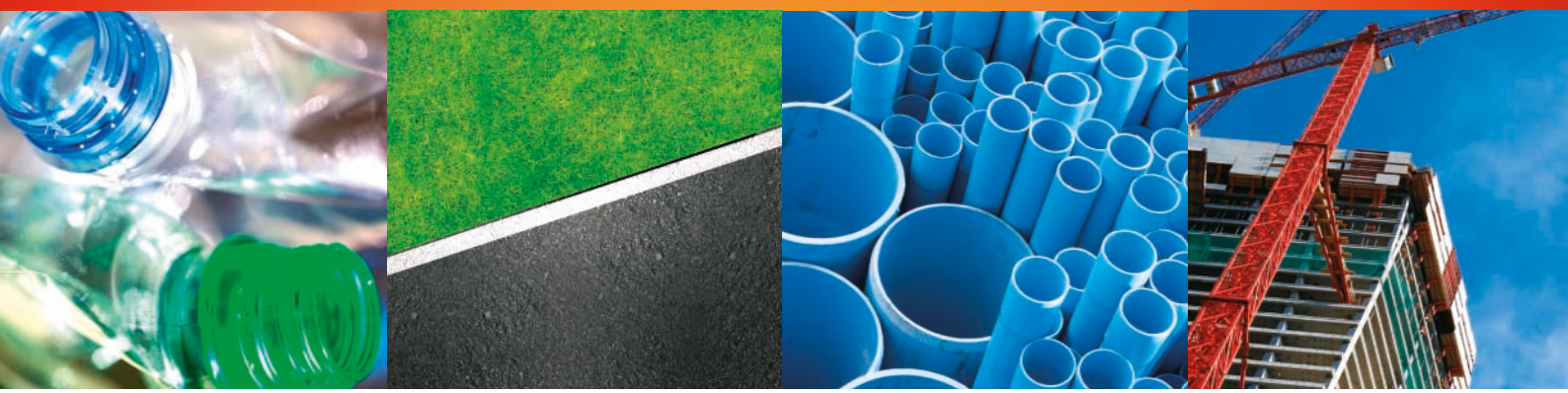
VESITALOUS

www.vesitalous.fi

4/2014

Irtonumero 12 €

1.–3.10.2014
Messukeskus Helsinki



ENVIROEXPO

JÄTE · YMPÄRISTÖ · VESI · YHDYSKUNTA

Ympäristötekniikan messukokonaisuus on nyt EnviroExpo.

Kohtaa ympäristö-tekniikan tulevaisuus.

Uudistunut tapahtumakokonaisuus esittelee ympäristö-, vesi-, jäte- ja yhdyskunta-alojen tärkeimmät tuotteet ja palvelut.

Samanaikaisesti järjestetään myös maamme suurimmat rakentamisen ja talotekniikka-alan **FinnBuild**-messut, teknisen infrastruktuurin tapahtuma **InfraExpo**, liikuntapaikkarakentamisen **Arena** sekä ympäristösuunnittelun, -rakentamisen ja -hoidon **ViherTek**-ammattitapahtuma.

Näytteilleasettajaksi messuille? Toimi nopeasti!

Ota yhteyttä:
myyntipäällikkö Virpi Jokitalo,
puh. 050 376 0835,
virpi.jokitalo@messukeskus.com

FinnBUILD INFRAEXPO Arena VIHERTEK

OIKEITA KOHTAAMISIA. AITOJA ELÄMYKSIÄ. KOSKETUS TULEVAISUUTEEN.

Messukeskus

VESITALOUS

www.vesitalous.fi

VOL.LV

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

KUSTANTAJA
Talotekniikka-Julkaisut Oy
Eeva Keränen
E-mail: eeva.keranen@talotekniikka-lehti.fi

Yhteistyössä Suomen Vesiyhdistys ry

ILMOITUKSET
Eeva Keränen
Puhelin 0400 773833
E-mail: ilmoitus.vesitalous@mvtt.fi

PÄÄTOIMITTAJA
Timo Maasilta
Maa- ja vesitekniikan tuki ry
Annankatu 29 A 18, 00100 Helsinki
E-mail: timo.maasilta@mvtt.fi

TOIMITUSSIHTEERI
Tuomo Häyrynen
Puistopiha 4 A 10, 02610 Espoo
Puhelin 050 585 7996
E-mail: tuomo.hayrynen@talotekniikka-julkaisut.fi

TILAUKSET JA OSOITTEENMUUTOKSET
Taina Hihkiö
Maa- ja vesitekniikan tuki ry
Puhelin (09) 694 0622, faksi (09) 694 9772
E-mail: vesitalous@mvtt.fi

ULKOASU JA TAITTO
Forssa Print / Taittopalvelu

PAINOPAIKKA
Forssa Print | ISSN 0505-3838

Asiantuntijat ovat tarkastaneet lehden artikkelit.

TOIMITUSKUNTA
Minna Hanski, dipl.ins., neuvotteleva virkamies, Maa- ja metsätalousministeriö

Saija Vuola, fil. maist., projektipäällikkö Suomen Vesiyhdistys ry

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

Riina Liikanen, tekn.tri, vesihuoltoinsinööri, Suomen Vesilaitosyhdistys ry

Lea Siivola, dipl.ins., Maa- ja vesitekniikan tuki ry

Saijariina Toivikko, dipl.ins., vesihuoltoinsinööri, 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 Esko Kuusisto.
E-mail: esko.kuusisto@ymparisto.fi

Kannen kuva: stock.xchng

Sisältö 4/2014

4 **Sua lähde kaunis?**
Esko Kuusisto

SUOMEN LÄHTEET

5 **Suomen lähteet**
Esko Kuusisto

10 **Lähteikköjen lajisto ja suojelutilanne**
Jari Ilmonen

15 **Lähteet Suomen vesihuollossa**
Tapio Katko ja Petri S. Juuti

19 **Lähdekartoitusta lintuperspektiivistä**
Anne Rautio,Kirsti Korkka-Niemi ja Anna-Liisa Kivimäki

23 **Helsingissä on vielä monenlaisia lähteitä**
Katja Pellikka

26 **Harjupohjavedet ylläpitävät moninaisia luontotyyppejä**
Björn Klöve, Pertti Ala-aho ja Pekka Rossi

30 **Lähteet reagoivat herkästi ympäristömuutoksiin**
Risto P. Mäkinen

32 **Lähteet pohjavesialueiden kartoituksessa ja luokituksessa**
Ritva Britschgi

RAVINTEET

34 **Sedimentin prosessien vaikutus fosforin vapautumiseen Helsingin Töölönlahdella**
Marie Korppoo, Kaarina Lukkari ja Emil Vahtera

YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

39 **Suomenlahdella toteutetun suuren rakennusprojektin ympäristövaikutukset**
Ari Hanski

AJANKOHTAISTA

44 **Viikinmäen jätevedenpuhdistamo täytti 20 vuotta**
Tuomo Häyrynen

45 **Ajankohtaista Vesiyhdistykseltä**

46 **Liikehakemisto**

50 **Abstracts**

51 **Eestin lähteet**
Kristel Vilbaste

Seuraavassa numerossa teemana on **Kaivostoiminnan vesiensuojelu.**
Vesitalous 5/2014 ilmestyy 24.10. Ilmoitusvaraukset 26.9. mennessä.

ESKO KUUSISTO
johtava hydrologi,
Suomen ympäristökeskus
E-mail: esko.kuusisto@ymparisto.fi

Sua lähde kaunis?

Kotipitäjässäni Ruovedellä on kaksi tunnettua lähdettä. Kirkonkylän kupeessa, Pappilanlahden rantalehdossa, pulppuaa Runebergin lähde. Tuleva kansallisrunoilija saapui keväällä 1825 Ruovedelle kapteeni af Enehjelmin lasten kotiopettajaksi. Vajaan kilometrin päässä sijainneen lähteen hyvä vesi ja vehmas ympäristö saivat kyläläiset usein vierailemaan lähteellä. Sinne suuntasi askeleensa myös lasten melskeen uuvuttama nuori kotiopettaja. Syntyikö tuon lähteen äärellä myös Suomen kuuluisin lähderuno ”Vid en källa”, sitä emme tiedä. Todennäköisesti tuo pulputtaja kuitenkin oli Runebergille tämän runon inspiraation lähteenä.

Ryövärinkuopan lähde sijaitsee Ruoveden kirkolta 15 km Orivedelle päin, kantatien varrella. Se on Siikakankaan suppa, jonka ympärillä on vehreää lähdekasvillisuutta ja laskupurossa majavanpato. Zachris Topelius kuvaa tätä lähdettä ”Talvi-iltain tarinoissa” seuraavasti:

”Paikka on tunnettu nimellä ’ryövärin ruoppi’ tai rosvoluola... Siinä, kertoo kansantaru, ovat rosvot ennen muinoin majailleet väijyskellen matkustajia; monen markkinamiehen hyvin varustettu kuorma ja monen pellavakauppiaan sattumalta täyteläinen rahakukkaro on siinä ryöstetty, ja kenties on joskus viaton veri tahrannut tienvieren ruskeaa kanervikkoa.”

Tänä päivänä Ryövärinkuoppa voi erinomaisesti, mutta Runebergin lähteen tila on surkea. Ruovesi-lehti kirjoitti 20.6.2012:

– En ole koskaan nähnyt yhtä runsasta leväkasvustoa millään luonnontilaisella lähteellä, miettii Runebergin lähteellä toukokuun lopulla käynyt tutkija Jari Ilmonen.

Kuvatekstissä kerrotaan, että tutkija harkitsi maistavansa lähteen vettä, mutta ei sitä kuitenkaan tehnyt. Runebergin lähteen ongelmiksi ovat paljastuneet typpikuormituksesta johtuva levien voimakas kasvu, korkeat bakteeripitoisuudet sekä pohjaveden heikentynyt laatu. Lähteeseen valuu pintavesiä yläpuoliselta pellolta.

Tämä teemanumero kertoo monipuolisesti Suomen lähteistä. Jari Ilmonen käsittelee lähteiden lajistoa, suojelua ja ennallistamisen problematiikkaa. Tapio Katko ja Petri Juuti valottavat lähteiden käyttöä vesihuollossa. Se on viime vuosikymmeninä vähentynyt, mutta on edelleen merkittävää. Tehokkain tapa kartoittaa veteen purkautuvia lähteitä on lämpökamerakuvaus, kertovat Anne Rautio, Kirsti Korkka-Niemi ja Anna-Liisa Kivimäki.

Katja Pellikan mukaan Helsingissä on ainakin 40 lähdettä – kuinka moni meistä tietää niistä yhtäkään? Suomen suurimpiin kuuluvan harjualueen, Rokuan, mutkikkaita pohjavesioloja valottavat Björn Klöve, Pertti Ala-aho ja Pekka Rossi.

Risto Mäkisellä on konkreettisia esimerkkejä lähteiden herkästä reagoinnista ihmisen toimintaan. Ritva Britschgi toteaa, että lähteet on jo monessa laissa huomioitu, mutta parantamisen varaa yhä on.

Vieraskynässä meille kertoo Viron lähteistä Kristel Vilbaste, tuoreen ”Eesti allikad” -kirjan tekijä. Eipä olisi pahitteeksi, jos olisi olemassa myös kirja Suomen lähteistä. ”Källor i Sverige” ilmestyi vuonna 2006.

Runebergin ”Vid en källa” on suomennettu ainakin kolmeen kertaan. Tunnetuin, Elias Lönnrothin tekemä, alkaa idyllillä: ”Sua lähde kaunis, katselen, likellä vettäsi.” Neljäs säkeistö on sävyltään paljon synkempi:

ja moni synkkä pilvi toi
yön sieluun varjoineen,
ja saapui nopeasti, oi,
mut lähti verkalleen!

Tänä päivänä synkkä pilvi varjostaa monia Suomen lähteitä. Pikaista hoitokeinoa näiden lähteiden kauneuden palauttamiseksi ei ole. Pitkäjänteinen työ voi kuitenkin olla palkitseva ja lopulta voidaan todeta, että ongelmat lähtivät, vaikkakin verkalleen.

Suomen lähteet

ESKO KUUSISTO
johtava hydrologi,
Suomen ympäristökeskus
E-mail: esko.kuusisto@ymparisto.fi

Suomessa on 32 383 kartoille merkittyä lähdettä. Monet ovat pieniä, mutta joukossa on myös useiden hehtaarien laajuisia lähteikköjä ja tihkupintoja. Maamme suurin on Utsjoella sijaitseva Sulaojan lähde, joka purkaa vettä yli 300 litraa sekunnissa.

Lähde voidaan määritellä paikaksi, jossa vesi virtaa luonnon olosuhteissa kallio- tai maaperästä maanpinnalle tai pintavesimuodostumaan.

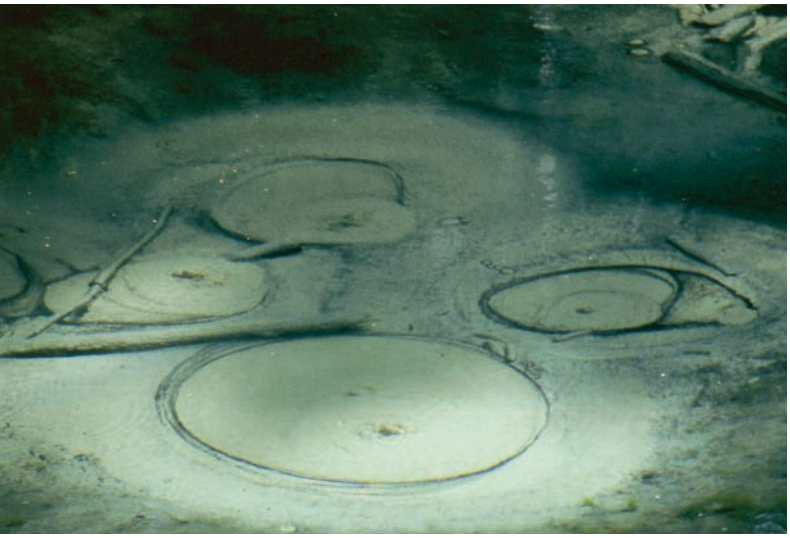
Lähteitä voidaan luokitella monin perustein. Hydrologisia luokitteluperusteita ovat esimerkiksi virtaama ja sen vaihtelut, veden lämpötila ja purkautumistapa. Jälkimmäisen osalta erotetaan tavallisesti puro-, allikko- ja hetteikkölähteet. Purolähteissä lähdepuro alkaa suoraan pohjaveden purkautumiskohdasta, allikkolähteissä vesi purkautuu vaihtelevan kokoiseen altaaseen (**Kuva 1**) ja hetteikkölähteissä vesi muodostaa kovan tai upottavan tihkupinnan (**Kuva 2**).

Kemiallisia lähteiden luokitteluperusteita voivat olla esimerkiksi veden pH, sähkönjohtokyky ja typpi- tai fosforipitoisuus. Biologisen luokittelun lähtökohtana ovat usein sammalet. Ne viestittävät myös lähteen trofiatasosta, jonka osalta päätyypit ovat oligo-, meso- ja eutrofiset lähteet.

Ruotsin lähdeakatemia (Källakademin 2006) luettelee vaihtelevin luokitteluperustein toistakymmentä lähdetyyppiä. Maaperän perusteella erotetaan moreeni-, harju- ja louhikkolähteet. Arteesisissa lähteissä painepinta on maanpinnan yläpuolella, jolloin vesi voi suihkuta ilmaan. Suomessa tällainen on esimerkiksi Saarijärvellä sijaitseva Metsäsianlähde, joka on tosin syntynyt pohjavesitutkimusten yhteydessä. Talvisin arteesisen lähteen ympärille voi syntyä jääkupoli. Paineenalainen vesi voi myös kuljettaa lähteeseen niin paljon maa-ainesta, että tästä syntyy oikea 'kupolilähde'.

Kalliolähteitä esiintyy sekä sedimenttikivissä että peruskalliossa. Ne ovat rakolähteitä tai kerroslähteitä. Kalkkipitoisilla alueilla on karstilähteitä, joiden virtaamat voivat olla erittäin suuria. Osa karstilähteistä on tulkittavissa maanalaisiksi joiksi.

Kivennäislähteiden vedessä on runsaasti yhtä tai useampaa alkuainetta, suolaa tai



Kuva 1. Monissa allikkolähteissä on nähtävissä veden purkupaikkoja. Joskus niitä ympäröivät renkaat muuttuvat koko ajan, kun eri pohjamateriaalit liikkuvat virtauskentässä.

Kuva 2. Talvivaaran lähteen laaja tihkupinta pysyy pääosin sulana, vaikka Koillismaa on Suomen lumisimpia seutuja.

muuta yhdistettä. Monien kivennäislähteiden vettä pullotetaan ja niiden yhteyteen on syntynyt kylpylöitä.

Tuliperäisillä alueilla on geysireitä, jotka purkautuvat syklisesti kiehuvan veden höyrynpaineen vaikutuksesta. Tunnetuimpia esiintymisalueita ovat Islanti, Uusi Seelanti ja Yellowstonen kansallispuisto USAssa. Myös kylmän veden geysireitä tunnetaan muutama; niiden jaksollisuus perustuu lappoilmiöön.

EU:n luontodirektiivissä on kaksi varsinaista lähdeluontotyyppiä; *lähteet ja lähdesuot* sekä *huurresammallähteet*. Jälkimmäisiä esiintyy pääasiassa kalkkipitoisen maa- ja kallioperän alueilla. Lisäksi lähteiden laskupuroja kuuluu luontotyyppiin *pikkujoet ja purot* ja lähdevetisiä lampia sisävesien järviluontotyyppeihin (http://www.ymparisto.fi/luontotyyppiesittelyt).

Monet pienet lähteet ovat hyvin suppea-alaisia kohteita. Kuitenkin lähteet muodostavat myös laajoja, epäselvästi rajautuvia kokonaisuuksia, lähteikköjä. Niihin voi kuulua allikoita, purkupisteitä, tihkupintoja, uomaverkostoa ja kovan maan saarekkeita. Kaatuneet puut ovat niille luonteenomaisia. Vaikeakulkuisuutensa takia ne ovat saattaneet säilyä koskemattomampina kuin yksittäislähteet ja niiden lajisto voi olla monipuolinen.

Paljonko Suomessa on lähteitä?

Suomen lähteet laskettiin peruskartoilta vuonna 1988. Laskenta oli jatkoa hydrologian toimiston, Jyväskylän yliopiston ja Suomen Kuvalehden yhteistyölle, jonka puitteissa järvien (187 888 kpl) ja saarten (179 484) lukumäärät oli jo selvitetty.

Laskennan saldo oli 22 085 lähdettä. On täysin selvää, että kaikkia ei huomattu. ”Pienen sinisen täplän löytäminen ja pienen kirjainmerkinnän havaitseminen ei ole helppoa. Luku on varmasti pienempi kuin se on todellisuudessa”, professori Mikko Raatikainen kirjoitti.

SYKEn tietokeskus poimi lähteet Maanmittauslaitoksen vuoden 2012 maastotietokannasta toukokuussa 2014. Maakunnittain etsittiin kaikki kohteet, jotka kuuluivat luokkaan 36100 (Lähde = pohjaveden maanpäällinen purkautumiskohta). Näiden kohteiden kriteereinä on, että ne ovat maastossa selvästi havaittavia ja ympäri vuoden vettä antavia.

Uuden laskennan mukaan Suomessa on 32 383 lähdettä. Eniten niitä on Lapissa, lähes kymmenentuhatta. Seuraavina lähderunsaudessa ovat Pohjois-Savo, Keski-Suomi, Pohjois-Karjala ja Kainuu. Ahvenanmaalla on vain 18 lähdettä (**Taulukko 1**).

Lähdetiheys maapinta-alaa kohti laskettuna on suurin Pohjois-Savossa, jossa on 23 lähdettä sadalla neliökilometrillä. Seuraavina ovat Keski-Suomi ja Pirkanmaa. Ahvenanmaa on tämänkin tilaston peränpitäjä.

Vanhaan laskentaan verrattuna lähteiden lukumäärä lisääntyi lähes 50 prosentilla. Ero on merkittävä. Näin paljon lähteitä ei ole voinut jäädä 1980-luvun laskijoilta huomaamatta, joten nykyisillä kartoilla niitä on enemmän kuin silloin.

Realiteetti on myös, että kaikkia maastossa näkyviä lähteitä ei ole kartoille merkitty. Yhtä selvää on, ettei karttaan merkitystä lähteestä näy maastossa mitään merkkiä. Jos paikalla tai lähistöllä on rengaskaivo, lähde on siirtynyt palvelemaan vesihuoltoa. Osa lähteistä on tuhoutunut.

Taulukko 1. Suomen lähteiden lukumäärät ja lähdetiheydet maakunnittain (SYKE, tietokeskus/Jaakko Suikkanen)

Maakunta	Lähteitä kpl	Tiheys kpl/100 km²
Ahvenanmaa	18	1,16
Etelä-Karjala	611	10,89
Etelä-Pohjanmaa	883	6,57
Etelä-Savo	804	5,75
Kainuu	2 428	11,29
Kanta-Häme	549	10,56
Keski-Pohjanmaa	115	2,29
Keski-Suomi	3 303	19,77
Kymenlaakso	645	12,53
Lappi	9 642	10,41
Pirkanmaa	1 902	15,28
Pohjanmaa	217	2,80
Pohjois-Karjala	2 551	14,36
Pohjois-Pohjanmaa	1 893	5,33
Pohjois-Savo	3 883	23,16
Päijät-Häme	636	12,41
Satakunta	432	5,43
Uusimaa	1 079	11,86
Varsinais-Suomi	792	7,43
Koko maa	**32 383**	**10,66**

Keskimääräinen lähdetiheys Suomen maa-alueilla oli uuden laskennan mukaan vajaat 11 kpl/100 km². Suurimmat tiheydet löytyivät alueilta, jotka ovat ympäristöään korkeampia mannerjäätikön muovaamia kulutuspintoja. Näiden alueiden topografiaa luonnehtivat jyrkkärinteiset kohoumat tai korkeussuhteiltaan vaihtelevat ruhjelaaksoja sisältävät maastot.

Edellistä tyyppiä ovat Vaara-Karjalan ja Peräpohjolan alueet. Jälkimmäistä edustavat Järvi-Suomen koillis- ja luoteisosat sekä etenkin Salpausselkävyöhykkeen reunamuodostumat.

Suurin osa lähteistä on pieniä, kooltaan alle neliömetristä muutamaan neliömetriin. Kauhajoella inventoiduista allikkoläheistä oli halkaisijaltaan alle yhden metrin 11 kpl, 1–5 metrin 47 kpl, 5–10 metrin 14 kpl ja yli 10 metrin 9 kpl (Mäkiranta & Savela 2007).

Etenkin Pohjois-Suomessa on jopa useiden hehtaarien laajuisia lähteikköjä ja tihkupintoja.

Toisaalta lähteen ala on hyvin tulkinnanvarainen käsite. Hydrologisia piirteitä parempi rajaamisperuste lienee usein lähdekasvillisuus. Juutinen & Kotiaho (2009) tutkivat Salpausselän alueen lähteitä ja toteavat: ”Tässä tutkimuksessa lähteet, jotka olivat lähes kaikki lähteikköjä, käsitettiin laajoina, vähitellen vaihettuvina lähdesammalyhteisöinä ja lähdevaikutteiset reunatyypitkin luettiin yleensä kuuluviksi lähteikköön.”

Juutisen ja Kotiahon aineistoon kuului 79 lähdettä. Heidän tulkintansa mukaan niiden koko vaihteli 5 neliömetristä 35 aariin. Lähteikköjen alasta keskimäärin 84 prosenttia

oli hetepintaa, purojen osuus oli 11 prosenttia ja allikoiden 6 prosenttia.

Suurimmat lähteet

Maamme suurimmista lähteistä ei pystytä laatimaan yksiselitteistä virtaaman mukaista luetteloa. Monien lähteiden purkamista vesimääristä on yksittäisiä mittaustietoja, mutta systemaattista seurantaa on niukasti. Lisäksi monet lähteiköt purkavat vetensä esimerkiksi soille lukuisia uomia pitkin, jolloin kokonaisvirtaaman määrittäminen on lähes mahdotonta. Isoja lähteikköjä ei myöskään voida yksiselitteisesti jakaa erillisiksi lähteiksi.

Useimmiten Suomen suurimmaksi lähteeksi mainitaan Karigasniemellä sijaitseva Sulaojan lähde (pohjoissaameksi Suttesgáldu). Sen allikosta käytetään nimeä Sulalampi tai Seitalampi. Allikon pituus on noin 300 m ja ala 0,75 hehtaaria. Laskupurona on talvipakkasillakin auki pysyvä Sulaoja (Suttesája), joka laskee Basijávriin.

Sulaojan lähteestä purkautuva vesimäärä on runsaat 30 000 kuutiometriä vuorokaudessa. Purkautuvan veden lämpötila on ympäri vuoden noin kolme astetta ja puro pysyy sulana myös kovilla pakkasilla. Vesi on pääosin peräisin Luomusjoesta, josta se imeytyy hiekka- ja sorakerrosten läpi. Keskivaluma Karigasniemen seudulla on noin 12 l/s km^2, joten lähteen laskennallinen valuma-alue on noin 29 km^2.

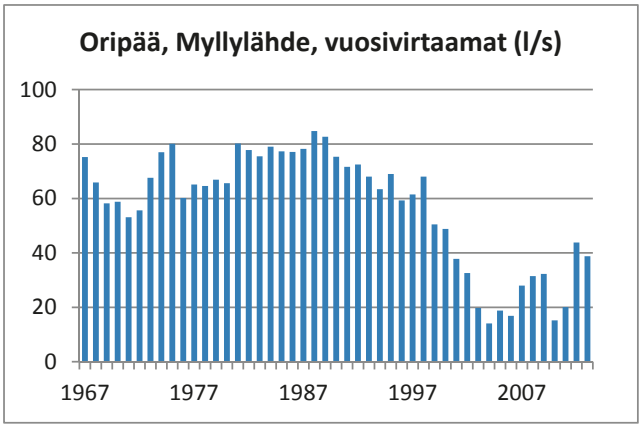
Utsjoen kunta käynnisti vuonna 2001 hankkeen, jossa suunniteltiin Sulaojan lähdeveden hyödyntämistä. Vettä olisi otettu 1 300 m^3/vrk ja se olisi pumpattu 120 metrin päässä lähteestä. Vesi olisi kuljetettu Norjan satamien kautta maailmanmarkkinoille. Hanke herätti voimakkaita mielipiteitä ja sitä käsiteltiin Eduskuntaa myöten (Kirjallinen kysymys 233/2002). Lopulta Utsjoen kunta luopui hankkeesta.

Lähdetilaston hopeasijalle on jo useita tarjokkaita. Taivalkosken Kylmäperän lähteikön (eli Taivalvaaran lähteen) purkaumaksi on esitetty jopa 17 000 m^3/vrk. Sen laskupurossa on kolmiopato, jossa alimmat talvikautiset virtaamat ovat olleet 7 000–8 000 m^3/vrk (Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2005). Suurimmista virtaamista ei ole tietoa; keväällä puroon varmasti päätyy myös lumen sulamisvesiä, samoin pitkin talvea, koska itse lähteikön tihkupinta pysyy paksujenkin hankien aikaan sulana.

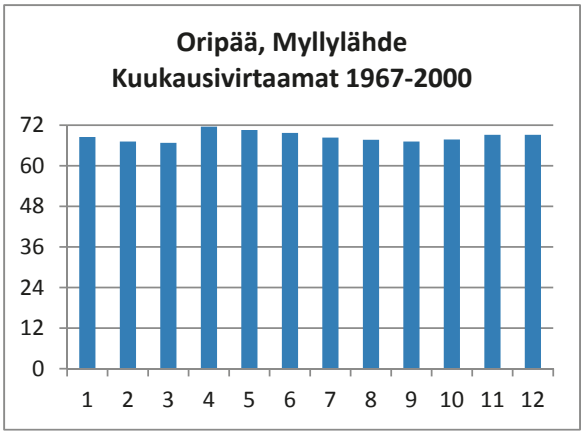
Oripään Myllylähde

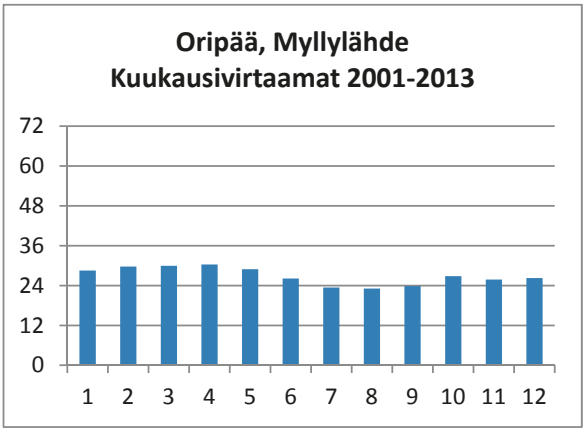
SYKEn hydrologien parhaiten tuntema lähde on Oripään Myllylähde. Sen menovirtaamasta on lähes yhtenäinen vuorokautisten havaintojen sarja vuodesta 1967 lähtien. Keskivirtaama on ollut 57 l/s, ylivirtaama 101 l/s (joulukuussa 1967) ja alivirtaama 7 l/s (maaliskuussa 2011). Myllylähteen menovirtaaman vaihtelu on siis ollut noin 15-kertainen, mikä on lähteelle epätyypillisen suuri. Myös vuosivirtaamien vaihtelu on peräti kuusinkertainen (Kuva L1).

