

VESITALOUS

5/2004



MITTAUKSET

Tiedonsiirto

Automaatio



VESITALOUS

5 2004

Vol. XLV

Julkaisija

YMPÄRISTÖVIESTINTÄ YVT Oy

(omistajat:

Maa- ja vesitekniikan tuki ry ja
Vesi- ja viemäri- ja viemäri- ja viemäri- ja viemäri-

Päätoimittaja

TIMO MAASILTA, dipl.ins.

E-mail: timo.maasilta@mvtt.fi

Toimitus ja tilaukset

MARJA-LEENA JÄRVI

toimitussihteeri

Tontunmäentie 33 D

02200 Espoo

Puhelin ja faksi (09) 412 5530

E-mail: vesitalous@mvtt.fi

Talous

TAINA HIIKKIÖ

Puhelin (09) 694 0622

Faksi (09) 694 9772

Nordea 120030-29103

E-mail: taina.hihkio@mvtt.fi

Ilmoitukset

MIKKO KORHONEN

Ollilantie 11 S

04250 Kerava

Puhelin ja faksi (09) 242 8057

GSM 0500 707 757

E-mail: mikko.korhonen@mark-kor.fi

Kannen kuva

JUHANI KETTUNEN

Painopaikka

FORSSAN KIRJAPAINO Oy

ISO 9002

ISSN 0505-3838

Ilmestyy kuusi kertaa vuodessa.

Vuosikerran hinta 50 €.

www.vesitalous.com

Tämän numeron kokosivat

ja toimittivat

JUHANI KETTUNEN

E-mail: juhani.kettunen@rktl.fi

MARKKU PUUPPONEN

E-mail: markku.puupponen@ymparisto.fi

2 VESITALOUS 5 2004



SISÄLTÖ

Mitä vesiala voisi oppia sillinpurkituksesta?

Juhani Kettunen

5

Avaruuden vedet

Walter Schmidt

Avaruustutkijat haluavat vastata kolmeen kysymykseen:

Mistä tulemme? Onko avaruudessa vettä?

Kykenemmekö elämään muilla planeetoilla?

6

Telemetry ja automaatio ympäristönseurannassa

Samuli Räisänen ja Heikki Turtiainen

Laitteiden suorituskyky kasvaa, mutta haasteena ovat edelleen

huolto ja antureiden kalibrointi.

9

Patojen valvonta

Marja Englund

Valokaapelitekniikan avulla patojen kuntoa valvotaan

reaaliaikaisesti.

14

Jokien mallinnus ja telemetry

Markku Lahti, Veli-Pekka Sirniö ja Teppo Vehanen

Virtaus- ja elinympäristömallien avulla kuvataan jokien

ympäristöllisiä olosuhteita ja kalojen elinolosuhteita.

16



TOIMITUSKUNTA

JUHANI KETTUNEN

tekn.tri, dosentti

tutkimusjohtaja, professori

Riista- ja kalatalouden

tutkimuslaitos

Teknillinen korkeakoulu

ESKO KUUSISTO

fil.tri, hydrologi

Suomen ympäristökeskus,

hydrologian yksikkö

MARKKU MAUNULA

dipl.ins., yksikönpäällikkö

Suomen ympäristökeskus

asiantuntijapalveluosasto

vesivarayksikkö

MARJA LUNTAMO

dipl.ins., johtaja

Porin Vesi

PIPSA POIKOLAINEN

dipl.ins., maat.metsät.kand

Uudenmaan ympäristökeskus

LEA SIIVOLA

dipl.ins., ympäristönewos

Länsi-Suomen ympäristölupavirasto

RIKU VAHALA

dipl.ins. (väit.)

Vesi- ja viemäri- ja viemäri-

OLLI VARIS

tekn.tri, dosentti, akatemiatutkija

Teknillinen korkeakoulu

ERKKI VUORI

lääket.kir.tri, oikeuskemian professori

Helsingin yliopisto,

oikeuslääketieteen laitos

Jätevedenpuhdistamon etävalvonta asiantuntijapalveluna

Jyri Rautiainen

Kiteen puhdistamon seuranta ja ohjaus ostetaan ja hoidetaan Savonlinnasta.

19

Hydrologisten mittausten haasteet

Markku Puupponen

Ympäristömittausten integrointi on kunnianhimoinen tavoite, jossa hydrologialla voisi olla tärkeä rooli.

25

Vedenlaadun seuranta automatisoituu

Timo Huttula, Antti Lindfors ja Mikko Kiirikki

Uudet menetelmät tuottavat sekä paikallisesti että ajallisesti tarkempaa tietoa.

29

Telemetry kalantutkimuksessa

Jaakko Erkinaro ja Petri Karppinen

Telemetriaviesti tuo tiedot kalojen vaelluksista, kutukäyttäytymisestä ja jopa fysiologiasta.

33

Kaukokartoitus vesistön seurannassa

Jari Silander, Jouni Pulliainen ja

Martti Hallikainen

Satelliitit seuraavat ympäristön tilaa ja tulvia.

Niitä voidaan käyttää myös kuormituksen arviointiin.

36

Liiketoimintaa mittauksista

Piia Moilanen

TEKESin ohjelma vauhdittaa mittausjärjestelmien kehitystä.

40

Puheenvuoro

Lea Siivola

41

Ylä-Savon vesihuoltoyhteistyö

Helena Valta

Ylä-Savon kunnat yhdistivät voimansa vesilaitosten automatisoinnissa.

42

Liikehakemisto

45

Abstracts

49

Vesi muuttuu tiedoksi

Jan-Erik Enestam

50

Asiantuntijat ovat tarkastaneet lehden artikkelit.

VESITALOUS 6/2004

ilmestyy 17.12. Teemana on typenpoisto, kokoajina Marja Luntamo ja Lea Siivola. Ilmoitusvaraukset 18.11. mennessä.

www.vesitalous.com

Pyydä vesihuollon
tarviketarjous Vesitalouden
markkinapaikan kautta!





Pumppaamoperhe Liningilta

PROLINING

- linjapumppaamo PRO 1400
- kiinteistö- ja linja-
pumppaamo PRO 1100
- kiinteistö-
pumppaamo PRO 800
- perusvesi-
pumppaamo PRO 700



- kierteetön liitosjärjestelmä - DN 32-300





Juhani Kettunen

tekn.tri

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos

Kymmenisen vuotta sitten suomalaisella yritysjohtajalla oli teollisuusautomaatioon liittyvä ongelma. Hän halusi säästää kallista käsityötä ja kehittää koneen, jolla Ahti-sillit saataisiin lasipurkkiin niin, että ne houkuttelisivat kuluttajan valitsemaan mainitun tuotteen. Kalanfileestä leikatut selkäpalat piti saada lasipakkauksen kehälle symmetrisesti, ulkopinta kauniisti ulospäin. Aikansa ongelman kimpussa kamppailtuaan ja esimerkiksi "jäisiä metallisormia" kokeiltuaan johtaja päätyi kysymään kehitysapua Tampereen teknillisestä korkeakoulusta. Itsensä, yrityksensä, asemansa ja asiansa esitettyään johtaja koki yllätyksen. Tampereella puhelimeen vastannut professori meni hiljaiseksi. Tauko loppui, kun professori kuin jotenkin varmistellen kysyi, kenen kanssa hänellä olikaan kunnia keskustella. Toimitusjohtaja toisti nimensä ja tittelinsä. Vastausta seurasi vieläkin kammottavampi äänettämyys. Hetken kuluttua vastapuoli kuitenkin iski kysymyksellä "Luetteko lehtiä?" Keskustelu oli saanut taas uuden käänteen, mutta toimitusjohtaja vannoni lukevansa lehtiä. "Entä katsotteko televisiota", jatkoi professori. "Toki katson televisiota", vastasi johtaja. Anteeksi, mutta kenenkään kanssa minun olikaan kunnia keskustella, jatkoi professori haastavasti. Kolmannen kerran, nyt

jo hieman tuskastuneena, johtaja esitteli itsensä, korosti asemaansa yrityksessä ja toisti ongelmansa. Syntyi jälleen suuri hiljaisuus. Sen katkaisi professorin kylmä kysymys: "Jos olette yrityksen johtaja, jos yrityksenne on menestyvä ja jos vielä sanotte lukevanne lehtiä ja katsovanne televisiota, ettekö tiedä, että ihminen on käynyt kuussa." Vasta kun toimitusjohtaja myönsi olleensa selvillä myös kuussa käynneistä syntyi asiallinen keskustelu ja alustava sopimus kehitysprojektista. Ensimmäinen prototyyppi sillinpurkituskoneesta syntyi muutamassa viikossa – hyvässä yhteistyössä tutkijoiden ja teollisuuden välillä.

Vesiala potee monessa mielessä toimitusjohtajamme tautia. Luemme lehtiä, katsomme televisiota ja tiedämme, että tekniikka menee jo pitkällä. Avaruustutkijat kartoittavat avaruuden vesivarjoja ja siirtävät havaintojaan maahan jopa sadan miljoonan kilometrin etäisyydeltä. Tästä huolimatta me vesihmiset puemme vuodesta toiseen saappaat jalkaan ja käymme lukemassa asteikkomme ja haemme vesinäytteemme kuin tekniikkaa ei olisi olemassakaan. Mittaustekniikka on jo vuosikymmeniä ohjannut vettä käyttävän teollisuuden prosesseja, mutta kun sama teollisuus purkaa jätevesiään vesistöihin, ihmettelemme edelleen sitä,

Mitä vesiala voisi oppia sillinpurkituksesta?

kuinka monesta manuaalisesta näytteestä kuormituksen voisi riittävällä tarkkuudella laskea. Piia Moilanen raportoi tässä lehdessä asioiden olevan samalla tolalla myös puhdistamopuolella.

Vesi- ja ympäristötekniikka ja vesientutkimus voisivat olla automaation ja tiedonsiirron suhteen pidemmällä. Tilanne ei ole kuitenkaan toivoton. Vesi- ja ympäristöala voi oppia muilta aloilta, jopa kopioida toisten keksimiä ratkaisuja. Oppia voimme saada avaruuden tutkimuksesta, mutta myös paljon lähempää. Rohkenen väittää, että eri vesitekniikan lohkot voisivat oppia tekniikkaa toisiltaan, jos keskustelua ja ajatustenvaihtoa olisi enemmän. Tärkeää olisi saada myös yritykset kiinnostumaan alan tekniikasta ja sen toimijoiden keskeisistä arkipäivän ongelmista, koska se voisi olla jopa tuottavaa liiketoimintaa.

Ajatus käsillä olevaan Vesitalous-lehden teemanumeroon syntyi vuoden 2004 alussa. Lisää vauhtia se sai, kun Vesiyhdistyksen vesistöjaos päätti osallistua numeron valmisteluun. Saimme nyt julkaistaville artikkeleille myös asiantuntevat kirjoittajat. Toivomme, että keskustelu tekniikasta jatkuisi myös tästä eteenpäin eikä äänettämiä hetkiä syntyisi.



AVARUUDEN VEDET



Walter Schmidt

tohtori, ryhmäpäällikkö

Ilmatieteen laitos

E-mail: Walter.Schmidt@fmi.fi

Kirjoittaja on aurinkokunnan tutkimuksen ryhmäpäällikkö ja hän on ollut päävastuussa mm. SOHO-, Rosetta-, Smart-1-, Mars Express- ja Venus Express -luotaimissa olevista tai niihin tulevista mittalaitteista ja instrumenteista.

Avaruudessa olevan veden esiintymistä on yritetty selvittää niin maahan ja tekokuihin sijoitetuilla kaukokartoitusmittalaitteilla kuin planeettojen ja kuiden pinnoilla paikan päällä tehtävillä mittauksillakin. Viimeaikaiset löydöt osoittavat vettä olevan ainakin Marsissa, todennäköisesti muillakin planeetoilla sekä mahdollisesti myös Kuussa. Komeetoissa puolestaan on vesijäättä ja sitä on myös pudonnut maapallollemme sen historian aikana niin valtavia määriä, että huomattava osa Maan vedestä voi hyvinkin olla avaruudesta peräisin.

Löytääksemme vastauksia veteen liittyviin kysymyksiin voimme havainnoida ja analysoida aurinkokunnan eri osista tulevaa valoa. Lopullinen vahvistus veden määrästä ja jakaumasta planeetoilla, kuissa ja komeetoissa on kuitenkin saatavissa vain laskeutumalla niille ja mittaamalla vettä suoraan.

Vettä etsitään maapallon ulkopuolelta, jotta pystyttäisiin vastaamaan kolmeen peruskysymykseen: Mistä olemme peräisin? Onko Maan ulkopuolella elämää? Kykenemmekö asumaan ja elämään muilla planeetoilla?

Viime vuosien aikana on kehitetty ja otettu avaruustutkimuksen saralla käyttöön useitakin niin kaukokartoitus- kuin suoriakin havaintomenetelmiä.

Kaukokartoitusmenetelmät

Kun Auringon tai (muun) tähden valo kulkee kaasun lävitse, osa valosta imeytyy eli absorboituu läpäistävälle kaasulle ominaisella tavalla. Vertaamalla valolähteestä suoraan tullutta valoa kaasun läpäiseseeseen valoon eri aallonpituuksilla nähdään jokaisen kaasuatomien tai -molekyylilajin jättävän tunnusomaisen jälkensä. Kaasu on siten periaatteessa tunnistettavissa tällä absorptiospektroskooppisella menetelmällä. Maassa olevia teleskooppeja käytettäessä maapallon kaasukehän kaasut muokkaavat jo saapuvan valon ominaisuuksia, jolloin samojen kaasujen havainnointi avaruudesta on erittäin vaikeaa. Tästä syystä monissa tutkimustekokeissa ja -luotaimissa on optisia spektrometreja, joilla voidaan havainnoida kaasutihentymiä aurinkokunnassamme, muiden planeettojen (tai kuiden) kaasukehissä sekä muualla galaksissamme.

Tyypillinen maapalloa tai muita planeettoja kiertävään tekokuuhun sijoitettu mittalaitte koostuu erikoiskäsitelystä peilistä tai prismasta, joka muuttaa saapuvan valon suuntaa sen aal-

lonpituuden mukaan. Nykyisten digitaalikameroiden kaltainen erittäin herkkä CCD-ilmaisain taltioi valoa muuttaman kerran sekunnissa tekokuun kiertäessä planeetan ympäri. Kukin taltio (eli kuva) koostuu esimerkiksi 1024 kuvaelementin (pikselin) rivistä ja pitää sisällään kokonaisen suuresoluutiospektrin jokaista pistettä kohden. Vertaamalla mitattujen ja Maassa tehtyjen laboratoriomittausten intensiteettien eroja saadaan yleensä varsin hyvä arvio valon läpäisemän väliaineen sisältämistä kaasumolekyyleistä.

Käytettävissä on kaksi valolähdettä, Aurinko ja tähdet. Tähän asti useimmat tekokuut ovat käyttäneet taivaankappaleiden pinnoista heijastunutta auringonvaloa. Tällaisessa tilanteessa jo pintamateriaalit muuttavat valon jakaumaa alkuperäiseen verrattuna ja jos taivaankappaleella on kaasukehä, se muuttaa jakaumaa edelleen. Havaintoaineiston tulkitsemiseksi on tunnettava Auringon tarkka säteily-spektri havaintohetkellä sekä kyettävä mallintamaan kaasukehän havaintohetken paine, lämpötila sekä mahdollisesti myös tuulen nopeus. Ensioletukset ja -arvaukset ovat karkeampia ja epätarkempia, niillä tehdään ensimmäiset, alustavat tulkinnot, joita sitten tarkennetaan lisä- ja tarkemman tiedon myötä. Valtaosa muiden planeettojen ja kuiden kaasukehistä perustuu yllä kuvatuun kaltaisiin havaintoihin.

Vaihtoehtoinen ns. tähtiokkultaatio- menetelmä kohdistaa kameran kohti hieman horisontin yläpuolella olevaa tähteä. Avaruusaluksen liikkuaessa radallaan tähden valo läpäisee yhä enemmän ja enemmän kaasukehää, kunnes valo ei enää ole havaittavissa. Sitten mittalaitteella valitaan uusi havainnoitava tähti ja mittaus toistetaan. Näin mitatuista spektreistä voidaan koostaa kaasujen korkeusprofiilit ja edelleen kaasujen kolmiulotteinen jakauma koko kaasukehässä. Tätä menetelmää käytetään sekä Envisat-tekokuussa olevassa GOMOS-mittalaitteessa (jonka päätarkoitus on havainnoida Maan ilmakehän otsonia) että Mars Expressin SPICAM-mittalaitteessa. Ilmatieteen laitoksen tutkijat ovat mukana kummassakin mittalaitteessa.

Kummallakin mittausmenetelmällä mitataan myös kaasukehän vesimäärää – joko päätavoitteena tai sivutuotteena.

Vaihtoehtoisesti voidaan hyödyntää indusoitua fluoresenssia, jossa tietty aallonpituinen valo viritää elektronin kvanttitiloja, joiden purkautuessa perustilaan atomit emittoivat täsmälleen samaa aallonpituista valoa kaikkiin suuntiin. Tyypillisiä esimerkkejä ovat auringon 121 nm ultraviolettivalon vuorovaikutus neutraalin vedyn Lyman-alfa-siirtymän kanssa tai säädettävän aallonpituuden laserien/lidarien käyttö Maassa ilmakehän havainnointiin (lidar – light detection and ranging).

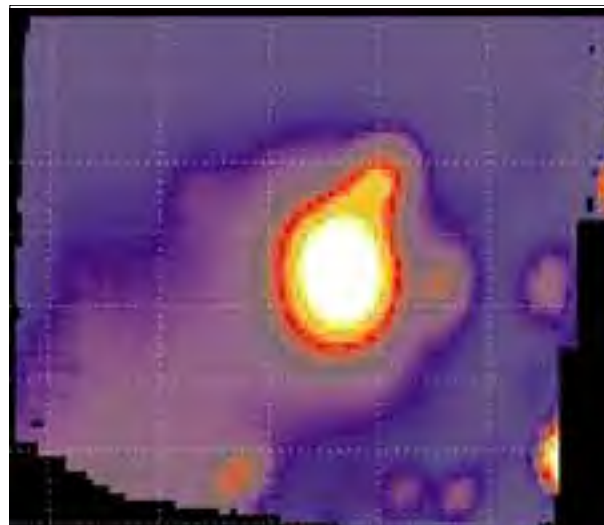
Vesi aurinkokunnan taivaankappaleiden läheisyydessä

Avaruudessa Auringon ultraviolettivalo hajottaa vettä atomaarisiksi vedykseksi ja hapeksi. Vapaat vetyatomit sirottavat ultravioletin 121 nm Lyman-alfaviivaa hyvin tehokkaasti, koska vetyatomit ensin absorboivat tätä aallonpituutta elektronien siirtymään perustilan ja ensimmäisen viritetyn tilan välillä ja sitten emittoivat tällä aallonpituudella elektronien palatessa perustilaan. Tätä ilmiötä hyödynnetään Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) -tekokuun Solar Wind Anisotropy (SWAN) -mittalaitteessa. SWAN on mi-

tannut vuodesta 1996 alkaen Lyman-alfa-säteilyä koko aurinkokunnassa. Tämä ranskalais-suomalainen mittalaitte näkee komeettojen ja planeettojen vesiemission paikallisena valon intensiteetin kasvuna, johon perustuen voidaan arvioida taivaankappaleesta poistuneen veden määrää. Vetyatomien liike aiheuttaa 121 nm viivaan Dopplersiirtymää, josta voidaan edelleen arvioida veden poistumisnopeuksia. SWAN:in mittausten mukaan maaliskuussa 1997 hyvin näkyvä komeetta Hale-Bopp syöksi ulos vettä jopa 22 tonnia sekunnissa (kuva 1). Sama mittalaitte on myös mitannut veden määrää Maan lähiavaruudessa, jolla alueella vettä yhtäältä pakenee Maan ilmakehästä, mutta myös tulee kaasukehään meteoroidien myötä. Kuvassa 2 nähdään ultraviolettivalon – osittain ha-



Kuva 1. SOHO/SWAN-mittalaitteen kuva pohjoisen taivaan puolikkaasta. Kuvassa näkyy komeetta Hale-Boppia ympäröivä vesipilvi ultraviolettivalossa.



Kuva 2. SOHO/SWAN -kuva noin 1,49 miljoonan km etäisyydeltä Maata ympäröivästä vesipilvestä. Vaalea, kirkas keskiosa on läpimitaltaan noin kymmenen kertaa maapallon läpimitalta. Aurinko on kuvassa vasemmalla.

jonneista vesimolekyyleistä aiheutuva – intensiteettijakauma maapallon ympärillä. Tuohon varsin monimutkaiseen jakaumaan vaikuttavat maan ja valtamerien jakauma sekä Kuu. Veden saapuminen Maan ilmakehään meteoroidien myötä on hiljattain vahvistettu LIDAR-mittauksilla. Kuten kuvasta nähdään, Maata ympäröi suuri määrä vettä, jopa noin kolmasosaan Kuun etäisyyttä saakka.

Vettä Marsissa

Absorptiospektroskooppisia mittauksia käytetään Marsin kaasukehän havainnointiin ja analysointiin. Valonläh-

teinä ovat joko Aurinko tai tähdet. Hiljattain heijastunutta auringonvaloa havainnoiva Mars Express -luotaimen Omega-mittalaitte havaitsi Marsin eteläisellä napa-alueella olevan niin hiilidioksidista kuin vedestäkin koostuvaa jäätä. Tähtiokkultaatioon perustuva SPICAM-mittalaitte on puolestaan havainnut jälkiä vedestä muuallakin Marsin kaasukehässä. Mars Expressin Aspera-3:n massaspektrometrit ovat myös havainneet vetyä ja happea, todennäköisesti peräisin Marsin kaasukehästä poistuvista ja osasikseen hajonneista vesimolekyyleistä. Yksityiskohtaisia analyysituloksia julkaistaan lähikuukausina.



