



VEDEN JA ILMAN MONITOROINTI YMPÄRISTÖN TILAN TURVAAMISEKSI ETELÄ-SAVOSSA

Niina Laurila (toim.)



MAMK
University of Applied Sciences

VEDEN JA ILMAN MONITOROINTI YMPÄRISTÖN TILAN TURVAAMISEKSI ETELÄ-SAVOSSA

NIINA LAURILA (TOIM.)



ETELÄ-SAVON
MAAKUNTALIITTO

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasta

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU
MIKKELI 2016

D: VAPAAMUOTOISIA JULKAISUJA – FREE-FORM PUBLICATIONS 86

© TEKIJÄT JA MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

KANNEN KUVA: MANU ELOAHO

TAITTO JA PAINO: GRANO OY

ISBN: 978-951-588-581-4(NID.)

ISBN: 978-951-588-582-1(PDF)

ISSN: 1458-7629 (NID.)

JULKAISUT(A)XAMK.FI

LUKIJALLE

”VIM – Veden ja ilman monitorointi ympäristön tilan turvaamiseksi Etelä-Savossa” on Mikkelin ammattikorkeakoulun Metsä, ympäristö ja energia -painoalan hanke. Mikkelin ammattikorkeakoulun hallinnoimaa hanketta rahoittavat Etelä-Savon maakuntaliitto Euroopan unionin aluekehitysrahastosta (EAKR 2014–2020) ja Etelä-Savon Energia Oy, Metsäsairila Oy sekä Mikkelin Vesilaitos. Hankenumero on A7009.

Hanke käynnistyi 1.1.2015, jolloin projektipäällikkönä aloitti TKI-asiantuntija, FT Sami Luste ja tutkimusinsinöörinä laboratorioteknikko Hannele Lempinen. Sami Lusteen siirtyessä toisiin tehtäviin aloitti projektipäällikkönä 4.3.2015 Niina Laurila (ins. AMK). Samalla päivämäärällä aloitti projektissa työskentelyn myös tutkimusinsinööri Tuija Ranta-Korhonen (Ins. AMK, FM) Hannele Lempien siirtyessä niin ikään toisiin tehtäviin. VIM-hankkeen vastuullisina johtajina ovat olleet tutkimusjohtaja, TkT Kati Manskinen (1.1. –31.7.2015) ja tutkimusjohtaja, dosentti, FT Yrjö Hiltunen (1.8.2015–31.12.2016). Hankkeen yhteyshenkilönä on ollut tutkimuspäällikkö, DI Hanne Soininen. Hankkeen toteutukseen ovat osallistuneet myös hankesihteeri Hanna-Maija Penttinen, harjoittelijat ins. (AMK) opiskelijat Ville Viljakainen, Niko Räsänen, Henri Kettunen, Johanna Kainulainen, Salla Thil sekä Florian Auberval ja opinnäytetyöntekijät Elina Mitina, Ville Viljakainen, Jouni Koski, Henri Kettunen, Salla Thil, Johanna Kainulainen ja Niko Räsänen.

Hanketyön etenemistä on ohjannut ja valvonut ohjausryhmä, johon kuuluivat ympäristöpäällikkö Sanna Poutamo Etelä-Savon maakuntaliitosta, ympäristösuunnittelija Heikki Tanskanen Mikkelin kaupungin ympäristöpalveluista, erikoissuunnittelija Juho Kotanen ja vesistöasiantuntija Antti Haapala Etelä-Savon ELY-keskuksesta, toimitusjohtaja Sami Hirvonen Metsäsairila Oy:stä, vesilaitoksen johtaja Reijo Turkki Mikkelin Vesilaitokselta, tuotantojohtaja Lasse Lahtinen ja laboratorionsinööri Irene Auvinen Etelä-Savon Energia Oy:stä ja tutkimuspäällikkö Hanne Soininen Mikkelin ammattikorkeakoulusta.

Tekijät kiittävät hankkeen rahoittajia kehittämistyön mahdollistamisesta sekä hankkeen sisäisten työryhmien jäseniä ja hankkeeseen osallistuneita yrittäjiä erittäin aktiivisesta osallistumisesta hanketyöhön.

Mikkelissä 9.12.2016

KIRJOITTAJAT

Irene Auvinen, insinööri (ylempi AMK), laboratorioinsinööri
Etelä-Savon Energia Oy

Giovanni Chaurand-Mendez, insinööri (AMK)

Jonne Gråsten, FM, kehityspäällikkö
Metsäsairila Oy

Yrjö Hiltunen, dosentti, FT, tutkimusjohtaja
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia -painoala

Johanna Kainulainen, ympäristötekniikan opiskelija (AMK)

Henri Kettunen, insinööri (AMK)

Juho Kotanen, erikoissuunnittelija
Etelä-Savon ELY-keskus

Niina Laurila, insinööri (AMK), projektipäällikkö
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia -painoala

Hannele Lempinen, teknikko, laboratoriotyöntekijä
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden ja ympäristötekniikan koulutusyksikkö

Hannu Poutiainen, FT, lehtori
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden ja ympäristötekniikan koulutusyksikkö

Tuija Ranta-Korhonen, FM, insinööri (AMK), projektipäällikkö
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia -painoala

Hanne Soininen, DI, tutkimuspäällikkö

Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia -painoala

Arto Sormunen, FT, yliopettaja

Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden ja ympäristötekniikan koulutusyksikkö

Salla Thil, ympäristötekniikan opiskelija (AMK)

SISÄLTÖ

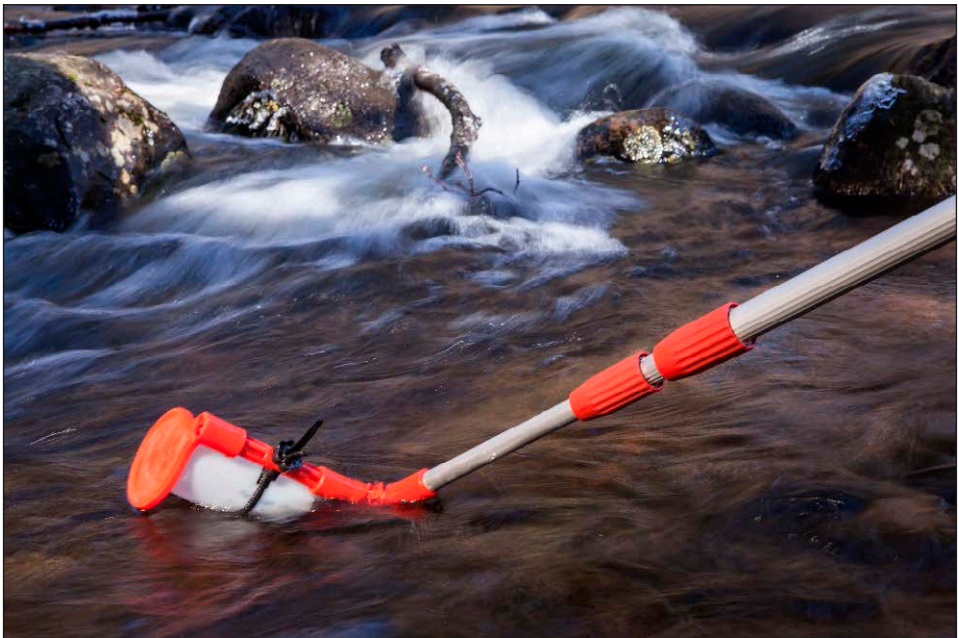
LUKIJALLE	3
KIRJOITTAJAT	5
MITATTU TIETO YMPÄRISTÖSTÄ ON AVAIN PÄÄSTÖJEN ENNALTAEHKÄISYYN JA VÄHENTÄMISEEN	9
Niina Laurila & Hanne Soininen	
7-NIMISEN JOEN JA URPOLANJOEN KUORMITUS SAIMAASEEN	13
Niina Laurila & Juho Kotanen	
LUONNOLLISTEN LASKU-UOMIEN RAVINNEKUORMITUS SAVILAHDELLE	23
Salla Thil & Niina Laurila	
HULEVESIEN ONLINE-MONITOROINTIA	35
Niina Laurila	
JÄTEKESKUKSEN VAIKUTUS PURKUVESISTÖÖN	41
Niina Laurila & Hannele Lempinen	
POLTTOAINETERMINAALIN VAIKUTUS HULEVESIEN LAATUUN	49
Niina Laurila	
POHJAVEDEN ORGAANISTEN YHDISTEIDEN TUTKIMISTA PASSIIVISILLA NÄYTTEENOTTIMILLA	55
Henri Kettunen & Arto Sormunen & Niina Laurila	
GEOTUUBIEN KÄYTTÖ RUOPPAUSMASSOJEN KUIVAUKSESSA – CASE PENTTILÄN SAHA-ALUEEN KUNNOSTUS	59
Johanna Kainulainen & Niina Laurila	
SEITSENNIMISEN JOEN VIRTausMALLI JA VEDENLAATU	65
Giovanni Chaurand-Mendez & Hannu Poutiainen	
SATAMALAHDEN VIRTausMALLI JA VEDENLAATU	71
Hannu Poutiainen	
LIIKENTEEN AIHEUTTAMAT MELU- JA ILMAPÄÄSTÖT	77
Tuija Ranta-Korhonen	

ILMANLAADUN MITTAUKSET ETELÄ-SAVON ENERGIA OY:N PURSIALAN VOIMALAITOKSEN YMPÄRISTÖSSÄ	87
Tuija Ranta-Korhonen	
MELUMITTAUKSET ETELÄ-SAVON ENERGIA OY:N POLTTOAINE- TERMINAALISSA JA PURSIALAN VOIMALAITOKSEN YMPÄRISTÖSSÄ....	97
Tuija Ranta-Korhonen & Irene Auvinen	
JÄTEKESKUKSEN TYÖTERVEYSMITTAUKSET	105
Tuija Ranta-Korhonen & Jonne Gråsten	
KAATOPAIKAN KASVIHUONEKAASUJEN MONITOROINTI	113
Tuija Ranta-Korhonen	
MITATUN TIEDON JALOSTAMINEN YMPÄRISTÖN TILAN PARANTAMISEKSI JA YMPÄRISTÖRISKIEN ENNAKOIMISEKSI ETELÄ-SAVOSSA	119
Niina Laurila & Tuija Ranta-Korhonen & Hanne Soininen	
UUTTA MITTAUS- JA TUTKIMUSTIETOA	127
Yrjö Hiltunen & Hanne Soininen & Niina Laurila & Tuija Ranta-Korhonen	

MITATTU TIETO YMPÄRISTÖSTÄ ON AVAIN PÄÄSTÖJEN ENNALTAEHKÄISYYN JA VÄHENTÄMISEEN

Niina Laurila & Hanne Soininen

Veden ja ilman monitorointi ympäristön tilan turvaamiseksi Etelä-Savossa -hanke on tuottanut tietoa vesi- ja ilmapäästöjen määristä, koostumuksesta ja vaikutuksista. Analysoitu tieto auttaa alueen yrityksiä ympäristövaikutusten vähentämisessä, resurssien tehokkaassa käytössä ja kilpailukyvyn kasvattamisessa.



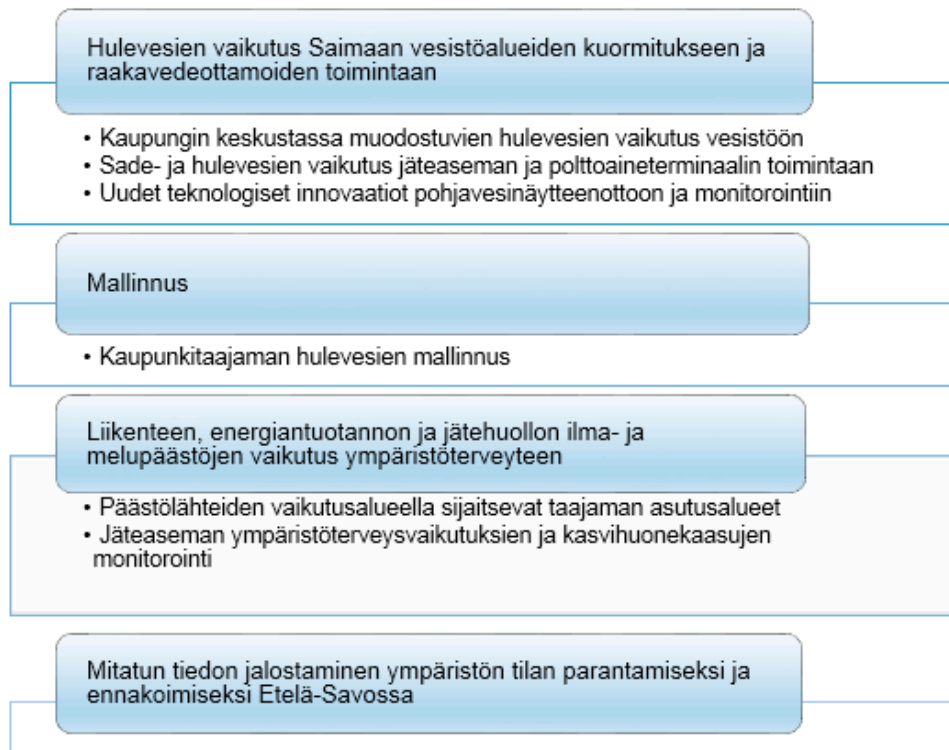
KUVA 1. Mittaamalla kohti puhtaampaa ympäristöä (kuva Manu Eloaho)

Tavoitteena kaupalliset sovellukset

Hankkeessa tutkittiin mittalaiteverkoston ja paikkatiedon avulla taajama-alueiden hulevesien vaikutusta Mikkelin vesistöalueiden kuormitukseen ja raakavedenottamoiden toimintaan. Hankkeessa mallinnettiin hulevesien käyttäytymistä ympäristö-riskien ennakoimiseksi ja mitattiin ja analysoitiin liikenteen ja energiantuotannon ilma- ja melupäästöjen vaikutuksia taajaman ympäristöterveyteen.

Ympäristöstä mitattu tieto analysoitiin ja jalostettiin maakunnan ympäristön tilan parantamiseksi ja kaupallisten sovellusten luomiseksi yrityksille.

Hanke jakautui neljään eri toimenpiteeseen, jotka on esitetty kuvassa 2. Kuvassa esitettyjen toimenpiteiden lisäksi hankkeen aikana raportoitiin ja tiedotettiin hankkeen toimenpiteiden etenemisestä.



KUVA 2. VIM-hankkeen toimenpiteet

Osaamista ennakkoinnin tueksi

Elinympäristön muutokset ovat monesti vähittäisiä ja lyhyellä aikavälillä vaikeasti havaittavia. Muutosten havaitsemisessa jatkuvatoiminen mittaaminen ja monitorointi ovat korvaamaton apu. Mittaustieto on kattavaa ja se rekisteröi esimerkiksi hulevesien osalta kuormituspiikit ja kertahuuhtoumat, joiden määrä ja merkitys jäävät tavalliseen näytteenottoon perustuvan seurannan tavoittamattomiin. Jatkuvatoimisesti mitattu ympäristötieto on myös huomattavasti helpommin integroitavissa sekä jalostettavissa, ja sitä voidaan vertailla ja kehittää analyttisesti. Tämä lisää ennustettavuutta ja päätöksenteon johdonmukaisuutta, parantaa ympäristön tilaa ja luo tiedon yhdistämisen kautta uudenlaisia avauksia koulutukseen, yritysille ja yhteisölle.

VIM-hankkeen toimenpiteiden tulokset

VIM-hankkeessa on tuotettu toimenpiteen 1 ”Hulevesien vaikutus Saimaan vesistöalueiden kuormitukseen ja raakavedenottamoiden toimintaan” mukaisesti mittausverkoston avulla kvantitatiivista ja kvalitatiivista mittausdataa Mikkelin kaupunkikeskustan ja Metsäsairila Oy:n jätekeskuksen sekä Etelä-Savon Energian polttoaineterminaalin hulevesistä. Tuotetulla mittaustiedolla on selvitetty hulevesien vaikutuksia vesistöalueiden kuormitukseen sekä pohjavesiin, jätekeskuksen suotoveisiin sekä polttoaineterminaalin toimintaan. Mittaustietoa tuotettiin mittausverkostosta manuaalisilla näytteenotoilla sekä online-mittauslaitteistoilla. Mittausdataa tuotettiin yhteensä 59 manuaalisen näytteenoton mittapisteestä. Online-mittaustietoa tuotettiin kolmessa mittauskohteessa. Mittaustulosten tarkastelussa tarvittava säädädata tuotettiin Mamkin Mikkelin kaupungin virastotalon katolle sijoitetulla sääasemalla. Lisäksi VIM-hankkeessa käytettiin hyväksi Ilmatieteen laitoksen avointa dataa, Suomen ympäristökeskuksen vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmä VEMALAN mallinnustietoja sekä ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertan mittausdataa.

VIM-hankkeen ensimmäisessä toimenpiteessä testattiin myös modernia näytteenotomenetelmää eli passiivisia näytteenottimia pohjaveden vedenlaadun seurannassa. Lisäksi VIM-hankkeessa selvitettiin geotuubien käyttöä ruopattujen massojen käsittelyssä.

VIM-hankkeen toimenpiteessä 2 ”Hulevesien mallinnus” analysoitiin ja jalostettiin ensimmäisessä toimenpiteessä tuotettu Mikkelin kaupunkikeskustan alueelta saatu mittaustieto ympäristön tilan parantamiseksi ja ympäristöriskien ennakoidmiseksi. Jalostuksen lopputuote on mallinnettu mittaustieto kohteista 7-nimisen joki ja Saimaan Savilahti – Kirkonvarkaus yhteisölle ja yritysille .

Hankkeen kolmannessa toimenpiteessä ”Liikenteen, energiantuotannon ja jätehuollon ilma- ja melupäästöjen vaikutus ympäristöterveyteen” tuotettiin kvantitatiivista ja kvalitatiivista mittaustietoa taajama-alueen liikenteen ja energiatuotannon ilma- ja

melupäästöistä ja niiden ympäristöterveysvaikutuksista. Myös jätekeskuksen ympäristöterveysvaikutukset selvitettiin tässä toimenpiteessä. Toimenpiteessä tuotettiin ympäristöterveysvaikutusten lisäksi mittaustietoa jätekeskuksen kasvihuonekaasujen laadusta ja määrästä. Hankkeen toimenpiteessä 4 ”Mitatun tiedon jalostaminen ympäristön tilan parantamiseksi ja ympäristöriskien ennakoimiseksi Etelä-Savossa” koottiin hankkeen keskeisemmät tulokset ja avattiin niiden merkityksellisyyttä. Toimenpiteiden tulokset on kuvattu tämän julkaisun artikkeleissa.

7-NIMISEN JOEN JA URPOLANJOEN KUORMITUS SAIMAASEEN

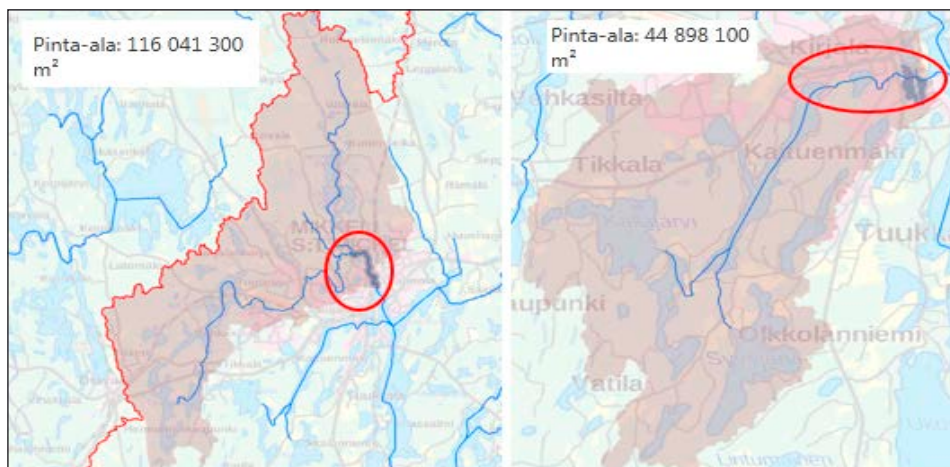
Niina Laurila & Juho Kotanen

Vesistöjämme kuormittavat monet pääosin ihmisen toiminnasta johtuvat tekijät. Esimerkiksi maankäyttö lisää ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Kuormitus voi olla luonteeltaan hajakuormitusta tai pistekuormitusta. Hajakuormitusta syntyy maa- ja metsätaloudesta sekä haja-asutusalueilta. Pistekuormitus voi olla peräisin esimerkiksi teollisuudesta. Kuormitusta aiheuttavat myös hulevedet. Kaupungistuminen ja tiivis rakentaminen näkyvät sade- ja sulamisvesien määrissä ja niiden sisältämissä ainehuuhtoutumissa. Hulevesien mukana pinta- ja pohjavesiin päätyy erilaisia epäpuhtauksia, kuten ravinteita, roskia, eläinten jätöksiä sekä liikenteen päästöistä peräisin olevia raskasmetalleja. Epäpuhtaudet lisäävät sekä maaperän että pinta- ja pohjavesien pilaantumiseriskiä. Pahimmillaan intensiiviset sateet tiiviissä ympäristössä aiheuttavat laajoja kaupunkitulvia. Urbanisessa ympäristössä hulevesiä on todettu syntyvän huomattavasti enemmän luonnollisten imeytyspintojen, kuten soiden ja kosteikkojen, häviämisen myötä.

Tässä selvityksessä on tavoitteena kuvata kaupunkialueelta tulevaa ravinnekuormitusta, josta suuri osa on luonteeltaan hajakuormitusta. Osa kuormituksesta on hulevesien aiheuttamaa.

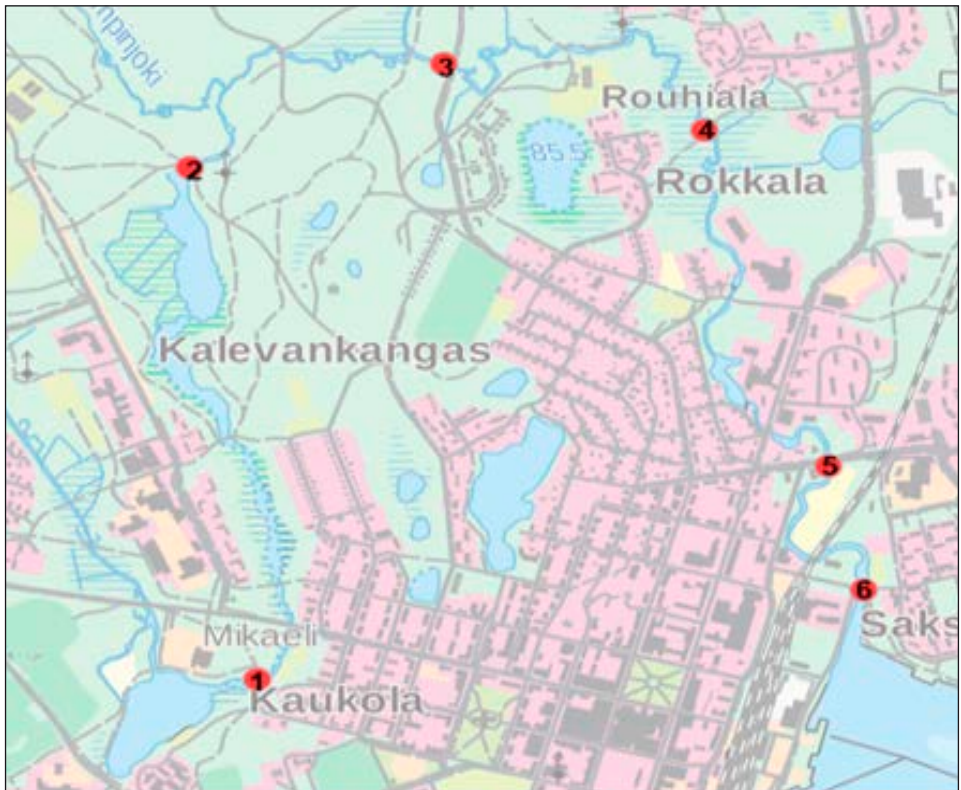
Tutkimuskohteet

Hulevesien vaikutusta Saimaan vesistöalueen kuormitukseen selvitettiin Emolan- ja Urpolanjoen lähivaluma-alueilta (kuva 1). Näiden valuma-alueiden hulevesikuormituksen on arvioitu aiempien tutkimusten perusteella olleen keskimääräistä suurempaa (Palomäki & Kuhmonen, Tutkimusraportti 99/2013).



**KUVA 1. Emolanjoen (04.153) ja Urpolanjoen (04.152) valuma-alueet (Value-
rajaustyökalu 26.9.2016). Kuviin on merkitty punaisella tutkimuskohteet.**

Emolanjoki, jota kutsutaan 7-nimiseksi joeksi, tunnetaan myös nimillä Siekkilänjoki–Pankajoki–Hanhijoki–Rouhialanjoki–Emolanjoki–Rokkalanjoki–Saksalanjoki jokaisen kaupunginosan antaessa joelle oman nimen. Rantakylästä alkunsa saava joki saa matkallaan satamaan hulevesiä Rantakylän, Tuskun, lentokentän, Lehmuskylän, Siekkilän, Raviradan, Kaukolan, Kalevankankaan, Savisillan, Emolan, Rokkalan ja Maunukselan alueelta (Mikkelin kaupungin hulevesisuunnitelma 2014–2020, s. 12). Kuormitus joessa kasvaa edettäessä Rantakylästä satamaan. VIM-hankkeessa 7-nimisen joen osalta kuormitusta selvitettiin välillä Pankajoki–Savilahti (satama) (kuva 2).



KUVA 2. Havaintopisteet 7-nimisessä joessa (www.paikkatieto.fi)

Urpolanjoki saa alkunsa Pitkäjärvestä. Joki kulkee Urpolanjoen, Kattilahden ja Pursialanlahden kautta Saimaaseen. Kuormitusta Pitkäjärveen tulee Rantakylästä Orijärven kautta, Syysjärvestä sekä Linnajärvestä. Pitkäjärven läheisyydessä on tehty valtatie 5 parannustöitä, joiden johdosta maata on muokattu. Tämä maanmuokkaus on näkynyt Pitkäjärveen laskevan Karilan ojassa (havaintopiste 13) muun muassa rautakuormana. Virtaama ojassa on kuitenkin pieni, joten kuormitus Pitkäjärveen tulleen Orijärvestä ja isoilta valuma-alueilta (Syysjärvi, Linnajärvi). Pitkäjärvi ja Urpolanjoki ovat Mikkelin vesihuollon kannalta tärkeitä, sillä Pursialan pohjavesialueella tuotetaan tekopohjavettä. Urpolanjoen näytteet otettiin väliltä Pitkäjärvi–Pursialanlahti (kuva 3).



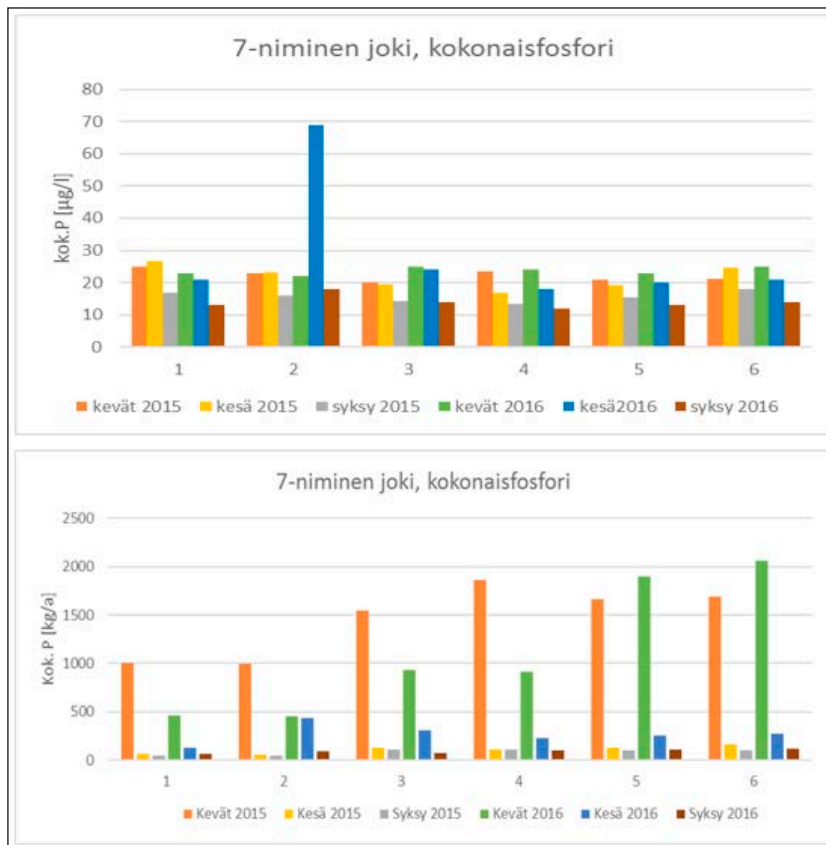
KUVA 3. Urpolanjoen havaintopisteet (www.paikkatietoikkuna.fi)

Hulevesien laatu selvitetiin vesinäytteillä, joista analysoitiin pH, lämpötila, johtokyky, kiintoaine, COD_{Mn}, Kok.P ja N. Näytteet otettiin keväällä, kesällä ja syksyllä. Kuormituslaskelmissa käytettiin vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmä VEMALAn hetkellisiä virtaamatietoja (Suomen ympäristökeskus). Huleveden laadun seuranta tehtiin kahden vuoden ajan. Tutkimuksen aikana seurattiin myös säätä Mikkelin ammattikorkeakoulun sääasemalla, joka oli sijoitettu Mikkelin kaupungin virastotalon katolle Mikkelin keskustassa.

Tulokset

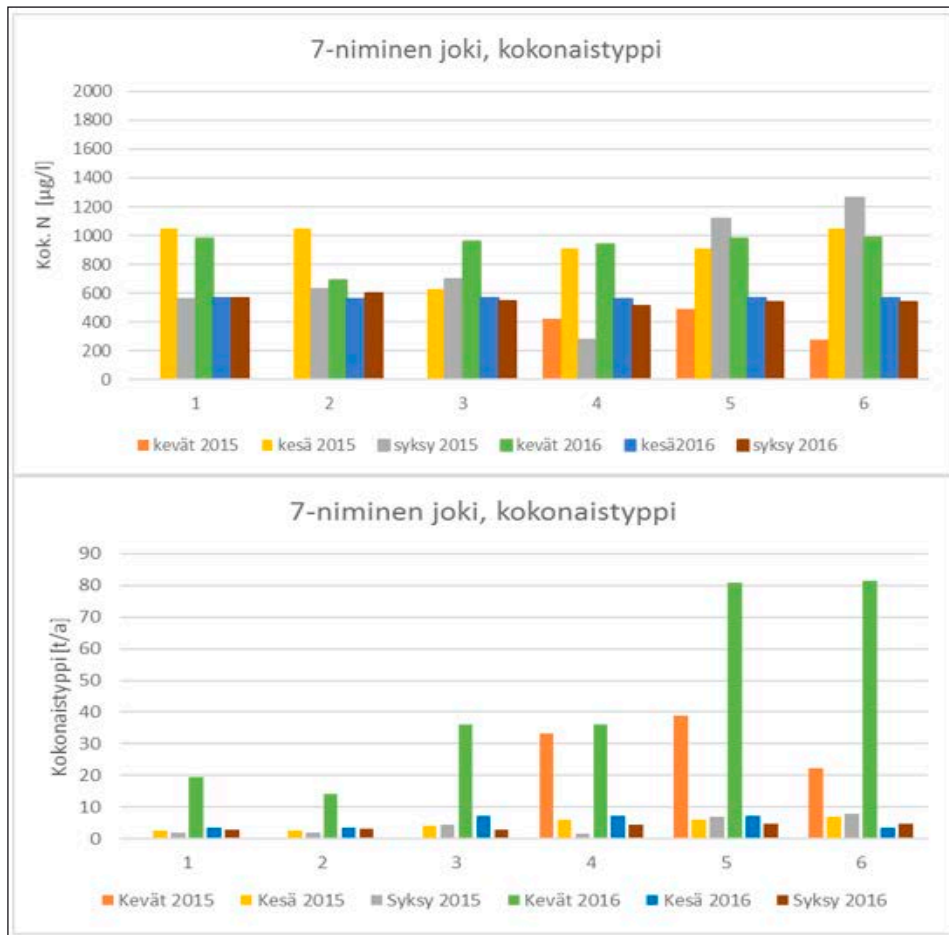
7-niminen joki, fosfori

Fosforipitoisuus on 7-nimisessä joessa suurimmillaan keväällä (kuva 4). Fosforimäärä vedessä ei kuitenkaan alene kesän mittaustuloksissa, vaan sen pitoisuus pysyy lähellä kevään tuloksia. Syksyisin fosforipitoisuus 7-nimisessä joessa vähenee 30–40 % kevään lukemista. Joen vesi on lievästi rehevää sekä keväällä että kesällä.



KUVA 4. 7-nimisen joen kokonaisfosforipitoisuus ja vastaava fosforikuorma v. 2015–2016

noin 12 % 7-nimisen joen keväisestä typpikuormasta (Mikkelin seudun ympäristölautakunta, kokous 12.5.2016, § 45 Lausunto Mikkelin lentoaseman ympäristölupahakemuksesta 12.5.2015).



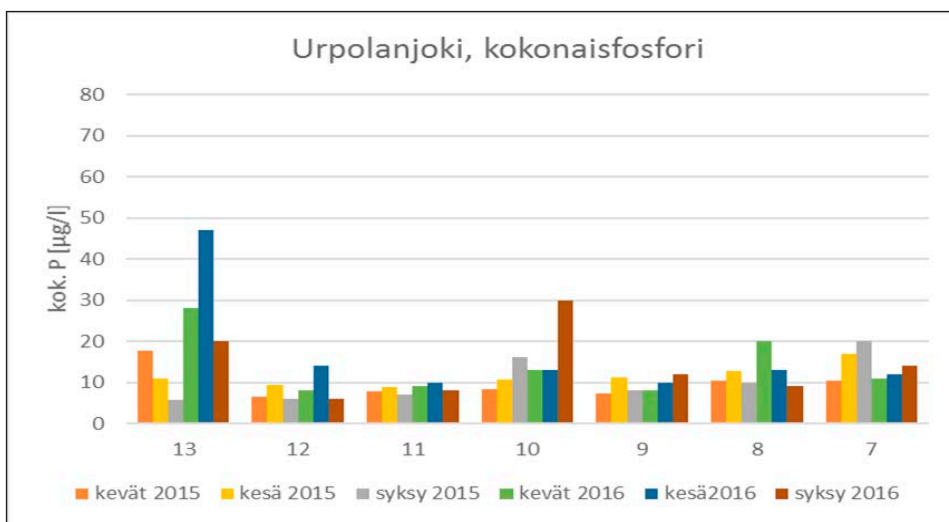
KUVA 6. 7-nimisen joen kokonaistyyppipitoisuudet ja typpikuorma

Suomen ympäristökeskuksen VEMALA-kuormitusmallin mukaan Emolanjoen valuma-alueella muodostuvasta fosforikuormituksesta 39 % on peräisin maataloudesta. Muita kuormittavia tekijöitä ovat mm. metsäluonnonhuuhtouma 27 %, haja-asutus 23 % ja metsätalous 4 %. Hulevesien osuudeksi on arvioitu 0,5 %. Typen osalta malli arvioi metsäluonnonhuuhtouman olevan suurin kuormittaja (57 %). Peltoviljelyn osuus on 17 %, laskeuman 11 % ja haja-asutuksen 6 %.

Valuma-alueelta Saimaaseen tuleva fosforikuormitus (piste 6) on vastaavaa tasoa tai hieman alle VEMALAn keskimääräisen kuormituksen aikavälillä 2005–2014 (970 kg/a). Typpikuorman vaihteluväli on myös suuri, mutta kokonaiskuormitus vastaa VEMALAn keskimääräistä vuosikuormaa 28 tn. (Suomen ympäristökeskus.)

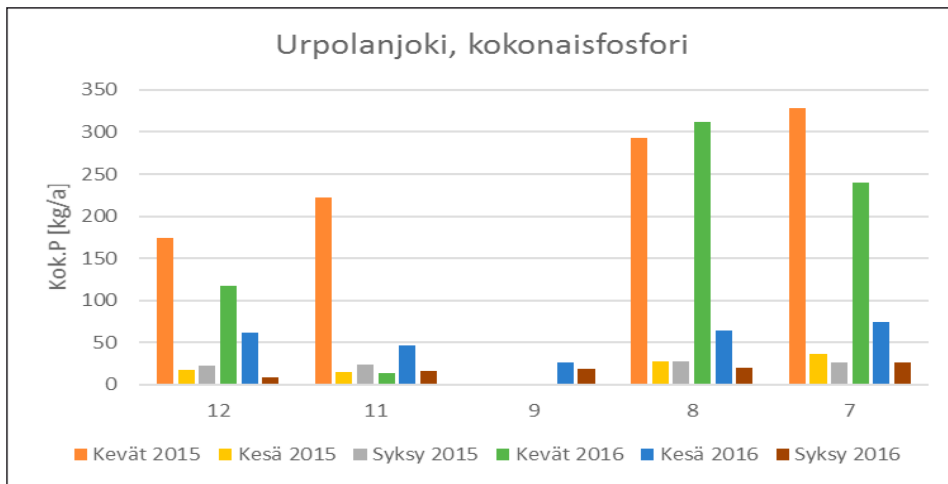
Urpolanjoki, fosfori

Pitkäjärveen ravinteita tulee Karilan alueen purku-uomasta (havaintopiste 13) (kuva 7), joskin virtaama ko. näyte pisteessä on pieni, joten tämän havaintopisteen kuormitus Pitkäjärveen on vähäistä. Pitkäjärvestä lähtevän veden fosforipitoisuus on jo pienempi (havaintopiste 12). Urpolanlampi saa lisää fosforia hulevesistä; ks. havaintopiste 10, joka on huleveden purkupuutki. Hulevesiä saadaan Kirjalan pientalo- sekä varikkoalueilta. Hulevesi on pääosin katuvettä sekä pinnoitettujen varikkotonttien vesiä. Fosforimäärä kasvaa joessa siirryttäessä kohti Pursialanlahtea havaintopisteen 10 jälkeen.



KUVA 7. Urpolanjoen fosforipitoisuudet kevät 2015 – syksy 2016.