Virtaamat ovat selvästi romahtaneet vuoden 2000 jälkeen. Tämä ilmenee myös kuukausikeskivirtaamista kahdella vertailujaksolla (kuvat L2a ja L2b). Ilmeinen syy virtaamien pienenemiseen on ollut Turun vedenotto.



Kuva L1. Myllylähteen menovirtaamien vuosikeskiarvot (l/s) kaudella 1967–2013.





Kuva L2. Myllylähteen menovirtaamien kuukausikeskiarvot (l/s) kaudella 1967–2000 (a) ja 2000–2013 (b).

Hammonjoen lähteen purkaumaksi ilmoitetaan 11 000 m^3/vrk. Tämä joki sijaitsee Hollolassa ja laskee Vesijärveen. Sen latvoilla sijaitsee Kiikunlähde, jonka virtaama-arvio on 5 600–7 000 m^3/vrk. Vesistössä on varmasti myös muita lähteitä, mutta näyttää siltä, ettei sen nimikkolähdettä löydy kartalta. Noin 7 km alavirtaan Kiikunlähteeltä on tehty mittaussarja, jossa virtaamat ovat vaihdelleet välillä 150–600 l/s (Anttila-Huhtinen 2007).

Hämeenkoskella sijaitsee suuri lähde, josta on käytetty kolmea nimeä: Kellolan-, Huljalan- ja Helvetinlähde. Lähteen purku-uoma yhtyy Helvetinrotkon pohjalla virtaavaan Kumianojaan. Lähteen virtaamaksi on arvioitu 6 000–8 000 m^3/vrk.

Salpauselkävyöhykkeellä on melkoinen joukko merkittäviä lähteitä, joita tutkittiin laajasti jo 1950-luvulla (Ulvinen 1955). Muita tunnettuja lähdeseutuja Etelä-Suomessa ovat mm. seuraavat:

- Kauhajoki-Isojoki. Kauhajoella kartoitettiin kesällä 2007 yhteensä 114 lähdettä, joista 42 oli luonnontilaisia tai lähes luonnontilaisia (Mäkiranta & Savela 2007). Suurin on todennäköisesti Pahalähde. Isojoen tunnettuja lähteitä ovat Räyskänkeidas (**Kuva 3**) ja Lohiluoma.
- Virttaankankaan-Säkylänharjun alue. Suurimpia lähteitä ovat Köyliön Kuninkaanlähde ja Oripään Myllylähde.
- Hämeenkankaan - Pohjankankaan harjumuodostuma (**Kuva 4**).
- Hyyppärän harjualue Hämeen ja Varsinais-Suomen rajalla. Tunnetuin lähde on Kultalähde Kiikalassa.

Pohjois-Suomessa on isoja lähteitä muun muassa Rokuan alueella, Ylikiimingissä ja Pudasjärvellä. Venkaan lähde ja ylempi Poijulan lähde Pudasjärvellä purkavat kumpikin noin 3 000 m^3/vrk, Keihäsojan ja Kiiskiojan lähteet Ylikiimingissä ovat hieman pienempiä.

Lähdelammet ja -järvet

Kuinka suuri allikkolähde voi olla? Milloin se lakkaa olemasta lähde ja muuttuu lähdelammeksi tai jopa lähdejärveksi?

Lähes jokaiseen Suomen järveen ja lampeen purkautuu pohjavettä. Jos purkautuminen on paikallisesti voimakasta, tämä on parhaiten havaittavissa jääpeitekauden aikana. Tuo kohta jäätyy myöhään ja sulaa aikaisin, talvella jää voi olla siinä ympäristöä heikompaa.

Tällaisia lähteitä on havaittavissa monissa Suomen järvissä. Tunnettu esimerkki on Kauhajoen Nummijärvi. Pohjavesien osuus tulovirtaamasta on merkittävä myös monella isohkolla järvellä. Tällainen on muun muassa Nurmijärven Sääksjärvi, joka lienee Suomen suurin laskujoeton järvi. Joskus on Lahden Vesijärveä kutsuttu maamme suurimmaksi lähteeksi – ei täysin ilman todellisuuspohjaa.

SYKEn järviwikissä on kaksi Lähdejärveä (Jämsä, Hämeenlinna), kaksi Lähdelampea (Kouvola, Kivijärvi) ja yksi Lähdelammi (Janakkala). Kaikki sijaitsevat lähteitä suosivissa maastoissa, mutta yhdenkään tuntumaan ei ole lähteitä merkitty.

Lähteen äkillinen synty järveen on Suomessa ainakin kerran havaittu. Elokuussa 2013 Ylikiimingin Vepsänjärven rannassa vesipatsas kohosi ”lähes metrin korkeuteen”. Yön aikana virtaus hiljeni, mutta pieni pulputus jatkui. Järven pinnan kerrottiin nousseen useita senttejä. http://www.rantapohja.fi/uutiset.php?article=LAHDE-PULPAHTI-14.8..html

Purkautumisen lienee aikaansaanut lähistöllä suoritettu maalämpökaivon poraus. Kallioperässä on todennäköisesti ruhjevyöhyke, josta vesi on päässyt purkautumaan paineellisesti, kun päällä ollut tiivis maalajikerros on puhkaistu.

Kuva 3. Räyskänkeidas kuuluu niihin lähteisiin, joiden virtaamaa on seurattu laskupuroon rakennetun mittapadon avulla.

Kuva 4. Kylmänmyllynlähde Hämeenkankaalla Pohjois-Satakunnassa. Lähistöllä pulppuaa myös Uhrilähde sekä yksi Suomen viidestä Kuninkaanlähteestä.

Estetiikkaa, pyhyyttä ja terveyttä

Mikä on Suomen kaunein lähde?

Tällainen äänestyskilpailu on järjestetty ainakin kerran. UPM-Metsän järjestämässä kisassa voittajaksi ylsi Utajärvellä sijaitseva Sulaojan hete eli Hämyhete. Kisaan ilmoitettiin mukaan toistasataa lähdettä.

Seuraavassa muutamia kansalaisten perusteluita ehdokkailleen:

- Tällä lähteellä on sekä sisäinen että ulkoinen kauneus. Sisäinen kauneus näkyy sen kuplivassa iloisuudessa, ulkoinen perustuu sen sijaintiin keskellä kasvumetsää.
- Esittelin lapsille lähdettä. Join siitä vettä ja aloin laulaa: ”Sua lähde kaunis katselen…” Tuumasivat, että taitaa olla taikajuomaa, kun heti noin laulattaa!
- Lähde lepää vuodenvaihtelujen mukaan. Keväällä sen pinta on kuin valossa väreilevä kuvakudos.
- Maisema on kuin maahisten valtakuntaa. Voin kuvitella Päivänsäteen ja Menninkäisen kisailevan lähteen reunalla ja pesevän kasvojaan raikkaalla vedellä.
- Lähde on kuin ihanan naisen silmät. Niihin kun katsoo – voi niihin hukkua.
- Lähde on pelottavan kaunis.
- Vaikka sen vesi on kylmää, se ei jätä ketään kylmäksi.
- Esi-isien pontikankeittopaikka.

Monia lähteitä on pidetty pyhinä paikkoina. Sellainen on saamelaisille ollut Karigasniemen Suttesája. Piispa Henrik kastoi perimätiedon mukaan ensimmäiset suomalaiset kristinuskoon Kupittaan lähteen vedellä. Lähdeveden parantaviin vaikutuksiin on uskottu laajasti ja yhä on olemassa lukuisia terveyskylpylöitä eri maiden lähteillä. Suomessa tunnetuin esimerkki on Iisalmen Runni.

Kirjallisuus

Anttila-Huhtinen, M. 2007. Hollolan Hammonjoen kalataloudelliseen kunnostukseen liittyvä vesistötarkkailu loppuvuodesta 2006. Kymijoen vesi ja ympäristö ry, tutkimusraportti 87, 20 s.

Juutinen, Riikka. 2007. Lähteikköjen luonnontilan ja sammallajiston muutokset Salpausselällä 1953–2006. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, 122 s.

Juutinen, R. & Kotiaho, J. 2009. Lähteikköjen luonnontilan ja sammallajiston pitkäaikaismuutokset. Suomen ympäristö 19, 121 s.

Källakademin. 2006. Källor i Sverige. Svensk byggtjänst, Sundbyberg, 256 s.

Mäkiranta, T. & Savela, J. 2007. Kauhajoen lähteet. Lähdekartoitus Lumikankaalla ja Karhunkankaalla 2007. Pohjanmaan vesiensuojeluyhdistys ry, 33 s.

Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto. 2005. Veden johtaminen Kylmäojasta ja kalojen säilytysaltaan rakentaminen, Taivalkoski. Lupapäätös 48/05/2, 29 s.

PVO-Vesivoima Oy. 2009. Kollaja-hanke. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Ramboll-Finland Oy, 383 s.

Ulvinen T. 1955: Lähteiden ja lähteikköjen kasvistosta ja kasvillisuudesta ulomman Salpausselän itäisessä keskiosassa. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, kasvitieteen laitos. 308 s.

Väisänen, Eero. 2011. Lähde on kuin jalokivi. Metsän henki 2/2011, s. 21.

K.H. RENLUNDS STIFTELSE

K.H. RENLUNDIN SÄÄTIÖ:

APURAHOJA geologisiin ja ympäristöprojekteihin vuodelle 2015

K.H. Renlundin säätiö julistaa haettavaksi projektirahoitusta yhteensä n. 700 000 euroa. Säätiö tukee taloudellisesti käyttökelpoisten maakamaran raaka-aine- ja vesivarojen etsintää, tutkimusta ja teknis-taloudellisia selvityksiä. Säätiö tukee myös mineralogian ja geologian alojen teknistä innovaatiota sekä geologisesti suuntautuneita ympäristöhankkeita (ei kongressimatkoja eikä puhtaita laitehankintoja). Säätiö voi rahoittaa julkaisutoimintaa sekä tieteellisiä jatkotutkintotöitä, joiden aihepiiri liittyy säätiön tavoitteisiin.

Rahoitushakemukset lähetetään 30.11.2014 mennessä osoitteeseen:
Prof. Carl Ehlers, Geologi och mineralogi, Institutionen för naturvetenskaper,
Åbo Akademi, FI-20500 Turku. Sähköposti: carl.ehlers@abo.fi
(lisätietoja: www.abo.fi/renlund).

Lähteikköjen lajisto ja suojelutilanne

JARI ILMONEN
erikoissuunnittelija
Metsähallitus, luontopalvelut
E-mail: jari.ilmonen@metsa.fi

Jari Ilmonen, Lauri Paasivirta ja Jukka Salmela aloittivat Suomen lähteikköjen selkärangaton- ja sammallajiston systemaattisen tutkimuksen vuonna 1999. Nyt 15 vuoden jälkeen tutkimukset ovat siirtyneet pääosin muille tekijöille ja painopiste lajiston luontaisen vaihtelun tutkimuksesta ihmisvaikutuksen ja ennallistamisen vaikutusten selvityksiin.

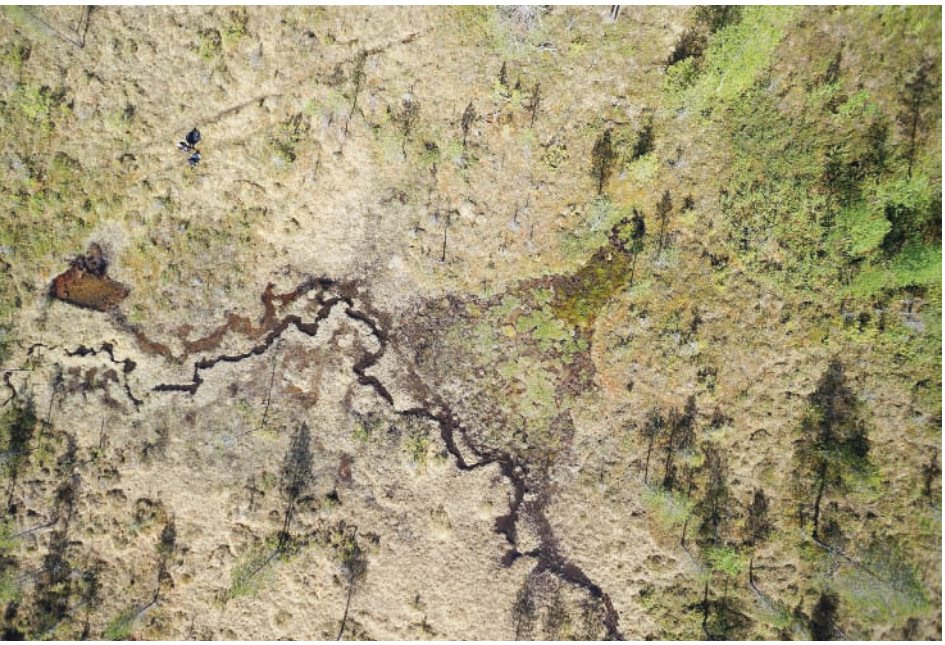
Kansan suussa lähteenä on pidetty yleensä selvärajaista lähdeallasta, josta purkautuu näkyvästi vettä. Usein kuitenkin erilaiset lähdetyypit (tihkupinnat, altaat, purot ja norot) muodostavat laajoja ja monipuolisia komplekseja, lähteikköjä. Käytän tässä artikkelissa lähteikkö -termiä kuvaamaan kaiken tyyppisiä lähde-elinympäristöjä.

Lähteikköjen olosuhteet ovat eliöiden kannalta pintavesiin verrattuna vakaat ja ennustettavat: puhdasta pohjavettä purkautuu ympäri vuoden tasaisesti ja tasalämpöisenä. Pintavedet ovat lähteikköjä alttiimpia sadannan ja ilman lämpötilan vaihteluille, ja poikkeustilanteita (tulvat, kuivuus) ilmenee melko usein.

Vakauden suhteen lähteikköjen välillä on toki vaihtelua muun muassa lähteikköä ruokkivan pohjavesialueen ja lähteikön lähiympäristön ominaisuuksista johtuen. Esimerkiksi veden lämpeneminen pohjaveden purkauspaikalta alavirtaan riippuu ympäristön varjostuksesta ja lähteikön antoisuudesta. Moreenialueiden lähteiköissä virtaaman ja lämpötilan ja vaihtelu on harjualueiden lähteikköjä suurempaa. Vakaimpia ovatkin yleensä runsaasti tuottavat harjualueiden lähteiköt sekä varjoisat metsälähteiköt.

Luonnollisesta vaihtelusta huolimatta lähteiköt ovat joka tapauksessa pintavesiin nähden tasalämpöisiä elinympäristöjä, ja veden lämpötila onkin lähteiköissämme eliöiden kannalta ehkä merkittävin yksittäinen tekijä. Etelä-Suomessa purkautuvan pohjaveden vuodenaikainen lämpötila vaihtelee keskimäärin 4–6 celsiusasteen välillä, pohjoisessa yleensä 2–3 asteen välillä.

Purkautuvan pohjaveden tasainen lämpötila tarjoaa alueella muuten vallitseviin oloihin nähden kesällä kylmää ympäristöä lämmöstä kärsiville ja talvella lämmintä, routimatonta ympäristöä jäätymistä kestämättömille lajeille. Eteläisistä lähteikkölajeistamme useat, kuten lähdesirvikäs (*Crunoecia irrorata*), lähdesara (*Carex paniculata*) ja harsosammal (*Trichocolea tomentella*), lienevät jääkauden jälkeisten lämpökausien reliktejä, kun taas pohjoiset lajit, kuten useimmiten partenogeneettisesti lisääntyvä kainosirvikäs (*Apatania dalecarlica*), ovat ilmeisesti asuttaneet samoja paikkoja jäätikön vetäytymisestä lähtien.



Lähteiköt rajautuvat ympäristöönsä melko selväpiirteisesti. Matalailmakuvassa keskellä puroon purkautuva, lettorämeellä sijaitseva noin aarin kokoinen huurresammallähteikkö Oulangan kansallispuistossa.

Kallioperästä purkautuvat lähteet ovat meillä harvinaisia. Kuvassa kaksi näkemääni kalkkikallioperästä purkautuvaa harvinaisuutta, oikeanpuoleinen Kuusamosta ja vasemmanpuoleinen Käsivarren suurtuntureilta.

Lähteikkölajit

Lähteiköissä elää koko joukko selkärangaton- ja sammallajeja, joista kuitenkin meillä vain verrattain pieni osa on lähteisiin erikoistuneita 'lähdelajeja'. Elinympäristön suosimisen perusteella lähteiköissä esiintyviä lajeja on etenkin Euroopassa luokiteltu ns. krenobiontteihin (*crenobiont* = lähteikköjä elinympäristökseen ehdottamasti vaativa laji), krenofiileihin (*crenophilous* = lähteitä suosiva laji) sekä muihin, elinympäristövaatimuksiltaan joko laaja-alaisiin tai tavallisiin virtavesiin tai seisoviin vesiin erikoistuneisiin lajeihin (esim. Lindegaard ym. 1998). Vaateliaita lähteikkölajeja (crenobiont – crenophilous) Suomen lähteissä löytyy monista eliöryhmistä, kuten vesiperhosista (esim. lähdesirvikäs), surviaissääskistä (esim. useat kylmää suosivat *Diamesa* -suvun lajit) sekä sammalista (esim. harsosammal) ja putkilokasveista (esim. lähdesara).

Koko Suomen kattavissa tutkimuksissa havaitsimme, että lähteikköjen pohjaeläinlajisto vaihtuu etelästä pohjoiseen liukuvasti mutta selvästi, mikä ei Suomen kaltaisessa pitkässä pohjois-etelä -suuntaisessa maassa olekaan yllättävää (Ilmonen ym. 2009). Vaihtumiseen vaikuttavat niin lämpötilaan ja muihin luonnonoloihin liittyvät tekijät kuin leviämisen luontainen hitauskin. Monet vesihyönteislajit ovat suhteellisen hitaita leviämään aktiivisesti; ne lentelevät lyhyitä matkoja kuoriutumisympäristönsä lähettyvillä, ja lähteikkölajeihin liittyy toisinaan suoranaisia leviämisrajoitteita esim. heikosti kehittyneiden lentolihasten tai surkastuneiden siipien muodossa (Hoffsten 2004).

Tutkimistamme eliöryhmistä (sammalet, vesihyönteiset ja makroskooppiset äyriäiset) leviämiskyvyltään rajoittuneimpia lienevät katkat. Lounaisessa Suomessa löysimme purokatkaa (*Gammarus pulex*) rannikkoseudun alavien aluetiden lähdepuroista ja lähteiköistä, Lapista Kemijoen vesistöstä saimme järvikatkaa (*Gammarus lacustris*). Muutamissa suurehkoissa lähdelammissa, kuten Salon (ent. Kiikalan) Kultalähde sekä Hollolan Kellolähde, oli lähteisiin jääkauden jälkeisenä reliktinä jäänyttä okakatkaa (*Pallasiola quadrispinosa*).

Paikallisesti pohjaeläinyhteisön koostumukseen vaikuttavat selvimmin lähteikössä esiintyvät elinympäristöt (purot, allikot ja tihkupinnat, erilaiset alustat) (Ilmonen ym. 2009). Vain muutama pohjaeläinlaji esiintyy lähteiköissä lähes aina runsaana. Tällaisia ovat esimerkiksi suomenkielisen nimensä hyvin ansainnut lähdekorri (*Nemurella pictetii*) sekä *Macropelopia* -suvun surviaissääskitoukat. Lähteikköspesialistien esiintymisen ja lajien monimuotoisuuden on puolestaan havaittu maailmanlaajuisesti olevan suurimmillaan tihkupinnoilla. Lähteikön elinympäristöjen kirjo (tihkupinnat, purot ja norot, allikot) onkin erittäin tärkeä eliölajiston monimuotoisuutta selittävä tekijä.

Jotkut lajit vaativat hyvin tiukasti tietynlaisia olosuhteita. Esimerkiksi *Baetis* -suvun päivänkorentoja ja hiekasta toukkasuojuksensa rakentavia vesiperhoslajeja esiintyy vain silloin, kun lähteikössä on hiekkapohjaista puroa tai noroa. Järvilajit puolestaan vaativat lähdealtaita elinympäristökseen. Esimerkiksi surviaissääskilaji *Heterotrissocladius marcidus* on karujen järvien syvänteiden tyyppilaji, joka voi kuitenkin esiintyä erittäin runsaana vain muutaman sentin syvyisessä lähdealtaassa.

Siinä missä saatavilla olevat elinympäristöt ovat pohjaeläinten kannalta ratkaisevassa asemassa, sammalille taas pohjaveden kemialliset ominaisuudet ovat kaikkein merkittävin tekijä (Virtanen ym. 2009). Merkittävin siksi, että vaikka 'tavallisten', ei-kalkkivaikutteisten lähteikköjen sammallajisto vaihtuu etelästä pohjoiseen pohjaeläinten tavoin, kalkkivai-

Särmälähdesammal (*Philonotis seriata*) on karujen ja happamien lähteiden laji.

Ahven on melko tavallinen suuremmista lähdelammista tavattava kalalaji.

kutteisissa lähteiköissä sammalyhteisöt ovat erittäin samanlaisia, tiettyjen lajien vahvasti dominoimia Lohjalta Kilpisjärvelle.

Kalkkivaikutteisissa huurresammallähteissä vallitsevia lajeja ovat etenkin pohjan- (*Palustriella decipiens*), sirppi- (*P. falcata*) ja sirohuurresammal (*Cratoneuron filicinum*), seuranaan joukko harvinaisempia kuten kalkkilähdesammal (*Philonotis calcarea*). 'Tavallisten', ionikoostumukseltaan köyhempien lähteikköjen vallitsevat lajit sen sijaan vaihtelevat enemmän lähteikköjen välillä samalla alueellakin. Näiden lähteikköjen lajeja etelässä on esimerkiksi purosuikerosammal (*Brachythecium rivulare*), kun taas pohjoiseen painottunut tavallinen tihkupintojen ja lähdepuron reunuksien laji on hetevarstasammal (*Pohlia wahlenbergii*).

Selkärangattomat eläinlajit ja kasvit luonnehtivat lähteikköjen lajistoa, mutta selkärankaisiakin lähteiköissä toki esiintyy. Kalat ovat pienissä lähteiköissä harvinaisia, isommissa lähdevaikutteisissa lammissa kaloja taas esiintyy usein. Jotkin lähdepurot ylläpitävät alkuperäisiä taimenkantoja. Erikoisin kalahavaintomme on Enontekiöltä melko laajasta lähteiköstä pohjaeläinhaaviin päätynyt made. Sammakot käyttävät lähdealtaita toisinaan talvehtimispaikkoina, ja saukko hakee niitä sieltä ruuakseen.

Lähdelinnuista mieleen tulee ensimmäisenä pyy. Vaikka se ei toki ole lähteikkölaji, korpia ja kosteikkona suosivana lajina pyitä usein pyrähtää lähteiköltä sinne saapuessa, ja voipa pyytä käyttää joskus apuna suunnistettaessa metsämaastossa lähteikköä kohti. Samaa tarkoitusta palvelevat myös hirvieläinten polut, jotka johtavat juomapaikkoina käytettyjen lähteikköjen äärelle.

Keski- ja Etelä-Euroopassa lähteikköihin liittyy melko paljon endeemisiä, vain suppealla alueella esiintyviä lajeja. Tällaisia löytyy erityisesti Alppien eteläpuoliselta alueelta, jossa lajit ovat voineet kehittyä varsinkin lähteissä satoja tuhansia vuosia verraten vakaissa oloissa. Meillä koko ympäristö on endeemisten lajien esiintymiselle liian nuorta; jääkausi on pyyhkinyt käytännössä kaiken puhtaaksi ja kehittymisaikaa on ollut vain reilut kymmenen tuhatta vuotta. Tämä on lajien kehitykselle silmänräpäys. Lajistomme onkin muualta levinnyttä.

Lähteikkoluontotyyppien uhanalaisuus ja tulevaisuudennäkymät

Lähteiköt ovat useimmiten pienialaisina jääneet monenlaisen ihmistoiminnan jalkoihin; kaupunki- ja tierakentamisen alle sekä maanoton, turpeenkaivun ja peltojen raivauksen uhriksi. Lähteikköjen raivaaminen ja rakentaminen vedenottoa varten katetuiksi kaivoiksi on ollut melko yleistä lähteikköjen tarjoaman merkittävän ekosysteemipalvelun, puhtaan juomaveden, hyödyntämisen yhteydessä.

Merkittävin lähteikköjen luonnontilaa Suomessa muuttanut tekijä on ennätystehokas metsäojitusverkostomme, jonka aiheuttamista hydrologisista ja suorista elinympäristömuutoksista (lähdevaikutuksen pinta-alan väheneminen, elinympäristöjen yksipuolistuminen, suoranainen häviäminen) lähteiköt ovat eniten kärsineet. Ojitettujen lähteikköjen lajistoa koskevissa tutkimuksissa olemme tosin huomanneet, että lajisto voi jossain määrin palautua itsestään parin-kolmenkymmenen vuoden aikana häiriön (ojituksen) jälkeen, ja muutetuissakin lähteiköissä esiintyy melko usein uhanalaisia lähdelajeja, vaikkakin harvemmin kuin luonnontilaisen kaltaisissa lähteiköissä (Ilmonen ym. 2010, Ilmonen ym. 2012).

Metsätaloudessa ovat alkaneet viimeisen parin vuosikymmenen aikana puhaltaa uudet tuulet. Ne ovat ainakin vähentäneet lähteikköjen heikentymistä ja pitkän päälle mahdollistavat lähteikköjen tilan parantumistakin monien muiden metsien pienialaisten ns. avainbiotooppien tavoin. Luon-

Keräkankareen Kylmälähde Lohjan kunnassa on lajistoltaan arvokas ja rakenteeltaan monipuolinen lähteikkö. Pohjavesi purkautuu runsaana, kivi- ja sorapohjaisena purona, jonka reunalla kasvaa mm. Etelä-Suomessa harvinaista sirppihuurresammalta.

nontilaiset ja luonnontilaisen kaltaiset lähteiköt kuuluvat metsälain suojaamiin erityisiin elinympäristöihin, joiden reunametsien luontaista rakennetta pyritään säilyttämään. Vesilaissa puolestaan kielletään heikentämästä luonnontilaisten lähteikköjen tilaa. Metsälaki suojaa siis metsäympäristössä sijaitsevien lähteikköjen välitöntä lähiympäristöä ja vesilaki itse lähteikköjen luonnontilaa.

Luonnontilaisten lähteikköjen heikentäminen metsätaloustoimien yhteydessä on ainakin selvästi vähentynyt, mutta toisaalta luonnontilaltaan selvästi heikentyneiden, mutta mahdollisesti lajistollisesti arvokkaiden lähteikköjen asema on lainsuojaton. Lain suojasta huolimatta edustavienkin lähteikköjen tila on usein edelleen uhattuna, jopa suojelualueilla.

Suojelualueiden lähteikköjen ja muiden pohjavesivaikutteisten elinympäristöjen tilaa uhkaavat kasvavat paineet vedenottoa varten. Vedenoton aiheuttama uhka lähde-elinympäristöille on lähinnä kuivahtaminen tai pohjaveden pinnan ja purkauman luontaista selvästi suurempi vaihtelu, mikä uhkaa etenkin tihkupintojen lajeja. Monet suojelualueet on perustettu arvokkaiden harju- ja reunamuodostuma-alueiden ympärille, ja viime vuosikymmenen aikana on väännetty kättä monissa oikeusasteissa mm. Salon, Oulun ja Karvian vedenottohankkeiden vaikutuksista suojelualueiden luontoarvoihin. Kasvava uhka etenkin kalkkivaikutteisille lähteiköille ovat kaivoshankkeet. Kaivosteollisuuden mielenkiinto kohdistuu usein samoille, geologisesti monimuotoisille alueille joilla arvokkaimmat kalkkilajistokeskittymämme Lapissa ja Koillismaalla sijaitsevat.

