessa valittiin yhdistyksen hallitukseen uusiksi jäseniksi kaudelle 2020–2021 **Jussi Ahonen, Sanni Eerikäinen, Johanna Kallio** ja **Kristian Sahlstedt**. Hallituksessa jatkavat kauden 2020 **Jari Haavisto, Heli Härkki, Juhani Järveläinen** ja **Anne Liljendahl**. Hallituksessa jatkaa myös **Annina Takala**, joka valittiin Vesiyhdistyksen uudeksi puheenjohtajaksi.

Kuvassa kauden 2014–2019 puheenjohtajana toiminut **prof. Riku Vahala** onnittelee uutta puheenjohtajaa. Vuosikokous esitti Riku Vahalalle lämpimät kiitokset erin-

omaisesti hoidetusta puheenjohtajuudesta. Rikun määrätietoisien toiminnan tuloksena erityisesti Vesiyhdistyksen jaostojen toiminta on aktivoitunut merkittäväällä tavalla.

Hulevesijaoston seminaari

Hulevesijaosto järjestää kansallisen Hulevesi2020-seminaarin Espoossa 27.5.2020. Tilaisuuden ohjelma ja ilmoittautuminen löytyvät osoitteesta www.vesiyhdistys.fi/hulevesi2020. Jaoston työvaliokunta valitsi uudeksi puheenjohtajakseen 2020–2021 Juhani Järveläisen. Liittymisasioissa pyydämme ottamaan yhteyttä sihteeriimme (majja.taka@aalto.fi). 💧



Puheenjohtajana kauden 2014–2019 toiminut professori Riku Vahala onnittelee uutta puheenjohtajaa Annina Takalaa.

Vesihuoltolainsäädännön toimivuutta tarkastellaan

Kansallisessa vesihuoltouudistuksessa käynnistyy sen ensimmäinen valmisteluhanke, jossa arvioidaan vesihuoltolainsäädännön sekä siihen liittyvien säästöjen toimivuus toukokuun loppuun mennessä. Lisäksi tehtävänä on ohjata selvitystä, jolla kartoitetaan muiden Euroopan maiden kokemuksia vesihuoltolaitosten talouden ja toiminnan valvonnasta.

Maa- ja metsätalousministeriön asettaman Kansallinen vesihuoltouudistus -hankkeen johtoryhmä on kokoonnut ensimmäisen kerran. Helsingissä 5.2. pidetyssä kokouksessa keskusteltiin hankkeen tavoitteista.

”Vaikka keskustelu vesihuollon omistajuudesta käy kuumana, vesihuoltoa koskevat akuutit haasteet ovat esimerkiksi ikääntyvä verkosto sekä osaamis- ja resurssivaje. Hankkeen tavoitteena on muodostaa yhteinen näkemys siitä, miten tiedossa oleviin haasteisiin tartutaan ja varmis-

tetaan toimiva vesihuolto kaikille, toteaa johtoryhmän puheenjohtaja”, kansliapäällikkö **Jaana Husu-Kallio**.

Uudistuksen lähtökohtana on varmistaa vesihuoltopalvelujen toimivuus myös jatkossa. Tavoitteissa ei unohdeta kiertotaloutta, ilmastonmuutokseen sopeutumista ja hillintää eikä suomalaisen vesiosaamisen vientiä.

Hankkeen johtoryhmän yhteinen näkemys oli, että parasta lopputulosta ei saavuteta vain lisäämällä velvoitteita vesihuoltolainsäädäntöön. Niiden lisäksi tarvitaan kannustimia, joilla onnistutaan tavoitteessa kohti parempaa vesihuollon tasoa.

Kansallisen vesihuoltouudistuksen ohjelman valmisteliseksi kartoitetaan laajasti vesihuollon toimijoiden, viranomaisten, yritysten ja tutkimuslaitosten näkemyksiä alan keskeisimmistä haasteista ja niiden ratkaisukeinoista.