Kuva 3. Vaisalan kapasitiiviseen kosteusanturiin perustuva pieni ja herkin avaruussovelluksiin tarkoitettu kosteusanturi. (Kuva: Ilmatieteen laitos)

Veden havaitseminen planeettojen ja komeettojen pinnoilla

Kaukokartoitusmenetelmät osoittavat selvästi veden olemassaolon muilla planeetoilla ja kuilla, jopa maapallon kuun eteläisellä napa-alueella. Mars Expressin mukana lähetetyn Beagle-2:n tai Rosettan Philae'n kaltaisilla laskeutumisaluksilla voidaan kuitenkin havainnoida suuremmin sitä, missä ja missä muodossa vettä esiintyy. Marsissa on vettä pinnalla ja sitä myös pakenee avaruuteen, joten vettä on oltava ainakin jonkin verran myös kaasukehässä. Ilmatieteen laitos toimitti Beagle-2-laskeutujaan pienikokoisen mutta herkän kosteusanturijärjestelmän, jonka kaltaisia tullaan lähettämään myös muiden pinnoille laskeutuvien luotainten mukana: laitteessa on taajuuspohjaisessa anturissa pieni kondensaattori, jonka kapasitanssi ja siten taajuus riippuvat kosteudesta. Laitteessa on myös vastus, jota voidaan tarvittaessa lämmittää ajamalla sen läpi virtaa, jolloin kondensaattorista voidaan poistaa siihen kertynyt kosteus. Normaalisti tämä vastus toimii lämpötila-anturina. Kuvassa 3 nähdään esimerkki: 20 mm:n läpimitaisella ja massaltaan alle 15 g:n anturi kykenee mittaamaan suhteellista kosteutta vaihteluvälillä 2...97 % lämpötila-alueella -70...+30°C, alue on optimoitu muille planeetoille suuntautuvia lentoja varten.

Planeetan tai komeetan pinta-aineksen sisältämän veden määrää voidaan mitata permittiivisyysanturilla (Per-

Kuva 4. Taiteilijan näkemys Rosetta-luotaimen Philae-laskeutujasta sekä PP-mittalaitteen viidestä elektrodista. Mittauselektrodit ovat etujaloissa, yksi virtaelektrodi kolmannessa jalassa. Toisena virtaelektrodina voidaan käyttää vaihtoehtoisesti kahta keskellä olevaa elektrodia, jolloin mittausgeometriaa voidaan vaihtaa. Nämä elektrodit on kiinnitetty laskeutujan muiden mittalaitteiden antureihin. (Kuva: SESAME)



mittivity Probe, PP), jollainen on esimerkiksi ESA:n Rosetta-luotaimen Philae-laskeutujassa. Ilmatieteen laitos on päävastuussa laitteesta, joka hyödyntää vesimolekyylien polaarisuutta ja tapaa reagoida sähkökenttiin. Laitteessa on neljä pintaan kosketuksessa olevaa elektrodia. Elektrodien muoto ja keskinäinen sijainti eivät ole kriittisiä, joskin ne on tunnettava. Vastakkaisten elektrodien välillä ajetaan taajuudeltaan 10 Hz...10 kHz vaihtovirtaa samalla kun kaksi muuta elektrodia mittaa pinta-ainekseen syntyvää sähkökenttää. Taajuuden ollessa riittävän pieni pinta-aineksessa olevat vesimolekyylit vaihtavat suuntaansa samassa vaiheessa vaihtovirran kanssa. Taajuuden kasvaessa

edelleen vaihtovirran ja mitatun vaihtojännitteen vaihe-ero kasvaa samalla kun pinta-aineksen johtavuus laskee. Suureiden käyttäytyminen riippuu havainnoitavan pinta-aineksen tilavuuden vesipitoisuudesta ja lämpötilasta, mikä mahdollistaa aineksen vesimäärän ja lämpötilan määrittämisen. PP-laitteen elektrodien sijainti Philae-laskeutujassa nähdään kuvassa 4.

Kaikkia avaruussovelluksiin kehitetyt vedenmittausmenetelmiä voidaan käyttää myös Maassa. Koska avaruuslaitteiden on oltava pieniä eivätkä ne saa kuluttaa paljoa energiaa, samankaltaisia mittalaitteita saatetaan käyttää siis tulevaisuudessa myös maanpäällisissä sovelluksissa. ■

Telemetria ja automaatio ympäristönseurannassa

Mittalaitteiden suorituskyvyn kasvu, pienenevä tehonkulutus ja yksikköhintojen lasku yhdessä uusien langattomien tiedonsiirtomenetelmien kanssa mahdollistavat tiheät havaintoverkot ja havaintojen reaaliaikaisen hyödyntämisen Internetin kautta. Havaintoverkkojen ylläpidon haasteeksi muodostuvat huolto ja antureiden kalibrointi.



Samuli Räisänen

dipl.ins.

Vaisala Oyj

E-mail: samuli.raisanen@vaisala.com

Kirjoittaja toimii hydrologisten havaintojärjestelmien integrointiryhmän päällikkönä.



Heikki Turtiainen

dipl.ins.

Vaisala Oyj

E-mail: heikki.turtiainen@vaisala.com

Kirjoittaja työskentelee hydrometeorologisten mittausten ja sovellusten kehitystehtävissä.

Nykyaikaisen hydrometeorologisen havaintoverkon on tuotettava reaaliaikaista mittaustietoa, joka on aiempaa tarkempaa, ajallisesti sekä maantieteellisesti tiheämpää ja lisäksi sisältää uusia mittaussuureita.

Havaintoverkkoihin kohdistuvat vaatimukset lisääntyvät sovellusten määrän ja merkityksen kasvaessa. Perinteisten hydrologian sovellusten, kuten tulvaennusteiden, vesistöjen säännöstelyn ja kastelun ohjauksen merkitys lisääntyy jatkuvasti. Samalla syntyy uusia sovellusalueita liittyen erityisesti veden laatuun, ilmastonmuutosten vaikutuksiin sekä vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapitoon.

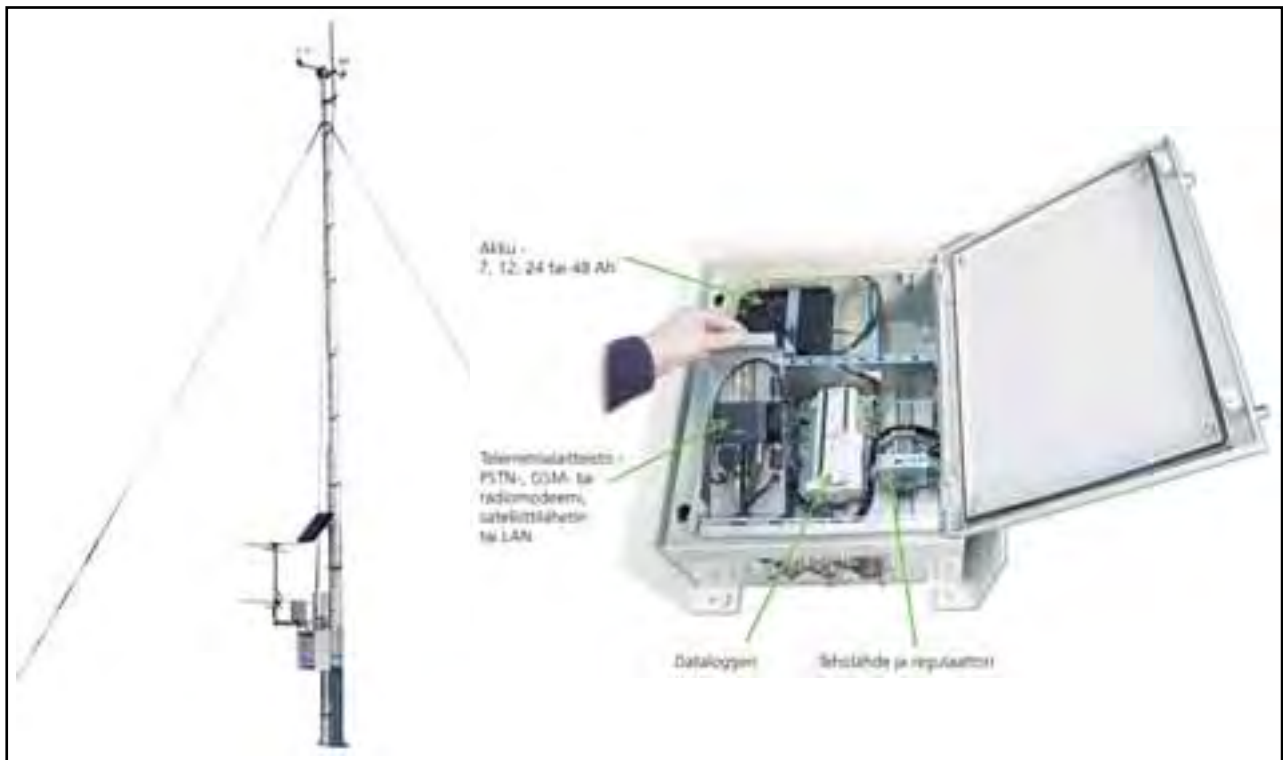
Kaikeksi onneksi samaan aikaan tapahtunut tietojenkäsittelykapasiteetin kasvu mahdollistaa yhä suurempien datamäärien hyödyntämisen sekä hyvin nopeat vasteajat monissa sovelluksissa, esimerkkinä reaaliaikaiset tulvaennusteet Keski-Euroopassa.

Vaikka nopeasti kehittyvät kaukokartoitusmenetelmät kuten säätutka ja

satelliittimittaukset osaltaan täyttävät näitä tarpeita, tulevat in-situ-mittaukset muodostamaan hydrometeorologisten mittausten rungon jatkossakin. Haasteena on toteuttaa yhä tiheimmät, maantieteellisesti hajautetut havaintoverkot kohtuullisin investointi-, huolto- ja tiedonsiirtokustannuksin. Ratkaisua on haettava mittausten automatisoinnista ja telemetriasta.

Mittausten automatisointi

Mittausten automatisointi on luonnollinen, teknologian kehittymisen mukanaan tuoma ilmiö. Ajavana voimana on erityisesti kustannusten minimointi, sillä verkkojen tihtyessä ja näytteenottovälien lyhentyessä käy ihmishavaintsijan käyttö nopeasti liian kalliiksi. Elektroniikan, tiedonsiirron ja anturiteknologian kehitys onkin jo mahdollistanut ihmishavaintsijan korvaamisen automaattisella telemetrialaitteistolla lähes kaikissa hydrometeorologisissa sovelluksissa.



Kuva 1. Suomessa valmistettu kompakti, modulaarinen, vähän tehoa vaativa ja ankaria olosuhteita kestävä havaintoasema meteorologisiin, hydrologisiin ja muihin ympäristömittauksiin. Peruskokoonpanossa on anturit tuulen, sateen, ilmanpaineen, suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaamiseen. Lisäantureita on saatavilla laaja joukko mm. veden korkeuden ja lämpötilan, veden laadun, kokonais- ja nettosäteilyn sekä maan kosteuden ja lämpötilan mittaamiseen. Kommunikaatiota varten on käytettävissä lähes kaikki telemetriavaihtoehdot modeemista Inmarsat-satelliitteihin.

Kun havaintoasemat sijaitsevat kaukaisilla ja asumattomilla alueilla, tulevat automatisoinnin ongelmiksi tarvittavan tehonsyötön järjestäminen ja laitteiston vaatiman huollon kustannukset. Elektroniikan kehittyessä on mittalaitteiden tehontarve jatkuvasti pienentynyt, mikä on mahdollistanut kohtuuhintaisten aurinkokenno-akku-yhdistelmien käytön tehollisena. Ratkaisu toimii aina pohjoisinta ja pimeintä Lappia myöten, kunhan järjestelmä varustetaan riittävän kokoisilla aurinkokennoilla ja akuilla.

Havaintoaseman huolto- ja ylläpito-kustannuksia on pystytty oleellisesti alentamaan hyödyntämällä tiedonsiirtoverkkoa laitteiston etähuollossa konfiguroinnissa, diagnostiikassa ja ohjelmistopäivityksissä. Kaikki nämä toimenpiteet pystyy havaintoverkon ylläpitäjä nykyään hoitamaan omalta työ-pöydältään PC:n avulla. Anturit tarvitsevat kuitenkin edelleen paikan päällä tehtävää säännöllistä kalibrointia ja

määräaikaishuoltoa. Huoltokustannuksista muodostuukin lähitulevaisuudessa havaintoverkkojen laajentamisen ja tihentämisen pahin pullonkaula. Nykyistä vähemmän huoltoa vaativien antureiden kehittämisessä riittääkin laitevalmistajille haastetta vielä pitkälle tulevaisuuteen.

Telemetria – mittaustulosten kaukosiirto

Havaintoverkon täydellinen automatisointi edellyttää, että mittaustulokset myös toimitetaan käyttäjälle automaattisesti. Tähän on käytettävissä lukuisia eri menetelmiä joko radioaaltojen, puhelimen tai tietoverkon välityksellä. Tyypillisessä hydrometeorologisessa sovelluksessa tietoa siirretään säännöllisin väliajoin, siirrettävä tietomäärä on suhteellisen vähäinen ja usein joudutaan luotettavuuden varmistamiseksi tukemaan useampaa kuin yhtä tiedon-siirtotapaa.

Luotettavin tapa siirtää mittaustietoa on edelleen tehdä se joko perinteisellä modeemilla käyttäen **kiinteää puhelinlinjaa** tai nykyään yhä yleisemmin **tietoverkossa** (tyypillisesti Ethernet-väylää ja TCP/IP-protokollaa käytävä paikallisverkko, LAN). Jälkimmäisen etuna on mahdollisuus liittää havaintoasema helposti Internetiin tai organisaation sisäiseen Intranet-verkkoon. Jos mittalaite tai havaintoasema on varustettu esim. sarjaliikenneportilla (RS232/485) Ethernetiin liittäminen onnistuu kätevästi ns. laitepalvelimella (device server, COM server).

Suomessa etuna on se, että meillä on lähes täydellisesti maan kattava **langaton puhelinverkko**, joka soveltuu erinomaisesti hydrometeorologisten havaintoasemien tietoliikenteeseen. Mittaustietoa voidaan langattomassa puhelinverkossa lähettää joko **SMS- eli tekstiviestinä**, perinteisen modeemi-yhteyden tapaan toimivalla **GSM-mo-**

☛ **Taulukko 1. Telemetriamenetelmien vertailua Suomen olosuhteissa.**

menetelmä	laite- kustannukset	tiedonsiirto- kustannukset	maantieteel- linen kattavuus	luotettavuus	huom.
Puhelinmodeemi	alhainen	alhainen	asutut alueet	hyvä	käyttö mielekästä kiinteän puhelinlinjan välittömässä läheisyydessä
Ethernet- TCP/IP	alhainen	olematon	teollisuus- ja toimisto- alueet	hyvä	hyvä vaihtoehto kun asema on LAN-verkon välittömässä läheisyydessä
GSM/GPRS	melko alhainen	alhainen	lähes täydellinen	kohtalainen	muualla maailmassa kattavuus vaihtelee maittain
Radiomodeemi	kohtalainen	olematon	ks. huom.	hyvä	käyttö lähinnä linkkinä lähimpään kiinteän tiedonsiirtoverkon solmupisteeseen
Satelliitti	melko kallis	vaihtelee järjestelmästä riippuen	lähes täydellinen	kohtalainen	eivät kata pohjoisinta Suomea

deemilla tai uudempaan teknologiaan perustuvalla **GPRS-modeemilla**.

SMS-viesti on paras tapa silloin, kun tieto on tarpeen saada suoraan käyttäjälle, tyypillisesti matkapuhelimeen. Parhaimmillaan se on erilaisissa hälytysluonteisissa sovelluksissa. SMS-viesti mahdollistaa myös mittaustiedon kyselyn tarpeen mukaan: esimerkiksi tiesäätiedot suunnitellun matkareitin varrelta.

Kun mittausdataa kerätään säännöllisin välein tai sitä on runsaasti, on SMS-viestiä edullisempaa käyttää GSM- tai GPRS-modeemia. GSM-datapuhelu laskutetaan normaalin puhelun tapaan yhteysajan perusteella, kun taas GPRS-yhteys on periaatteessa auki koko ajan ja laskutus perustuu siirrettyyn datamäärään. Hydrometeorologian sovelluksissa datan määrä on tyypillisesti vähäinen, jolloin GPRS-modeemin käyttö on edullista.

Luotettavuudeltaan langaton puhelinverkko on kohtalaisen hyvä, mutta liikakuormituksesta johtuvat katkot ovat mahdollisia, joten sen käyttö ainoana siirtotienä ei sovellu äärimmäistä luotettavuutta tai nopeutta vaativaan telemetriaan.

VHF tai UHF-taajuuksia käyttävä ra-

diomodeemi on perinteinen langaton tiedonsiirtomenetelmä, joka on edelleen käytössä erityisesti tapauksissa, joissa matkapuhelinverkkoa ei ole luotettavasti saatavilla. Tyypillisesti radiomodeemeja käytetään linkkinä mittalaitteen ja lähimmän kiinteän tai GSM-tiedonsiirtoverkon solmupisteen välillä. Radiotelemetria etuna on, että laiteinvestoinnin jälkeen se on käyttäjälleen miltei ilmaista.

Radiomodeemin kuten minkä tahansa radiolähettimen käyttöön tarvitaan pääsääntöisesti viranomaisen lupa. Kuitenkin määrättyillä taajuusalueilla toimivat, pienitehoiset lähetimet on vapautettu lupakäsittelystä. Näillä ns. lisensoimattomilla taajuuksilla toimivilla radiomodeemeilla saavutetaan parhaimmillaan muutaman kilometrin toimintasäde. Lisätietoja viranomais määräyksistä löytyy Internetistä Viestintäviraston radioliikennesivuilta.

Tietoliikennesatelliitit mahdollistavat langattoman tiedonsiirron lähes kaikkialta maapallosta, myös merialueilta. Satelliittijärjestelmät jaetaan LEO-järjestelmiin (Low Earth Orbit), jotka koostuvat matalalla radalla kiertävistä satelliiteista ja GEO-järjestelmiin

(Geostationary Earth Orbit), jotka kiertävät maapalloa ns. geostationarisella radalla päiväntasaajan kohdalla; pysytellen maan pinnalta katsoen paikoillaan. Globaalia kaupallista palvelua tarjoava LEO-järjestelmiä ovat esim. 30 satelliitista koostuva ORBCOMM sekä markkinoille uudestaan tuleva Iridium. Vastaava globaali GEO-järjestelmä on Inmarsat. Yhdysvalloissa käytetään hydrologisissa ja meteorologisissa mittauksissa paljon geostationarisen GOES-säätelliitin tarjoamaa tiedonsiirtoa, koska sen käyttö on ilmaista monille yleishyödyllisille organisaatioille.

Telemetriamenetelmän valintaan vaikuttavat havaintoaseman maantieteellinen sijainti, siirtomatka, siirrettävän tiedon määrä ja näytteenottoväli, luotettavuus- ja vasteaikavaatimukset sekä luonnollisesti asennuspaikalla käytettävissä olevat siirtotiet. Taulukkoon 1 on koottu yhteenveto eri telemetriamenetelmistä ja niiden ominaisuuksista.

Koska yhtä kaikkialle kelpaavaa ratkaisua ei ole, on nykyaikaisessa hydrometeorologisessa asemassa mahdollista käyttää useita vaihtoehtoisia telemetriamenetelmiä kuten kuvasta 1 voidaan havaita.



Kuva 2. Hydrometeorologisen tiedon hallintajärjestelmä, joka sisältää myös tarvittavat ohjelmistot ja tietokannat (MS Access tai Oracle) havaintoverkon ylläpitoon ja asemien konfigurointiin.

Oleellinen osa havaintoverkon toimintaa ovat sen tuottaman tiedon laadunvarmistus, esitys ja hallinta sekä verkon ylläpito; konfigurointi ja päivitys. Tätä varten tarvitaan verkon- ja tiedonhallintaohjelmisto, jollainen on esimerkkinä esitetty kuvassa 2.

Tulevaisuuden näköaloja

Älykkäitten, langattomien mittalaitteiden yksikköhinnat tulevat edelleen laskemaan samalla kun niiden suorituskyky kasvaa ja tehonkulutus pienenee. Halpa yksikköhinta mahdollistaa redundantitset mittaukset. Pienen tehonkulutuksen ansiosta laite toimii samalla paristolla (tai mahdollisesti polttokennomodulilla) useita vuosia. Yhdessä nämä mahdollistavat huoltovälien pidentämisen, jolloin havaintoverkon huoltokustannukset asemaa kohti pienenevät oleellisesti.

Langatonta puhelinverkkoa hyödyntävä tiedonsiirto on parhaillaan voimakkaassa kehitysvaiheessa. Perinteisen matkapuhelinmarkkinan alkaessa

saturoitua tietoliikenneyhtiöt hakevat uusia markkinoita ns. machine-to-machine eli M2M-kommunikaatiosta (Wikström 2002; Wikström 2003). M2M-teknologioitten kehitys yksinkertaistaa tiedonsiirtoratkaisuja ja laskee kustannuksia sekä laitteiston että tiedonsiirron osalta – tosin vain niillä maantieteellisillä alueilla, joille langaton infrastruktuuri ulottuu.