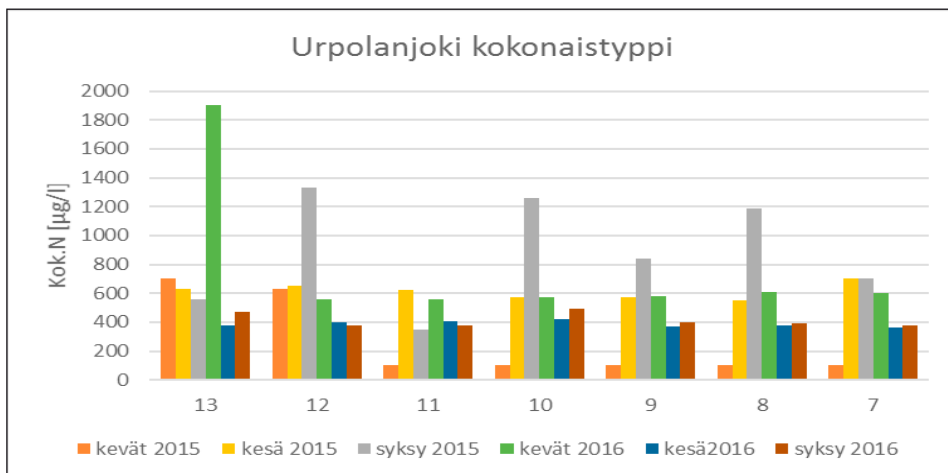
Kuormituslaskelmien ulkopuolelle jätettiin Urpolanjoen havaintopisteistä numerot 13 ja 10 virtaamatietojen puuttumisen vuoksi. Numero 13 on purkuoja Rantakylästä Pitkäjärveen, ja numero 10 on Urpolanlampeen johdettu hulevesipuutki. Havaintopisteen 9 vähäisen virtaaman vuoksi ei kuvaajassa näy kaikkia tuloksia (skaala vs. kuormitus). Keväällä 2015 fosforikuorma kasvaa tasaisesti siirryttäessä havaintopisteissä 12, 11, 8 ja 7 (Pitkäjärvi → Pursialanlahti) (kuva 8). Fosforikuormitus on epätasaisempaa keväällä 2016, jolloin suurin kuormitus saadaan havaintopisteessä 8, Urpolanjoen alaosassa. Kesällä 2015 fosforikuorma oli vähentynyt murto-osaan kevään lukemista. Vuonna 2016 kesän fosforikuormituksessa nähdään ensin lasku välillä Pitkäjärvi–Urpola, jonka jälkeen kuorma lähtee jälleen nousuun. Syksyllä 2016 fosforikuorma on pienempi johtuen kuivasta lokakuusta. Ravinteita tulee lisää valuma-alueen ja virtaaman kasvun myötä.



KUVA 8. Fosforikuorma Urpolanjoessa 2015–2016

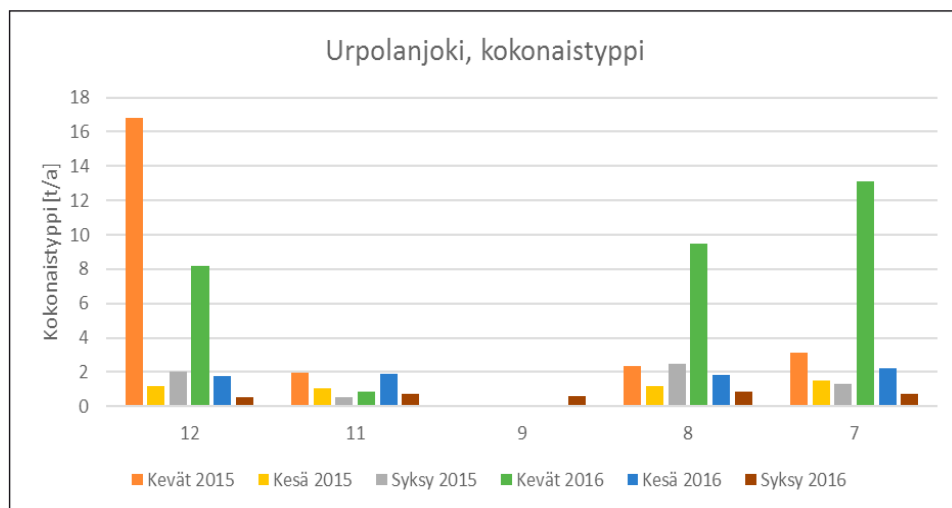
Urpolanjoki, typpi

Havaintopisteet 13 ja 12 (Karilan purkuoja sekä Urpolanjoen alku) olivat keväällä 2015 reheviä typpipitoisuuden ollessa yli 600 µg/l (kuva 9). Muissa havaintopisteissä typpipitoisuus oli alhainen. Kesällä typpikuormitus Urpolanjoessa oli tasaista rehevyyden vaihdellessa lievästi rehevästä rehevään. Syksy 2015 nosti typpipitoisuuksia. Keväällä 2016 Karilasta tuleva purku-uoman (hp 13) typpipitoisuus oli korkea, 1 900 µg/l. Muissa havaintopisteissä typpipitoisuudet olivat 560–610 µg/l. Kesällä havaintopisteissä typpipitoisuudet kuvasivat lievästi rehevää vettä. Syksy nostaa jälleen typpipitoisuuksia havaintopisteissä 13, 10, 9, 8 ja 7.



KUVA 9. Urpolanjoen kokonaistyyppipitoisuus 2015–2016

Typpikuormitus Urpolanjoessa on suurinta keväisin, ks. kuva 10. Kuormitus Saimaaseen kasvoi tasaisesti keväällä 2016. Kesällä ja syksyllä typpikuormitus väheni.



KUVA 10. Kokonaistyyppikuormitus Urpolanjoessa 2015–2016

Suomen ympäristökeskuksen VEMALA-kuormitusmallin mukaan Urpolanjoen valuma-alueella muodostuvasta fosforikuormituksesta 42 % on peräisin maataloudesta. Muita kuormittavia tekijöitä ovat mm. metsäluonnonhuuhtouma 20 %, haja-asutus 24 % ja laskeuma 8 %. Hulevesien osuudeksi on arvioitu 0,6 %. Typen osalta malli arvioi metsäluonnonhuuhtoutuman olevan suurin kuormittaja (46 %). Laskeuman ja peltoviljelyn osuudet ovat 19 % ja haja-asutuksen 6 %. Hulevesien osuus on noin 1 % alueella muodostuvasta typpikuormituksesta.

Urpolanjoen valuma-alueelta Saimaaseen (piste 8) tuleva fosforikuormitus on vastaavaa tasoa tai hieman alle VEMALAN keskimääräisen kuormituksen aikavälillä 2005–2014 (159 kg/a). Typpikuorman kokonaiskuormitus vastaa VEMALAN keskimääräistä vuosikuormaa 8 tn. (Suomen ympäristökeskus.)

Johtopäätökset

Maanmuokkaus lisää eroosiota, jolloin fosforia pääsee kulkeutumaan vesistöihin, sillä fosforista suurin osa kulkeutuu sitoutuneena maapartikkeleihin. Mikkelissä on viime vuosina tehty suuria maan muokkaustöitä liittyen valtatie 5 parannustöihin. Osa näistä töistä tehdään Urpolanjoen valuma-alueella. Liikenteen vaikutus näkyy pien-tareiden lumissa fosforipitoisuuden nousuna (sulamisvesien fosforia nostava tekijä). Jalkakäytäviltä saadaan puolestaan suuria typpipitoisuuksia liittyen eläinten jätöksiin. (Samposalo 2007.) Kuormitus lisääntyy Urpolanjoen alimmissa havaintopisteissä.

7-nimisessä joessa fosfori- ja typpikuormitus kasvaa ajoittain moninkertaiseksi lyhyellä matkalla Pankalammesta 7-nimisen joen purkupisteeseen. Esimerkiksi kevään 2016 tuloksista nähtiin fosfori- ja typpikuormituksen kasvavan jopa 20 kertaiseksi, näytteenotto ajoittuessa lumien sulamisen loppuvaiheeseen. Suurinta muutos on alimmissa havaintopisteissä. Tämä voi osin liittyä hulevesikuormitukseen. Tämä on todettu aiemmissa selvityksissä (Palomäki & Kuhmonen 2013, Lampinen 2013).

LÄHTEET

Palomäki, Arja & Kuhmonen, Irene: Mikkelin alapuolisen Saimaan kuormitus selvitys. Jyväskylän yliopisto, Ympäristötutkimuskeskus, Tutkimusraportti 99/2013.

Mikkelin kaupungin hulevesisuunnitelma 2014-2020, s. 12.

Suomen ympäristökeskus. WSFS-Vemala. Yhdistetty hydrologinen ja kuormitusmalli. Versio 1.

Mikkelin ympäristölautakunnan kokous 12.5.2016, § 45 Lausunto Mikkelin lentoaseman ympäristölupahakemuksesta 12.5.2015 [http://mikkeli.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Mikkelin_seudun_ymparistolautakunta/Kokous_1252016/Lausunto_Mikkelin_lentoaseman_ymparistol\(1774\)](http://mikkeli.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Mikkelin_seudun_ymparistolautakunta/Kokous_1252016/Lausunto_Mikkelin_lentoaseman_ymparistol(1774)), luettu 15.11.2016.

Samposalo, Sari. Lumen ominaisuudet taajama-alueella. Diplomityö 2007. Rakennus- ja ympäristötekniikka. Teknillinen korkeakoulu s. 137–138.

Lampinen, Kaisa. 7-nimisen joen taajamavaluma-alueet ja niiden aiheuttama kuormitus. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Elokuu 2013. Mikkelin ammattikorkeakoulu. 46 s.

LUONNOLLISTEN LASKU- UOMIEN RAVINNEKUORMITUS SAVILAHDELLE

Salla Thil & Niina Laurila

Suomen vesistöjen tila on yleisesti ottaen hyvä, suurelta osalta jopa erinomainen (Ympäristöministeriö 2013). Sisävesien rehevöityminen on kuitenkin ollut kasvussa jo vuosikymmenien ajan (Pietiläinen 2008), ja erityisesti pienet, matalat järvet kärsivät vesistöihin kohdistuvasta päästökuormituksen aiheuttamasta rehevöitymisestä (Ympäristö.fi). Vesiekosysteemimme suojelemiseksi ja puhtaan veden turvaamiseksi vesien suojeletoimia onkin tehostettava ja päästö- ja ravinnekuormitusta vähennettävä.

Vuoksen vesistöön ja Suur-Saimaaseen kuuluva Mikkelin Savilahti luokiteltiin vuonna 2015 ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi ja kemialliselta tilaltaan hyväksi. Savilahden veden laatuun vaikuttavat erityisesti kaupungilta tulevat hulevedet sekä Rokkalanjoelta tuleva kuormitus. (Kärkkäinen 2015). Osansa veden laatuun tuo myös Savilahden sataman vesiliikenne ja lahden hitaasti vaihtuva vesi. Rokkalanjoen tilaa on seurattu jo 1960-luvulta saakka ELY-keskuksen suorittamalla näytteenotoilla. Lisäksi Ukonvedellä suoritetaan säännöllistä vesistötarkkailua Mikkelin Kenkäveronniemessä sijaitsevan jätevedenpuhdistamon vuoksi. (Palomäki ja Kuhmonen 2013.)

Saimaan Savilahteen kohdistuvaa kuormitusta selvitettiin Savilahteen laskevan Rokkalanjoen sekä Savilahden koillisosassa olevan vesiuoman osalta virtaamamittausten ja vedenlaatuanalyysien avulla. Tarkastelussa otetaan huomioon jokireitin valuma-alue ja alueen maankäyttö.

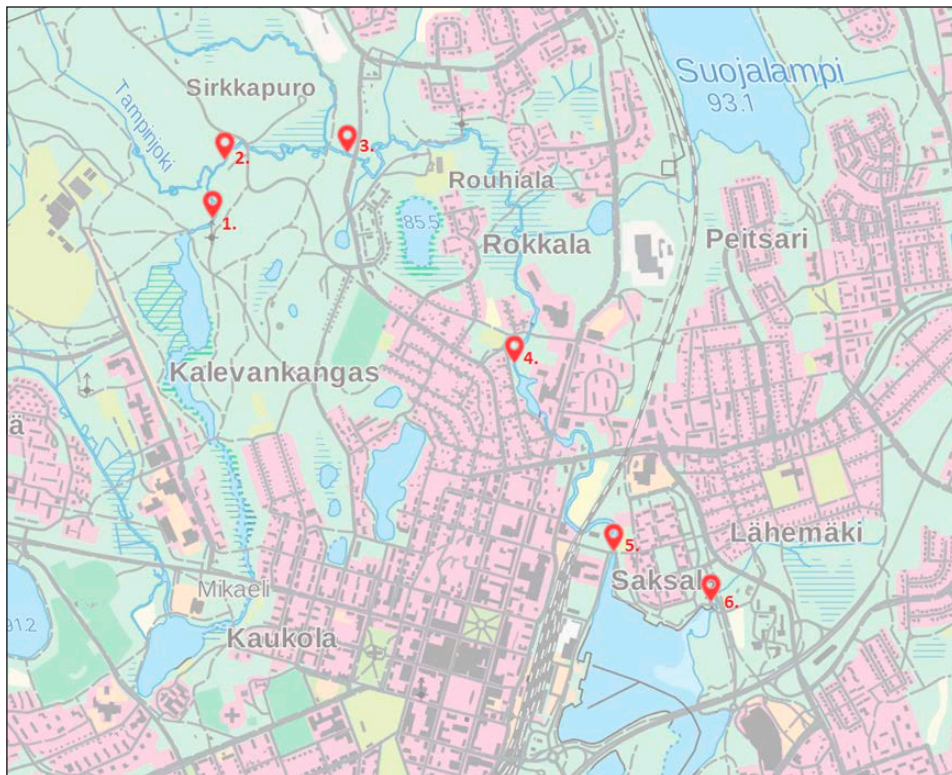
Materiaalit ja menetelmät

Tutkimusalue sijoittuu 7-nimisellä joella Hanhilammen ja Savilahden väliselle jokiosuudelle sekä satama-alueeseen. Joen virtaamaa mitattiin neljästä pisteestä ja vesinäytteet otettiin kuudesta näytepisteestä. Mittaus- ja näytepisteitä valittaessa on otettu huomioon pääjokeen liittyvät sivujoet ja mahdollisesti niiden mukanaan tuoma

kuormitus. Taulukossa 1 on ilmoitettu mittaus- ja näytepisteiden koordinaatit, ja kuvassa 1 pisteet on esitetty kartalla toisiinsa ja jokeen nähden. Tässä työssä käytetään taulukossa 1 ilmoitettuja mittauspisteiden numeroita kuvaamaan mittauspisteiden sijaintia.

TAULUKKO 1. Mittaus- ja näytepisteiden koordinaatit

Mittaus-/näytepiste	Mittauspisteen nro	Koordinaatit
Hanhilammen alapuoli	1	N 61°42'16.4" E 027°15'16.8"
Tampinjoen alapuoli	2	N 61°42'24.4" E 027°15'20.5"
Sirkkapuron alapuoli	3	N 61°42'25.1" E 027°15'53.0"
Emolan asuinalue	4	N 61°41'58.0" E 027°16'37.9"
Sataman ja Saksalan välinen kävelysilta	5	N 61°41'34.2" E 027°17'04.3"
Saksalan ja Ankkurikadun välinen kävelysilta	6	N 61°41'27.6" E 027°17'30.4"



KUVA 1. Mittauspisteet kartalla (Paikkatieto 15.9.2016)

Hanhijoki-Emolanjoki kuuluu Emolanjoen valuma-alueeseen. Valuma-alue on pinta-alaltaan 115,79 km² (VALUE), ja ulottuu Otavan Oulankijärveltä ylös lähes Ihastjärvelle asti. Mikkelin kaupunkikeskustan länsipuolella, 7-nimisen jokireitin varrella sijaitsee Mikkelin lentoasema ja golfkenttä, josta joki jatkuu Kalevankankaan ulkoilumaastoa ja luonnonsuojelualuetta kohti. Jokireitin viimeinen osuus kulkee Rouhialan, Emolan ja Rokkalan kaupunginosien halki ohittaen asuinalueita, teollisuusalueen sekä siirtolapuutarhan. Valuma-alueen pohjoisosasta valumavedet yhtyvät pääjokeen Särkijärveltä Hanhijokeen kulkevan joen kautta.

Emolanjoen valuma-alueesta noin 8 % on järvien peitossa ja lähes 75 % on metsää. Valuma-alueesta soiden osuus koko pinta-alasta on noin 9 % ja peltojen osuus lähes 6 %. Asuinalueet kattavat valuma-alueesta noin 4 %, ja lisäksi alueella on pieniä määriä monivuotisia niittyjä, nurmia, taimitarhoja ja katettuja viljelmiä. Turvetuotantoa Emolanjoen valuma-alueella ei ole lainkaan. (Hertta 5.7.) Taulukossa 2 on kuvattuna valuma-alueen maankäytön jakautuminen prosentteina kokonaispinta-alasta.

TAULUKKO 2. Maankäytön jakaantuminen Emolanjoen valuma-alueella (Hertta 5.7)

Maankäytön tyyppi	% kokonaispinta-alasta
järviä	8,21
suoalueita	9,33
rivi- ja kytkettyjen pientalojen alueet	0,47
erillispientalojen alueet	3,25
turvetuotantoalueet	0,00
pellot	5,52
monivuotiset nurmet ja niityt	0,48
taimitarhat ja katetut viljelmät	0,02
käytöstä poistuneet maatalousmaat	0,95
luokittelemattomat metsätalouden maat	74,87
säännöstelemättömät luonnonvedet	8,06

Virtaamamittaukset suoritettiin 22.–23.8.2016. Mittauksia tehtiin kolme kappaletta jokaisella mittauspisteellä, ja tarkasteluun valittiin edustavin mittaus- ja virtaamatuulos. Vesinäytteet otettiin virtaamamittausten jälkeen elokuun lopulla ottamalla vettä näytepulloihin noin 30 cm:n syvyydestä vastavirrasta. Vedenlaatuanalyysit tehtiin kolmesta osarinnakkaisnäytteestä elo-syyskuun vaihteessa 2016 Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa. Tulokset laskettiin näiden osarinnakkaisnäytteiden keskiarvoista.

Jokireitin virtaamaa mitattiin kuvassa 2 olevalla SonTekin käsi­käyttöisellä Flow­tracker ADV:llä (Acoustic Doppler Velocimeter). Flow­tracker-virtaamamittarin toiminta perustuu Doppler-ilmiöön; mittapäässä olevat akustiset elementit lähettävät ja vastaanottavat äänipulsseja ja mittaavat siten vedessä olevien liikkuvien kohteiden, kuten sedimentin, pienten organismien ja ilmakuplien, heijastamaa äänen aaltoliikettä. Takaisin heijastuneen aaltoliikkeen signaalin perusteella Flow­tracker laskee virtauksen nopeuden. Flow­tracker tallentaa mittauksen aikana laadunhallintadataa, jota voi käyttää apuna tulosten tarkastelussa. (GWM-engineering Oy 2004.)

Virtaamamittauspaikan tulee olla mahdollisimman suoralla jokiosuudella, jotta virtaus kulkee mitta-anturiin oikeassa kulmassa. Virtausvaihteluiden ja pyörteiden välttämiseksi mittauspaikan tulisi olla myös mahdollisimman puhdas oksista, puista ja muista vedessä olevista kappaleista. Vedensyvyyden tulee syvimmässäkin mittauskohdalla olla turvallinen mittaajan seisoa, ja Flow­tracker soveltuu käytettäväksi korkeintaan noin metrin syvyydessä. (GWM-engineering Oy 2004.)



KUVA 2. SonTekin käsi­käyttöinen Flow­tracker ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) (Salla Thil 22.8.2016)

Luotettavan tuloksen ja hyvän topografian muodostamiseksi joen poikkileikkauksesta tulee ottaa vähintään 20 arvoa. Joen leveys mitataan mittapaikalta virittämällä mittanauha joen yli ja laskemalla mittauspisteiden välimatkat. (GWM-engineering Oy 2004.) Tutkimuskohteena olevalla jokiosuudella arvot mitattiin mittauspisteestä riippuen noin 30 cm:n välein.

Veden laatua tutkittiin määrittämällä näytteistä lämpötila, pH-arvo, sähkönjohtokyky, sameus, kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}), liukoinen ja kokonaistyyppi (N), sekä liukoinen ja kokonaisfosfori (P). Analyysit suoritettiin kullekin vedenlaatu­parametrille asetetun standardin mukaisesti. Taulukossa 3 on esitetty analyysihin käytetty

tyt standardit ja laitteet. Lasku-uomasta tuleva ravinnekuormitus laskettiin uoman veden ravinnepitoisuuden ja virtaaman perusteella, eli ravinnekuormitus/ainevirtaama (kg/d) = pitoisuus (mg/l) * virtaama (l/s).

TAULUKKO 3. Vedenlaatuanalyysiin käytetyt standardit ja laitteet

Analyysi	Standardi	Käytetty laite
lämpötila		lämpömittari
pH-arvo	SFS 3021	Radiometer PHM210 Standard pH meter
sähkönjohtokyky	SFS-EN 27888	WTW Cond 3310 SET I
sameus	SFS-EN ISO 7027-1:2016	Oakton turbidimeter
CODMn	SFS 3036	
kok. ja liuk. N	SFS 5505	Büchi KjelDigister K-446/K-449 ja Distillation unit K-350
kok. ja liuk. P	SFS-EN 1189	Hach Lange DR 6000

Tulokset

Tässä työssä esitetyn ravinnekuormituksen arvioinnin perustana käytetään vain yhden päivän aikana tehtyjä virtaamamittauksia ja yhden näytteenottokerran vedenlaatuanalyysijä. Tämä aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin, ja päivä- ja vuosikohtaiset kuormitukset ovat vain arvioita; tulokset kuvaavat parhaiten mittaushetken pitoisuuksia ja virtaamaa. Pitkän aikavälin luotettavan tuloksen arvioimiseksi joen virtaamaa olisi seurattava eri vuodenaikoina ja erilaisissa sääolosuhteissa ja vedenlaatuanalyysijä tehtävä useammin.

Mittauspisteen numero 1 kokonaisvirtaama oli 0,40 m³/s. Suomen ympäristökeskuksen vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmä VEMALAn löytyy arvioihin perustuvat päivittäiset jokien virtaamamäärät. VEMALAn tietojen mukaan virtaama ensimmäisellä mittauspisteellä olisi 22.8.2016 ollut 0,194 m³/s. Flowtrackerilla mitattu virtaama on siten VEMALAn arvioimaa virtaamaa suurempi. Mittauspisteen numero 2 kokonaisvirtaama oli Flowtrackerilla suoritettussa mittauksessa 0,4276 m³/s. Toisen mittauspisteen virtaama oli VEMALAn mukaan 22.8.2016 0,393 m³/s, joka on melko lähellä Flowtrackerin ilmoittamaa virtaamaa.

TAULUKKO 4. Virtaamat Flowtrackerilla mitattuna ja VEMALAn tietokannassa

Mittauspiste	Flowtracker (m ³ /s)	VEMALA (m ³ /s)
1	0,40	0,194
2	0,43	0,393
3	0,58	0,199
4	0,63	0,395

Mittauspisteellä numero 3 kokonaisvirtaama oli 0,5796 m³/s. VEMALAn tietojen mukaan kolmannen mittauspisteen kohdalla virtaama oli 23.8.2016 0,199 m³/s, eli huomattavasti vähemmän kuin tässä työssä mitattu virtaama. Viimeisellä virtaamamittauspisteellä, pisteellä numero 4, kokonaisvirtaama oli 0,6239 m³/s. VEMALAn mukaan virtaama viimeisellä mittauspisteellä oli 23.8.2016 0,395 m³/s, joten myös tässä mittauspaikassa mittaus Flowtrackerilla antoi suuremman virtaamatuloksen. Kokonaisvirtaama ensimmäiseltä mittauspisteeltä viimeiselle mittauspisteelle kasvoi jokea alaspäin hieman, mutta ero ei ole merkittävä.

Taulukossa 5 on esitetty veden lämpötila näytteenottohetkellä, pH-arvo, sähkönjohtokyky sekä sameus. Lämpötila oli mittauspisteillä 8,6–12,7 °C, ja lämpötila aleni joen laskusuuta kohden mentäessä. Kylmintä vesi oli Saksalan mittauspisteellä. pH-arvo vaihteli 6,88 ja 7,10 välillä, eikä pH-arvossa siten ole havaittavissa poikkeavuuksia, vaan kaikilla mittauspisteillä veden pH oli lähellä neutraalia.

TAULUKKO 5. Analyysituloksia

Näytepiste	T (°C)	pH	sähkönjohtokyky (mS/m)	sameus (NTU)
1	12,7	6,88	8,45	2,77
2	12,2	6,93	7,88	2,68
3	12,1	6,90	6,53	2,11
4	11,6	7,07	7,32	1,94
5	11,2	7,10	7,46	2,06
6	8,6	6,88	31,2	27,9

Mittauspisteillä 1–5 sähkönjohtokyky oli 6,53–8,45 mS/m, joka on normaali arvo sisävesissä. Mittauspisteellä numero kuusi sähkönjohtokyky oli 32,1 mS/m, ja on siten selkeästi muita mittauspisteitä korkeampi arvo. Sameuden vaihtelu oli mittauspisteillä 1–5 välillä 1,94–2,77 NTU, ja mittauspisteellä numero kuusi sameus oli 27,9 NTU. Vesi luokitellaan kirkaaksi, mikäli sen sameus on alle 1 NTU, ja sameudella 1–5 NTU vesi on jo sameaa (Vanajavesikeskus). Mittauspisteillä 1–5 vesi oli tämän luokittelun mukaan lievästi sameaa, ja mittauspisteellä numero kuusi erittäin sameaa.

Kemiallinen hapenkulutus vaihteli kaikilla mittauspisteillä välillä 11,20–19,60 mg/l (TAULUKKO 6). Ympäristöhallinnon luokittelun mukaan tutkimuskohteen kaikki vesinäytteet olivat siten humuspitoisia, mikä on Suomen vesistöille hyvin tyyppillistä.

TAULUKKO 6. Kemiallisen hapenkulutuksen tulokset

Näytepiste	CODMn (mg/l)
1	19,60
2	16,00
3	15,20
4	19,60
5	11,20
6	11,20

Liukoisen ja kokonaisfosforin pitoisuudet näytepisteillä on esitetty taulukossa 7. Kokonaisfosforin pitoisuus näytepisteillä 1–5 oli 14,99–17,70 µg/l, ja yleisen käyttökelppoisuusluokituksen mukaan näiden näytepisteiden vedenlaatu luokitellaan hyväksi. Näytepisteen numero kuusi kokonaisfosforipitoisuus oli 76,07 µg/l, ja luokitus siten välttävä. Kokonaisfosforipitoisuuden osalta näytepisteiden 1–5 vedet luokitellaan Ympäristöhallinnon mukaan lievästi reheviksi ja näytepisteen numero kuusi vesi reheväksi. Keskimäärin puolet esiintyvistä fosforista on liukoisessa muodossa.

TAULUKKO 7. Fosfori- ja typpipitoisuudet

Näytepiste	Liuk. P (µg/l)	Kok. P (µg/l)	Liuk. N (mg/l)	Kok. N (mg/l)
1	8,84	17,08	0,42	0,48
2	11,00	17,70	0,42	0,92
3	8,00	15,68	0,50	0,56
4	8,23	14,99	0,45	0,28
5	9,01	17,62	0,62	0,64
6	27,22	76,07	1,23	1,12

Mittauspisteillä 1–5 veden typpipitoisuus oli alle 1 mg/l, ja mittauspisteellä numero kuusi liukoisen typen pitoisuus 1,23 mg/l ja kokonaistypen pitoisuus 1,12 mg/l (TAULUKKO 7). Käytetty typenanalysointimenetelmä soveltuu standardin SFS 5505 mukaan jätevesien epäorgaanisen ja orgaanisen typen pitoisuuksille, jossa typpeä on vedessä yli 1 mg/l, eikä menetelmä siten ole tarpeeksi tarkka tutkimuskohteen vesille. Epätarkkuudesta johtuen tulokset eivät ole loogisia liukoisen typen pitoisuu-

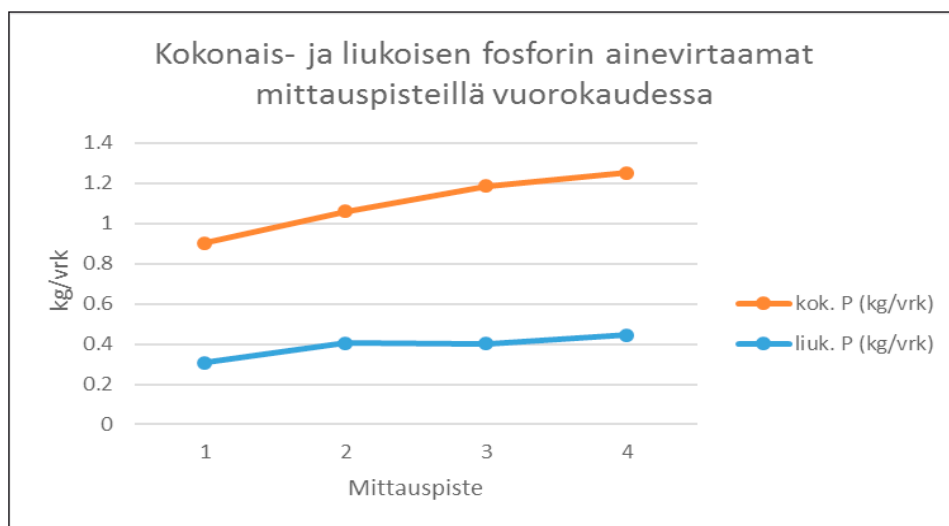
den ollessa suurempia kuin kokonaistypen pitoisuudet. Tuloksista voidaan kuitenkin päätellä typpipitoisuuksien olevan hyvin pieniä ja typen esiintyvän näytevesissä suurimmaksi osaksi liukoisessa muodossa.

Virtaaman ja fosforipitoisuuksien perusteella lasketut fosforikuormat on esitetty taulukossa 8. Ensimmäisellä mittauspisteellä vuorokauden hetkellinen kokonaisfosforikuormitus on noin 0,6 kg vuorokaudessa ja 218 kg vuodessa, kun se viimeisellä mittauspisteellä on noin 0,8 kg vuorokaudessa ja 295 kg vuodessa. Fosforikuorma kasvaa mittauspisteeltä 1 mittauspisteelle 4, joten fosforia voidaan olettaa kerääntyvän jokeen mittauspisteiden välillä sinne laskevissa valumavesissä.

TAULUKKO 8. Fosforikuormitukset mittauspisteillä

Mittauspiste	kok. P (kg/vrk)	kok. P (kg/a)	liuk. P (kg/vrk)	liuk. P (kg/a)
1	0,596	217,54	0,308	112,42
2	0,654	238,71	0,406	148,19
3	0,785	286,53	0,401	146,37
4	0,808	294,92	0,444	162,06

Kuvassa 3 on esitettyä kokonais- ja liukoisen fosforin lasketut ainevirtaamat mittauspisteillä vuorokaudessa. Edetessä mittauspisteitä joen virtaussuunnassa fosforipitoisuus kasvaa melko tasaisesti. Ainevirtaama on kuitenkin laskettu vain yhden virtaamamittauksen ja fosforianalyysin perusteella, joten tässä työssä esitetyt vuorokausikuormat ovat paikkansapitäviä vain, mikäli virtaamassa ja pitoisuuksissa ei esiinny vaihtelua.



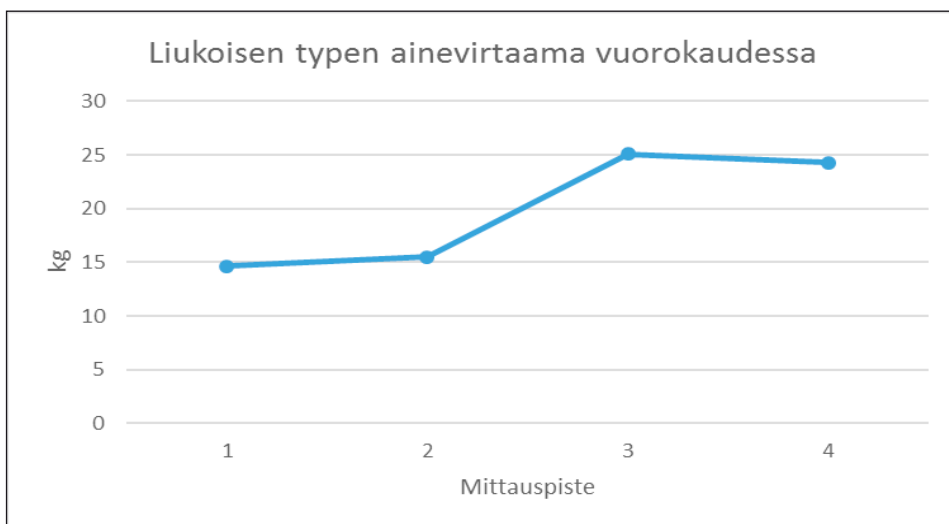
KUVA 3. Kokonais- ja liukoisen fosforin ainevirtaamat mittauspisteillä

Koska typen todettiin esiintyvän lähes kokonaan liukoisessa muodossa, typpikuormituksessa otettiin huomioon vain liukoisen typen tuoma kuormitus. Virtaaman ja typpipitoisuuksien perusteella lasketut liukoisen typen kuormitukset (TAULUKKO 9) ovat mittauspisteellä 1 noin 15 kg vuorokaudessa ja 5 350 kg vuodessa, ja mittauspisteellä numero 4 kuormat ovat noin 24 kg vuorokaudessa ja 8 854 kg vuodessa. Liukoisen typen lasketut kuormitustulokset ovat epäjohdonmukaisia johtuen todennäköisesti typen analysointimenetelmän sopimattomuudesta näin pienille typpipitoisuuksille. Saadut pitoisuustulokset vääristävät myös typpikuormituksen laskemista.

TAULUKKO 9. Typpikuormitukset mittauspisteillä

Mittauspiste	liuk. N (kg/vrk)	liuk. N (kg/a)
1	14,657	5349,81
2	15,517	5663,71
3	25,087	9156,76
4	24,258	8854,17

Liukoisen typen ainevirtaamat mittauspisteillä eivät kasva tasaisesti jokisuulle päin, kuten kuvan 4 ainevirtaamaa kuvaava käyrä osoittaa. Kuormitus kasvaa ensimmäiseltä mittauspisteeltä viimeiselle pisteelle, ja kuvaajan mukaan pisteiden kaksi ja kolme välissä typpikuormitus kasvaisi muiden pisteiden väliä enemmän.



KUVA 4. Liukoisen typen ainevirtaama vuorokaudessa mittauspisteillä

Johtopäätökset

Tutkimuskohteena olevan Hanhilammen ja Savilahden välisen jokiosuuden vedenlaatu vastasi hyvin Suomen vesistöjen laatua. Mittauspisteen numero kuusi vedenlaatu sen sijaan poikkesi muiden näytepisteiden vedenlaadusta täysin, ja vedenlaatuanalyysien tulokset viittaavat näytepisteen veteen kohdistuvasta poikkeuksellisen suuresta fosforikuormituksesta ja sameutta aiheuttavasta tekijästä. Todennäköisin sameuden syy on Savilahdessa suoritettujen ruoppaukset ja rantaviivan maanmuokkaustyöt, joiden seurauksena saviaines ja mahdollisesti rauta on liuennut veteen. Maanmuokkaustyön vaikutuksia Savilahden veteen tulisikin tutkia lisäanalyyseillä.

Fosforikuorma kokonaisfosforin osalta Rokkalanjoelta Savilahteen oli viimeisellä mittauspisteellä noin 0,8 kg vuorokaudessa, joka on huomattavasti pienempi määrä kuin Palomäen ja Kuhmosen vuonna 2013 julkaisemassa selvityksessä. Fosforipitoisuudet eri näytepisteillä olivat hyvin lähellä toisiaan, joten fosforin kerääntyminen jokiveteen on valuma-alueella hyvin vähäistä. Typpikuorman osalta lasketut jokikuormat eivät ole luotettavia, mutta typpikuorman voidaan todeta olevan hyvin pieni.

Pienet typpipitoisuudet voivat johtua kesällä vallinneesta tuotantokaudesta, jolloin levät ja muu orgaaninen aines ovat käyttäneet typpivarastot hyvin pieniksi. Yleensä typpipitoisuus myös korreloi fosforipitoisuuden kanssa, eli fosforipitoisuuden ollessa pieni on myös typpipitoisuus pieni ja toisinpäin. (Pietiläinen, O.-P., 2008.) Tämän tutkimuksen vesinäytteiden pitoisuudet olivat pieniä johtuen osittain vuodenajasta, ja laajemman ja todenmukaisemman vedenlaadun ja kuormituksen arvioimiseksi mittauksia tulisi suorittaa useammin ja eri vuodenaikoina.

LÄHTEET

GWM-Engineering Oy. SonTek Flowtracker käsi­käyttöinen ADV tekninen dokumentaatio.

Hertta 5.7. Ympäristötietojärjestelmä. Vedenlaatu. Suomen ympäristökeskus.

Kärkkäinen, Jari 2015. FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy. Mikkelin kaupunki, Sataman-lahden alue, luontoselvitys. http://www.mikkeli.fi/sites/mikkeli.fi/files/atoms/files/sataman_alueen_luontoselvitys_3.2.2015_luonnos.pdf. Luettu 21.9.2016.

Mikkelin ammattikorkeakoulu. Tutkimus ja kehitys – Materiaalit ja ympäristöturvallisuus – Käynnissä olevat hankkeet – VIM. http://www.mamk.fi/tutkimus_ja_kehitys/materiaalit_ja_ymparistoturvallisuus/kaynnissa_olevat_hankkeet/vim

Mitikka Sari. Pintavesien yleinen käyttökelpoisuusluokitus. Ympäristö.fi. pdf-tiedosto. Julkaistu 7.12.2015. Luettu 7.10.2016.

Paikkatieto. 15.9.2016. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/kartta>

Palomäki, Arja ja Kuhmonen, Irene. 2013. Mikkelin alapuolisen Saimaan kuormitus-selvitys. Jyväskylän yliopisto, ympäristötutkimuskeskus Ambiotica. Tutkimusraportti 99/2013. https://esvesienhoito.files.wordpress.com/2015/01/mikkelin_kuormituselvitys_29082013_final_pienennetty.pdf. Luettu 15.10.2016.

Pietiläinen, Olli-Pekka. 2008. Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. Suomen ympäristökeskus, julkaisu 46. Edita Prima Oy. Helsinki.

Vanajavesikeskus. Vedenlaatuopas. http://www.vanajavesi.fi/onnimonni/wp-content/uploads/2014/02/vvk_vedenlaatuopas_vedos_191213.pdf

VEMALA. Vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmä. Suomen ympäristökeskus

Ympäristöministeriö. Suuret järvet kunnossa, rannikkovesien tila keho. 2013. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Suuret_jarvet_kunnossa_rannikkovesien_tilaa\(26643\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Suuret_jarvet_kunnossa_rannikkovesien_tilaa(26643)). Julkaistu 2.10.2013. Luettu 19.10.2016.

Ympäristö.fi. Järven rehevöityminen. www-julkaisu. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistojen_kunnostus/Jarvien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheuttavia_tekijoita/Rehevoityminen. Julkaistu 24.6.2013. Päivitetty 5.7.2016. Luettu 19.10.2016.

HULEVESIEN ONLINE-MONITOROINTIA

Niina Laurila

Mikkelin ammattikorkeakoulu on VIM-hankkeessa määrätietoisesti kehittänyt Open –Etämonitoroinnin kehittäminen osa ympäristötekniikan koulutusta ja innovaatiotoimintaa -hankkeessa sekä Älykäs ympäristö bioenergian tutkimus- ja innovaatiotoiminnalle -hankkeessa aloitettua ympäristön monitorointia seuraavalle tasolle. Kehitystyön tuloksena Mamkilla on käytössään mittausverkosto, jolla pystytään seuraamaan vesiympäristössä tapahtuvia muutoksia jatkuvatoimisesti. Mamkilla on käytössään kaksi automaattista mittausasemaa: YSI 6920 V2 sekä YSI 6820 V2. Veden laadun mittaamisen lisäksi Mamkilla voidaan seurata reaaliaikaisesti Mikkelin keskustan sääoloja. Reaaliaikaisen datanhallinnan myötä voidaan tarkentaa mm. näytteenoton ajoitusta ja kohdentamista. Vaikka online-monitorointi vaatii huoltoa ja jatkuvaa tarkkailua, päästään jatkuvalla mittausdatalla paremmin kiinni ympäristössä tapahtuviin muutoksiin kuin manuaalisella näytteenotolla.