Edellä mainituista syistä johtuen lähteikköluontotyypit (Euroopan yhteisön luontodirektiivin ”lähteet ja lähdesuot” sekä ”huurresammallähteet”) on luokiteltu suojelutasoltaan epäsuotuisaan tilaan sekä vuosien 2007 että 2013 kansallisen luontodirektiivin raportoinnin yhteydessä. Tämä heikentynyt suojelutason tila koskee boreaalista luonnonmaantieteellistä aluetta (Tunturi-Lapin eteläpuolinen alue) ja etenkin luontotyyppien rakennetta ja toimintaa sekä kokonaispintaalaa. Levinneisyysalueet ovat säilyneet, mutta ihmistoiminta on nakertanut sen sisällä luontotyyppien tilaa erittäin merkittävästi. Huurresammallähteiden osalta tilanne on sikäli parempi, että niistä noin 60 prosenttia sijaitsee kalkkialueille perustetuilla Natura 2000 -alueilla, tehokkaamman suojelun piirissä, kun Maanmittauslaitoksen maastotietokannan lähdepisteistä kaikkiaan vain 9 prosenttia sijaitsee Natura-alueilla.

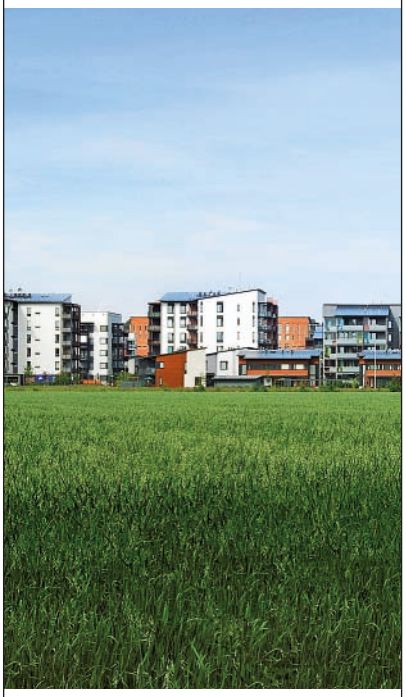
Ennallistamisen riskit ja mahdollisuudet

Lähteikköjen ennallistamiseen liittyy sekä riskejä että lupauksia. Etelämpänä Euroopassa sekä Pohjois-Amerikassa lähteikköjen perustutkimuksella on vanhemmat perinteet, mutta ennallistamisen vaikutusten tutkimus on ollut lähteikköjen osalta niukkaa. Tällä saralla Suomessa on tehty ja tekeillä uraauurtavaa tutkimusta.

Ennallistaminen on usein, varsinkin koneellisesti tehtynä, raskas toimenpide. Se voi aiheuttaa uuteen tasapainotilaan asettuneelle luontotyypille kuormitusta ja vesitasapainon heilahtelua, jolloin riskinä voi jopa olla joidenkin lajien häviäminen. Joroisten Saarikon alueen lettojen ennallistamisen yhteydessä pääsimme tutkimaan alueen lähteikköjen pohjaeläinyhteisöjen vastetta yhdeksän vuoden ennen-jälkeen seurantatutkimuksessa, jossa seurattiin myös ennallistamisalueen ulkopuolisia, riippumattomia kontrollikohteita (Ilmonen ym. 2013).

Kun ennallistamisalueen ulkopuoliset kontrollit pysyivät yhteisörakenteeltaan hyvin vakaina koko seurantajakson, ennallistetun alueen lähteikköjen yhteisöt vaihtelivat seurantajaksolla rajusti, jopa ennallistamistoimien ulkopuolel-

Maveplan



INFRA JA YMPÄRISTÖ-SUUNNITTELU

Rakennus- ja kuivatussuunnittelu

Maveplan Oy

Kiilakiventie 1
90250 Oulu
Puh. (08) 534 9400

Minna Canthin katu 25
PL 1096
70111 Kuopio
Puh. (017) 288 8130

Pohjustamme unelmia

www.maveplan.fi

Kuusamolainen huurresammallähde on muuttunut pelto-ojaksi. Lisäksi yläpuolisen valuma-alueen metsähakkuu on muuttanut lähteikön valaistusoloja. Pelto on jäänyt heitteille ja lähteikköä voitaisiin ennallistaa.

le jätetyissä lähteiköissä, ja palautuivat kahdeksan vuoden kuluessa ennallistamisen jälkeen lähelle lähtötilaa. Toisaalta samassa tutkimuksessa sivutuotteena havaittiin, että alueen ojiin jääneet pohjanhuurresammaleen kasvustot elpyivät muutamassa vuodessa aivan uudenlaiseen kukoistukseen. Myös Lopen Komiolla sijaitsevassa vuonna 1999 koneellisesti ja raskaasti kunnostetussa lähteikössä havaittiin erittäin edustava sammallajisto vuonna 2012.

Ennallistamisen tai kunnostamisen vaikutuksia lähteikköjen monimuotoisuuteen on tutkittu siis vielä verrattain vähän, vaikka lähteikköjä on ennallistettu meillä etenkin yksityismetsissä jo yli tuhat. Lähteikköjen ja niiden lähiympäristöjen ennallistamiseen liittyy sekä riskejä että mahdollisuuksia (Juutinen & Ilmonen 2013). Myönteisten vaikutusten ilmeneminen voi kestää vuosikymmenen tai useita, haitalliset ovat nopeammin nähtävissä. Aihetta tutkitaan lisää Suomen ympäristökeskuksen valmistumassa olevassa tutkimushankkeessa sekä Oulun yliopiston tutkimusryhmässä osana Suomen Akatemian rahoittamaa AKVA -tutkimushanketta.

Kirjallisuus

Hoffsten, P.O. 2004. Site-occupancy in relation to flight morphology in caddisflies. Freshwater Biology, 49, 810–817.

Ilmonen, J. 2008. Crunoecia irrorata (Curtis) (Trichoptera: Lepidostomatidae) and conservation of boreal springs: indications of clustering of red-listed species. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 18: 6-18.

Ilmonen, J., Juutinen, R., Haapaniemi, U. & Salmela, J. 2010. Lähteikköjen ennallistamistarpeen arviointi kasvillisuus- ja hyönteisselvitysten perusteella. Teoksessa: Juutinen, R. (toim.). Lähteikköjen ennallistamistarve - hyönteislajiston tarkastelu ja koko hankkeen yhteenveto. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A. 25-133.

Ilmonen, J., Paasivirta, L., Virtanen, R. & Muotka, T. 2009. Regional and local drivers of macroinvertebrate assemblages in boreal springs. Journal of Biogeography 36: 822-834.

Ilmonen, J., Mykrä, H., Virtanen, R., Paasivirta, L. & Muotka, T. 2012. Responses of spring macroinvertebrate and bryophyte communities to habitat modification: community composition, species richness, and red-listed species. Freshwater Science 31: 657–667.

Ilmonen, J., Virtanen, R., Paasivirta, L. & Muotka, T. 2013. Detecting restoration impacts in inter-connected habitats: Spring invertebrate communities in a restored wetland. Ecological Indicators 30:165–169.

Juutinen, R. & Ilmonen, J. 2013. Lähteikköjen ennallistaminen. Tietolaatikko 27. Teoksessa: Aapala, K., Similä, M. & Penttinen, J. (toim.). Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 188. ss. 157-163.

Lindegaard C., Brodersen K.P., Wiberg-Larsen P. & Skriver J. 1998. Multivariate analyses of macrofaunal communities in Danish springs and springbrooks. Teoksessa: The Biology of Springs and Springbrooks (Ed. L. Botosaneanu), ss. 201–220. Backhuys Publishers, Leiden.

Virtanen, R., Ilmonen, J., Paasivirta, L. & Muotka, T. 2009. Community concordance between bryophyte and insect assemblages in boreal springs: a broad-scale study in isolated habitats. Freshwater Biology 54: 1651-1662.

Lähteet Suomen vesihuollossa

TAPIO KATKO
dosentti, TkT
Tampereen teknillinen yliopisto
UNESCO oppituoli: Kestävät vesihuoltopalvelut, www.cadwes.com
E-mail: tapio.katko@tut.fi

PETRI S. JUUTI
dosentti, FT
Tampereen yliopisto
E-mail: petri.juuti@uta.fi

Helposti havaittavina lähteet ovat erityisesti aiemmin olleet tärkeitä yhdyskuntien vesihuollossa. Ne voivat olla vieläkin vedenoton tai pohjaveden seurannan kautta.

Maaseudulla on perinteisesti hankittu juoma- ja talousvettä luonnonlähteistä, jos sellaisia on lähistöllä ollut. Myös kulkijat ovat ottaneet niistä vettä kuten Samuli Paulaharju kuvaa teoksessaan "Kainuun mailta" vuodelta 1922. Nykyään samaa voivat tehdä vaikkapa geokätköilijät. Tunnetussa runossaan Helvi Juvonen tunnelmoi puolestaan lähteestä seuraavasti: *"Repussa leiväntähde, tuohilippi ja lähde, mätäs juurella puun. Kanssani etkö lähde metsään toukokuun".*

Maaseudun yhteisiä vesijohtoja on toteutettu ensimmäiseksi Pohjanmaalla. Nimimerkki "Hn" ehdotti jo vuonna 1863 Vasabladet-lehdessä, että Ilmajoella rakennettaisiin vesijohto Ilmolan kylän ulkopuolella, korkealla maastonkohdalla olevasta lähteestä.

Lähteestä vettä puuputkilla

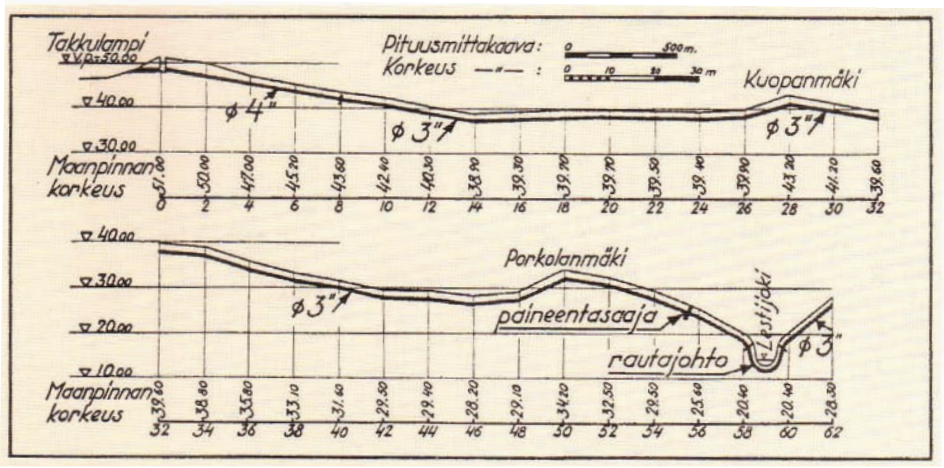
Tiettävästi varhaisin maaseudun yhteinen vesijohto rakennettiin juuri Ilmajoelle vuonna 1872, jolloin Salomon Tuominiemi rakensi 2,5 km pitkän painovesijohdon. Maasto "punnittiin" siten, että isäntä asetti *"puufarin täyteen reunoja myörin ja siihen suorareunanen lauta ja sillä sitte tährättiin kotiapäin ja torettiin, että päärakennuksen yläpuolella menee veren raja".*

Ennen Suomen itsenäisyyttä puuputkilaitoksia tehtiin ainakin Ilmajoelle, Kurikkaan, Lapualle, Toholammille, Kauhavalle, Teuvalle ja Saarijärvelle. Alussa putket kairattiin mäntytukeista käsin ja työt tehtiin talkoilla. Väinö Ala-Kopsala Toholammilta kehitti omatekoisen vaaituslaitteen ja vuonna 1933 kairauskoneen, jota voitiin käyttää joko sähkövoimalla tai polttomoottorilla. **Kuvassa 1** on pituusleikkaus Toholammilta Takkulammen vesijohdosta, jonka Ala-Kopsala suunnitteli ja joka rakennettiin vuonna 1942.

Suomen vesihuollossa tapahtui varsinainen teknologiahyppy, kun Pohjanmaalla siirryttiin puuputkista muoviputkiin 1950-luvulta lähtien.

Tahmelan lähde Pispalassa

Pispalan vesijohtolaitoksen perustaja, koneenhoitaja A. Koivunen (1860–1938) vuokrasi Tahmelan lähteen vuonna 1891.



Kuva 1. Puuputkijohdon pituusleikkaus Toholammilta vuodelta 1942 (Mäkelä 1945, s. 125).

Hän yritti ensin jauhaa viljaa vesirattaalla, jonka voima ei riittänyt. Vastoin asiantuntijan arviota hänen kuitenkin onnistui pumpata vesirattaalla vettä harjun päällä olleeseen säiliöön. Koivunen joutui myymään vesilaitoksensa joulukuussa 1906 kauppias Ahlstedtille, jolta se siirtyi Pispalan vesiosuuskunnalle alkuvuodesta 1907.

Lähteen tuotto oli niin runsasta, että vettä riitti myös pyykin huuhteluun. Pyykki pestiin pääosin kotona ja tuotiin huuhdottavaksi lähteen alapuolelle: *"Pumppuhuoneen taakse oli muodostunut leveä syvänne, minne naisväki toi kurikkansa ja pyykkitoolinsa. Joskus laulun tai puheensorinan, joskus pienen riidannujakan säestäminä he klappasivat pyykkinsä hohtaviksi lähteen jääkylmässä vedessä. Kesäisin olivat lapset äitiensä mukana […]"*

Korkeuseroa lähteestä harjulle oli 83 metriä ja matkaa 320 metriä. Vesiratas korvattiin Tampellan turbiinipumpulla, jota varten hankittiin höyrykone ja myöhemmin sähkökone.

Vuonna 1961 osuuskunnan verkostoon oli liittynyt 603 taloa. Seuraavana vuonna osuuskunta siirtyi kaupungin haltuun. Vaihtelevat materiaalit ja monista taloista puuttuneet vesimittarit toivat kuitenkin ongelmia. Saneeraustyö olikin varsin mittava. Veden laadusta oli myös eriäviä käsityksiä. Viemäreitä ei osuuskunnalla ollut ja likavedet valuivat pitkin ojia.

Tahmelan lähdettä käytiin kauempaakin ihailemassa ja sen vettä maistelemassa. Veden maku oli aikalaisten mukaan hyvä, mutta sen hiilihappopitoisuus oli suurempi kuin vesijohtoveden. Vettä ei käsitelty; imuputken päässä oli kuitenkin metallisihti, joka puhdistettiin päivittäin. Lähteen pohja puhdistettiin joka kesä talkoilla, samoin ylävesisäiliö.

Vesilaitoksen hoitajan poika P. Wilén oli mukana säiliön ja lähteen puhdistuksessa. Huolto tehtiin heinä-elokuussa: *"Lähteellä oli semmoinen lossi, joka avattiin ja pinta saatiin putoo tommoisen metrin verran. Siellä oli kaks puista ruuhee, joissa oli kaks äijää, jotka puhdisti haravilla lähteen pohjaa, siinä oli sellaista vihreetä ruohoo. Ja sitten illalla kymmenen aikaan lähti osa miehistä säiliölle – yläsäiliö tyhjeni ensin ja ne päästiin sit putsaamaan - siellä oli moottoriruisku, se suihkutettiin ja harjalla harjattiin, tiskattiin."*

Vaikka lähteestä ei kukaan tiettävästi sairastunut, jo vuodelta 1912 löytyy tutkimustuloksia, joissa raportoidaan bakteeripesäkkeistä. Myöhemmin kaupungin puisto-osasto kaivoi lähdettä kaivurilla, mistä lähtien vesi on ollut ruskeaa.

Lähteet ja pohjavedenottamot

Pohjaveden hankinnassa on luontevaa tukeutua lähteisiin silloin kun se on mahdollista. Pohjaveden olemassaolon voi todeta omin silmin ja samalla arvioida sen laatua ja määrää. Lähteet sijaitsevat yleensä pohjavesimuodostumien alavilla osilla, jotka vedenoton kannalta ovat olleet helpoimpia. Tutkimusmenetelmien ja rakentamistekniikan kehittyessä on tehty pohjavesikaivoja harjujen ydinosiin, missä antoisuus ja laatu ovat parhaimmillaan. Arvioitaessa pohjavesialueiden soveltuvuutta vedenhankintaan lähteet antavat arvokasta tietoa. Esimerkiksi Virttaankankaalla Turun tekopohjavesihankkeen tutkimusten ja käytön aikana seurataan lähteitä ja niiden purkaumia.

Huomattava osa vielä 1960- ja 1970-luvuilla rakennetuista isoista vedenottamoista on Mikko Jaakon mukaan tehty lähteisiin tai niiden välittömään läheisyyteen. Tällaisia ovat Pohjois-Pohjanmaalla muun muassa Kempeleen Tuohino-

Kuva 2. Vettä tuohilipistä Tahmelan lähteellä Pispalassa vuonna 1952. (Tampereen museoiden kuva-arkisto)

Kuva 3. Päntäneen Vesihuolto Oy:n hallituksen jäseniä lähteellä. Vasemmalta Harri Hautamäki, Antti Leskinen ja Eino Ketola.

Kuva 4a,b. Myötämäen Vesi Oy:n vedenottamo Kurikassa ja sen läheisyydessä jokeen purkautuva tihkulähde. (Tapio Katko 2011)

nojan ottamo, Taivalkosken Taivalvaaran ottamo, Limingan Foudilan ottamo, Haapajärven Kinnulan ottamo sekä Sievin Kiiskilän ottamo. Myös vuosituhannen vaihteessa rakennettu Vuosselijoenkankaan ottamo Kuusamossa sijoittuu lähdeympäristöön.

Hämeen ja Uusimaan ELY-keskusten alueella on nykyään yhteensä 22 vedenottamoa tai vesilaitosta, joiden nimessä esiintyy lähde. Pirkanmaalla lähteitä on käytetty erityisesti Hämeenkankaalla ja Pohjankankaalla: Hämeenkyrön, Ikaalisten, Jämijärven, Kankaanpään, Karvian ja Honkajoen alueilla. Lähteitä suoraan tai epäsuorasti hyödyntäviä vesilaitoksia Suomessa lienee ainakin sata. Nykyisin lähteet

Vettä lähteestä Päntäneen Vesihuolto Oy:lle

Päntäneen Vesihuolto Oy päätettiin perustaa syyskuussa 1969. Yhtiö osti noin 6,5 km päässä kylätaajamasta 0,5 ha maa-alueen, jolla sijaitsi ns. Kivimäen lähde. Yhtiöjärjestys vahvistettiin joulukuussa 1969 ja huhtikuussa 1970 pidettiin perustava kokous.

Suunnitelmat valmistuivat keväällä 1970 ja ensimmäiset urakat kesällä 1971. Linjastoa oli 8288 m ja vesi johdettiin omalla paineellaan. Vesioikeus myönsi helmikuussa 1971 vedenottoluvan 350 m^3/d, joka vuonna 1993 korotettiin arvoon 450m^3/d. Vuonna 1978 lähteelle rakennettiin paineenkorotussäiliö pumppuineen sekä nykyinen rakennus (Kuva 3). Myöhemmin painesäiliö korvattiin taajuusmuuttajilla varustetuilla pumpuilla. Viimeksi on hankittu varavoimakone.

Nykyisen verkoston pituus on noin 59 km. Vettä johdetaan myös 8 km päässä olevaan Kokonkylään. Vedenkäyttäjät ovat kotitalouksia ja maatiloja sekä kylän palvelupisteitä kuten koulu ja kauppa. Laskutettu vesimäärä on viime vuosina ollut noin 60 000 m^3. Vesi johdetaan lähteestä ilman käsittelyä. Laatua tarkkailee Kauhajoen Elintarvikelaboratorio, jonka vakiintunut havainto on: ”Vesi täyttää hyvälle talousvedelle annetut laatusuositukset ja –vaatimukset.”

Yhtiöllä on 5-henkinen hallitus ja kaksi varajäsentä. Palkattua henkilökuntaa ei ole. Laskutus hoidetaan yhteistyössä Kauhajoen Vesihuolto Oy:n kanssa ja kirjanpidon hoitaa tilitoimisto. Yhdelle yhtiön tekniseen puoleen perehtyneelle maksetaan ns. varallaolokorvausta. Yhtiön omistavat Kauhajoen Kaupunki (51 %), paikallinen pankki (18 %) sekä useampi yksityishenkilö 1-2% osuuksilla kukin.

Lähteen vedentuotto on riittänyt vuotojenkin aikana. Vuonna 2011 korotettiin veden kuutiohintaa 0,26 €:sta 0,41 €:oon (Alv 0%), kun edellinen korotus oli 1980-luvulla. Nykyinen veden hinta on Vesilaitosyhdistyksen hintatietojen halvin. Yhtiön talous on hyvässä kunnossa, mistä kiitos hyvälle ja uhrautuvalle hallinnolle sekä aikoinaan hyvin rakennetulle verkostolle.

ANTTI LESKINEN, HALLITUKSEN PUHEENJOHTAJA.

HyXo Oy

LAADUKAS TUOTEVALIKOIMAMME ON TÄYDENTYNYT JÄLLEEN

ZICKERT-TUOTTEET
- kaapimet ja laahaimet
- Siphon lietteenpoisto
- ryyppyruuhet
- altaiden suojakatteet

ZICKERT
by Nordic Water

UUSIA TUOTTEITA VALIKOIMASSAMME

MEVA
by Nordic Water

MEVA-TUOTTEET
- hiekkapesurit
- välpät
- ruuvipesupuristimet
- sakokaivolietteen vastaanottoyksiköt

www.hyxo.fi

ovat suojeltuja luontotyppejä ja niiden luonnontilan muuttamiseen on tarvittaessa saatava asianomainen lupa.

Nykyistä vesihuoltoa lähteistä

Tässä yhteydessä esitellään kaksi vesilaitosta, jotka ottavat raakavetensä lähteestä tai sen välittömästä läheisyydestä. Ensimmäisenä esimerkkinä on Kauhajoen Päntäneen Vesihuolto Oy (**Kuva 3**), joka on perustettu vuonna 1970 ja joka palvelee nykyään 428 kiinteistöä.

Toisena esimerkkinä on nykyisin Kurikassa toimiva Myötämäen Vesi Oy. Pohjavesi otetaan Lintuharjun pohjavesialueelta, josta Myötämäen Vesi Oy:llä on vuodelta 1971 lupa ottaa 600 m^3/d. Pohjavesi purkautuu jokeen ottamon lähellä ja on eräänlainen tihkulähde (**Kuva 4a,b**).

Suomen suurin lähdevesipullottaja Finnspring toimii Toholammin Sykäröisen kylässä. Yrityksen mukaan se käyttää pullotukseen noin 30 prosenttia Multilan ja Anttilan lähteiden tuotosta. Mitähän vesihuoltoon liittyvää Toholammilla seuraavaksi keksitään?

Kehittyvien maiden maaseudulla lähteiden suojaus on helpoimpia tapoja edistää turvallisen veden saantia. Suomen tukemissa vesihuoltohankkeissa lähteitä on suojattu ainakin Keniassa, Nepalissa ja Etiopiassa. Lähetystyöntekijä Kyto Salin kiersi Etiopiassa 1980-luvun alkupuolella arvioimassa kylien vesihuoltoa. Siellä, missä oli silloisen hallituksen asutusohjelmia, vesihuolto oli huonommassa tilanteessa. Jos ihmiset olivat saaneet valita vapaasti asuinpaikkansa, he olivat hakeutuneet luontaisten vesilähteiden lähelle.

Kokonaisuutena lähteiden käyttö erityisesti yhteiseen vesihuoltoon on sekä edistänyt lähteiden suojelua että joskus myös osin niiden pilaantumista.

Kiitokset

Kiitämme tiedoista Mikko Jaakoa, Antti Leskistä, Niko Putkista ja Matti Vänskää.

Kirjallisuus

Juuti P. 1998. Pispalaan Suomen ensimmäinen vesiosuuskunta. s.74-87. Teoksessa: Juuti P. & Katko T. Ernomane vesitehdas - Tampereen vesilaitos 1835-1998. 307 p. tampub.uta.fi/handle/10024/66324

Juuti P. & Rajala R. 2013. Vesi ei jouda seisomaan. Kurikan vesihuollon historia. 272 s. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-99235-3-3

Katko T. 1996. Vettä! - Suomen vesihuollon kehitys kaupungeissa ja maaseudulla. VVY. 416 s. Saatavissa CD:nä Teoksessa: Katko T. 2013. Hanaa! Suomen vesihuolto: kehitys ja yhteiskunnallinen merkitys. VVY. 501 s.

Mäkelä U.O. 1945. Painevesijohdoista Toholammilla. Maanviljelysinsinööriyhdistyksen vuosikirja 1944-45. s. 113-127.

Peräkylä O. 1953 Kairattujen puuputkien käyttö vesijohtoina. Maa- ja vesirakentaja 1. MVRY:n vuosikirja 1951-1952. s. 175-185.

Lähdekartoitusta lintuperspektiivistä

ANNE RAUTIO
FM
Helsingin yliopisto
Geotieteiden ja maantieteen laitos
E-mail: anne.rautio@helsinki.fi

KIRSTI KORKKA-NIEMI
FT, hydrogeologian dosentti
Helsingin yliopisto
Geotieteiden ja maantieteen laitos
E-mail: kirsti.korkka-niemi@helsinki.fi

ANNA-LIISA KIVIMÄKI
PhD, pohjavesiasiantuntija
Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry
E-mail: anna-liisa.kivimaki@vesiensuojelu.fi

Valmisteilla oleva vesienhoitolainsäädännön uudistus lisää tarvetta nykyistä kattavampaan lähdekartoitustietoon. Kun kyseessä on laaja alue, nopein ja edullisin tapa hankkia tätä tietoa on kartoittaa lähteet ilmasta. Tähän soveltuva tekniikka on lämpökamerakuvaus.

Lämpökamerakuvausta on käytetty vesistötutkimuksissa järvi- ja rannikkoympäristöissä 1980-luvulta lähtien, seuraavalta vuosikymmeneltä lähtien myös virtavesitutkimuksissa (Torgersen ym. 2001). Käyttö on lisääntynyt edelleen 2000-luvulla johtuen lämpökameroiden teknisestä kehittymisestä (stabiilius, keveys, kestävyys) sekä hankintakustannusten alentumisesta (Handcock ym. 2012).

Lämpökamerakuvaustekniikan käyttäminen pohjaveden purkukohtien havaitsemiseksi vesistöalueella perustuu pohja- ja pintaveden lämpötilaeroon. Suomessa lähteet voidaan kesäaikana havaita ympäristöään viileämpinä anomalioina. Lämpökamerakuvauksia on Suomessa käytetty pohjavesipurkautumien havainnointiin 2000-luvun lopulta lähtien (Ikäheimo ja Ristolainen 2010, Korkka-Niemi ym. 2012, Salonen ym. 2014).

Kuvauslaitteisto

Helsingin yliopiston Geotieteiden ja maantieteen laitokselle kesällä 2011 hankitulla lämpökamerakuvauslaitteistolla on saatu hyviä tuloksia useista erityyppisistä kuvauskohteista. Järjestelmä koostuu lämpökamerasta (ThermaCAM P60) ja siihen kiinnitetystä digitaalisesta videokamerasta (HDR-CX700) (Kivimäki ym. 2013). (Kuva 1)

Lämpökameran still-kuvat tallentuvat suoraan tietokoneelle ja videokuva tallentuu yhdessä GPS-reitin kanssa videokame-

Kuva 1. Lämpökamerakuvauksissa käytetty laitteisto ja kuvausta käsivaraisesti Vantaanjoella. Kuvat Kirsti Korkka-Niemi.

ran muistikortille. Molempien kameroiden kellot synkronoidaan sekunnin tarkkuudella ennen lennolle lähtöä, jolloin digitaalisen videoaineiston paikka- ja aikaleiman avulla saadaan tarkka paikkatieto lämpökamerakuville.