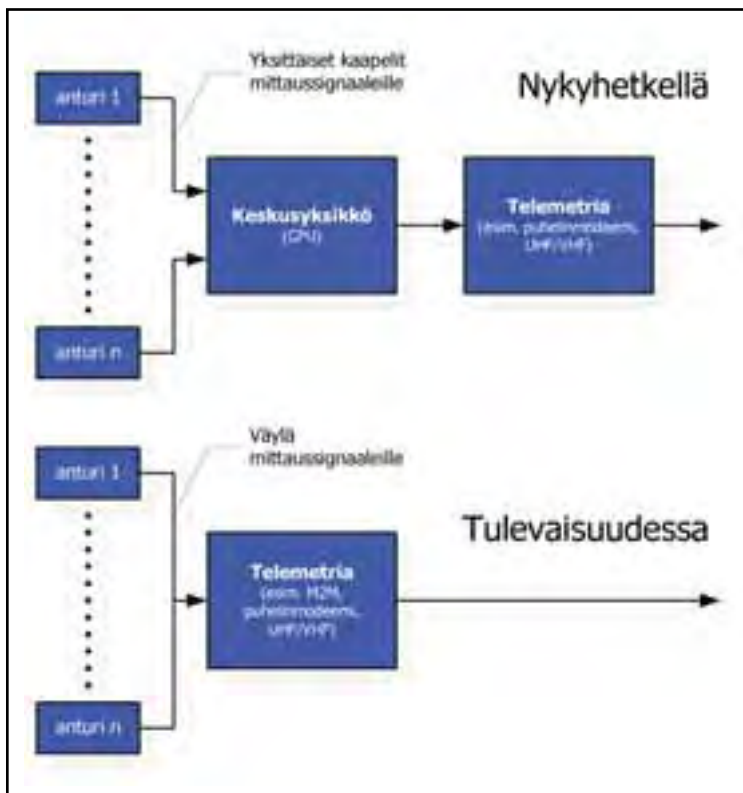
Edellä olevista kehityssuunnista johtuen yhä tiheämmät ja kattavammat havaintoverkot tulevat sekä teknisesti että taloudellisesti mahdollisiksi tiheästi asutuilla alueilla ja kehittyneissä maissa. Siperiassa, Afrikan sademetsissä ja muualla harvaan asutuilla tulee kuitenkin jatkossakin olemaan tarjolla vain satelliittiyhteys ja siten rajallisesti tiedonsiirtokapasiteettia.

Tulevaisuuden havaintoasemien osalta teknologian kehittyminen toisaalta tiedonsiirrossa (lisää kaistanleveyttä), toisaalta laskentatehossa (lisää älyä antureihin) näyttäisi tarjoavan kaksi vaihtoehtoista kehitystietä, jotka on esitetty kuvassa 3.

Ylempi lohkokaavio edustaa konventionaalista ratkaisua. Tiedonkeruun hoitaa keskusyksikkö, jossa mittaustulokset prosessoidaan ja tiivistetään ennen siirtämistä eteenpäin. Tämä ratkaisu sopii tulevaisuudessakin sinne, missä tiedonsiirto on kallista tai tiedonsiirtokapasiteettia on rajallisesti tarjolla.

Siellä, missä tietoverkkojen suuren kapasiteetin hyödyntäminen on mahdollista, on sen sijaan todennäköisempi alemman lohkokaaavion esittämä suunta. Mittaukset ja niiden käsittely hajautetaan älykkäille antureille. Anturit kytketään suoraan telemetriayksikköön ja erillinen keskusyksikkö käy tarpeettomaksi.

Selkeänä trendinä on havaintoasemien liittäminen Internetiin. Havaintoaineistoa tulee olemaan kaikkialla ja kaikkien tarvitsijoiden saatavilla lähes reaaliajassa. Tietoverkot mahdollistavat myös eri lähteistä peräisin olevan, osittain toisiaan täydentävän, osittain redundanttisen datan yhdistämisen. Hydrometeorologisen havaintotiedon luotettavuus ja katta-



Kuva 3. Hydrologisen havaintoaseman arkkitehtuuri, mahdollinen kehityssuunta tulevaisuudessa.

vuus tulevat paranemaan oleellisesti, kun tällaiset in-situ-, tutka- ja satelliittimittauksia samanaikaisesti hyödyntävät integroidut havaintojärjestelmät otetaan käyttöön.

Lisätietoja

ORBCOMM:in kotisivu:

<http://www.orbcomm.com/>

Viestintäviraston kotisivu:

<http://www.ficora.fi/suomi/radio/index.htm>

Iridium Satellite Solution:in kotisivu:

<http://www.iridium.com/>

Inmarsat:in kotisivu:

<http://www.inmarsat.com>

Vaisalan kotisivu: <http://www.vaisala.com>

Kirjallisuus

Wikström, K. 2002. Miten kone soittamaan. Langattomat M2M-yhteydet. Prosessori 23(9): 30–36. ISSN 0357-4121.

Wikström, K. 2003. GSM-moduulit, lisätarvikkeet ja aliverkot. Langattomat M2M-yhteydet. Prosessori 24(1): 30–35. ISSN 0357-4121.

PATOJEN VALVONTA

Valokaapelitekniikka on valjastettu hyötykäyttöön patojen turvaksi ja niiden kunnossapitoon. Tekniikka mahdollistaa mm. patojen kunnan reaaliaikaisen valvonnan.



Marja Englund

fil.lis., tuotepäällikkö

Fortum Service Oy

E-mail: marja.englund@fortum.com

Kirjoittaja vastaa valokaapeleihin perustuvien valvontamenetelmien tutkimus- ja kehitystyöstä.

Pitkät optiset kuidut suojattuna erilaisilla kaapelirakenteilla soveltuvat erittäin hyvin suurien kohteiden kuten esimerkiksi maapatojen valvontaan. Valokaapeleista voidaan muodostaa useita kilometrejä pitkiä mittausantureita, jotka mittaavat koko matkaltaan. Kattavan tiedon avulla padon kunnonseuranta ja -arviointi saadaan tehokkaasti toteutettua ja näin parannettua patorakenteiden turvallisuutta. Uudet

valvontamenetelmät sisältävät erilaisien maarakenteiden kuntoa indikoivat, esim. veden läpivirtausta ja painumaa mittaamaan kehitetyt valokaapelit, asennus- ja mittaussuunnitelmat sekä mittaustiedon keräyksen ja visualisoinnin. Mittauslaitteeseen voidaan myös asettaa ennakkoon hälytysrajat poikkeavista tilanteista, esimerkiksi padon vuodoista.

Mittausanturina toimivaa valokaapelia voidaan käyttää mm. maarakenteiden läpi suotavan veden seuraamisessa, vuodon tai salaojaputken tukkeumakohdan paikantamisessa, padon liikkeen seuraamisessa, rakenteiden jäätyneen ja sulamisen mittaamisessa ja vaurioiden, esimerkiksi maarakenteeseen syntyneiden onkaloiden, paikantamisessa. Padossa syntyvän vuodon ja veden virtauksen mittaaminen ja paikantaminen perustuu ideaan, jonka mukaan paikallisia lämpötilan muutoksia mittaamalla saadaan selville vuotokohdat ja pystytään ennakoimaan syntyviä vaurioita. Valokaapeleista muodostettu lämpötila-anturiverkko mittaa padon lämpötilan vaihteluita koko padon pituudelta. Yhdistämällä lämpötilan mittaamiseen hallittu lämmittäminen saadaan mitattua myös rakenteen lämmönjohtavuuseroja, jotka kertovat muun muassa kosteuseroista. Menetelmän avulla

voidaan seurata padon läpi suotavan veden paikallisia vaihteluita ja paikantaa mahdolliset vuotokohdat 0,25 m:n tarkkuudella.

Valvonta perustuu määräväleihin tai jatkuvana seurantana tehtäviin mittauksiin ja tulosten vertailuun. Valvontaan käytetään pitkiä valokaapeleita, jotka mittaavat koko matkaltaan. Esimerkiksi lämpötilan mittauksella saadaan rakenteesta lämpötilakartta, joka tyypillisesti sisältää noin 1000–10 000 lämpötilan "mittauspistettä". Tuloksen havainnollistamiseksi rakenteen lämpötilan ja kosteuden muutokset esitetään usein 2-uloitteisena karttana tai 3-uloitteisena pintana. Visualisoinnin avulla, esimerkiksi käyttämällä karttapohjaisia rekistereitä, voidaan helpottaa poikkeavien kohtien paikantamista ja analysointia.

Kelukosken ja Porttipahdan maapatojen valvonta

Kelukosken vesivoimalaitoksen maapatoihin asennettiin padon rakentamisen aikana valokaapelit padon läpi suotavan veden ja painaumien seurantaan.

Painauman mittaamiseen kehitetty valokaapeli kiinnitettiin Kelukoskella painaumamittauspaaluihin kiristämällä kaapelia tasaisella voimalla paalujen väliin. Näin saatiin jokainen väli esi-

jännitettyä samalla tavoin. Painauman mittauspäälut (13 kpl) asennettiin noin 25 m välein. Valokaapelin venymää seurataan puristuskohtien liikkeitä mittaamalla. Valokaapelin kokonaispituus oli 350 m.

Porttipahdan voimalaitoksella painauman mittaamiseen suunnitellut valokaapelit asennettiin aauraamalla ja osaksi kaivamalla padon harjalle noin 70–100 cm syvyyteen. Valokaapeleiden pituus oli yhteensä yli kaksi kilometriä. Valokaapelit yhdistettiin toisiinsa liittimillä välikaivoissa. Lisäksi padon kuivan puolen reunalle asennettiin yli neljän kilometrin matkalle suotoveden seurantaan tarkoitettavat valokaapelit, joiden rinnalle pantiin lämmityskaapelit.

Painauman mittaamiseen asennettujen valokaapeleiden suojamateriaali oli polyuretaania, joka säilyy joustavana yli -15°C lämpötilassa. Tarkoituksena on, että valokaapeli mukailee kuminauhan tavoin padon liikkeitä. Kaapelissa on yksi optinen kuitu, jota suojarakenne ympäröi tiukasti. Painaumien ja liikkeiden aiheuttamia muutoksia optiseen signaaliin seurataan valon takaisinsirontamittauksilla. Välikaivoissa tehdyt liitokset ja niistä syntyvät heijastukset ja vaimennukset toimivat referenssipisteinä.

Porttipahdassa suotoveden seurantaan kehitetyt valokaapelit asennettiin hyvin vaihtelevaan maastoon. Valo-

Kuva 1. Vesivoimalaitoksen padon valvontaan asennettu 4 km pitkä valokaapeli seuraa suotoveden vaihteluita.



kaapeliasennuksen kokonaispituus oli noin 4 km, minkä vuoksi asennuksen hyvä dokumentointi oli tärkeää. Tiedot ympäristöstä ja kerätyt mittaustulokset tallennetaan karttapohjaiseen rekisteriin "pilkkomalla" asennus useiksi antureiksi. Näin jokaista kiinnostavaa valvontapituutta voidaan seurata myös omana kokonaisuutena. Mittausparametrit ja vauriosta kertovat hälytysta-

sot voidaan ohjelmoida paikan ja asennustavan mukaan. Porttipahdan asennuskohteessa havaittu, padon alla olevan lähteen aiheuttama märkä kohta näkyy selkeästi mittaustuloksissa.

Keväällä 2004 aloitettiin Porttipahdan maapadoista valokaapeleista saatavan tiedon jatkuva kerääminen patorekisteriin. Pidempiaikainen seuranta ja mahdollisuus käsitellä automaattisesti suuria mittaustiedostoja mahdollistavat mittausmenetelmän tehokkaan hyödyntämisen ja koko uuden järjestelmän toimivuuden varmistamisen.

Kirjallisuus

Englund M., Fibre optics enhances condition monitoring. Kunnossapito 3/2004, Euromaintenance 2004, ss. 10–13

Ipatti, A. ja Englund M., Optinen kuitu ottaa mittaa betonista. Betoni 1/2002, ss. 50–53.

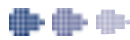
Englund M., Valokaapeli valvoo rakenteiden kuntoa. Vesitalous 3/2002, ss. 20–25

Englund, M., Ipatti, A. et al. 2000. Dam monitoring using fibre optic temperature sensor. International seminar and workshop on the RESCDAM project. Seinäjoki. 7p.

Englund, M. 1999. Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik. Svenska Fjärrvärmeföreningens Sverige AB. FOU 1999:3. 30 s.



Kuva 2. Valokaapelista saadut mittaustiedot tallentuvat karttapohjaiseen rekisteriin, joka antaa vuototilanteessa hälytyksen.



Markku Lahti

dipl.ins., ympäristöasiantuntija
Fortum Service/Hydropower Services
E-mail: markku.lahti@fortum.com

Veli-Pekka Sirniö

dipl.ins., suunnitteluinsinööri
Kemijoki Oy
E-mail: veli-pekka.sirnio@kemijoki.fi

Teppo Vehanen

fil.tri, tutkija
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
E-mail: teppo.vehanen@rktl.fi

JOKIEN MALLINNUKSEEN JA TELEMETRIAAN

Telemetriaa käytetään apuna joen uoman topografia- ja virtausmittauksissa ja kalojen havainnoinnissa. Tietoa hyödynnetään mm. kalojen elinympäristöjen, sedimentin kulkeutumisen, kunnostusten ja muun vesirakentamisen vaikutusten mallinnuksessa.

Mallien toimivuus ja tulosten luotettavuus on voitu varmentaa jo useiden vuosien ajan. Merkittävin tulosten luotettavuuteen vaikuttava tekijä on pohjan topografiatiedon laatu, sen riittävä alueellinen laajuus, tiheys ja tarkkuus. Interferometriseen menetelmään perustuva laajakulmainen luotausjärjestelmä pystyy tuottamaan tehokkaasti kattavaa pohjan topografian pisteverkkoa mallinnusten käyttöön. Järjestelmä on kehitetty erityisesti mataliin vesiin, myös jokiolosuhteisiin. Järjestelmässä paikannus suoritetaan reaaliaikaisesti GPS-järjestelmällä, jolla voidaan taata tarkka tieto sijainnista myös korkeuskoordinaatin suhteen. Jokisovelluksissa tämä on tärkeää erityisesti veden pinnankorkeuden vaihtelun vuoksi. Kaikuluotausjärjestelmällä tuotetaan pohjan pisteverkkoa laajasti ja tehokkaasti. Lopputulosten pistetiheys voidaan valita, esimerkiksi tarakoissa paikoissa pohjan topografia voidaan laskea jopa 10 cm x 10 cm:n erotuskyvyllä.

Mikäli uoma on peitteinen tai veneellä vaikeasti kuljettavissa, voidaan

maasto mitata myös takymetrillä. Tällöin mittauspisteet sidotaan koordinaatistoon joko suoraan GPS:n tai kiinto- ja siirtopisteiden avulla. Mitattavat eri asiat, esim. korkeuspisteet, kivien sijainnit, rakenteet, vesiraja, veden pinnankorkeus, virtausmittauslinjan sijainti ja uoman muotoja kuvaavat taiteviivat, merkitään omilla koodeillaan. Uoman muodoista linjamaiset, esimerkiksi rannat ja rakenteet, on usein kätevää merkitä ns. taiteviivoiksi, jotka interpoloidaan lineaarisesti korkeusmallia luotaessa.

Laajakulmaisesta pohjan topografiaa tuottavasta kaikuluotainjärjestelmästä saatava suuri mittauspistemäärä sovitetaan kohteeseen sopivaan tarkkuuteen. Maastomallin interpoloinnissa voidaan käyttää käyräviivaista anisotrooppista interpolointia (Lahti 1999), joka tehdään joen keskilinjän suunnassa.

Virtausnopeus

Mallinnettavan alueen vallitsevien vir-

tausolosuhteiden määrittäminen on tärkeää tietokonemallien kalibroinnin ja sitä kautta toimivuuden kannalta. Vedenkorkeustiedon tai vesialueen virtaaman ja virtausnopeuden, sekä nykyisin myös virtaussuuntien tunteminen mahdollistaa mallien kalibroinnin todella lähelle todellisia vesistön virtausolosuhteita. Nopein ja tehokkain tapa virtausolosuhteiden määrittämiseen on Doppler-ilmiöön perustuva virtaaman mittaustilaite. Veneeseen kiinnitettyä laitteistolla pystytään määrittämään veden virtausnopeus ja -suunta ennalta määrättyllä mittaustiheydellä. Sisäisen hyrräkompassin avulla laitteisto pystyy määrittelemään veneen kulkumatkan ja -suunnan, joka mahdollistaa vapaammin suoritettua mittaustilanjän reitin valinnan vallitseviin olosuhteisiin soveltuvasti. Laitteisto talentaa virtauksen poikkileikkauksen, josta voidaan nähdä leikkauksen profiili, positiiviset tai negatiiviset virtausnopeudet leikkauksen eri kohdilla sekä erikseen virtauksen suunta leikkauksen eri kohdilla ja syvyyksillä.



Kuva 1. Aquatic Sonar Swathe Surveyor -laajakulmainen kaikuluotaus-järjestelmä.

Pohjan laatu

Uoman pohjan laatu mitataan perinteisesti raekokomäärityksenä ja sidotaan koordinaatistoon kuten takymetrimittaukset. Pohjan laatua voidaan mitata myös maatutkakuvia tulkitsemalla käyttämällä pienempää määrää perinteisellä tavalla määritettyjä pisteitä tulkitsemisen kalibroinnissa.

Kalojen liikkeet

Elinympäristömalli perustuu fysikaalisten mittausten lisäksi biologiseen tietämykseen siitä minkälaista elinympäristöä; virrannopeutta, vesisyvyyttä ja pohjanlaatua kala käyttää eri olosuhteissa. Virtavesissä kalojen paikantamiseen on käytetty useita eri tekniikoita. Paikannustekniikat voidaan jakaa ns. suoriin menetelmiin, joissa tarkkailija havainnoi suoraan kalan olinpaikan, tai epäsuoriin, jolloin kala paikannetaan jonkun apuvälineen avulla. Suorista paikannusmenetelmistä ehkä käytetyin on sukeltaminen, jossa sukeltaja liikkuu virran mukana ennalta määrättyä reittiä pitkin ja merkitsee havaitsemansa kalat painon ja kohon avulla. Kalanpoikasten olinpaikat voidaan määrittää suoraan rantapenkältä

tarkkailemalla tai vesikiikarin avulla. Myös vedenalaisia videokameroita käytetään kalojen paikantamiseen.

Epäsuorista menetelmistä käytetyin on sähkökalastus. Sähkökalastuksessa kalat tainnutetaan sähkön avulla. Sähkökalastusryhmä kahlaa vedessä ja kalastaja liikuttaa sähköhaavia (anodi). Kiinniottajat keräävät haavilla taintuneet kalat, jotka paikannetaan. Sähkökalastuksessa voidaan käyttää myös kiinteästi asennettavia yksiköitä tai sähkökalastusvenettä. Muita kalapaikannuksessa käytettyjä epäsuoria menetelmiä ovat PIT- (Passive Integrated Transponder) merkit ja telemetriamerkit. PIT-merkit sisältävät mikrosirun, joka yleensä sijoitetaan kalan ruumiinonteloon. Vastaanotin kykenee lukemaan merkin elektromagneettisen koodin. Vaikka PIT-merkit ovat pienempiä kuin telemetriamerkit, niiden ongelmana on lyhyt, yleensä alle 1 m:n lukuetaisyys.

Virtavesissä radiotelemetrian käyttö on yleistynyt voimakkaasti. Menetelmässä kalaan sijoitetaan pieni radiolähetin, joka lähettää omalla yksilöllisellä taajuudellaan pulseina radioaaltoja (taajuudet esim. 140-175 MHz). Merkkiä kuunnellaan antennin ja vastaanotimen avulla ja paikannetaan signaalin

voimakkuuden perusteella. Lähetin voidaan kiinnittää kalaan ulkoisesti esimerkiksi selkäevän alapuolelle, mutta yleisin tapa on sijoittaa merkki kirurgisesti kalan ruumiinonteloon. Liian suuri merkki voi rasittaa kalaa: merkin paino ei nykytietämyksen mukaan saa ylittää 2 %:ia kalan painosta. Nykyisin pienimmät kaupalliset lähettimet painavat noin 1 g, joten pieniä kalanpoikasia ei merkin aiheuttaman haitan vuoksi voida vielä merkitä. Merkin pariston kesto riippuu luonnollisesti merkin koosta: pienimmät merkit lähettävät signaalia joitakin päiviä tai viikkoja, suurimmat jopa useita vuosia. Seuranta voi tapahtua esimerkiksi veneestä käsiantennin avulla. Myös kiinteitä automaattisia kuunteluasemia käytetään. Menetelmän avulla voidaan yksilöllisesti seurata kalan liikkeitä ja elinympäristönvalintaa eri tilanteissa.

Maastomittaustiedot interpoloidaan laskentaverkkoon, jossa laskennat suoritetaan, ja johon sidottuna tiedot tuostetaan karttoina. Mallilla voidaan laskea erilaisia virtaustilanteita ja mallintaa kunnostus- ja vesirakentamistoimenpiteiden vaikutuksia etukäteen.

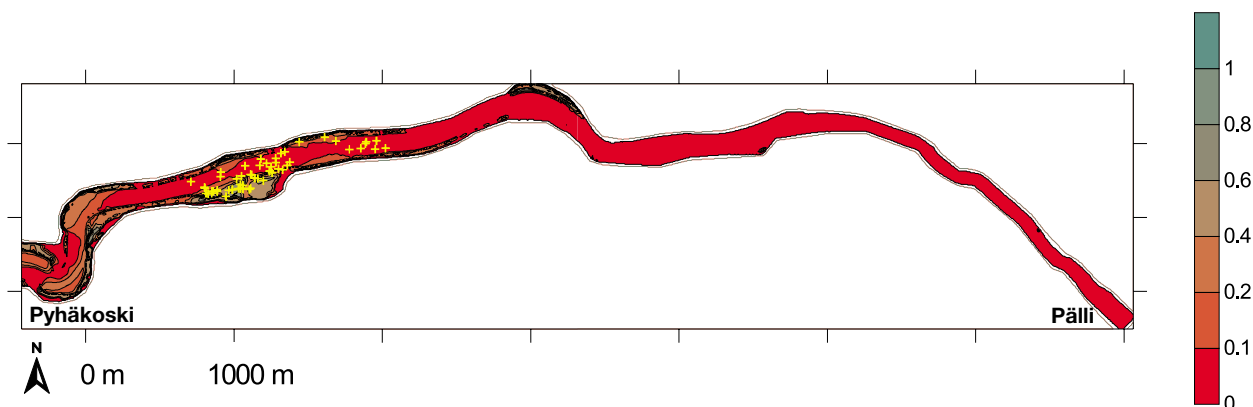
Kirjallisuus

- Lahti, M.** 1999. Elinympäristömalli vesistöjen kunnostusten suunnittelussa. Diplomityö. Helsingin Teknillinen korkeakoulu, vesitalouden laboratorio.
- Lahti, M. & Sinisalmi T.** 1998. A Habitat Model for Aquatic Environment XX Nordic hydrological conference, Helsinki 10–13 August 1998. Nordic Association for Hydrology. NHP REPORT No 44. S. 567–575.
- Mäki-Petäys, A., Muotka, T., Huusko, A., Tikkanen, P. & Kreivi, P.** 1997. Seasonal changes in habitat use and preferences by juvenile brown trout, *Salmo trutta*, in a northern boreal river. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 54:520–530. ISSN 00706-652X.
- Mäki-Petäys, A.** 1999. Habitat Requirements of Juvenile Salmonids. Oulun yliopiston Biologian laitos, Oulu. Acta Universitatis Ouluensis. Series A Scientiae rerum naturalium 322: 29, [60] s. s. ISBN 951-42-5219-5, ISSN 0355-3191.
- Yrjänä, T.** 2003. Restoration of riverine habitat for fishes – analyses of changes in physical habitat conditions. Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Oulu. Acta Universitatis Ouluensis. Series C, Technica 188. 39, [97] s. ISBN 951-42-7116-5 (nid.), ISSN 0355-3213.