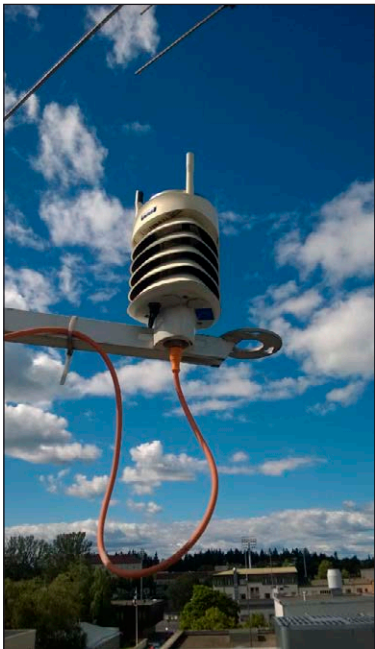
Online-monitorointilaitteistot

Ympäristön tilan monitorointi toteutettiin YSI 6820-V2-1 -sondilla (kuva 1). Kyseinen malli soveltuu käytettäväksi sisä-, meri- ja saastuneiden vesien monitorointiin, ja toimiakseen laitteisto tarvitsee verkkovirtaa. Tutkimuskohteesta mitattiin seuraavia ominaisuuksia: pH, sähkönjohtokyky, lämpötila ja sameus. YSI-sondilla tehdyt mittaukset siirrettiin kerran päivässä modeemin välityksellä Mamkin Älykäs-järjestelmään, josta mittauks tulokset olivat tarkasteltavissa.



KUVA 1. YSI-online-monitorointisondi (kuva Laurila 2015)

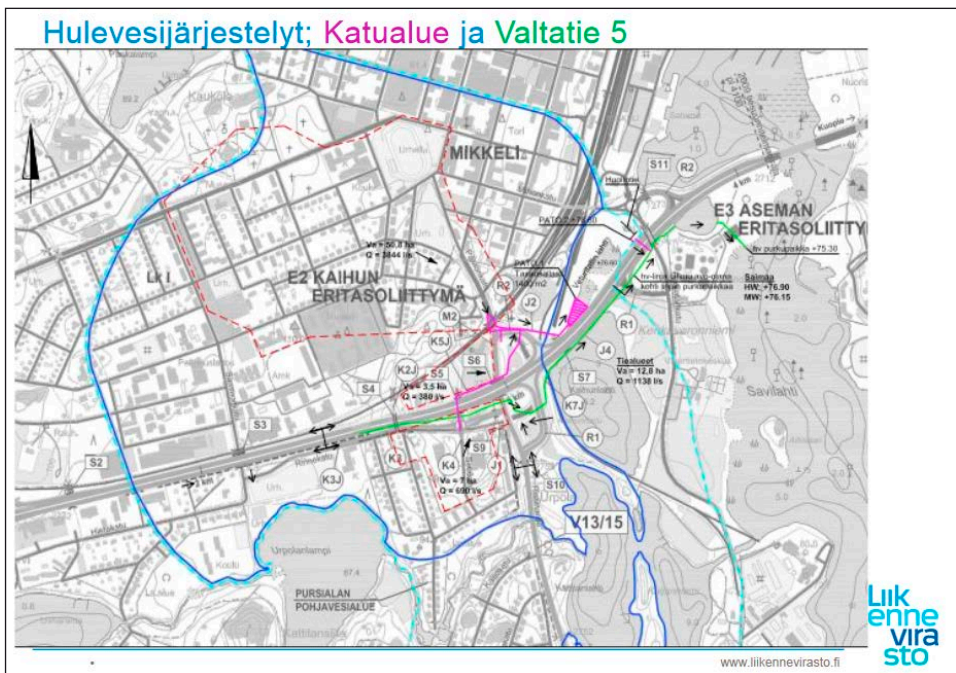
Keskustan säätilaa seurattiin Mikkelin kaupungin virastotalon katolle sijoitetulla Mamkin sääasemalla (Vaisala WTX 520) (kuva 2). Laitteistolla voidaan mitata mm. tuulen nopeutta/suuntaa, sateen määrää/kestoa, sateen intensiteettiä, lämpötilaa ja ilman kosteutta. Myös tämän laitteiston datan siirto Mamkin Älykäs-järjestelmään tehdään modeemin välityksellä.



KUVA 2. Säämittausasema virastotalon katolla (kuva Laurila 2015)

Mittaukset Mikkelin Vesilaitoksen jätevedenpuhdistamon lammessa

Veden laatua seurattiin Mikkelin vesilaitoksen jätevedenpuhdistamon lammessa, joka toimii sekä käsiteltyjen että koottujen hulevesien porttina Saimaaseen. Valtatien 5 parannustöiden yhteydessä Veturintallinlahteen rakennettiin kosteikko, johon johdetaan valtatiellä 5 syntyvien hulevesien lisäksi Nuijamiehen kaupunginosassa (50 ha) muodostuvat hulevedet. Kosteikko, joka paremmin tunnetaan lokkikosteikkona, on saanut nimensä kosteikon viereisessä luhdassa viihtyvistä naurulokkiyhdyksistä. Lokkikosteikosta vesi johdetaan jätevedenpuhdistamon lampeen ja sieltä Saimaaseen. Lokkikosteikko otettiin käyttöön huhtikuussa 2015. Jätevedenpuhdistamon lampeen ohjataan myös valtatiellä 5 pohjavesisuojausalueella muodostuneet hulevedet. Kuvassa 3 on esitetty valtatie 5 parannustöihin liittyneet hulevesijärjestelyt (Korhonen vesienhoitoesitys 11/2014).



KUVA 3. Valtatiehen 5 liittyvät hulevesijärjestelyt (Korhonen 2015)

YSI-sondi sijoitettiin jätevedenpuhdistamon lampeen ja Saimaaseen johtavan uoman väliseen siltarumpuun (ks. kuva 4). Kyseinen lampi on pieni ja sameavetinen vähäisen virtaaman ja siihen johdettavien vesien luonteen vuoksi. Veden vähäinen vaihtuvuus edistää biofilmin muodostumista, mikä näkyi sondin nopeana likaantumisenä (kuva 5). Tämän estämiseksi anturit teipattiin kupariteipillä ehkäisemään biofilmin muodostumista (kuva 4). Mittausten oikeellisuutta seurattiin tulosten seuraamisen lisäksi ottamalla kohteesta vesinäytteitä, joiden analyyseja verrattiin sondilla mitattuihin tuloksiin. Poikkeamat mittaustuloksissa johtivat YSI-sondin antureiden kalibrointiin.



KUVA 4. Siltarumpuun kiinnitetty YSI-sondi (kuva Laurila)



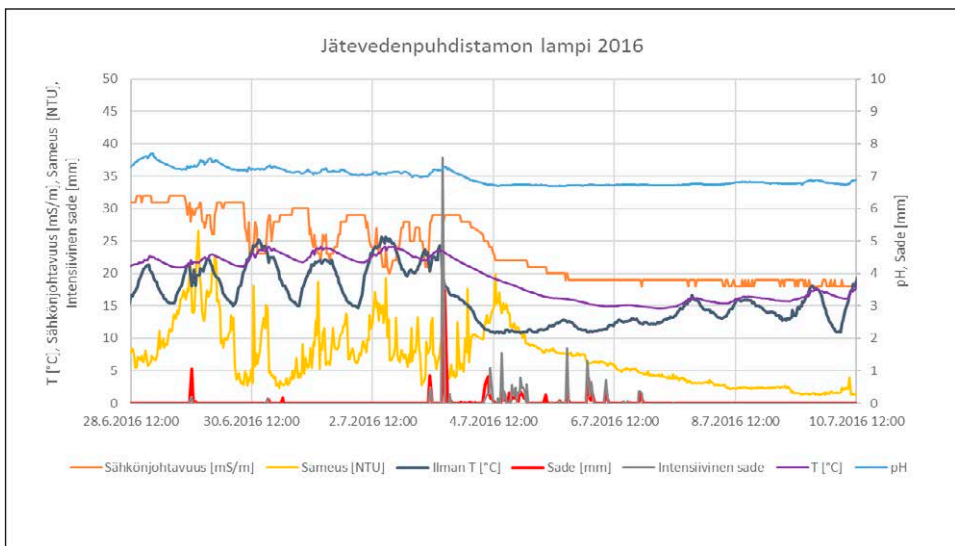
KUVA 5. Sondin antureiden likaantumisaste ennen teippausta ja teippauksen jälkeen (kuva Laurila)

Monitorointitulokset ja niiden analysointi

Säännölliset muutokset mittaustuloksissa aiheutuvat vuorokausirytmistä (kuva 6). Esimerkiksi valoa tarvitseva yhteystoiminta näkyy pH:n nousuna lisääntyneen hiilidioksidin kulutuksen johdosta (Särkkä, s. 126). Sameuden nousuun vaikuttaa levätuotanto. Muutokset sähkönjohtavuudessa liittyvät klorofyllin hajoamiseen, jolloin vapautuu mm. magnesiumia.

Heinäkuu alkoi Mikkelissä sateisissa tunnelmissa, sillä 3.–4.7. välisenä aikana keskustan alueella saatiin sadetta yli 50 mm. Kahden päivän aikana saatiin melkein koko heinäkuun keskimääräinen sademäärä (70 mm). Hetkellisesti voimakasta sadetta saatiin jopa 38 mm (ks. harmaa piikki kuvaajassa). 3.7.2016 muistetaan Mikkelissä päivänä, jolloin keskustassa tulvi.

Hulevesien laatu on heikoin sateen alkamishetkellä, jolloin sade huuhtoo läpäisemättömille pinnoille kertyneet epäpuhtaudet mukaansa. Ilmiö on nimeltään first flush (alkuhuuhtouma) (Vakkilainen & Kotola & Nurminen, s. 14). Monitoroidussa mittausdatassa tämä näkyy sameuden nousuna ja pH:n laskuna. Myöhemmin hulevesien puhdistuessa mittauksissa tapahtuneet muutokset tasaantuvat. Rankkasade näyttää huuhtoneen lammen puhtaaksi mm. ravinteista, sillä aiemmin havaitut vuorokausirytmistä johtuvat muutokset mittausdatassa ovat sateen jälkeen pienempiä. Tuloksiin on vaikuttanut myös alempi lämpötila.



KUVA 6. Jätevedenpuhdistamon lampi 28.6.–10.7.2016

Online-monitorointi on edullinen, nopea ja luotettava tapa tuottaa tietoa ympäristöstä. Verrattuna suhteellisen harvoin tapahtuvaan ja kalliiseen manuaaliseen näytteenottoon online-monitoroinnin avulla pystytään tarkemmin seuraamaan lyhytaikaistenkin luonnonilmiöiden vaikutusta vesistöön. Esimerkiksi vuorokausirytmien vaikutukset ennen ja jälkeen mittausjaksolla tapahtuneen rankkasateen olisivat todennäköisesti jääneet selvittämättä ilman online-monitorointia.

Manuaalisella näytteenotolla on vielä tärkeä rooli online-mittausten kalibroinnissa ja online-mittausten luotettavuuden varmistamisessa. Pyrittäessä kustannustehokkaaseen tiedonkeruuseen ympäristöstä esimerkiksi mallinnusta varten online-monitorointi on kuitenkin paras vaihtoehto.

LÄHTEET

https://esvesienhoito.files.wordpress.com/2014/11/esitys_korhonen_juha_2015-4-22.pdf, luettu 24.11.2015

Vakkilainen, P. & Kotola, J., & Nurminen, J. (toim.) 2005 Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristö 776. ISBN 951-731-319-5-(PDF).

Särkkä, Jukka: Järvet ja ympäristö, limnologian perusteet, s. 126

JÄTEKESKUKSEN VAIKUTUS PURKUVESISTÖÖN

Niina Laurila & Hannele Lempinen

Kaatopaikalla syntyviin vesiin vaikuttavat sadekertymän lisäksi kaatopaikan luonne, käyttöikä ja suotovesien keräysjärjestelmä. Vanhojen kaatopaikkojen perustamisaikaiset säännökset eivät ole edellyttäneet nykyvaatimusten mukaista hule- ja suotovesien käsittelyä, joten parannustoimenpiteistä huolimatta ympäristökuormitusta saattaa esiintyä.

Tutkimuskohde

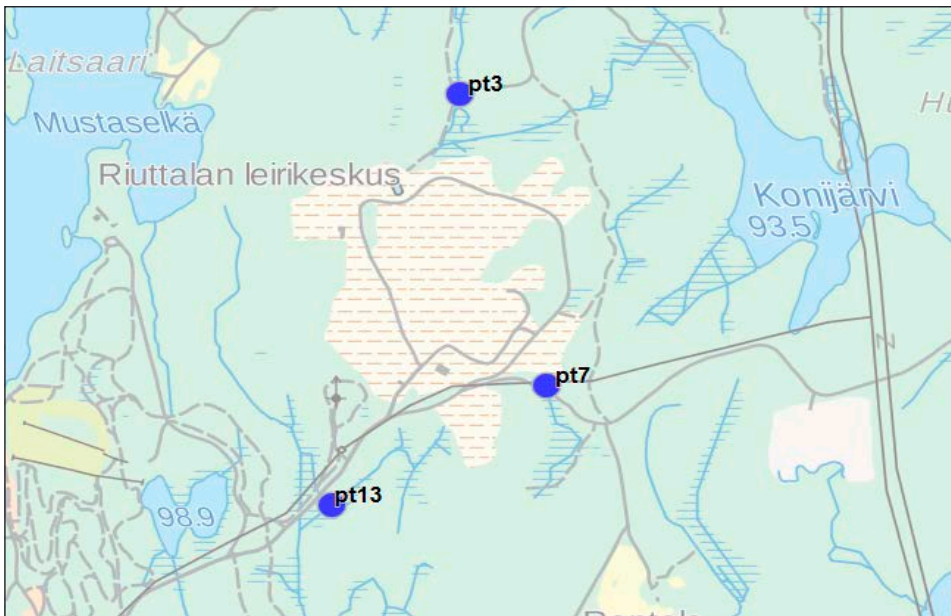
Mikkelissä toimivan jäteyhtiö Metsäsairila Oy:n jätekeskus sijaitsee Sairilassa. Jätekeskuksen toimintaa noin 60 hehtaarin alalla on harjoitettu vuodesta 1972 lähtien. Jätetäyttöaluetta alueella on noin 12,5 ha, josta vanhaa suljettua täyttöaluetta on noin 9 ha. (Insinööritoimisto Paavo Ristola 2003.) Jätteiden loppusijoittamisen lisäksi alueella muun muassa kompostoidaan biojätteitä, käsitellään pilaantuneita maita, murskataan ja varastoidaan kentälle betonia, tiiltä sekä lasia, murskataan puuta sekä välivarastoidaan metallia ja sähkö- ja elektroniikkaromua. Alueella on myös Lemminkäinen Infra Oy:n kiviaineksen ottoalue sekä Paperikeräys Oy:n varastoalue (Metsäsairila Oy, 2015). Jätekeskuksen asfaltilla pinnoitettujen kenttien valuma- ja suotovedet kerätään suotovesialtaaseen, josta ne pumpataan Kenkäveronnimien jätevedenpuhdistamolle. Pintavesiin päätyy vain pinnoittamattomilla kenttäalueilla muodostuneita hulevesiä (sähköposti Gråsten 29.11.2016).

Tutkimus

Sade- ja hulevesien vaikutusta jätekeskuksen purkuvesiin selvitettiin kolmessa laskuojassa: Myllylahteen (Sirkkapuro), Iso-Palvaseen sekä Pitkälahahteen laskevissa ojissa. Näissä kohteissa muutoksia on havaittu muun muassa veden sähkönjohtavuudessa ja kloridi- ja typpipitoisuudessa (Etelä-Savon ympäristökeskus, Ympäristölupapäätös ESA-2004-Y-242-111).

Jätekeskus sijaitsee kahdella valuma-alueella. Jätekeskuksen pohjoispuolella olevalta Sirkkapuron 86 hehtaarin laajuiselta valuma-alueelta vedet valuvat Sirkkapuroa pitkin Saimaan Myllylahteen. Jätekeskuksen matala purkuoja (havaintopiste pt3) Sirkkaojaan sijaitsee soisella alueella (Metsä-Sairilan jätekeskuksen velvoitetarkkailuohjelma 2011, s. 2).

Jätekeskuksen eteläpuolella purkuoja on kaksi: Iso-Palvaseen laskeva oja (havaintopiste pt7) sekä Pitkälähteen laskeva oja (havaintopiste pt13). Iso-Palvasen valuma-alue on pinta-alaltaan 64 ha, ja Saimaan Mustaselän Pitkälähteen laskeutuu valumavesiä 55 ha:n alueelta (Metsä-Sairilan jätekeskuksen velvoitetarkkailuohjelma 2011, s. 2). Purkuvesien havaintopisteet on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Purkuvesien havaintopisteet (Karttapaikkaikkuna 23.11.2016)

Jätekeskuksen purkuvesien tilaa seurattiin kahden vuoden aikana ottamalla näytteitä valituista kohteista neljästi. Havaintopisteestä pt3 ei voitu ottaa näytettä 24.11. alueella tapahtuneiden maanmuokkaustöiden vuoksi. Näytteenotto pyrittiin suorittamaan sateisena ajankohtana. Tarkastelussa käytetty säätieto saatiin Mamkin Mikkelin kaupungin virastotalon katolle sijoitetulta sääasemalta. Välimatkaa asemien välillä linnuntietä pitkin on noin 5 km.

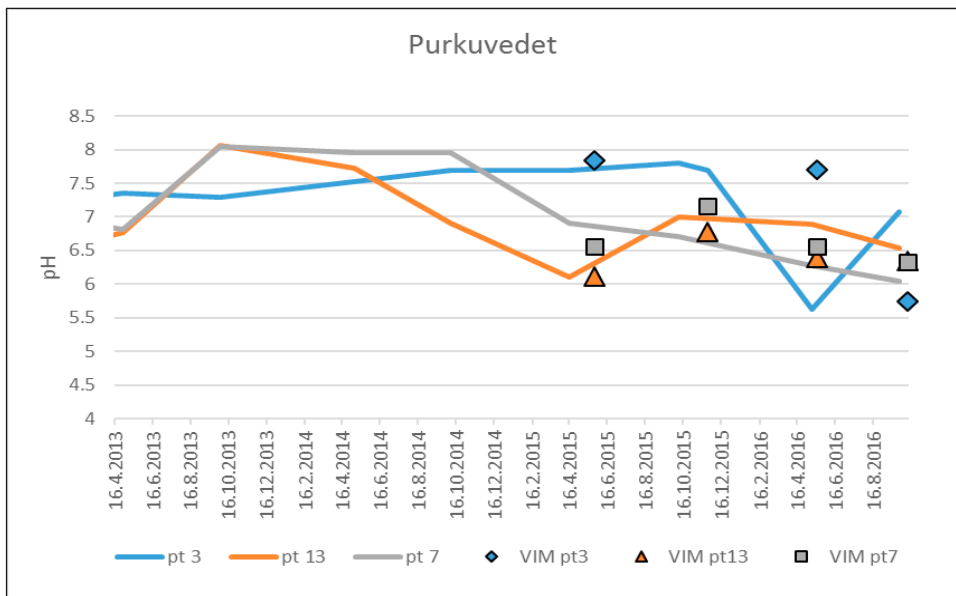
Analyysitulokset ja niiden tulkinta

Taulukossa 1 on esitetty näytteenottoajankohtien sade- ja lämpötilatiedot. Varsinaisia hulevesinäytteitä päästiin ottamaan vain kerran 24.11.2015.

TAULUKKO 1. Sää tiedot näytteenottopäivinä

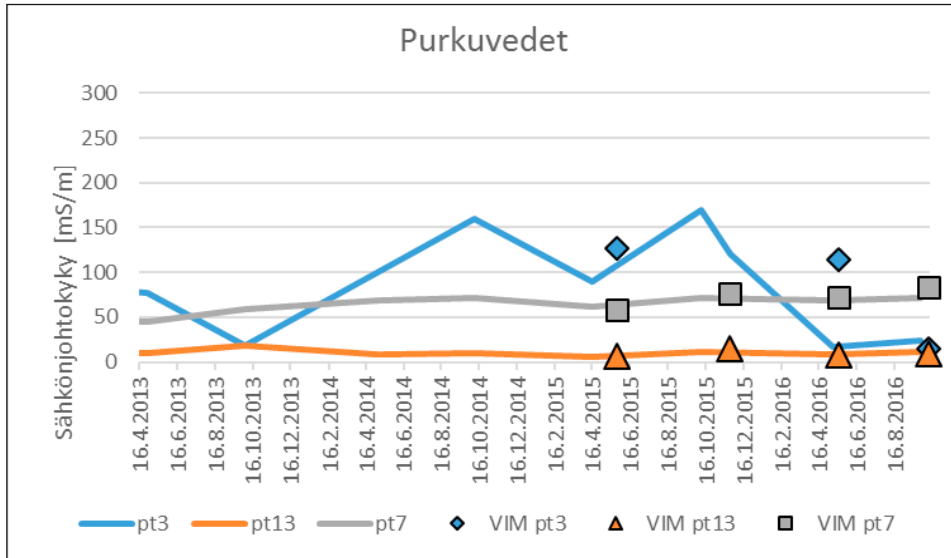
	26.5.2015	24.11.2015	18.5.2016	17.10.2016
4 vrk sade [mm]	0	16,3	0,14	0
Lämpötila [°C]	9,1	-3.6	11.1	3.0

VIM-hankkeessa tuotetut tulokset esitetään jätekeskuksen velvoitetarkkailuohjelman tulosten kera, jotta nähdään pitoisuuksien käyttäytyminen pitkällä aikavälillä. Veden happamuus oli havaintopisteissä pääsääntöisesti pH-alueella 6,0–8,0, kuten voidaan nähdä kuvassa 2. Kuvassa velvoitetarkkailun tulokset on esitetty jatkuvina kuvaajina ja VIM-hankkeessa otettujen näytteiden määrittystulokset yksittäisinä pisteinä. Voidaan todeta, että VIM-hankkeen tulokset ovat samankaltaisia velvoitetarkkailuohjelman tulosten kanssa lukuun ottamatta pt3:n tuloksia, jotka poikkeamasta huolimatta ovat aiempiin mittaustuloksiin verrattuna normaalilla vaihtelualueella. Jätekeskuksen hulevesien ei voida todeta ainakaan pH:n osalta vaikuttavan ympäröivän alueen vesistöihin haitallisesti, sillä Suomen vesielistö on tottunut elämään näissä olosuhteissa (www.ymparisto.fi, Vedenlaatuokituksen raja-arvot ja lähteet).



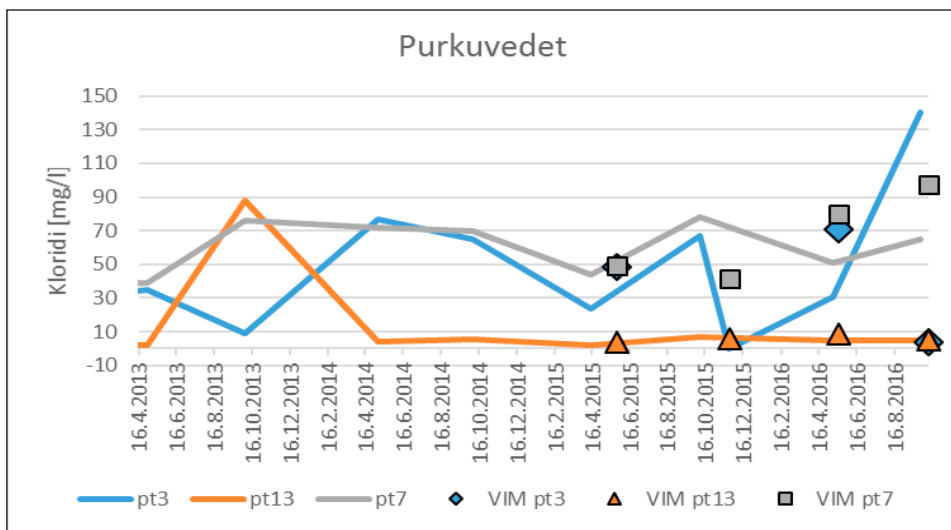
KUVA 2. Havaintopisteiden pH

Jätekeskuksen toiminta näkyy havaintopisteiden pt3 ja pt7 kohonneissa sähkönjohtavuustuloksissa (kuva 3). Vastaavasti myös näiden pisteiden kloridipitoisuudet ovat koholla (kuva 4), joskaan kloridi ei näyttäisi olevan ainoa ioni, joka nostaa näytteiden sähkönjohtavuutta. Myös Na, K, Ca, Mg sekä sulfaatit ovat ioneja, jotka nostavat sähkönjohtavuutta.



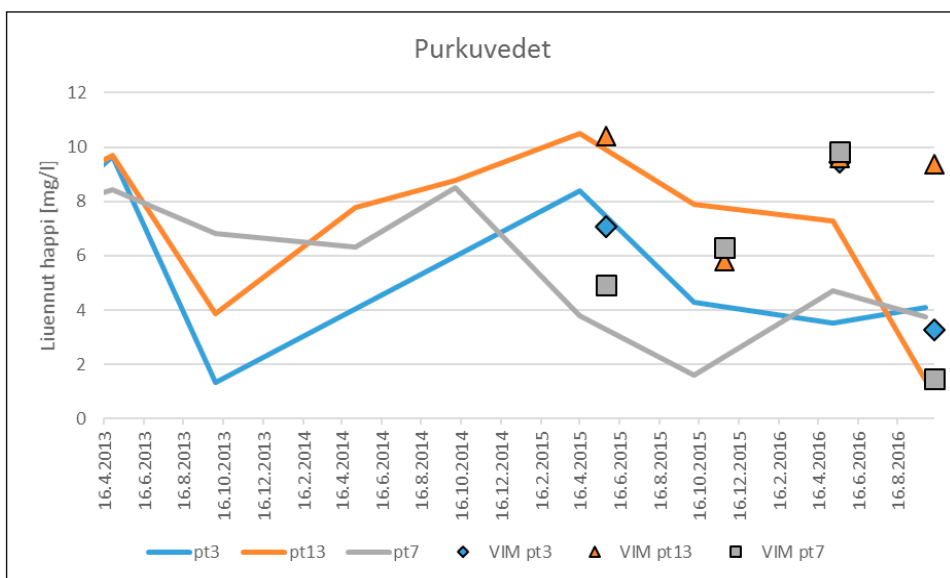
KUVA 3. Sähkönjohtavuus purkuvesissä

Havaintopisteen pt13 näytteiden sähkönjohtavuudet olivat sisävedelle ominaisella tasolla. Muissa pisteissä sähkönjohtavuus oli jätevedelle ominaisella tasolla (yli 50 mS/m).



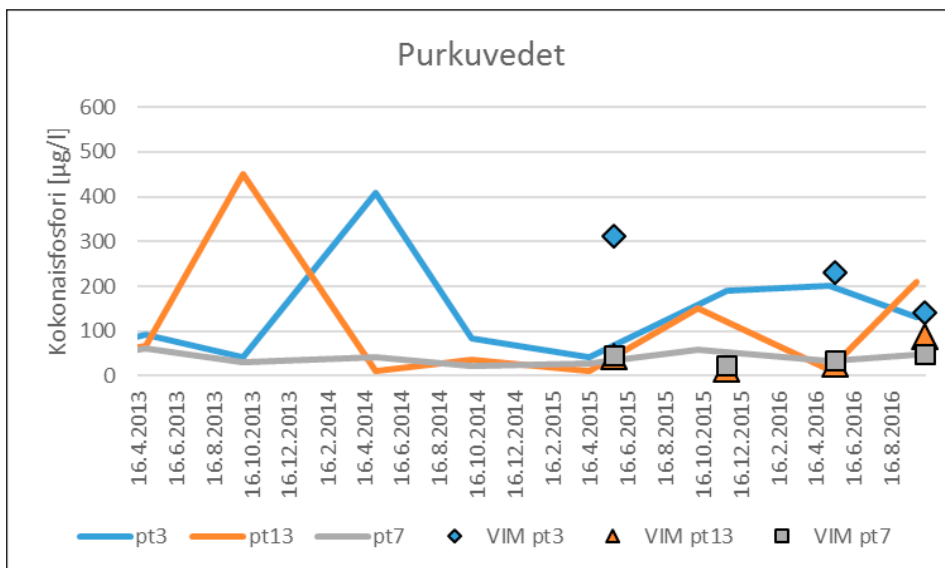
KUVA 4. Purkuvesien kloridipitoisuus

Happutilanne pysytteli pääosin hyvänä havaintopisteessä pt13 (kuva 5). Vuoden 2015 marraskuun näytteen happipitoisuuden matalamman happipitoisuuden voidaan ajatella johtuvan havaintopisteen jääpeitteestä, sillä jää estää hapen liukenemisen veteen. Alhaisimmat happipitoisuudet saatiin havaintopisteissä pt3 ja pt7 lokakuussa 2016. Kyseinen kuukausi oli Mikkelissä vähäsateinen, mikä on vaikuttanut uomien vesitilanteeseen. Havaintopisteen pt13 happi oli edelleen kevään 2016 lukemissa. Velvoitetarkkailun tulokset osoittavat niin ikään alentunutta happimäärää.



KUVA 5. Happipitoisuus purkuvesissä v. 2013–2016

Havaintopisteessä pt3 fosforipitoisuus oli suuri keväällä 2015 (kuva 6). Vuoden 2016 kuormitus oli vähenemään päin johtuen loppuvuoden vähäisestä vesimäärästä; esimerkiksi lokakuu oli hyvin vähäsateinen.



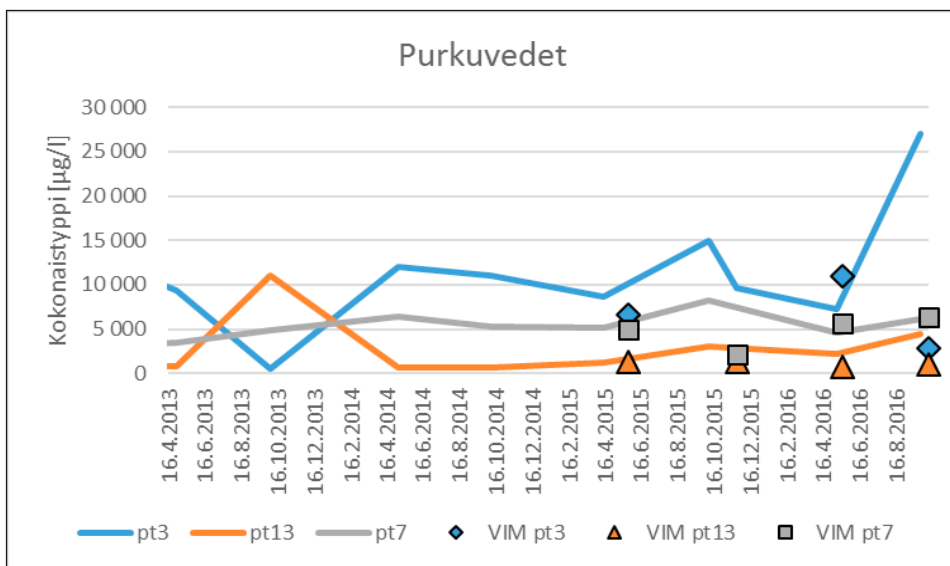
KUVA 6. Fosforipitoisuus jätekeskuksen purkuvesissä

Havaintopisteen pt7 matala fosforipitoisuus selittynee veden sisältämällä raudalla, joka saostaa fosforin. Ojan vesi on voimakkaasti ruosteenvärisen, kuten voidaan havaita kuvasta 7. VIM-hankkeesta otetuista vesinäytteistä havaitut veden laadun muutokset ovat samankaltaisia velvoitetarkkailuohjelman tulosten kanssa.



KUVA 7. Laskuoja Iso-Palvaseen, havaintopiste pt13

Typpipitoisuuksien osalta voidaan todeta, että VIM-hankkeen tulosten mukaan (kuva 8) suurimmat typpipitoisuudet mitattiin molempien vuosien keväällä. Havaintopisteen pt13 typpipitoisuus on alhaisin johtuen pienemmästä virtausnopeudesta. Saadut tulokset ovat linjassa velvoitetarkkailuohjelman tulosten kanssa lukuun ottamatta havaintopisteen pt13 syksyn 2016 lukemaa.



KUVA 8. Purkuvesien kokonaistyyppipitoisuudet

Jätekeskuksen toiminta näkyy eniten Myllyojan ja Iso-Palvasen laskuojissa. Erityisesti Myllyojan laskuojaa kuormittavat ravinteet ja kloridit. Myös Iso-Palvasen laskuoja kärsii isosta typpikuormasta sekä sähköjohtavuudesta. Iso-Palvasen laskuojassa ei kuitenkaan ole fosforikuormitusta valumaveden raudan saostaessa fosforin. Pitkälahteen laskevan ojan vesi oli näytteenoton perusteella puhtaampaa kuin muissa kohteissa. Pt13-näytteenottopisteen sijainti kauempana jätetäyttöalueesta ja ojan vähäisempi virtaama selittävät parempia analyysiarvoja. Suurimmat ravinnepitoisuudet vedestä mitattiin keväisin. Analyysitulosten vertailu sadetietoihin ja valumaan ei onnistunut tämän hankkeen osalta, sillä paikkakohtaista säädätystä ei ollut mahdollista saada.

LÄHTEET

Insinööritoimisto Paavo Ristola, 2003: Mikkelin jätehuolto, Mikkelin seudun jätteiden loppusijoittaminen, Ympäristövaikutusten arviointiselostus. s.76.

Metsäsairila Oy, vuosikertomus 2015. Luettu 30.11.2016

Sähköposti Jonne Gråsten 29.11.2016

Etelä-Savon ympäristökeskus, Ympäristölupapäätös ESA-2004-Y-242-111.

Metsä-Sairilan jätekeskuksen veloitetarkkailuohjelma 2011, s.2

Liite 3 Vedenlaatuluokituksen raja-arvot ja lähteet. www.ymparisto.fi/download/noname/%7B8A-7CACB5-3A30-4443-8470.../91995. Ladattu 22.11.2016

POLTTOAINETERMINAALIN VAIKUTUS HULEVESIEN LAATUUN

Niina Laurila

Suomi on vuoden 2008 pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa sitoutunut osana EU:n ilmastopolitiikkaa kasvattamaan uusiutuvien energialähteiden osuutta 28,5 %:sta 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Käytännössä tämä tapahtuu lisäämällä puuhakkeen käyttöä, sillä puunjalostusteollisuuden sivutuotteet kuori ja puu hyödynnetään jo täysin. Metsähakkeelle asetettu käyttötavoite vuodelle 2020 on 25 TWh, mikä tarkoittaa 13,5 miljoonaa m³ haketta. Tämä on näkynyt puuta ja muita puupolttoaineita polttoaineena käyttävien laitosten määrän nousuna (METLAN työraportti 289). Puupolttoaineen kysyntää lisää myös Suomen nykyisen hallituksen kaavailema kivihiilien käytön kieltö vuoden 2030 jälkeen (Raunio, s. 2).

Kasvaneen puupolttoaineen käytön myötä puupolttoaineen saatavuuden ja laadun turvaamiseksi on polttoaineterminaalien määrä maassamme lisääntynyt. Terminaaleilla pyritään takaamaan polttoaineen huoltovarmuus kulutushuipuissa sekä hankintaketjussa ilmenneiden ongelmien aikana. Varastoinnin lisäksi terminaalit voivat toimia myös polttoaineen jalostuspaikkana (Terminaalikäsikirja VTT). Keskitetyn polttoaineterminaalin etuja ovat mm. hakettamisen keskittäminen, puunkuivaus pinoissa ja suurempi kuljetettu polttoainemassa.

Perustettaessa polttoaineterminaalia joutuu hanke yleensä käymään läpi ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA), jossa tarkastellaan toiminnan vaikutuksia ympäristöön. Ympäristölupa on tarpeen kohteissa, joissa esim. varastoidaan kivihiiltä. Polttoaineterminaalin ympäristövaikutuksista on saatavissa vähän tietoa. Biopolttoaineterminaaleista eli kiinteän biomassan, kuten esimerkiksi hakkeen, varastointialueista voi aiheutua huomattavaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta ympäristöön. Kuormituksen vähentämiseksi ja estämiseksi on varastointialueiden vesitalous järjestettävä huolellisesti. Tämä tarkoittaa muun muassa alueiden päällystämistä, hulevesien johdamista, viivästysrakenteita, pohjapatoja jne.

Kohde

Etelä-Savon Energia Oy:llä (ESE) on noin 5 hehtaarin asfaltoitu polttoaineterminaali Metsä-Sairilassa (kuva 1). ESE:n polttoaineterminaali toimii raakapuun ja valmiin polttoaineen varastona sekä polttoaineen tuotantopaikkana. Alueen toiminta keskittyi raakapuun ja polttoaineen kuljetuksiin sekä haketetun polttoaineen aumaukseen. Polttoaineterminaalin sade- ja sulamisvedet kerätään kentän ympäristöön ja johdetaan laskeutusaltaan kautta ojaan alueen eteläpuolelle. Ojan kautta vesi laskeutuu Pieni-Palvaseen. Sade- ja hulevesien vaikutus polttoaineterminaalin toimintaan selvitettiin seuraavien kohteiden vesinäytteistä: polttoaineterminaalille johtava oja, laskeutusallas, padon jälkeinen puro ja Pieni-Palvanen. Polttoaineterminaali on rakennettu ympäristöön, jossa on suota ja turvetta, ja järveen laskevan puron virtaus on hidasta.



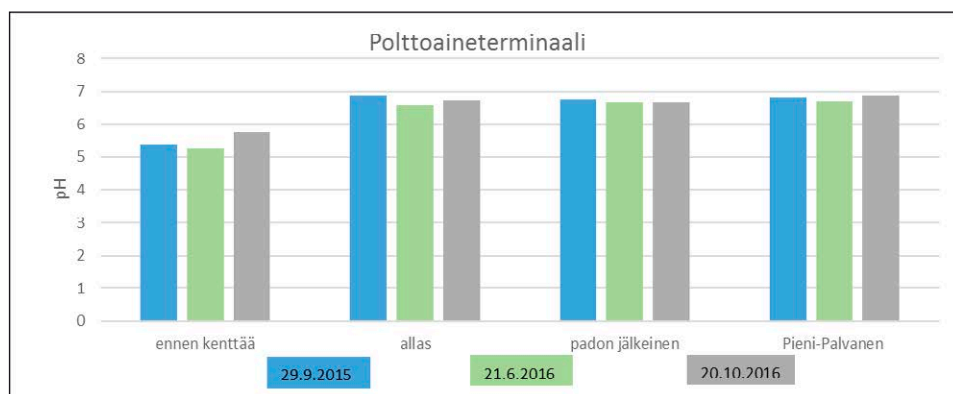
KUVA 1. Etelä-Savon Energian polttoaineterminaali (kuva Laurila 2016)

Tulokset

Vesinäytteet otettiin kohteesta 29.9.2015, 21.6.2016 ja 20.10.2016. Tuleva vesi tulee soisesta ympäristöstä, mikä näkyy niin veden happamuudessa kuin näytteen kemiallisessa hapenkulutuksessa. Altaassa ja altaan jälkeisessä ympäristössä humuksen määrä on jo pienempi. Tuleva vesi kuuluu runsahumuksisiin (>20 mg/l) ja kentän jälkeiset vedet keskihumuksisiin vesiin (10–20 mg/l). Muiden kohteiden pH vastasi tyypillisen suomalaisen metsäympäristön pH:ta sen ollessa hieman happamasta lähes neutraaliin (kuva 2).