Lämpökamerakuvaukset on tehty helikopterista käsivaraisesti **(Kuva 1)** lentokorkeudesta 100–250 m m.p.y. (maaresoluutio 0.13–0.33 m). Lentonopeus on vaihdellut välillä 50–90 km/h riippuen kuvattavan alueen laajuudesta ja esimerkiksi jokiuomien leveydestä ja mutkaisuudesta. Käsivaraisesti kuvaamalla saadaan kuvaus kohdennettua tarkasti, kuvauskulma kohtisuoraksi ja helikopterin kallistelun aiheuttamat häiriöt pääosin poistettua.

Lämpökamerakuvien tallennusnopeus on 5–10 kuvaa/s, mikä takaa peräkkäisten kuvien riittävän päällekkäisyyden. Käytetyllä kuvausjärjestelmällä kuvaukseen tarvitaan pilotin lisäksi kuvaaja, joka vastaa kuvauksen kohdentumisesta ja kuvauskulmasta sekä navigaattori, joka vastaa lentolinjan ja lentokorkeuden koordinoinnista lentäjän kanssa sekä lämpökamera-aineiston tallentumista tietokoneelle.

Mitä lintuperspektiivi tuo lisää?

Keravanjoella tehtiin lentokuvaus heinäkuussa 2011. Tavoitteena oli kartoittaa kohdat, joissa pohjavettä purkautuu jokiuomaan. Lämpökamerakuvia kertyi 65 kilometrin lentolinjalta yhteensä 10 965 still-kuvaa. Jokiuoman läheisyydessä on yhdeksän pohjavesialuetta (Kuva 2) ja peruskartalle merkittyjä lähteitä on kuvauslinjalla, Ridasjärven eteläpuolella, neljä (MML, peruskartta). Näistä neljästä lähteestä lämpökamerakuvauksessa havaittiin kolme ja lisäksi tunnistettiin 25 muuta lähdemäistä anomaliaa. Näistä 28 lähdekohteesta 19 kpl on hienoainespeitteisellä alueella ja loput sora/hiekka-, moreeni- tai turvepeitteisillä alueilla **(Kuva 2)**.

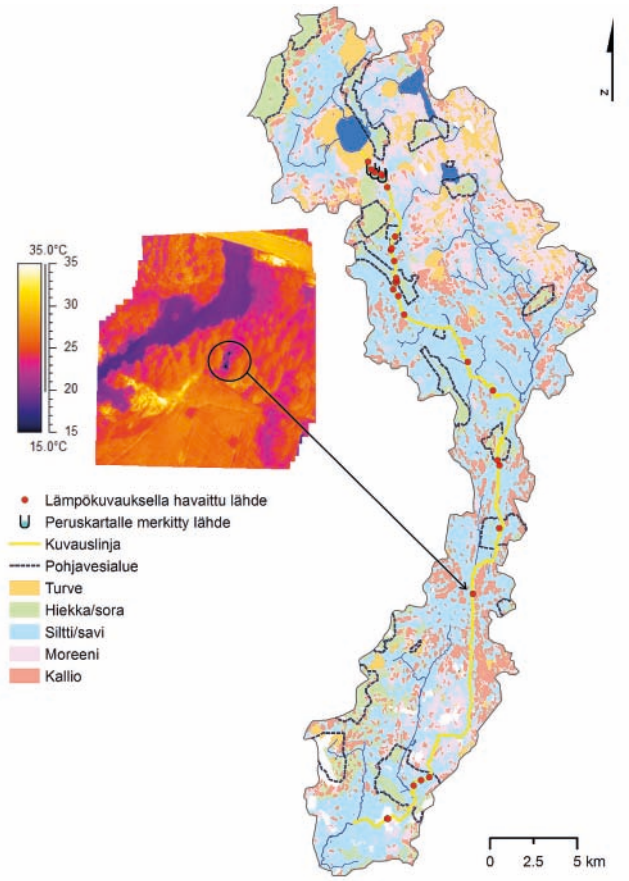
Kameran resoluutio ja lentokorkeus määrittävät havaintojen maaresoluution. Lentokuvauksella havaitaan hyvissä kuvausolosuhteissa ja matalalla lentokorkeudella myös pienet lähteet (**Kuva 3**). Rajoitteena on, että lämpökameralla on oltava suora näköyhteys kohteeseen eli kasvillisuuden alla piilossa olevat lähteet jäävät havaitsematta. Kesäaikaan runsas kasvillisuus voi kokonaan peittää pienet lähdepurkaumat. Lämpökamerakuvaus soveltuu myös laaja-alaisten lähteikköjen ja kosteikkojen kuvantamiseen (**Kuva 4)** sekä soiden hydrologiseen havainnointiin.

Lämpökamerakuvausaineistoa tulkittaessa on esimerkiksi jokiuomien alueella tai läheisyydessä havaitut lämpötila-anomaliat jaoteltu neljään luokkaan:

- pistemäiset anomaliat (lähteet) (Kuvat 2 ja 3),
- oja tai sivu-uoma, josta purkautuu kylmää vettä pääuomaan
- tihkupinta rantavyöhykkeessä (luokka on epävarma varjostumista johtuen sekä herkin kuvausolosuhteille)
- kosteikko jokiuoman ranta-alueella (Kuva 4).

Milloin lennetään?

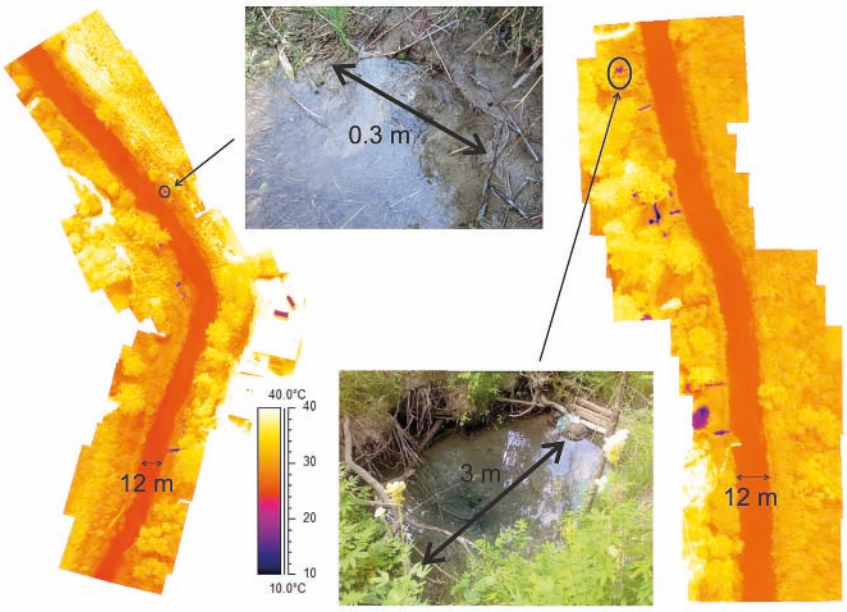
Suomessa suotuisat sääolosuhteet lämpökamerakuvauksille lähdekartoitusta ajatellen ovat heinä-elokuussa, jolloin lämpötilakontrasti pintaveden (> +20 °C) ja pohjaveden (+4–+6 °C) välillä on suurimmillaan. Kanadassa kuvaaminen keskitalvella kylmimpään aikaan on havaittu kaikkein informatiivisimmaksi, koska pohjaveden lämpötila (+10 °C) on korkea ja lämpötilakontrasti riittävä pohjavesipurkaumien havaitsemiseen (Conant ym. 2012). Lisäksi talvella lämpimämpi ja tiheydeltään kevyempi pohjavesi nousee kylmemmän ja raskaamman pintaveden päälle (Handcock ym. 2012) sekä kasvillisuuden peittovaikutus on pienempi. Suomessa talvikuvausta rajoittaa pinta- ja pohjaveden pieni lämpötilaero.



Kuva 2. Keravanjoen valuma-alueen peruskarttaan jokiuoman läheisyyteen merkityt lähteet (MML, peruskartta) ja lämpökamerakuvauksella lentolinjalla tunnistetut lähdemäiset anomaliat. (Maastotietokanta © MML 2010; Maaperä © Geologian tutkimuskeskus 2008; Pohjavesialueet © SYKE 2010; Valuma-aluejako © SYKE 2010).

Vuorokauden ajan valinta on riippuvainen tutkimustarkoituksesta, maankäytöstä ja lennon ajallisesta kestosta. Käytännössä lentoajankohdan valinnassa voidaan joutua tekemään kompromisseja, sillä esim. lennonjohdon ohjeistus, helikopterin varaustilanne, tarvittavat siirtolennot, säätila, tutkimusaikataulu ja lentorajoitukset vaikuttavat lentoaikoihin.

Hyvällä etukäteissuunnittelulla ratkaisut pystytään löytämään kaikkeen muuhun paitsi nopeasti vaihtelevaan säätilaan. Kuvausajankohdan säätila ja sääolojen vakaus vaikuttavat ratkaisevasti lämpökamera-aineiston jälkikäsittelyn vaativuuteen. Pilvipoutainen sää on osoittautunut parhaaksi kuvaussääksi, koska silloin heijastumien ja varjojen aiheutta-



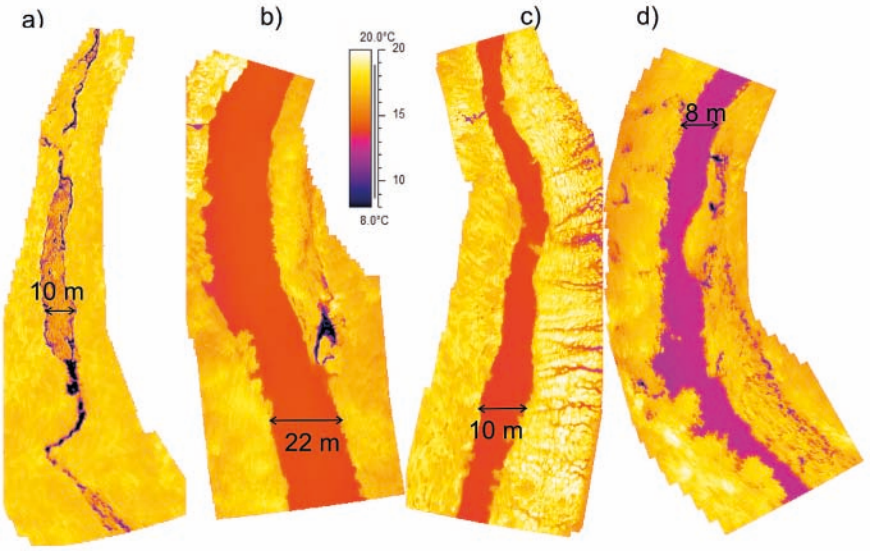
Kuva 3. Esimerkkejä lämpökamerakuvauksen resoluutiosta Vantaanjoen Hyvinkäänkylän vedenottamon läheisyydessä. Kuvat Kirsti Korkka-Niemi.

mien virhetulkintojen mahdollisuus vähenee huomattavasti. Muuttuvat sääolot (esim. sadekuurot, pilvisyyden vaihtelu) kuvauksen aikana vaikeuttavat tulkintoja.

Virhetulkintoja pystytään kuitenkin vähentämään huomattavasti käyttämällä digitaalista videokuvaa ja paikkatietoa tulkinnassa. Niiden avulla pystytään rajaamaan pois varjostumia ja rakennetun ympäristön kohteita (tiet, rakennukset).

Edut ja rajoitukset

Hydrologisissa tutkimuksissa lämpökamerakuvaus on kustannustehokas tutkimusmenetelmä suuren alueellisen kattavuutensa vuoksi (Torgersen ym. 2001, Handcock ym. 2012). Sen avulla voidaan myös kohdentaa yksityiskohtaisempia maastotöitä ja näytteenottoa. Ilmasta tehtävillä lämpökame-



Kuva 4. Esimerkkikuvissa kosteikkoa ja lähteitä: a) Sulatkaltiot, b) Äkäsjoki, c) Kuerjoki, d) Kylmäoja. Kaikki kohteet sijaitsevat Kolarin tutkimusalueella.

rakuvauksilla saadaan yhtenäinen lämpötila-aineisto koko kuvattavan vesistön alueelta tiettynä ajanjaksona (Torgersen ym. 2001). Hyvin valituilla kuvausolosuhteilla sekä oikealla lentokorkeudella suhteessa kuvattavaan kohteeseen lämpökamerakuvauksella on mahdollista saavuttaa hyvä herkkyys ja resoluutio.

Lämpökameralla havaitaan kohteen ylimmästä 0.1 mm pintakerroksesta lähtevä lämpösäteily. Menetelmällä ei voida havaita veden vertikaalista lämpökerroksellisuutta tai saada tietoa vesistön pohjalla purkautuvasta pohjavedestä, ellei pohjaveden purkautumisen lämpövaikutus yllä veden pinnalle asti (Torgersen ym. 2001).

Lämpökameralla kuvaaminen vaatii kokemusta sekä tietoa kameran ja menetelmän ominaisuuksista. Kuvausaineiston käsitteleminen ja oikea tulkinta edellyttävät tietoa lämpökuvien ominaisuuksista sekä taustatietoja kuvausolosuhteista (ilmankosteus, ilman ja veden lämpötila, lentokorkeus, pilvisyys, tuuliolosuhteet, kuvausajankohta). Heijastukset ympäristöstä ja kuvattavasta vesistöstä voivat aiheuttaa virhetulkintoja.

Lämpökamera-aineiston jälkikäsittelyä varten sekä kineettisen ja lämpökameralla mitatun lämpötilaeron määrittämiseksi tarvitaan sääasemadatan lisäksi myös joitakin lentopäivänä tehtyjä referenssimittauksia.

Kannattaako lentäminen?

Lämpökamerakuvausten kustannuseriä ovat helikopterin lentokustannus, kuvauslaitteiston hankinta tai vuokraus, kuvaajien palkka ja matkakulut, maastossa tehtävät referenssimittaukset sekä aineiston jälkikäsittelyyn kuluva työaika. Keravanjoella kuvausten lentoaika oli 40 minuuttia, minkä lisäksi siirtymälennot kohteelle ja takaisin kestivät noin 30 minuuttia. Runsaan tunnin aikana muodostui kattava käsitys laajan alueen lähteikköisyydestä ja saatiin kerättyä mittava aineisto, jolla työläitä ja aikaa vieviä kenttätutkimuksia voitiin kohdentaa oikeille alueille ja säästää näin tutkimuskuluissa.

Kirjallisuus

Conant, B. Jr., Kennedy, C.C. & Parker, B.L. 2012. Locating groundwater discharge from fractured bedrock along the Eramosa River using infrared thermography. 39th IAH Congress. Niagara Falls, Canada, 16–21 September 2012. Program and abstracts.

Handcock, R.N.,Torgersen, C.E., Cherkauer, K.A., Gillispie, A.R., Tockner, K., Faux, R.N. & Tan, J. 2012. Thermal infrared remote sensing of water temperature in riverine landscapes. In P. Carbonneau, & H. Piégay (Eds.), Fluvial Remote Sensing for Science and Management (pp. 85–113). New York: John Wiley & Sons (Chapter 5, First Edition).

Ikäheimo, J. & Ristolainen, P. 2010. Lämpötilakuvaukset pohjavesitutkimuksen apuna. Vesitalous 5/2010. s. 35–38.

Karttunen, K. 2013. Lähteiden suojelu ja kunnostus. Aquarius 1/2013. s. 24–25.

Kivimäki A-L., Rautio A., Korkka-Niemi K., Brander M., Nygård M., Vahtera H., Karhu J., Salonen V-P., Kiirikki M.& Lahti K. 2013. Vantaanjoen ja sen sivujokien hydrauliset yhteydet pohjavesimuodostumiin ja vaikutukset veden laatuun. Julkaisu 69/2013. 133 s.

Korkka-Niemi, K., Kivimäki, A.-L., Lahti, K., Nygård, M., Rautio, A., Salonen V.-P. & Pellikka, P. 2012. Observations on groundwater-surface water interaction, River Vantaa, Finland. Management of Environmental Quality: An International Journal. Vol. 23 No. 2, 2012. pp. 222–231.

Salonen, V.-P., Korkka-Niemi, K., Moreau, J. & Rautio, A. 2014. Kaivokset ja vesi – esimerkkinä Hannukaisen hanke. Geologi 66/2014.

Torgersen, C.E., Faux, R.N., McIntosh, B.A., Poage, N.J. & Norton, D.J. 2001 Airborne thermal remote sensing for water temperature assessment in rivers and streams. Remote Sens. Environ. 76, 386–398.

Helsingissä on vielä monenlaisia lähteitä

KATJA PELLIKKA
MMM, tutkija
Helsingin kaupungin ympäristökeskus
E-mail: katja.pellikka@hel.fi

Kirjoittaja toimii pienvesien, järvien ja kunnostusten seuranta- ja tutkimustehtävissä.

Helsingissä on ainakin neljäkymmentä lähdettä. Niistä suuri osa on kuivuneita tai peitettyjä. Lähellä luonnontilaa olevia lähteitä löydettiin ennakoitua vähemmän. Lähteistä tiedottaminen on tärkeää, jotta ne säilyisivät kaupunkia rakennettaessa. Osa lähteistä on kunnostettavissa.

Helsingin luonnon monimuotoisuuden turvaamisen toimenpideohjelmassa (2010) mainitaan kolme toimenpidettä koskien lähteitä. Kaupunkisuunnitteluviraston vastuulla on turvata luonnonmukaiset ja kunnostettavat lähteet, lähteiköt ja tihkupinnat sekä niiden lähiympäristöt kaavoituksen keinoin. Ympäristökeskus vastaa lähteiden ja lähteikköjen kasvilajiston kartoituksista, rakennusvirasto ennallistamis- ja seurantasuunnitelmien teosta kunnostettaville lähteille.

Tavoitteiden toteuttamiseksi Helsingin lähteet kartoitettiin. Geologisina kohteina lähteitä oli Helsingissä kartoitettu jo 2000-luvun alussa. Nyt oli tarkoitus keskittyä veden laatuun ja kunnostustarpeeseen sekä löytää mahdollisia uusia lähteitä etenkin Östersundomin alueelta, joka kuului aiemmin Sipooseen. Kartoitustyö oli rakennusviraston ja ympäristökeskuksen yhteisprojekti. Tulokset julkaistiin Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisusarjassa (Pellikka 2013) ja päivitettiin luontotietojärjestelmään (2014).

Ulkonäkö, kasvillisuus ja veden laatu

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen tutkija kiersi vuosina 2011–2013 kaikki luontotietojärjestelmässä mainitut kohteet lukuun ottamatta kahta yksityistontilla kaivoksi rakennettua lähdettä Kallahdenniemellä. Lisäksi käytiin läpi Kujalan (2011) pro gradu -työssä mainitut lähteet sekä kaikki muilla tavoin tie-

Kuva 1. Helsingin lähteet. Kuvassa on asuinalueet oranssilla, teollisuusalueet harmaalla, viheralueet vaaleanvihreällä ja Helsingin luonnonsuojelu- ja Natura-alueet kirkkaan vihreällä värillä. Kuvassa ei ole mukana Sipoonkorven kansallispuiston aluetta kuin Helsingin osalta. Aineistot: Luontotietojärjestelmä ja Seutukartta.

Kuva 2. Varjakanpuiston-Broändan purolaakson laaja (17 ha) lähteikköalue Vartioharjussa on upea kokonaisuus tihkupintoja, kaivoja, ruostelähteitä ja luhtamaista kasvillisuutta.

toon tulleet lähdehavainnot. Yhteensä tarkistettavia kohteita oli 57.

Inventoinnissa kohteista otettiin valokuvia, tarkistettiin sijaintikoordinaatit, mitattiin koko, tarkasteltiin veden virtausta, määritettiin lähteen tyyppi purkautumistavan mukaan, roskaisuus ja kuluneisuus, tarkasteltiin lähteen ympärillä olevaa kasvillisuutta, arvioitiin veden ulkonäkö sekä mitattiin veden pH, lämpötila ja happipitoisuus.

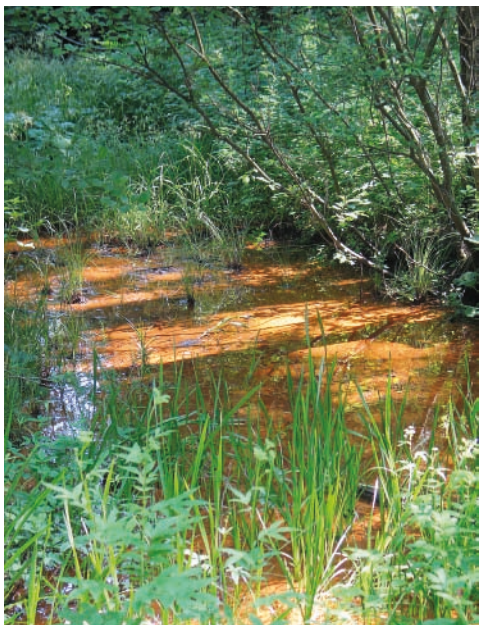
Purkautumistavan mukaan lähteet jaoteltiin kolmeen tyyppiin: purolähteisiin eli rheokreeneihin, allikkolähteisiin eli limnokreeneihin ja hetteikkölähteisiin eli helokreeneihin. Purolähteessä puro alkaa lähteensilmästä. Ne ovat yleensä kooltaan pieniä ja saattavat kuivua kesällä ja talvella. Allikkolähtessä pohjavesi purkautuu pieneen altaaseen, josta lähtee puro. Hetteikkölähteissä (tihkupinnat) vesi tihkuu maanpinnan läpi eikä vettä ole yleensä havaittavissa. (Raatikainen 1989)

Akkreditoitu MetropoliLab Oy analysoi lähdevesinäytteistä värin, sameuden, alkaliteetin, ammoniumtyppipitoisuuden, nitriitti- ja nitraattitypen pitoisuuden, kokonaistyppi- ja -fosforipitoisuuden, kloridin, raudan (suodattamaton) ja hygieenisen laadun (*Escherichia coli*). Loppusyksyllä 2013 neljästä täyttömäen sisäistä vettä purkavasta lähteestä analysoitiin lisätutkimuksena haitta-aineita (metallit, PAH- ja PCB-yhdisteet, organotinayhdisteet, ftalaatit sekä alkyylifenolit ja niiden etoksylaatit).

Seitsemän melko luonnontilaista lähdettä

Helsingistä löytyi kartoituksessa odotettua vähemmän lähteitä, jotka eivät olleet kuivuneet, peitetyt tai muutoin tuhoutuneet. Luonnontilaisena pidettäviä lähteitä ei löytynyt yhtään. Luonnontilaiset piirteensä varsin hyvin säilyttäneitä purolähteitä löytyi neljä ja allikoita kolme. Tihkupintoja löydettiin 12, joilla kaikilla oli kulumisjälkiä. Hankalaksi todettiin selvittää, onko kasvillisuus rehevää lähellä maanpintaa olevan pohjaveden takia vai kerääntyykö alueelle pintavesiä. Osa tihkupinnoista tulee tarvitsemaan lisävarmistuksen.

Kolme lähdettä tai lähteikköä purki täyttömään sisäistä vettä. Kahdeksan Helsingin lähdettä oli voimakkaasti muutettuja, kuten kaivoja. Seitsemän lähdettä tai kaivoa oli kuivunut ja viisi lähdettä peitetty. Kartoitus tehtiin pääasiassa vähäsateisena kesänä 2011, joten todennäköisesti osa lähteistä on kuitenkin ajoittaisia eivätkä täysin kuivuneita.



Kuva 3. Mellunkylänpuron entiseen uomaan tihkuu rautapitoisia pohjavesiä muuttaen puroveden oranssiksi.

Varjakanpuiston-Broändan purolaakson laaja lähteikköalue sekä siihen kiinteästi liittyvä Kurkimoision lähteikkö todettiin Helsingin upeimmiksi ja luonnontilaisimmiksi lähteikköalueiksi. Kummallakin lähteikköalueella on myös kaivoja. Östersundomissa, Sipoonkorven kansallispuiston rajalla, sijaitseva Kurängenin lähde oli puukehikosta huolimatta erittäin hieno, sillä lähteen länsipuolelle avautuu jylhä korpi- ja lehtometsikkölaakso.

Veden laatu

Helsingin lähteiden veden laatu vaihteli suuresti. Hygieeninen laatu oli lähdevesissä pääosin erinomainen. Vedet olivat varsin kirkkaita, mutta veden väriä lisäsi useissa tapauksissa raudan suuri määrä. Lähes kaikkien lähteiden vesi oli puskurikyvyltään hyvää eli niiden alkaliteetti oli suuri.

Ammoniumtyppipitoisuus oli suuri vain kahdessa lähteessä, mutta nitriitti- ja nitraattitypen summa oli suuri täyttömäkien lähteissä sekä peltojen lähellä. Kloridipitoisuus oli hieman koholla useissa lähteissä, mikä johtuu todennäköisesti tiesuolauksesta sekä meren läheisyydestä. Helsingin lähteille on tunnusomaista suuri rautapitoisuus ja rautapitoisia lähteensilmiä ja lähdenoroja löydettiin useita. Muutamissa lähteissä rautapitoisuus oli kuitenkin hyvin pieni.

Täyttömäen sisäistä vettä purkavissa lähteissä metallien pitoisuudet olivat paikoin korkeita. Tämä johtuu todennäköisesti läjitetyistä massoista, kuten esimerkiksi jätevedenpuhdistamon sakoista. Täyttömäkivesien PAH-, PCB- ja organotinayhdisteiden, ftalaattien sekä oktyyli- ja nonyylifenolien ja niiden etoksylaattien sekä bisfenoli A:n pitoisuudet olivat pieniä.

Lähteiden olemassaolon turvaaminen

Lähteiden olemassaolo riippuu täysin pohjaveden pinnankorkeudesta. Helsingin suuret rakennushankkeet ovat todennäköisesti muuttaneet pohjaveden pinnankorkeutta ja virtaussuuntaa, jolloin osa lähteistä on kuivunut. Maanpinnan päällystäminen asfaltilla tai rakennuksilla estää sadevesien imeytymisen maaperään, jolloin pohjaveden pinta voi laskea. Hulevesien laadun ja määrän hallinnan lisäksi hulevesien imeyttäminen turvaa lähteiden olemassaoloa rakennetussa ympäristössä.

Pohjaveden muodostumisalueiden rajausten teko edesauttaisi suojelemaan Helsingin harvoja lähteitä. Tällöin muodostumisalueella voitaisiin rakentaa niin, että veden imeytyminen ei esty. Lähdetiedot on tämän vuoden alusta saatu entistä paremmin esille luontotietojärjestelmässä, joka on nykyisin osa Helsingin kaupungin karttapalvelua (http://kartta.hel.fi/). Tämä helpottaa virkamiehiä ja muita käyttäjiä löytämään tietoa lähteistä. Rakentamishankkeiden huolellinen ennakkovalmistelu estäisi lähteiden tuhoamisen tarkoituksettomasti.

Tihkupintojen kasvillisuuteen vaikuttaa pohjaveden pinnankorkeuden lisäksi ympäröivä kasvillisuus ja alueen kulutus. Tihkupinnan kasvisto muuttuu, jos esimerkiksi ympärillä oleva metsä kaadetaan tai tihkupinnalla liikutaan paljon. Omaleimaisen tihkupintakasvillisuuden vaalimiseen kuuluu täten sopivasta varjostuksesta huolehtiminen.

Roskat pois, opastustaulut lähteille

Helsingistä löytyi vain muutama kunnostamiseen sopiva lähde. Kunnostukseksi riittää useimmilla kohteilla roskien keräys, joistakin lähteistä olisi mahdollista poistaa kaivonrenkaat tai puukehikot. Lisäksi lähteiden yhteyteen voisi laittaa opastustauluja.

Helsingistä puuttuvat metsätalouden heikentämät lähteet, joten muualla Suomessa toteutetut kunnostustavat eivät ole Helsingissä ajankohtaisia. Kunnostettavaksi kannattaa valita sellaisia lähteitä, joissa veden virtaus on riittävää ja jatkuvaa.

Kuva 4. Sipoonkorven laidalla sijaitseva Kurängenin purolähde sijaitsee jylhän metsän keskellä.

Kirjallisuus

Helsingin luonnon monimuotoisuuden turvaaminen. Toimintaohjelma 2008–2017 (2010). Helsingin kaupungin ympäristökeskus. 44 sivua.

Kujala, Anna-Maria (2011): Helsingin Östersundomin pienvesien kartoitus. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto, geotieteiden ja maantieteen laitos. 152 sivua.