Marko Keskinen vesitalouden professoriksi Aalto-yliopistoon

Tekniikan tohtori **Marko Keskinen** on nimitetty professorin (Associate Professor) tehtävään rakennetun ympäristön laitoksella ajalle 1.1.2020 – 31.12.2024. Professuurin ala on vesitalous, erityisesti vesivarojen suunnittelu ja hallinta.



Keskinen väitteli Aalto-yliopistossa vuonna 2010 yhdennettyyn vesivarojen hallintaan (IWRM) liittyvästä aiheesta *Bringing back the common sense? Integrated approaches in water management: Lessons learnt from the Mekong*. Hän on työskennellyt useita vuosia vesivarojen hallinnan parissa etenkin Kaakkois-Aasiassa, toimien muun muassa vierailevana tutkijana Can Thon yliopistossa Vietnamin ja asiantuntijana Mekongin joki-komission, toimintatutkimusverkosto M-POWERin ja Aasian kehityspankin alaisissa hankkeissa.

Keskinen palaa Aalto-yliopistoon ulkoministeriöstä, jossa hän toimi heinäkuusta 2019 lähtien vesialan vanhempana neuvonantajana. Hän työskenteli samassa tehtävässä myös vuosina 2011 – 12. Ulkoministeriössä Keskinen työkeskittyi vesialan kehitysyhteistyöhankkeisiin Itä-Afrikassa ja Aasiassa sekä kehityspolitiikkaan YK-järjestelmän piirissä. Lisäksi Keskinen teki yhteistyötä EU:n ja ETYJin sekä suomalaisten toimijoiden kanssa vesidiplomatian ja rajavesiyhteistyön saralla.

Marko Keskinen on kokenut ja pidetty opettaja. Hän on toiminut rakennetun ympäristön laitoksella vesi- ja ympäristötekniikan yliopistonlehtorina vuodesta 2013 alkaen, ja kehittänyt aktiivisesti vuorovaikutteisia opetusmenetelmiä. Hän on myös englanninkielisen vesi- ja ympäristötekniikan maisteriohjelman johtaja. Vuonna 2015 Marko Keskiselle myönnettiin Aalto-yliopiston insinöritieteiden korkeakoulun Vuoden opetusteko -palkinto ansioistaan opettajana.

▼ AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

**Tehdään yhdessä
maailman parasta
vettä.**

www.slatek.fi

Slatek
40v
Virtaa
vesihuoltoon

▼ VESIHUOLLON KONEET JA LAITTEET



Ruuvipuristin FW250/750/0.5, Q= 60kgTS/h
hydraulinen kapasiteetti 4m³/h

Lastausväylä 9, 60100 Seinäjoki
Karjalankatu 2 A 17, 00520 Helsinki
Puh. 06 - 420 9500, Fax. 06 - 420 9555

www.fennowater.fi

TUOTTEITAMME:

Välppäysyksiköt
Hiekanerotus- ja
kuivausyksiköt
Lietekaapimet
Sekoittimet
Lietteeniivistys- ja
kuivausyksiköt
Kemikaalinannos-
telulaitteet
Flotaatioyksiköt
Lamelliskeyttimet
Biologiset
puhdistamot

▼ JÄTEVESIEN- JA LIETTEENKÄSITTELY

HUBER
TECHNOLOGY
WASTE WATER Solutions

Ympäristötekniikkaa - Maailmanlaajuisesti

Hydropress Huber AB
Puh 0207 120 620
info@huber.fi
www.huber.fi

▼ VEDENKÄSITTELYLAITTEET JA -LAITOKSET

70

**VUOTTA
VESIHUOLTOA**



Kaiko

- Vuodonetsintälaitteet
- Vesimittarit
- Annostelupumput
- Venttiilit
- Vedenkäsittelylaitteet

Kaiko Oy
Henry Fordin katu 5 C
00150 Helsinki

Puhelin (09) 684 1010
kaiko@kaiko.fi
www.kaiko.fi

PA-VE
YHDYSKUNTATEKNIikka

**KESTÄVÄN
VESIHUOLLON
KUMPPANI**



Kotimaiset laitekaivot,
pumppaamot, sekä vesi-
ja palopostit nopeasti ja
luotettavasti.