TAULUKKO 1. Analyysitulokset

		Lämpötila	pH	Sähkönjohtavuus	Sameus	Kiintoaine	Liennut O ₂	COD _{Mn}	Kok. N	Kok. P	Kloridi
	Näyte	[°C]		[mS/m]	[NTU]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[µg/l]	[µg/l]	[mg/l]
29.9.2015	ennen kenttää	8	5.38	5.3	0.62	2.6	10.3	60	910	31	1.51
29.9.2015	allas	10.5	6.88	35.6	4.0	5.8	9.7	29	560	30	5.38
29.9.2015	padon jälkeinen	10.2	6.77	31.4	4.6	6.3	10.7	37	840	51	2.68
29.9.2015	Pieni-Palvanen	12.3	6.83	9.4	1.5	3.8	11.0	23	1050	14	2.27
21.6.2016	ennen kenttää	13.5	5.28	4.07	1.4	2.2	3.3	50	980	94	0.37
21.6.2016	allas	17	6.58	30.7	2.3	1.8	5.0	15	750	20	0.67
21.6.2016	padon jälkeinen	19	6.67	27.4	2.4	0.8	5.4	20	810	35	0.62
21.6.2016	Pieni-Palvanen 2	20	6.72	84.5	1.8	1.3	8.7	22	630	21	0.62
20.10.2016	ennen kenttää	1.8	5.76	4.38	1.8	0.3	4.3	46	780	20	3.55
20.10.2016	allas	2.2	6.75	21.3	4.7	11.8	6.6	34	800	31	3.69
20.10.2016	padon jälkeinen	2.4	6.69	18.6	14.5	2.6	7.1	31	750	22	4.18
20.10.2016	Pieni-Palvanen 2	2.6	6.88	9.54	2.4	0	9.6	22	580	15	4.01



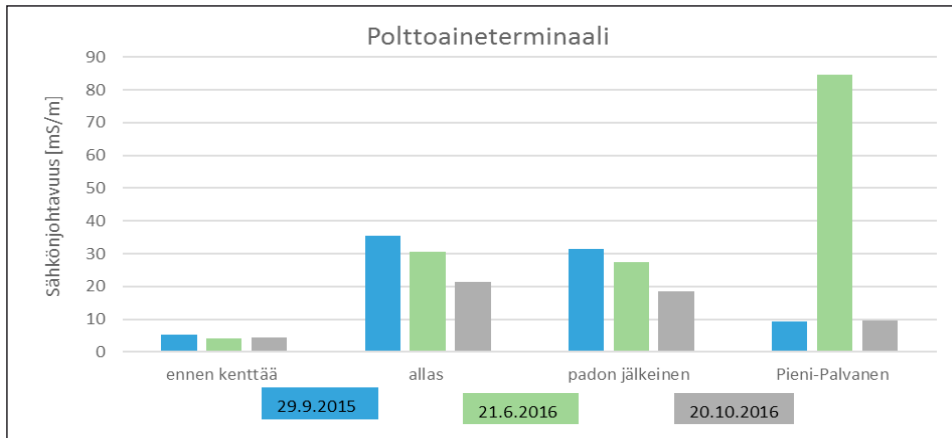
KUVA 2. Vesinäytteiden pH

Liuenneessa hapessa tapahtuneet muutokset johtuvat veden vaihtumattomuudesta sekä lämpötilasta. Kesän 2016 näytteissä on happipitoisuus lämpöisessä vedessä ollut alhainen. Happitilanne oli parantunut syksyn näytteissä lukuun ottamatta ennen kenttää otettua näytettä, jonka happitilanne oli huonontunut. Mikkelin seudulla lokakuu oli lähes sateeton, joten tämä näkyy myös tuloksissa.

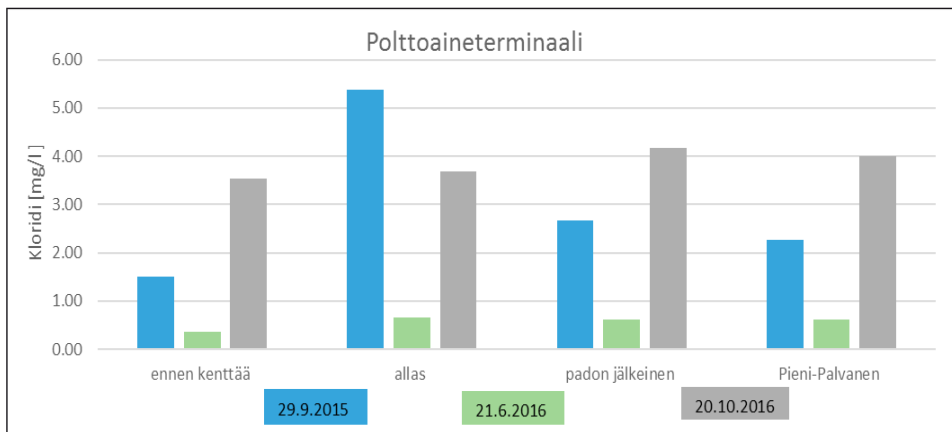
Ravinteiden pitoisuuden terminaalien toiminnalla ei ole vaikutusta, sillä näytteiden kokonaisfosfori- ja typpipitoisuudet pysyvät samankaltaisina koko näyteketjun ajan. Terminaalien maastosta löytyy mm. turvetta, mikä osaltaan selittää korkeat ravinnepitoisuudet.

Terminaali näyttäisi nostavan veden sameutta sekä kiintoainepitoisuutta (ks. taulukko 1). Nyt tapahtuneet muutokset ovat kuitenkin vähäisiä, sillä esim. sameusluokitus ei muutu veden ollessa lievästi sameaa (1–5 FTU). Kiintoaineen määrä altaassa näyttäisi tässä tutkimuksessa kasvavan. Altaan pohja on mutainen, ja vähäinen vesimäärä altaassa hankaloittaa edustavaa näytteenottoa. Tällainen tilanne oli otettaessa lokakuun näytettä.

Polttoaineterminaalin toiminta näkyy sähkönjohtavuuden nousuna ja kloridimäärän kasvuna (kuva 3). Kohonneeseen sähkönjohtavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. magnesium ja kloridi. Lehtivihreä sisältää magnesiumia, ja kloridia kentälle tulee puunrunkojen mukana maanteiltä. Korkea sähkönjohtavuus on nähtävissä myös Pikku-Palvasen 21.6.2016 päivän tuloksessa. Samaa muutosta ei kuitenkaan ole nähtävissä näytteen kloridipitoisuudessa (kuva 4), joten kyse on muista ioneista kuin kloridista.



KUVA 3. Sähkönjohtavuus



KUVA 4. Näytteiden kloridipitoisuus

Metallipitoisuuksissa havaittiin poikkeamia altaan ja padon jälkeisissä lukemissa kuparilla, sinkillä ja nikkellillä. Nämä metallit ovat todennäköisesti peräisin puusta (ks. taulukko 2).

TAULUKKO 2. 20.10.2016 otettujen vesinäytteiden metallipitoisuudet

	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	Mn	Ca	K
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ennen kenttää	<0.0010	<0.0010	0.0021	<0.0050	<0.0010	0.0048	0.0191	4.61	0.931
allas	0.0011	0.0061	0.0099	<0.0050	<0.0010	0.0104	0.165	26.4	2.47
padon jälkeinen	0.001	0.0056	0.0078	<0.0050	<0.0010	0.0079	0.0614	34.6	3.1
Pieni-Palvanen	<0.0010	0.0015	<0.0020	<0.0050	<0.0010	0.0024	0.0321	11.7	1.27

Hankkeen aikana otettujen vesinäytteiden osalta voidaan todeta, että tutkimuksen aikaisen polttoaineterminaalin toiminnan vaikutukset näkyivät veden sähkönsäilyvyydessä sekä metallipitoisuuksissa. Polttoaineterminaali ei lisää kuormitusta vesistöön, sillä kokonaistyyppi ja -fosforipitoisuudet olivat samalla tasolla kuin alueelle tulevan veden pitoisuudet.

LÄHTEET

Asikainen, A. & Ilvesniemi, H. & Muhonen, T. (toim.) 2013. Bioenergiaa metsistä - tutkimus- ja kehittämisohjelman keskeiset tulokset. Metlan työraportteja 289 <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp289.htm> ISBN 978-951-40-2468-9 (PDF)

Raunio, Helena, 2016: Kivihiilikielto käynnistäisi tappelun biomassasta. Tekniikka ja Talous nro 37, 11.11.2016.

Impola, R. & Tiipponen, I. 2011: Biopolttoaineterminaalit, Ohjeistus terminaalien perustamiselle ja käytölle. Terminaalikäsiokirja VTT-R-08634-11.

POHJAVEDEN ORGAANISTEN YHDISTEIDEN TUTKIMISTA PASSIIVISILLA NÄYTTEENOTTIMILLA

Henri Kettunen & Arto Sormunen & Niina Laurila

Mitattu tieto ympäristöstä on avain päästöjen ennaltaehkäisyyn ja vähentämiseen. Veden ja ilman monitorointi ympäristön tilan turvaamiseksi Etelä-Savossa -hanke tuottaa tietoa vesi- ja ilmapäästöjen määristä, koostumuksesta ja vaikutuksista. Analysoitu tieto auttaa alueen yrityksiä ympäristövaikutusten vähentämisessä, resurssien tehokkaassa käytössä ja kilpailukyvyyn kasvattamisessa. Mikkelin ammattikorkeakoulun toteuttamaa hanketta rahoittavat Etelä-Savon maakuntaliitto Euroopan aluekehitysrahastosta, Etelä-Savon Energia Oy, Metsäsairila Oy ja Mikkelin Vesilaitos. Hanke alkoi 1.1.2015 ja päättyy 31.12.2016. Tässä artikkelissa kerrotaan passiivisen näytteenottimen soveltuvuudesta pohjavesien monitorointiin.

Pohjaveden tutkimisen ongelmia ja tulevaisuuden ratkaisuja

Pohjavettä tutkitaan perinteisesti ottamalla pohjaveden havaintoputkesta vesinäyte pumpulla. Pumpaus kuitenkin aiheuttaa havaintoputkessa veden sekoittumista, jolloin on vaikea saada tietoa pohjaveden kerrostuneisuudesta. Lisäksi pohjavedessä voi esiintyä eräitä orgaanisia yhdisteitä niin pieninä pitoisuuksina, ettei niiden havaitseminen onnistu vesinäytteestä (CityChlor 2013, 14–15). Ratkaisuna näihin ongelmiin ovat passiiviset näytteenottimet.

Passiivinen näytteenotin kerryttää tutkittavia yhdisteitä itseensä ilman ulkoista energianlähdettä. Yhdisteet kertyvät näytteenottimeen diffuusion vaikutuksesta, ja niitä joudutaan mahdollisesti uittamaan tutkimuskohteessa viikkoja tai jopa kuukausia (Huckins ym. 2006, 7). Tällaisia näytteenottimia on kehitelty 1980-luvulta lähtien useita erilaisia. Näytteenottimen materiaalivalinta riippuu siitä, mitä yhdisteitä on haluttu tutkia. Rajatumpia tutkimuksia voidaan tehdä useampia materiaaleja yhdistelevillä monifaasisilla passiivisilla näytteenottimilla. Nykyään on olemassa myös kaukallisia näytteenottimia, kuten Chemcatcher, SPMD (Semi-Permeable Membrane

Device) ja PDB (Polyethylene Diffusion Bag). Suomessa passiiviset näytteenottimet ovat vielä suhteellisen tuntemattomia, ja niitä käytetään lähinnä perustutkimuksissa, eikä oikeastaan lainkaan rutiininomaisena näytteenottovälineistönä esimerkiksi viiranomaistoiminnassa.

Olemassa olevan menetelmän soveltamista uuteen ympäristöön

VIM-hankkeessa testattiin passiivista näytteenottoa pohjavedestä. Työn kokeellisessa osuudessa ja itserakennetun näytteenottimen suunnittelussa käytettiin apuna julkaisua ”Guidelines for passive sampling of hydrophobic contaminants in water using silicone rubber samplers (Smedes & Booij 2012)”. Kyseisessä julkaisussa tekijät ovat luoneet menetelmän silikonikumin käyttöön vesistöissä. Pohjaveden tutkimiseen vaaditaan kuitenkin ahtaisiin havaintoputkiin soveltuva näytteenotin, joten ohjetta täytyi soveltaa. Näytteenotin (kuva 1) täytyi suunnitella mitoiltaan havaintoputkeen sopivaksi, ja samoin silikoniliuskojen koot täytyi suunnitella uudelleen. Laboratorio-osuuksien osalta toimittiin lähes samoin kuin edellä mainitussa ohjeistuksessa.



KUVA 1. Näytteenotin silikoniliuskoineen (kuva Henri Kettunen)

Näytteenottimia testattiin kentällä (kuva 2) kolmen viikon ajan Mikkelin Tokmanin kellarissa kahdessa lähekkäin sijainneessa havaintoputkessa. Näissä kohteissa oli ennestään todettu korkeita PAH-pitoisuuksia. Tutkimuskohteen alueella sijaitti aikoinaan kreosoottikyllästämö, jonka päästöt näkyvät edelleen alueen pohjavedessä. Lisäksi silikoniliuskoja uitettiin samanaikaisesti laboratorio-olosuhteissa kolmessa eri pitoisuudessa PAH-yhdisteitä (1 ng/l, 1 µg/l ja 10 µg/l). Tutkimuskohteen havaintoputkista otettiin myös pumppaamalla vesinäytteet vertailun vuoksi.



KUVA 2. Silikonin käsittely vaatii kentälläkin erityishuomioita kontaminaation välttämiseksi (kuva Niina Laurila)

Lupaavia havaintoja jo alkumetreillä

Työssä tarkasteltiin laadullisesti näytteenottimien toimintaa, ja niihin kertyneitä yhdisteitä vertailtiin vastaaviin havaintoihin vesinäytteistä. Tulokset osoittivat silikonikumien toimivan erittäin hyvin PAH-yhdisteiden kerryttämiseen. Etenkin raskaimpien PAH-yhdisteiden osalta silikonikumista pystyi tekemään havaintoja, kun taas vesinäytteistä yhdisteiden erottuminen oli melko heikkoa. Bentso[g,h,i]peryleeniä, indeno[1,2,3-cd]pyreeniä ja dibentso[a,h]antraseeniä ei löytynyt yhdestäkään vesinäytteestä, mutta silikonikumista niitäkin pystyttiin havaitsemaan. Näiden havaintojen lisäksi näytteenottimen käyttö todettiin näytteenottajan näkökulmasta helpoksi ja kenttätoiminta nopeaksi. Yhden näytteenottimen asetteluun kului alle 10 minuuttia, kun yhden havaintoputken vesinäytteen pumppauksessa kesti vähintään 30 minuuttia sisältäen huuhtelupumppauksen. Passiiviset näytteenottimet olivat myös kevyempiä kuljettaa ja vaativat vähemmän tilaa kuin pumppuvälineistö.

Silikonin käytössä passiivisessa näytteenotossa on vielä kehitettävää. Ensinnäkin työssä suunniteltua näytteenotinhäkkiä (kuva 1) voisi parannella esimerkiksi saranoilla, jolloin silikoniliuskojen kiinnitys olisi entistä nopeampaa. Tutkimuksissa tulee aina käyttää sisäisinä standardeina esimerkiksi deuteroituja PAH-yhdisteitä laadukkaana näytteen taakaamiseksi. Niiden pitoisuus tulisi osata suhteuttaa kerrytettyjen yhdisteiden määriin siten, etteivät ne häiritse kromatogrammissa toisiaan ja että molempien piikit voidaan selkeästi erottaa toisistaan. Lisäksi menetelmä vaatii suhteellisen paljon reagensseja, mikä tarkoittaa suurehkoja laboratoriokustannuksia näytteenotinta kohti. Eri reagenssien ja liuottimien soveltamisesta kaivataan siis edelleen tutkimuksia kertyvän liuotinjätteen minimoimiseksi. Seuraava askel silikonin käytön tutkimisessa pohjavedessä voisi olla aikasarjan luominen ja kertyvien yhdisteiden pitoisuuksien selvittäminen.

LÄHTEET

CityChlor 2013. Groundwater quality measurement with passive samplers – Code of best practices. PDF-julkaisu. http://rwsenvironment.eu/publish/pages/97222/groundwater_quality_measurement_with_passive_samplers.pdf. Päivitetty 11.4.2013.

Huckins, James N., Petty, Jim D., Booij, Kees 2006. Monitors of Organic Chemicals in the Environment: Semipermeable Membrane Devices. Yhdysvallat: Springer.

Kettunen, Henri 2016. Silikonikumisen passiivisen näytteenottimen käyttö PAH-yhdisteiden monitorointiin pohjavedestä. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <https://www.theseus.fi/handle/10024/111323>. Päivitetty 25.5.2016.

Laurila, Niina 2016. Kuva opinnäytetyön tekemisen ajalta.

GEOTUUBIEN KÄYTTÖ RUOPPAUSMASSOJEN KUIVAUKSESSA – CASE PENTTILÄN SAHA-ALUEEN KUNNOSTUS

Johanna Kainulainen & Niina Laurila

Geotuubeja on käytetty joista, järvistä ja satamista ruopattujen massojen kuivatukseen vuosikymmenien ajan (Mastin & Lebster 2009, 101). Erityisesti Keski-Euroopassa geotuubit ovat tuttua tekniikkaa. Suomessa märkiä massoja on alettu käsitellä geotuubien avulla 2000-luvulla. (Nerg 2005, 24.) Märkien massojen kuivatuksen lisäksi geotuubeja voidaan käyttää myös sedimentin loppusijoitukseen, jolloin tuubien sisällä oleva sedimentti voidaan joko peittää paikalleen tai siirtää muualle loppusijoitettavaksi. (Geotuubit.)

Geotuubi

Geotuubi, jota voidaan kutsua myös geosäkiksi tai geotekstiilisäkiksi, on kutomalla valmistettu ja tilavuudeltaan yleensä 10–1 500 m³ oleva säkki, jota voidaan käyttää esimerkiksi erilaisten märkien massojen vedenpoistoon tai sedimenttien loppusijoitukseen.

Geotuubien valmistuksessa käytettävä tekstiili on valittu niin, että se pidättää märkien massojen kiintoaineen sisällään, mutta laskee massassa olevan veden lävitseen mahdollisimman tehokkaasti tuubirakenteen pinnalla olevien pienien reikien kautta. Vesi poistuu tuubin sisältä painovoiman avulla, ja samalla tuubin sisällä olevan massan tilavuus pienenee huomattavasti alkuperäisestä. (SoilTrain[®]-lietteenkuivatusteknologia 2014.) Pilaantuneen massan käsittelyssä haitta-aineet sitoutuvat tuubin sisälle jäävään hienoainekseen ja pysyvät tuubissa, mikä helpottaa pilaantuneen materiaalin hallintaa (Nerg 2005, 25).

Geotuubimenetelmä vie tilaa yleensä huomattavasti vähemmän verrattuna tavallisiin läjitysaltaisiin. Geotuubeja voidaan sijoittaa päällekkäin, mikä vähentää entisestään tilantarvetta. Geotuubin avulla sedimentin kuiva-ainepitoisuudeksi on arvioitu saata-
van noin 50–70 %. Esimerkiksi allaskuivatukseen verrattuna geotuubimenetelmällä saadaan ruoppauslietteen vesipitoisuutta pienennettyä paremmin, ja samalla myös loppusijoitukseen toimitettavan massan määrä vähenee. (Huruslahden pohjasedimentin haitta-aineiden kulkeutumisen vähentäminen. Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2013, 35.)

Käyttö

Geotuubit toimivat erilaisten märkien massojen esikäsitteilymenetelmänä vedenpoistossa. Märkien massojen vedenpoisto on hyödyllistä, sillä se helpottaa materiaalin käsittelyä ja pienentää esimerkiksi kuljetuskustannuksia. Yleisimpiä käyttökohteita ovat esimerkiksi kunnallisten jätevesilietteiden kuivatus sekä maatalouden ja teollisuuden lietteiden vedenpoisto. Vedenpoiston jälkeen geotuubeja voidaan käyttää myös sedimentin loppusijoitukseen, jolloin tuubien sisällä oleva sedimentti voidaan joko peittää paikalleen tai siirtää muualle loppusijoitettavaksi. (Geotuubit.) Tuubeissa kuivunutta materiaalia voidaan myös hyödyntää maanrakennuksessa tai se voidaan maisemoida paikalleen. Materiaali voidaan myös polttaa tai siirtää kaatopaikalle. (SoilTrain®-lietteenkuivatusteknologia 2014.)

Yleensä geotekstiilisäkkejä täytetään useita kertoja. Säkkeihin pumpataan lietettä, jonka jälkeen odotetaan, että vesi poistuu säkistä. Veden poistumisen jälkeen lietettä pumpataan lisää säkkeihin. Tätä jatketaan niin kauan, kunnes säkki täyttyy kuivasta kiintoaineesta. Kiintoaineen poistamiseksi säkistä säkki joudutaan hajottamaan, joten säkit ovat käytännössä kertakäyttöisiä. (Huruslahden pohjasedimentin haitta-aineiden kulkeutumisen vähentäminen 2013, 35.)

Ennen kuin liete pumpataan geotuubiin, siihen voidaan sekoittaa polymeerejä hienoaineksen saostumisen lisäämiseksi ja massan kuivauksen tehostamiseksi (SoilTrain®-lietteenkuivatusteknologia 2014). Geotuubissa prosessin alkuvaiheessa tuubirakenteen reiät voivat olla sen verran isoja, että osa hienoaineksesta voi päästä niistä läpi samalla heikentäen tuubista poistuvan veden laatua (Nerg 2005, 25). Kuitenkin nopeasti alkuvaiheen edetessä tuubin sisäpinnalle muodostuu suodatinkerros, joka tehostaa hienoaineksen suodatusta. Lietteeseen mahdollisesti lisätyt polymeerit puolestaan auttavat pitämään tuubin vedenjohtavuutta riittävänä, jotta tuubin pinta ei tukkeutuisi. (SoilTrain®-lietteenkuivatusteknologia 2014.)

Penttilän saha-alueen tukkiallas

Joensuun Penttilänrannan kunnostusurakassa Joensuun kaupunki halusi hyötykäyttöön keskustan lähistöllä olevaa ranta-alueutta tekemällä siitä asuinalueen. Hanke oli suurin Suomessa toteutettu maan kunnostusurakka. (Purmonen 2012, 13.) Penttilän entisen teollisuusalueen pilaantuneen maaperän ja vesialueen kunnostusprojekti kesti yhteensä reilu kolme vuotta ja saatiin päätökseen syksyllä 2012. Penttilän saha toimi vuosina 1871–1988 yli sadan vuoden ajan Joensuun keskustan tuntumassa Pielisjoen varrella. Teollisesta toiminnasta johtuen alueen maaperä oli pilaantunutta sisältäen muun muassa dioksiini- ja furaaniyhdisteitä, PAH-yhdisteitä, öljyhiilivetyjä sekä raskasmetalleja. Kunnostushankkeen tavoitteena oli kunnostaa pilaantunut alue turvallisiksi, jotta sinne voitaisi rakentaa asutusta ja työpaikkoja. (Palolahti 2013, 8–9.) Nykyisen tukkialtaan tilalle tuli pienvenesatama (Purmonen 2012, 35).

Saha-alueella oleva tukkiallas oli pinta-alaltaan noin kolme hehtaaria ja sen tilavuus oli noin 90 000 m³. Altaan pohjasedimentin paksuus oli noin 1–1,5 metriä ja vedenkorkeus 2,5–3,5 metriä. Tukkiallas oli erotettu Pielisjoesta maapenkalla. (Purmonen 2012, 36.) Sahan tukkialtaan kunnostaminen toteutettiin pilaantuneen sedimentin ruoppauksella. Pilotoinnin perusteella tukkialtaan sedimentin käsittelymenetelmäksi valittiin geotuubikäsitteily. (Palolahti 2013, 10.)

Puhdistaminen tapahtui altaan pohjasedimentin ruoppauksella ja puhdistamisella (Purmonen 2012, 44). Pilaantunutta sedimenttiä imuruopattiin aina puhtaaseen pohjasedimenttiin asti, ja runsaasti vettä sisältävä ruoppausliete käsiteltiin loppusijoitettavaan muotoon geotuubilla (Palolahti 2013, 10). Ruoppaus suoritettiin ruoppauslautalla, jonka kauhan ja hydraulisen pumpun avulla pohjasedimentti pumpattiin putkistoa pitkin rannalla oleviin geosäkkeihin. Pumppauksen yhteydessä sedimenttiin lisättiin kemikaaleja kiintoainepitoisuuden nostamiseksi ja pois virtaavan veden puhdistamiseksi. Säkeistä ulos tuleva vesi ohjattiin takaisin tukkialtaaseen. (Purmonen 2012, 45.)

Imuruoppaus suoritettiin kahdessa kerroksessa ja pilaantunutta sedimenttiä poistettiin altaasta yhteensä noin 53 000 m³ (Purmonen 2012, 45). Tukkialtaan sedimentin ja geotuubin toimintaa tarkkailtiin prosessin aikana, jotta päästöt ympäristöön jäisivät mahdollisimman pieneksi. Pohjasedimentin puhdistumista selvitettiin kattavalla näytteentotolla ja puhdistusta jatkettiin niin kauan, kunnes laboratoriomäärityksillä pystyttiin osoittamaan, etteivät tukkialtaan haitta-ainepitoisuudet enää ylitä Samasehjarvoja. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2006, 24.) Geosäkkejä kuivattiin noin vuoden ajan niiden kuivumisasteesta riippuen. Kun säkit olivat tarpeeksi kuivia, ruoppattu sedimentti poistettiin säkeistä ja kuljettiin Kontiosuon kaatopaikalle. Käytetyt geotekstiilit ja muut kuivatuksessa käytetyt rakenteet kuljetettiin Penttilän teollisuuskaatopaikalle, jossa ne kapseloitiin muun maa-aineksen mukana. (Purmonen 2012, 45.) Geotuubikäsitteily onnistui paikan päällä erittäin hyvin, ja käsittelyn jälkeen sedimenttiä jäi jäljelle noin 36 000 tonnia (Palolahti 2013, 10).

Geotuubikuivatuksen kemiallisen käsittelyn optimointi

Kiintoaineen erottamiseksi vedestä käytettyjen polymeerien ja muiden kemiallisten aineiden kehittyminen on helpottanut geotuubien käyttöä hienojakoisten materiaalien kuivatuksessa ja hallinnassa. Geotuubeja on käytetty onnistuneesti esimerkiksi dioksiineilla, PCB- ja PAH-yhdisteillä, torjunta-aineilla ja metalleilla saastuneiden hienojakoisten massojen kuivatuksessa. Kemiallisten käsittelyaineiden, kuten saostusaineiden, lisääminen veteen takaa ylimääräisen veden suodattumisen geotekstiilin läpi. Suotautuva vesi on kirkasta ja se voidaan palauttaa alkuperäiseen paikkaansa.

Näiden tutkimusten pohjalta todettiin, että geotuubeissa ruoppausmassojen kuivatukseseen tarvittava saostuskemikaalin pitoisuus on alle 0,5 %. Tulosten mukaan parempia veden ja kiintoaineen erotustuloksia saatiin vähemmällä polymeerin lisäyksellä, jos polymeeri sekoitettiin tuubin sisällä olevaan massaan kunnolla. Kemiallisen käsittelyn optimoinnin avulla saatiin vähennettyä ruopattun massan määrää ja vähennettyä urakkaan liittyviä kuljetus- ja hävityskustannuksia noin 50 %.

Yhteenveto

Projekteista ja tutkimuksista, joissa geotuubimenetelmää on käytetty, on saatu pääasiassa hyviä tuloksia. Geotuubit soveltuvat märkien massojen kuivatukseseen niin pienemmissä kuin hyvin isoissakin urakoissa, ja massat on saatu pääasiassa kuivumaan hyvin ja lietteen kuiva-ainepitoisuutta kasvatettua sekä lietteen vesipitoisuutta pienennettyä hyvin. Erityisesti vesimäärän pienentäminen vähensi käsiteltävän lietteen tai sedimentin massaa ja näin ollen pienensi kuljetus- ja hävitys- tai loppusijoituskustannuksia. Lisäksi sedimentin kuivatus teki siitä helpommin hallittavaa ja käsiteltävää. Ruopattun sedimentin käsittely geotuubissa myös yleensä vähensi haitta-aineiden pitoisuutta vesistöissä tai jäteveden puhdistamoon palautettavassa vedessä. Tällaisia haitta-aineita ovat esimerkiksi kokonaisfosfori ja -typpi sekä raskasmetallit, kuten kadmium ja elohopea. Vesistöön palautettava vesi oli myös pääasiassa kirkasta eikä se aiheuttanut haittoja vesistölle. Suurimmassa osassa projekteissa kuivattu sedimentti saatiin myös hyötykäyttöön esimerkiksi maanrakennukseen tai maisemointiin. Runsaasti haitta-aineita sisältänyttä kuivattua sedimenttiä ei voitu useinkaan käyttää hyödyksi, vaan se toimitettiin loppusijoitukseen luvanvaraiselle kaatopaikalle.

Haasteita geotuubin käytössä on ollut muun muassa ruoppausvaiheessa imuruoppausputkien tukkeutumien muodossa, kuivatusvaiheessa veden jäädessä seisomaan kuivatusaltauksiin ja -alustoihin estäen näin tuubin ja sen sisältämän massan kunnollisen kuivumisen sekä sopivan flokkulantin ja sen annostuksen löytämisessä. Kirjallisuusselvityksen perusteella erityistä huomiota geotuubimenetelmän käytössä pitäisi kiinnittää hienoaineksen saostamisessa ja kuivatuksen tehostamisessa käytettäviin polymeereihin. Erityisen tärkeää geotuubin hyvän toiminnan kannalta on löytää juuri kyseiselle lietteelle tai sedimentille sopiva polymeeri ja sopiva annostus, jolla sitä sekoitetaan sedimentin sekaan. Polymeerin ja sen annostuksen ollessa sopivat hie-

noaines ja siihen kiinnittyneet mahdolliset haitta-aineet saostuvat geotuubin sisään eivätkä pääse geotuubin seinämän läpi veden mukana esimerkiksi takaisin vesistöön, josta sedimentti on otettu tai sekoittamaan prosesseja jätevedenpuhdistamoissa.

Vaikka suurimmassa osassa projekteista ja tutkimuksista saatiinkin hyviä tuloksia geotuubista ja sen käytöstä, kaikki projektit eivät kuitenkaan onnistuneet yhtä hyvin. Tämä johtui todennäköisesti siitä, että tuubeista suotautunut vesi jäi seisomaan käsittelyaltaisiin eikä sopivaa polymeeriannostusta löydetty. Lisäksi projektissa oli ongelmana kuivattavan massan hyötykäyttö. Massaa ei voinut käyttää hyödyksi, sillä se olisi polymeerin lisäyksen vuoksi vaatinut Eviralta tyyppinimeä ja sen kuljettaminen toiseen paikkaan olisi tullut liian kalliiksi. Yhtenä ongelmana mainittiin myös geotuubimateriaalin maatumattomuus. Massan kuivumista ja veden suotautumista voitaisi todennäköisesti parantaa, jos altaan pohjan ja geotuubin väliin rakennettaisi jonkinlainen salaojitus esimerkiksi sepelikerroksen avulla.

Geotuubeilla kuivattavan massan suotovesien ominaisuuksien seuraamiseen voidaan käyttää automaattista laitteistoa. Käytännössä tämä tarkoittaa käsiteltävän massan suotovesien monitorointia jo ennen geotuubia ja geotuubikäsitelyn jälkeen. Haasteena on riittävän suotovesimäärän saaminen ja säilyttäminen, jotta käytettävän mittalaitteiston anturit säilyvät toimintakuntoisena (vaarana anturien kuivuminen).

LÄHTEET

- Geotuubit. Kaitos Oy. WWW-dokumentti. <http://www.kaitos.fi/tuoteryhmat/geotuubit>. Ei päivitystietoja. Luettu 10.8.2016.
- Huruslahden pohjasedimentin haitta-aineiden kulkeutumisen vähentäminen. Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2013. Ramboll. PDF-dokumentti. <http://projektit.ramboll.fi/YVA/huruslahti/Selostus-2-5-2013.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 21.8.2016.
- Mastin, Brian J. & Lebster, Gregg E. 2009. Chemical conditioning optimization for geotextile tube dewatering. PDF-dokumentti. <https://www.westerndredging.org/index.php/information/proceedings-presentations/category/25-session-2-environmental-aspects-of-dredging?download=132:3-mastin-chemical-conditioning-optimization-for-geotextile-tube-dewateringpdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 28.8.2016.
- Nerg, Nea 2005. Merenpohjasedimentin kuivatus geotuubissa. Kuntatekniikka 5/2005. PDF-dokumentti. http://www.kolumbus.fi/mikko.j.salminen/galltrask/505_nerg.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 10.8.2016.
- Palolahti, Anton 2013. Maaperän kunnostaminen. Penttilän saha Joensuussa. Geofoor. SGY:n jäsenlehti, numero 39. PDF-dokumentti. <http://www.getunderground.fi/getfile.ashx?cid=221157&cc=3&refid=52>. Ei päivitystietoja. Luettu 24.8.2016.
- Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2006. Päätös teollisuusalueen ja tukkialtaan puhdistamisesta ja pilaantuneen maan käsittelystä. PDF-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B6A21DA4A-B6ED-4EB2-BC4E-87E9B1F72E43%7D/81051>. Ei päivitystietoja. Luettu 26.8.2016.
- Purmonen, Teemu 2012. Pilaantuneen maaperän puhdistaminen Suomessa. Case Penttilänranta. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45680/Purmonen_Teemu.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 24.8.2016.
- SoiTrain ® lietteen kuivatusteknologia 2014. Tuotekortti 08/2014. Kaitos Oy. PDF-dokumentti. <http://www.kaitos.fi/Download/22115/SoilTain%20lietteenkuivatus.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 10.8.2016.

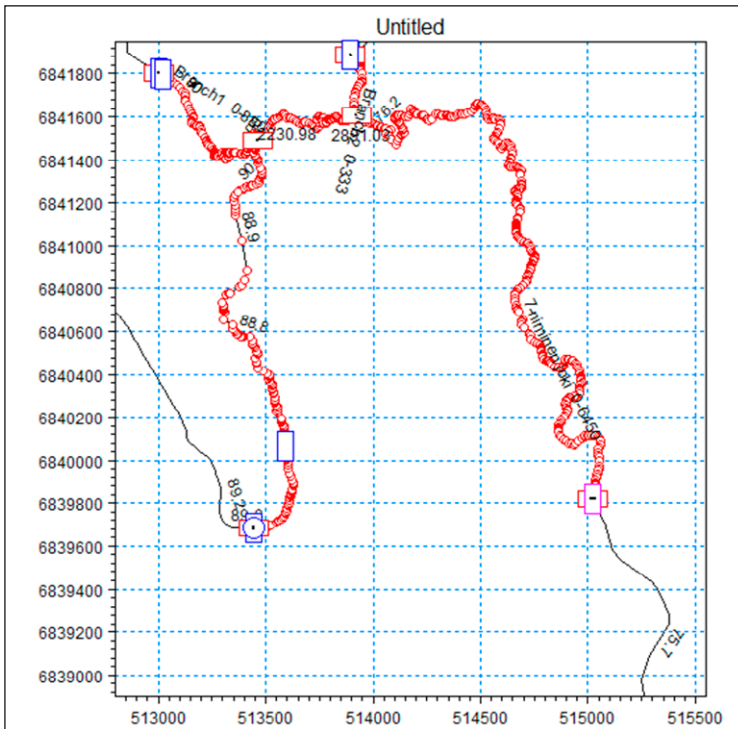
SEITSENNIMISEN JOEN VIRTAUSMALLI JA VEDENLAATU

Giovanni Chaurand-Mendez & Hannu Poutiainen

Hydrologiset mallit ovat yksinkertaistettuja kuvauksia veden kiertokulusta. Niiden avulla voidaan arvioida, ymmärtää ja ennustaa hydrologisia prosesseja. Saatuja tietoja voidaan käyttää päätöksenteossa ja ympäristöriskien hallinnassa. (Aral, 2010.) 7-nimisen joen virtausmallin luomisessa käytettiin yksidimensionaalista Mike 11 -ohjelmaa. Yksidimensionaalisessa mallissa seurataan aineiden liikkumista joen virtaus-suunnassa (kunkin ajanhetken poikkileikkaus). Myöhemmin malliin on mahdollista lisätä dataa ja kompleksisuutta osana Mamkin soveltuvia kursseja.

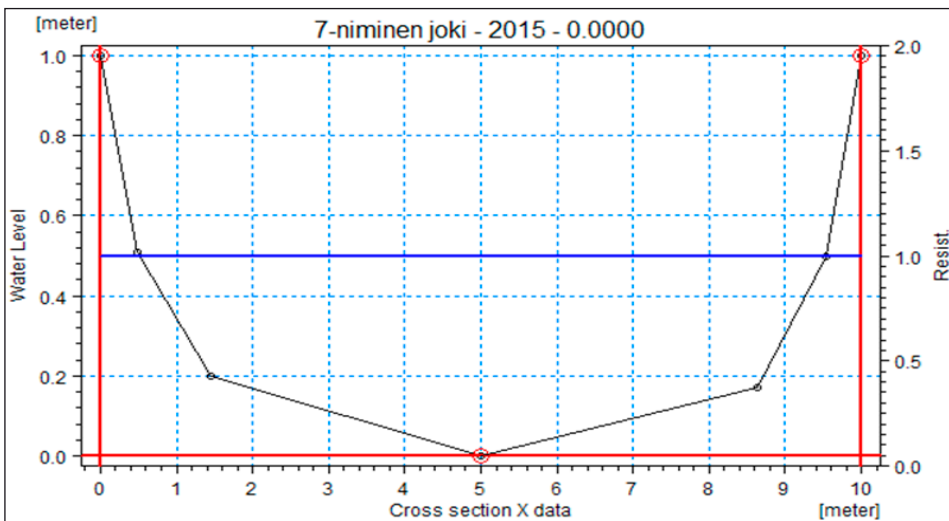
7-nimisen joen virtausmalli – virtausmallin rakentaminen

Joen pituus ja muoto saatiin Maanmittauslaitoksen vapaasti ladattavasta datasta muodostamalla (shapefile, kuva 1) ja piirtämällä muodon päälle ohjelmalla suuri määrä pisteitä, jotka kuvaavat joen kulkua koordinaatteina eri kohdissa. Projektio, jota käytettiin, oli Suomessa yleisesti käytössä oleva EUREF_FIN_TM35FIN. Kartan kuplakoordinaatteina olivat: alavasen 512888, 6338921; yläoikea 515544, 6841921. Ohjelmalla saatiin joen pituudeksi n. 6 425 metriä. Pääuoman lisäksi malliin lisättiin kaksi pienempää jokiuomaa, jotka yhtyvät 7-nimiseen jokeen. Kuvassa näkyvät suorakulmiot kuvaavat jokimallin rajapintoja, esim. oikealla alhaalla Savilahteen.