Luontotietojärjestelmä (2014): Helsingin kaupungin ympäristökeskus. www.hel.fi/luontotieto. Aineisto haettu 11.4.2014.

Pellikka, Katja (2013): Helsingin lähteet. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 17/2013. 80 sivua.

Raatikainen, Mikko (1989): Suomen lähteet. Terra 101: 329–332.

Seutukartta (2014): Helsingin kaupungin kaupunkimittausosasto ja muut pääkaupunkiseudun kunnat. Aineisto haettu 11.4.2014.

Harjupohjavedet ylläpitävät moninaisia luontotyyppejä

BJÖRN KLÖVE
Oulun yliopisto, vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä
E-mail: bjorn.klove@oulu.fi

PERTTI ALA-AHO
Oulun yliopisto, vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä
E-mail: pertti.ala-aho@oulu.fi

PEKKA ROSSI
Oulun yliopisto, vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä
E-mail: pekka.rossi@oulu.fi

Pohjavesiekosysteemit ovat ainutlaatuinen luontotyyppi, jonka ekologiaa ja hydrologiaa on vasta viime vuosina tutkittu tarkemmin. Suomen suurimpiin kuuluvalla harjualueella, Rokualla, ihminen on vaikuttanut pohjavesiin ja niistä riippuviin ekosysteemeihin merkittävästi.

Harjujen ja reunamuodostumien pohjavesi muodostaa Suomessa keskeisimmät pohjavesiesiintymät eli akviferit. Pohjavesiharjujen virtaukset, veden paine ja purkautuminen luontoon ylläpitävät ainutlaatuisia pohjavedestä riippuvaisia järviä, lähteitä, soita ja puroja.

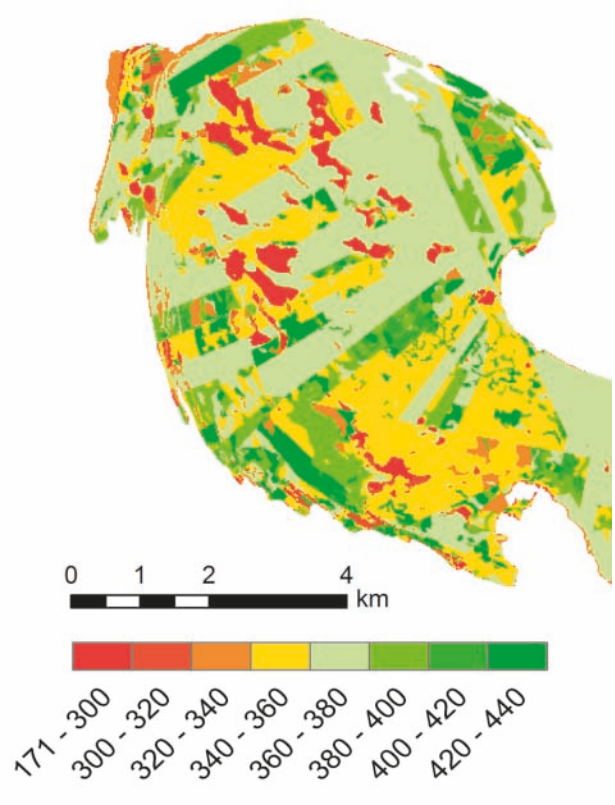
Hydrologisen tutkimuksen kannalta on keskeistä ymmärtää pohjaveden muodostumista ja purkautumista sekä harjun että ekosysteemien mittakaavassa. Vesienhoidon kannalta on tärkeä suunnitella harjun vedenotto ja maankäyttö huomioiden myös ekosysteemien veden tarve, ilmaston luonnollinen vaihtelu ja ihmisen aiheuttamat muutokset (Klöve et al. 2014 a, b).

Pohjaveden käytön luontovaikutukset olisi myös ymmärrettävä ja ennakoitava paremmin. Esimerkiksi Oulun lähiseudulla järvien pintojen lasku Rokuan harjulla sekä Viinivaaran harjun vedenoton suunnittelu ja sen mahdollinen vaikutus Natura-suojeltuihin soihin ja jokiin on saanut viime aikoina paljon huomiota.

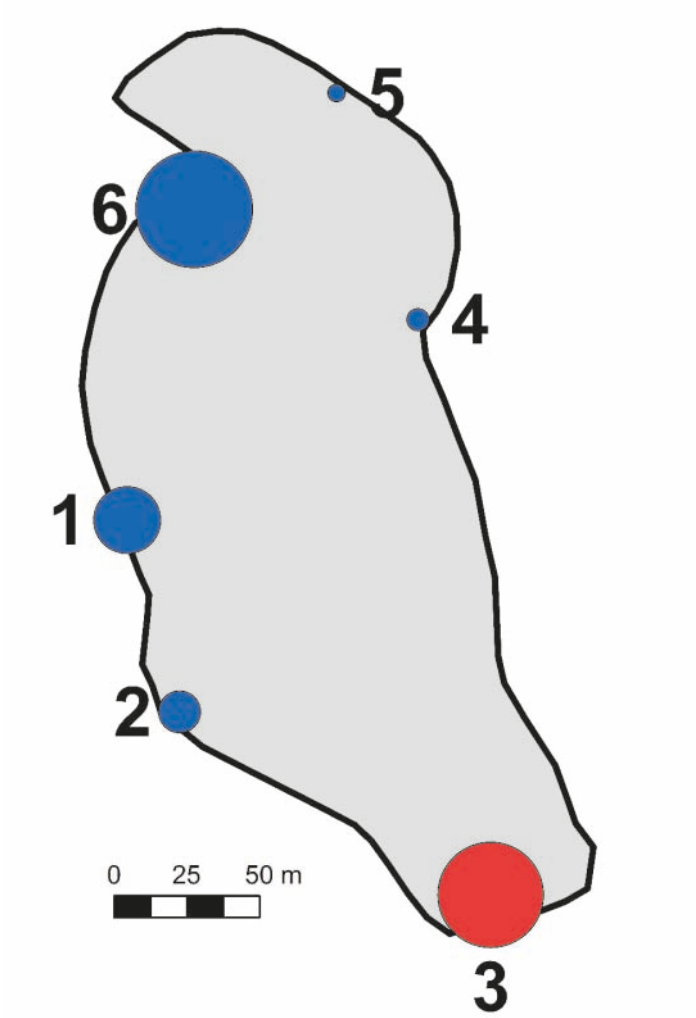
Harjun pohjaveden muodostuminen

Pohjavesiharjun hydrologian keskeiset komponentit ovat pohjaveden muodostu-

Kuva 1. Rokuan harjua luonnehtivat hiekkakankaat, joilla metsät, järvet ja suot vuorottelevat. (Kuva Pekka Rossi)



Kuva 2. Pohjaveden muodostuminen (mm/vuosi) Rokuan harjun länsiosassa (Ala-aho & al 2014).



Kuva 3. Ahveroisen suppajärven ja pohjaveden vuorovaikutus. Suotautumisnopeutta mitattiin toistuvasti kesän 2010 aikana pisteistä 1–6. Pallon väri kuvaa suotautumisen suuntaa (punainen tuleva, sininen poistuva) ja koko suotautumisnopeutta (suurin tuleva n. 5 cm/d ja poistuva 6 cm/d).

minen ja purkautuminen. Ne ovat pitkällä aikavälillä samansuuruiset ja vaihtelevat vain ilmaston vaihtelun seurauksena. Pohjaveden muodostumiseen vaikuttaa keskeisesti sademäärä ja haihdunta, joista etenkin sadanta vaihtelee varsin voimakkaasti Suomessa. Sateiset vuodet siis nostavat pohjaveden pintoja ja kuivat laskevat niitä. Rokuan harjun tutkimuksissa todettiin, että viive vuosisadannan ja pohjaveden pinnan välillä voi olla merkittävä, jolloin vasta useat sateiset vuodet nostavat suurten harjujen pohjaveden pintoja (Ala-aho et al. 2014).

Pohjaveden muodostumisen alueelliseen jakaumaan vaikuttavat lähinnä kasvipeite (metsät), pinnanmuodot sekä järvet (**Kuva 1**). Metsien hakkuu vähentää haihduntaa ja voi lisätä pohjaveden muodostumista jopa 30 prosenttia. Järvistä ja alueista, joilla pohjaveden pinta on lähellä maanpintaa, haihdunta on suurehko ja pohjaveden muodostuminen siksi vähäisempää. Harjujen pohjavesilampien ja -järvien vesi muodostuu lähinnä pohjavesipurkaumista ja sadannasta.

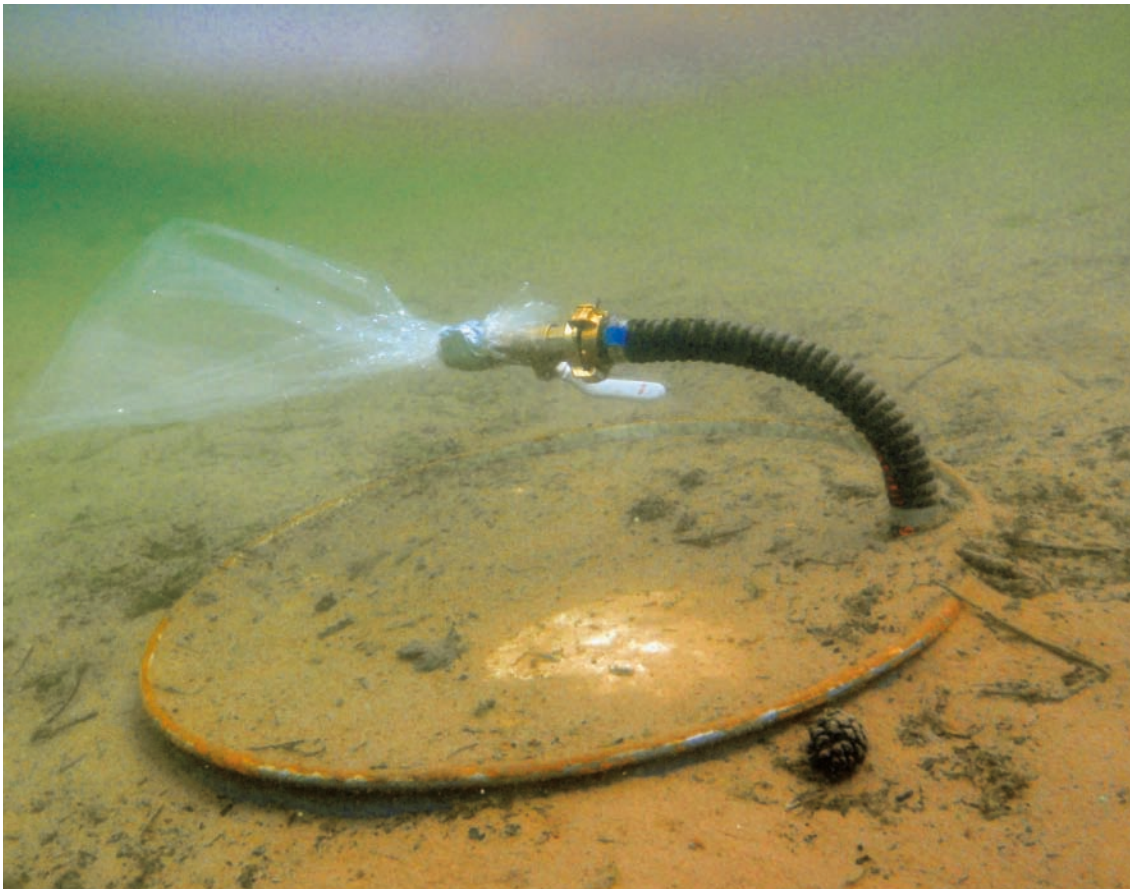
Maankäyttö ja ilmasto vaikuttavat pohjavesiin

Rokuan harjualue on Suomen suurimpia, alaltaan 92 km^2. Sitä on tutkittu Oulun yliopiston vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmässä vuodesta 2008. Rokuan harju on mukana Suomen ensimmäisenä kohteena UNESCO:n Geoparkverkostossa. Harjualueella on runsaasti pohjavedestä riippuvaisia järviä, joista osa on kirkasvetisiä ja osa hyvin reheviä. Kirkkaita järviä vaivaa ajoittainen veden vähyys, josta varsinkin mökkiläiset ja alueen matkailuyrittäjät ovat olleet huolissaan (Karjalainen et al 2013).

Kesällä 2014 hyväksytyssä väitöskirjassa (Rossi 2014) esitetään, miten maankäyttö ja ilmastonmuutos vaikuttavat harjun vesimääriin. Pohjaveden purkautumismekanismeja soihin tutkittiin Rokualla mittaamalla veden painetta, määrää ja kemiallista koostumusta sekä matemaattisin mallinnusmenetelmin. Tutkimus osoitti, että ilmaston vaihtelu selittää suuren osan järvien pinnan vaihtelusta.

Laajat metsäojitukset harjun ympärillä vaikuttavat myös osaltaan pohjavedenpintoihin. Ojitusalueilla pohjavesi löytää tiensä suon läpi putkenomaisten eroosiokäytävien kautta, joissa vesi virtaa vuolaana. Oletus, että turpeen pieni hydraulinen johtavuus estää veden virtauksen syvissä suokerroksissa, on väärä. Vaikka turvematriisi ei juuri läpäise vettä, vesi voi purkautua eroosiokanavia pitkin suo-ojiin.

Toisaalta myös ojien kaivu suoraan turpeen lävitse hiekkamaahan edesauttaa pohjaveden purkautumista. Tilanteen



Kuva 4. Mittalaitteisto, jolla järven pohjan läpi suotautuvia vesimääriä voidaan mitata paikallisesti. (Kuva Riku Eskelinen)

korjaaminen ei ole helppoa, sillä suo-ojitusten ennallistamisella on vaikea vaikuttaa harjun pohjavedenpintaan. Jatkossa pohjaveden purkautumisalueita (soita) harjun lähellä ei pitäisi ojittaa. Purkautumiskohdat soiden alla olisi nähtävä osana pohjavesialuetta ja sen maankäyttöä rajoitettava jotta pohjaveden tila ei muuttuisi.

Pohjavesijärven vesitase

Pohjavesijärveen kulkeutuvan veden muodostumisalue on keskeinen osa järven vesitasetta ja ekologiaa. Muodostumisalueen määrittäminen ei aina ole yhtä yksinkertaista kuin esim. valuma-alueen määritys. Rokualla muodostumisalueet ovat pieniä kirkkaissa latvajärvissä, jotka sijaitsevat korkealla harjun yläosissa ja suuria harjun matalilla reunaosilla.

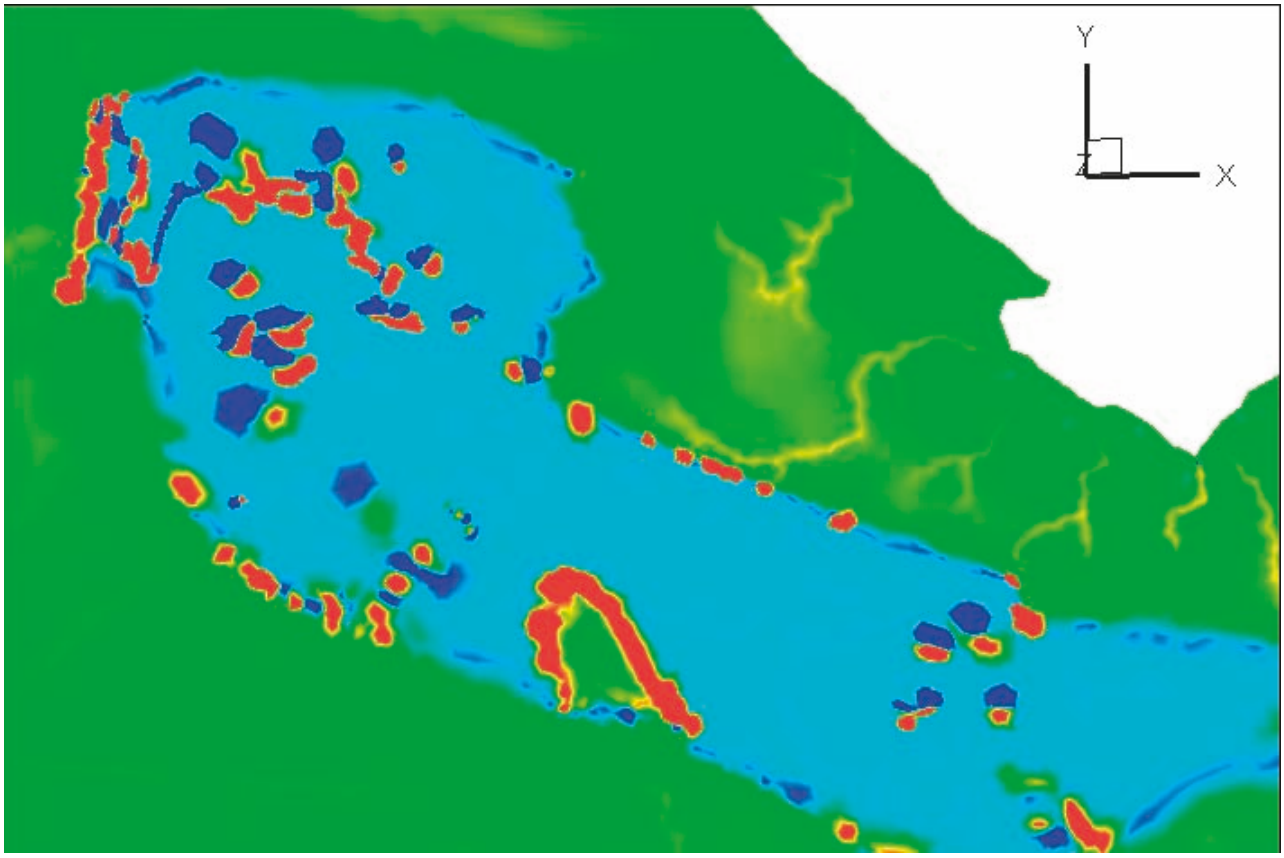
Pohjaveden purkautuminen yksittäiseen järveen vaihtelee alueellisesti ja ajallisesti. Rokualla vettä purkautuu järviin pääsääntöisesti pohjaveden päävirtauksen suunnassa. Järvessä purkautuminen vaihtelee alueellisesti voimakkaasti; esimerkiksi Ahveroisessa (**Kuva 3**) vesi purkautuu järven kaakkoispäähän varsin pienelle alueelle ja suotautuu järvestä pohjaveteen lännessä ja pohjoisessa. Näitä tekijöitä mitattiin yksinkertaisella suotautumismittarilla (**Kuva 4**) ja mallinnettiin numeerisesti (**Kuva 5**).

Jatkotutkimustarpeet

Pohjavesi ja ekosysteemit ovat jatkossa tärkeä tutkimuskohde sekä kansallisesti että kansainvälisesti. Pohjaveden käyttö lisääntyy, mutta toisaalta biodiversiteetin vaaliminen ja moninaisten ekosysteemipalvelujen merkitys kasvaa. Näiden ristiriitaisten tarpeiden yhteensovittaminen vaatii yhä tarkempia arviointeja sekä ymmärrystä pohjavesistä.

Koska pohjavesi on monille luontotyypeille tärkeä veden lähde etenkin kuivan kauden aikana, sen vaikutukset on ymmärrettävä entistä paremmin. Vesipuite- ja pohjavesidirektiivi nostavat esiin tarpeen ymmärtää näitä monimutkaisia systeemejä ja ennakoida erilaisia vesimäärän ja laadun vaikutuksia. Vaikutusarviointeihin on tarve kehittää hydrologisia ja ekologisia arviointimenetelmiä sekä numeerista mallinnusta, joka yhä paremmin kuvaa ekosysteemien mittakaavan hydrologisia prosesseja.

Tässä esitettyjä pohjavesitutkimuksia ovat pääasiassa rahoittaneet EU 7PO GENESIS hanke (226536), Suomen Akatemian AKVA ohjelman AQVI-hanke, Renlundin säätiö sekä Maa- ja vesitekniikan tuki r.y.



Kuva 5. Veden alueellista suotautumisesta järviin Rokuan harjualueella mallinnettiin integroidulla HydroGeoSphere -pohjavesimallilla, joka ratkaisee samanaikaisesti veden virtauksen pintavesissä, osittain kyllästyneessä kerroksessa ja pohjavedessä. Kuvassa lämpimät värit kuvaavat pohjaveden purkautumista järviin (ja soille), kylmät värit veden suotautumista pohjavedeksi.

Kirjallisuus

Ala-aho, P., Rossi, P.M., Kløve, B. 2014. Estimation of temporal and spatial variations in groundwater recharge in unconfined sand aquifers using Scots pine inventories. Hydrology and Earth System Sciences (submitted).

Ala-aho, P., Rossi, P.M., Kløve, B. 2013. Interaction of esker groundwater with headwater lakes and streams, Journal of Hydrology, 500: 144-156.

Karjalainen, T.P., Rossi, P.M., Ala-aho, P., Eskelinen, R., Reinikainen, K., Kløve, B., Pulido-Velazquez, M., Hong, Y.A.. 2013. Decision analysis framework for stakeholder involvement and learning in groundwater management. Hydrology and Earth System Sciences 17: 5141-5153.

Kløve, B. Balderacchi, M. Gemitzi, A. Hendry, S. Kværner, J. Muotka, T. Preda, E. 2014. Protection of groundwater dependent ecosystems: Current policies and future management options. Water Policy (accepted, available on-line).

Kløve, B., Ala-Aho, P., Bertrand, G., Gurdak, J.J., Kupfersberger, H., Kvœrner, J., Muotka, T., Mykrä, H., Preda, E., Rossi, P., Bertacchi Uvo, C., Velasco, E., Wachniew, P., Pulido-Velázquez, M. 2014. Climate Change Impacts on Groundwater and Dependent Ecosystems. Journal of Hydrology (accepted, available on-line).

Rossi, P.M. 2014. Integrated management of groundwater and groundwater dependent ecosystems in a Finnish esker. Väitöstyö. Oulun yliopisto, Acta Univ. Oul. C491. 95 s.

Rossi, P. M., Ala-aho P., Ronkanen, A-K., Kløve, B. 2012. Groundwater–surface water interaction between an esker aquifer and a drained fen. Journal of Hydrology 432-433: 52-60.

Lähteet reagoivat herkästi ympäristömuutoksiin

RISTO P. MÄKINEN
geohydrologi
Suomen ympäristökeskus
E-mail: risto.p.makinen@ymparisto.fi

Sadeveden sulfaattipitoisuudet ovat viime vuosikymmeninä laskeneet. Tiesuolaa käytetään Suomessa runsaasti. Hakkuut lisäävät huuhtoutuvan nitraatin määrää. Näiden ympäristötekijöiden vaikutus näkyy selvästi lähdevedessä.

Ympäristöhallinnon valtakunnallinen pohjavesiasemaverkko perustettiin 1970-luvun puolivälissä. Sen avulla seurataan systemaattisesti pohjaveden pinnankorkeuden ja laadun muutoksia. Verkkoon kuuluu nykyään 70 asemaa.

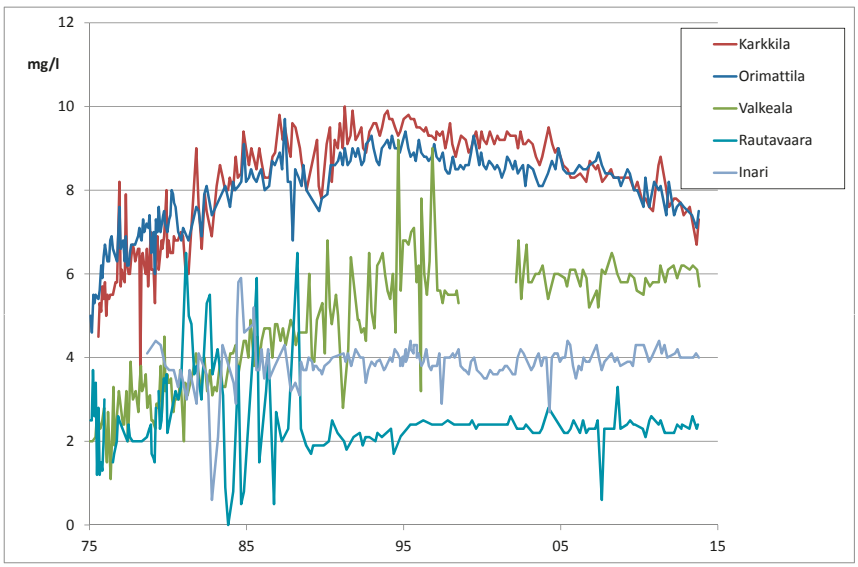
Pohjavesinäytteet on pyritty ottamaan lähteistä. Jos asemalla ei ole ollut lähdettä, niin näyte on otettu putkesta tai kaivosta. Lähteet ovat osoittautuneet hyviksi näytteenottopaikoiksi, sillä ne edustavat kokoomanäytettä laajemmalti muodostumisalueelta. Lisäksi virtaavasta vedestä voidaan ottaa näyte ilman pumppausta.

Maaperän ja kallioperän mineraalikoostumus vaikuttavat pohjaveden kemialliseen peruskoostumukseen, mutta laadun vaihteluihin ja muutoksiin vaikuttavat myös monet ulkoiset tekijät. Pohjavesiasemien alueet on pyritty pitämään luonnontilaisina tai lähes luonnontilaisina, mutta ihmisen toiminta näkyy niiden veden laadussa monin tavoin.

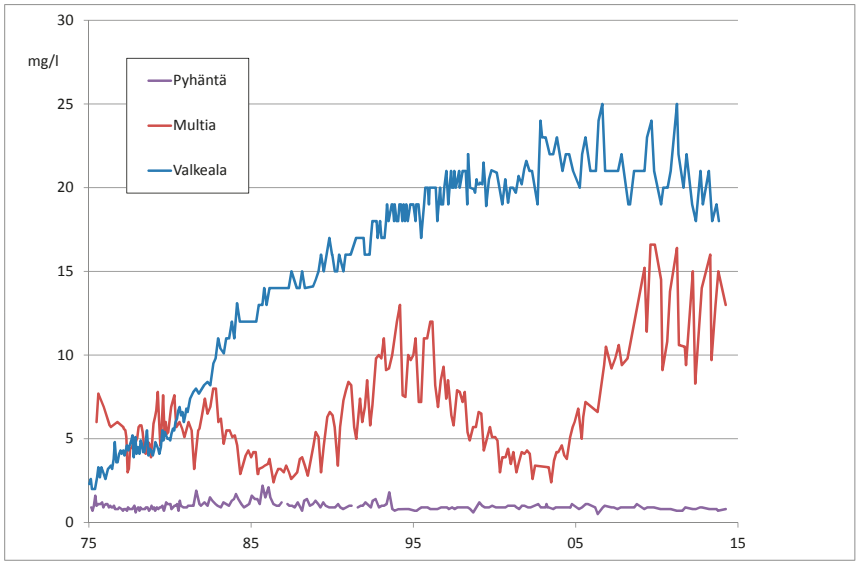
Sulfaattia sadevedestä

Ilman epäpuhtaudet suotautuvat sateen mukana maaperään ja päätyvät lopulta pohjaveteen. Vuonna 1980 sadevesi sisälsi sulfaattia noin 10 kg hehtaaria kohti, nykyään määrä on enää muutamia kiloja. Tämä on seurausta Suomessa ja muualla Euroopassa tapahtuneista päästövähennyksistä.

Pohjaveden sulfaattipitoisuudet eivät kuitenkaan ole laskeneet vastaavassa suhteessa. Maaperään on vuosien varrella sitoutunut runsaasti rikkiä ja se vapautuu vähitellen ioninvaihtoprosessien kautta. Rikkilaskeuma on ollut ja on suurinta etelärannikolla, missä pohjaveden sulfaattipitoisuuden nousukin on ollut voimakkainta (**Kuva 1**; Karkkila, Orimattila ja Valkeala).



Kuva 1. Viiden pohjavesiaseman lähteiden sulfaattipitoisuudet jaksolla 1975–2014.



Kuva 2. Kloridipitoisuudet kolmen pohjavesiaseman lähteissä.

Vaikka nousu onkin tällä vuosituhannella taittunut, pitoisuudet ovat yhä korkeampia kuin jakson alkuvuosina. Muualla Suomessa (Rautavaara ja Inari) sulfaattipitoisuus ei ole juurikaan muuttunut.

Maaperän kyky vastustaa happamoitumista ja muita ilman saasteiden vaikutuksia riippuu sen puskurikyvystä eli kivennäisaineksen ja orgaanisen aineksen ominaisuuksista. Tärkeimmät puskurointiprosessit ovat ioninvaihtoreaktiot ja mineraaliaineksen rapautuminen.