ISO 9001
ISO 14001



RICTOR® PYÖRREFLOTAATIO

- Maailman tehokkain veden- ja jäteveden puhdistusmenetelmä
- Flotaatiolaitossuunnittelua ja toimituksia yli 50 vuotta

INSINÖÖRITOIMISTO OY RICTOR AB

SIBELIUKSENKATU 9 B
00250 HELSINKI

PUH. 09-440 164
www.rictor.fi



▼ SUUNNITTELU JA TUTKIMUS

VESIHUOLLON SUUNNITTELUN YKKÖNEN (LÄHTÖKOHTANA LOPPUKÄYTTÄJÄ)

www.ramboll.fi
RAMBOLL

VESIHUOLTO VERKOSTOT LAITOKSET
PUMPPAAMOT PUHDISTAMOT LINJAT
SANEERAUS HULEVESI SUUNNITTELU
VARAUTUMINEN TALOUS KARTAT
RAKENNUUTTAMINEN VALVONTA

WWW.SWECO.FI / 040 8241 841

SWECO

johanLundbergov

Kaivamattoman (no-dig) tekniikan
asiantuntijakonsultit

Kaikki uudisasennus- ja saneerausmenetelmät

www.johanlundberg.fi
info@johanlundberg.fi

Vedenkäsittelyn asiantuntija – ideoinnista laitosratkaisuihin

Vesiprosessien selvitys- ja suunnittelutyöt
Ongelmanratkaisu ja optimointi
Prosessi- ja vesimikrobiologia
Vuokra- ja koelaitteet
Prosessien käyttö ja huolto

+358 50 321 9131

www.teollisuudenvesi.fi

Teollisuuden Vesi

Puhtaan veden asiantuntija

ÅF ja Pöyry ovat nyt AFRY.

Autamme asiakkaitamme
pohjaveteen ja vedenhankintaan,
jätevedenpuhdistukseen,
vesihuoltoverkostoihin, hulevesiin ja
vesilaitosten johtamiseen liittyvissä
kysymyksissä.

afry.fi

AFRY
AF PÖYRY

Vesihuollon ja hulevesisuunnittelun palvelut

WSP
wsp.com

Sinun ilmoituksesi?

Pyydä tarjous:

ilmoitus.vesitalous@mvtt.fi

Tuomo Häyrynen

050 585 7996

(myös ilmoituksen valmistus)

Leena Finér, Ahti Lepistö, Kristian Karlsson, Antti Räike, Sirkka Tattari, Markku Huttunen, Laura Härkönen, Samuli Joensuu, Pirkko Kortelainen, Tuija Mattsson, Sirpa Piirainen, Sakari Sarkkola, Tapani Sallantausta and Liisa Ukonmaanaho: New assessments of water pollution by forestry

The impact of forest drainage is clearly seen in new assessments of nitrogen and phosphorus pollution. The forestry's share of all anthropogenic nitrogen pollution rises from 6% to 12% and correspondingly that of phosphorus pollution from 8% to 14%. A downward trend was found in phosphorus pollution derived from forests, whereas nitrogen and organic carbon pollution is rising.

Marjo Palviainen, Ari Laurén, Taija Saarela, Elham Kakaei Lafdani and Jukka Pumpanen: Bio carbon in the treatment of effluent

Bio carbon is produced by heating organic material at 300-800°C in a low-oxygen environment. In this pyrolytic process, pyrolysis gas, pyrolysis oil, distillates and thermal energy are collected. The carbon residue is known as bio carbon. Suitable raw materials for bio carbon are derivatives of agriculture, forestry and the food industry or municipal waste such as woodchips, straw, manure or sludge. Bio carbon is a porous material with a large specific surface area and cation and anion exchange capacity, so it can bind with nutrients and impurities. As an excellent adsorbent, bio carbon can provide a new, innovative, renewable and 100% recyclable material for the treatment of water pollutants from forests.