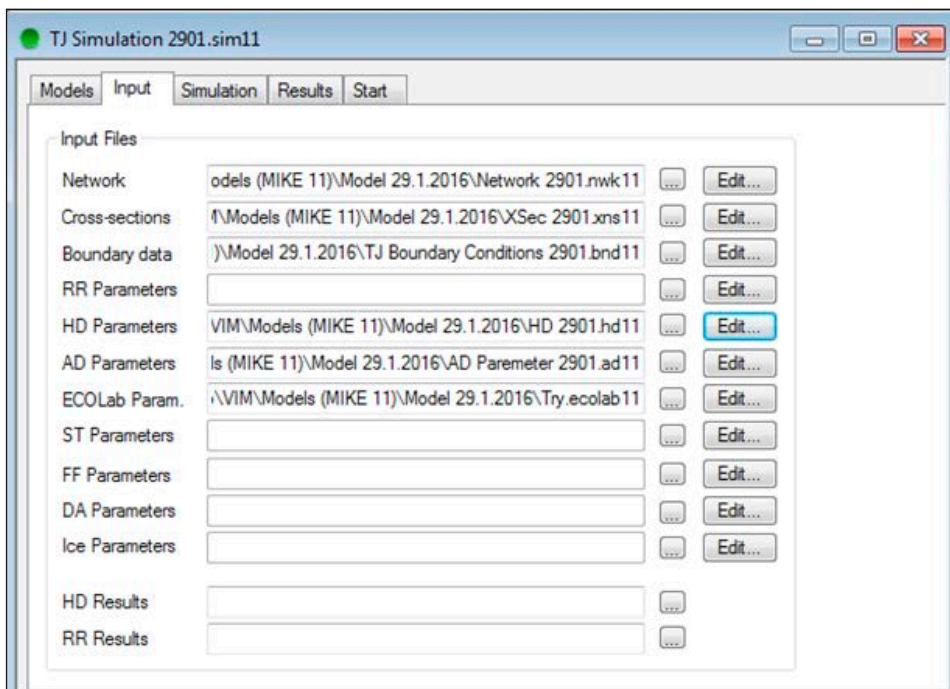
KUVA 1. 7-nimisen joen malli EUREF_FIN_TM35FIN -koordinaatistossa

Joen keskimääräinen leveys arvioitiin mittaamalla Arc-Gis-paikkatieto-ohjelmassa eri sijainneissa joko 10 metriksi (yläjuoksu, kuva 2) tai 20 metriksi (alajuoksu). Molemmista osista syvyytenä käytettiin yhtä metriä. Yhtymäjokien osalta käytettiin viiden metrin levyttä ja yhden metrin syvyyttä.



KUVA 2. 7-nimisen joen poikkileikkaustiedot, yläjuoksu

Verkoston kuvauksen (eli kuvassa 1 olevat tiedot) ja poikkileikkaustietojen (kuvassa 2 olevat tiedot) lisäksi Mike 11 tarvitsee suuren määrän parametreja ja myös mittausdataa toimiakseen. Nämä tiedot syötetään simulaatiotiedoston (esim. 11 lopputunnus) kautta (ks. kuva 3).



KUVA 3. Simulointitiedosto, johon kaikki tarvittava data on kerätty

Kuvassa 3 näkyvää Boundary data -tiedostoa muokataan verkostoeitorissa, jossa tässä tapauksessa käytetään hydrodynamista rajapintaa. Tämän tyyppinen data on syötettävä osalle mallin pisteistä, jotta se toimisi, koska juuri rajapinnat antavat mallille tiedot, joita se käsittelee ja ennustaa, miten eri ominaisuudet muuttuvat joen uomassa ajan funktiona.

Käytetty data perustui VIM-hankkeessa tehtyihin mittauksiin, mutta oli osin arvioitua – malli esim. vaati nitraattipitoisuuden syötteenä. Nämä arvioitiin määritetyn kokonaistyyppipitoisuuden pohjalta (ks. kuva 4).

	Boundary Description	Boundary Type	Branch Name	Chainage	Chainage	Gate ID	Boundary ID
1	Open	Water Level	7-niminen j	6450	0		
2	Open	Inflow	7-niminen j	0	0		
3	Open	Inflow	Branch1	0	0		
4	Open	Inflow	Branch2	0	0		
5	Point Source	Inflow	7-niminen j	500	0		
6	Point Source	Inflow	Branch1	20	0		

Include AD boundaries

	Data Type	TS Type	File / Value	TS Info	AD boundaries	K-mix
1	Water Level	TS File	TS hQ 2901.dfs0 <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="Edit"/>	h	open, transp	0

	Component Nu	Data Type	TS Type	File / Value	TS Info	Scale Factor
1	1	Undefined	TS File	TS Parameters 2901 <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="Edit"/>	DO	1
2	2	Temperature	Constant	14		1
3	3	Undefined	TS File	TS Parameters 2901 <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="Edit"/>	Nitrate	1
4	4	Undefined	TS File	TS Parameters 2901 <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="Edit"/>	Ammonia	1
5	5	Undefined	TS File	TS Parameters 2901 <input type="button" value="..."/> <input type="button" value="Edit"/>	BOD	1
6	6	Concentration	Constant	300000		1
7	7	Concentration	Constant	400000		1

KUVA 4. Rajapintaeditori, jossa näkyvät mm. tarvittavat ASCII-aikasarjat

Edellä kuvatun hydrodynaamisen mallin luonnin kautta saamme tietoomme vasta veden määrän ja korkeuden ajan funktiona eri pisteissä jokiuomassa. Rajapintaeditorilla malliin syötetään muutakin dataa, jota käytetään syötteenä Ecolab-mallille. Ecolab-moduuli käsittelee juuri esim. BOD-, DO- ja ravinnepitoisuuksia hydrodynaamisen mallin sisällä. Ecolab tarvitsee toimiakseen AD-mallin (Advection dispersion), ja lisäksi suuri määrä mallin sisäisiä parametreja on arvioitava ja asetettava oikeiksi.

Tässä käytettiin mallipohjaa WQ level 6 Template, joka sisältää kuvassa 5 näkyvät muuttujat. Paikallisten mittauspisteiden tulokset syötetään sarakkeen 'local' kautta. (Mike 11 -käyttöohje, 2014.)

Model definition						
State variables						
	Description	Transport	Type	Unit	Value	Local
1	Dissolved oxygen	Transport	Concentration_3	mg/l	10	<input type="button" value="..."/>
2	Temperature	Transport	Undefined	Degrees	15	<input type="button" value="..."/>
3	Ammonia	Transport	Concentration_3	mg/l	0	<input type="button" value="..."/>
4	Nitrate	Transport	Concentration_3	mg/l	0	<input type="button" value="..."/>
5	BOD suspended	Transport	Concentration_3	mg/l	1	<input type="button" value="..."/>
6	BOD dissolved	Transport	Concentration_3	mg/l	0	<input type="button" value="..."/>
7	BOD sediment	No transport	Mass per Unit Area	g/m ²	0	<input type="button" value="..."/>

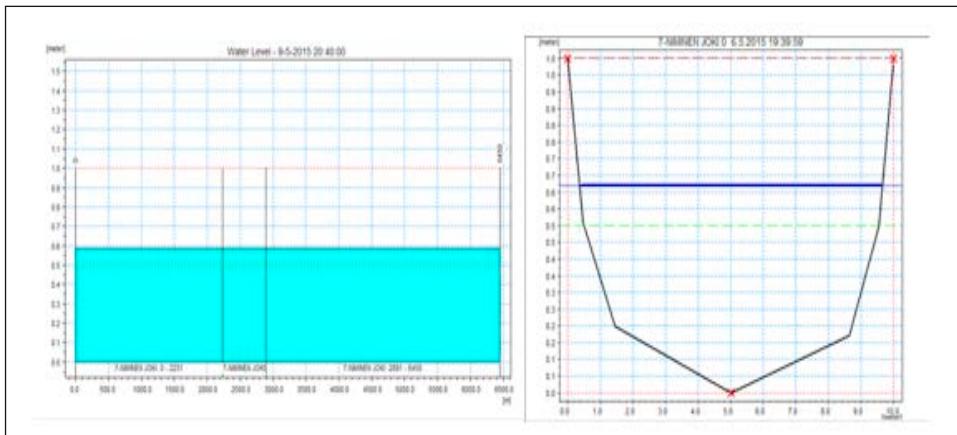
KUVA 5. Mike 11 WQ level 11 template -tiedosto

Mallin tekemisen aikana paljon ongelmia tuottanut AD-tiedosto luodaan lopuksi ja lisätään simulaatioon. Tämä tiedosto säätelee eri ainesosien käyttäytymistä/siirtymistä vesivirrassa.

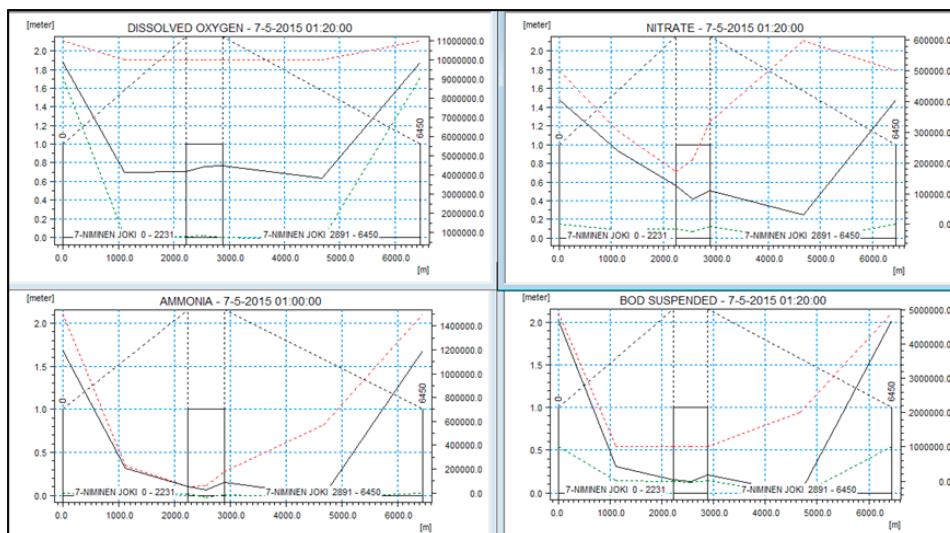
7-nimisen joen virtausmalli – mallin ajaminen ja tulokset

Mallin ajamisen jälkeen ohjelma tuottaa kaksi tiedostoa: hydrodynaamisen mallin tulostiedoston, jossa on veden korkeuden ja virtausmäärän tiedot, sekä Ecolab mallin tulostiedoston, jossa on veden laadun muuttujien tiedot. Molempia tarkastellaan erillisellä Mike View -ohjelmalla. Tällä voi myös tehdä esim. korrelaatioanalyysia datalle.

Kun tulokset ladataan, voi joen tietoja tarkastella graafisesti simuloinnin aikana (kuva 6). Vastaavasti Ecolab-mallin antamia tuloksia voi tarkastella kuvaajassa (kuva 7).



KUVA 6. Hydrodynaamisen simulaation tulokset



KUVA 7. Ecolab-simulaation tuloksia

Lukuarvoja tarkasteltaessa on hyvä todeta, että vaikka malli teknisesti toimii, sisältää se luultavasti virheitä lähtötiedoissa. Käytetyt parametrit ovat pääosin ns. default-arvoja, ja useita muuttujia, kuten valunta, sade, tuuli, auringon säteily (vaikuttaa haihduntaan) jne., ei ole huomioitu. Myös yhtymäjokien liittymien määrittelyissä voi olla puutteita.

Jatkotyössä on malli kalibroitava mittauksia vasten niin, että todellisuus ja mallin ennusteet ovat mahdollisimman yhteneviä. Joen pohjan muodot ja virtausnopeus eri kohdissa ajan funktiona tulisi tutkia, jolloin tämä perustieto mallissa olisi mahdollisimman paikkansa pitävä. Sama pätee myös satamalahden malliin, jota kuvataan jäljempänä. Maanmittauslaitos tekee paraikaa vesistökartoituksia Mikkelin seudulla, joten tarkempaa dataa on odotettavissa.

LÄHTEET

Aral, M. (2010). Environmental Modeling and Health Risk Analysis. Georgia Institute of Technology. Springer Sciences + Business Media B.V. e-ISBN: 978-90-481-8608-2

MIKE 11. Käyttöohje (2014). MIKE SHE > Documentation Index > MIKE 11 > MIKE 11 User documentation > MIKE 11 short introduction and tutorial

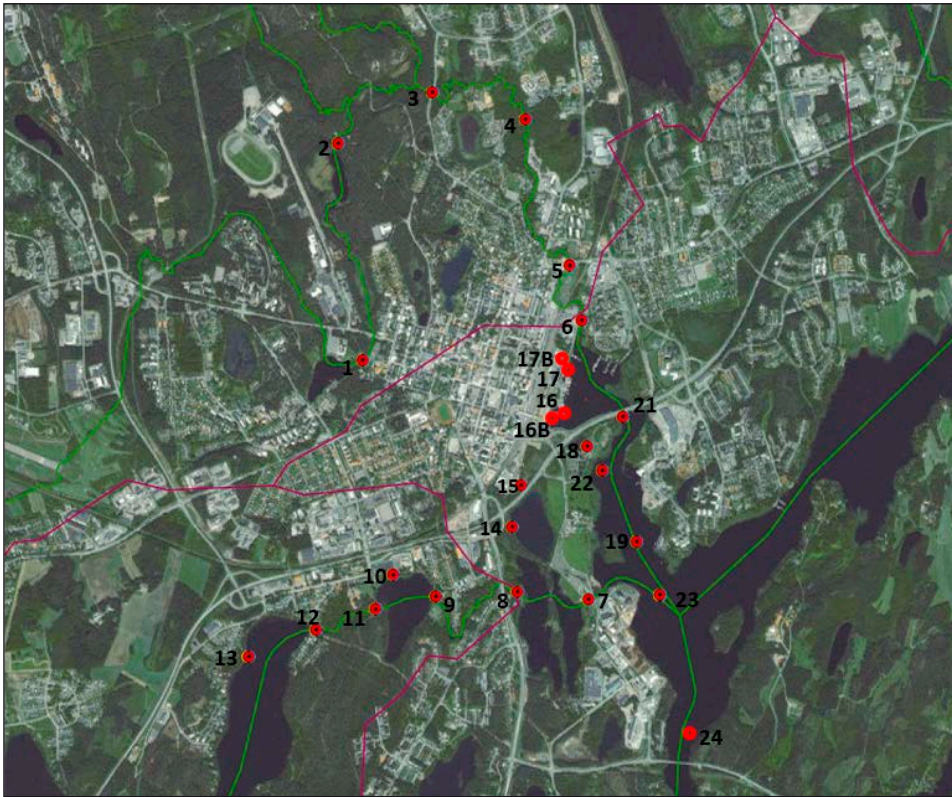
SATAMALAHDEN VIRTAUSMALLI JA VEDENLAATU

Hannu Poutiainen

Hankkeessa oli generoitu mittauksin tietoa Mikkelin vesialueilta, mm. 7-nimisestä joesta ja Mikkelin Satamalahdesta. Edellä mainittua dataa käsiteltiin nyt tilastollisesti ja tutkittiin datan välisiä riippuvuuksia. Lisäksi Mikkelin ammattikorkeakoululle oli hankittu syyskuussa 2015 edistynyt vesijärjestelmien mallintamisen ohjelma (Mike by DHI), jonka käyttöönotto ja hyödyntäminen aloitettiin hankkeessa. Hankkeen aikana tehtiin myös opinnäytetyö (Koski 2016) sekä useita kirjallisuusselvityksiä. Mallien tehokkaasta hyödyntämisestä maailmalla on paljon esimerkkejä (Poutiainen 2016) erityisesti jätevedenpuhdistuksen optimoinnissa, ja myös viemäriverkostojen kuvaukset ovat nykyisin pääosin tietokonepohjaisia. Kuitenkin laajamittainen integroitujen, useita osa-alueita sisältävien (esim. hulevesijärjestelmien ja vesistöjen) mallien kehittäminen ja niiden käyttö toimintojen optimoinnissa on vasta alussa. Haasteena on luotettaviin malleihin tarvittavan datan suuri määrä sekä se, että suurien kokonaisuuksien kuvaus mallipohjaisesti vaatii suhteessa myös paljon työtä.

Datan tilastollinen analyysi

Analyysissa oli mukana vuoden 2015 aikapisteeet keväästä syksyyn (näytteet oli otettu pääosin 30.3., 4.5., 24.8. ja 31.8.). Näytteidenottoaikat on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Näytteidenottopaikat

Datasta piirrettiin kuvaajat ja määritettiin virtaussuunnassa peräkkäisten pisteiden väliset korrelaatiot. Lisäksi määritettiin kaikkien pisteiden väliset korrelaatiot ja ristikorrelaatiot (taulukko 1). Peräkkäisten pisteiden väliset korrelaatiot määritettiin myös viivästettynä (antaa indikaation veden/aineiden liikkumisnopeudesta). Erityisesti keskityttiin kahteen virtaussuuntaan kaupunkialueella, 7-nimisen joen virtaukseen Pankalammelta (1) Savilahteen (6), sekä virtaukseen Pitkäjärveltä (13) Pursialan lahteen (07) (ks. kuva 1, numerot edellä viittaavat kuvan numeroituihin näytteenottopaikkoihin).

TAULUKKO 1. Kaikkien näytepisteiden ristikorrelaatiotaulukko. Kunkin näytepisteen kaikki aikapisteet mukana korrelaatioanalyysissä, jos sama näytempistemäärä.

1	0.9865	0.9941	0.9868	0.9738	0.9616	0.9811	0.8744	0.9816	0.8838	0.9837	0.9689	0.9742	0.9678	0.9548	0.8348	0.9381	0.7652	0.9919	0.9403	0.9620	0.9900	0.9906	0.9836	0.9906
2	0.9865	0.9823	0.9730	0.9501	0.9790	0.9673	0.8977	0.9685	0.9870	0.9684	0.9669	0.9744	0.9707	0.9414	0.8132	0.9466	0.7415	0.9886	0.9403	0.9515	0.9619	0.9661	0.9857	0.9906
3	0.9941	0.9823	0.9936	0.9794	0.9705	0.9705	0.8996	0.9765	0.9801	0.9798	0.9614	0.9676	0.9621	0.9426	0.9384	0.9181	0.9620	0.9822	0.9403	0.9515	0.9619	0.9661	0.9857	0.9906
4	0.9688	0.9730	0.9936	0.9881	0.9873	0.9795	0.8126	0.9801	0.9623	0.9884	0.9614	0.9676	0.9621	0.9426	0.9384	0.9181	0.9620	0.9822	0.9403	0.9515	0.9619	0.9661	0.9857	0.9906
5	0.9738	0.9501	0.9794	0.9881	0.9852	0.9852	0.8086	0.9852	0.9623	0.9884	0.9614	0.9676	0.9621	0.9426	0.9384	0.9181	0.9620	0.9822	0.9403	0.9515	0.9619	0.9661	0.9857	0.9906
6	0.9616	0.9790	0.9705	0.9873	0.9652	0.9729	0.7505	0.9852	0.9623	0.9884	0.9614	0.9676	0.9621	0.9426	0.9384	0.9181	0.9620	0.9822	0.9403	0.9515	0.9619	0.9661	0.9857	0.9906
7	0.9811	0.9673	0.9705	0.9795	0.9652	0.9729	0.8522	0.9852	0.9623	0.9884	0.9614	0.9676	0.9621	0.9426	0.9384	0.9181	0.9620	0.9822	0.9403	0.9515	0.9619	0.9661	0.9857	0.9906
8	0.8744	0.8977	0.8596	0.8126	0.8086	0.7505	0.8522	0.8858	0.8209	0.8943	0.9112	0.8899	0.8714	0.8714	0.8751	0.7985	0.7325	0.9816	0.8838	0.9837	0.9689	0.9742	0.9678	0.9548
9	0.9816	0.9685	0.9765	0.9601	0.9384	0.9327	0.8923	0.8958	0.9188	0.9887	0.9793	0.9079	0.8730	0.8730	0.8751	0.7985	0.7325	0.9816	0.8838	0.9837	0.9689	0.9742	0.9678	0.9548
10	0.8838	0.9870	0.9801	0.9623	0.9592	0.9327	0.8884	0.8209	0.9188	0.9887	0.9793	0.9079	0.8730	0.8730	0.8751	0.7985	0.7325	0.9816	0.8838	0.9837	0.9689	0.9742	0.9678	0.9548
11	0.9837	0.9684	0.9798	0.9614	0.9384	0.9314	0.9784	0.8943	0.9887	0.9793	0.9079	0.8730	0.8730	0.8730	0.8751	0.7985	0.7325	0.9816	0.8838	0.9837	0.9689	0.9742	0.9678	0.9548
12	0.9689	0.9689	0.9621	0.9426	0.9384	0.9181	0.9620	0.9112	0.9793	0.9790	0.9790	0.9728	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675
13	0.9742	0.9744	0.9621	0.9578	0.9384	0.9421	0.9737	0.8899	0.9079	0.9790	0.9790	0.9728	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675	0.9675
14	0.9678	0.9707	0.9676	0.9343	0.9384	0.9527	0.9778	0.9874	0.9879	0.9867	0.9845	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977	0.9977
15	0.9548	0.9414	0.9377	0.9579	0.9502	0.9468	0.7127	0.5721	0.6751	0.6595	0.6501	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676	0.6676
16	0.8348	0.8132	0.8422	0.8973	0.9159	0.9512	0.8794	0.5186	0.7865	0.7092	0.7835	0.8419	0.9530	0.8755	0.8755	0.8755	0.8755	0.8755	0.8755	0.8755	0.8755	0.8755	0.8755	0.8755
17	0.9381	0.9466	0.9625	0.9851	0.9911	0.9982	0.9714	0.7325	0.9336	0.8245	0.9319	0.9247	0.9429	0.9456	0.9478	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982	0.9982
18	0.7652	0.7415	0.7631	0.8214	0.8313	0.8630	0.7677	0.4291	0.7351	0.6922	0.6922	0.7409	0.8319	0.7258	0.3250	0.8549	0.8549	0.8549	0.8549	0.8549	0.8549	0.8549	0.8549	0.8549
19	0.9919	0.9886	0.9861	0.9840	0.9822	0.9680	0.9854	0.8693	0.9762	0.8724	0.9747	0.9702	0.9856	0.9770	0.7414	0.9893	0.9687	0.9820	0.9820	0.9820	0.9820	0.9820	0.9820	0.9820
21	0.9403	0.9273	0.9434	0.9721	0.9820	0.9948	0.9596	0.7020	0.9127	0.8221	0.9080	0.9401	0.9502	0.9628	0.7567	0.9987	0.9957	0.8848	0.9673	0.9673	0.9673	0.9673	0.9673	0.9673
22	0.9620	0.9515	0.9619	0.9828	0.9893	0.9952	0.9707	0.7492	0.9314	0.8323	0.9263	0.9196	0.9464	0.9686	0.7851	0.9961	0.9958	0.8669	0.9857	0.9742	0.9742	0.9742	0.9742	0.9742
23	0.9900	0.9860	0.9795	0.9779	0.9606	0.9873	0.8866	0.9484	0.8877	0.9836	0.9808	0.9904	0.9845	0.7123	0.9875	0.9614	0.7579	0.9978	0.9491	0.9661	0.9661	0.9661	0.9661	0.9661
24	0.9906	0.9836	0.9740	0.9708	0.9507	0.9838	0.8986	0.9687	0.8910	0.9853	0.9829	0.9909	0.9874	0.7092	0.9854	0.9511	0.7449	0.9954	0.9386	0.9661	0.9661	0.9661	0.9661	0.9661

Kun korrelaatiokerroin on kahden muuttujan välillä $>0,7$, on lineaarinen riippuvuus voimakasta, välillä $0,3 < |r| < 0,7$ kohtalaista ja korrelaatiokertoimen ollessa $< 0,3$ on lineaarinen riippuvuus heikkoa.

Molemmissa virtausuomissa peräkkäisten pisteiden väliset korrelaatiot olivat yli 0,82 (matalin arvo, Rokkalanjoki–Savilahti). Veden laatu (kiintoaine) korreloi virtausuunnan kanssa. Virtausuunnassa otettujen näytteiden avulla haarukoitiin 7-nimisen joen viipymää – tässä ei saavutettu yksiselitteistä tulosta. Kaikkien mitattujen arvojen ristikorrelaatiot, kun analyysiin sisällytetään kunkin aikapisteen kaikki muuttujat, on esitetty taulukossa 1. Yleisesti lineaarinen riippuvuus on voimakasta maantieteellisesti perättäisten pisteiden välillä. Eristetyimmässä kohdissa (purkuvedet Veturitallin lahti, puhdistamo) korrelaatiota ei ole.

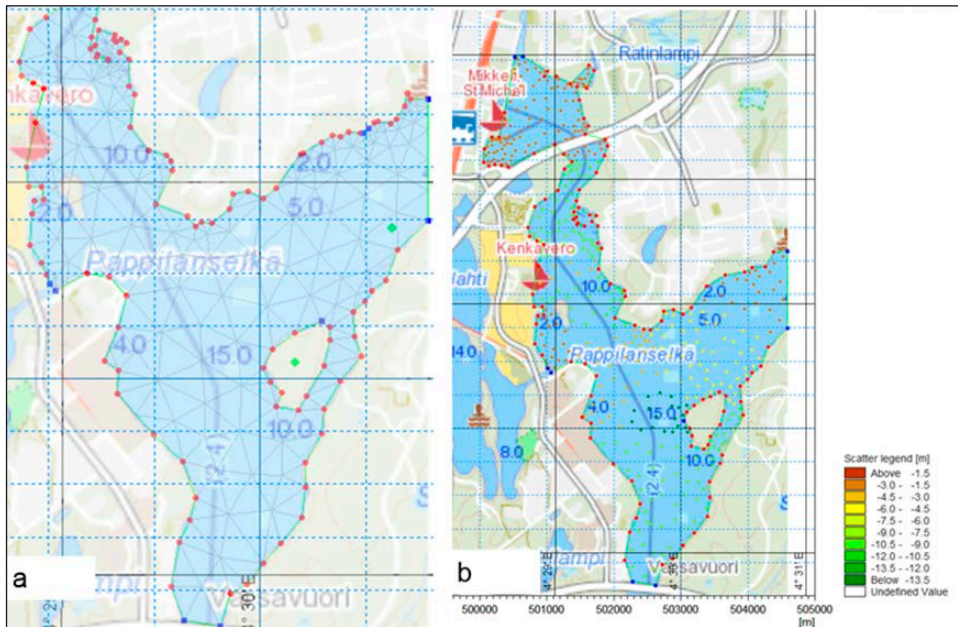
Muuttujakohtaisessa analyysissä kiintoaineen korrelaatio muihin arvoihin on heikkoa. Se jää mahdollisesti jokiuomien painaumiin ja esim. 7-nimisen joen kohdalla kulkeutuu hitaammin Satamalahteen.

Satamalahden virtausmallin rakentaminen

Mike by DHI -mallinnusohjelmisto hankittiin Mikkelin ammattikorkeakoululle syyskuussa 2015 Mamkin sisäisen koulutuksen ja pedagogiikan kehittämishankkeen rahoituksella. Ympäristötekniikan laitoksen osahanke oli nimeltään Digitaaliset mobiili- ja verkkoratkaisut ympäristöteknologiaopetuksen pedagogiikassa. Ohjelmistoa oli koekäytetty jo aiemmin, mutta hankinnan yhteydessä saatiin lisenssit ohjelmien hyödyntämiseen täydessä laajuudessa ja ohjelmistoihin liittyvät käyttöohjekirjat.

Kuten jo aiemmassa selvityksessä on todettu (Poutiainen 2015), luodaan järven tai muun vastaavan laajemman vesistön malli Mike 21 -ohjelmamoduulilla. Malli luotiin käytössä olevalla datalla, johon sisältyi sekä omien hankkeen aikana tehtyjen mittausten tuloksia että muualla generoitua dataa. Niiltä osin, kun tietoja ei ollut käytettävissä, turvaututtiin ohjelman standardiarvoihin (parametrit) tai arvioitiin muuttujien taso muuten.

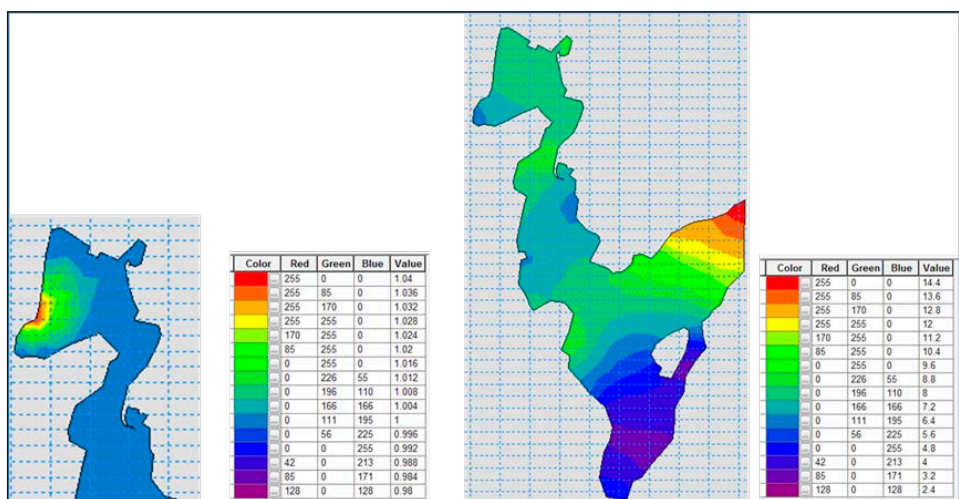
Malli koostuu yleensä eri kerroksista, joista keskeisimmät ovat maantieteellinen paikka- ja syvyyskartta sekä hydrodynaaminen osa, joka kertoo esim. pistelähteiden tuoman virtaaman ja vesistöön tulevan uuden veden ominaisuudet. Pohjakarttana käytettiin tässä Fonectan kautta liikenneviraston veneilykarttoja (Fonecta 2016), joista saatiin ruutukaappauksella kuva, josta ilmeni rantaviiva ja vesistön syvyyskäyrät. Malli rakennettiin em. kuvan päälle Mike 21 -ohjelmistolla, piirtämällä rantaviivat (ja erottamalla saaret) ja syöttämällä syvyystiedot satunnaisiin pisteisiin vesistön syvyyskäyrien perusteella. Toinen vaihtoehto on jakaa koko vesialue ohjelman avulla automaattisesti kolmikulmioiksi ja syöttää sitten kullekin kolmikulmion keskipisteelle syvyystieto (ks. kuva 2).



KUVA 2. Kaksi tapaa syöttää syvyystieto Mike 21 -ohjelmaan. Kuva a polygonin avulla, kuva b syöttämällä syvyyspisteet.

7-nimisen joen virtausarvona Satamalahteen käytettiin 0,5 m/s. Satamalahteen tulee hulevesiä kahdesta purkupuutkesta, joiden virtaukset ja veden ominaisuudet arvioitiin, ja näin mallilla voidaan seurata purun aiheuttamia muutoksia vesialueella. Molempien purkujen ominaisuudet olivat (arvio) 5 m³/s, BOD 5 mg/l (näytedatan perusteella), DO 10 mg/l (näytedatan perusteella), FC (Fekaaliset koliformit) 0 ja TC (kokonaiskoliformit) 0. Muiden sisään tulevien virtojen BOD-arvona käytettiin 1 mg/l ja DO-arvona myös 10 mg/l. Käytetyt muut virtaustiedot olivat: Pitkäjärvi 0,28 m³/s, Visulahti 0,673 m³/s ja Kirkonvarkaus 2,1 m³/s. (Palomäki 2013.)

Ohjelmilla voidaan simuloida muuttujien tilaa ajan funktiona mallinnetun alueen eri sijainneissa. Tiedot on visualisoitu eri väreillä, mutta tallentuvat myös numeroina ohjelman tulostiedostoon. Kuvassa 3 on esitetty pinnankorkeuden vaihtelu, johon vaikuttavat alueelle sisään tulevat ja siltä lähtevät virtaukset (myös sadanta ja haihdunta, johon taas vaikuttaa auringon säteily ja joita ei tässä huomioitu), sekä BOD-taso, johon vaikuttavat hulevesipistelähteet. Saatavien tietojen määrä ja tarkkuus riippuvat lähtötiedoista.



KUVA 3. a) BOD-kuorma pistelähteistä ja b) Pinnankorkeuden vaihtelu (yksi-
köt BOD mg/l ja pinnankorkeus m, muut sarakkeet värien RPG-arvoja)

Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että mallinnus on hyvä ja tehokas työkalu vesistön virstauksien ja veden ominaisuuksien seurantaan ja tähän liittyvään riskienhallintaan. Mike by DHI -mallia, jossa Satalalahden aluetta on kuvattu, käytetään ja kehitetään edelleen osana Mamkin ympäristötekniikan koulutuksen soveltuvia kursseja. Visiona on saada aikaan jatkumo, jossa eri projekteissa tapahtuva lisädatan hankinta aina parantaa mallin oikeellisuutta.

LÄHTEET

Fonecta 2016. <https://www.fonecta.fi/kartat/mikkeli#/kartat/mikkeli?lon=27.285854529012134&lat=61.679397108508326&z=16&l=NAU> Vierailtu 24.05.2016

Koski, Jouni 2016. HULEVESIEN MALLINTAMISEN TARVE MIKKELIN ALUEELLA-VIM-hanke. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Palomäki, Arja, Kuhmonen, Irene 2013. Mikkelin alapuolisen Saimaan kuormitus-selvitys. Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus

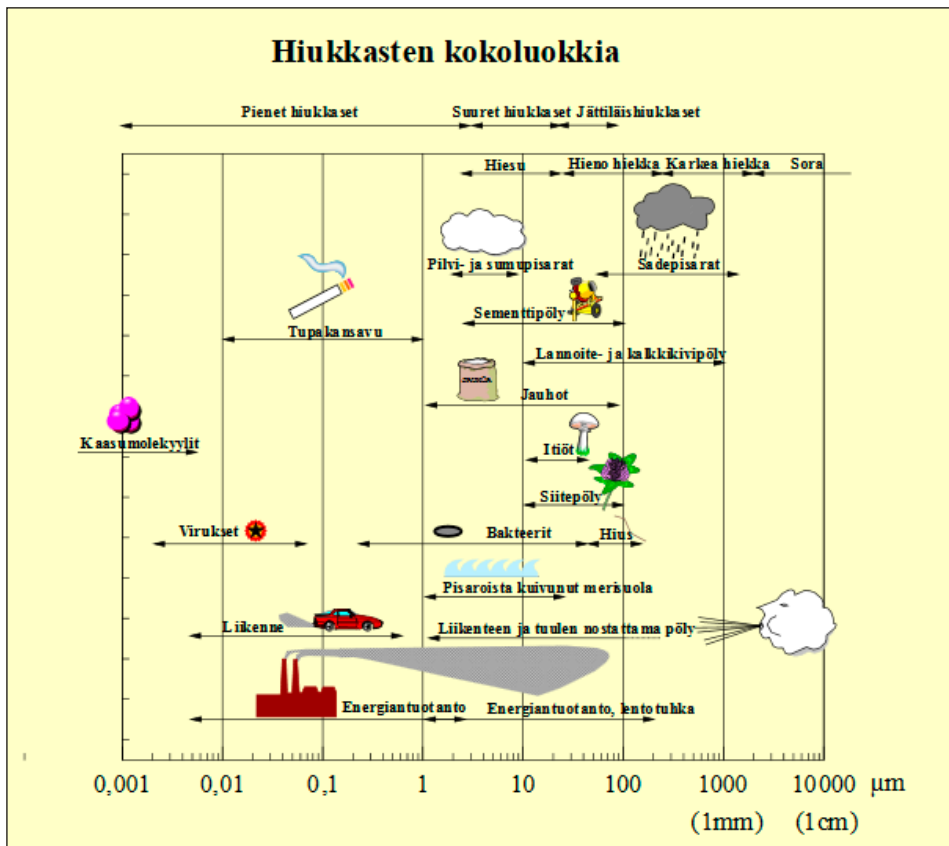
Poutiainen, H. 2015. Uudet mallinnusohjelmistot vesijärjestelmien tutkimuksessa – hulevedet hallintaan. Materiaalit ja ympäristöturvallisuus Soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä Vuosijulkaisu 2015. Soininen ja Dufva (toim.). 125-132. Mikkelin ammattikorkeakoulu 2015

LIIKENTEEN AIHEUTTAMAT MELU- JA ILMAPÄÄSTÖT

Tuija Ranta-Korhonen

Liikenne aiheuttaa sekä melupäästöjä että huonontaa taajamien ilmanlaatua. Valtioneuvoston antamien meluohjeavojen mukaan melun A-painotettu keskiäänitaso LA_{eq} ei saa olla hoito- ja oppilaitoksia palvelevilla alueilla päiväsaikaan (klo 7–22) yli 55 dB, eikä yöaikaan (klo 22–7) yli 50 dB. Sisätiloihin kantautuvan melun voimakkuus ei saa päivällä ylittää 35 dB, eikä se yöllä saa olla yli 30 dB. (VNp 993/1992.) Meluohjeavot otetaan huomioon maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä ympäristölupamenettelyssä. Esimerkiksi tiehallinto pyrkii siihen, etteivät ohjeavot uusia teitä toteutettaessa ylity. On kuitenkin arvioitu, että noin 20 % suomalaisista altistuu päivittäin ohjeavot ylittävälle melutasoille. (Tiehallinto 2006, 3.) Tieliikenteen aiheuttamaan melutasoon vaikuttavat muun muassa ajoneuvojen nopeus, liikennemäärä, raskaiden ajoneuvojen osuus sekä autojen renkaat (nasta-/kesärenkaat) ja ajoradan päällysteen karkeus (Tiehallinto 2006, 4).

Ulkoilman hiukkaset, etenkin pienhiukkaset, ovat länsimaissa yksi merkittävin väestön terveyteen vaikuttava tekijä. Taajamissa hiukkaset ovat pääosin peräisin liikenteen ja tuulen nostamasta katupölystä (ns. epäsuora päästö) sekä ajoneuvojen pakokaasuista (ns. suora päästö). Suuret hiukkaset (pöly) vaikuttavat eniten viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista, pienhiukkaset ($PM_{2,5}$) puolestaan ovat terveydelle vaarallisia, sillä ne pystyvät tunkeutumaan hengitysilman mukana verenkiertoon keuhkojen keuhkorakkuloiden kautta. Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät yleensä taajamien keskustoissa. Pitoisuudet ovat korkeimmillaan maaliskuuhun ennen hiekoitussepin poistoa ja autojen kesärenkaiden vaihtoa. Liikenteen aiheuttamien päästöjen vahingollisuutta korostaa niiden matala päästökorkeus. (Salmi ym. 2014, 6.) Pahin altistus on juuri jalankulkijoiden hengityskorkeudella. Kuvassa 1 on esitetty eri hiukkaskokoluokkien lähteet.



KUVA 1. Hiukkasten läpimitta ja niiden lähteet (Salmi ym. 2014, 7)

Suomessa suurimpien kaupunkien keskustoissa on monena vuonna mitattu hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksien vuosikeskiarvoja, jotka ovat olleet yli 25 μg/m³. Pienempien taajamien keskusta-alueilla pitoisuuksien vuosikeskiarvo voi olla yli 20 μg/m³. Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudelle määritetty raja-arvo on 40 μg/m³. Tätä arvoa ei Suomessa ole toistaiseksi ylitetty. Pienhiukkasten vuosikeskiarvolle (PM_{2,5}) on määritetty raja-arvo 25 μg/m³. Raja-arvo ei toistaiseksi ole ylittynyt Suomessa. Korkeimpia pienhiukkaspitoisuuksia on mitattu Helsingin keskustassa vilkkaasti liikennöidyillä alueilla. Siellä vuosikeskiarvot ovat korkeimmillaan.