Teiden suolaus

Tiesuola on teiden ylläpidossa käytettävää suolaa, tavallisesti natriumkloridia. Sitä käytetään talvella tien pinnan jääkerroksen ja lumen sulattamiseen, kesällä vähentämään hiekkateiden pölyämistä. Haittapuolena on muun muassa maaperän ja pohjaveden suolaantuminen.

Valkealassa lähellä valtatietä 6 sijaitsee Suuriksi lähteiksi nimetty lähdealue. Siellä kloridipitoisuus on noussut seurannan aloittamisesta lähtien voimakkaasti (**Kuva 2**). Suolausta on vähennetty1990-luvulta lähtien, koska tiesuolan ympäristö- ja pohjavesivaikutuksiin alettiin kiinnittää huomiota. Pohjaveden kloridipitoisuus on lähtenyt laskuun, mutta vie pitkään aikaa päästä takaisin luonnontilaisiin pitoisuuksiin.

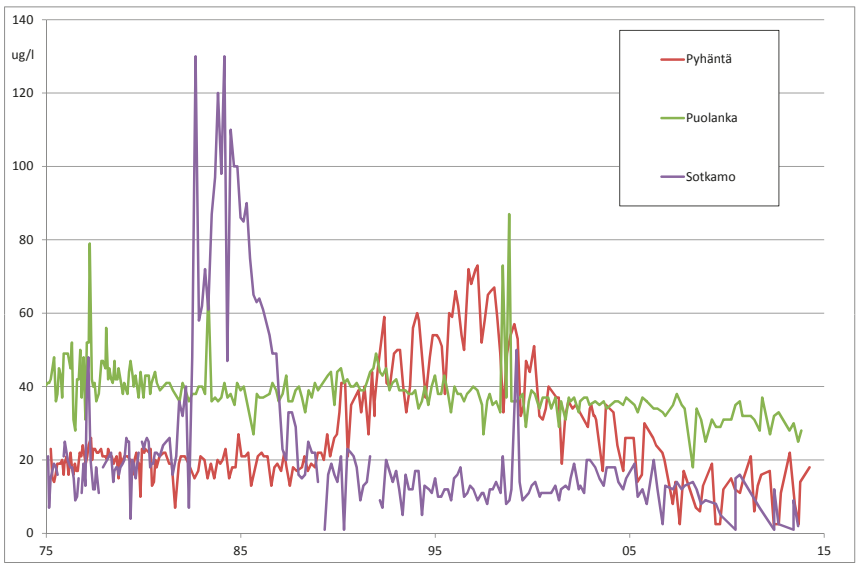
Multia edustaa pientä hiekka-aluetta, minkä keskellä on talvella suolattava tie. Pohjaveden kierto on melko nopeaa ja 1990-luvun lopulla näkyy selvästi suolauksen vähentämisen vaikutus. Sittemmin kloridipitoisuus on uudelleen noussut suolauksen lisääntyessä tällä tieosuudella. Koska muodostuma on pieni, kloridipitoisuus reagoi nopeasti muutoksiin. Pyhännän pohjavesiaseman lähteen ympäristössä ei ole teitä ja kloridipitoisuus on pysynyt lähes samalla tasolla koko havaintoajan.

Hakkuiden vaikutus

Muutokset pohjaveden muodostumisalueen kasvipeitteessä näkyvät usein nitraattipitoisuuksien muutoksina. Metsänhakkuut lisäävät huuhtoutuvan nitraatin määrää monilla asemilla. Tämä pitäisi ottaa huomioon tehtäessä laajamittaisia hakkuita vesistöjen lähellä. Lisääntynyt nitraatti ja muutokset hapetus-pelkistysolosuhteissa voivat aiheuttaa aineiden saostumista tai liukenemista, hapen kulumista pohjavedestä ja veden laadun heikkenemistä mm. pohjaveden purkauduttua läheisiin järviin.

Kuvassa 3 on esitetty kolmen pohjavesiaseman nitraattityppipitoisuudet. Sotkamon aseman läheisyydessä tehtiin laajahko hakkuu 1980-luvun alussa. Pitoisuudet nousivat noin viideksi vuodeksi hakkuutähteiden hajotessa. Samankaltainen nousu näkyy Pyhännän pohjavesiasemalla, mutta koska muodostuma on laajempi, nitraattitypen pitoisuudet pysyttelivät kohonneina yli kymmenen vuotta.

Puolangalla pitoisuudet ovat koko havaintojakson ajan olleet pienoisessa laskussa. Siellä metsä kasvaa ja käyttää tehokkaasti sekä maassa että mahdollisesti laskeumana tulevan nitraatin. Yksittäiset piikit Puolangan pohjavesiaseman nitraattityppipitoisuuksissa vuonna 1998 johtuvat runsaista kesäsateista, joiden seurauksena typpeä on päässyt huuhtoutumaan pintavaluntana runsaammin lähteeseen. Vastaavia nopeita nousuja löytyy myös muista kuvaajista.



Kuva 3. Nitraattityppipitoisuudet kolmen pohjavesiaseman lähteissä.

Lähteet pohjavesialueiden kartoituksessa ja luokituksessa

RITVA BRITSCHGI
johtava geologi
Suomen ympäristökeskus
E-mail: ritva.britschgi@ymparisto.fi

Lähteet on jo nykyisellään huomioitu useassa kohden sekä Suomen että Euroopan unionin lainsäädäntöä. Lähteiden ja muiden pohjavedestä riippuvien ekosysteemien tunnistaminen ja määrittäminen edellyttää kuitenkin vielä tarkempaa sääntelyä, ohjeistusta ja tutkimusta.

Lähteet on huomioitu pohjavesialueiden kartoituksessa ja luokituksessa 1970-luvulta alkaen. Tällä hetkellä Pohjavesitietojärjestelmään (POVET) on tallennettu yli 2800 lähteen sijaintitiedot. Vesinäytteitä on analysoitu 800 lähteen vedestä ja virtaama mitattu yli 200 lähteestä. Eniten tallennettuja lähteitä on Uudenmaan ELY-keskuksen alueella (taulukko 1). Lähes puolet lähteistä sijaitsee pohjavesialueiden ulkopuolella.

Ympäristöministeriö asetti syyskuussa 2011 työryhmän, jonka tehtävänä oli ”selvittää pohjavesialueiden kartoitukseen, luokitukseen ja käyttöön sekä pohjavesien suojelusuunnitelmiin liittyvät lainsäädännölliset ja menettelylliset kehittämistarpeet sekä tehdä ehdotuksia kehittämisvaihtoehdoiksi”. Työryhmän toimeksianto perustui eduskunnan uuden vesilain valmistelun yhteydessä antamaan lausumaan (EV 355/2010).

Työryhmä totesi, ettei pohjavedestä riippuvia pintavesi- ja maaekosysteemejä ole otettu riittävästi huomioon pohjavesialueiden rajaamisessa ja luokittelussa. Vesipuitedirektiivi asettaa ELY-keskuksille velvoitteen tehdä pohjavesimuodostumille alkutarkastelu, johon näiden ekosysteemien, muun muassa lähteiden, määrittäminen ja tunnistaminen sisältyvät. Laissa vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004) ja siihen liittyvässä asetuksessa tästä velvoitteesta säännellään kuitenkin vain yleisluonteisesti.

Työryhmä päätyi ehdottamaan, että la-

Taulukko 1. Pohjavesialueiden kartoitus- ja luokitustyössä tarkistetut tallennetut lähteet ELY-keskuksittain.

ELY	Lähteitä	Pohjavesialueella olevat lähteet	Lähteitä, joista otettu vesinäyte	Lähteitä, joiden virtaama mitattu	Lähteitä, joiden pinnankorkeus mitattu
Uusimaa	1170	669	26	14	12
Varsinais-Suomi	53	47	16	21	3
Häme	270	209	150	33	7
Pirkanmaa	75	59	24	4	20
Kaakkois-Suomi	31	19	13	2	0
Etelä-Savo	127	43	12	12	0
Pohjois-Savo	90	63	25	1	2
Pohjois-Karjala	96	43	43	12	2
Keski-Suomi	99	74	5	86	3
Etelä-Pohjanmaa	126	88	21	8	13
Pohjois-Pohjanmaa	132	62	130	4	2
Kainuu	294	58	104	9	0
Lappi	246	94	230	9	3
Ahvenanmaa	2	0	0	0	0
Yhteensä	2811	1528	799	215	67

kiin 1299/2004 lisättäisiin säännökset pohjavesialueiden rajauksesta ja luokituksesta sekä pohjavesialueen suojelusuunnitelmasta. Alueet luokiteltaisiin jatkossakin vedenhankintaa varten tärkeisiin ja vedenhankintakäyttöön soveltuviin eli luokkiin 1 ja 2. Työryhmä katsoi, että näihin luokkiin voitaisiin yhdistää vesienhoitolainsäädännön edellyttämällä tavalla ne pohjavesimuodostumat, joista pintavesi- tai maaekosysteemit ovat suoraan riippuvia. Muut ekosysteemien kannalta tärkeät pohjavesialueet muodostaisivat ehdotuksen mukaan oman E-luokkansa.

Ympäristöministeriön valmistelema lakiesitysluonnos oli lausunnolla keväällä 2014. Se on tarkoitus esitellä eduskunnalle vuoden 2014 aikana. Samalla aletaan laatia pohjavesialueiden kartoituksen ja luokituksen uutta ohjeistusta, jossa lähteiden painoarvo kasvaa.

Lainsäädännössä on huomioitu lähteiden ainutlaatuisuus

Lähteet ovat aina olleet ihmisille tärkeitä, jopa pyhiä paikkoja. Luonnontilaista lähdettä ja sen ympäristöä on arvostettu paitsi juomapaikkana myös ainutlaatuisena maisemallisena ympäristönä ja erityisiä olosuhteita vaativien eliölajien elinympäristönä. Lähteessä olosuhteet ovat viileät, mutta tasalämpöiset ympäri vuoden ja sen ympärille muodostuu oma pienilmastonsa. Lähteestä purkautuva pohjavesi tuo mukanaan mineraaleja ja veden happitilanne on yleensä hyvä. Kunkin lähteen ja sen ympäristön eliöstön elinvoimaisuus riippuu juuri kyseisen lähteen tilasta. Luonnontilaiset lähteet ja lähteiden vesi onkin huomioitu sekä Suomen että Euroopan unionin lainsäädännössä.

Metsälaissa luonnontilaiset lähteet ovat mukana yhtenä erityisen tärkeistä elinympäristöistä, joiden ympäristössä metsää tulee hoitaa ja käyttää siten, että yleiset edellytykset näiden elinympäristöjen säilymiselle turvataan.

Luonnontilaisen lähteen luonnontilan vaarantaminen on kielletty vesilaissa. Yksittäistapauksessa ja hakemuksesta voi aluehallintoviranomainen kuitenkin myöntää poikkeuksen luonnontilan muuttamiseen sillä edellytyksellä, että lähteiden suojelutavoitteet eivät huomattavasti vaarannu.

Vesilaissa säädetään myös sellaisten hankkeiden luvanvaraisuudesta, jotka voivat vaikuttaa pohjaveden määrään tai antoisuuteen eli esimerkiksi aiheuttaa vahinkoa tai haittaa talousvetenä käytettävän lähteen vedelle. Ympäristönsuojelulain pilaamiskielto kattaa kaiken pohjaveden ja pilaamiskielto turvaa näin välillisesti lähteidenkin veden laatua.

Luonnonsuojelulaissa säädetään Natura 2000-verkostoa koskevista alueista. Näihin EU:n luontodirektiivin perusteella tärkeiksi todettuihin alueisiin kuuluvat luontotyyppeinä sekä lähteet ja lähdesuot että erittäin vaateliasta lajistoa ylläpitävät huurresammallähteet.

Kirjallisuus

Ympäristöministeriö. 2012. Pohjaveden suojeluun liittyvän sääntelyn kehittämistyöryhmän raportti (http://www.hare.vn.fi/upload/Asiakirjat/17761/194487_FINAL_Pohjavesi_työryhmän_raportti.pdf)

Luonnontilainen lähde korpien kätköissä. (Kuva: Tuomo Hatva)

Sedimentin prosessien vaikutus fosforin vapautumiseen Helsingin Töölönlahdella

MARIE KORPPOO
Suomen ympäristökeskus
E-mail: marie.korppoo@ymparisto.fi

Kirjoittaja työskentelee tutkijana SYKEn vesikeskuksessa. Tässä artikkelissa esitetty tutkimus on osa Marien tekeillä olevaa väitöskirjatyötä, jossa mallitetaan sedimentin biogeokemian vaikutusta vedenlaatuun makeissa ja murtovesissä.

KAARINA LUKKARI
Suomen ympäristökeskus
E-mail: kaarina.lukkari@ymparisto.fi

EMIL VAHTERA
Helsingin kaupunki, ympäristökeskus
E-mail: emil.vahtera@hel.fi

Artikkeli esittelee keskeisiä tuloksia hankkeesta "Fosforin pidättymis- ja vapautumismekanismit sedimenteissä ja niiden vaikutus vedenlaatuun", jossa tutkittiin biogeokemiallisia prosesseja Helsingin Töölönlahdella tavoitteena kehittää malli fosforin vapautumiselle sedimentistä veteen. Tulokset on julkaistu artikkelissa "Phosphorus release and sediment geochemistry in a low-salinity water bay of the Gulf of Finland" (Thouvenot-Korppoo ym. 2012).

Jokien kuljettamat ravinteet ja orgaaninen aines aiheuttavat rannikkovesien rehevöitymistä. Perustuotantoa ja leväbiomassan muodostumista rajoittavat joko fosfori tai typpi, merien rannikoilla, murtovesissä ja jokisuistoissa yleensä käyttökelpoisessa muodossa oleva typpi (Howarth & Marino 2006). Tämä voi johtaa veteen liuennutta typpikaasua sitovien sinilevien lisääntymiseen, koska typen saatavuus ei rajoita niiden kasvua. Tämän vuoksi myös sisäisellä fosforikuormituksella voi olla merkittävä rooli sinileväkukintojen synnyssä. Jopa 50 prosenttia rannikkoekosysteemien perustuotannon tuottamasta orgaanisesta aineksesta hajoaa pintasedimenteissä ja samalla vapautuu merkittävä määrä liukoista fosforia (fosfaattia, PO_4^{3-}) veteen. Fosforin pidättyminen sedimentteihin kontrolloikin levien fosfaatin saatavuutta rannikkojen matalilla lahdilla, kuten Töölönlahdella Helsingissä.

Fosfori esiintyy sedimenteissä liukoisuudeltaan ja sitoutumiseltaan erilaisissa muodoissa, jotka voidaan jakaa uuttomenetelmän avulla karkeasti reaktiiviseen ja pysyvään fosforiin (Boström ym. 1982). Reaktiivinen fosfori on bakteereille ja leville käyttökelpoisessa muodossa, tai se voi muuntua sellaiseksi sedimentin prosesseissa. Reaktiivista fosforia on esimerkiksi partikkelipinnoille heikosti pidättynyt ja huokosvesissä oleva fosfaatti, raudan (Fe) oksideihin sitoutunut fosfaatti sekä hajoavan orgaanisen aineksen sisältämä fosfori. Pysyvässä muodossa oleva fosfori puolestaan hautautuu meren pohjaan ja poistuu välittömästä ravinnekierrosta. Se voi koostua esimerkiksi alumiinin (Al) oksideihin sitoutuneesta fosforista, apatiittifosforista sekä niin sanotusta jäännösfosforista, joka on pääosin heikosti hajoavaa orgaanista fosforia.

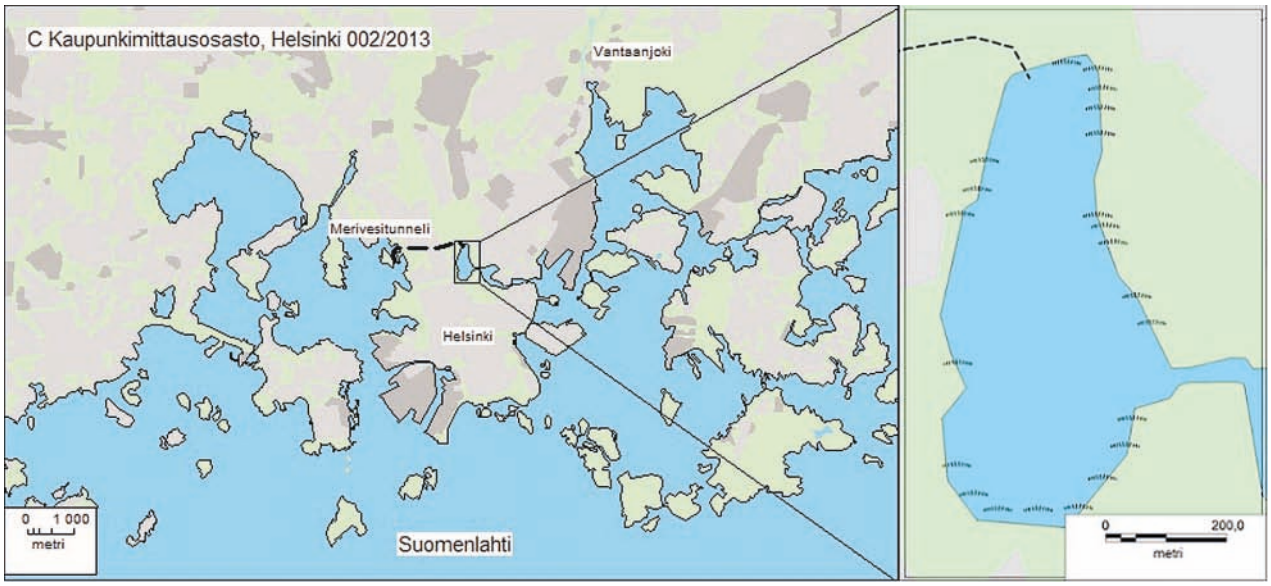
Happiolosuhteet vaikuttavat, suoraan ja välillisesti, sekä rautayhdisteisiin että orgaaniseen ainekseen sitoutuneen reaktiivisen fosforin liikkuvuuteen. Orgaanisen aineksen hajotusprosessi kuluttaa happea ja toisaalta happiolosuhteet voivat vaikuttaa orgaanisen aineksen hajotusnopeuteen. Orgaanisen aineksen hajotessa sen sisältämää fosfaattia vapautuu sedimentin huokosveteen, mistä fosfaattia sekoittuu, tai pohjaeläimet sekoittavat sitä, kohti pintakerroksia ja edelleen pohjan yläpuoliseen veteen. Jos sedimentin pinta on hapettunut, ferriraudan (Fe^{3+}) oksidit voivat sitoa fosfaattia ja pitää sen sedimentissä, kun taas hapettomissa olosuhteissa ferrirauta pelkistyy, eikä pysty sitomaan fosfaattia (Boström ym. 1982). Tämän lisäksi raudan ja rikin (S) vuorovaikutus edesauttaa fosfaatin kertymistä sedimentin huokosveteen, koska rautaa on vähemmän sitomassa fosfaattia (Caraco ym. 1989).

Töölönlahti

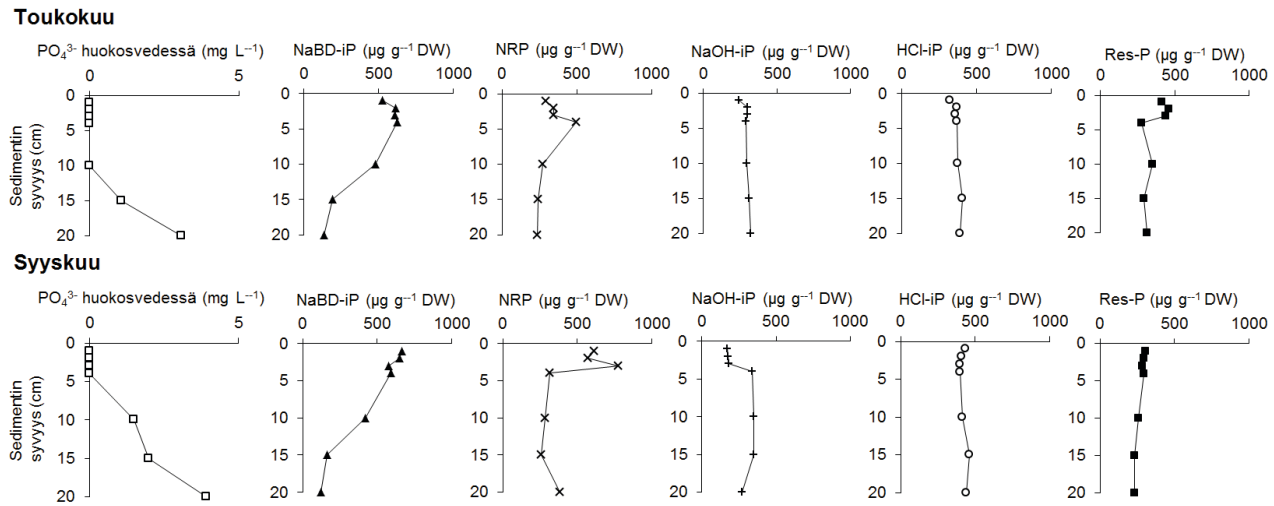
Töölönlahti on pieni ja matala (noin 20 ha ja 2 m), runsaasti orgaanista ainesta sisältävä murtovesilahti (suolaisuus 4.4 promillea) Helsingin keskustassa. Se on itäreunaltaan yhteydessä Suomenlahteen 6 m leveän kanavan kautta (**Kuva 1**). Lahtea on kuormitettu voimakkaasti asutuksen ja teollisuuden jätevesillä 1900-luvun alusta alkaen, mutta jätevesien kerääminen ja käsittely ovat parantaneet vedenlaatua huomattavasti (Munne ym. 2008). Lahden vesi on sameaa läpi vuoden johtuen Vantaanjoen tulva-aikoina tuomasta partikkelimaisesta aineksesta, tuulen aiheuttamasta sedimentin sekoittumisesta ja kesäkuukausina kehittyvästä planktonbiomassasta. Vuodesta 2005 lähtien Humallahdesta, Helsingin länsipuolelta on pumpattu Töölönlahden luoteiskulmaan vettä noin 0,5 m^3s^{-1}:n nopeudella. Munne ym. (2008) raportoivat vedenlaadun parantuneen sen jälkeen, kun veden pumppaaminen aloitettiin. Vesi on muuttunut kirkkaammaksi ja makrofyyttien määrä on kasvanut.

Sedimentin ominaisuuksista ja biogeokemiallisista prosesseista Töölönlahdella

Töölönlahden pintasedimenteissä on paljon orgaanista hiiltä (TOC) suhteessa orgaaniseen typpeen (TON) ja fosforiin (TOP) (moolisuhteet TOC/TON = 13-15 ja TOC/TOP = 210-300). Tämä viittaa siihen, että valuma-alueelta tulee runsaasti kuormitusta sen pienuudesta (39 ha) huolimatta



Kuva 1. Töölönlahti Helsingissä. Rakennetut alueet on kuvattu harmaalla. Kuviin on merkitty katkoviivalla veden pumppaamiseen käytetty tunneli sekä lahtea reunustavat tiheät ruokokasvustot.



Kuva 2. Sedimentin fosforin eri esiintymismuotojen pitoisuudet Töölölahden keskiosassa touko- ja syyskuussa 2007. □ Huokosveden fosfori (fosfaatti, PO43-), ▲ raudan oksideihin sitoutunut fosfori (NaBD-iP); + alumiinin oksideihin sitoutunut fosfori (NaOH-iP); × fosfori hajoavassa orgaanisessa aineksessa (NRP); ○ apatiittifosfori (HCl-iP); ■ hajotusta kestävä orgaaninen fosfori (Res-P).

Kuva 4. Sedimenttinäyte Töölönlahdelta. Noin 25 cm syvyisen näytteen pinnassa näkyvät ruskeina pohjaeläinten kaivamat hapettuneet käytävät ja sedimentin sekoittuneisuus. Syvemmällä näytteessä musta väri viittaa raudan saostumiseen rautasulfideina.

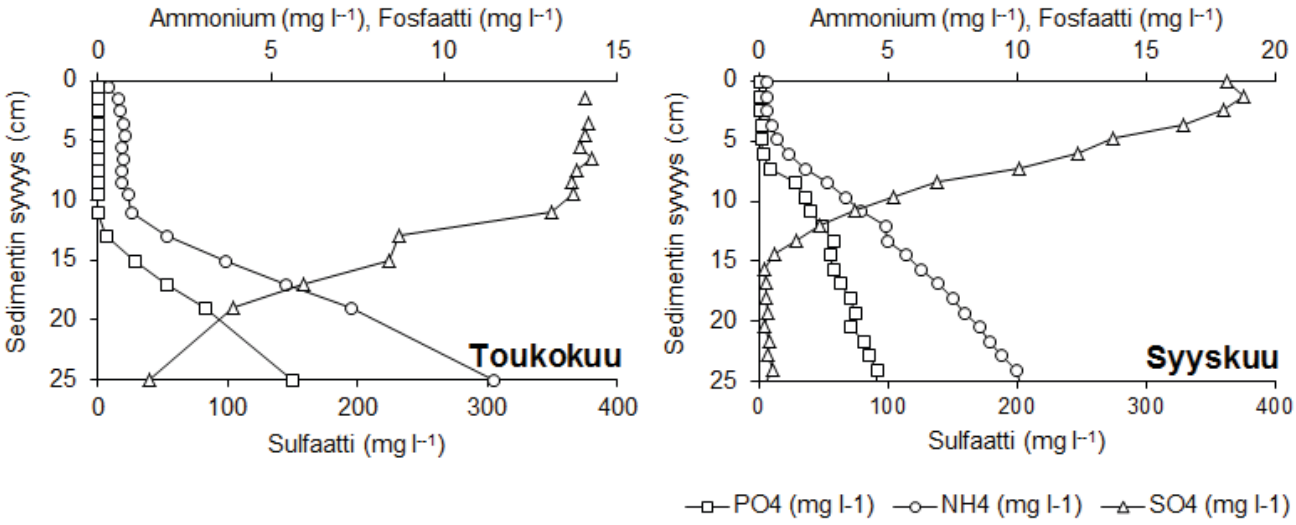
(sedimentaationopeus on noin 1500 g m^{-2} y^{-1}). Töölönlahden vedessä keijuu myös runsaasti levää, joten pohjaan vajoavaa orgaanista ainesta muodostuu paljon tätäkin kautta (Munne ym. 2008; Helminen & Vahtera 2014). Pintasedimenttien korkeasta orgaanisen aineksen pitoisuudesta (TOC = 65-75 g kg^{-1} kuiva-ainetta, ka) johtuen sedimentit kuluttivat happea (-31 mg O_2 m^{-2} h^{-1}). Lisäksi sedimenteistä mitattiin voimakkaasti laskevia hapetus-pelkistys -potentiaaleja ja pelkistymiselle tyypillisesti vaalean ruskea hapettunut pinta muuttui syvemmällä mustaksi johtuen rautasulfidien muodostumisesta. Tutkimushankkeen näytteenoton aikaan, touko- ja elokuussa 2007, sedimentit olivat pohjaeläinten sekoittamia noin 10 cm syvyyteen asti.

Hajoavan orgaanisen fosforin määrä kasvoi sedimentin pinnassa touko- ja syyskuun välillä (**Kuva 2**). Tämä kasvu saattoi johtua kuolleiden levien laskeutumisesta pohjalle kesän lopussa, mikä lisäsi orgaanisen aineksen ja orgaanisen fosforin määrää pintasedimenteissä. Orgaanisen aineksen hajotuksessa vapautui ammoniumia (NH_4^+) ja fosfaattia sedimentin huokosveteen, mikä näkyi näiden pitoisuuksien yhtäaikaisena kasvuna (**Kuva 3**). Fosforin kokonaispitoisuus sedimentissä (~ 1.5-2 mg P g^{-1} ka 15 cm:n pintakerroksessa) oli samaa suuruusluokkaa kuin on analysoitu aiemmin Suomenlahdelta. Töölönlahdella noin 20 prosenttia fosforin kokonaismäärästä oli sellaisissa muodoissa, jotka voivat ajan myötä vapautua veteen sedimentin biogeokemiallisissa prosesseissa. Suomenlahden pintasedimenteissä vastaava osuus vaihtelee 10 ja 50 prosentin välillä (Lukkari 2008). Tulokset viittaavat siihen, että Töölönlahti on paljon orgaanista ainesta sisältävä murtovesiympäristö, jossa sedimentin biogeokemialliset prosessit vaikuttavat merkittävästi vedenlaatuun mm. kuluttamalla happea ja vapauttamalla veteen liukoisia ravinteita, fosfaattia ja ammoniumia.