Laura Härkönen, Tiina M. Nieminen, Mirkka Hadzic, Hannu Ilvesniemi and Samuli Joensuu: Preventing the detrimental effects of acidic sulphate soils in forestry

Forestry on acidic sulphate soils presents a hazard to the waterways. Drainage and tilling causes acidity and heavy metals to end up in the waterways. The negative impacts of acidic sulphate soils can be prevented by avoiding tillage in the region of mineral soils. In the current leading project for waterway and sea management, the prevention of negative impacts is being tested also with ash fertilisation.

Mari Tolkkinen, Heikki Mykrä and Antti Leinonen: Optimising the buffer zones of forest streams

Forest management near headwater streams needs new protocols to enable ecologically sustainable forestry. Biodiversity and maintenance of good water quality would benefit from implementing variable width riparian buffers so that wet areas would be considered with wider buffers than drier areas. Adding deciduous trees in the riparian zone would increase stream and riparian biodiversity, processes between the two ecosystems and the resistance of the riparian forest to disturbances.

Ari Laurén, Hannu Hökkä, Iñaki Urzainki, Marjo Palviainen, Kersti Haahti, Leena Stenberg, Samuli Launiainen, Mika Nieminen and Antti Leinonen: Waterway conservation through data – wetland simulator shows where drainage renovation should not be done

The future of wetlands forestry will depend on how its climate and environmental impacts can be reduced. A simple but effective method of waterway conservation is to avoid ditch network maintenance in wetland forests where its financial profitability would be slight. The SUSI wetland simulator facilitates identifying such areas. SUSI makes it possible to answer questions that could lead to

a renewal of peatland forestry: could drainage renovation be replaced with ash fertilisation? Will shallower ditches be enough? Will the groundwater surface stay deep enough even without drainage renovation, or will ditches even have to be blocked to ensure an adequate supply of water?

Jukka Aroviita, Jari Ilmonen, Maria Rajakallio, Tapio Sutela, Heikki Mykrä, Kati Martinmäki-Aulaskari, Minna Kuoppala, Antti Leinonen, Jussi Jyväsjärvi and Teemu Ulvi: Improving the assessment of the condition of streams – towards geographic information-based assessment of natural conditions

In 2015, the Finnish Ministry of the Environment and the Ministry of Agriculture and Forestry of Finland issued a national strategy for the protection and reconditioning of small waterways, the aim of which is to secure the remaining waterways in a natural state and to improve the condition of deteriorated small waterways. However, there has been no systematic approach or methodology for the assessment of small waterways. In the Freshabit LIFE IP project, new methods have been developed for assessing the state of small waterways. The assessment results indicate how much the current state of a stream diverges from the estimated natural state for it.

Reijo Solantie: The history of the utilisation of rivers in the south-western Finland

Baltic salmon and trout spawned sustainably in the rivers of the Southwestern Finland till about 1200 AD. In that prehistoric period, Finns inhabited the coastal margin up to 20–30 km inland. They lived on agriculture and fishing in the southwestern archipelago. The inland area was thinly populated by the original Saami people living on fishing at the rapids on rivers close the boundary between the two tribes and hunting in the wilderness beyond the boundary for nourishment and the fur trade. Since the 13th century, the Finnish settlement expanded beyond the boundary, called 'hiisi' by Finns and 'eara' by Lapps, so that the Saami people was merged into the society of the new settlers. This procedure finished the period of traditional sustainable fishing on the rivers due to increasing damming by grist mills, factories and hydropower stations. Nowadays, measures have been undertaken to restore salmon in the rivers.