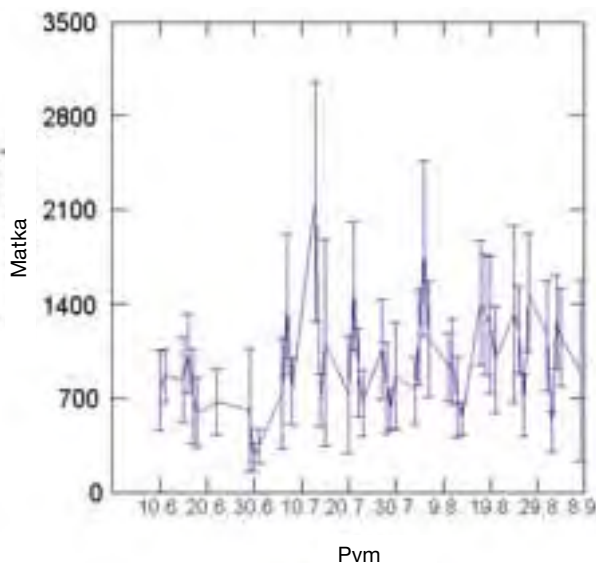
Pyhäkosken kalatutkimus

Oulujoen Pyhäkosken patoaltaassa, Pyhäkosken ja Pällin voimalaitoksen välissä, seurattiin 20:nä aikuista (44–59 cm) kuhaa vuoden ympäri 1999–2000. Tavoitteena oli saada tietoa kuhan elinympäristönvalinnasta ja elinmahdollisuuksista patoallasolosuhteissa.

Maastomittaukset tehtiin GPS-järjestelmään yhdistetyllä kaikuluotaimella. Reaaliaikaiset veden pinnankorkeus- ja virtaamatiedot saatiin ylä- ja alapuolisilta voimalaitoksilta. Altaan virrannopeudet ja vesisyvytydet mitattiin ja mallinnettiin kahdeksassa eri virtaamatilanteessa. Kunkin kalahavainnon virtausolosuhteet kyettiin mallintamaan jälkikäteen. Validointia varten veden syvyyksiä ja virtausnopeuksia mitattiin osasta kalahavaintopisteitä. Kuhat pyydettiin altaan yläpuolisesta Oulujärvestä rysällä ja kuljetettiin kalankuljetukseen tarkoitettussa pasassa Pyhäkosken altaaseen. Kuhat merkittiin sylinterinmuotoisilla radiolähettimillä joiden paino ilmassa on 20 g, pituus 46 mm ja leveys 17 mm. Lähettimien kesto oli 375 päivää. Ne sijoitettiin kalan ruumiinonteloon. Seuranta tapahtui veneestä vastaanottimella ja vanneantennilla. Tarkka paikka määritettiin signaalivoimakkuuden perusteella vedenalaisella antennilla. Talvella, kun jääpeite tai sää esti veneellä liikkumisen, kalat paikannettiin joko rannalta suuntimalla tai jään päältä. Vertaamalla kuhien käyttämiä virrannopeuksia ja vesisyvyyksiä mittauksista laskettuihin saatavilla olevuuksiin saatiin uutta tietoa kuhan elinympäristönvalinnasta eri vuodenaikoina. Näin saatujen preferenssikäyrien avulla voitiin laskea kuhien suosiman elinympäristön sijainti kalojen elinympäristömallin avulla (kuva 2). Kutuaikaa lukuun ottamatta kuhat suosivat suhteellisen syvää vettä ja alhaisia virrannopeuksia erityisesti talvella. Kesällä kuhat käyttivät elinympäristönään koko patoaltaan aluetta, mutta talvehtivat hyvin suppealla alueella altaan järvimäisessä alaosassa. Kuhien liikkumat matkat olivat suurimmillaan kesällä ja erityisesti syksyllä (kuva 3), talvella kalat olivat hyvin paikallisia. Vuoden seurannan jälkeen neljä alunperin 20 kuuhaa liikkui Pyhäkosken patoaltaassa, kolme oli kuollut laskeutuessaan alas Pyhäkosken voimalaitoksesta, 10 kuuhaa oli laskeutunut alempiin Oulujoen patoaltaisiin tai merialueelle, kaksi oli saatu saaliiksi kalastajien toimesta ja yhden merkin signaali oli kadonnut tuntemattomasta syystä.



Kuva 2. Elinympäristön soveltuvuus laskettuna kalahavainnoista 5.11.1999–21.1.2000 tehdyillä preferenssikäyriillä (jakson keskivirtaama 460 m³/s ja kalahavainnoilla 27.1.–10.4.2000. Kuhien sijainti on esitetty keltaisilla risteillä. Vihreä tarkoittaa parhaiten (1) ja punainen heikoinn soveltuvaa (0) elinympäristöä.



Kuva 3. Kuhien liikkeet kesän 2000 aikana.

Jätevedenpuhdistamon etävalvonta asiantuntijapalveluna

Kiteen keskustaajaman jätevedenpuhdistamoa on jo kolmen vuoden ajan seurattu ja optimoitu ulkopuolisen asiantuntijan toimesta etävalvontana. Valvonta perustuu automaattisten mittausten välittämän tiedon seurantaan, analysointiin ja raportointiin. Tämän tyyppisellä palvelulla voidaan vähentää puhdistamoiden käyttöhenkilöiden paperityötä, jolloin resurssit voidaan kohdistaa tehokkaammin käytännön työtehtäviin.



Jyri Rautiainen

dipl.ins., toimitusjohtaja
Kiuru & Rautiainen Oy
E-mail: jyri.rautiainen@kiuru-rautiainen.inet.fi

Suomessa on noin 500 yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoa, joista valtaosa on varsin pieniä, alle 10 000 asukkaan laitoksia. Puhdistamot ovat biologis-kemiallisia prosesseja, joiden käyttöön tarvitaan riittävän koulutettua ja kokenutta henkilökuntaa. Puhdistamoiden lupaehdot ovat koko ajan kiristyneet ja mm. typenpoistovaatimukset ja tiukentuvat fosforinpoistovaatimukset edellyttävät puhdistamoiden käyttäjiltä yhä uusia lisätaitoja. Saman aikaisesti suuri osa puhdistamoiden kokeneista hoitajista on siirtymässä eläkkeelle ja uuden käyttöhenkilöstön koulutustarve on suuri.

Instrumentointi-, automaatio- ja tiedonsiirtotekniikan nopea kehitys ovat tuoneet uusia mahdollisuuksia myös jätevedenpuhdistamoiden käytön valvontaan. Uuden tietotekniikan yhdis-

täminen prosessitekniikan asiantuntijapalveluun on toimintamalli, jolla varsinkin pienten ja keskikokoisten puhdistamoiden käyttötoimintoja voidaan optimoida sekä hyödyntää korkean tason prosessitietämystä edullisesti pienemmissäkin yksiköissä.

Tätä Suomessa uutta toimintamallia on sovellettu käytännössä Pohjois-Karjalassa sijaitsevan Kiteen keskustaajaman jätevedenpuhdistamolla jo kolmen vuoden ajan syksystä 2001 lähtien. Kiteen puhdistamon toimintaa valvotaan ja opastetaan 80 km:n päässä Savonlinnassa sijaitsevan sivuvalvomom kautta.

Kiteen jätevedenpuhdistamo

Keskustaajaman jätevedenpuhdistamon omistaa Kiteen Vesikunta ja siinä puhdistetaan kaupungin keskustaajamasta

ja sen lähialueilta tulevat noin 6 500 asukkaan jätevedet. Puhdistamo on rakennettu vuonna 1981 ja sitä on prosessin osalta saneerattu merkittävästi vuonna 2001, jolloin toteutettiin biologinen ravinteidenpoisto ja virtaaman tasaustajärjestelyt. Prosessia ei laajennettu, vaan tehostukset suoritettiin laiteteknisin toimenpitein olemassa olevissa alustiloissa. Tavoitteena oli ammoniumtypen mahdollisimman tehokas hapettaminen ja kemikaalien käytön minimointi. Syynä tehostamistoimiin oli lähinnä tarve pienentää purkuvesistönä olevan Kiteenjärven ravinnekuormitusta ja hapenkulutusta. Prosessin mitoitussarvot on esitetty taulukossa 1.

Puhdistamon prosessitekniikan saneerauksen yhteydessä uudistettiin myös automaatiojärjestelmä, joka koostuu ohjelmitavaan logiikkaan perustuvasta itsenäisesti toimivasta prosessiasemasta sekä valvomo- ja raportointiyöasemasta. Vanha logiikkakeskus jäi toimimaan rinnalle hoitaen lähinnä kiinteistöautomaatioon kuuluvat toiminnot. Valvomo-ohjelmistona on MISO-System Ver 4 -ohjelmisto, joka toimii QNX -käyttöjärjestelmässä. Häly-

Taulukko 1. Kiteen jätevedenpuhdistamon mitoitussarvoja.

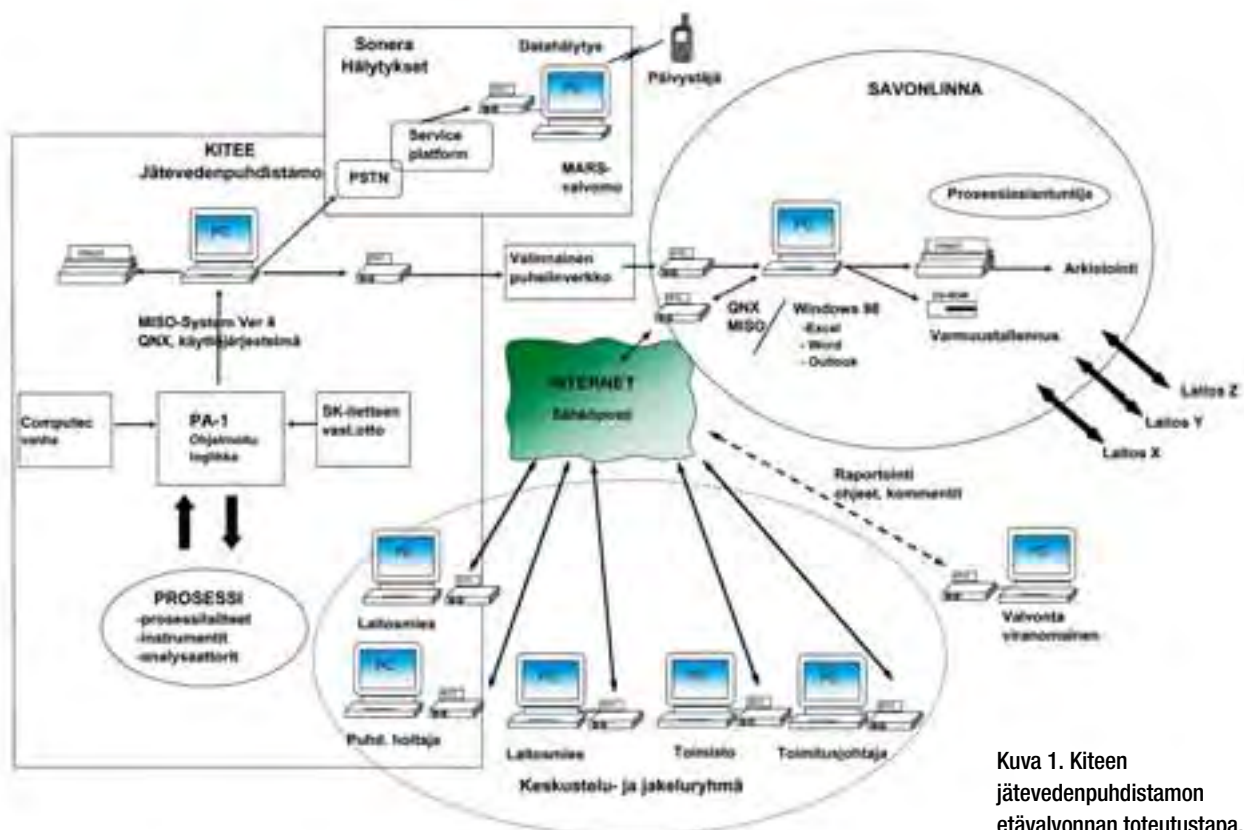
Asukasmäärä	6 500	as
Jätevesimäärä, $Q_{d,kesk}$	1 600	m^3/d
BOD _{7ATU} -kuorma	350	kg/d
Fosforikuorma	17	kg/d
Kokonaistypikuorma	100	kg/d
Kiintoainekuorma	420	kg/d
Biologiset reaktorialtaat	600	m^3
tilakuorma	0,58	$kgBOD/m^3/d$
Väliselkeytyksallas	204	m^2
pintakuorma	0,33	m/h
Jälkiselkeytyksallas	38	m^2
pintakuorma	1,75	m/h

tykset siirtyvät päivystäjän GSM-puhelimeen.

Etävalvonnan toteutus

Kiteen puhdistamon etävalvonta toteutettiin tavallisen modeemiyhteyden välityksellä. Järjestelmän yleisrakenne on esitetty kuvassa 1. Savonlinnassa sijaitsevaan PC-työasemaan asennettiin koneen oman käyttöjärjestelmän rin-

nalle QNX-käyttöjärjestelmä ja sivuvalvomo-ohjelmisto jakamalla kiintolevy kahteen osaan. Sivuvälvomo-ohjelmisto tarjoaa käytännössä saman käyttöliittymän puhdistamon prosessiin kuin varsinainen valvomo-ohjelmistokin. Erona on lähinnä se, että modeemiyhteydestä johtuen toiminnot päivittyvät muutaman sekunnin viiveellä. Tästä ei kuitenkaan käytännössä ole juuri haittaa. Sivuvälvomosta voi peri-



Kuva 1. Kiteen jätevedenpuhdistamon etävalvonnan toteutustapa.

Koko ala yhdessä näyttelyssä. Jo yli 20 vuotta.

Näytteilleasettajien
ilmoittautuminen!
www.yhdyskuntatekniikka.fi

YT
05

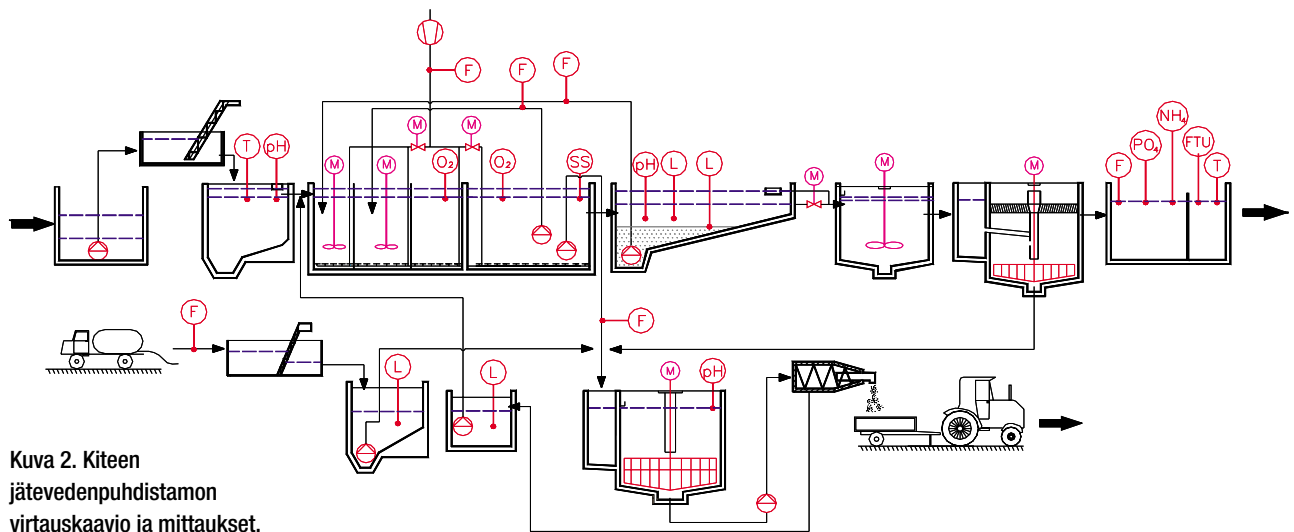
Yhdyskuntatekniikka Infratech • Lahti 25.–27.5.2005

12. YHDYSKUNTATEKNIIKAN VIIKKO, LAHTI 24.-28.5.2005

TIISTAI 24.5.	KESKIVIIKKO 25.5.	TORSTAI 26.5.	PERJANTAI 27.5.	LAUANTAI 28.5.
Vesimittarikurssi (VY)		Kuntatekniikan päivät (SKTY)		
Vv-laitosten asentajien ja työnjohtajien koulutuspäivät (VY)		Vesihuolto 2005 (VY)		
		Vesiensuojelupäivät (VY)		
		Liikenneväylähankkeen toteutus – uusia innovaatioita vai pelkkiä esteitä? (STY)		
		SML:n neuvottelupäivät		
		Jätelaitospäivät (JLY)		
		YHDYSKUNTATEKNIikka 2005 -NÄYTTELY Infratech 2005 Exhibition		
		MAKSUTTOMAT LUENNOT LAHDEN MESSUKESKUKSESSA		
		Haja-asutuksen jätehuolto	Haja-asutuksen vesihuoltopalvelut	Tiet ja kadut haja-asutusalueella

YHDYSKUNTATEKNIikka / INFRAtech: PL 122, 00521 HELSINKI, puh. (09) 868 9010, fax (09) 8689 0190, email yt@yhdyskuntatekniikka.fi, www.yhdyskuntatekniikka.fi
JÄRJESTÄJÄT: Vesi- ja viemäri- ja jätehuoltoyhdistys (VY), Suomen Maarakentäjien Keskusliitto (SML), Suomen Kuntatekniikan Yhdistys (SKTY), Suomen Tieyhdistys (STY), Jätelaitosyhdistys (JLY)

• ENERGIAHUOLTO • JÄTEHUOLTO • KATU-, TIE- JA LIIKENNETEKNIikka • KONEKALUSTO • MITTAUSTEKNIikka JA LABORATORIOPALVELUT • SATAMAT JA VÄYLÄT
• INFORMAATIOTEKNOLOGIA • TYÖMAAVARUSTEET • URHEILU- JA VIRKISTYSALUEET • VESIHUOLTOTEKNIikka • YHDYSKUNTASUUNNITTELU • YMPÄRISTÖNSUOJELU



Kuva 2. Kiteen jätevedenpuhdistamon virtauskaavio ja mittaukset.

aatteessa muuttaa prosessilaitteiden ohjausten asetusarvoja, käynnistää ja pysäyttää laitteita, sekä muuttaa hälytysrajoja. Käytännöksi on kuitenkin sovittu se, että kaikki asetusarvojen ja laitteiden käyntiin liittyvät muutokset tehdään paikallisesti puhdistamon käyttäjän toimesta. Sivuvälvomosta käsin ainoastaan kerätään tietoa prosessin toiminnasta, muutetaan mittaustiedot excel-muotoon ja analysoidaan tietoja sekä muodostetaan niistä raportteja. Tietojen perusteella annetaan ohjeita puhdistamon käyttäjille prosessin ajoparametreiksi eri tilanteissa. Prosessi-asiantuntija lähettää palautteen ja muokatut tiedot jakeluryhmälle normaalisti sähköpostin välityksellä. Tarpeen vaatiessa ollaan myös puhelinyhteydessä laitoksen käyttäjiin.

Lopullinen vastuu laitoksen toiminnasta on edelleen laitoksen hoitajalla. Etävalvoja antaa tarpeen mukaan ehdotuksia asetusarvoiksi ja samalla kertoo perusteet muutoksille ja niiden odotettavat seuraukset. Näin laitoksen hoitaja pysyy mukana prosessin ohjauksessa ja samalla oppii seuraamaan prosessin käyttäytymistä. Laitoksen käyttäjän ja prosessi-asiantuntijan säännöllinen vuorovaikutus on itse asiassa jatkuvaa molemminpuolista koulutusta.