Fosforin vapautuminen sedimentistä veteen

Fosforin vuomittausten mukaan Töölönlahden sedimentit olivat herkkiä fosfaatin vapautumiselle happipitoisuuksien vaihteluiden mukaan. Hapettomat olosuhteet lisäsivät selvästi fosforin vuota sedimentistä veteen sekä kentällä (~1.5 mg P m^{-2} d^{-1}) että laboratoriokokeessa (34-40 mg P m^{-2} d^{-1}). Vähähappisten olosuhteiden aikana (alimmillaan 5.9 mg l^{-1} 1 m:n syvyydessä) elokuussa 2002 Helsingin kaupungin ympäristökeskus mittasi Töölönlahden vedestä korkeita klorofylli-a:n ja fosfaatin pitoisuuksia. Tätä voi selittää vain fosfaatin vapautuminen lahden sedimenteistä. Vähähappisen jakson aikana fosfaatin pitoisuus kasvoi nopeasti yli 30 µg l^{-1}:n kahden viikon ajaksi. Vastaavia pitoisuuksien nousuja on havaittu Itämerellä (Emeis ym., 2000) ja yhdistetty juuri rautayhdisteisiin sitoutuneen fosfaatin vapautumiseen sedimenteistä hapellisten olosuhteiden muuttuessa hapettomiksi.

Hapettomia olosuhteita seuranneen nopean vapautumisen lisäksi fosfaattia vapautui hitaasti Töölönlahden sedimen-



Kuva 3. Ammoniumin (mg l^{-1}, ○), fosfaatin (mg l^{-1}, □) ja sulfaatin (mg l-1, Δ) pitoisuudet sedimentin huokosvesissä Töölönlahden keskiosassa touko- ja syyskuussa 2007.

teistä myös yläpuolisen veden ollessa hapellista. Sedimentistä tehtyjen analyysien perusteella reaktiivista fosforia vapautui ajan myötä 1-3.5 mg P m^{-2} d^{-1}. Nämä arvot olivat samaa suuruusluokkaa kuin kentällä tehdyt mittaukset (~1.5 mg P m^{-2} d^{-1}). Sen sijaan huokosveden fosfaattipitoisuuksien pohjalta lasketut diffuusioon perustuvat fosfaattivuot sedimentti-vesi -rajapinnassa olivat lähellä nollaa. Hapellisissa olosuhteissa fosfaattia vapautui ilmeisesti huokosvesistä pohjaeläinten aiheuttaman sedimentin sekoittumisen takia. Sekoittunut sedimenttikerros oheni 15 cm:stä 8 cm:iin touko- ja syyskuun välillä, mikä saattoi selittyä osin sillä, että pohjaeläinlajistoa dominoivat surviaissääsken toukat hävisivät sedimenteistä kesän aikana. Pitkällä tähtäimellä pohjaeläinten aiheuttama sekoittaminen hapettaa sedimenttejä ja auttaa niitä pidättämään paremmin fosfaattia, mutta sen positiivista vaikutusta vähentävät orgaanisen aineksen hajotuksen kiihtyminen ja fosfaatin sekoittaminen sedimentin huokosvesistä veteen (Kristensen 1988).

Sedimentin raudan, rikin ja fosforin vuorovaikutuksia

Sulfaatin (SO_4^{2-}) ja liukoisen ferroraudan (Fe^{2+}) välinen voimakas vuorovaikutus sedimentin huokosvesissä viittasi siihen, että hapettomissa kerroksissa ferrirauta pelkistyi ferroraudaksi ja sulfaatti sulfidiksi, mikä johti edelleen ferroraudan saostumiseen rautasulfideiksi. Kirjallisuudessa on esitetty, että hapettomissa murtovesien sedimenteissä sulfaatinpelkistys on pääasiallinen orgaanisen aineksen hajotuksen reitti (Jørgensen 1982). Sulfaatin ja ferroraudan välisen vuorovaikutuksen lisäksi Töölönlahden sedimenteissä huokosveden fosfaatti korreloi voimakkaasti näiden molempien kanssa. Tulokset viittaavat siis siihen, että tällä tutkimusalueella sulfaatinpelkistysprosessi vaikutti välillisesti sedimenttien fosforinsitomiskykyyn, kuten Caraco ym. (1989) esittivät. Ferroraudan saostuminen rautasulfideina hapettomissa sedimenttikerroksissa voi tukea epäsuorasti fosfaatin vapautumista sedimentistä, vaikka sedimentin pinta olisi hapettunut, koska fosfaatin kertyminen huokosvesiin edesauttaa sen päätymistä pohjan yläpuoliseen veteen pohjaeläinten aiheuttaman sekoittumisen myötä.

Tutkimuksen johtopäätöksiä ja Töölönlahden vedenlaadun tulevaisuudennäkymiä

Tämän tutkimuksen mukaan fosforin vapautuminen Töölönlahden sedimenteistä veteen riippui happiolosuhteista ja pohjaeläinten aiheuttamasta sekoittamisesta. Fosforin vapautumista selittivät fosforia sitovien rautaoksidien esiintyminen sedimentin pintakerroksessa, rautaan sitoutuneen

Kuva 5. Marie Korppoo ottamassa sedimenttinäytteitä Töölönlahdella.

fosforin herkkyys hapetus-pelkistys -olojen vaihtelulle ja liukoisen raudan ja sulfaatin esiintyminen huokosvesissä. Tulosten perusteella onkin suositeltavaa, että vedenlaatumalleihin otettaisiin mukaan sedimentin fosforin erilaiset muodot, erityisesti hapetus-pelkistys -olosuhteille herkkiin rautaoksideihin sitoutunut fosfori. Sedimentin hapetus-pelkistys -olosuhteisiin puolestaan vaikuttavat mm. hajoavan orgaanisen aineksen määrä sekä hapen, raudan ja sulfaatin pitoisuudet ja pohjaeläinten esiintyvyys. Nämä parametrit voisivat parantaa lyhyen ja pitkän aikavälin ennusteita vedenlaadusta, erityisesti leväkukintojen dynamiikan kuvausta rannikkoalueilla.

Vähäsuolaiset jokisuistot ja matalat rannikkoalueet, jotka sijaitsevat makeiden ja murtovesien rajavyöhykkeellä, ovat herkkiä muutoksille fosforin biogeokemiallisissa prosesseissa.

Töölönlahden vedenlaadun kannalta näyttää tärkeältä rajoittaa edelleen sinne kertyvän orgaanisen aineksen määrää. Suuri osa orgaanisesta aineksesta on peräisin lahden omasta perustuotannosta. Perustuotannon suuruuteen vaikuttavat pääosin kasviravinteiden ja valon määrä vedessä ja orgaanisen aineksen kertymiseen lahden veden vaihtuvuus. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen mukaan veden nitraattipitoisuuksien talvikeskiarvot (1998-2012) ovat noin 800 $\mu g\ l^{-1}$ ja fosfaatin noin 21 $\mu g\ l^{-1}$. Kesällä nitraattipitoisuudet ovat määritysrajan tuntumassa tai sen alapuolella ja liukoisten ravinteiden moolisuhteet viittaavat perustuotannon vahvaan typpirajoitteisuuteen. Koska kasviplankton koostuu pääasiassa lajeista, jotka eivät sido veteen liuennutta kaasumaista typpeä, käyttökelpoisen typen määrän rajoittaminen voisi olla keino saavuttaa parempi vedenlaatu Töölönlahdella ja rajoittaa samalla sisäistä fosforikuormitusta.

Kirjallisuus

Thouvenot-Korppoo M., Lukkari K., Järvelä J., Leivuori M., Karvonen T. & Stipa T. 2012. Phosphorus release and sediment geochemistry in a low-salinity water bay of the Gulf of Finland. Boreal Environment Research 17:237-251.

Howarth R.W. & Marino R. 2006. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over three decades. Limnology and Oceanography 51(1):364-376.

Boström B., Jansson M. & Forsberg C. 1982. Phosphorus release from lake sediments. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergbn. Limnol. 18:5-59.

Caraco N., Cole J. & Likens G.E. 1989. Evidence for sulphate-controlled phosphorus release from sediments of aquatic systems. Nature 341:316-318.

Munne P., Tiensuu M. & Vahtera E. 2008. Töölönlahden kunnostushanke. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 19/2008.
Helminen J. & Vahtera E. Töölönlahden kunnostushanke: Töölönlahden nykytila ja meriveden juoksutuksen vaikutus ensimmäisen seitsemän vuoden aikana. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 5/2014.

Lukkari K. 2008. Chemical characteristics and behaviour of sediment phosphorus in the Northeastern Baltic Sea. Dissertation, University of Helsinki, Finland.

Emeis K.-C., Struck U., Leipe T., Pollehne F., Kunzendorf H. & Christiansen C. 2000. Changes in the C, N, P burial rates in some Baltic Sea sediments over the last 150 years - relevance to P regeneration rates and the phosphorus cycle. Marine Geology 167:43-59.

Kristensen E. 1988. Benthic fauna and biogeochemical processes in marine sediments: Microbial activities and fluxes. Kirjassa: Blackburn, T.H. & Sørensen, J. (toim.): Nitrogen cycling in coastal marine environments. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, s. 275–299.

Jørgensen B.B. 1982. Mineralization of organic matter in the sea bed-the role of sulphate reduction. Nature 296:643-645.

FCG

Hallitsemme vesihuollon koko elinkaaren.

FCG Suunnittelu ja tekniikka • www.fcg.fi

Suomenlahdella toteutetun suuren rakennusprojektin ympäristövaikutukset

ARI HANSKI
FM, hydrobiologi
johtava asiantuntija, Ramboll Finland Oy
E-mail: ari.hanski@ramboll.fi

Kirjoittaja toimi vuosina 2010–2013 tiiminvetäjänä Ramboll Finland Oy:ssä kaasuputken rakentamisen aikaisten monitorointitulosten raportoinnissa.

Vuonna 2005 perustetun Nord Stream AG – konsortion tarkoituksena on Itämeren halki Venäjältä Saksaan kulkevan vedenalaisen kaasuputkijärjestelmän suunnittelu, rakentaminen ja käyttö. Suomen talousvyöhykkeelle Suomenlahdella sijoittuneen putkilinjaosuuden rakennustyöt tapahtuivat syvän veden alueella (keskisyvyys 88 m), 20–30 km etäisyydellä Suomen rannikosta. Ennen rakentamista tehdyt perustilan ympäristöselvitykset ja rakennustöiden aikaiset monitorointitulokset antoivat uutta tietoa merialueen fysikaalis-kemiallisista ja biologisista olosuhteista, kuin myös historiasta (esim. pintasedimentin koholla olevat TBT-pitoisuudet, 56 tunnistettua hylkyä ja kuriositeettina valaan luurangon jäänteet).

Maakaasun siirtämiseksi Venäjältä Saksaan Itämeren pohjalle rakennettiin kaksi rinnakkaista putkilinjaa, joista kummankin pituus on 1224 km. Rakentaminen ajoittui vuosille 2009-2012. Kunkin putkilinjan rakentaminen kesti noin 1,5 vuotta. Suomen talousvyöhykkeelle sijoittuva osuus linjasta on 375 km pituinen. Ensimmäisen putkilinja otettiin käyttöön syksyllä 2011 ja toinen vuotta myöhemmin. Putkilinjajärjestelmä on suunniteltu toimimaan ainakin 50 vuotta.

Kuva 1. Nord Stream -putkilinjan reitti Itämerellä. ©Nord Stream AG

Ennen kuin varsinainen rakentaminen voitiin aloittaa, Suomen talousvyöhykkeellä putkilinjan reitiltä raivattiin yhteensä 55 ammusta (49 räjäytettiin ja 6 siirrettiin). Ammusten räjäytykset alkoivat myöhäissyksyllä 2009 ja ne saatiin päätökseen syksyllä 2010. Raivattujen ammusten kokonaisräjähdemäärä oli noin 60 prosenttia arvioidusta määrästä. Muut rakentamisen vaiheet, ennen kuin putkilinjat voitiin ottaa käyttöön, olivat

- kiviaineksen kasaus
- putkenlasku
- käyttöönottoa valmistelevat työt
- putkien vedenalainen yhdistäminen ja
- käyttöönotto

Putkilinjojen tuentaan merenpohjalla käytettiin yhteensä noin 441 000 m^3 kiviainesta. Kiviainespenkereiden peittämä pinta-ala on noin 0,2 km^2. Tämä on 2,8 kertaa suurempi ala kuin alun perin oli arvioitu. Lisäys johtui suunnitelmassa oletettua pehmeämmästä maaperästä ja tarpeesta rakentaa kiviainespenkereitä rajoittamaan putkilinjojen käytönaikaista horisontaalista ja vertikaalista liikkumista.

Ympäristönäkökohtiin liittyen Suomenlahdella putkenlaskussa käytettiin dynaamisesti asemoitavaa (DP) alusta. Allseas- yhtiön *Solitaire*-alus on maailman suurin putkenlaskualus. Vain Suomen talousvyöhykkeen läntisimmässä osassa putket laskettiin Saipem-yhtiön ankkuroitavalla *Castoro Sei* –aluksella. Ennen kuin putkilinjat voitiin ottaa käyttöön, niille tehtiin erilaisia valmistelevia toimenpiteitä (vedellä täyttäminen, puhdistaminen, mittaukset ja painetestaus). Suomen vesillä kukin linja koostui kahdesta eri putkijaksosta, jotka liitettiin yhteen vedenalaisella yhdistämisellä. Operaatiota valvottiin alukselta kauko-ohjauksella ja sukeltajien avustuksella. Suomenlahden suuosassa sijaitsevalla kohdealueella vesisyvyys on noin 80 m.

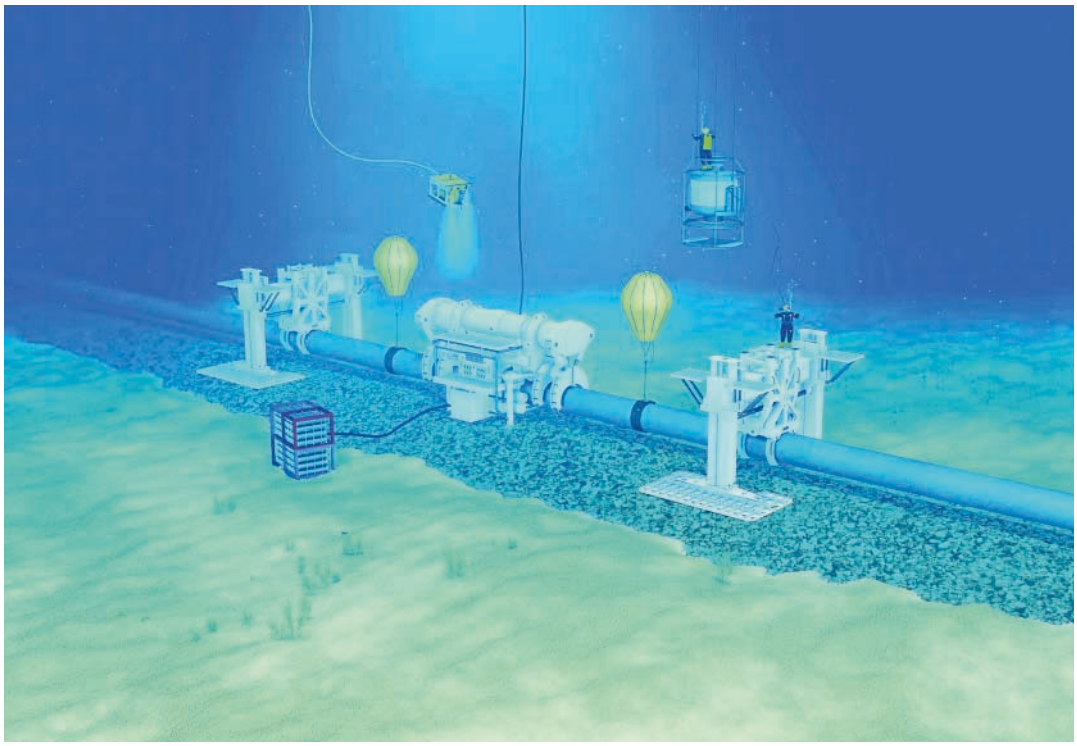
Marraskuussa 2009 valtioneuvosto myönsi luvan käyttää Suomen talousvyöhykettä putkilinjan rakentamiseen. Muutamaa kuukautta myöhemmin, helmikuussa 2010 Etelä-Suomen aluehallintovirasto myönsi vesilain mukaisen luvan putkilinjan rakentamiselle ja käyttöönotolle Suomen talousvyöhykkeellä. Lupa oli täytäntöönpanokelpoinen mahdollisesta muutoksenhausta huolimatta. Kesäkuussa 2011 luvasta tuli lainvoimainen. Ensimmäinen rakennustyö, ammusten raivaus, sai lokakuussa 2009 luvan, jonka perusteella työ voitiin aloittaa välittömästi.

Ympäristötarkkailu

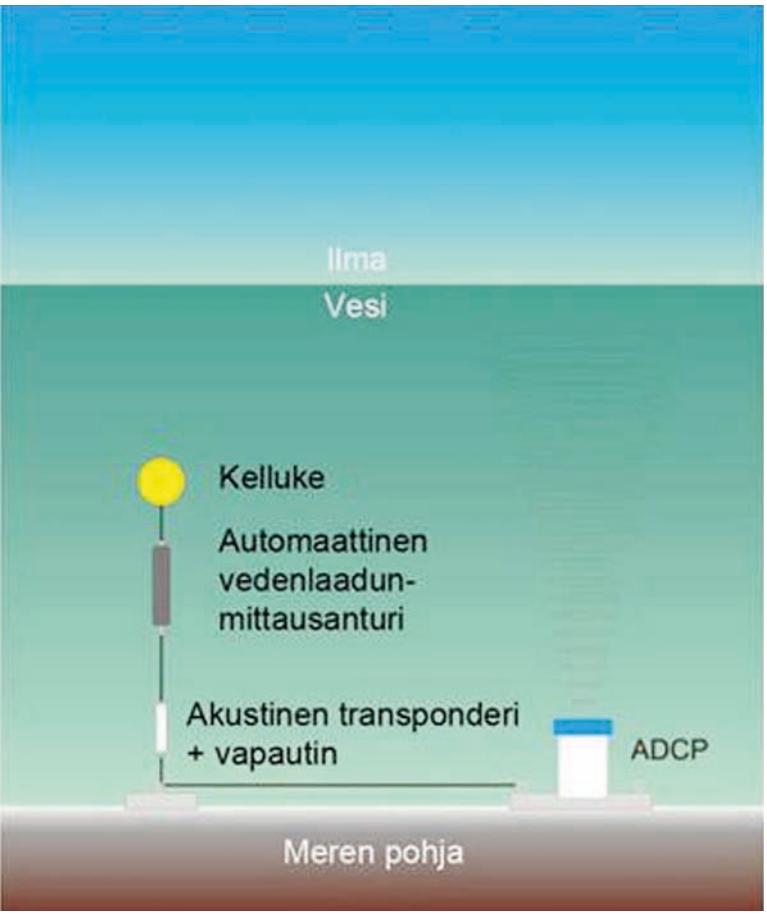
Putken rakentamiseen liittyvää ympäristövaikutusten tarkkailua tehtiin ammusten räjäytykseen, kiviaineksen kasaukseen, kaapelimattojen asentamiseen ja putkenlaskuun liittyen. Keskeinen tavoite monitoroinnilla oli verrata vaikutusten merkittävyyttä YVA- prosessin aikana mallinnuksen avulla saatuihin tuloksiin. Tarkkailu kohdistui, rakentamistoimesta riippuen, merenpohjan morfologiaan, veden laatuun ja virtauksiin, sedimentin haitta-aineisiin, meluun ja paineaaltoihin, kaloihin, lintuihin, pohjaeliöstöön sekä merinisäkkäisiin. Lisäksi tarkkailtiin merenpohjalla olevia kohteita, kuten hylkyjä.

Abioottinen ympäristö

Merenpohjan morfologiaa tarkkailtiin ROV-laitteella (vedenalainen ja kauko-ohjattava), joka oli varustettu monikeilakaikuluotaimella (MBES) sekä ääniluotaimella ja vi-



Kuva 2. Periaatepiirros putkijaksojen vedenalaisesta liittämisestä. ©Nord Stream AG



Kuva 3. Periaatepiirros ankkuroidusta kiinteästä mittausasemasta (ei mittakaavassa). © Luode Consulting Oy

deokameroilla. Kiviaineksen luotauksen aikana veden laatua tarkkailtiin alukselta automaattisilla laitteilla, jotka mittasivat sameutta, lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja syvyyttä. Myös kiinteitä asemia, joissa oli moniparametrianturit, sijoitettiin rakennuskohteen ympärille. Lisäksi otettiin normaalisti vesinäytteitä vesipatsaan eri kerroksista. Muutamissa kohteissa ADCP-laitteella (akustinen virtausmittari) mitattiin virtauskentissä tapahtuvia muutoksia (virtausnopeus ja -suunta) koko vesipatsaassa.

Sedimenttinäytteet otettiin GEMAX –näytteenottimella. Ennen ammusten raivausta ja kiviaineksen kasausta sekä töiden jälkeen tutkimuslinjalta otettiin sedimenttinäytteet pintasedimentistä (yleensä 0-2 cm). Näytteistä määritettiin dioksiinit ja furaanit, orgaaniset tinayhdisteet, metallit ja ravinteet.

Bioottinen ympäristö

Pehmeiltä pohjilta otettiin pohjaeliöstönäytteet van Veen -noutimella. HELCOM- ohjeiden mukaisesti kultakin näytepaikalta otetut kolme rinnakkaisnäytettä seulottiin aluksella 1,0 ja 0,5 mm seulojen läpi. Valittujen pitkäaikaisten HELCOM pohjaeläinasemien ja mahdollisten niitä korvaavien alueiden (otetaan käyttöön, mikäli asemien tieteellinen perintö on uhattuna) monitorointi alkoi vuonna 2010, ennen ensimmäisen putkilinjan rakentamisen käynnistymistä. Lisäksi ammusten raivauksen ja kiviaineksen kasauksen vaikutuksia pohjaeläinyhteisöihin on tarkkailtu ennen ja jälkeen kyseisiä rakennustoimia. Tarkkailut jatkuvat vuoteen 2015 asti.

Vaikutukset luontoon

Merenpohja

Suomenlahdella merenpohjan topografiassa ja sedimenttien laadussa on selvää itä-länsi – suuntaista vaihtelua. Itäosassa merenpohja on laadultaan pääosin kovaa, kun taas keski- ja länsiosassa pehmeä savi/muta pohjamateriaalina on yleinen. Näillä pohjilla sedimentaation merkitys korostuu. Suomen talousvyöhykkeelle sijoittuvassa putkilinjan asennuskäytävässä vesisyvyys vaihtelee välillä 43 – 203 m. Edellä mainitun kiviaineksen peittovaikutuksen lisäksi ammusten räjäytykset aiheuttivat pieniä painaumia merenpohjaan. Suomen talousvyöhykkeellä kiviainespenkereiden peittämä ala vastaa noin 0,003 prosenttia pohjan alasta alueella, jossa vesisyvyys on suurempi kuin 40 m.

Hankkeen YVA-prosessin aikana mediassa eräs keskeinen huolenaihe oli pintasedimentin ja siihen kiinnittyneiden kontaminanttien mahdollinen resuspensio. Pelättiin, että tästä saattaisi aiheutua potentiaalinen riski niin vesiympäristölle kuin ihmiselle. Tarkkailutulosten perusteella pintasedimentin siirtyminen oli kuitenkin vähäistä.

Sedimentin haitta-aineet

Tarkkailluilla tutkimuslinjoilla metallipitoisuudet olivat yleensä pieniä. Täysin sattumanvaraisesti eräät metallit, kuten kupari, saattoivat paikoitellen esiintyä niin korkeina pitoisuuksina (normalisoitu pitoisuus 150 mg/kg ka), että ne ylittivät Suomen rannikkovesille ruoppausmassojen läjitykseen annetun ohjeen mukaisen ylemmän raja-arvon. Tämän arvioitiin johtuvan merenpohjan heterogeenisestä laadusta. Tutkituilla alueilla dioksiini- ja furaanipitoisuudet olivat yleisesti pieniä. Suurimmat normalisoidut pitoisuudet olivat luokkaa 30–32 ng/kg ka WHO-TEQ/I-TEQ, kun ohjeen mukainen ylempi raja-arvo (Taso 2) on 500 ng/kg ka. Vertailuna mainittakoon, että Kymijoen edustalta noin 25 cm syvyydestä sedimentistä tutkituissa näytteissä suurimmat pitoisuudet olivat 300–500 ng/kg WHO-TEQ (Isosaari ym. 2002).

Orgaanisista tinayhdisteistä tributyylitinan (TBT) pitoisuudet olivat sattumanvaraisesti suuria. Yleisesti pitoisuudet ylittivät alemman raja-arvon (3 µg/kg ka). Korkein normalisoitu TBT-pitoisuus (783 µg/kg ka) esiintyi pintasedimentissä keskellä Suomenlahden suuosaa. Ylempi raja-arvo, jolloin sedimentti katsotaan kontaminoituneeksi, on 200 µg/kg ka. Laivaväylien läheisyys oli mitä todennäköisimmin syynä sattumanvaraisesti esiintyneisiin korkeisiin TBT-pitoisuuksiin. Aiemmin TBT:tä käytettiin laivarunkojen kiinnittymisenesto- eli antifouling-maaleissa. Vuodesta 2001 lähtien kyseisen tinayhdisteen käyttö on ollut kansainvälisesti kiellettyä.

Useissa tutkimuksissa on todettu, että TBT adsorboituu tehokkaasti merivedessä oleviin partikkeleihin, eikä siten ole herkästi biosaatavassa muodossa. TBT:tä voi esiintyä suurina pitoisuuksina pintasedimentissä eräillä rannikon läheisillä alueilla, kuten satamien läheisyydessä. Keskeltä Suomenlahtea nyt saadut tulokset osoittavat, että tinayhdisteet ovat levinneet laajemmalle luontoon kuin yleisesti on tiedossa. Toisen organotinayhdisteen, trifenyylitinan (TPht), pitoisuudet olivat kaikilla näytteenottopaikoilla alhaisia. Kyseinen yhdiste bioakkumuloituu eliöstöön herkemmin kuin tributyylitina.

Merivesi

Tarkkailutulosten perusteella kiviainespenkereiden rakentaminen lisäsi meriveden sameutta. Vaikutus oli suurin pehmeillä pohjilla, rajoittuen alimpaan 10 m vesikerrokseen pohjan yläpuolella (vesisyvyys 60–79 m). Suurin sameus-arvo (54 NTU) mitattiin huhtikuussa 2010 putkijaksojen liitoskohdassa, jossa kiviainesta tarvittiin eniten. Tällöin 10 400 m^3 kiviainesta kasattiin pohjalle kiviainespenkereen rakentamisen yhteydessä. Yhteenvetona voidaan esittää seuraavaa:

- koholla ollutta sameutta esiintyi enimmillään alle kilometrin etäisyydellä työskentelyalueesta
- pohjan läheisessä vedessä koholla ollutta sameutta esiintyi enimmillään 2,5 vuorokautta
- ammusten räjäytysten yhteydessä suurimmat mitatut sameusarvot olivat 5 – 6 NTU
- putkenlaskun yhteydessä veden sameus oli yleensä alhainen, 1 – 4 NTU

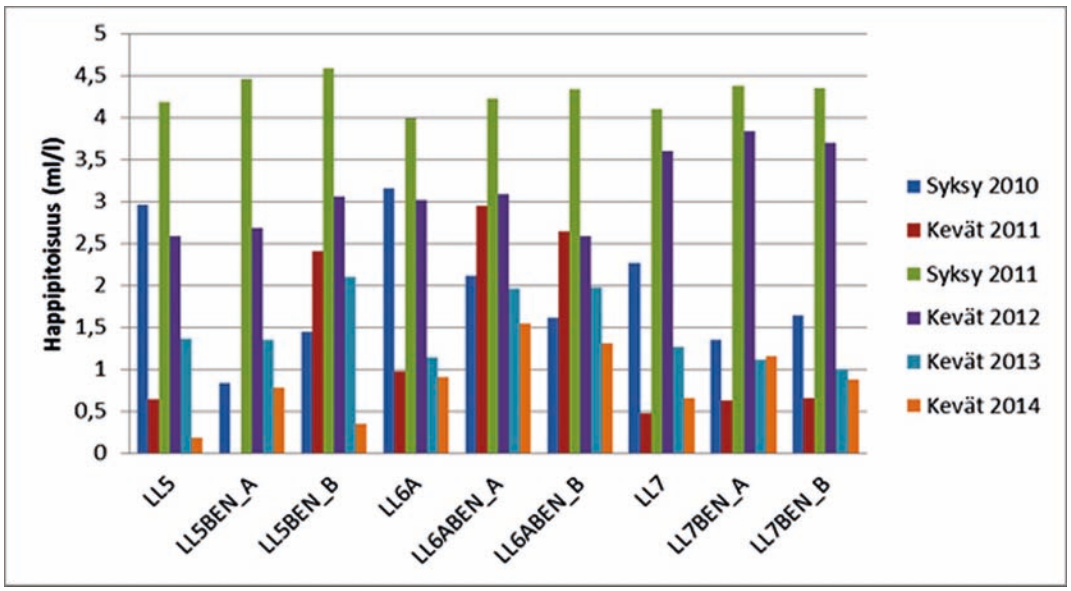
Kiviaineksen kasauksen yhteydessä tarkkailuasemilla mitattu keskimääräinen pohjan läheinen virtausnopeus vaihteli välillä 0,035 – 0,050 m/s. Lähempänä rannikkoa sijainneilla vertailuasemilla keskimääräinen virtausnopeus alimmassa 10 m vesikerroksessa oli luokkaa 0,05-0,06 m/s ja suurimmat virtausnopeudet luokkaa 0,37–0,51 m/s.