VIM-hankkeessa tehdyt melumittaukset

VIM-hankkeessa mitattiin liikenteen aiheuttamaa melua kahdessa kohteessa: Urpolan koululla opettajien parkkialueen kulmassa (kuva 2) sekä päiväkotit Vilttihatun piha-alueen läheisyydessä (kuva 3). Mittaukset molemmissa paikoissa suoritettiin kahdesti, helmikuun alussa 4.2.2016, sekä touko-kesäkuun vaihteessa (Urpolan koulu 31.5., päiväkotit Vilttihattu 2.6.). Päiväkotit Vilttihatun läheisyydessä helmikuun

mittaus suoritettiin Sammonkadun ja Nuijamiestenkadun kulmassa ja kesäkuun mitaus puolestaan päiväkodin piha-aluetta ympäröivän aidan välittömässä läheisyydessä.

Liikennemelua mitattaessa suoritetaan samalla liikennelaskentaa, jonka aikana merkitään muistiin mittauspaikan ohittaneiden ajoneuvojen määrä ja jaottelu henkilöautoihin ja raskaaseen liikenteeseen. Laskettuja liikennemääriä verrataan tien/kadun tyypillisiin määriin, ja saadun kertoimen avulla muunnetaan mitattu melutaso tyypilliseksi melutasoksi. Mittauspisteiden ohittavat tyypilliset liikennemäärät saatiin Mikkelin kaupungin suorittaman liikennelaskennan tuloksista ja valtatie 5 osalta tiedot saatiin Liikenneviraston tilastoista vuodelta 2014. Mikkelin kaupunki oli tehnyt liikennelaskentaa Sammonkadulla vuonna 2013 ja Rinnekadulla vuonna 2015.



KUVA 2 ja 3. Mittauspisteet Urpolan koululla ja päiväkotiviitteen vieressä (Fonecta 2016)

Melumittaukset – Urpolan koulu

Mittaukset Urpolan koulun opettajien pysäköintialueella suoritettiin koulupäivän aikana. Helmikuussa mitattiin kolme 10 minuutin pituista mittausjaksoa ja toukokuun lopussa kolme 15 minuutin pituista jaksoa. Helmikuussa tehtyjen mittausten tulokset valtatie 5 osalta on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Urpolan koulun mittaustulokset 4.2.2016 valtatie 5 osalta (ajoneuvoa tunnissa)

4.2.2016	Klo	henkilö-autot	raskas liikenne	Laskettu n_{e1}	keskimääräinen n_{e2}	L_{Aeq1} mitattu dB
1. mittaus	14.26	113	8	593	861	57,6
2. mittaus	14.37	144	12	864	861	58,1
3. mittaus	14.49	168	19	1308	861	58,5

Vuonna 2014 tehdyn laskennan mukaan mittauspisteen ohittava liikennemäärä valtatiellä 5 on 14 350 ajoneuvoa vuorokaudessa. Saatua melumittaustulosta tyypilliseksi melutasoksi muunnettaessa on oletettu, että kyseisestä liikennemäärästä 90 % ohittaa mittauspisteen klo 7–22 välisenä aikana. Tällöin ajoneuvomäärän vertailuluvuksi on saatu 861 ajoneuvoa tunnissa. Rinnekadun liikennemäärä on vuonna 2015 tehdyn mittauksen mukaan 7 400 ajoneuvoa vuorokaudessa. Myös Rinnekadun melumittaustuloksia muunnettaessa on oletettu, että tästä ajoneuvomäärästä 90 % ohittaa mittauspisteen klo 7–22 välisenä aikana. Tällöin vertailuluvuksi on saatu 444 ajoneuvoa tunnissa. Rinnekadun mittaustulokset on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Urpolan koulun mittaustulokset 4.2.2016 Rinnekadun osalta (ajoneuvoa tunnissa)

4.2.2016	klo	henkilö-autot	raskas liikenne	laskettu n_{e1}	keskimääräinen n_{e2}	L_{Aeq1} mitattu dB	L_{Aeq2} laskettu dB
1. mittaus	14.26	113	3	293	444	57,6	59,4
2. mittaus	14.37	103	3	283	444	58,1	60,1
3. mittaus	14.49	107	7	527	444	58,5	57,8

Toukokuussa 2016 toistettujen mittausten tulokset valtatie 5 osalta on esitetty taulukossa 3. Laskettujen liikennemäärien muuttamisessa tyypillisiksi liikennemääriksi käytettiin hyväksi samoja oletamia kuin helmikuussa tehtyjen melumittausten yhteydessä.

TAULUKKO 3. Urpolan koulun mittaustulokset 31.5.2016 valtatie 5 osalta (ajoneuvoa tunnissa)

31.5.2016	Klo	henkilö-autot	raskas liikenne	laskettu n_{e1}	keskimääräinen n_{e2}	L_{Aeq1} mitattu dB	L_{Aeq2} laskettu dB
1. mittaus	9.56	186	33	2166	861	60,5	56,5
2. mittaus	10.13	195	40	2595	861	59,7	54,9
3. mittaus	10.32	190	37	2410	861	60,9	56,4

Myös Rinnekadun osalta liikennelaskenta toistettiin, ja saatuja tuloksia verrattiin vuonna 2015 suoritettujen laskennan tuloksiin. Rinnekadun tulokset on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Urpolan koulun mittaustulokset 31.5.2016 Rinnekadun osalta

31.5.2016	klo	henkilö-autot	raskas liikenne	laskettu n_{e1}	keskimääräinen n_{e2}	L_{Aeq1} mitattu dB	L_{Aeq2} laskettu dB
1. mittaus	9.56	136	3	316	444	60,5	62,0
2. mittaus	10.13	127	2	247	444	59,7	62,2
3. mittaus	10.32	159	2	279	444	60,9	62,9

Helmikuussa tehtyjen melumittausten aikaan maassa oli lunta noin 30 cm, mikä luultavasti vaimensi äänitasoja. Toisaalta valtatie 5 saneerauksen yhteydessä tehty melusuojaus oli vielä kesken, mikä luonnollisesti nosti mitattuja melutasoja. Toukokuun lopussa tehtyjen mittausten aikana vallitsi normaali kesäsa. Tässä vaiheessa valtatie 5 melusuojaukset olivat pääosin valmiit, tosin osasta meluaitoja puuttui meluidan harjalle tuleva lasilevy. Valtatie 5 ja Rinnekadun aiheuttamaa melua ei voida erottaa toisistaan. Mittaustulosten ja liikennelaskennan perusteella saadut melutasot olivat helmikuun mittauksissa 56,7–60,06 dB ja toukokuun mittauksissa 54,9–62,92 dB.

Valtioneuvoston vuonna 1992 antamien ympäristömelun ohjearvojen mukaan oppilaitoksia palvelevilla alueilla melutaso ei päiväsaikaan klo 7–22 saa ylittää tasoa 55 dB. Mittausten tuloksena voidaan todeta, että Urpolan koulun alueella ohjearvo ylittyi molempina mittauskertoina. Tässä yhteydessä on kuitenkin todettava, etteivät koululaiset käytä opettajien parkkipaikkaa, vaan esimerkiksi koulun välitunteina käytetty piha-alue sijaitsee koulurakennuksen toisella puolella, jolloin voidaan olettaa, että melutasot piha-alueella jäävät huomattavasti mitattuja ja laskettuja tasoa alemmiksi.

Melumittaustulokset – päiväkotit Vilttihaattu

Myös päiväkotit Vilttihaatun läheisyydessä tehtiin melumittauksia kahtena eri kertana. Helmikuun alussa 4.2.2016 tehdyissä mittauksissa melumittari oli asetettu Sammonkadun ja Nuijamiestenkadun kulmaan, jolloin etäisyys päiväkotit Vilttihaatun piha-alueesta oli noin 50 metriä. Mittauskerralla mitattiin kaksi 15 min pituista mittausjaksoa. Mittausten aikana laskettiin mittauspisteen ohittaneiden ajoneuvojen lukumäärät. Mittausten tulokset on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Päiväkotit Vilttihaatun mittaustulokset 4.2.2016 Sammonkadulla (ajoneuvoa tunnissa)

4.2.2016	Klo	henkilöautot	raskas liikenne	laskettu n_{e1}	keskimääräinen n_{e2}	L_{Aeq1} mitattu dB	L_{Aeq2} laskettu dB
1. mittaus	13.55	129	2	209	288	64,1	65,5
2. mittaus	14.13	114	2	194	288	64,2	65,9

Sammonkadulla vuonna 2013 tehdyn liikennelaskennan mukaan mittauspisteen ohittaa vuorokauden aikana 4 800 ajoneuvoa. Saatua melumittaustulosta tyypilliseksi melutasoksi muunnettaessa on oletettu, että kyseisestä liikennemäärästä 90 % ohittaa mittauspisteen klo 7–22 välisenä aikana. Tällöin ajoneuvomäärän vertailuvuoksi on saatu 288 ajoneuvoa tunnissa. Kesäkuun alussa 2.6.2016 suoritetuissa mittauksissa siirrettiin mittauspisteen paikkaa päiväkotit Vilttihaatun piha-alueen välittömään läheisyyteen. Uudesta mittauspisteestä saadut mittaustulokset kuvastavat paremmin Vilttihaatun piha-alueelle kantautuvan melun tasoa. Kesäkuun mittaustulokset on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Päiväkotit Vilttihaatun mittaustulokset 2.6.2016 Sammonkadulla (ajoneuvoa tunnissa)

31.5.2016	Klo	henkilöautot	raskas liikenne	laskettu n_{e1}	keskimääräinen n_{e2}	L_{Aeq1} mitattu dB	L_{Aeq2} laskettu dB
1. mittaus	13.29	114	1	154	288	52,2	54,9
2. mittaus	13.47	90	0	90	288	54,3	59,4

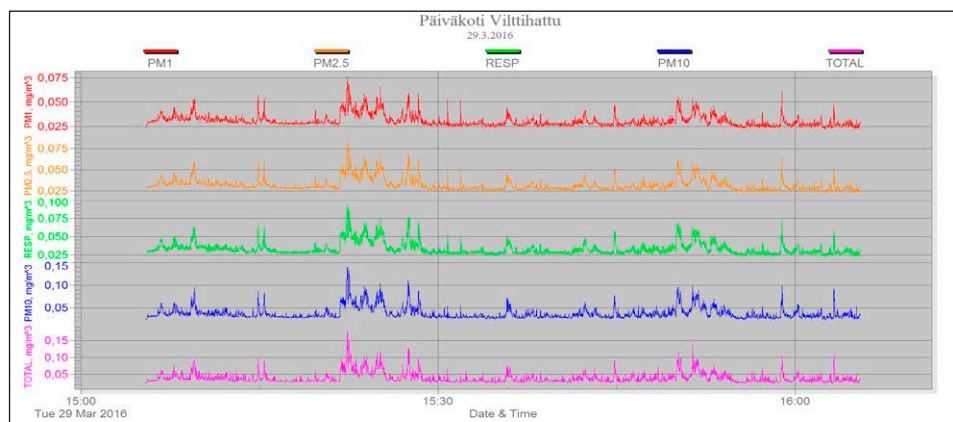
Valtioneuvoston vuonna 1992 antamien ympäristömelun ohjeurvojen mukaan oppilaitoksia tai muita vastaavia laitoksia palvelevilla alueilla melutaso ei päiväsaikaan klo 7–22 saa ylittää tasoa 55 dB. Mittausten tuloksena voidaan todeta, että ainakin mittauspisteessä Nuijamiestenkadun ja Sammonkadun risteyksessä ohjeurvo ylittyy. Mittausajankohtana maa oli lumen peitossa (lumensyvyys noin 30 cm). Todennäköisesti paljaan maan aikana melutasot ovat huomattavasti korkeammat. Päiväkodin

pihamaan aita sijaitsee kuitenkin mittauspisteestä noin 50 metrin etäisyydellä. Luultavasti melutasot piha-alueella jäävät huomattavasti alemmiksi etäisyysvaimennuksen vaikutuksesta.

Kesäkuussa tehtyjen mittausten perusteella voidaan todeta, että ensimmäisen mittauksen aikana mittauspisteessä päiväkotit Vilttihatun piha-alueen aidan vieressä ohjearvo ei ylity. Toisen mittauksen aikana ohjearvo ylittyy kuitenkin selvästi. Melumittarin tulosraportin perusteella ylitys painottuu kuitenkin mittausjakson loppupäähän, jolloin Sammonkadulla kulki kovaaääninen mönkijä sekä mm. peräkärry täynnä metalliromua.

VIM-hankkeessa tehdyt ilmanlaatumittaukset

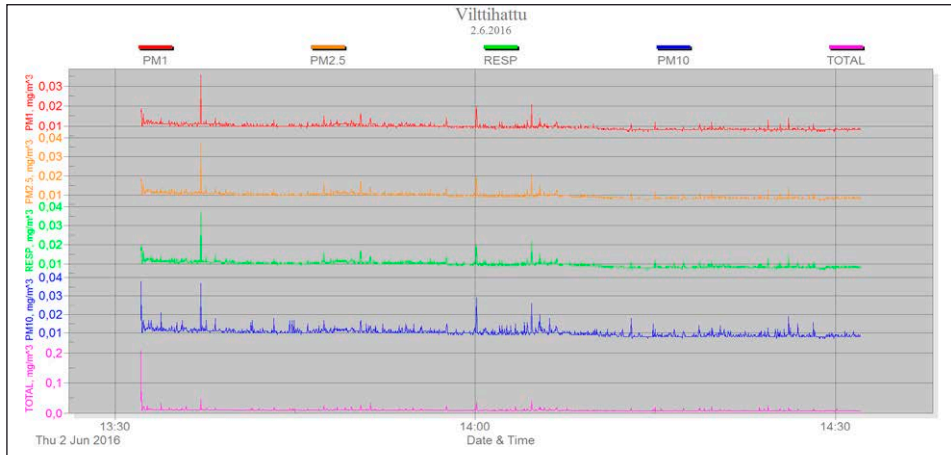
VIM-hankkeessa mitattiin myös liikenteen vaikutusta ilman hiukkaspitoisuuteen. Mittaukset suoritettiin Dustrak 8533 -hiukkasmittarilla, joka mittaa hiukkasia viidessä eri kokoluokassa samanaikaisesti. Mitattavat hiukkasfraktiot ovat PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 , PM_{10} (hengitettävät hiukkaset) ja PM_{15} (kokonaispöly). Mittaukset suoritettiin samoissa mittauspisteissä kuin melumittauksetkin, eli Urpolan koulun opettajien pysäköintialueen kulmassa ja päiväkotit Vilttihatun piha-alueen läheisyydessä. Päiväkotit Vilttihatun piha-alueen läheisyydessä tehtiin mittauksia kolmeen otteeseen 14.3., 29.3. ja 2.6.2016. Mittausten tulokset mittauskerroilta 29.3. ja 2.6. on esitetty kuvissa 4 ja 5.



KUVA 4. Päiväkotit Vilttihatun piha-alueen läheisyydessä mitatut hiukkaspitoisuudet 29.3.2016

Kuvan 4 perusteella voidaan havaita, että ilman hiukkaspitoisuudet ovat olleet ajoittain korkeita, sillä esimerkiksi kokoluokan PM_1 korkeimmat pitoisuudet ovat olleet noin $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Piikit ovat kuitenkin olleet hyvin hetkellisiä, eikä niiden perusteella voida tehdä johtopäätöksiä ilman hiukkaspitoisuuksista pitemmällä aikavälillä. Ko-

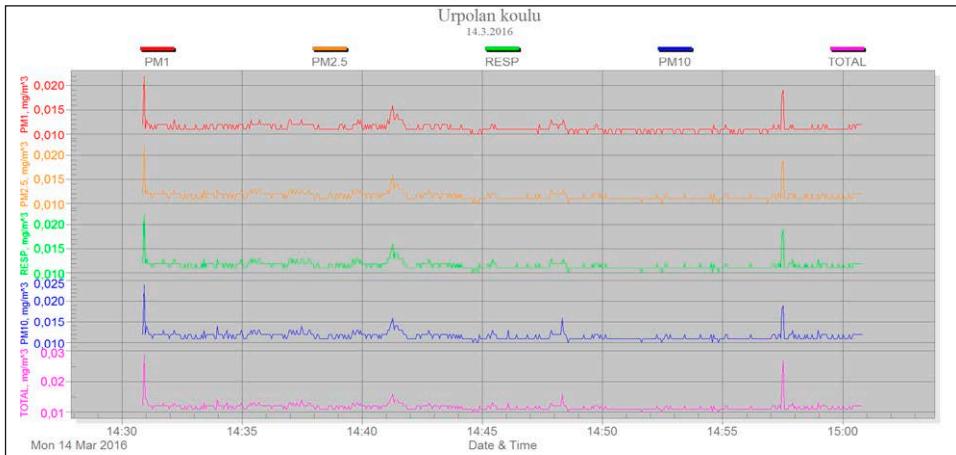
koluokan PM_{10} hiukkaset ovat kuitenkin tyypillisesti peräisin liikenteestä. Maaliskuussa ilmanlaatu saattaa kaupungeissa olla monesti huono johtuen hiekoitussepeleistä ja autojen nastarenkaiden asfaltista aikaansaamasta pölystä. Lisäksi maaliskuussa lämmityskausi on vielä käynnissä, jolloin ilmassa on myös energiantuotannon aiheuttamia hiukkasia. Oman lisänsä hiukkaspitoisuuteen tuo kaukokulkeutumana tuleva siitepöly.



KUVA 5. Päiväkoti Vilttihattuun piha-alueen läheisyydessä mitatut hiukkaspitoisuudet 2.6.2016

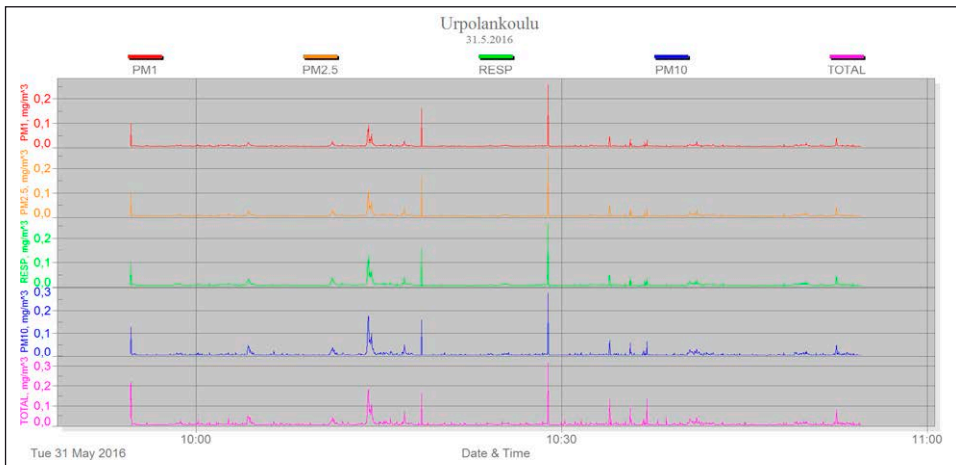
Kesäkuussa tehdyn mittauksen aikana ilman pienhiukkaspitoisuudet ovat olleet huomattavasti alemmat. Esimerkiksi hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) osalta korkein pitoisuus on ollut noin $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ja kaiken kaikkiaan hiukkaspitoisuudet kaikissa kokoluokissa ovat olleet hieman päälle $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tämäkin mittaus tulokset kertoo pelkästään mittaushetken tilanteen, eikä sen perusteella voida tehdä pidemmälle meneviä johtopäätöksiä.

Myös Urpolan koululla mitattiin ilman hiukkaspitoisuutta kolmesti. Ensimmäiset mittaukset suoritettiin 14.3., toiset mittaukset 5.4. ja viimeiset mittaukset 31.5.2016. Kuvissa 6 ja 7 on esitetty 14.3. ja 31.5. tehtyjen mittausten tulokset.



KUVA 6. Urpolan koulun läheisyydessä mitatut hiukkaspitoisuudet 14.3.2016

Kuvan 6 perusteella voidaan havaita, että hiukkaspitoisuuksissa on 14.3.2016 tehtyjen mittausten aikana ollut ajoittain piikkejä – esimerkiksi hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuudet ovat korkeimmillaan olleet noin $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuudet ovat kuitenkin enimmäkseen olleet hyvin matalia, sillä kaikissa kokoluokissa niiden taso on ollut hieman päälle $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



KUVA 7. Urpolan koulun läheisyydessä mitatut hiukkaspitoisuudet 31.5.2016

Toukokuun lopussa tehtyjen mittausten tulokset eroavat jonkin verran muista mitauksista, sillä vaikka mitatut hiukkaspitoisuudet yleensä ottaen ovat hyvin matalia, on pitoisuuksissa ajoittaisia erittäin voimakkaita piikkejä, joiden aikana hiukkaspitoisuudet nousevat hetkellisesti noin $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$:aan. Näin korkeat lukemat aiheutuvat luultavasti valtatie 5 saneeraustyömaalla käynnissä olleista pölyämistä aiheuttavista työvaiheista.

LÄHTEET

Fonecta 2016. Mittauspisteiden kartat.

Salmi, Jatta, Kauhaniemi, Mari & Lovén, Katja 2014. Ilmanlaatuselvitys. Liikenteen typenoksidi – ja hiukkaspäästöjen leviämismallinnus valtatie 13 varrella välillä Lappeenranta–Nuijamaa. Ilmatieteen laitos – Asiantuntijapalvelut.

Tiehallinto 2006. Tieliikenteen melu. Perustietoa tieliikenteen melusta ja sen torjunnasta. http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/meluesite_tammikuu_06_a4.pdf

Ympäristöopas 1996. Tieliikennemelun mittaaminen. Ympäristöopas 15, 1996.

VNp 993/1992. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 29.10.1992.

ILMANLAADUN MITTAUKSET ETELÄ-SAVON ENERGIA OY:N PURSIALAN VOIMALAITOKSEN YMPÄRISTÖSSÄ

Tuija Ranta-Korhonen

Suomessa ilmanlaatua heikentävät liikenne, energiantuotanto, teollisuuden päästöt sekä puun pienpoltto. Erilaisia päästöjä kulkeutuu Suomeen myös kaukokulkeutuna maan rajojen ulkopuolelta. Ilmakehässä päästöt liikkuvat sen alimmassa kerroksessa, niin kutsutussa rajakerroksessa. Rajakerroksessa päästöt sekoittuvat muuhun ilmamassaan ja samalla niiden pitoisuudet laimenevat. Päästöt voivat myös kulkeutua ja levitä laajoille alueille ilmakehän virtausten avulla. Ilmakehästä päästöt poistuvat esimerkiksi märkälassekumana sateen mukana tai kuivalassekumana erilaisille pinnoille maan vetovoiman ja ilman virtausten vaikutuksesta. Lisäksi päästöt voivat reagoidessaan ilmamassan ja toisten yhdisteiden kanssa muuntua aiempaa vaarattommiksi yhdisteiksi. (Kompulla ym. 2013, 9.)

Ilman hiukkaspäästöistä noin 60 % on peräisin energiantuotannosta ja noin 25 % liikenteestä (SYKE 2015). Energiantuotannosta syntyy kokoluokaltaan hyvin erikokoisia hiukkasia, sillä hiukkasten läpimitta voi vaihdella välillä 0,0015–200 µm (Kompulla ym. 2013, 12). Merkittävin pienhiukkasten lähde taajamissa on kuitenkin puun pienpoltto ja liikenne. (SYKE 2015.) Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (Vna 38/2011) on terveyshaittojen ehkäisemiseksi määritetty pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuudelle vuotuinen raja-arvo 25 µm/m³. Hengitettäville hiukkasille on Valtioneuvoston päätöksessä ilmanlaadusta (Vnp 480/1996) asetettu ohje-arvoksi 70 µm/m³ (kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo). Raja-arvot ovat sitovia ja ne on alitettava määräajassa. Ohje-arvot puolestaan määrittävät tavoitetason, joka pyritään alittamaan. Ohje-arvot eivät ole sitovia, mutta niitä sovelletaan kuitenkin laajalti maankäytön ja esimerkiksi liikennejärjestelyjen suunnittelussa. (Kompulla ym. 2013, 13-14.)

Pursialan voimalaitos

Etelä-Savon Energia Oy:n Pursialan voimalaitos sijaitsee teollisuuskäyttöön kaavoitettulla alueella Mikkelin kaupunkikeskustan välittömässä läheisyydessä. Laitoksessa on kaksi voimalaitosyksikköä (Pursiala 1 ja Pursiala 2) sekä vara- ja huippukattila FLK, jotka tuottavat kaukolämpöä Mikkelin kaupungin kaukolämpöverkkoon ja sähköä valtakunnan verkkoon. Voimalaitoksen yhteenlaskettu polttoaineteho on 223 MW. Tyypillisesti voimalaitosyksikköjä käytetään vuorotellen touko-syyskuussa ja yhtä aikaa lokakuusta lähtien. Huippukattilaa käytetään häiriötilanteissa ja kovan pakkasen aikaan yhdessä muiden huippukattiloiden kanssa. Käyntiajat ovat luonnollisesti riippuvaisia säätilasta. Voimalaitoksen osuus Mikkelin kaupungin hiukkaspäästöistä on Pursialan voimalaitoksen ympäristöluvan lupamääräysten tarkistamisesta annetun päätöksen mukaan ollut viime vuosina 37–42 %. Kokonaisuudessaan hiukkaspäästöt ovat kuitenkin olleet vähäisiä, sillä Mikkelin kaupungin ilmanlaatu on ilmanlaatuindeksillä arvioituna ollut hyvä noin 87 % ajasta. (ISAVI 2014.)

Voimalaitos käyttää polttoaineenaan pääasiallisesti puuta, lisäksi kaikissa kattiloissa poltetaan myös turvetta. Toiminnan eri vaiheissa on pyritty minimoimaan syntyvät hiukkaspäästöt parhaan käyttökelpoisen tekniikan avulla (BAT). Esimerkiksi polttoaineita purettaessa käytetään mahdollisimman matalaa pudotuskorkeutta, ja polttoaineen kuljettimet on koteloitu. Lisäksi savukaasujen puhdistamisessa käytettävät sähkösuodattimet ovat mahdollisimman tehokkaita. Voimalaitoksen vuosipäästöt hiukkasten osalta ovat noin 16 tonnia. Vuoden 2016 alusta lähtien Pursiala 2 -voimalaitosyksikön ja FLK 2 -huippukattilan rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä on mitattu jatkuvatoimisesti. Lisäksi Pursiala 1 -voimalaitosyksikössä tehdään savukaasumittauksia puolen vuoden välein. (ISAVI 2014.)

VIM-hankkeessa tehdyt mittaukset

VIM-hankkeessa mitattiin ilman hiukkaspitoisuutta Pursialan voimalaitoksen ympäristössä vuoden 2016 maaliskuun huhtikuun aikana. Mittaukset suoritettiin Dusttrak 8533 -hiukkasmittarilla, joka mittaa hiukkasia viidessä eri kokoluokassa samanaikaisesti. Mitattavat hiukkasfraktiot ovat PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4 , PM_{10} (hengitettävät hiukkaset) ja PM_{15} (kokonaispöly). Mittauspisteitä oli yhteensä neljä, ja ne sijaitsivat Rauhaniemessä, Kaihun ulkoilualueella, Kenkäverossa ja Lamposaaren lähetyvillä jäällä. Mittauspisteiden sijainti on esitetty kuvassa 1 punaisilla karttamerkeillä. Pursialan voimalaitoksen sijainti on merkitty karttaan vihreällä karttamerkillä.



KUVA 1. Ilmanlaadun mittauspisteet Pursialan voimalaitoksen ympäristössä (Karttaikkuna – Paikkatietoikkuna)

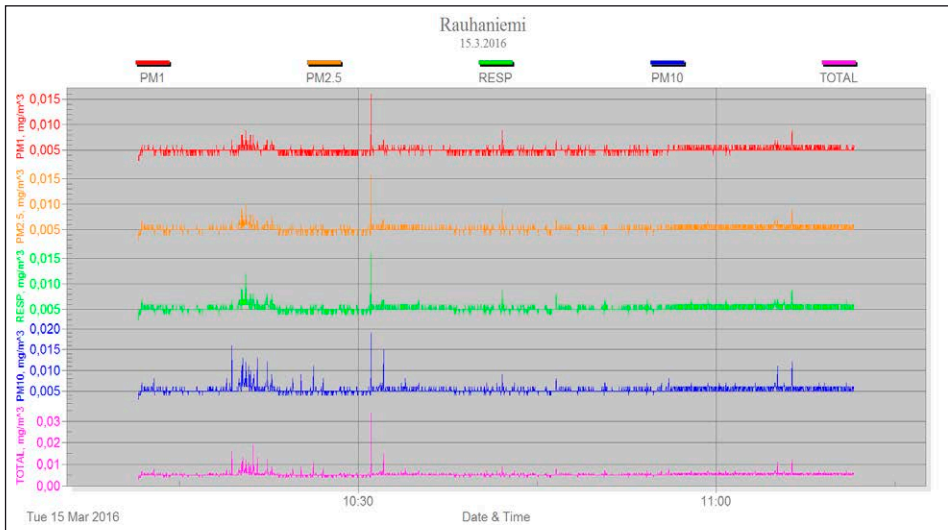
Jokaisessa pisteessä mittauksia suoritettiin yhden tunnin ajan. Koska ilmavirtaukset ja tuulen suunta vaikuttavat merkittävästi hiukkasten leviämiseen, pyrittiin mittausajan-kohta valitsemaan siten, että tuulen suunta olisi voimalaitokselta kohti mittauspistettä. Mittauksissa käytetty laitteisto Rauhaniemen mittauspisteessä on esitetty kuvassa 2. Hiukkasmittauksen lisäksi VIM-hankkeessa määritettiin myös kokonaislaskeumaa voimalaitoksen ympäristössä. Laskeuman määrittäminen tehtiin kahden keräimen avulla, jotka sijoitettiin Rauhaniemen asuinalueelle ja Kenkäveron pappilan ranta-alueelle. Laskeuman keräystä suoritettiin kahtena kuukauden mittaisena jaksena vuoden 2016 alkupuolella 15.1.–15.2. ja 12.3.–12.4.2016. Kokonaislaskeumasta määritettiin painon lisäksi sen sisältämän elohopean ja kadmiumin määrä. Laskeuman keräämisessä käytetty keräin on esitetty kuvassa 3.



**KUVA 2 ja 3. Dusttrak-mittaus Rauhaniemen mittauspisteessä ja laskeumanke-
rään Kenkäverossa (kuva Tuija Ranta-Korhonen; Niina Laurila)**

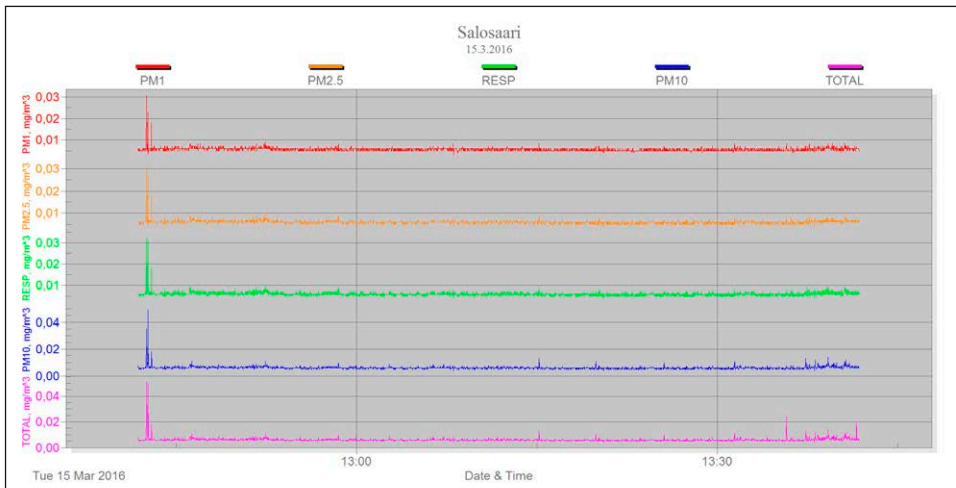
Hiukkasmittausten tulokset ja tulosten tarkastelu

Ilman hiukkaspitoisuuksia mitattiin Rauhaniemessä ja Salosaaren läheisyydessä jäällä 15.3.2016. Rauhaniemen asuinalue sijaitsee noin 400 metrin etäisyydellä voimalaitoksesta Savilahden ja Pappilanselän erottavan salmen toisella puolella. Salosaaren mittauspisteeseen on voimalaitokselta matkaa noin 1 km. Rauhaniemen mittaustulokset on esitetty kuvassa 4.



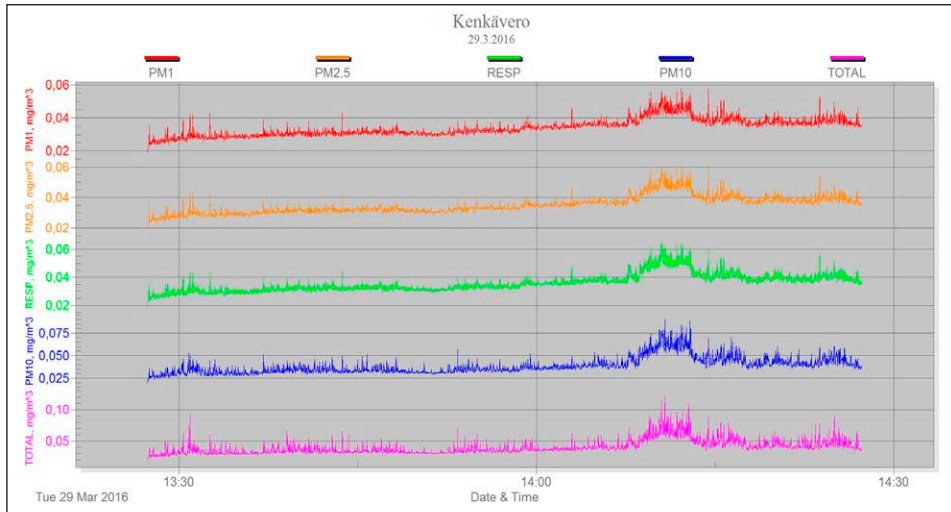
KUVA 4. Rauhaniemen mittaustulokset 15.3.2016

Kuvan 4 perusteella voidaan todeta, että pienimpien hiukkasfraktioiden osalta (PM_1 , $PM_{2,5}$, PM_4) hiukkaspitoisuudet vaihtelevat tason $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ molemmin puolin, eli niiden voi sanoa olevan hyvin matalia. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuus on hieman korkeampi, ja niiden mittausjakson aikana mitattu korkein pitoisuus on ollut noin $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuuspiikki on kuitenkin ollut hyvin hetkellinen. Kuvassa 5 on esitetty Salosaaren läheisyydestä jällä 15.3.2016 suoritettujen mittausten tulokset.



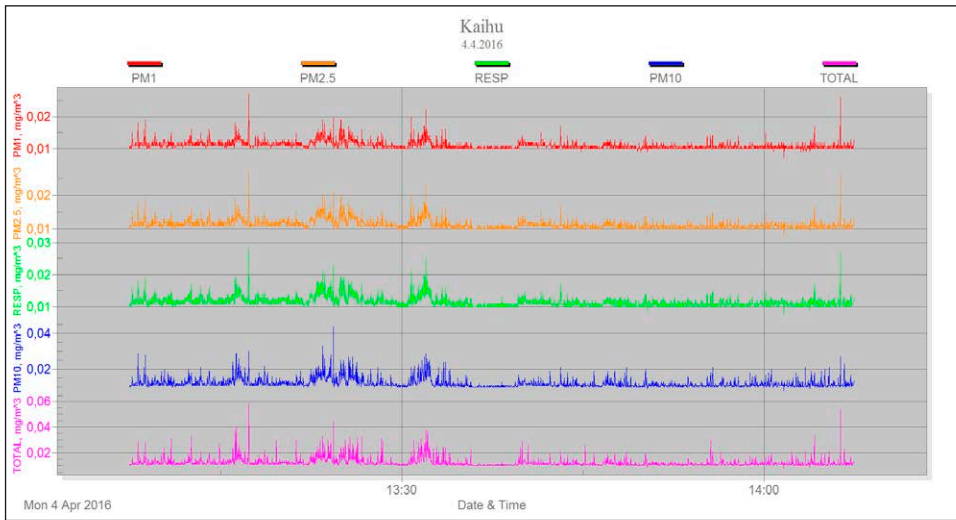
KUVA 5. Salosaaren mittaustulokset 15.3.2016

Salosaassa suoritettujen mittausten tuloksista piirretyn kuvaajan perusteella voidaan todeta, että hiukkaspitoisuudet mittauspisteessä ovat hyvin matalia. Mittausjakson alkupuolelle sijoittuvaa pitoisuuspiikkiä lukuun ottamatta hiukkaspitoisuuden taso on mittausjakson aikana hyvin tasainen ja jää alle $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$:aan. Kenkäveron mittauspisteessä suoritettiin mittauksia maaliskuun lopussa 29.3.2016. Mittauksen tulokset on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Kenkäveron mittaustulokset 29.3.2016

Kuvasta 6 nähdään, että Kenkäveron mittauspisteessä pitoisuudet ovat olleet huomattavasti korkeammat kuin Rauhaniemen ja Lamposaaren mittauspisteissä. Kaikissa hiukkaskokoluokissa pitoisuudet ovat olleet yli $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mittausjakson loppupuolella tuloksissa näkyy kaikkien fraktioiden osalta selkeä nousu, ja esimerkiksi hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuus on ollut korkeimmillaan noin $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja kokonaispölypitoisuus jopa yli $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Näiden mittausten perusteella on kuitenkin mahdotonta selvittää hiukkasten päästölähdettä. Maaliskuun lopussa ilmassa on jo katupölyä ja sekä kotoperäistä että kaukokulkeutumana tullutta siitepölyä. Näiden merkitystä päästölähteenä tukevat erityisesti korkeat pitoisuudet nimenomaan kahdessa ylimmässä hiukkaskokoluokassa. Lisäksi on huomioitava, että mittausjakso on ollut lyhyt, eikä sen perusteella voida tehdä pitemmälle meneviä johtopäätöksiä. Kevään 2016 viimeiset mittaukset tehtiin 4.4. Kaihun ulkoilualueella. Mittausten tulokset on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Kaihun mittaustulokset 4.4.2016

Kuvan 7 perusteella voidaan todeta, että hiukkaspitoisuudet kolmen pienimmän hiukkasfraktion osalta ovat hyvin matalia, sillä kaikkien niiden mittaustulokset ovat ainoastaan hieman yli $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten ja kokonaispölyn osalta pitoisuudet ovat hieman korkeammat, ja mittausjakson alkupuolella on nähtävissä pari pitoisuuspiikkiä. Kokonaisuutena voidaan kuitenkin sanoa, että pitoisuudet ovat hyvin matalat kaikkien hiukkasfraktioiden osalta.