Tarvittavat prosessimittaukset

Etävalvonnan toteuttaminen edellyttää, että puhdistamolla on käytössä riittä-

västi jatkuvatoimisia mittauksia, joista saatavan tiedon perusteella prosessin toimintaa on mahdollista arvioida ja ohjata haluttuun suuntaan. Mittausten ohella eri prosessilaitteiden käyntitilatiedot ja hälytykset ovat tärkeitä seurantaparametreja. Niiden perusteella

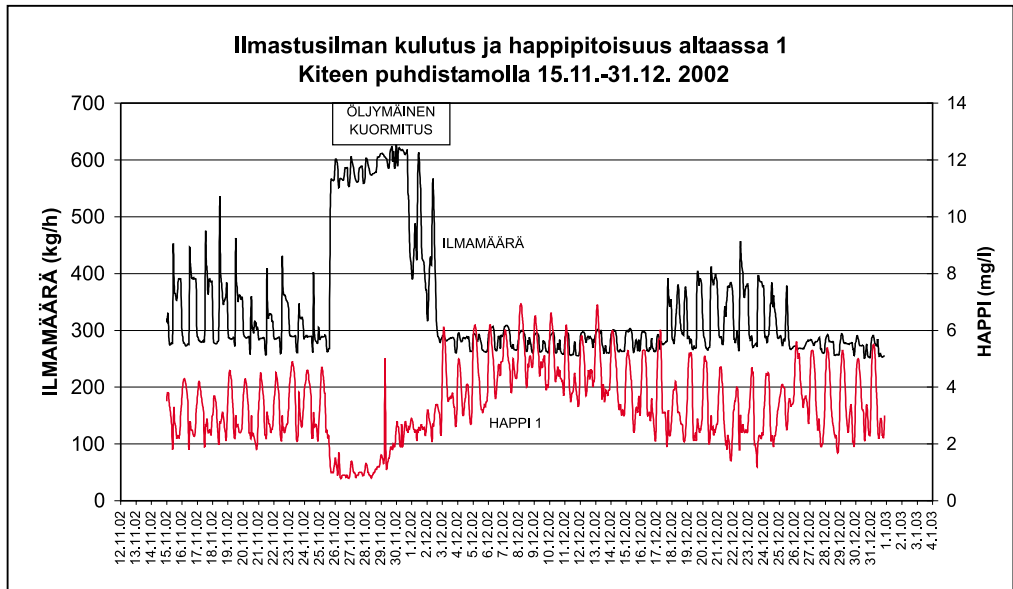
voidaan todeta yksittäisten laitteiden toimintahistoria ja tutkia mahdollisten häiriötilanteiden syitä. Mittausten, tilatietojen ja hälytysten perusteella muodostuu kokonaiskuva prosessin toiminnasta pitemmällä aikavälillä.

Kiteen puhdistamolla on käytössä

Taulukko 2. Kiteen puhdistamolla käytössä olevat mittaukset.

Mittaus	Mittauspaikka
pH-mittaukset	Tuleva jätevesi Väliselkeytysallas Lietteen sakeuttamo
Lämpötilamittaukset	Tuleva jätevesi Lähtevä jätevesi
Kiintoainemittaus	Ilmastusallas
Sameusmittaus	Lähtevä jätevesi
Liuenneen hapen mittaukset	Ilmastusaltaat, 2 kpl
Ilmastusilman virtaama	Ilmastusputkisto
Virtaamamittaukset	Lähtevä jätevesi Palautusliete Ylijäämäliete Nitraattikierto Sakokaivoliete
Pinnankorkeusmittaukset	Väliselkeytysallas Sakokaivolieteallas Rejektivesiallas Kemikaaliallas
Lietepatjan pinnankorkeus	Väliselkeytysallas
Ammoniumtyypianalysaattori	Lähtevä jätevesi
Fosfaattifosforianalysaattori	Lähtevä jätevesi

Kuva 3.
Kuukausiraportissa
esitettävää mittaustietoa.



taulukossa 2 esitetyt mittaukset, jotka on esitetty lisäksi kuvassa 2.

Kiteen puhdistamolla olevista mittaustuksista lähinnä ammonium-, fosfaat-

ti- ja lietepatjamittaukset edustavat uutta tekniikkaa. Kaikki muut mittaukset ovat tavanomaisia ja löytyvät nykyisin jo melko pieniltäkin laitoksilta. Mit-

tausten lisäksi lähes kaikilta laitteilta saadaan käyntitilatiedot ja hälytystiedot. Käyntitiedoista muodostettujen piirturinäyttöjen avulla saadaan yleis-

ABETONI

Itsepuhdistuva

Qmax™

Munanmuotoinen Qmax on hydraulisesti tehokkain putkipoikkileikkaus antaen maksimaalisen kokonaiskapasiteetin. Qmaxin muoto lisää lujuutta pystysuoraan kuormitusta vastaan. EK-sarjaan kuuluva, pienilläkin virtaamilla itsepuhdistuva Qmax vähentää huolto- ja kunnossapitotarpeita. Monipuolisesti toimiva putki, jonka kokovalikoima \varnothing 150, 225, 300 ja 400 mm ennakoii rakentamisen laajennusvaran kasvaville virtaamille.

- Tilaa esite!

Abetoni Oy
Ympäristötuotteet



www.abetoni.fi



Myynti

- Kurikka
- Lahti
- Lappeenranta
- Lohja
- Oulu

Puh.

- (06) 450 8900
- (03) 872 1400
- (05) 610 5400
- (019) 315 01
- (08) 540 9890

Myynti

- Tampere
- Tornio
- Turku
- Tuusula

Puh.

- (03) 356 5200
- (016) 446 951
- (02) 510 3500
- (09) 274 5930

silmäys laitteiden toiminnasta, jolloin mahdollisia epänormaaleja toimintaku vioita aletaan tarkastella lähemmin. Säätöventtiilien asentotiedot ovat tärkeitä mittaussuureita prosessisäätimien asetusrvojen virittämiseen. Keskeisin säädin aktiivilieteprosessissa on ilmastusaltaan happipitoisuuden säätö, jossa ilmastusilman säätöventtiiliä ohjataan altaan happimittauksen perusteella ja edelleen ilmastuskompressorin käyntiä säädetään ilmastusputkiston painemittauksen perusteella. PID-säätimen parametreja muuttamalla voidaan vaikuttaa säätimen nopeuteen ja jyrkkyyteen. Taisaisen säädön aikaansaanti edellyttää yleensä säätöparametrien trimmausta eri ajotilanteiden mukaan.

Ammoniumtyypen mittaukseen käytetään analysaattoria, jonka mittausalue on 0,5...12 mg/l NH₄-N. Mittaustapana on ekspulsiomenetelmä fotometrisellä pH-mittauksella. Mittaustarkkuus on ± 2,5 % mittaustuloksesta. Mittausväli on 10 tai 20 minuuttia.

Fosfaattifosforin mittaukseen käytetään analysaattoria, jonka mittausalue on 0,2...10 mg/l PO₄-P. Mittaustapana on ekspulsiomenetelmä fotometrisellä pH-mittauksella. Mittaustarkkuus on ± 1,5 % mittaustuloksesta. Mittausväli on 10 tai 20 minuuttia.

Ammonium- ja fosfaattianalysointireiden näyte otetaan ja käsitellään näytteenottimella, jossa näyte ensin selkeytetään laskeuttamalla näytekammiossa ja imetään sen jälkeen näytteenkäsittelylaitteeseen.

Selkeytysaltaan lietepatjan pinnan korkeusmittaukseen on käytetty kaiku luotausperiaatteella toimivaa anturia ja lähetintä. Menetelmänä on ultraääni-mittaus ja mittausalueena 0...4 m.

Prosessimittausten ohella valvontaa voidaan täydentää kriittisiin paikkoihin asetettavilla valvontakameroilla, joiden välittämiä kuvia voidaan tarkastella joko internetin tai matkapuhelimen avulla. Kiteellä kameravalvontaa ei kuitenkaan ole käytännössä vielä kokeiltu.

Raportointi

Puhdistamon toiminnasta laaditaan käytännön ajo-ohjeiden lisäksi säännöllisesti raportteja, joista prosessin käyttäytymistä voi tarkastella melko no-

pealla silmäyksellä. Prosessiasiantuntija kokoaa kuukausittain kaikki olennaiset mittaustiedot sivuvalvomoon tuntitason keskiarvotietoina. Nämä tiedot siirretään excel- taulukoihin ja tallennetaan samalla varmuuskopioiksi. Mittausdatasta muokataan kuukausiraporttiin kuukauden aikasarjat keskeisistä mittauksista. Näiden perusteella analysoidaan prosessin toimintaa ja todetaan mahdolliset parannustarpeet. Poikkeavat tilanteet merkitään aikasarjoihin kirjallisesti ja kuvataan se- lostusosassa, jossa käydään läpi myös mahdollisten häiriötilanteiden syyt, seuraukset ja korjaustoimenpiteet. Esimerkkejä kuukausiraporttien aikasarjoista on kuvassa 3. Kuukausiraportti lähetetään sähköpostin välityksellä jakeluryhmälle pdf-dokumenttina. Jakeluryhmään kuuluvat puhdistamon vastaava hoitaja, laitospäälliköt, toimistotyöntekijä ja laitoksen johtaja. Tarvittaessa jakelua voidaan laajentaa esimerkiksi valvovalle viranomaiselle.

Kuukausiraporttien lisäksi laaditaan vuosittain yhteenveto puhdistamon toiminnasta vuoden ajalta, jolloin on mahdollista tarkastella pitkän aikavälin muutoksia, vuodenaikaisrytmiä sekä mm. kemikaalien ja energian kulutusta sekä syntyneen lietteen määriä vuositasolla. Vuosiraportin yhteydessä on luontevaa tuoda esille myös mahdollisia kehittämiskohteita puhdistamon prosesseissa.

Prosessiasiantuntijan toimesta tehtävä puhdistamon toiminnan raportointi ei korvaa laboratoriomäärityksiin pohjautuvaa kuormitus- ja käyttötarkkailua, vaan lähinnä täydentää sitä. Sähköisiin mittauksiin ja laitoksen käyttäjiltä saatuun palautteeseen perustuvan etävalvonnan etuna on nopea tilanteisiin reagointi, kun puolestaan laboratoriomäärityksillä pyritään mahdollisimman hyvään mittaustarkkuuteen ja toistettavuuteen. Prosessivalvonnasakin hyödynnetään viranomaisvalvonnan tuottamia tuloksia pitkän aikavälin tarkastelussa, mutta lyhyen aikavälin prosessinohjaukseen niistä saatava tieto tulee yleensä liian myöhään.

Toisaalta sähköisten mittausten käyttö vähentää jonkin verran laitoksen omaan käyttötarkkailuun liittyvien laboratorioanalyysien tarvetta.

Etävalvonnan sovelluskohteet

Ostopalveluna suoritettava jäteveden puhdistamon etävalvonta soveltuu parhaiten tilanteisiin, joissa puhdistamon prosessia muutetaan toisenlaiseksi tai otetaan käyttöön täysin uusi laitos. Tyypillinen tilanne on esimerkiksi typpipolun käyttöönotto. Myös puhdistamoilla, joissa käsitellään erityisjätevesiä, kuten elintarviketeollisuuden jätevesiä, voi puhdistamon ajaminen olla ongelmallista ja vaatia pitkäjänteistä seurantaa ja jopa koetoimintaakin. Tällöin ulkopuolinen prosessiasiantuntija, jolla on käytettävissä kokemuksia monilta eri laitoksilta voi helpottaa laitoksen hoitajan taakkaa.

Jatkossa yhä useammin eteen tuleva tilanne on myös se, kun kokenut puhdistamonhoitaja siirtyy eläkkeelle, eikä riittävän kokenutta käyttökäyttöön saada heti tilalle. Tällaisessa siirtymäkauden tilanteessa prosessin valvonnan ja ohjauksen antaminen ulkopuolisen valvojan hoidettavaksi voi olla kokonaisuutena edullisin ratkaisu. Tällä tavalla toteutetun asiantuntijapalvelun vuotuiset kustannukset ovat Kiteen kokoluokan puhdistamolla alle neljännes yhden vakituisen käyttökäyttöön palkkakustannuksista.

Monilla laitoksilla on nykyisin varsin monipuolinen mittalaittevalikoima, mutta valitettavan usein kalliita laitteita käytetään vain osoitinlaitteina, joiden ilmoittamia lukemia käydään mahdollisesti vain satunnaisesti lukemassa. Kerätyn tiedon analysointiin ja hyödyntämiseen prosessin kehittämiseksi ei laitosten käyttäjillä useinkaan jää riittävästi aikaa. Tällöin ulkopuolisen prosessivalvojan tekemä raakatiedon jalostustyö voi antaa runsaasti lisäarvoa laitosten tehokkaaseen ja taloudelliseen käyttöön.



HYDROLOGISTEN MITTAUSTEN HAASTEET

Hydrologisten mittausjärjestelmien kehitystyö on käynnistynyt pitkälti vesivoimatalouden ja tulvantorjunnan tarpeista. Toimintaympäristö on kuitenkin jatkuvasti muuttunut ja uusia tavoitteita nousee esille sekä seurantaverkkojen operaattoreiden että tulosten käyttäjien piirissä. Ympäristömittausten integrointi on kunnianhimoinen päämäärä, jossa hydrologisella yhteisöllä voi olla tärkeä rooli.



Markku Puupponen

tekn.tri, yksikönpäällikkö
Suomen ympäristökeskus,
hydrologian yksikkö

E-mail: markku.puupponen@ymparito.fi

Kirjoittajan keskeiset tehtävät ovat valtakunnallinen hydrologinen seuranta ja tietopalvelu, vesistömallien ja -ennusteiden laatiminen sekä vesivaroihin liittyvät paikkatietojärjestelmät.

Valtakunnallisen hydrologisen seurantaohjelman piiriin kuuluu noin 10 osaohjelmaa ja 1 400 havaintopaikkaa tai -aluetta. Noin 60 % kohteista on ympäristöhallinnon ylläpitämiä; muu aineisto ostetaan tai saadaan ulkopuolisilta toimijoilta. Tämän lisäksi on useita muita pintavesien määrän mittausohjelmia, joista keskeisimmät ovat alueellisten ympäristökeskusten omat hydrologiset seurannat sekä vesivaroja käyttävän elinkeinoelämän (vesivoimatalous, vesihuolto, vesiliikenne) havaintojärjestelmät.

Suomessa hydrologisen seurannan automatisointi ja siihen liittyvä tiedon kaukosiirto käynnistyivät 1970-luvulla erityisesti vesivoimasektorilla. Hallinnon piirissä (silloinen keskusvirasto vesihallitus) ensimmäiset automaattiset ja telemetriset havaintoasemat hankittiin vuonna 1982. Tämän jäl-

keen ympäristöhallintoon on hankittu laitteistoa vähitellen niin, että vuosittain on otettu käyttöön 5–10 uusittua havaintoasemaa. Ympäristöhallinnon ylläpitämiin kohteisiin on hankittu kaikkiaan noin 180 mikroprosessoripohjaisia kenttäasemaa, joista 130 kuuluu valtakunnalliseen seurantaohjelmaan. Noin 75 % asemista on telemetrisiä. Muu vesisektori on myös uudistanut huomattavasti vesistöjen hydrologisen seurannan mittalaitteistoja. Hallinnosta poiketen hankinnat on tehty yleensä niin, että mittausjärjestelmä on uusittu organisaatiokohtaisesti täysin 15–20 vuoden välein.

Taulukossa 1 on yhteenvedo valtakunnallisen hydrologisen seurantaohjelman automatisointiasteesta. Eri osaohjelmien kohdalla on esitetty kokonaisvolyyymi sekä mittausten automatisoinnin ja miltei reaaliaikaisen tiedon

siirron laajuus. Kansainvälisessä vertailussa Suomen tilannetta voitaneen kuvata vertailuryhmässään tyypilliseksi; vesialan toimijoiden suuri lukumäärä, hajanaisuus ja erilaiset organisatoriset rakenteet tekevät vertailun kuitenkin vaikeaksi.

Valtaosalla automaattisista hydrologisista asemista mitataan vesistöjen vedenkorkeutta. Tällöin tavoitteena on usein myös joen tai järvestä purkautuvan virtaaman epäsuora määrittäminen. Vesistöissä on automatisoitu lisäksi erityisesti veden lämpötilan mittausta. Pohjavesiseurannan automatisointi on juuri käynnistymässä pinnan korkeuden mittausten osalta. Meteorologisten havaintojen automatisointi on jo laajaa. Sillä ei kuitenkaan ole vielä voimakasta painoa valtakunnallisen hydrologisen seurantaohjelman piirissä, mikä johtuu sadeasemien

perusverkon alhaisesta automatisointiasteesta sekä lumi- ja haihduntahavaintojen manuaalisuudesta.

Automaattisiin hydrologisiin mittausjärjestelmiin liittyy paljon tiedonsiirtoja. Toisaalta operaattori kerää kenttäasemilta (ala-asemilta) dataa säännöllisesti – tyypillisesti päivittäin tai tunneittain. Toisaalta tätä dataa siirretään tarkistettavaksi verkkopalveluihin, tietokantoihin sekä asiakkaille ja yhteistyökumppaneille. Esimerkiksi Suomen valtakunnalliseen hydrologiseen seurantajärjestelmään liittyy noin 20 automaattista tiedonsiirtosovellusta.

Tulevaisuuden haasteet

Vaikka hydrologiset mittaukset ovat monessa suhteessa vakiinnuttaneet asemansa operatiivisina järjestelminä, nii-

den kehittämiseen liittyy suuria haasteita:

- tiedon keruu on tehtävä miltei reaaliaikaisesti ainakin pienehköjen vesistöjen ja jokivesistöjen tulvantorjuntaa palvelevissa mittauksissa
- sekä asiantuntijaorganisaatiot että yleisö vaativat yhä kattavampaa ja ajantasaisempaa tietopalvelua ja tiedottamista vesivaroihin liittyvissä asioissa
- havaintoverkkojen on tuettava uusia käyttötarpeita (vesistömallien tilatietojen reaaliaikainen päivitys, vesiensuojelun tietotarpeet, globaali-muutoksen ja maankäytön muutoksen tutkimus, kansainvälisen yhteisön raportointivelvoitteet)
- integroitu ympäristönseuranta ja integroidut mittausjärjestelmät.

Suomen ympäristöhallinnossa hydrologisten mittausasemien automaattinen tiedon keruu on tehty pääsääntöisesti päivittäin. Suurissa reittivesistöissä tämä antaa vielä hyvän kuvan vallitsevasta tilanteesta, mutta pienissä vesistöissä ja myös suurissa jokivesistöissä lyhytaikaiset muutokset voivat olla nopeita. Erityisesti tulvatilanteissa uusia tietoja tarvitaan miltei jatkuvasti, mikä on johtanut lisätyöhön. Nyt on käynnistetty dataa siirtävien ohjelmistojen uusiminen tavoitteena tyydyttää paremmin reaaliaikaisuuden vaatimukset. Jos hallinnon ulkopuoliset toimijat ovat jo järjestäneet tehokkaan tiedon keruun, se on voitu käyttää hyväksi myös hallinnossa uusimalla tiedonsiirtojärjestelyt (esimerkkinä ohessa raportoitu Kemijoen tapaus).

Tiedottamiseen ja tietopalveluihin liittyvät vaatimukset ovat jatkuvasti kasvaneet. Tämä pätee sekä palvelun reaaliaikaisuuteen että tietojen kattavuuteen ja monipuolisuuteen. Tarpeisiin on pyritty vastaamaan toisaalta hankkimalla yhä enemmän ajantasaista tietoa ja toisaalta laajentamalla verkkopalveluita (www.ymparisto.fi), laatimalla tiedotteita ja siirtämällä yhä enemmän dataa asiantuntijaorganisaatioille. Automaattisten havaintoasemien ja datan kaukosiirron merkitys on siis lisääntynyt paljon ja joidenkin kohteiden modernisoinnissa tiedottamisen näkökulma on ollut painava. Hydrologiset pe-

Taulukko 1. Valtakunnallisen hydrologisen seurantaohjelman automatisointiaste vuoden 2004 alussa. Automaattisen aseman (sarake 2) kriteerinä on mikroprosessoripohjainen mittalaitteisto. Datan siirto (sarake 3) tapahtuu tietokantaan suoraan automaattiasemilta tai havaitsijan koodattuna puhelinviestinä. Näin dataa siirtäviä asemia on pääsääntöisesti enemmän kuin automaattisia asemia.

Osa-ohjelma / verkko	Asemia	Automaattisia asemia	Datan siirto asemalta
Hydrometeorologia			
Sadanta	400	50	200
Lumen vesiarvo	180	–	–
Haihdunta	20	–	–
Pintavedet			
Vedenkorkeus	315	175	175
Virtaama	lasketaan pääosin vedenkorkeustiedoista		
Veden lämpötila	35	10	35
Jäänpaksuus	50	–	30
Pohjavedet			
Pohjavesialueet *)	50	5	5
Roudan syvyys	50	–	–
Yhteensä	1 100	240	445

*) pohjavesialueilla on useita mittauksia – automatisointi kattaa tällä hetkellä vain yhden edustavan vedenkorkeushavainnon



Kuva 1. Vanhaa ja uutta hydrometriaa: Koitajoen vedenkorkeusasteikko 1910-luvulla sekä aurinkokennoilla sekä GSM -modeemilla varustettu automaattinen vedenkorkeuden mittausasema. (Kuvat: SYKE ja OTT Messtechnik GmbH)

rustiedot (sadanta, lumipeite sekä vesistöjen vedenkorkeus ja virtaama) ovat muodostaneet tiedottamisen ja tietopalvelun keskeisen sisällön. Tiedot vesistöjen lämpötilasta ja jääpeitteestä ovat myös olleet jopa yllättävän kysytyjä – erityisesti suuren yleisön keskuudessa. Vaikka vesitilanteen valtakunnallinen yleiskuva hallitaan jo melko hyvin, tarjonta ei tunnu olevan alueellisella (maakunnallisella) tasolla riittävä. Valtakunnallisellakin tasolla ajankohtaisia pohjavesihavaintoja tarvitaan selvästi nykyistä enemmän. Myös vesien tilaan kohdistuu paljon kiinnostusta. Internetin käyttö tulee jatkuvasti korostumaan tiedottamisessa. Koko uusi kansallinen ympäristötietojärjestelmä toimii selainympäristössä ja suunnitelmien mukaan se siirretään pian vapaaseen internet-käyttöön.

Edellä on viitattu hydrologisten havaintojen moniin uusiin käyttötarkoituksiin. Ne vaikuttavat havaintoverkkojen yleiseen rakenteeseen ja harkintaan yksittäisten mittaussasemien sijoittamisesta. Joissain tapauksissa tarvitaan

intensiivisiä, tutkimuspainotteisia mittaussäätelyjä, joissa mittausten määrä ja aikaresoluutio voivat olla korkeat. Tämä edellyttää aina automatisointia ja tehokasta tiedon käsittelyä. Joskus taas reaaliaikaisuuden vaatimus voi korostua (vesistömallien tilatietojen päivitys, ympäristövahinkojen seuranta). Raportointia ajatellen tietokantojen käytettävyys sekä niiden yhteiskäyttö ovat avainasemassa.