Pohjaeliöstö

Suomenlahden syvän veden alueilla alusvedessä ja pintasedimentissä esiintyy jokseenkin pysyvää hapen vajausta. Tämä estää useimpia makrofaunalajeja kolonisoimasta kyseisiä pohjia. Vain näitä olosuhteita parhaiten sietävät lajit, kuten tulokaslaji, monisukasmato *Marenzelleria* spp. tulevat toimeen, vaikkakin yksilötiheydet ovat alhaisia. Tarkkailutulokset vahvistivat edellä esitetyn. Muita ainakin satunnaisesti tavattuja lajeja olivat *Harmothoe sarsi* (polychaeta), *Monoporeia affinis* (crustacea) ja *Mysis sp.* (crustacea). Yksilötiheydet olivat kuitenkin erittäin alhaisia. Ennen rakennustöitä saatujen makrofaunatulosten perusteella, pohjilla vallitseva alhainen happipitoisuus huomioiden, voidaan päätellä, että kiviainespeitoilla on ollut vain vähäinen vaikutus pohjaeliöstön biodiversiteettiin syvän veden (≥70 m) alueilla.

Kulttuuriperintö ja valaanluu

Havaituista 56 hylystä 25:llä on arvioitu olevan kulttuuriarvoa. Neljän lähinnä putkilinjoja sijaitsevan tarkkaillun hylyn etäisyydet putkista vaihtelevat välillä 3 – 124 m. Yksi hylyistä on venäläisen taistelulaiva Rusalkan jäänteet. Laiva upposi vuonna 1893. Lähinnä putkilinjaa on pienen, puisen aluksen jäänteet. Yksi hylky on pieni, tasasaumainen, puinen alus, jossa on yksi iso rautakanuuna. Yksi hylky on tunnistettu toisessa maailmansodassa käytetyksi saksalaiseksi hävittäjäksi, joka upposi vuonna 1944. Ennen putkenlaskutöitä ja töiden jälkeen otettuihin tarkkailutuloksiin perus-



Kuva 4. HELCOM pohjaeläinasemien alueilla esiintynyt pohjanläheisen (1 m pohjasta) happipitoisuuden (ml O2/l) vaihtelu. ©SYKE

tuen hylkyjen kunto ei ole kärsinyt rakentamisesta.

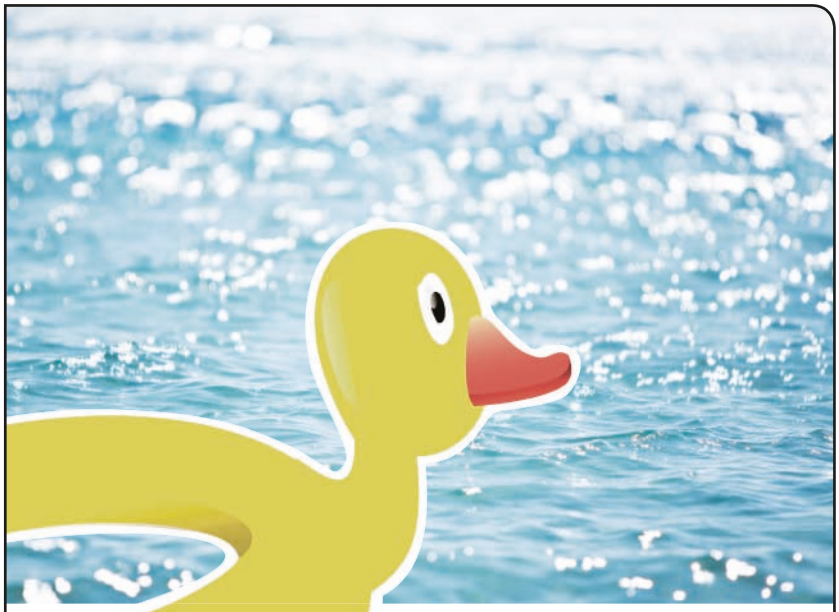
Perustilan selvitysten aikana löydetyt viisi luunäytettä tutkittiin Tanskassa ja Hollannissa ikä- ja lajimäärityksen tekemiseksi. Hiili-14 -analyysin tuloksen perusteella luiden ikä on noin 6 000 vuotta. DNA-analyysi ei kuitenkaan paljastanut, mikä valaslaji oli kyseessä.

Johtopäätökset

Johtopäätöksenä kolmen intensiivisen tarkkailuvuoden tulosten analysoinnista on, että keskeisten rakennustöiden (ammusten raivaus, kiviaineksen kasaus ja putkenlasku) vaikutus meriveden laatuun oli paikallinen, väliaikainen ja merkitykseltään vähäinen. Päätelmä tukee näkemystä, joka vaikutuksista esitettiin jo ennen hankkeen alkamista. Mitkään merkit eivät viitanneet putkilinjojen rakentamisen aiheuttaneen meriveden rehevyystason nousua tai sedimentissä olevien haitallisten yhdisteiden merkittävää resuspensiota. Tarkkailutulokset vahvistivat YVA-selostuksessa mallinnuksen tuloksiin perustuneiden vaikutusarviointien olleen varovaisia. Ulkomeriolosuhteissa tapahtuneeseen näytteenottoon liittyvä epävarmuus ei muuta johtopäätöstä.

Kirjallisuus

Isosaari, P., Kankaanpää, H., Mattila, J., Kiviranta, H., Verta, M, Salo, S. ja Vartiainen, T., 2002. "Spatial Distribution and Temporal Accumulation of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans and Biphenyls in the Gulf of Finland", Environ. Sci. Technol. Vol. 36, 2560-2565.



AEL KOULUTTAA KOKO VESIHUOLTOKETJUN VÄEN

Uimavedet ovat viilenneet
– nyt on koulutustarjonta kuumimmillaan!

Lue lisää
www.ael.fi/vesihuolto
tai QR-koodista

Lisätietoja: Laura Hakonen, koulutusasiantuntija
puh. 050 553 8354, laura.hakonen@ael.fi

AEL.fi
OSAAMISELLA KILPAILUKYKYÄ

AEL, KAARNATIE 4, 00410 HELSINKI
puh. 09 530 71, www.ael.fi

Viikinmäen jätevedenpuhdistamo täytti 20 vuotta

Teksti ja kuvat:
TUOMO HÄYRYNEN

Viikinmäen yhdyskuntajätevedenpuhdistamon käynnistämisestä tuli keväällä kuluneeksi kaksi vuosikymmentä. Pohjoismaiden suurin, pääosin kallion sisään rakennettu puhdistamo käynnistettiin toukokuussa 1994.

Tommi Fred arvioi 20 vuotta sitten tapahtuneen jätevedenpuhdistuksen keskittymisen olleen onnistunut ratkaisu.

Valmistuessaan Viikinmäen puhdistamo korvasi pääkaupunkiseudulla toiminnassa olleet pienet alueelliset puhdistamot. Keskittämällä toiminnot pystyttiin vastaamaan tiukentuviin ympäristövaatimuksiin, joihin kuuluivat muun muassa typenpoiston tehostaminen sekä lähiympäristöhaittojen kuten melun ja hajun vähentäminen.

”Keskitetty jätevedenpuhdistus on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi huolehtia pääkaupunkiseudun jätevesien käsittelystä. Nykyisellä puhdistustasolla pääkaupunkiseudun asukkaiden kuormitus Itämereen on ennätyksellisen alhainen asukasmäärään verrattuna”, arvioi jätevedenpuhdistuksen osastonjohtaja **Tommi Fred** HSY:stä.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamon valmistumisen jälkeen on sen prosesseja saneerattu kolmesti ja sitä on laajennettu kahdella lisälinjalla. Viimeisin laajennus, 9. biologinen puhdistuslinja otettiin käyttöön kesäkuussa 2014. Linjalla voidaan käsitellä noin 100 000 ihmisen jätevedet.

”Väestönkasvu, ihmisten kulutustottumusten muutokset sekä sateisuuden lisääntyminen ovat kasvattaneet tasaisesti kapasiteetin tarvetta ja myös jatkossa jätevesikuormituksen arvioidaan kasvavan 2-3 prosenttia vuosittain. Kapasiteetin tarpeen lisäksi muita tulevaisuuden haasteita tulevat olemaan muun muassa haitallisten aineiden ja mikromuovien poistaminen jätevesistä. Näiden osalta odottelemme lainsäätäjän linjanvetoja puhdistusvaatimuksista”, Fred sanoo.

HSY on varautunut pääkaupunkiseudun jätevesimäärän kasvuun aloittamalla Blominmäen puhdistamohankkeen. Suunnittelu on käynnissä ja valmistuessaan vuonna 2020 se tulee korvaamaan nykyisen Espoon Suomenojan puhdistamon.

”Jäteveden puhdistuskapasiteetti tulee riittämään aina 2030-luvulle asti. Tämän jälkeen tarvitaan uusia ratkaisuja, kuten Viikinmäen puhdistamon laajennus, uusi itäinen puhdistamo tai jätevesien johtaminen Viikinmäen puhdistamon nykyiseltä viemäröintialueelta Blominmäen puhdistamoon, kertoo Tommi Fred.

Viikinmäen jätevedenpuhdistamon uusin laajennus otettiin käyttöön kesäkuussa.

Vesihuoltojaoston syyseminaari ja jaoston vuosikokous 6.11.2014
WSP Finland Oy:n tiloissa

Seminaarin teemana VESIHUOLTOVERKOSTOJEN SANEERAUKSET, SANEERAUSTEN LAATU JA RAHOITUS

Aika: Torstai 6.11.2014 klo 16:00–21:00
Paikka: WSP Finland Oy, Heikkiläntie 7 Helsinki, Auditorio

ALUSTAVA OHJELMA:

16:00 Vesihuoltojaoston vuosikokous
- toimintakertomus 2014
- alustava toimintasuunnitelma 2015
- työvaliokunnan valinta vuodelle 2015

Kahvitarjoilu

17:00 Seminaarin avaus
- Vesihuoltojaoston puheenjohtaja Kia Aksela
- Maa- ja Vesitekniikan Tuki ry:n tervehdys

17:10 Saneeraustarve ja saneerauksien rahoitus

17:45 Uusi vesihuoltolaki

18:20 Laadunvarmistus kaivamattomilla menetelmillä tehtävissä saneeraustöissä

18:55 Vesihuoltoverkostojen aluesaneerausmalli

19:30 Avainasioita jaoston jäseniltä

Viinitarjoilua ja laadukasta keskustelua

Tilaisuus päättyy klo 21:00 mennessä.

ILMOITTAUTUMINEN:
Ilmoittautumiset viimeistään 22.10.2014 Vesihuoltojaoston sihteerille: jere.nieminen@ulefos.fi. Seminaariin mahtuu rajoitettu määrä osallistujia ilmoittautumisjärjestyksessä.

Tilaisuuden järjestämistä tukee Maa- ja vesitekniikan tuki ry.

VESI – KOHTUULLISESTI NAUTITTUNA – ON TERVEELLISTÄ

AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

Schneider Electric
Energiatehokkaita automaatio- ja sähköistysratkaisuja vesihuollon tarpeisiin
www.schneider-electric.com/fi

VIRTAA VESIHUOLTOON
Slatek
www.slatek.fi

Vesiautomaation erikoisosaaja jo vuodesta 1986.
TEOTEAM
Tavanomaista parempaa kumppanuutta
www.teoteam.fi

JÄTEVESIEN-JA LIETTEENKÄSITTELY

HUBER TECHNOLOGY
WASTE WATER Solutions
Ympäristötekniikkaa - Maailmanlaajuisesti
Hydropress Huber AB
Puh 0207 120 620
info@huber.fi
www.huber.fi

INFRA JA YMPÄRISTÖNSUUNNITTELU

INFRA JA YMPÄRISTÖSUUNNITTELU
Rakennus- ja kuivatussuunnittelu
Maveplan
Maveplan Oy
Kiilakiventie 1, 90250 Oulu
Puh. (08) 534 9400
Minna Canthin katu 25, PL 1096, 70111 Kuopio
Puh. (017) 288 8130
Pohjustamme unelmia
www.maveplan.fi

AQUAFLOW
www.aquaflow.fi
Innovatiivisia veden- ja jätevedenkäsittelyn ratkaisuja
VEOLIA WATER

SUUNNITTELU JA TUTKIMUS

RAMBOLL

VESIHUOLLON SUUNNITTELUN YKKÖNEN

Puhdas vesi ja ympäristö kaikille

Suunnittelemme kokonaisvaltaiset vesihuollon ratkaisut. Palvelemme ympäristötutkimuksessa ja konsultoinnissa. Tavoitteemme on luonnonvarojen kestävämpi käyttö – projektin koko elinkaaren ajan. www.poyry.fi

PÖYRY
Engineering balanced sustainability™

Tiedätkö toimittamasi veden mikrobiologisen laadun?

Älä ota riskejä! Testaa vesi Colilertillä.
• E.coli, koliformit

Enterolert - DW
• Enterokokit

BERNER

Lisätietoja:
Aimo Savolainen: 0500 670685, aimo.savolainen@berner.fi
asiakaspalvelu: 0206 90 761 (ark. 9-15)

Colilert® IDEXX

SWECO YMPÄRISTÖ
AIRIX Ympäristö toimii nyt uudella nimellä.
Helsinki, Turku, Tampere, Oulu
Puh. 010 2414 000 www.sweco.fi
SWECO
Sustainable engineering and design

Kunnallistekniikan osaamista
SUUNNITTELUTOIMISTO
ALUETEKNIIKKA OY
www.aluetekniikka.com
Asemakatu 1
62100 Lapua
Puh. 06-4374 350
Fax 06-4374 351

VEDENKÄSITTELYLAITTEET JA -LAITOKSET

Pyörreflotaatio
Tehokkain flotaatio maailmassa
Flotaatiolaitossuunnittelua
ja toimituksia yli 45 vuotta

INSINÖÖRITOIMISTO OY RICTOR AB

SIBELIUKSENKATU 9 B 00250 HELSINKI
PUH. 09-440 164 www.rictor.fi

KAIKO
www.kaiko.fi

- Vuodonetsintälaitteet
- Vesimittarit
- Annostelupumput
- Venttiilit
- Vedenkäsittelylaitteet

Kaiko Oy
Henry Fordin katu 5 C
00150 Helsinki
Puhelin (09) 684 1010
Faksi (09) 6841 0120
S-posti: kaiko@kaiko.fi

VESIHUOLLON KONEET JA LAITTEET

FENNO WATER Ltd Oy

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
- Lietteentiivistys- ja kuivausyksiköt
- Kemikaalinannos-telulaitteet
- Flotaatioyksiköt
- Lamelliselkeyttimet
- Biologiset puhdistamot

KSB

Kokonaisratkaisut vesihuoltoon

Puhdas- ja jätevesipumput, uppopumput, pumppaamot, upposekoittimet, venttiilit ja käynnissäpito

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

PA-VE
YHDYSKUNTATEKNIIKKA

Ammattilaisten kotimaiset
PA-VE- ja KALVI-tuotteet meiltä

- Palopostit ja palopostiasemat (CE-merkinnällä)
- Pumppaamot (CE-merkinnällä)
- Magneettiset virtausmittauskaivot
- Ilmanpoistokaivot
- Vesipostit

Ja paljon muuta.
Lue lisää: pa-ve.fi

Vesihuollon huippuosaamista

www.sulzer.com/Sulzer-Pumps-Finland
SULZER

VESIKEMIKAALIT

Where water meets chemistry™

We innovate together with our customers for sustainable solutions where water meets chemistry.

kemira

Kalkkituotteet
VEDENKÄSITTELYYN

- Filtra A -rouheet
- Aito Kaivokalkki
- Sammutettu kalkki
- Poltettu kalkki

Nordkalk Oy Ab
21600 Parainen
puh. 020 753 7000
www.nordkalk.fi

Nordkalk

Ilmoita Vesitalous-lehden
LIIKEHAKEMISTOSSA

Valitse osastosi ja nosta yrityksesi tunnettavuutta näkyvällä toistolla.

Toista tai vaihda ilmoitusta numeroittain.

Palstan leveys liikehakemistossa 80 mm, kaksi palstaa 170 mm.

Kysy tarjousta!

ilmoitus.vesitalous@mvtt.fi
Eeva Keränen 0400-773 833

VERKOSTOT JA VUOTOSELVITYKSET

Vaakaporauspalvelu VPP Oy
Raiskionperäntie 64, 86870 Vesikoski
Puh. 0400 228 318 ■ jarkko.huttunen@vppoy.com

Finnish journal for professionals in the water sector

Published six times annually | Editor-in-chief: Timo Maasilta | Address: Annankatu 29 A 18, 00100 Helsinki, Finland

Esko Kuusisto: Finland's springs

Finland has 32,383 springs marked on maps. Many of these are small, but among them there are also some spring zones and seepage surfaces with an area of several hectares. The biggest in the country is the Sulaoja spring in Utsjoki, with a flow rate of over 300 litres of water per second.

Jari Ilmonen: Species in spring zones and the state of conservation

In 1999, Jari Ilmonen, Lauri Paasivirta and Jukka Salmela began a systematic study of invertebrates in Finnish spring zones. Today, after 15 years, studies have mostly moved ahead into other factors and the main thrust has progressed from researching natural variations in species distribution to examining and reversing the impacts of anthropogenic effects.

Tapio Katko and Petri Juuti: Springs in Finland's water services

Particularly in former times, easily found springs have been important for municipal water services. Even today they can still be so, through water extraction or groundwater monitoring.

Anne Rautio, Kirsti Korkka-Niemi and Anna-Liisa Kivimäki: Mapping springs from a bird's-eye perspective

A reform of the water management planning legislation currently under preparation will increase the need for more comprehensive spring mapping data than there is at present. As this involves a large area, the fastest and most economical way to obtain this data is to map springs from the air. A technology suited to this is thermal imaging.

Katja Pellikka: Helsinki still has a diversity of springs

Helsinki has at least forty springs. Most of these are dried out or covered over. Fewer springs in a natural state were found than was expected. Disseminating information on the springs is important if they are to be preserved as the city is built up. Some of the springs should be reconditioned.

Björn Klöve, Pertti Ala-aho and Pekka Rossi: Groundwater under eskers supports diverse natural types

Groundwater systems are a unique natural type, the ecology and hydrology of which have only been studied in greater detail in recent years. In one of Finland's largest esker areas, Rokua, human action has significantly impacted groundwater and the ecosystems dependent on it.

Risto P. Mäkinen: Springs react sensitively to environmental changes

The sulphate concentrations in rainwater have declined in recent decades. Salt is used on roads in Finland in large quantities. Tree-felling increases the amount of nitrates in runoff. The environmental impact of these is seen clearly in spring water.

Ritva Britschgi: Springs in the surveying and classification of groundwater areas

Springs have already been noted at several points in legislation, both by Finland and by the European Union. However, recognising and defining the ecosystems of springs and other groundwater will require more specific regulation, guidelines and research.

Other articles

Esko Kuusisto: Oh Spring, Oh Spring, You Beautiful One (Editorial)

Marie Korppoo, Kaarina Lukkari and Emil Vahtera: The effect of sediment processes on the release of phosphorus in Helsinki's Töölö Bay

Ari Hanski: The environmental impacts of a large construction project carried out in the Gulf of Finland

Kristel Vilbaste: Estonia's springs

Eestin lähteet

KRISTEL VILBASTE
Eesti allikad -kirjan tekijä

Viime vuoden elokuussa minulla oli onni käydä Suomen suurimmalla lähteellä, Suttesgáldulla eli Sulaojan lähteellä. Saman päivän aamulla sain puhelinviestin Eestistä, että kirjapainosta oli valmistunut teokseni "Eestin lähteet".

Aiemmin olin luullut, että Suomen mäkisessä kallioperässä on varmasti isompia lähteitä kuin meillä Eestissä. Sulaojan lähteellä yllätyin suuresti – se oli hyvin samankokoinen kuin Eestin luonnonvalokuvaajia houkutteleva Oostrikun lähde, vain kasvillisuus ympärillä oli hiukan toisenlainen. Mutta veden kirkkaus ja puhtaus, värien leikki ja rauha ovat samanlaisia näillä sisarusmaiden lähteillä.

Myös Suttesgáldun lähteen tarina on hyvin samanlainen kun Eestin lähteiden tarinat. Meilläkin on haluttu laittaa lähdevettä pulloihin hyvän liikemenestyksen toivossa. Mutta luonnonystävällinen yhteisömieli on voittanut liiketoiminnan.

Lähteillä on elämässäni tärkeä rooli. Asuin seitsemän vuotta ison Peipsijärven rannalla Venäjän rajalla. Järvi on niin voimakas, että se tunkeutuu myös pihakaivojen vesiin. Niinpä kaivovesi on rauta- ja kalkkipitoista, sen lisäksi löytyy mausteeksi kaikenlaisia bakteereja. Juomavesi olikin tuotava pumppukaivoista Mustveen kaupungista, kunnes europrojektin myötä nuo kaivot suljettiin.

Seuraava ratkaisu oli ostaa juomavesi myymälästä tai tuoda sitä 60 km etäisyydeltä Kuremäen luostarin lähteestä. Päädyimme lähdeveteen. Kuremäen vesi on niin pyhä ja terveellinen, että tyttäremme Aotäht kävi ensimmäistä kertaa lääkärillä koulun terveystodistusta varten. Kuremäen vesi piti koko perheemme terveenä.

Kirjoitin 2006–2014 Eestin Päivälehdelle kerran viikossa takasivun tarinan luonnon tapahtumista. Vuonna 2011 otin yhdeksi teemaksi Eestin lähteet. Kun olin kirjoittanut toistakymmentä tarinaa, varastoni oli tyhjä. Tutuilta ja ystäviltä oli vaikea saada lisää tarinoita. Tavallisesti eestiläisen tiedossa on yksi tai kaksi lähdettä, ei enempää. Mutta tarinat lähteistä ovat unohtuneet.

Tiesin, että isoisäni, Eestin ensimmäinen luonnonsuojeluinspehtori Gustav Vilbaste oli lähteiden tutkija, yksi lähdekin on saanut hänen nimensä. Se on lumoava lähde, sen valokuva on kirjani kannessa. Löysin paljon mielenkiintoista tietoa lähteistä hänen päiväkirjoistaan. Mutta kumma oli se, ettei meillä ollut omaa kirjaa Eestin lähteistä, vaikka maamme on tuhansien lähteiden ja tuhansien omankielisten kirjojen maa.

Mitä sanoa lyhyesti Eestin lähteistä? Eestin lähteet saavat vetensä sateista, joita Eesti saa vuodessa keskimäärin 730 mm. Kaksi kolmasosaa tästä vedestä haihtuu takaisin ilmaan, mutta yksi kolmasosa vuotaa jokia pitkin meren suuntaan tai tunkeutuu pohjaveteen.

Eestin lähteet jakautuvat selvästi kahteen ryhmään. Kalkkisesta Pohjois-Eestin maaperästä pulppuavat siniset lähteet, 'siniallikad'. Etelä-Eestin punaisesta hiekkakivestä vuotavat punaiset lähteet. Ne ovatkin useasti hiekkakiviluolissa.

Kansainvälisiin mittoihin yltäviä jättiläislähteitä Eestissä ei ole. Sitä vastoin Eestissä on kansantarinoiden mukaan pohjattomia lähteitä, jotka ulottuvat toiselle puolelle maapalloa. Todellisuudessa syvin lähde, 4,8 metriä, lienee Sopan lähde Järvamaalla. Saarenmaan Pyhatun lähde on lähes saman syvyinen.

Gustav Vilbasten vuonna 1936 järjestämässä kyselyssä saatiin rekisteriin hiukan yli 3700 lähdettä. Ülo Heinsalu kirjoitti vuonna 1977 Eesti Loodus -lehteen artikkelin "Eestin lähteet ja niiden suojelu". Hän arvioi, että Eestin lähteiden määrä on 5000–15000.

Eestin lähteiden kirjaan olen valinnut vain sata lähdettä. Olen alkanut kutsua niitä kansanlähteiksi, paikoiksi, joihin johtava polku ei ole umpeenkasvanut. Itse asiassa jokaisella lähteellä on oma kävijöiden yhteisö. Usein nämä ihmiset eivät tunne toisiaan ja eestiläisen käytännön mukaan he ovat vähän ujoja noin pyhän paikan vieressä. Heitä yhdistää rakkaus omaan lähteeseen ja huoli siitä.

Tietoa lähteistä on toistaiseksi siirretty suusta suuhun. Kuitenkin meillä on lähteitä, joista saa vettä vain odottamalla pitkässä jonossa, kuten Kuremäen ja Riigikylän lähteet.

Tietenkin on jännittäviä lähteisiin liittyviä tarinoita. Ihmeparantumiset, maaäidin tyttärien tanssit, nuoruuden vedet, sään muuttaminen, piilotetut aarteet, vapauden kaipuu, helvetit ja vodkan lähteet. Kaksi kolmasosaa Eestin lähteistä parantaa näköä, näin ollen niitä kutsutaan silmälähteiksi. Meillä on myös kaksi syövänvastaista lähdettä – Kuremäen lähde ja Põrguläte (Helvetinlähde). Myös Kuusalun lähde on ollut kuuluisa terveydenlähteenä, sinne on uhrattu kultaakin.

Kansamme tarinoiden varasto on loppumaton. Eesti Rahvaluule Arhiivi sisältää 300 sivua lähdetarinoita. Se on ilmeisesti vain pintasilaus tästä aihepiiristä. Mutta lähdetarinoiden yhteisen nimittäjän löysin Norjan saamelaisten Varangerin museosta – pienen saamelaisen lähdekeijun Čahkelagin. Tuon lähteessä asuvan pikkumiehen vatsassa ovat hopearahat ja hänen päässä parantamisen tieto.

Suomennos: Mikk Sarv

Parhaat järjestelmät hulevesien käsittelyyn

Uponor IQ -hulevesijärjestelmä on tiivis, kestävä ja helposti asennettava perusratkaisu monen kokoisiin kohteisiin. Polypropeenista valmistettavien Uponor IQ -putkien kokovalikoima on Ø 200–1 200 mm.

Uponor-hulevesikasetit kestävät kovaa kuormitusta ja sopivat laajojen piha-, liikenne- ja pysäköintialueiden hulevesien viivytykseen.

Weholite on varma valinta suurta kapasiteettia vaativiin kohteisiin, jotka edellyttävät yksilöllistä suunnittelua. Weholite-putkista voidaan rakentaa kokonainen järjestelmä viivytys- ja varastointisäiliöineen. Putkien kokovalikoima ulottuu 3 000 mm asti, säiliöiden tilavuus jopa yli 1 000 m^3.

Pyydä tarjous osoitteesta
asiakaspalvelu.infra@uponor.com

www.uponor.fi

Nordic Poly Mark

uponor