Laskeumamittauksen tulokset ja tulosten tarkastelu

Epäorgaanista ja orgaanista laskeumaa voimalaitoksen ympäristössä määritettiin kahden laskeumankeräimen avulla, jotka oli sijoitettu Rauhaniemeen ja Kenkäveroon. Laskeumaa kerättiin standardin SFS 3865 mukaisesti kahtena kuukauden pituisena jaksonea. Kerätystä laskeumasta määritettiin kokonaismäärä sekä laskeuman sisältämä kadmium ja elohopea. Ensimmäinen keräysjakso kesti 15.1.–15.2. ja sen tulokset on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Laskeuman keräyksen tulokset 15.1.–15.2.2016

Mittauspaikka	laskeuma g/m ² /kk	Elohopea mg/l	Kadmium mg/l
Rauhaniemi	0,28	< 0,0005	<0,001
Kenkävero	0,11	< 0,0005	<0,001

Toinen laskeumankeräysjakso kesti 12.3.–12.4.2016 välisen ajan. Keräys epäonnistui osittain, sillä Rauhaniemeen sijoitettu keräin oli nopean sulamisen vuoksi päässyt kaatumaan, eikä sen keräämää laskeumaa näin ollen päästy analysomaan. Kenkäveroon sijoitetusta keräimestä ei puolestaan voitu määrittää kokonaislaskeumaa, sillä keräimeen kertyneen veden määrä oli liian vähäinen. Vedestä määritettiin kuitenkin kadmium- ja elohopeapitoisuudet, jotka on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Elohopea- ja kadmiumpitoisuudet 12.3.–12.4.2016

Mittauspaikka	Elohopea mg/l	Kadmium mg/l
Kenkävero	0,0001	0,0002

Saatujen tulosten perusteella voidaan sanoa, että laskeuman elohopea- ja kadmiumpitoisuudet ovat olleet hyvin matalat, ensimmäisellä keräysjaksolla jopa alle määrittäysrajan. Valtioneuvoston asetuksessa ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (Vna 164/2007) on laskeumasta mitatulle kadmiumille annettu vuotuinen raja-arvo 5 ng/m³. Tämän tutkimuksen yhteydessä ei kuitenkaan voida verrata saatuja tuloksia raja-arvoihin, sillä ensimmäisellä mittauskerralla määrittäytulokset jäivät alle määrittäysrajan ja toisen mittauksen kohdalla laskeuman kokonaismäärä jäi liian pieneksi.

Myös kokonaislaskeuman määrä on ollut vähäinen. Laskeumalle ei ole asetettu rajaita ohjearvoja, mutta aiemmin viihtyvyyksirajana on pidetty 10 g/m²/kk. Todennäköisesti kuitenkin jo alemmat laskeumapitoisuudet koetaan häiritsevinä (Kurtti & Virta 2012, 7). Teollisuuspaikkakunnilla, kuten esimerkiksi Harjavallassa, mitatut laskeumatasojen vuosikeskiarvot ovat tyypillisesti olleet välillä 0,5–1,6 g/m²/kk (Anttila & Roininen 2011, 17). Kerätyn laskeuman määrään vaikuttavat olennaiset sääolosuhteet, kuten tuulen suunta ja sateen määrä sekä olomuoto.

LÄHTEET

Anttila, Miia & Roininen, Reijo 2011. Harjavallan ilmanlaatu 2011 – Vuosiyhteenveto.

ISAVI 2014. Pursialan voimalaitoksen ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen.
ISAVI/99/04.08/2012.

Komppula, Birgitta, Salmi, Jatta, Rasila, Timo, Kauhaniemi, Mari & Lovén Katja 2013. Biopolttoaineiden käytön lisäyksen vaikutus Kuopion ilmanlaatuun vuonna 2020 – Autoliikenteen, Haapaniemen voimalaitoksen ja kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöjen leviämismallinnus. Ilmatieteen laitos – Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut Helsinki 31.12.2013

Kurtti, Hanna & Virta, Pirkko 2012. Talvivaara Sotkamo Oy. Talvivaaran kaivoksen tarkkailu 2012. Osa IV c Pölylaskeuman tarkkailu. Pöyry Finland Oy.

SFS 3865. Laskeuman määrittäminen.

SYKE 2015. Hiukkaspäästöissä ei näy laskua. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilman_epapuhautudet/Hiukkaspäästöissä_ei_nay_laskua\(28647\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilman_epapuhautudet/Hiukkaspäästöissä_ei_nay_laskua(28647)). Päivitetty 19.11.2015.

Vna 38/2011. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta.

Vnp 480/1996. Valtioneuvosten päätös ilmanlaadusta.

Vna 164/2007. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä.

MELUMITTAUKSET ETELÄ-SAVON ENERGIA OY:N POLTTOAINE- TERMINAALISSA JA PURSIALAN VOIMALAITOKSEN YMPÄRISTÖSSÄ

Tuija Ranta-Korhonen & Irene Auvinen

Määritelmän mukaan melu on häiritsevää tai kuulolle haitallista ääntä. Voimakas melu häiritsee keskittymistä ja vaikuttaa esimerkiksi unen laatuun. (Työterveyslaitos 2015.) Ympäristömelun merkittävin aiheuttaja on tieliikenne, jonka aiheuttamalle melulle altistuu 85 % kaikista ympäristömelulle altistuneista. Muita liikkumisesta aiheutuvan ympäristömelun lähteitä ovat raide- ja lentoliikenne, jotka yhteensä aiheuttavat noin 13 % häiritsevästä ympäristömelusta. Lisäksi melua aiheutuu erilaisesta harrastustoiminnasta (ampuma- ja moottoriurheilu) sekä teollisuudesta. Näiden melunlähteiden osuus ympäristömelusta on kuitenkin hyvin pieni, vain noin 1 %. (Liikonen 2013.)

Etelä-Savon Energia Oy:n toiminnassa ympäristömelua syntyy etenkin polttoainoiden kuljetuksesta sekä niiden vastaanotosta ja käsittelystä. Kaupunkialueella Pursialan voimalaitoksen ympäristössä melua syntyy myös polttoainekuljettimien toiminnasta sekä voimalaitoksen ulospuhalluksista. Etelä-Savon Energialla on Pursialan voimalaitoksen osalta velvollisuus osallistua tarvittaessa Pursialan teollisuusalueella syntyvän melun yhteistarkkailuun. (ISAVI 2014.)

Ympäristömelun ohjearvot

Valtioneuvoston vuonna 1992 antamien ympäristömelun ohjearvojen tarkoituksena on ehkäistä meluhaittoja ja turvata viihtyisä asuin- ja työskentely-ympäristö. Keskimääräisen melutason (L_{Aeq}) ohjearvot on esitetty taulukossa 1. Ympäristömelun ohjearvolla tarkoitetaan melun ekvivalenttitasoa eli keskimelutasoa koko ohjearvon aikavälillä. Lyhytaikaiset melurajan ylitykset eivät aiheuta ohjearvon ylitystä.

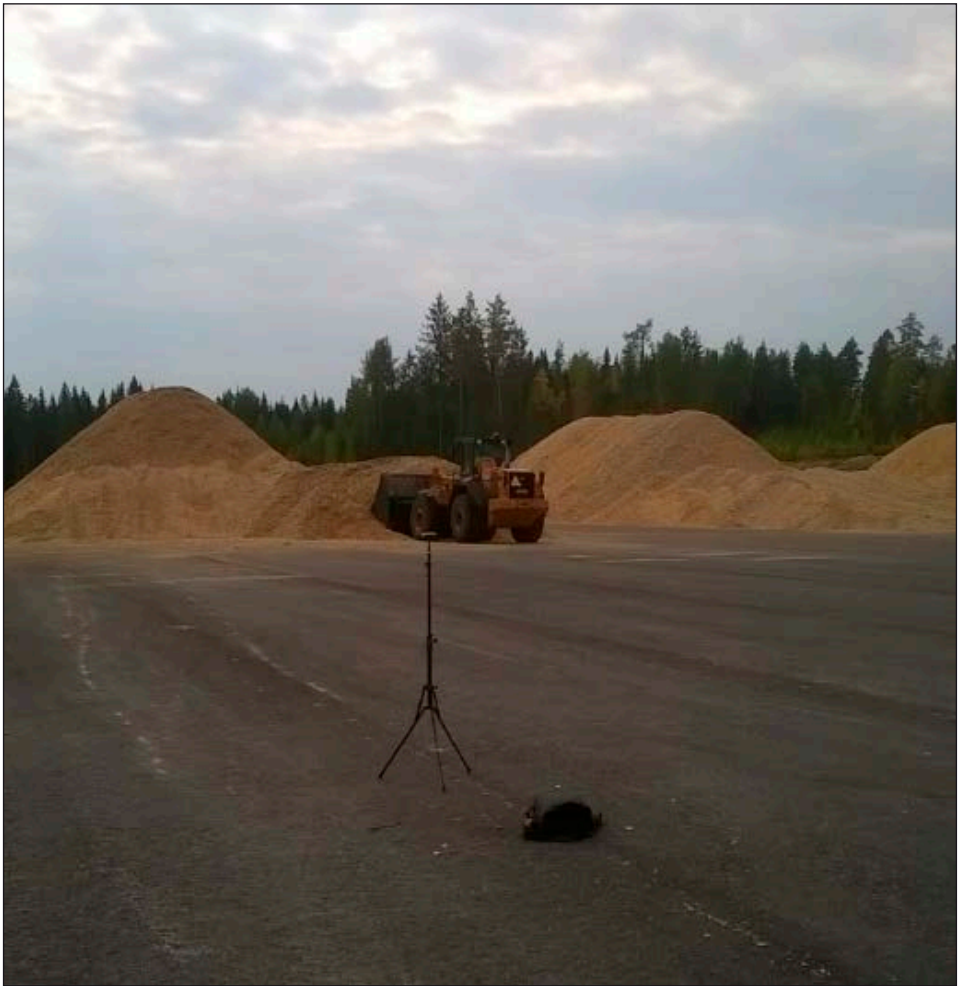
TAULUKKO 1. Ympäristömelun ohjearvot (VNp 993/92)

Alue	Päivä (07-22)	Yö (22-07)
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet ja hoitolaitoksia palvelevat alueet	55 dB (A)	50 dB (A)
Uudet asuin- yms. alueet	55 dB (A)	45 dB (A)
Oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB (A)	-
Loma-asumiseen käytetyt alueet, leirintäalueet, taajamien ulkopuoliset virkistysalueet ja luonnonsuojelualueet	45 dB (A)	40 dB (A)

Etelä-Savon Energia Oy:n polttoaineterminaalin melumittaukset

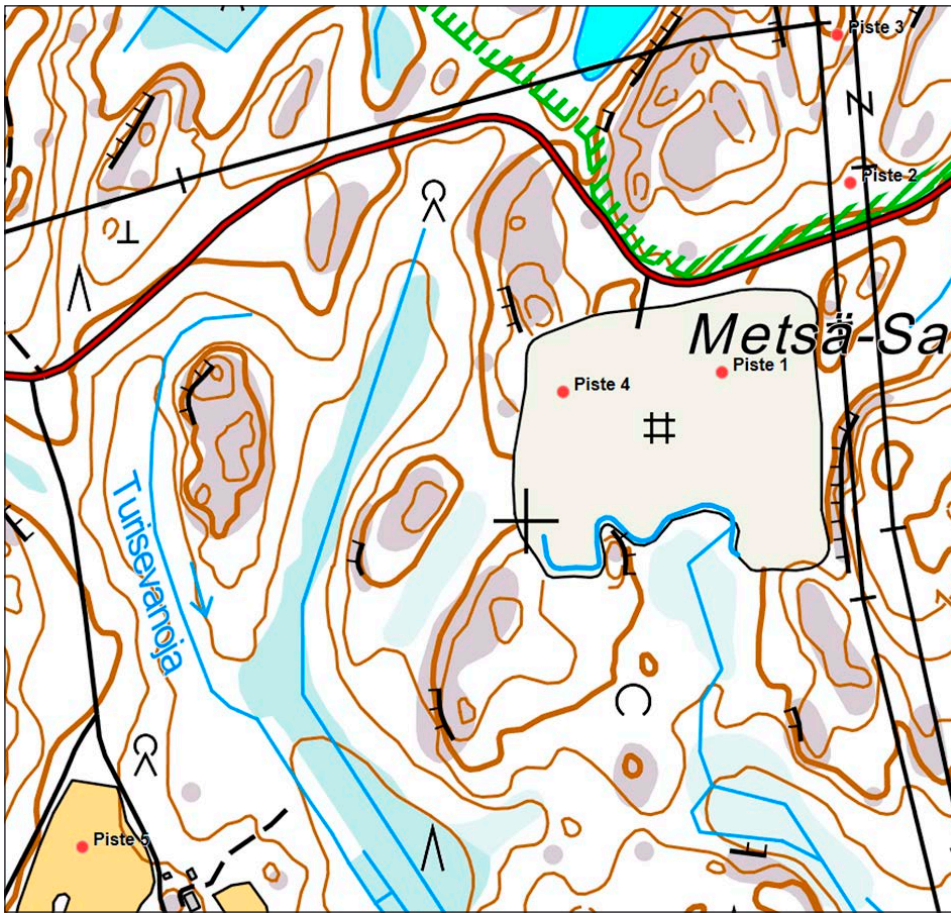
Etelä-Savon Energia Oy:n Metsä-Sairilan alueella Mikkeliissä sijaitsevan polttoaineterminaalin ympäristöluvassa on määritelty ympäristömelun ohjearvot lähimmille häiriintyville kohteille. Ympäristöluvan mukaan meluarvot eivät saa ylittää lähimässä vakituisen asutuksen kohteessa 55 dB(L_{Aeq}) ja Koninkallion luonnonsuojelualueella melu ei saa ylittää arvoa 45 dB (L_{Aeq}).

VIM-hankkeessa tehtyjen melumittausten avulla selvitettiin polttoaineterminaalin toiminnasta aiheutuvia melutasoja ja tutkittiin rakennetun melusuojauksen vaikutusta terminaalin toiminnasta ympäristöön kantautuvaan meluun. Etelä-Savon Energia varastoi terminaalin alueelle poltopuuta ja haketta. Haketus tapahtui mittaushetkellä elo-syyskuussa 2015 vielä toisaalla, jolloin suurin melunlähde oli hakekasoja terminaalin kentällä järjestelvä pyöräkuormaaja. Jonkin verran melua aiheutui myös haketta kuljettavista rekoista. Mittausajankohtana rekat toivat terminaaliin haketta parina päivänä viikossa, ja pyöräkuormaajaa käytettiin parina päivänä viikossa arviolta noin 2 h/päivä.



KUVA 1. Melumittauksia suoritettiin kuormaajan työskennellessä (kuva Tuija Ranta-Korhonen)

Melumittaukset suoritettiin ensimmäisellä mittauskerralla terminaalikentällä (piste 1), kentän ulkopuolella meluvallin ja tien toisella puolella (piste 2) sekä viereisellä Konikallion luonnonsuojelualueella mäen päällä (piste 3). Toisella mittauskerralla mittaukset tehtiin terminaalikentällä kahdessa eri pisteessä (pisteet 1 ja 4) sekä lähimmän vakituisen asutuksen viereisellä peltoaukealla (piste 5). Terminaalikentälle sijoitettiin kaksi eri mittauspistettä sen selvittämiseksi, miten melu säteilee eri suuntiin melulähteestä. Mittauspisteessä 1 tehtyjen mittausten avulla selvitettiin Konikallion luonnonsuojelualan suuntaan kantautuvaa melua ja mittauspisteen 4 avulla vakituisen asutuksen, Rantalan, suuntaan kantautuvaa melua. Mittauspisteet on esitetty tarkemmin kuvassa 2.



KUVA 2. Mittauspisteiden sijainti Etelä-Savon Energia Oy:n Metsä-Sairilan polttoaineterminaalin alueella ja sen ympäristössä (Karttaikkuna – Paikkatietokkuna)

Pursialan voimalaitoksen ympäristössä tehdyt melumittaukset

Pursialan voimalaitoksen ympäristöluvan mukaan laitoksen toiminnan aiheuttama melu ei saa ylittää asuin- tai virkistysalueilla päivällä (klo 7–22) melutasoa 55 dB (L_{Aeq}) eikä yöllä (klo 22–7) melutasoa 50 dB (L_{Aeq}) (ISAVI 2014). Lähimmät asuinalueet sijaitsevat Rauhaniemessä noin 400 metrin etäisyydellä laitoksesta, Savilahden ja Pappilanselän erottavan salmen toisella puolella.

Laitoksen aiheuttamaa melua on vuonna 2006 tutkittu Rauhaniemen asuinalueella eri vuodenaikoina tehdyillä kolmella 10–25 minuutin pituisella melumittauksella. Tällöin mittauksen aritmeettinen keskiarvo oli 45,2 dB(A) ja mittausepävarmuus

± 4 dB. Mittausten häiriötekijöinä olivat sahan puunkäsittely, liikenne ja linnut. (ISA-VI 2014.) Vuonna 2014 Petra Kivistön opinnäytetyön yhteydessä tehtyjen melumittausten mukaan melumittaustulosten aritmeettinen keskiarvo Rauhaniemessä oli 44,7 dB ($L_{Aeq\Sigma}$) (Kivistö 2014). Pursialan voimalaitos Rauhaniemestä päin kuvattuna on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Pursialan voimalaitos Rauhaniemen suunnalta kuvattuna (kuva Niina Laurila)

VIM-hankkeen aikana Pursialan voimalaitoksen ympäristössä tehtiin ympäristömelun mittauksia kahteen otteeseen. Ensimmäiset mittaukset ajoittuvat helmikuuhun 2016 ja toiset mittaukset suoritettiin syyskuussa 2016. Mittauspisteistä kaksi sijaitsi Rauhaniemessä, ja lisäksi pisteitä oli Kenkäverossa, Kaihun alueella ja jäällä Lamposaaren vieressä. Syyskuussa tehdyt mittaukset suoritettiin ainoastaan Rauhaniemessä ja Kenkäveron alueella; Kaihun ja Lamposaaren mittauspisteet jäivät siis pois. Kaihun mittauspisteen pois jättäminen johtui mittausajankohtana käynnissä olevista valtatie 5 saneeraukseen liittyvistä tietöistä Ristiinantiellä. Tarkemmat mittauspisteet on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Ympäristömelun mittauspisteet Pursialan voimalaitoksen ympäristössä (Karttaikkuna – Paikkatietoikkuna)

Mittaustulokset ja tulosten tarkastelu

Metsä-Sairilassa polttoaineterminaalissa ja sen ympäristössä suoritettujen melumittausten perusteella vaikuttaisi siltä, että meluntorjuntarakenteilla onnistutaan varsin hyvin vähentämään ympäristöön kulkeutuvaa melua. Vaikka terminaalikentällä melutaso on mittausten mukaan 57,4–64,93 dB (L_{Aeq}), oli Konikallion luonnonsuojelualueelle kantautuva melutaso kuitenkin mittausten mukaan ainoastaan 35,5 dB (L_{Aeq}). Sääolosuhteiden ja etäisyyden aiheuttama epävarmuus mittaustuloksiin on 7 dB mitattaessa 500 metrin etäisyydellä, kun on käytettävissä yksi tai kaksi riippumattonta mittausta. Kun mittaus suoritetaan 100 metrin etäisyydellä melulähteestä, on käytettävä epävarmuustekijää 4 dB. (Ympäristöministeriön ohje 1/1995.) Ympäristöministeriön Ympäristömelun mittaushyöntejen mukaan mittauksen tuloksen voidaan todeta alittavan ohjearvon, jos mittaustulos on alle ohjearvon, josta on vähennetty epävarmuuskerroin. Kun ohjearvosta 45 dB vähennetään epävarmuuskerroin 7 dB, saadaan tulokseksi 38 dB. Ohjearvo alitetaan siis selvästi.

Myöskään vakitukselle asutukselle kantautuvan melun taso ei ylittänyt ohjearvoa. Rantalan pellolle kantautuva melutaso oli mittausten mukaan 37,6 dB (L_{Aeq}). Jotta ympäristöluvan ehdot täyttyisivät, tulisi melutason olla alle 48 dB (ohjearvo 55 dB – epävarmuuskerroin 7 dB). Tämä taso alitetaan mittausten mukaan selvästi. Tässä yhteydessä on huomioitava, että näiden melumittausten avulla tarkasteltiin ainoastaan pyöräkuormaajan työskentelyn aiheuttamaa melutasoa terminaalissa ja sen ympäristössä. Mikäli terminaalialueella jatkossa haketetaan polttoainetta, on haketustoiminnan aiheuttamat melutasot selvitettävä erikseen.

Helmikuussa 2016 Pursialan voimalaitoksen ympäristössä tehtyjen ympäristömelumittausten tulokset vaihtelivat välillä 43,1–49,9 dB (L_{Aeq}). Matalimmat melutasot mitattiin Lamposaaren mittauspisteessä, kun taas korkeimmat melutasot mitattiin Rauhaniemen kahdessa mittauspisteessä (49,9 ja 49,3 dB (L_{Aeq})). Pursialan voimalaitoksen ympäristössä tehtyjen mittausten ongelma on se, ettei Pursialan voimalaitoksen aiheuttamaa melutasoa ole mitenkään mahdollista erottaa teollisuusalueen muun toiminnan, esimerkiksi Misawa Oy:n sahalaitoksen, aiheuttamasta melusta tai alueella kulkevan liikenteen aiheuttamasta melutasosta. Aistinvaraisesti havainnoiden, esimerkiksi Rauhaniemen ja Lamposaaren mittauspisteiden osalta, merkittävämpi melun aiheuttaja on nimenomaan sahalaitos.

Syyskuun 2016 melumittausten tulokset Rauhaniemessä olivat 42,3 dB (L_{Aeq}) ja Kenkäverossa 44 dB (L_{Aeq}). Mittausten tarkoituksena oli selvittää Pursialan voimalaitoksella käynnissä olevien rakennustöiden vaikutus alueiden melutasoihin. Valtioneuvoston vuonna 1992 antamien ympäristömelun ohjeiden mukaan asumiseen käytetyillä alueilla sekä virkistysalueilla melutaso ei saa päiväsaikaan klo 7–22 välisenä aikana ylittää 55 dB (A). Mittausten perusteella voidaan todeta, ettei ohjeisto mittaolosuhteissa ylittynyt yhdessäkään mittauspisteessä. Voimalaitoksella tehtävät rakennustyöt oli ilmeisesti saatu päätökseen ja voimalaitoksen toiminta oli tavanomaista.

Lähteet

ISAVI 2014. Pursialan voimalaitoksen ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen. ISA-VI/99/04.08/2012.

Kivistö, Petra 2014. Energiantuotantolaitoksen vaikutukset alueen lähiympäristöön. Opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Larri Liikonen 2013. Johdatus ympäristömeluun – Meluntorjunnan perusteet. Meluselvitykset ja niiden teettäminen sekä laatu. Esitys alueidenkäytön koulutuspäivillä 4.12.2013.

Työterveyslaitos 2015. Melu. <http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/melu/sivut/default.aspx>

VNp 993/92. Valtioneuvoston päätös melutason ohjevoista.

Ympäristölupa 2013. Etelä-Savon Energia Oy, Energiapuun varastointi- ja käsittelykenttä, Mikkelin, Metsä-Sairilantie.

Ympäristömelun mittaaminen. Ohje 1/1995. Ympäristöministeriön ohjeita.

JÄTEKESKUKSEN TYÖTERVEYSMITTAUKSET

Tuija Ranta-Korhonen & Jonne Gråsten

Jätehuoltoalalla työskentelevät työntekijät voivat työssään altistua monenlaisille biologisille ja kemiallisille altisteille jätteitä käsitellessään. Esimerkiksi biojätteet ja lietteet sisältävät erilaisia mikrobeja, joiden joukossa on myös patogeenejä, eli bakteereja ja viruksia. Kemiallisia altisteita ovat muun muassa orgaaninen ja epäorgaaninen pöly, erilaiset VOC-yhdisteet ja muut kaasumaiset yhdisteet, sekä muun muassa raskasmetallit ja PAH-yhdisteet. (Lamberg 2014, 12.)

VIM-hankkeen jätekeskuksen työterveysvaikutuksia kartoittavassa osiossa tutkittiin Metsäsairila Oy:n jätekeskuksella työskentelevien työntekijöiden altistumista erilaisille hiukkasille ja hengittyvälle pölylle. Hengittyvän pölyn keräyksessä käytettiin IOM-keräimiä ja näytteenottopumppuja, ja lisäksi mitattiin lajitteluhallin ilman hiukkaspitoisuutta Dusttrak 8533 -hiukkasmittarilla. IOM-keräimellä kerättyjen pölynäytteiden jakaantumista orgaaniseksi ja epäorgaaniseksi pölyksi ei tämän tutkimuksen yhteydessä eritelty.

Hiukkasten ja pölyn aiheuttamat työterveysvaikutukset

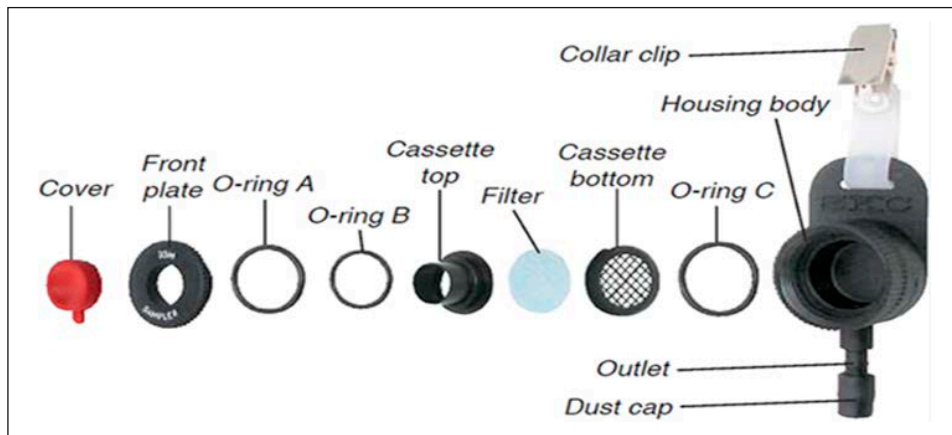
Hiukkasia esiintyy kaikissa työympäristöissä. Hiukkasmuotoisia työperäisiä altisteita ovat muun muassa mineraalipölyt, puupöly, hitsaushuurut, pakokaasut sekä jauhot ja muut orgaaniset pölyt. Hiukkasten koko voi erota useita kertaluokkia, sillä niiden koko vaihtelee välillä 1 nm – 1 mm. Pienimmät hiukkaset ovat vain muutamista molekyyleistä koostuvia rypäitä, kun taas suurimmat, kuten esimerkiksi pöly, ovat silmin havaittavissa. Jako pienhiukkasiin ja karkeisiin hiukkasiin tehdään yleensä 1 tai 2,5 mikrometrin kohdalla. Alle 100 nanometrinen kokoinen hiukkasia sanotaan usein ultrapieniksi hiukkasiksi. Hiukkasen koko ilmoitetaan yleensä halkaisijan avulla. (Hiukkastieto.)

Työympäristössä tavallisimpia orgaanisia (eloperäisiä) pölyjä ovat eri puulajien pölyt, jauho- ja viljapölyt, erilaiset tekstiilipölyt, muovi- ja hartsiaerosolit sekä erilaiset bio-aerosolit. Orgaaniset pölyt aiheuttavat tavallisimmin erilaisia yliherkkyyssairauksia, kuten työperäistä astmaa tai allergista nuhaa. (Rantanen & Pääkkönen 2008, 20.) Epäorgaanisista pölyistä kvartsi, asbesti ja tietyt metallit ovat merkittävimpiä työperäisten sairauksien aiheuttajia (Rantanen & Pääkkönen 2008, 15).

Suuret pölyhiukkaset eivät ole terveydelle kovin haitallisia, sillä ne jäävät joko ylähengitysteihin tai keuhkoputkiin ja poistuvat limanerityksen kautta. Sen sijaan syväälle keuhkoihin tunkeutuvalla hienopölyllä voi olla haitallisia terveysvaikutuksia. Lopullinen haitallisen terveysvaikutuksen muodostuminen riippuu monesta eri tekijästä, muun muassa pölyjakeen hiukkaskoosta, pölyn määrästä ja henkilökohtaisesta altistumisesta. (Hiukkastieto.)

Käytetyt mittausmenetelmät

Metsäsairila Oy:n jätekeskuksella suoritetuissa mittauksissa hengittyvän pölyn näyte kerättiin aktiivisesti vakiovirtauspumpun avulla työntekijöiden hengitysalueelle asetettujen IOM-keräimien selluloosa-asettaattisuodattimille. Keräimenä käytettiin kuvassa 1 olevaa IOM-keräintä (EN 481 ja ISO 7708). Menetelmän määrittäjärajaksi hengittyvälle pölylle on 0,10 mg. IOM-aktiivikeräin on tarkoitettu henkilökohtaiseen pölyn mittaukseen. Keräimen suodattimen läpäisevät halkaisijaltaan korkeintaan 100 mikrometrin kokoiset hiukkaset. Hiukkaset kerätään IOM-keräimeen vakiovirtauspumpun avulla, jonka tilavuusvirta on noin 2 l/min.



KUVA 1. IOM-keräimen rakenne (SKC)

Jotta tuloksista saadaan luotettavia, asetetaan laite lähelle hengitysteitä hengitysalu-
elle (KUVA 2). Ilman hiukkaspitoisuuden määrittäminen tapahtuu gravimetrisesti niin,
että keräysalustana toimiva suodatin punnitaan ennen ja jälkeen mittauksen. Kun
lisäksi tiedetään pumpun tilavuusvirta ja käyntiaika, voidaan laskea ilmassa olevan
hengittävän pölyn pitoisuus.



KUVA 2. Henkilökohtaisen IOM-keräimen käyttö (kuvat Tuija Ranta-Korhonen)

Työpäivän ajan mitattiin myös lajitteluhallin ilman hiukkaspitoisuutta kiinteästä pis-
teestä Dusttrak 8533 -hiukkasmittarilla (kuva 3). Laserfotometriaan perustuva hiuk-
kasmittari mittaa ja luokittelee hiukkasia viidessä eri kokoluokassa samanaikaisesti.
Mitattavat kokoluokat ovat kokonaispöly (PM15), PM 10, PM4, PM2.5, PM1.0.
Hiukkasmittarin pumpun pumppaama ilmanäyte imetään optiseen näytekammioon,
jossa lasersäde osuu ilmanäytteen hiukkasiin. Määrä lasketaan ohjelmallisesti mg/m^3 .
Tämän jälkeen ilmanäyte johdetaan kokoluokittelijaan.



KUVA 3. Dusttrak 8533 -hiukkasmittari (TSI) (kuva Tuija Ranta-Korhonen)

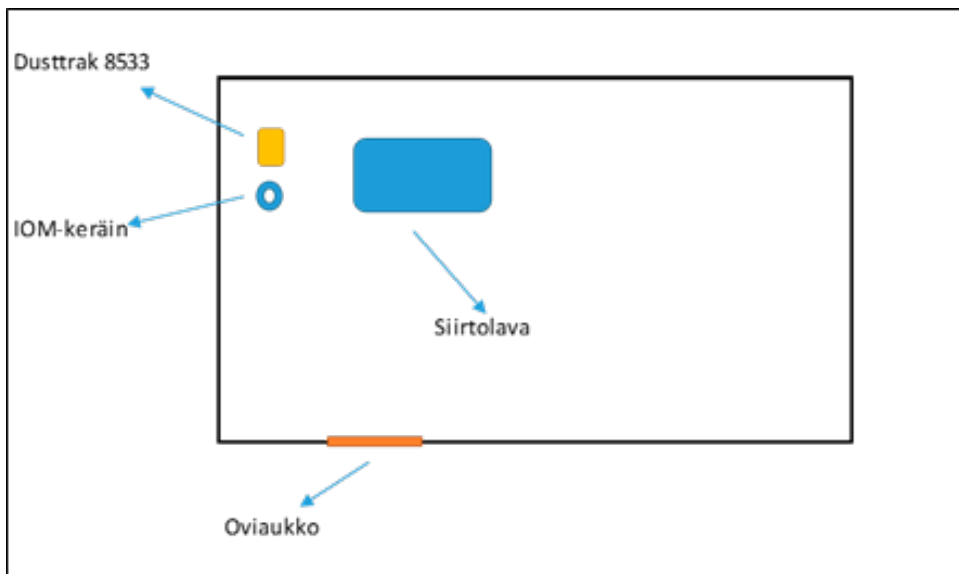
Ilman hiukas- ja pölypitoisuutta määritettäessä mittaustuloksia verrataan haitalliseksi tunnettuihin pitoisuuksiin. Mikäli altistuminen kestää työvuoron ajan, verrataan sitä kahdeksan tunnin raja-arvoon (HTP_{8h}). Jos altistuminen on lyhytaikaista, verrataan mittaustuloksia viidentoista minuutin raja-arvoon (HTP_{15min}). Mittaustulosten vertailussa käytetyt HTP-arvot on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia (STM 2014)

Altiste	HTP _{8h} (mg/m ³)	HTP _{15min} (mg/m ³)	Huom!
Puupöly	2	-	
Epäorgaaninen pöly	10		
Orgaaninen pöly	5	10	
Mineraalivillat	1		kuitua/cm ³

Mittausten suoritus

Kaksi IOM-keräintä oli sijoitettu kiinteisiin mittauspisteisiin jätokeskuksen vaaka-huoneeseen ja lajitteluhalliin. Kiinteiden mittauspisteiden lisäksi henkilökohtainen IOM-keräin oli työpäivän aikana neljällä Metsäsairila Oy:n jätokeskuksessa työskentelevällä henkilöllä. Työpäivän aikana työntekijät työskentelivät lajitteluhallissa, kompostikentällä, vaarallisten aineiden varastossa sekä tekivät erilaista konetyötä jätokeskuksen alueella. IOM-keräimillä tehtyjen mittausten lisäksi työpäivän aikana suoritettiin myös hiukkasmittauksia Dusttrak 8533 -mittalaitteella lajitteluhallissa. IOM-keräimen ja hiukkasmittarin sijoittelu lajitteluhallissa on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Kiinteän mittauspisteen ja Dusttrak 8533:n sijainti lajitteluhallissa

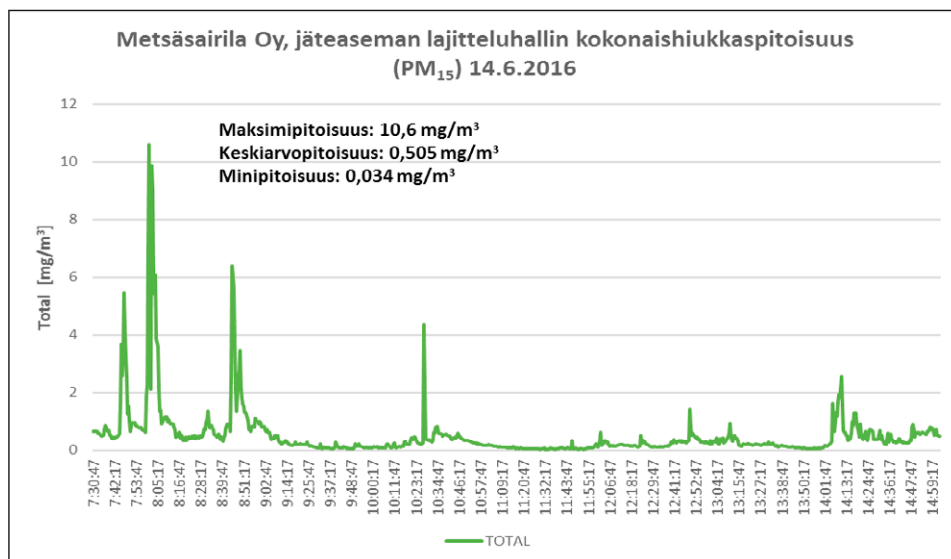
Mittaukset aloitettiin 14.6.2016 aamulla klo 7 työvuoron alkaessa pukemalla keräimet ja pumput työntekijöiden päälle kuvan 2 esittämällä tavalla. Keräin ja pumppu liitettiin toisiinsa taipuisalla letkulla. Mittauksia jatkettiin koko työpäivän ajan siten, että taukojen ajaksi (aamupäivän kahvitauko, lounastauko ja iltapäivän kahvitauko) keräimien pumput sammutettiin ja keräimet riisuttiin työntekijän päältä. Tauon loppua keräimet puettiin uudelleen työntekijän päälle, pumppu käynnistettiin ja mitausta jatkettiin. Mittaukset päätettiin työvuoron loppuessa noin klo 15. Pumppujen akkujen kanssa oli latausongelmia, joista johtuen kaikkien työntekijöiden osalta mitausta ei voitu jatkaa aivan koko työvuoron ajan. Saadut mittaustulokset ovat kuitenkin riittävät, jotta työntekijöiden altistusta voidaan arvioida.

Mittausten tulokset ja johtopäätökset

Mittausten perusteella jätekeskuksessa työskentelevien työntekijöiden altistus ei ylitä vertailukohteenä käytettyjä kahdeksan tunnin haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia (HTP_{8h}). Jätekeskuksessa esiintyvä pöly on todennäköisesti sekoitus hyvin monenlaista orgaanista ja epäorgaanista pölyä, eikä vertailussa sen vuoksi voida käyttää yksittäistä raja-arvoa. Mittausten perusteella lajitteluhalli on jätekeskuksen pölyisin paikka, mikä vastasi ennakkokäsitystä.

Kaikkien työntekijöiden henkilökohtaisista keräimistä mitattu altistuminen jäi alle $0,6 \text{ mg/m}^3$:aan. Suurin altistus ($0,57 \text{ mg/m}^3$) mitattiin konetyötä jätekeskuksen alueella tehneellä työntekijällä, mutta hänen mittaustulokseensa vaikutti todennäköisesti sähkö tupakan käyttö mittauksen aikana. Melkein yhtä suuri altistus mitattiin lajitteluhallissa koneella työskentelevällä työntekijällä ($0,54 \text{ mg/m}^3$). Verrattaessa lajitteluhallin työntekijän altistusta lajitteluhallin kiinteästä pisteestä mitattuun pölymäärään ($3,63 \text{ mg/m}^3$) voidaan havaita, että työkonen suodattimet suodattavat hallin pölymäärästä suurimman osan, ja ilma koneen ohjaushytissä on melko puhdasta. Jätekeskuksen työntekijöiden mukaan työkonien suodattimet ovat tavallista tehokkaampia.

Dustrakk 8533 -hiukkasmittarilla lajitteluhallissa tehdyt mittaukset osoittavat ilman pölymäärän olevan ajoittain melko suuri. Laite mittaa samanaikaisesti viittä eri hiukkasfraktiota (kokonaispöly (PM_{15}), PM_{10} , PM_4 , $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$). Kuvassa 5 on esitetty mittaustulokset kokonaispölyn osalta.



KUVA 5. Kokonaispölypitoisuudet lajitteluhallissa mittausajankohtana

Kaikkien hiukkasfraktioiden osalta voidaan havaita suurimpien pitoisuuspiikkien ajoittuvan työpäivän alkuun. Ilmeisesti tässä vaiheessa on lajiteltu erittäin pölyviä materiaaleja. Hetkellisesti esimerkiksi kokonaispölypitoisuus on ollut $10,6 \text{ mg/m}^3$, mutta piikin jälkeen pitoisuudet ovat laskeneet hyvin nopeasti. Keskimääräiset pölypitoisuudet ovat eri fraktioiden osalta olleet $0,213\text{--}0,750 \text{ mg/m}^3$.

Tehtyjen mittausten perusteella ei havaittu työntekijöiden altistuvan haitallisille pölymäärille. Pölyvien työvaiheiden suorittaminen enimmäkseen työkoneilla vähentää työntekijöiden altistusta. Mittaukset on kuitenkin hyvä uusida ajoittain, jotta voidaan varmistua hyvän tilanteen pysyvyydestä.