Moniin uusiin käyttötarkoituksiin liittyy tavoitteita ympäristömittausten integroinnista. Integroinnin tasoja on hyvin paljon – ne voivat ulottua strategisten tavoitteiden asettamisesta eri suureiden yhteiseen mittaamiseen. Hydrologian näkökulmasta potentiaalisia yhteen sovitettavia tutkimusalueita on useita: meteorologia, hydrogeologia sekä rannikkoalueiden ja vesien tilan seuranta. Myös ekologisten tekijöiden voimakasta huomioon ottamista voidaan pitää seurannan integrointina. Vaikka joillain alueilla (erityisesti hydrometeorologiassa) on jo toteutettu operatiivisia yhdistettyjä

mittausjärjestelmiä, on integroinnin tavoite toistaiseksi jäänyt usein toteutumatta. Erityisesti automaattisen hydrologisen ja veden laadun seurannan yhteen sovittaminen on edennyt enakoitua hitaammin. Suurimman ongelman ovat muodostaneet vesien tilan mittaukseen tarkoitettujen antureiden rajoitukset ja huoltotarve. Myös kulttuurierot ja kenttäylläpidon ongelmat ovat kuitenkin varmasti jarruttaneet kehitystä. Kun mittausten tekninen uudistaminen, ylläpito ja siihen liittyvä tietojärjestelmätyö vaativat paljon voimavaroja, huonon edistymisen taustalla on todennäköisesti usein ollut riittämätön samanaikainen panostus.

Edellä kuvatut muutospaineet ja ongelmat merkinnevät sitä, että hydrologisten havaintoverkkojen kehittäminen tapahtuu yhä enemmän vuorovaikutuksessa – varsinkin julkisten organisaatioiden piirissä. Se tuo matkaan mutkia ja arvaamattomuutta, mutta toivottavasti myös uusia läpimurtoja ja tuottavaa yhteistyötä.



Kuva 2. Kemijoen vesistö ja sen automaattiset vedenkorkeus- ja virtaama-asetat. Vihreä symboli: virtaama; punainen symboli: altaan vedenkorkeus ja menovirtaama.

Automaattisten hydrologisten mittauksen käyttö vesistöennusteissa.

Kemijoen vesistö tarjoaa Suomessa parhaan esimerkin pitkälle integroidusta reaaliaikaisten vesistöhavaintojen ja operatiivisen vesistömallin käytöstä. Maamme toiseksi suurin vesistö (valuma-alue 50 000 km², keskivirtaama 550 m³/s) on voimakkaasti säännöstelty vesivoimalouden tarpeisiin. Kemijoki on myös tulvaherkkä. Siinä on kaksi suurta tekojärveä sekä kaksi voimakkaasti säännösteltyä suurehkoa järveä. Koko länsiosan Rovaniemeltä pohjoiseen kattava Ounasjoki on luonnontilainen ja sen virtaaman vaihtelut määräytyvät vallitsevan vesitilanteen mukaan.

Näin vaatimuksina ovat energiantuotannon optimointi sekä säännöstellyn pääuoman taajamien (Rovaniemi, Kemijärvi, ...) ja muiden kohteiden tulvasuojelu. Vesistössä on suuri määrä automatisoituja vedenkorkeuden ja virtaaman mittausasemia, joista 12 havaintopaikan (kuva) tiedot siirretään tunneittain vesistömalliin. Vesistön säännöstellyissä osissa tämän seurantaverkon pitää yllä Kemijoki Oy; luonnontilaisen Ounasjoen alueella pääosa asemista on ympäristöhallinnon hoidossa.

Vesistömallin ennuste korjataan vastaamaan viimeisimpiä virtaama- ja vedenkorkeushavaintoja miltei reaaliajassa. Malli saa myös muuta informaatiota (sadetutkan ja maa-asettien havainnot sadannasta ja ilman lämpötilasta sekä näiden muuttujien ennusteet, satelliittihavainnot lumipeitteen laajuudesta), mutta reaaliaikainen tieto vesistön tilasta on keskeinen kriteeri, joka kuvaa suoraan valuntaa aiheuttavien tekijöiden vaikutusta. Itse vesistömalli sisältää monipuolisen kuvauksen vesistöstä ja kaikista hydrologisen kierron keskeisistä osatekijöistä. Sitä käytetään vesitilanteen simuloinnin ja ennustamisen lisäksi myös juoksuutusten suunnitteluun ja optimointiin, joten havaintotoimintaan ja mallinnukseen liittyvät taloudelliset arvot ovat varsin suuria.



Hyvin suunniteltu...

Tänään Suunnittelukeskus on myös vesihuollon suunnittelun markkinajohtaja Suomessa

SUUNNITTELUKESKUS OY • www.suunnittelukeskus.fi • (09) 156 41

Vedenlaadun seuranta automatisoituu



Timo Huttula

fil.tri, dosentti

Luode Consulting Oy

E-mail: timo.huttula@thec.inet.fi

Kirjoittaja on hoitanut hydrologian opetustehtäviä Helsingin yliopistossa ja muissa alan oppilaitoksissa. Hän on Luode Consulting Oy:n hydrodynamiikan asiantuntija.

Antti Lindfors

fil.maist., tutkimusjohtaja

Luode Consulting Oy

E-mail: antti.lindfors@luode.net

Kirjoittaja on tutkinut rannikkodynamiikan ilmiöitä ja nykyaikaisten mittausteknologioiden soveltamista ja kehittämistä.

Mikko Kiirikki

fil.tri

Luode Consulting Oy

E-mail: mikko.kiirikki@luode.net

Kirjoittaja toimii vesistöasiantuntijana, hän on tutkinut rehevöitymistä ja numeerista mallinnusta.

Uusi mittaustekniikka antaa mahdollisuuden lisätä vedenlaatutiedon alueellista ja ajallista erotuskykyä. Antureilla ja näytteenoton automatisoinnilla mittauksia voidaan tehdä keskeisistä vedenlaatumuutuksista. Tulokset täydentävät merkittävästi perinteisillä, vesinäyttein perustuvilla menetelmillä saatuja tuloksia.

Vedenlaadun mittaukset ovat perinteisesti perustuneet satunnaisesti tai järjestelmällisesti valittuihin piste-mittauksiin. Pistemittausten ajallinen tiheys on yleensä muutamia havaintoja, virtapaikoissa korkeintaan parikymmentä havaintoa vuodessa. Vesistöt ovat kuitenkin jatkuvasti muuttuvia dynaamisen luonteensa takia, ja pistemittaukset saattavat vääristää todellista vallitsevaa tilaa luonnossa, mikäli mittaukset suoritetaan epäedustavissa paikoissa tai väärin aikavälein. Kirjoituksessa käsitellään menetelmiä vedenlaadun paikallisen ja ajallisen mittaamisen parantamiseksi. Tarve tällaiselle mittausjärjestelmälle syntyi osana tutkimusprojektia, jonka tavoitteena oli selvittää rannikkodynamiikan ilmiöitä suurella tarkkuudella. Projektin tuloksena syntyi perusta läpivirtauslaitteistolle, jolla pystytään määrittämään suuri joukko muuttujia mittaussaluksen liikkeessä. Läpivirtauslaitteiston toiminta-

kykyä on kehitetty edelleen vuosien 2003 ja 2004 aikana. Tuloksena on laitteisto, joka tuottaa suoraan paikkatietoon sidottuna jatkuvaa mittaustietoa vesien laadusta aluksen liikkeessä nopeudella 0–60 km/h. Tärkeimpiä sovelluskohteita tällaiselle suuren resoluution tutkimustiedolle ovat vesirakennushankkeiden velvoitetarkkailut, teollisuuslaitosten vaikutusalueiden määrittäminen sekä puhtaasti tieteelliset sovelluskohteet, esimerkiksi satelliittiaineistojen kalibroinnit tai alueellisten vedenlaatumuutosten seurannat. Myös kiinteän havaintopaikan vedenlaatuajakaajan keräämiseen on nyt kehitetty uusia mittalaitesovelluksia tuotamaan reaaliaikaista tietoa suurella mittaustaajuudella vuoden ympäri.

Vedenlaadun määrittäminen perustuu edelleen sekä Suomessa että muualla maailmassa pistemäisiin mittauksiin, joiden toivotaan kuvaavan mahdollisimman hyvin tutkittavaa vesi-

aluetta. Pistemittausten ajallisen tiheyden lisäämiseen ja anturitekniikan kehittämiseen panostettiin jo yli 25 vuotta sitten, jolloin silloisen vesihallinnon piirissä toteutettiin automaattisen seurannan kokeiluhanke (Kohonen 1978 ja 1985). Tuon ajan tekniikan mahdollisuudet olivat varsin rajalliset ja mm. tiedonsiirto katkeili ja tiedon käsittely oli varsin työlästä. Viimeaikaisen anturitekniikan ja tietoliikennevälineiden kehittymisen myötä automaattiosovelluksilla vedenlaadun seurannassa on nyt aiempaa paremmat mahdollisuudet. Mittaustietojen lähes reaaliaikainen vieminen erilaisiin ennustemalleihin parantaa merkittävästi mallien tarkkuutta. Merkittävin nykyisin käytössä oleva vesistömittakaavainen seurantajärjestelmä on ollut käytössä Lapuanjoella ja Kyrönjoella (Laitinen 2001). Luonnonvesiin soveltuva kaupallinen anturivalikoima on edelleen varsin suppea. Luotettavasti voidaan mitata sameus ja siihen läheisesti liittyvä kiintoainepitoisuus, pH, happipitoisuus ja sähkönjohtavuus. Kasviplanktonin klorofyllipitoisuus voidaan myös mitata melko tarkasti, kun mittaukseen liittyy paikallisen kalibrointi.

Pistemittausten kehittäminen ei yksin riitä, sillä useimpien vesialueiden vedenlaatu vaihtelee dynaamisesti, jolloin voimakkain paikalliseen vedenlaatuun vaikuttava tekijä, tuulen ja päävirtauskentän ohella, on valunta (taulukko 1). Perinteiset veden ominaisuuksien pistemittaukset johtavat helposti kuvattavien suureiden yli- tai aliarvioimiseen. Alueellista vedenlaadun vaihtelua on ollut mahdollista tutkia kaukokartoitusmenetelmin jo jonkin aikaa. Myös numeeriset virtaus- ja vedenlaatumallit ovat olleet Suomessa käytössä jo 1970-luvun lopusta alkaen. Mallien luotettava tulkinta ja kalibrointi vaatii kuitenkin aina pintamittauksia samalta kohdealueelta. Uutena mahdollisuutena numeeristen vedenlaatumallien ja satelliittipohjaisten kaukokartoitusmenetelmien rinnalle alueellisen tiedon saamiseen on tullut viime vuosina nopea alueellinen pintakartoitus. Seuraavassa kerromme tällaisen laitteiston kehittämisestä ja käytöstä eri tutkimuskohteissa sekä Suomessa että ulkomailta. Tutkimuksissa pyrittiin määrittelemään mahdollisia sovelluskohteita ja laitteen tuottaman aineiston vahvuuksia ja rajoituksia eri osa-alueilla.

Laitteisto

Helsingin yliopiston geofysiikan osastolla on kehitetty vuosien 1999–2002 aikana laitteisto, joka määrittää vakiosyvyydeltä veden sähkönjohtavuuden, lämpötilan sekä 27 luontaista optista parametria yhdeksältä eri näkyvän valon aallonpituusalueelta (Luontaisilla optisilla parametreilla tarkoitetaan veden sisältämistä epäpuhtauksista johtuvia ominaisuuksia erotuksena näennäisille optisille ominaisuuksille, jotka riippuvat lisäksi tulevasta auringon säteilystä, kellonajasta sekä vuodenaajasta). Optisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi veden kyky sirottaa eri väristä valoa tai sen kyky absorboida esimerkiksi hyvin voimakkaasti lyhyitä aallonpituuksia. Mittaukset suoritetaan aluksen liikkuessa nopeudella 0–60 km/h; tällöin yksi mittaus kuvaa aluetta, jonka koko on vain 0–10 m. Biologista tai kemiallista vesinäytteiden ottoa varten alus voidaan tällöin pysäyttää ilman, että tiedonkeruu häiriintyy. Perinteisellä tavalla mittausten väli on tyypillisesti satoja metrejä tai jopa useita kilometrejä laajoilla tutkimusalueilla. Mitattavat suureet tallennetaan kerran sekunnissa

Taulukko 1. Järvissä esiintyvät hydrodynaamiset ilmiöt ja niiden paikka- ja aikamittakaavat sekä näiden ilmiöiden merkitys ravinteiden kierron ja planktonituotannon kautta. Taulukko muokattu Hornen ja Goldmannin (1994) esittämästä taulukosta.

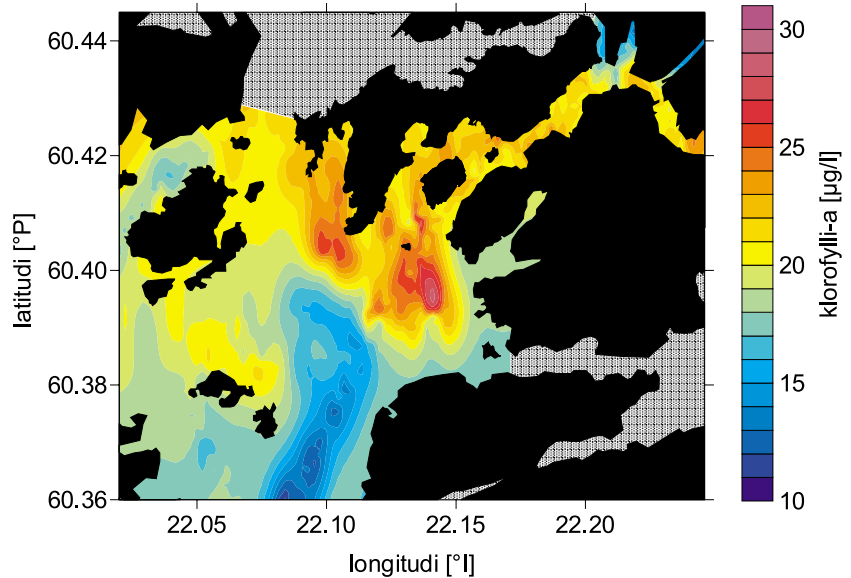
Hydrodynaaminen ilmiö	Horisontaalinen mittakaava	Horisontaalinen nopeuskaala	Vertikaalinen mittakaava	Aikaskaala	Merkitys plankton tuotannossa (PI) ja ravinnekierrossa (Ra)
Tuulen tuottamat virtaukset	100 m–1 km	1–30 cms ⁻¹	1–25 m	Päiviä	Suuri molemmille
Valunnan aiheuttamat virtaukset	10 m–100 m	1–10 cms ⁻¹	1–10 m	Kuukausia	Suuri molemmille
Tiheyseroista johtuvat virtaukset	10 m–1 km	0,1–5 cms ⁻¹	0,1–1 m	Tunneista kuukausiin	Merkittävä molemmille
Etenevät pinta-aallot	1–10 m	1 ms ⁻¹	1 m	1 s	Vähäinen molemmille
Lyhytaikaissäätönsäätelyn aiheuttamat aallot	100 m–10 km	1 ms ⁻¹	1 m	10 s–10 min	Vähäinen molemmille
Järven ominaisheilahtelut (seiches)	1 km–100 km	1–10 ms ⁻¹	0,1 m	10 min–10 h	Vähäinen molemmille
Sisäinen aaltoliike (sisäinen seiche)	1 km–100 km	50 cms ⁻¹	1–10 m	10 h–1 kk	Kohtuullinen molemmille
Langmuirin spiraalit	10 m–100 m	0,1–8 cms ⁻¹	1–20 m	5 min	Merkittävä PI:lle

yhdessä paikkatiedon kanssa tiedostoksi, joka soveltuu sellaisenaan numeerisiin analyysihin tai karttatuotteiden valmistukseen.

Laitteisto toimii ilman virransyöttöä aluksesta ja se voidaan asentaa eri käytöalustoihin nopeasti. Testikäytössä laitteistoa on kokeiltu vaihtelevissa olosuhteissa soutuveneestä, erilaisista nopeista moottoriveneistä sekä satamahinaajasta yhteistyössä Uppsalan yliopiston limnologian laitoksen ja Viron marentutkimuslaitoksen kanssa (esim. SUVI-projektissa vuosina 2001–2002). Läpivirtauslaitteiston tuottama aineisto sopii erilaisten luonnonvesien tutkimiseen ja sitä on käytetty sekä merietä järvalueilla. Laitteistoon voidaan kytkeä myös muita mittajärjestelmiä, ja sitä on kokeiltu mm. läpivirtausfluorimetrimin, erilaisten sameus-, happi ja pH-antureiden kanssa sekä valon takaisinsirontaa määrittävän instrumentin kanssa. Vastaavia laitteistoja, jotka voidaan asentaa nopeasti aluksesta toiseen, ei ole markkinoilta saatavissa. Laitteiston kyky tuottaa tarkkaa häiriötöntä mittaustietoa myös suurilla nopeuksilla on ainutlaatuinen.

Edut ja rajoitukset

Jatkuvaan mittaamiseen perustuva läpivirtauslaitteisto tuottaa suuren määrän tarkkaan paikkatietoon sidottua mittaustietoa tutkittavasta vesistökohteesta. Aineiston synoptisuus eli samanaikaisuus ja horisontaalisuuntainen resoluutio on useita kertaluokkia parempi kuin perinteisillä pistemittauksilla. Tutkimustietoa saadaan kuitenkin vain yhdeltä syvyydeltä yhden ajon aikana. Satelliittiaineiston kalibrointiin ja hyvin sekoittuneiden vesimassojen tutkimuksiin tämä on yleensä riittävä tieto. Satelliitit pystyvät tuottamaan Suomen olosuhteissa tietoa vain hyvin ohuesta veden pintakerroksesta, mikä johtuu vedessä olevien optisesti aktiivisten aineiden määrän runsaudesta. Erityisenä mittausta vaikeuttavana tekijänä voidaan pitää vesistöjen suurta humuspitoisuutta. Tällöin esimerkiksi 20 cm:n syvyydeltä kerätty pintamittausaineisto vastaa hyvin kaukokartoitusaineiston sisältämää tietoa ja on siten vertailukelpoista. Rannikkoalueilla



Kuva 1. Aurajoen ja Turun edustan merialueelta mitattu pintaklorofyllipitoisuus 30.4.2003. Aurajoki on kuvan oikeassa yläkulmassa. Pintakartta perustuu yli 14800 mittaushavaintoon. Mittauksia ei tehty kuvaan merkityillä harmailla alueilla.

vähäsuolaisten jätevesien sekä jokivesien leviämisen seurannassa laitteiston on havaittu toimivan hyvin, sillä seurattavien vesimassojen optiset ominaisuudet sekä tiheys poikkeavat meriveden ominaisuuksista yleensä merkittävästi. Makea vesi muodostaa ohenevan kalvon meriveden päälle, sitä voidaan seurata useiden kymmenien kilometrien matkalla (Lindfors & Rasmus, 2000; Herlevi & Leppäranta, 1996). Kustannustehokkuus mittausten kattavuuden kannalta on hyvä.

Käyttö- ja sovelluskohteet

Vesiensuojelua ja vesirakentamista koskevien päätösten tekoon tarvitaan luotettavaa ja tarkkaa mitta- ja vertailuaineistoa. Erilaiset karttatuotteet ovat yleensä loppukäyttäjien kannalta helpommin tulkittavia kuin pelkät taulukot. Suurelle yleisölle tiedottamiseen ne soveltuvat myös paremmin kuin mittausarvojen esittäminen lukuina. Paikkatietoon sidottuna läpivirtauslaitteiston tuottamasta aineistosta on helppo tuottaa pintakarttoja tai siirtää mittauservot erilaisiin GIS-tietokantoihin. Kuva 1 esittää Turun edustan merialueelta mitattua pintaklorofyllikarttaa.

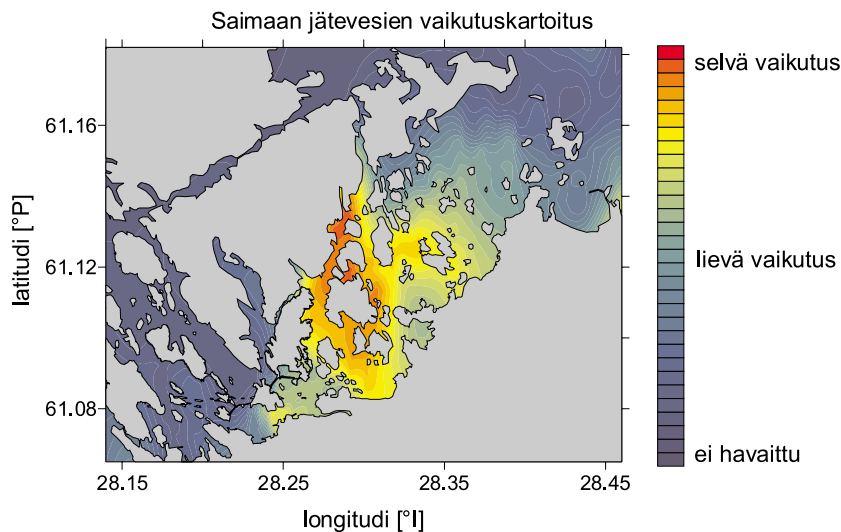
Satelliittiaineiston kalibrointi ja validointi perustuu yleensä pistemittauksiin. Jatkuvaan mittaamiseen perustu-

valla laitteistolla voidaan kuitenkin kasvattaa kalibrointimittausten määrää jopa satakertaiseksi ilman että tulosten tarkkuus kärsii. Mittavien luontaisten optisten ominaisuuksien kanavat sijaitsevat näkyvän valon aallonpituusalueella ja ovat samoja kuin satelliitteihin asennettujen instrumenttien havaitsemat aallonpituudet.