Jari Hakala, Risto Mäkinen, Jyrki Nieminen and Jari Silander: IoT in hydrological monitoring

The Finnish Environment Institute with ELY Centre adopts IoT in hydrological monitoring. New monitoring stations will consume less energy and will have two sensors instead of one. For more details see <https://www.syke.fi/hankkeet/alyvesi>.

Other articles

Antton Keto and Marja Hilska-Aaltonen: Methods for forestry water protection are evolving (Editorial)

Kari-Matti Vuori, Heli Lassila, Saija Koljonen and Esko Keskinen: Underwater wood purifies forestry runoff water

Hanna Anttila: The improvement of communications and reporting at water utilities

Mika Nieminen: The water protection of forestry requires new thinking



Metsäojituksen vesiensuojelu edellyttää uudenlaista ajattelua

Aina 1970-luvulta vuoteen 2017 asti ajateltiin yleisesti, että metsäojituksen vaikutukset ravinteiden huuhtoutumiseen ovat lyhytaikaisia. Yleinen käsitys oli, että vesistökuormitukset palautuvat luonnontilaisten soiden tasolle 20–30 vuodessa, minkä jälkeen kuormitusta syntyy vain, jos tehdään metsätaloustoimenpiteitä, kuten kunnostusojituksia, lannoituksia tai hakkuita.

Työryhmämme tutkimuksissa kuitenkin havaittiin, että ravinnekuormitusta syntyy aiemmista käsityksistä poiketen silloinkin, kun ojitusalueilla ei ole vuosikymmeniin tehty mitään toimenpiteitä. Ojituksen pitkäaikaisvaikutusten huomioon ottaminen mullisti käsitykset metsäojituksen vesistökuormituksesta; aiempiin arvioihin nähden tyyppikuormitukset kasvoivat peräti 18-kertaisiksi ja fosforikuormitukset 6–7-kertaisiksi. Aiemmissa arvioissa ojitusaluiden kuormitus oli maatalouden kuormituksesta vain 2–5 %, kun uudet kuormitusarviot kasvattivat kuormituksen lähes kolmasosaan.

Eivätkä huonot ojitusuutiset ole loppuneet siihen. Viime vuonna julkaistiin tutkimuksia, joissa typpi- ja hiilivirtaamien havaittiin jatkuvasti kasvavan Perämereen laskevissa jokivesistöissä. Tärkeimmäksi kasvua selittäväksi maan käyttöön liittyväksi tekijäksi paljastui ojitus. Sekä Ruotsissa että Suomessa myös havaittiin, että valumavesien hiilipitoisuudet kasvavat metsävaluma-alueilla sitä enemmän, mitä enemmän alueella on metsäojitettuja soita.

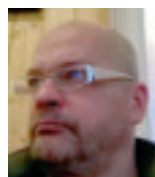
Edellä kuvatun perusteella on selvää, että metsätaloudessa on panostettava erityisesti metsäojitettujen soiden vesistökuormituksen torjuntaan. Ongelmana tässä on kuitenkin se, että perinteisin vesiensuojelutoimin kuormitusta ei pystytty torjumaan tehokkaasti. Liennut orgaaninen fraktio kattaa kasvavasta typpi- ja hiilikuormituksesta valtaosan, eikä sen vähentämiseen ole kustannustehokkaita keinoja. Ainoa tehokas menetelmä pidättää liuenneiden aineiden kuormitusta metsäalueilla ovat pintavalutuskentät tai vesiensuojelukosteikot, mutta luonnontilaisia soita vastaavina systeeminä ne pikemminkin tuottavat vesiin liuenneita orgaanisia yhdisteitä kuin pidättävät niitä.