LÄHTEET

Hiukkastieto. 2008–2011. Helsingin yliopisto. www.hiukkastieto.fi/node/45

Lamberg, Tanja 2014. Jätehuoltoyhtiön työn vaarojen ja riskien arviointi.

Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma.

Rantanen, Salme, Pääkkönen, Rauno 2008. Työhygieniä. Kemialliset ja fysikaaliset tekijät. Työsuojeluhallinto. 110 s. ISBN 978-952-479-082-6.

SKC. <http://www.skcinc.com/prod/225-70.asp>

STM 2014. HTP-arvot 2014. Haitalliseksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu 2014:5. 93 s.

TSI. <http://www.tsi.com>.

KAATOPAIKAN KASVIHUONEKAASUJEN MONITOROINTI

Tuija Ranta-Korhonen

Kaatopaikkakaasua muodostuu orgaanisen jätteen hajotessa jätetäytössä hapettomissa olosuhteissa. Kaatopaikkakaasusta suurin osa on metaania (CH₄), joka on hajuton, räjähdysherkkä ja ilmaa kevyempi kaasumainen yhdiste. Lisäksi kaatopaikkakaasussa on hiilidioksidia (CO₂) sekä pieniä määriä muita yhdisteitä, kuten rikkivetyä (H₂S) tai siloksaaneja. Metaani on voimakas kasvihuonekaasu, sillä sen ilmastoa lämmittävä vaikutus on noin 25-kertainen hiilidioksidiin verrattuna. Valtioneuvoston kaatopaikoista antaman asetuksen (VNa 331/2013) mukaan kaatopaikkakaasu on kerättävä yhteen ja se on mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävä. Jos kaasua ei voida hyödyntää, on se poltettava. (VNa 331/2013, 8 §.) Kerääminen tapahtuu jätetäyttöön asennettavien putkistojen avulla. Kaatopaikkakaasusta voidaan kaasumoottorin tai -turbiinien avulla tuottaa lämpö- ja sähköenergiaa. Tällä tavoin voidaan vähentää jätehuollon tuottamaa ilmastokuormitusta. Jätesektorin aiheuttamat päästöt olivat vuonna 2013 2,3 milj. t CO₂-ekv., mikä oli noin 4 % kyseisen vuoden kokonaispäästöistä (Tilastokeskus 2015).

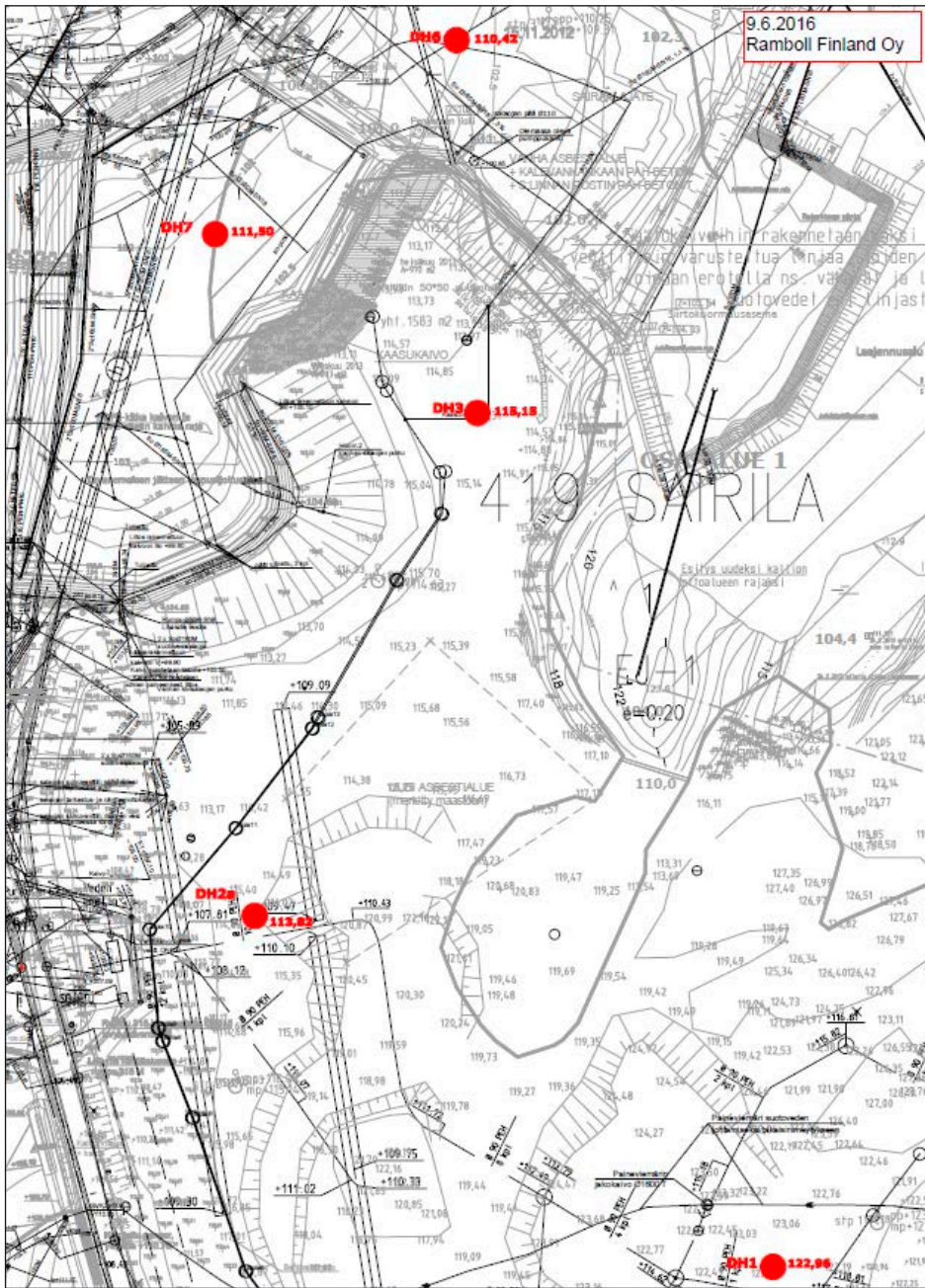
Metaanin tuotto on voimakkainta noin kahden vuoden kuluttua jätteen kaatopaikkasijoittamisesta. Tämän jälkeen kaasun muodostuminen vähentyy ja hidastuu, mutta syntyvän kaatopaikkakaasun määrän vähentymisestä huolimatta jäte voi tuottaa kaasua yli 25 vuotta. Tämä tosin riippuu jätteen laadusta (nopeasti vai hitaasti hajoavaa jätettä) sekä jätetäytön kosteusolosuhteista. (Putkonen 2016, 42.) Jotta anaerobinen mätäneminen toteutuisi jätetäytössä mahdollisimman tehokkaasti, tulisi jätteen kosteusprosentin olla noin 50–60 % (Putkonen 2016, 44.) Lisäksi jätetäytön tulisi olla tiivis ja peitetty, jotta saadaan aikaiseksi kaatopaikkakaasun muodostumiselle optimaaliset olosuhteet. Kaatopaikkakaasu sisältää tyypillisesti noin 37–68 tilavuusprosenttia metaania, noin 24–43 tilavuusprosenttia hiilidioksidia ja 15–500 ppm rikkivetyä. (Putkonen 2016, 18.)

Valtioneuvoston kaatopaikoista antaman asetuksen mukaan orgaanisen jätteen, jonka orgaanisen aineksen pitoisuus orgaanisen hiilen kokonaismääränä (TOC) tai hehkutushäviönä (LOI) määritettynä on yli 10 %, loppusijoitus on kielletty 1.1.2016 lähtien. Orgaaninen aines voi olla esimerkiksi paperia, pahvia, muovia, puuta tai muuta biohajoavaa ainesta. (Vna 331/2013.) Orgaanisen jätteen kaatopaikalle sijoittamisen vähentyessä vähentyy myös kaatopaikkakaasun tuotanto vääjäämättä. Kaatopaikkakaasua kuitenkin syntyy Suomen kaatopaikoilla vielä vuosikymmeniä. Vuonna 2014 Suomen kaatopaikkalaitokset tuottivat biokaasua yhteensä 94 029 milj. m³, josta hyödynnettiin sähkön- ja energiantuotannossa 74 686 milj. m³. Kaatopaikkakaasusta tuotettiin sähköä yhteensä 87 GWh ja lämpöenergiaa 216,7 GWh. Syntyneen kaatopaikkakaasun metaanipitoisuus vaihteli välillä 25–64 %. (Huttunen & Kuittinen 2015, 37.)

Metsäsairila Oy:n jätekeskuksen kaatopaikkakaasut ja suoritettut mittaukset

Metsäsairila Oy:n jätekeskuksen vanha jätetäyttö on ollut käytössä vuosina 1971–2007. Jätetäyttö muodostuu pääasiallisesti kotitalousjätteestä, jota on arviolta noin 1,2 milj. tonnia. Pinta-alaltaan vanha jätetäyttö on noin 7,5 hehtaaria. Uudelle jätetäytölle jätettä on sijoitettu vuodesta 2007 lähtien. Kaatopaikkakaasun kerääminen Metsäsairila Oy:n jätekeskuksella on aloitettu vuonna 2002, ja vuonna 2005 jätekeskukselle rakennettiin mikroturbiinilaitos kaasun energiasisällön hyödyntämiseksi. (Putkonen 2016, 67.) Mikroturbiinilaitoksella tuotettu lämpö käytetään jätekeskuksen prosesseihin ja tilojen lämmitykseen. Sähköenergia käytetään enimmäkseen paikan päällä, mutta sitä myydään myös valtakunnan verkkoon, mikäli sitä tuotetaan yli oman tarpeen. Vuonna 2015 kaasua syntyi 300 000 m³, mikä kyettiin hyödyntämään täysimääräisesti. Mikroturbiinilaitos tuotti sähköä 582 MWh ja lämpöä 832 MWh. Kaatopaikkakaasun metaanipitoisuus oli 56 %. (Huttunen & Kuittinen 2015, 38.)

Mikkelin ammattikorkeakoululla käynnissä olevan Horizon 2020 -ohjelmasta rahoitetun Smart Ground -hankkeen yhteydessä otettiin jätetäytön koostumuksen tutkimista varten kairaamalla näytteet sekä vanhasta että uudesta jätetäytöstä. Kairatut reiät putkitettiin siiviläputkilla. VIM-hankkeessa suoritettavat kaatopaikkakaasumittaukset on tehty näistä jätetäyttöön putkitetuista kaivoista. Kaivojen sijainnit on esitetty kuvassa 1. Kaksi mittauspistettä (DH6 ja DH7) sijaitsevat uuden jätetäytön alueella ja loput pisteistä (DH1, DH2a ja DH3) vanhan jätetäytön alueella. Alkuperäisen suunnitelman mukaan oli myös tarkoitus mitata kaatopaikkakaasun koostumusta mikroturbiineille tulevista kaasunkeruulinjoista, mutta mikroturbiini oli syksyllä 2016 epäkunnossa, eikä mittauksia voitu suorittaa.



KUVA 1. Kartta mittauspisteistä (Ramboll 2016)

Mittausten suorittamiseen käytettiin Geotech Ltd:n valmistamaa kenttäkäyttöön tarkoitettua kannettavaa kaasuanalysaattoria GA5000 (kuva 2). Analysaattorissa on oma sisäänrakennettu pumppunsa, ja sillä voidaan mitata kaasun sisältämiä metaani-, hiilidioksidi- ja happipitoisuuksia tilavuusprosentteina. Rikkivetypitoisuuden mittari ilmoittaa yksiköllä ppm.



KUVA 2. Kannettava kaasuanalysaattori GA5000 (Geotech 2014) (kuva Tuija Ranta-Korhonen)

Mittausten tulokset ja tulosten analysointi

Mittaukset Metsäsairila Oy:n jätekeskuksessa suoritettiin 5.10.2016. Mittaukset oli tarkoitus suorittaa kaivoista noin viiden metrin syvyydeltä, mutta sekä kaivo DH7 että DH2a oli täynnä vettä. Tämän vuoksi mittaukset päätettiin suorittaa kaivoista noin 1 metrin syvyydestä, jotta voitaisi olla varmoja siitä, ettei analysaattori pääse vioittumaan kosteuden vuoksi. Jokaisesta kaivosta mitattiin vähintään kaksi 1,5 minuutin mittaista mittausjaksoa. Mittausten tulokset on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Mittaustulokset 5.10.2016

Kaivo nro	CH ₄ (til.-%)	CO ₂ (til.-%)	O ₂ (til.-%)	BAL N ₂ (til.-%)	CH ₄ Peak (til.-%)	H ₂ S (ppm)	Huomioitavaa
DH1	26,10	17,30	11,90	44,85	27,2 ja 29,8	8	Kaksi mittausjaksoa
DH2a	5,05	3,95	19,35	71,65	5,3 ja 5,4	0	Kaksi mittausjaksoa
DH3	22,53	15,30	12,83	49,33	22,2, 22,4 ja 24,6	0	Kolme mittausjaksoa
DH6	40,10	34,70	0,55	24,65	40,2 ja 40	99 ja 120	Kaksi mittausjaksoa
DH7	2,40	2,30	20,00	75,30	3,3 ja 7,2	7 ja 8	Kaksi mittausjaksoa

Jäte hajoaa kaatopaikalle sijoittamisen jälkeen aluksi aerobisesti. Tässä vaiheessa jätetäytössä muodostuu enimmäkseen hiilidioksidia. Kun jätetäytön happi on kulunut loppuun, alkaa anaerobisen hapettumisen vaihe. (Ekroos 2013, 10.) Tämän perusteella kaivon DH6 ympärillä sijaitseva jätetäyttö olisi täyden anaerobisen hajoamisen vaiheessa, ja jätetäytön happi on käytännössä kulutettu loppuun. Kuten aiemmin jo mainittiin, olivat kairausreiät DH7 ja DH2a täynnä vettä, joten niistä saatujen mittaustulosten perusteella on mahdotonta sanoa mitään ympäröivien jätetäyttöjen tilasta. DH1 ja DH3 sijaitsevat vanhan jätetäytön alueella, ja niistä mitattujen tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että metaanituotannon trendi on jo laskusuunnassa. Jätetäyttöön kairattuihin reikiin asetetut siiviläputket eivät kuitenkaan ole tiiviitä, eikä niiden päällä myöskään ole kansia, jolloin ilmakehässä olevat happi ja typpi häiritsevät mittauksia ja vaikeuttavat tulosten tulkintaa.

LÄHTEET

Ekroos, Eemeli 2013. Kaatopaikkakaasun kertymä Mustankorkea Oy:n sekajätteen loppusijoitusalueella. Opinnäytetyö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Geotech 2014. <http://www.geotechuk.com/geotechs-first-ga5000-landfill-gas-analyser-takes-100000-readings-for-suez-environnement/>

Huttunen Markku J. & Kuittinen Ville. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 18, Tiedot vuodelta 2014. Julkaistu 2015. Itä-Suomen yliopisto. http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Biokaasulaitosrekisteri_2014.pdf.

Putkonen, Tapio 2016. Kaatopaikkakaasun hyödyntämiseen perustuvan sähköntuotannon teknistä taloudellista tarkastelua. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Ramboll 2016. Kartta jätetäyttöön kairatuista rei'istä.

Tilastokeskus 2015. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2013. Kokonaispäästöjen kehitys sektoreittain. http://www.stat.fi/til/khki/2013/khki_2013_2015-04-15_kat_001_fi.html

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista. VNa 331/2013.

MITATUN TIEDON JALOSTAMINEN YMPÄRISTÖN TILAN PARANTAMISEKSI JA YMPÄRISTÖRISKIEN ENNAKOIMISEKSI ETELÄ-SAVOSSA

Niina Laurila & Tuija Ranta-Korhonen & Hanne Soininen

Veden ja ilman monitorointi ympäristön tilan turvaamiseksi Etelä-Savossa -hankkeessa on tutkittu kaupunkialueella muodostuvien hulevesien vaikutusta Mikkelin alapuoliseen Saimaaseen sekä raakavedenottamoiden toimintaan. Vesinäytteitä on hankkeen aikana otettu kaupunkialueelta ja Saimaalta yhteensä 28 havaintopaikasta. Näytteitä analysoimalla on pyritty selvittämään muun muassa hulevesien mukana vesistöihin päätyviä ravinteita ja niiden määriä. Manuaalisen näytteenoton lisäksi tietoa on tuotettu online-mittauksilla. Hulevesiä ei rakennetussa ympäristössä ole otettu huomioon riittävän hyvin. Tiiviisti rakennetussa ympäristössä, kuten esimerkiksi kaupunkien keskustoissa, hulevesiä muodostuu vettä läpäisemättömien ja tiiviiden pintojen vuoksi normaalia enemmän. Rakennusten, teiden ja muiden rakenteiden tieltä poistetaan helposti ne kohteet, joissa voitaisi helposti ja luonnonmukaisesti käsitellä sade- ja sulamisvedet.

Mikkelin keskustan välittömässä läheisyydessä tuotetaan juomavettä Mikkelin alueen tarpeisiin. Hanhikankaalla Hanhilammen ja 7-nimisen joen valuma-alueella toimii Mikkelin vesilaitoksen pohjavedenotto. Kaihunharjulla puolestaan tuotetaan pintavedestä keinotekoisesti pohjavettä rantaimetyksellä. Käytettävän raakaveden laadulla on vaikutusta tuotettavan juomaveden laatuun. Valuma- ja hulevedet voivat sisältää runsaasti erilaisia yhdisteitä ja epäpuhtauksia, jotka voivat huonontaa käytettävän raakaveden laatua. Tällaisia epäpuhtauksia ovat muun muassa liikenteen päästöistä peräisin olevat raskasmetallit, vesistöön päätyneet eläinten jätökset ja roskat.

Hulevesitiedon tuottaminen

Hulevesitietoa tuotettiin Mikkelin kaupunkitaajaman alueelta 7-nimisestä joesta (Pankajoki–satama), Urpolanjoesta (Pitkäjärvi–Pursialanlahti), satamasta, Veturintallinlahden kosteikosta, Kaihunlahdesta, jätevedenpuhdistamon lammesta sekä Saimaasta (Savilahti–Kirkonvarkaus) otettujen näytteiden avulla. Näytteet otettiin vuodenaikojen mukaisesti keväällä, kesällä ja syksyisin kahden vuoden ajan. Tämän lisäksi vesistöjen tilaa mitattiin kahdella online-mittausjärjestelmällä. Online-mittausten kohteena olivat Pankajoki, Veturintallinlahden hulevesikosteikko sekä Kenkäveron jätevedenpuhdistamon alueella sijaitseva lampi, joka toimii valtatie 5 hulevesien sekä hulevesikosteikon ja Kaihunlahden hulevesien purkureittinä Saimaaseen. Näytteistä analysoitiin Mamkin ympäristölaboratoriossa pH, johtokyky, sameus, kiintoaine, liukoinen happi, COD_{Mn}, kokonaistyyppi ja -fosfori. Osa näytteistä analysoitiin ostopalveluna ulkopuolisessa laboratoriossa.

VIM-hankkeessa tuotetun datan lisäksi mallinnuksessa käytettiin hyväksi ympäristöviranomaisten samoista kohteista ottamien näytteiden tuloksia, jotka haettiin Suomen ympäristökeskuksen ympäristötietojärjestelmästä Hertasta. Mallinnuksessa käytetty virtaamatieto saatiin Suomen ympäristökeskuksen vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus ja arviointijärjestelmä VEMALA-vesistömallinnusjärjestelmästä.

Tiedon jalostaminen

Hulevesien mallintaminen kaupunkialueella koostuu yleensä kahdesta osiosta, joista ensimmäisessä mallinnetaan valuma-alueelta sadannan aiheuttama valunta ja toisessa mallinnetaan vedenkulku viemäriverkoston läpi. Tarkemmin kuvattuna ensimmäisessä osiossa valuma-alueen erilaisten pintojen valunta yhdistetään tulovirtaamaksi. Mallinnuksen toisessa osiossa pintavalunta kuljetetaan uoma-/putkiverkoston ym. kautta vesistöön saakka. (Metsäranta, 2003). Malliin voidaan lisätä osio hulevesien laadusta tai haitta-aineen aiheuttamasta kuormituksesta.

Hankkeen aikana tutustuttiin eri mallinnusohjelmiin. Taulukossa 1 on esitetty mallinnusohjelmien erot (https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Available_stormwater_models_and_selecting_a_model).

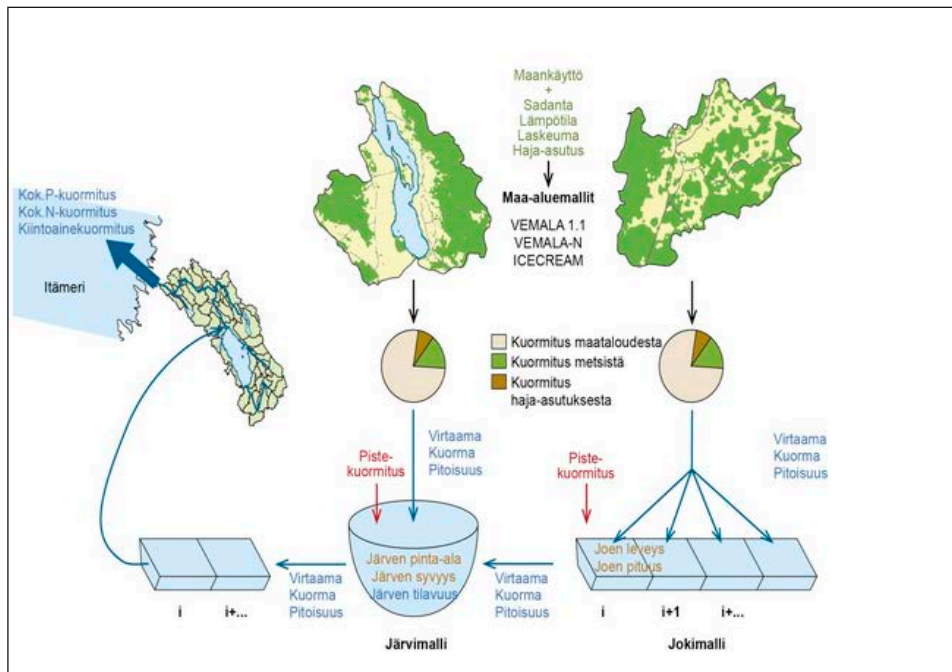
TAULUKKO 1. Mallinnusohjelmien vertailu

Malli	Sadannan-valunnan laskeminen	Hydrologinen malli	Hydraulinen malli	Yhdistetty hydrologinen ja hydraulinen malli	veden laatu	BMP calculator
TR-55	X					
Rational method (equation)	X					
HEC-1		X				
HEC-HMS			X			
Win TR-55 (or TR-20 DOS version)		X				
Win TR-55		X				
HydroCAD		X				
HEC-RAS			X		X	
HEC-2			X			
WSPRO			X			
CulvertMaster			X			
Flow Master			X			
PondPack				X		
EPA SWMM				X	X	
PC SWMM				X	X	
Info SWMM				X	X	
XPS SWMM				X	X	
MIKE URBAN (SWMM or MOUSE)				X	X	
ICPR				X		
InfoWorks ICM				X	X	
Mike 11				X		
CivilStorm				X		

Malli	Sadannan-valunnan laskeminen	Hydrologinen malli	Hydraulinen malli	Yhdistetty hydrologinen ja hydraulinen malli	veden laatu	BMP calculator
MODRET				X		
WINSLAMB					X	
P8					X	
BASINS					X	
QUAL2E/QUAL2K					X	
WinHSPF				X	X	
LSPC				X	X	
SWAT				X	X	
PLOAD					X	
PondNet					X	
WASP					X	
WMM					X	
WARMF				X	X	
SHSAM					X	
SUSTAIN		X			X	
Virginia Runoff Reduction Method	X					
MapShed					X	
MIDS calculator						X
EPA National Stormwater Calculator		X				
SELECT						X
Center for Neighborhood Technology Green Values National Stormwater Management Calculator						X
Metropolitan Council Stormwater Reuse Guide Excel Spreadsheet						X

Malli	Sadannan-valunnan laskeminen	Hydrologinen malli	Hydraulinen malli	Yhdistetty hydrologinen ja hydraulinen malli	veden laatu	BMP calculator
MCWD/MWMO Stormwater Reuse Calculator						X
North Carolina State University Rainwater Harvesting Model						X
i-Tree Streets						X
i-Tree Hydro						X
RECARGA						X
SELDM						X
MIDUSS				X		
QHM					X	
WWHM						X
HY8			X			
Hydraulic Toolbox			X			
SMS					X	
GWLF-E					X	
EPD-RIV1					X	
CE-QUAL-RIV2					X	
CE-QUAL-W2					X	

Taulukon mallinnusohjelmia verrattiin myös Suomen ympäristökeskuksen laatimaan vedenlaadun ja ravinnekuormituksen mallinnus- ja arviointijärjestelmä VEMALAAan (kuva 1). Tämä koko Suomen vesistöjä kattava ravinnekuormitusmalli koostuu kahdesta osaprosessista: hydrologisesta WSFS-mallista ja ravinneprosesseja simuloivasta mallista (Syke 2016). Hankkeen toimenpiteet päätettiin suorittaa Mamkille muussa yhteydessä hankituilla DHI (Danish Hydrolic Institute) – Water & Environment -yhtiön mallinnusohjelmilla, Ecolab-vedenlaatu-moduulilla laajennetulla Mike 11 -ohjelmalla sekä ohjelmalla Mike 21. Lisäksi hankkeen käyttöön hankittiin VEMALA-ohjelman käyttöoikeus.



KUVA 1. VEMALA-mallin rakenne

Malliohjelmista Mike 11:tä käytetään jokien mallintamiseen, ja sillä luodaan yksi-dimensionaalisia (1D) malleja, joilla voidaan mallintaa muun muassa aineen liikumista joen virtaussuunnassa sekä tulvimista. (<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-11>). Ecolab-vedenlaatu-moduulia voidaan vedenlaadun mallintamisen lisäksi käyttää mallintamaan vesiympäristön ekologista tilaa (<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/eco-lab>). DHI:n Mike 21:tä käytetään vastaavasti mallintamaan veden laatua rannikoilla ja merissä. Kyseiset ohjelmat hankittiin Mamkille syyskuussa 2015, jolloin datan mallintaminen pääsi kunnolla vauhtiin. Mallintamiseen oli hankkeessa varattu työaikaa kaksi kuukautta.

Mallit kaipaavat tarkennusta ja kalibrointia, sillä suuri osa mallin pohjana olevasta tiedosta on oletamaa. Mallia tehdessä on arvioita jouduttu tekemään muun muassa joen leveydestä, syvyydestä ja virtauksista. Näiden tarvittavien tietojen tuottaminen ei ollut mahdollista VIM-hankkeessa mallintamiseen varatun ajan lyhyiden vuoksi. Myös joitakin mallissa käytettyjen parametrien pitoisuuksia, kuten nitraattipitoisuuksia, jouduttiin arvioimaan. Nyt käytetyt mallit sisälsivät VIM-hankkeessa analysoitujen muuttujien lisäksi yhdisteitä, joita hankkeessa otetuista näytteistä ei oltu analysoitu. On epäselvää, olisiko näitä arvioituja yhdisteitä voitu jättää pois mallista, sillä mallit olivat käyttäjille uusia, eikä niiden kaikkia ominaisuuksia tunnettu. Ohjelmat olivat tuttuja koeversiotasolla, mutta vasta hankittaessa viralliset versiot saatiin käyttöön kaikki ohjelmien ominaisuudet.

Passiivinen näytteenotto

Euroopan yhteisön (EU:n) Vesipolitiikan puitedirektiivin VDP 2000/60/EY tavoitteena on pinta- ja pohjavesien hyvä tila. Puitedirektiivissä hyvän tilan kriteereistä osa on määritetty kemikaalipitoisuuksilla. Käytännössä tämä tarkoittaa vesiympäristölle haitallisten ja vaarallisten aineiden kuormituksen vähentämistä tai lopettamista. Prioriteettilistalla on tällä hetkellä 45 ainetta tai aineryhmää (2013/39/EU ja valtioneuvoston asetus 1012/2006, muutokset 1208/2015). Tällä hetkellä järjestetään EU:n laajuisia kartoituksia, joilla selvitetään eräiden aineiden pitoisuuksia vesiympäristössä. Tietoa tarvitaan, jotta voidaan päättää jonkin aineen tai aineryhmän kuulumisesta prioriteettilistaan (Siimes & Mehtonen & Mannio 2016).

Passiivisilla näytteenottimilla tehdyissä tutkimuksissa on osoitettu, että näytteenottimiin saadaan kerrytettyä ympäristölle ja ihmiselle haitallisia orgaanisia aineita havaittava määrä toisin kuin vesinäytteiden analysoinnin avulla. VIM-hankkeessa tehdyllä tutkimuksella on osoitettu passiivisten näytteenottimien toimivuus pohjaveden laadun seurannassa. Tutkimuksen kohde oli PAH-yhdisteillä kontaminoitunut pohjavesi. Menetelmällä saatiin vajaan kolmen viikon kerryttämisaikalla todennettua matalampia tutkittavien aineiden pitoisuuksia kuin vesinäytteistä saatiin määritettyä (Kettunen 2016).

Passiivista näytteenottoa käytettäessä ei edustavan näytteen ottamiseksi ole tarpeen pumpata vettä, minkä lisäksi näyte voidaan ottaa tietystä syvyydestä (CityChlor 2013). Passiivisilla näytteenottimilla voitaisiin monitoroida esim. tiivisti rakennetun ympäristön vaikutusta pohjaveden laatuun. Lisäksi passiivisia näytteenottimia voitaisiin käyttää vesiympäristölle haitallisten ja vaarallisten aineiden, kuten hormonien, diklofenaakkien tai neonicotinoidien, seurannassa. Passiivisten näytteenottimien käyttö pohjavesinäytteenotossa vaatii vielä tutkimusta ja kehittelyä, jotta oikea konsepti ja menettelytapa varmasti löytyvät.

Yhteenveto

VIM-hankkeessa tuotettiin mittausdataa, joka jalostettiin mallintamaan veden kulkeutumista sekä haitta-aineiden pitoisuutta sekä 7-nimisessä joessa että Saimaassa. Malleissa käytettiin hankkeessa tuotetun datan lisäksi hyväksi viranomaisten mittausdataa sekä VEMALAn virtaamatietoja. Nyt luodut mallit ovat vielä puutteellisia; toimivien mallien luomiseen tarvitaan vielä paljon tarkennusta maastotietoihin sekä tuotetun mallin kalibrointia sen oikeellisuuden ja toimivuuden takaamiseksi.

Mallinnuksen lisäksi hankkeessa tutkittiin passiivisten näytteenottimien käyttöä pohjaveden laadun seuraamisessa. Tehdyssä tutkimuksessa onnistuttiin monitorimaan PAH-yhdisteitä hyvin. Tulokset osoittivat passiivisen näytteenottimen toimivuuden kyseisessä ympäristössä, sillä passiivisen näytteenoton avulla vedestä löydettiin enemmän PAH-yhdisteitä kuin perinteisesti otetusta vesinäytteestä.

LÄHTEET

Metsäranta, Nora, 2003. Valunnan muodostuminen taajama-alueilla, laskentamallin kehitys ja soveltaminen. Diplomityö

https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Available_stormwater_models_and_selecting_a_model, luettu 15.11.2016

Syke 2016. [http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Itameren_vesistöjen_ ja_ vesivarojen_kestava_kaytto/Mallit_ ja_ tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Vedenlaadun_ ja_ ravinnekuormituksen_mallinnus_ ja_ arviointijarjestelma__VEMALA/Vedenlaadun_ ja_ ravinnekuormituksen_malli\(31769\)](http://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Itameren_vesistöjen_ ja_ vesivarojen_kestava_kaytto/Mallit_ ja_ tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Vedenlaadun_ ja_ ravinnekuormituksen_mallinnus_ ja_ arviointijarjestelma__VEMALA/Vedenlaadun_ ja_ ravinnekuormituksen_malli(31769))

<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-11>

<https://www.mikepoweredbydhi.com/products/eco-lab>

Siimes & Mehtonen & Mannio: EU:n tarkkailulistan aineet pintavesissä – Suomen kartoitustulokset, Vesitalous 5/2016, s. 30-34

Kettunen, Henri, Silikonikumisen passiivisen näytteenottimen käyttö PAH-yhdisteiden monitorointiin pohjavedestä 2016, s.1/s.54

CityChlor 2013. Groundwater quality measurement with passive samplers – Code of best practices. PDF-julkaisu. <http://rwsenvironment.eu/publish/pages/97222/>

[groundwater_quality_measurement_with_passive_samplers.pdf](#). s.13-14

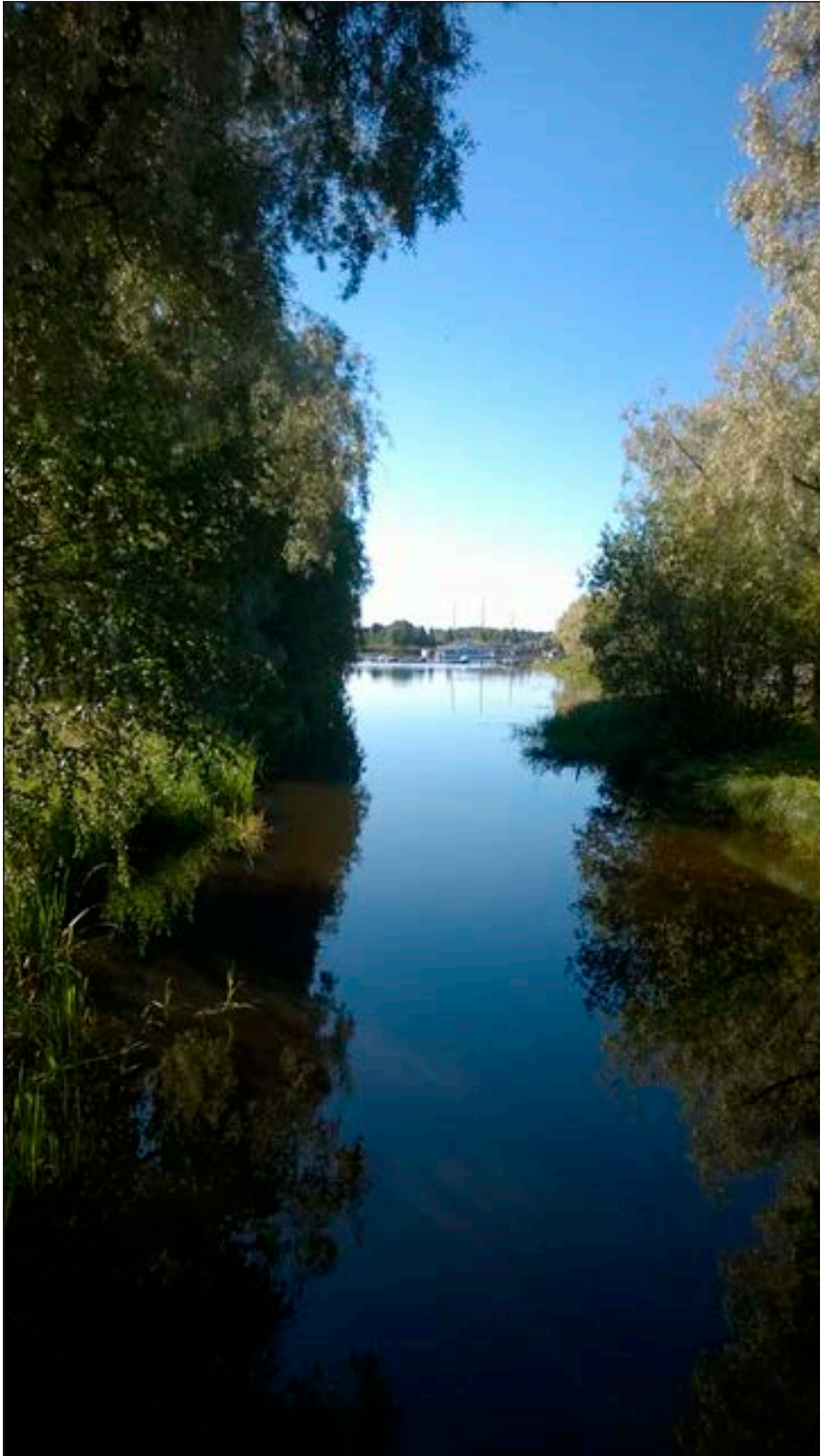
UUTTA MITTAUS- JA TUTKIMUSTIETOA

Yrjö Hiltunen & Hanne Soininen & Niina Laurila & Tuija Ranta-Korhonen

VIM-hanke on osaltaan kehittänyt alueellista ympäristömonitorointia mittaustiedon keräämisestä sen hyödyntämisen suuntaan. Alaan liittyvän liiketoiminnan lisäämiseksi on tunnistettu aiempaa paremmin maakunnan toimintaympäristön vahvuudet ja mahdollisuudet, jotka liittyvät ympäristötiedon keräämiseen, käsittelyyn ja hyödyntämiseen. Yhteistyötä on hankkeessa tehty muun muassa Etelä-Savon ELY-keskuksen, Mikkelin kaupungin ympäristöpalvelun, Mikkelin kaupungin kaupunkisuunnittelun, Metsäsaarila Oy:n, Mikkelin Vesilaitoksen, Etelä-Savon Energia Oy:n, Destia Oy:n ja Ramboll Finland Oy:n sekä Mikkelin kehittämissyhtiö Miksei Oy:n kanssa. Hankkeen aikana on tehty tuloksien tulkintaa, jossa jo olemassa olevaa ja hankkeessa tuotettua kohdennettua tietoa yhdistetään niin, että sekä yritykset, julkishallinnolliset tahot että yhteisö hyötyvät.

VIM-hankkeessa on saatu tuloksena mittaus- ja tutkimustietoa sekä menetelmäosaamista, joiden avulla voidaan ennakoida ja vähentää ympäristöriskejä. Hankkeen tulokset auttavat yrityksiä tehostamaan energiantuotantoa ja vähentämään investointi- ja huoltokustannuksia. Kansainvälisen vertailun, kertyvän mittaustiedon ja soveltavan tutkimuksen vahvuuksien avulla on tunnistettu yhdessä yritysten kanssa alueellisia vahvuuksia, joita kehittämällä on mahdollista saavuttaa kansainvälistä kaupallista kärkiosaamista ympäristötiedon hyödyntämisessä. Osion toteutukseen liittyen hankkeen tuloksia on esitelty alueellisissa ja kansainvälisissä tilaisuuksissa Suomessa ja Venäjällä. Lisäksi on keskusteltu kansainvälisissä tilaisuuksissa kerrytetyn mittaustiedon integroinnin tarjoamista mahdollisuuksista.

Ympäristötiedon jatkuva ja analyttinen kerääminen, tiedon analysoinnin kehittäminen ja sen sovellusmahdollisuuksien innovatiivinen etsiminen yhteydessä alan kansainväliseen kehitykseen mahdollistavat maakunnan nousun ympäristöturvallisuuden edelläkävijäksi. VIM-hankkeen tuloksena on saatu muun muassa analysoitua monitorointidataa yrityksille ja yhteisölle (kuva 1). Hankkeen toimenpiteet ja tulokset vähentävät ja tunnistavat alueen ympäristöriskejä sekä ohjaavat alueen yritysten toimintoja ympäristön tilan turvaamiseksi sekä yrityksen oman toiminnan, resurssien käytön ja kilpailukyvyyn tehostamiseksi.



KUVA 1. Puhdas vesistö on avain tulevaisuuteen (kuva Niina Laurila)