Erilaisten apuparametrien kerääminen biologisiin tutkimuksiin, kuten esimerkiksi valotasojen määrittäminen vesi- ja ilmapölyssä, tapahtuu helposti. Laitteistolla voidaan nähdä esimerkiksi, miten jätevedet sekoittuvat ympäröiviin vesimassoihin. Kuvassa 3 on esimerkki vuonna 2003 Kaukaan sellutehtaalla sattuneen mustalipeäpäästön leviämislanteesta noin kolme viikkoa päästön jälkeen. Kuva on yhdistelmä veden sähköjohtokyvyn ja valon absorptio- mittaustuloksista.

Jatkuvatoimiset asemat

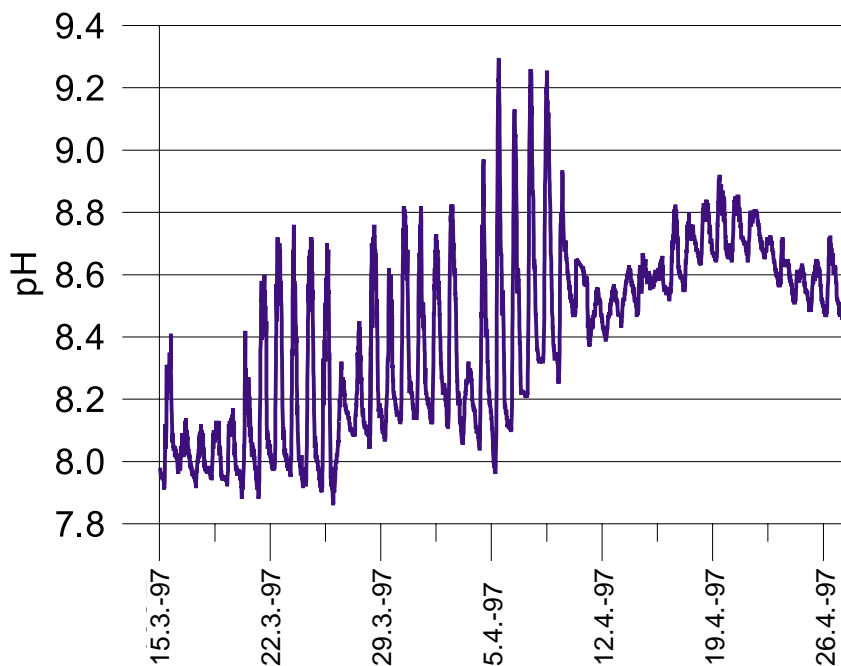
Vedenlaadun dynamiikkaa voidaan lähestyä lähes synoptisen alueellisen kartoituksen lisäksi myös parantamalla havaintojen ajallista resoluutiota tietyssä paikassa. Mm. jokien vedenlaadun seurantaan on kehitetty sopiva ympäri- vuotinen mittausasema. Asemassa sovelletaan alueellisessa kartoituksessa käytettyä läpivirtaustekniikkaa, jossa



Kuva 2. Kaukaan jätevesien vaikutusalueen laajuus ja vaikutuksen voimakkuus heinäkuussa vuonna 2003. Kuva perustuu veden sähkönjohtavuuden ja valon absorption läpivirtauskartoitukseen, jossa kerättiin yli 17 000 mittaushavaintoa.

vesi nyt pumpataan vesistöstä routasuojattua putkistoa pitkin maahan upotettuun lämpöeristettyyn ja ilmastoitettuun mittauskaivoon. Suoraan vesistöön asennettuun jatkuvatoimiseen laitteeseen verrattuna mittauskaivo tarjoaa käytettäville antureille stabiilin ja

lähes likaantumiselta ja limoittumiselta vapaan toimintaympäristön. Kiinteällä maalla sijaitseva kaivo mahdollistaa usein myös tehokkaamman tiedonsiirron sekä verkkovirran käytön. Maaperässä vesistöön vietyt putkistot kestävät jäiden rasituksen myös han-



Kuva 3. Jatkuvatoimisella laitteella 15.3.–26.4.1997 välisenä aikana 15 minuutin välein tallennettu pH-arvo Hangon Tvärminnessä. Arvojen vuorokautisesta vaihtelusta voi nähdä merialueen kasviplanktonin kevätukinnan käynnistymisen maaliskuun lopulla ja sen päättymisen huhtikuun puolivälissä. pH-arvojen muutokset ovat hyvä indikaattori muuten vaikeasti mitattavalle perustuotannolle.

kalissa jokikohteissa. Mittausasemalta saadaan kerättyä tietoa optisilla, sähköisillä ja sähkökemiallisilla antureilla samoista vedenlaadun muuttajista kuin läpivirtauskartoituksessa. Tieto välitetään GSM-linkin avulla tilaajan palvelimelle tietokantaan.

Jatkuvatoimisesti toteutetut perinteisetkin vesianalyysit, kuten pH, paljastavat usein ilmiöitä, joihin yksittäisten laboratorioanalyysien perusteella ei päästä käsiksi. Kasviplanktonin kevätukinnan aikana meressä toteutettu pHmittaus (kuva 3) kertoo ukinnan käynnistymisestä maaliskuun lopussa ja päättymisestä huhtikuun puolivälissä. Korkeimmat pH-arvot on mitattu iltapäivisin, kun lievien hiilidioksidin (ja bikarbonaatin) otto on voimakkaimmillaan. Alhaisimmat arvot on mitattu yöllä kun hiilidioksidia vapautuu takaisin veteen lievien hengityksen tuloksena. Päivän ja yön välinen pH-muutos on tästä syystä yksinkertainen mutta luotettava indikaattori kasviplanktonin perustuotannolle.

Kirjallisuus

- Herlevi A. & Leppäranta M.**, 1994. ERS-1 SAR open water in the Baltic Sea. *EARSel. Advances in Remote Sensing* 3:2–XXI, 64–70.
- Horne A.J. & Goldman Ch. R.**, 1994. *Limnology*. McGraw-Hill International Editions. Biological Science Series. ISBN: 0070236739
- Kohonen T.**, 1978. Automaattisten veden laadun tarkkailulaitteiden käyttökokemuksia. *Vesihallitus, Helsinki. Vesihallitus – Tiedotus* 153. 89 s. ISBN 951-46-3592-2
- Kohonen T.**, 1985. Availability of automatic water quality monitoring for Finnish watercourses. Helsinki, National Board of Waters, Finland. *Publications of the Water Research Institute* 62. 127 s.
- Laitinen, J.**, 1999. Approach to technically, ecologically and economically optimal river basin operation and management. Vaasan yliopisto, kaupallis-tekninen tiedekunta, tietotekniikan ja tuotantotalouden laitos. *Lisensiaattitutkielma*. 39 s.
- Lindfors A. P. & Rasmus K. E.**, 2000. Flow-through system for distinguishing dynamic features in the Baltic Sea. *Geophysica* 36 (1–2): 203–214. ISSN 0367-4231.
- Lindfors A. P. & Rasmus K. E.**, 2002. Jatkuvaan mittaamiseen perustuva menetelmä pintavesien laadun selvittämiseksi. *Vesitalous* 41(2): 26–28. ISSN 0505-3838.

TELEMETRIA KALANTUTKIMUKSESSA

Telemetrialähettimen avulla saadaan runsaasti tietoa mm. kalan vaeltamisesta, kutukäyttäytymisestä tai fysiologiasta. Signaalia voidaan vastaanottaa autosta, veneestä tai lentokoneesta. Tieto tallentuu automaattiseen kuunteluasemaan tai vastaanotin voi lähettää signaalin matkapuhelinverkossa tutkijan tietokoneelle. Satelliittipaikannus onnistuu kuitenkin toistaiseksi vain suurille haille ja tonnikoille.

Jaakko Erkinaro

fil.tri, tutkimusprofessori
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
E-mail: jaakko.erkinaro@rkti.fi

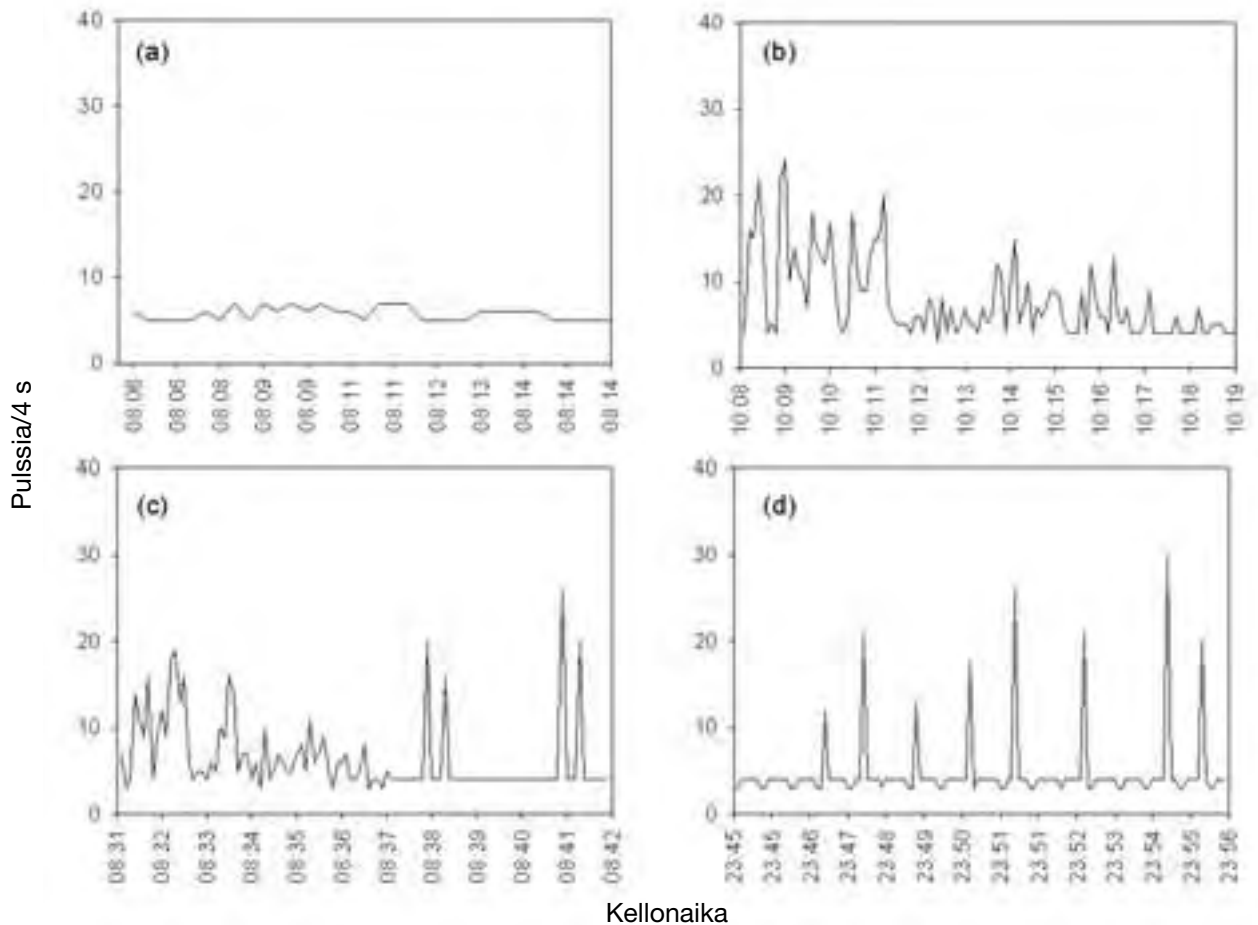
Petri Karppinen

fil.maist.
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos
E-mail: petri.karppinen@rkti.fi

Biologisessa tutkimuksessa sovellettu telemetria, biotelemetria, tarkoittaa langatonta tiedon välittämistä eläimeen kiinnitetyn lähettimen ja sen signaaleja kuuntelevan vastaanottimen välillä. Telemetrian hyväksikäyttö kalatutkimuksissa alkoi jo 1950-luvulla, mutta varsinainen läpimurto erilaisten lähetin- ja vastaanotintekniikoiden kehittyessä on tapahtunut viimeisen parinkymmenen vuoden aikana.

Telemetrinen tieto voi kulkea joko radioaaltoina tai akustisesti ultraäänialtoina. Radiolähetintekniikkaa käyttämällä saavutetaan ultraääntä selvästi suurempi kuuluvuusalue, suotuisissa olosuhteissa radiolähettimellä varustettu kala voidaan paikantaa kilomet-

rien päästä kuivalta maalta. Akustisia ultraäänilähettimiä voidaan kuunnella vain siten, että vastaanottimen anturi, hydrofoni, on veden alla. Ultraäänilähettimien kuuluvuusalue rajoittuu yleensä vain muutamaan sataan metriin. Akustista tekniikkaa voidaan toisaalta käyttää myös suolaisessa vedessä tai hyvin syvässä makeissa vesissä, joissa radiolähettimet eivät toimi. Yhdistelmä-lähettimet käyttävät kumpakin tekniikkaa, mikä helpottaa esimerkiksi merestä jokeen nousevien vaelusalojen seuraamista. Lähetin antaa ultraäänisignaaleja suolaisessa merivedessä, mutta vaihtaa signaalin radioaaltoiksi, kun lähetintä kantava kala siirtyy makeaan jokiveteen.



Kuva 1. Aktiivisuuslähettimen avulla rekisteröityjä kutulohien käyttäytymispiirteitä. Tarkemmat kuvaukset tekstissä.

Utsjoen lohien kutukäyttäytyminen paljastuu.

Tenojoen sivujoen, Utsjoen, lohien kutukäyttäytymistä on tutkittu vuosien ajan telemetriamenetelmin. Lähekkäiset mutta erilliset lohien kutualueet Utsjoen alaosalla tarjoavat hyvän tutkimusympäristön lohien liikkumisen ja käyttäytymisen tutkimiselle kutuaikana syys-lokakuussa. Aktiivisuusuutiminnolla varustetut radiolähtimet ovat mahdollistaneet erilaisten kutukäyttäytymisen piirteiden tarkkailemisen. Koiraslohien kutuaikaiseen toimintaan kuuluvat taistelut toisten koiraiden kanssa kutualueen herruudesta ja naaraslohen suosista. Naarasta kosiskeleva koiraslohi liukuu rauhallisesti kutukuopalla olevan naaraan vierelle ja väräyttää ruumistaan voimakkaasti. Naaraslohi viettää rauhallisempaa elämää kutualueilla. Ajoittain naaraslohi kääntyy kyljelleen ja kaivaa voimakkailla pyrstöniskullaan kuoppaa joen pohjakivikkoon mädin laskemista varten. Radiolähtetimestä olevassa katkaisimessa herkkäliikkeen elohopeapisarareagoi kalan liikkeisiin saaden lähtetimen pulssitiheyden vaihtelevaan suhteessa kalan liikkeisiin – mitä tiheämpi ja voimakkaampi liike, sitä tiheämpi pulssi. Utsjoella on pystytty myös kalibroimaan aktiivisuuslähettimen antama tieto keskeisistä kutukäyttäytymisen piirteistä samanaikaisen videokuvauksen avulla. Kuvassa 1(a) koiraslohi pysytteli paikoillaan kovassa virrassa videokameran edessä. Kuvassa 1(b) lähetti lähettää hyvin tiheää ja vaihtelevaa signaalia, kun koiras ui nopeasti ympäriinsä ja ärhentelee kilpakosijoilleen. Kuvan 1(c) koiraslohi ajaa raivokkaasti kilpakumppaneitaan pois, ja tilanteen rauhoituttua se väristelee itseään kutukuopalla olevalle naaraalle. Kuvan 1(d) naaraslohi puolestaan kaivoi tasaisin väliajoin kutukuoppaa, mutta pysytteli muuten paikoillaan.

Lähtetimen signaalit

Merkittyjen kalojen lähettämät signaalit voidaan erottaa toisistaan yksilöllisten taajuuksien tai toisistaan poikkeavien pulssitiheyksien avulla. Vastaanotin kuuntelee valittuja taajuuksia peräkkäin, ennalta ohjelmoidun ajan kutakin. Useiden taajuuksien peräkkäinen kuunteleminen voi joskus olla liian hidas tapa seurata esimerkiksi suurta joukkoa nopeasti kuuntelukohdan ohittavia kaloja. Tällöin voidaan käyttää samalla taajuudella toimivia yksilöllisesti koodattuja lähtetimiä, joiden koodit vastaanotin pystyy tunnistamaan. Samalla taajuudella voi periaatteessa olla useita satoja koodattuja lähtetimiä.

Radiolähtetimiä voidaan vastaanottaa joko automaattisten vastaanottoasemien avulla tai radiolähtetimiä voidaan etsiä manuaalisesti vastaanottimen ja antennin avulla. Radioantennit voivat olla muodoltaan ja kool-

taan hyvin erilaisia, yleisin antennityyppi on tavallisen televisioantennin näköinen yagi-antenni. Joissakin tapauksissa radioantenni voidaan sijoittaa myös veden alle, esimerkiksi erityisen tarkkaa kalan paikannusta vaativissa tutkimuksissa. Kun kaloja paikannetaan aktiivisesti, manuaalisen vastaanottimen pienehköä antennia voi pitää kädessä. Suuret ja tehokkaat, pitkän kantaman antennit voidaan aktiiviseurannassa kiinnittää esimerkiksi auton kattotelineeseen tai lentokoneen las-kutelineisiin. Automaattinen, passiivinen kuunteluasema varustetaan usein talon katolle tai puuhun sijoitettavalla antennilla. Kuunteluasema voi kuunnella ja tallentaa signaaleja useammaltakin eri paikkoihin sijoitetulta antennilta.

Ultraääntä vastaanotetaan veden alla pidettävillä hydrofoneilla tai vedenalaisilla automaattisilla kuunteluasemilla. Automaattiasema voi lähettää ultraäänisignaalin rannalla olevalle radioasemalle, joka välittää sen radioteitse kauempaan sijaitsevalle tallentimelle tai siirtää sen matkapuhelinverkko pitkin tutkijan tietokoneelle. Jos kala käy riittävän usein veden pinnassa, radiolähettimen signaalia voidaan vastaanottaa myös satelliitilla. Satelliittilähettimien suuren koon vuoksi niitä voidaan kuitenkin käyttää vain hyvin suurikokoisia kaloja, esimerkiksi haita tai tonnikaloja tutkittaessa.

Paikantaminen ja aktiivisuuden ja fysiologia

Telemetriamenetelmiä on käytetty ennen kaikkea kalojen paikantamiseen ja liikkeiden seuraamiseen. Telemetrialähettimellä varustettu kala voidaan paikantaa halutuun väliajoin ja näin voidaan seurata esimerkiksi lohien vaelusta joessa tai taimenistukkaiden joutumista haukien saaliiksi järven eri osissa. Telemetriaa voidaan kuitenkin käyttää myös kalojen käyttäytymisen ja fysiologian tutkimiseen. Aktiivisuuslähettimet mittaavat kalojen liikkeitä lähettämällä vaihtelevia pulssimääriä kalojen liikkumisaktiivisuuden mukaan. Erilaisilla antureilla varustetut lähettimet voivat mitata esimerkiksi kalan sydämen sykettä tai lihasten sähköistä ak-



Kuva 2. Tutkija Petri Karppinen vapauttamassa selkävän alla olevalla radiolähettimellä merkittyä 15-kiloista naaraslohta Utsjoen kutualueelle. (Kuva: Pertti Salakari).

tiivisuutta. Tällaiset lähettimet voidaan kalibroida mittaamaan esimerkiksi kalaportaan läpi ponnistelevalle kalan lihasten hapenkulutusta.

Lähetin voidaan kiinnittää kalaan joko ulkoisesti, esimerkiksi metallilankojen avulla selkävän tyvelle, tai sisäisesti. Sisäinen asennus voidaan tehdä nielun kautta mahalaukkuun tai kirurgisesti ruumiinonteloon. Fysiologisia mitta-antureita käyttävät lähettimet sijoitetaan ruumiinonteloon, jolloin ohuet anturilangat kiinnitetään esimerkiksi selkälihakseen.

Ainutlaatuisia tutkimusmahdollisuuksia

Telemetrian käyttö kalojen merkinnässä eroaa selvästi muista, perinteisemmistä merkintämenetelmistä erityisesti siinä, kuinka paljon merkitystä kalayksilöstä voidaan kerätä tietoa. Perin-

teisillä kalanmerkintämenetelmillä merkityistä kaloista saadaan havainto tyyppillisesti vain silloin kun kala joutuu pyydystetyksi, eli vain kerran merkinnän jälkeen. Telemetrialähettimellä merkitystä kalasta voidaan saada tietoa toistuvasti, halutessa vaikka jatkuvasti. Telemetria tarjoaa myös mahdollisuuden tutkia kalaa sen luonnollisessa elinympäristössään kuukausien, jopa vuosien ajan häiritsemättä ja käsittelemättä sitä kertaakaan merkinnän jälkeen.

Telemetriamenetelmän käytön varjopuolena on sen hinta. Halvimmatkin lähettimet maksavat pari sataa euroa kappaleelta ja vastaanottimien hinnat ovat tuhansia euroja. Suurien kalamäärien merkinnän edellytyksenä on tutkimushankkeen hyvä rahoitus pohja. Telemetrian käyttö tarjoaa kuitenkin tutkimusmahdollisuuksia, joihin muilla menetelmillä ei päästä.



Kirjautuus

M. Niase, A. Iza, Garane ja O. Varis:

Water Governance in West Africa

Julkaisija International Union for the Conservation of the Nature IUCN

Lähempiä tietoja www.iucn.org
www.iucn.org/themes/law/pdffdocuments/EPLP50FR_EN.pdf

KAUKOKARTOITUS VESISTÖN SEURANNASSA



Jari Silander

tekn.tri

Suomen ympäristökeskus

E-mail: jari.silander@ymparisto.fi

Kirjoittaja työskentelee vesistöjen käyttöön ja hoitoon liittyvissä tehtävissä.