Ongelmana kuormituksen torjunnassa on myös se, että vielä ei tiedetä, miksi ojitusaluiden kuormitus on kasvussa. Todennäköisin selitys on, että turpeen hajotus kiihtyy sitä enemmän, mitä syvemmälle vedenpinta ojitetulla suolla painuu. Puustot ojitusalueilla ovat kasvamassa yhä suuremmiksi, minkä seurauksena niiden haihdunta ja latvuspidäntä

kasvavat, suon vedenpinta laskee ja turpeen hajotus kiihtyy. Erityisesti syvien turvekerrosten hajotuksesta vapautuvat ravinteet eivät välttämättä ole tehokkaasti puuston ja muun kasvillisuuden käytettävissä eli osa vapautuvista ravinteista todennäköisesti huuhtoutuu. Ongelmaa kärjistää se, että laskeva vesipinta altistaa hajotukselle turvetta, jossa tyypeä on hyvin paljon, mutta erityisesti kaliumia vähän. Seurauksena on ravinnetalouden epätasapaino, mikä voi entisestään lisätä turpeesta mineraaliravinteisiin nähden liiallisesti vapautuvan typen huuhtoutumista. Ongelmaa edelleen kärjistää ilmaston lämpeneminen, joka entisestään kiihdyttää turpeen hajoamista erityisesti ojitetuilla soilla, joilla hapettomuus ei rajoita hajotusta.

Edellä esitetyn perusteella on selvää, että vesistökuormituksen torjumiseksi ojitetuilla soilla pitäisi panostaa erityisesti suon vedenpinnan säätelyyn ja tasapainoiseen ravinnetalouteen esimerkiksi lannoittamalla niin, että mineraaliravinteiden puute ei rajoita turpeesta vapautuvan typen käyttöä. Vesipinta taas ei puuston veden käytön tai hyvin intensiivisen ojituksen takia saisi laskea niin syvälle, että syvien maakerrosten turve alkaa hajota. Toisaalta vesipinta ei myöskään saisi nousta äkillisesti ylös kuten poistettaessa kaikki haihduttava puusto avohakkuissa, koska tällöin käynnistyvät hapettomat pelkistysreaktiot ovat huomattava humus- ja ravinnekuormitusten lähde. Käytännössä tämä vesipinnan säätely tarkoittaisi siirtymistä alaharvennuksista ja avohakkuista jatkuvasti haihduttavan puuston ylläpitämiseen ja toisaalta hakkuiden kohdistamiseen suurimpiin ja eniten haihduttaviin puihin tai puuryhmiin eli siirtymistä kohti nk. jatkuvapeitteistä metsän kasvatusta.

Suon vedenpinnan säätely ojitetuilla turvemaidella on niiden maankäytöstä riippumatta (maatalous, Itä-Aasian öljypalmuviljelmät, metsätalous) nousemassa tärkeimmäksi menetelmäksi torjua turpeen hajotuksesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Ilmastoviisaan turvemaiden käytön lisäksi vedenpinnan säätely voisi olla myös vesistöviisasta metsätaloutta turvemaidella. Nähtäväksi jää, riittääkö metsänhoitomenetelmien muutos vai tarvitaanko tulevassa ilmastossa metsäojitetuilla soilla myös valumavesien padottamista suon vedenpinnan säätelyä varten ja turpeen hajotuksesta aiheutuvien ympäristöongelmien taltuttamiseksi. 💧



MIKA NIEMINEN
johtava tutkija, Luonnonvarakeskus
mika.nieminen@luke.fi



. PN7 1

uponor

Uponor Barrier PLUS

Talousvettä turvallisesti

Uponor Barrier PLUS merkitsee läpimurtoa ja turvallisempaa tulevaisuutta puhtaan veden jakelussa riskialttiilla alueilla. Se yhdistää muoviputkiston helppouden ja joustavuuden testattuun ja vertaansa vailla olevaan suojaan jopa voimakkaimpia haitta-aineita kuten trikloorietyleeniä (TCE) vastaan.

Uponor Barrier PLUS. Ajattele pidemmälle.

www.uponor.fi