Jouni Pulliainen

professori

Teknillinen korkeakoulu

E-mail: jpulliai@avasun.hut.fi

Kirjoittaja työskentelee avaruustekniikan laboratoriossa yhtenä osaamisalueenaan ympäristön havainnointiin liittyvät kaukokartoitussovellukset.

Martti Hallikainen

professori

Teknillinen korkeakoulu

E-mail: mhallika@avasun.hut.fi

Kirjoittaja työskentelee avaruustekniikan laboratoriossa yhtenä osaamisalueenaan ympäristön havainnointiin liittyvät kaukokartoitussovellukset.

Kaukokartoitus tarjoaa lähes reaaliaikaista tietoa tulvien peittämistä alueista. Se mahdollistaa myös järvien vedenlaatuoluokituksen. Tulvantorjunnassa satelliiteilta analysoitua lumen peittämää alaa sekä maankosteustietoa voidaan hyödyntää data-assimilaation avulla virtaamaennusteiden tekemiseen. Tulevaisuuden suuntaa Euroopassa näyttää Global Monitoring for Environment and Security -hanke, joka ohjaa kaukokartoituksen kehitystä.

Kaukokartoitus tarjoaa hyvän keinon luonnonvarojen ja ympäristön tilan seurantaan. Satelliiteilta ja lentokoneista tehdyt alueellisesti laaja-alaiset kaukokartoitushavainnot voidaan hyödyntää vesistöjen tutkimuksessa ja käytössä. Kaukokartoitussatelliitit ovat toimintaperiaatteeltaan aktiivisia tai passiivisia. Aktiiviset satelliitit kiertävät maata ja lähettävät sähkömagneettisia aaltoja maahan ja mittaavat niistä tulevaa heijastetta. Passiiviset satelliitit mittaavat ympäristön lähettämää taustasäteilyä. Aktiivinen satelliittilaite voi havaita esimerkiksi mikroaaltoja lähettämällä, onko kohde lumen peitossa vai ei. Passiivinen satelliittilaite voi mitata esimerkiksi maanpinnan lämpötilaero-

ja. Satelliitit on varustettu erilaisilla instrumenteilla, jotka mahdollistavat niin ilmakehän kuin maanpinnankin seurannan. Vesistöjen seurannassa satelliitti on oiva apu veden pintalämpötilan, veden sameuden, levien määrän (klorofyllipitoisuuden) ja pintalevälautojen seurannassa. Kaukokartoituksen tulevaisuus on havaintojen hyvässä alueellisessa ja ajallisessa kattavuudessa ja toisaalta hyvässä, jopa alle neliömetrin kuvatarkkkuudessa.

Kaukokartoituksessa havainnointi tapahtuu kohdetta koskematta. Satelliittien ottamissa kuvissa käytetään useaa eri aallonpituusalueetta samanaikaisesti, esimerkiksi näkyvää ja infrapunavaloa. Kaukokartoituksesta pu-

huttaessa tarkoitetaan yleensä satelliitilta tai lentokoneesta tapahtuvaa havainnointia, mikä mahdollistaa aikaan ja paikkaan sidotut havainnot. Tulokset integroidaan numeerisiin malleihin parantamaan mallien tulosten tarkkuutta.

Taivaalla on useita kymmeniä kaukokartoitussatelliitteja, jotka mittaavat maata yleensä vuosien ajan. Esimerkiksi Euroopan ERS-2 -satelliitti laukaistiin vuonna 1995 ja se kiertää yhä maapalloa 100 minuutin kiertoaajalla noin 780 km:n korkeudella. Sen seuraaja Envisat laukaistiin 2002. Laajalla instrumenttivalikoimalla varustettu Envisat mahdollistaa mm. yhtäaikaisen ilmakehän otsonin, maanpinnan kasvillisuuden, lumen ja jään sekä merialueiden seurannan. Satelliitin mikroaloradiometri ja infrapunaradiometri mahdollistavat merenpinnan lämpötilamittaukset ja kasvillisuuskartoitukset noin 1 km:n resoluutiolla ja 500 x 500 km² kuvakoolla. Myös satelliittien kehitys on ollut nopeaa. Vuonna 1972 laukaistu Landsat mahdollisti 80 metrin kuvaresoluution ja vuonna 1999 laukaistu Landsat-7 -satelliitti jo 10 metrin kuvaresoluution. Samaan aikaan tiedonsiirtonopeus oli yli kymmenkertaistunut.

Satelliitista lähetetty tieto vastaanotetaan esim. Norjan Tromssassa, jossa se jalostetaan kuvaksi. Kuvat kalibroidaan radiansseiksi ja kirkkauslämpötiloiksi, ilmakehän virheet poistetaan, kuva oikaistaan karttakoordinaatistoon, pilvet tunnistetaan tarvittaessa ja lopuksi suoritetaan algoritmi- ”ohjelma” esim. klorofyllin määrittämiseksi. Tämän jälkeen tulkittuja kuvia voidaan hyödyntää mm. ympäristön tilan seurannassa, maankäytön arvioinnissa ja tulvakarttojen laatimisessa.

Satelliittikuvien tulkinta vaatii kuvausten lisäksi samanaikaisia laajoja maastohavainnoja, joiden pohjalta lähes automaattiset kuvien käsittelyalgoritmit kehitetään. Kehitystyö nojautuu usein satelliittikuvien lisäksi lentokoneesta tehtäviin mittauksiin satelliittilaitetta vastaavalla instrumentilla. Lentokuvausten etuna on datan saanti halutusta paikasta haluttuun aikaan. Lopullinen tulos, kuten esimerkiksi klorofyllipitoisuuskartan tarkkuus, riippuu mm. siitä miten aineistoa on käsitelty ottaen huomioon sen sijaintitarkkuus,

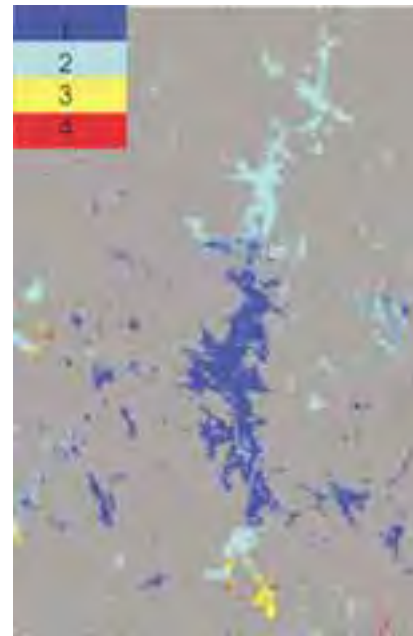
ominaisuuksien tarkkuus, geometrisen tiedon tarkkuus, tiedon kattavuus ja resoluutio sekä tiedon ikä.

Kaukokartoitus vesistön seurannassa

Sovelluksia vesistöjen seurannassa on useita. Esimerkiksi Suomen ympäristökeskus, SYKE, seuraa Itämeren **pintalämpötilaa** lähes viikoittain ja saatavan lämpötilan tarkkuus on noin 1 °C, kuvakoon ollessa 1 x 1 km². Satelliittikuvilta seurataan kesällä mm. Itämerelle muodostuvia **pintalevälauttoja**. Päivittäin saatavista satelliittikuvista tulkitaan myös **veden sameutta** kahta aallonpituusalueella hyödyntäen (Kallio ja Härmä 2003). Myös **maanpeitettä** kartoitetaan säännöllisesti ja tieto voidaan hyödyntää esim. sääennustemalleissa. Operatiivisessa käytössä olevat kuvat ovat yleensä optisilta satelliiteilta, jolloin pilvisuus estää varsin usein kuvan hyödyntämisen koko kuva-alueelta. Tosin kuvat saada kohtuullisin kustannuksin ja lähes päivittäin maan kattavasti. Kuvien resoluutio operatiivisessa käytössä vaihtelee yleensä 250 metristä 1000 metriin.

Muita sovelluskohteita satelliittikuvista ovat mm. **öljylautojen tai muiden ympäristöpäästöjen** seuranta. Öljyvahinkojen kartoitus on aloitettu jo 1990-luvun alussa. Vuonna 1991 tehtiin kokeita Norjan länsirannikolla öljyvahinkojen kaukokartoituksen kehittämiseksi. Veteen laskettiin öljyä yli 20 tonnia ja satelliitilta seurattiin öljylautan kehittymistä. Kuvien tulkinnaissa havaittiin monia vaikeuksia kuten se, että erilaiset öljyt heijastavat mikroaalloja eri lailla. Myös aallokko ja tuulen aiheuttamat väreet tuottivat vaikeuksia. Tyynellä säällä ja erittäin kovalla tuulella öljylauttaa ei pystytty havaitsemaan, koska havaitseminen perustuu öljyn aallokkoa vaimentavaan vaikutukseen (Bern ym. 1993). Nykyisin tietokoneiden teho on kasvanut niin, että erilaisia suodattimia voidaan käyttää ja öljylautat tunnistetaan lähes kaikissa olosuhteissa.

Pintavesien tilan arvioinnissa voidaan hyödyntää satelliittikuvista analysoituja parametrejä, kuten **veden näkösyvyyttä, levä- ja humuspitoisuutta**



Kuva 1. Järven tyypiluokittelun demonstraatio yhden yhdysvaltalaisen MODIS-instrumentin (Barnes 1998) kuvan sekä vedenlaadun havaintopisteiden avulla. Tiedon avulla järvet on jaettu viiteen eri laatuluokkaan. Kuvan resoluutio 250 m ja kuvan leveys 100 km.

ja kiintoaineksen **kulkeutumista ja jakautumista** vesistöissä. Vesistöissä kiintoainetta kuljettavat virtaukset. Satelliitilta saatavan tiedon kiintoainesten kulkeutumisesta merellä on havaittu riippuvan mm. vuodenajasta ja pilvisyydestä (Aquirre-Gomez 2000). Tutkimuksessaan Aquirre-Gomez havaitsi laivalta mitattujen kiintoainepitoisuuksien korreloivan satelliittikuvien radianssien kanssa hyvin. Selvitysaste regressioanalyysissä vaihteli välillä 0,7 ja 0,9. Vedenlaadun seurannassa kaukokartoitus mahdollistaa järvien luokittelun esimerkiksi veden sameuden, kiintoaineksen, näkösyvyyden ja klorofyllipitoisuuden perusteella viiteen eri kategoriaan n. 80 %:n tarkkuudella (kuva 1) (Koponen ym. 2004). Vesistöjen veden laadun kaukokartoitusta voidaan tehdä myös lähietäisyydeltä veneestä tai paikallaan olevalla spektrometrillä, jolloin mitattavat veden laadun parametrit saadaan huomattavasti tarkemmin kuin lentokoneesta tai satelliitista (Kutser 1997; Herlevi 2002). Satelliittikuvista analysoidun tiedon

perusteella voidaan arvioida viljasadon kehitymistä ja sitä kautta vesistöjen ravinnekuormia. Kuvista analysoitu tietoa maankosteudesta voidaan hyödyntää esim. tulva- ja virtaamaennusteissa. Myös aallonkorkeuden seuranta tehdään operatiivisesti Merentutkimuslaitoksessa. Tulvien ennustamisessa kuvista voidaan tulkita vedenkorkeuden muutos n. 0,1 m tarkkuudella aukeilta alueilta vuodenajasta riippumatta (Townsend 2001). Menetelmä mahdollistaa virtaamaennusteen tekemisen vedenkorkeuden perusteella.

Kaukokartoitus tulvantorjunnassa

SYKE ja Teknillisen korkeakoulun avaruustekniikan laboratorio ovat mukana EU:n rahoittamassa FloodMAN -tutkimushankkeessa (Near real-time flood forecasting, warning and management system based on satellite radar images). Hankkeessa tehdään yhteistyötä myös alueellisten ympäristökeskusten kanssa. Tutkimuksen tavoitteena on kehittää ja testata satelliittikuvien tulkintamenetelmiä vesistöennusteissa ja hydrologisissa mallinnuksissa. Muutoksien kartoittamiseen käytetään satelliittien sekä optisia että tutkakuvia. Satelliittitutkien paikkaresoluutio on yleisemmin kymmenistä metreistä satoihin metreihin. Optisten kuvien tyypillinen paikkaresoluutio on kymmenistä metreistä kilometreihin. Havaintoalueen kuvakoko on yleensä 50 x 50 km². Tutkatsatelliitin mikroaallot läpäisevät ilmakehän helposti säästä riippumatta. Niiden soveltamista operatiiviseen käyttöön hankaloittaa toistaiseksi rajoitettu saatavuus; satelliittitutka kuvaa maata vain 10 % kiertoajasta.

FloodMAN -hankkeessa yksittäisestä tutkakuvasta erotetaan vesialueet ja maankosteus. Nyt kehitetty menetelmä vesialueiden erottamiseksi sopii parhaiten suurien tulva-alueiden selvittämiseen sekä tulvakartoitukseen metsätyyppillä alueilla ja alueilla, joilla on heikkotasoinen korkeusmalli (Townsend 2001). Satelliittikuvista voidaan tehdä myös digitaaliset korkeusmallit. Kuvia on käytetty myös tulvavahinkoarvioiden tekemisessä (Chengu ym. 2000). Maankosteuden tulkinta kuvista ei ole



Kuva 2. Lapuanjoella oli suuri kevättulva huhtikuussa 2000. Kuvassa on analysoitu tilannetta 22.4.2000 otetusta satelliittikuvasta Ylihärman kohdalta. Tulva-alueen rajat on osoitettu sinisellä viivalla. ©FloodMAN EU-projekti EVG1 – CT – 2002- 00085 ja ©MML, lupa L4715/02.

vielä riittävän tarkkaa, mutta hyvä ja kattava maankosteusmittaus voisi parantaa kesätulvaennusteita merkittävästi. Kuvassa 2 on esitetty alustava tulkinta vuoden 2000 suurtulvasta Lapuanjoella.

Kehitystyötä on tehty myös EU:n rahoittamassa 'Development of Generic Earth Observation Based Snow Parameter Retrieval Algorithms' eli EnviSnow -hankkeessa, jossa on kehitetty algoritmeja mm. lumen peittoalan kartoitukseen. Erityisesti SYKE:ssä kehitetyt yhdysvaltalaisen optisten satelliittitietaineistojen käyttöön pohjautuvat tulkintamenetelmät ovat edullisia. Uusimmat mikroaaltolaitteisiin perustuvat lumen tulkinta-algoritmit (Koskinen ym. 1997; Pulliainen ym. 2004) mahdollistavat lumen vesi-arvon sekä lumen peittämisen alan määrittämisen satelliittikuvista. Normaaliin satelliittitutkien lisäksi ns. skatterometritutkien on havaittu soveltuvan lumen peittämisen alueen monitorointiin (Hallikainen ym. 2004). Skatterometritutkien etuna on hyvä ajallinen peittävyys (kaksi mittausta vuorokaudessa) ja datan saatavuus, haittana on huonompi paikkaresoluutio (20 km).

Hydrologisten mallien tarkistukseen on käytetty keväisin lumen vesi-arvoa ja lumenpeittävyyttä, jotka on perinteisesti mitattu lumilinjojen avulla. Lumilinjoja mitataan Suomessa lähes 160 ja ne ovat pituudeltaan viisi kilometriä. Maastossa määritetään lumen vesi-arvo, lumen syvyys, tiheys sekä lumen peit-

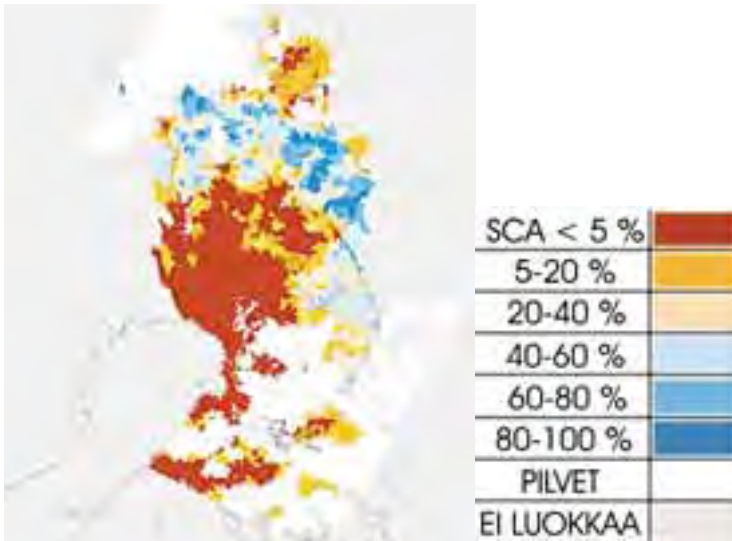


Kuva 3. ENVISAT MERIS -kuva, joka on otettu 6.5.2004. Kuvassa lumi ja jää näkyvät viininpunaisena alueena.

tämä ala. Suomen ympäristökeskuksessa operatiivisessa käytössä oleva lumen kaukokartoitus satelliitilta täydentää maastohavaintoja (kuvat 3 ja 4). Hydrologinen malli tarkistetaan satelliittikuvista tulkitun lumen peittämisen avulla ja sitä korjataan tarvittaessa. Havainnot parantavat osaltaan vesistöennusteiden luotettavuutta erityisesti lumen sulamisjakson lopussa.

Tulevaisuudennäkymät

Tulevaisuudessa kaukokartoitusinstrumenttien määrä tulee kasvamaan ja kustannustaso laskemaan ESAn ja EU:n yhteisten satelliittien lisääntyessä. Tä-



Kuva 4. SYKE:ssä kuvan 3 aineistoista tehty lumen suhteellisen peittoalan tulkinta, jossa metsien häiritsevä vaikutus optisiin satelliittihavaintoihin on korjattu laskennallisesti.

män myötä toivotaan havaintojen alueellisen ja ajallisen kattavuuden paranevan. Tiedonsiirtokapasiteetin kasvassa voidaan tuottaa myös entistä parempia maastomalleja ja tarkastella pienempiä yksityiskohtia.

EU on päättänyt investoida kaukokartoitukseen huomattavasti lähitulevaisuudessa ja on käynnistämässä ESAn kanssa yhteistä hanketta nimeltä Global Monitoring for Environment and Security (GMES). Se tulee ohjaamaan kaukokartoituksen kehitystä Euroopassa seuraavien 5–10 vuoden aikana. Kaukokartoitusmenetelmien käyttö hankkeen myötä tulee laajenemaan huomattavan nopeasti ympäristön seurannassa. Kasvillisuuden, veden laadun ja maankosteuden seuranta helpottuu ja ne tulevat olemaan todennäköisesti operatiivisessa käytössä jo vuosikymmenen loppuun mennessä. Tulvia enustetaan nykyisin reaaliaikaisesti 1–5 km:n resoluution kaukokartoitusaineistolla. Tulevaisuudessa alle 10 m:n resoluutio voi olla arkipäivää. GMES-hanke edesauttaa myös menetelmien käyttöönottoa operatiivisessa vesistöjen hallinnassa. Jo nyt kaukokartoitus on hyvä työkalu vesiasioissa.

Lisätietoja

ENVISNOW, kotisivu: <http://projects.itek.norut.no/EnviSnow/>.
FloodMAN, kotisivu: <http://projects.itek.norut.no/floodman/>.
GMES, Global Monitoring for Environment and Security, kotisivut: <http://www.gmes.info/> ja <http://earth.esa.int/gmes/>.
Merentutkimuslaitos kotisivu: <http://www.fimr.fi/fi/>.
Suomen Ympäristökeskuksen kotisivu: <http://www.ymparisto.fi/>.
Vesistöennusteet kotisivu: <http://www.ymparisto.fi/>.
www.ymparisto.fi > Ympäristön tila > Pintavedet > Ajankohtainen vesiti... > Vesistöjen vedenkorkeus.

Kirjallisuus

Aguirre-Gómez, R. 2000. Detection of Total Suspended Sediments in the North Sea Using AVHRR and Ship Data. *International Journal of Remote Sensing* 21(8):1583–1596. ISSN 0143-1161.
Barnes, W. L., Pagano T. S. & Salomonson V. 1998. Prelaunch Characteristics of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on EOS-AM1. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 36(4): 1088–1100. ISSN 0196-2892.

Bern, T.-I., Wahl, T. & Anderssen, T. 1993. Oil Spill Detection Using Satellite Based SAR: Experience from a Field Experiment. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. LIX, no. 3, March 1993, s. 423 ISSN 0099-1112.

Cheng, Z., Jiancheng, L., Cunjian, Y., Baolin L. & Shixin, W. 2000. Flood Monitoring Using Multi-Temporal AVHRR and RADARSAT Imagery. *Implication for Mineral Resource Studies. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 66(5): 633–638. ISSN 0099-1112.

Hallikainen, M., Halme, P., Lahtinen, P. & Pulliainen, J. 2004. Retrieval of Snow Characteristics from Spaceborne Scatterometer Data. *IEEE IGARSS'04 Symposium, Anchorage, Alaska*, 21–25 September 2004.

Herlevi, A. 2002. *Inherent and Apparent Optical Properties in Relation to Water Quality in Nordic Waters*, PhD Thesis, University of Helsinki. ISBN 952-10-0872-5 (PDF).

Kallio, K. & Härmä, P. 2003. Secchi Depth and Turbidity in the Helsinki Sea Area as Estimated by LANDSAT ETM Imagery. *Proceedings of the Remote Sensing and Bio-optical Modelling of the Baltic Sea – Second International Workshop*. Helsinki, Sept. 28–29, 2003. p. 24. [Poster Presentation].

Koponen, S., Kallio, K., Pulliainen, J., Vepsäläinen J., Pyhälähti, T. & Hallikainen, M. 2004. Water Quality Classification of Lakes Using 250-m MODIS data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. (In press 2004.)

Koskinen, J. T., Pulliainen, J. & Hallikainen, M. 1997. The Use of ERS-1 SAR Data in Snow Melt Monitoring. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 35(3): 601–610. ISSN 0196-2892.

Kutser, T. 1997. *Estimation of water quality in turbid inland and coastal waters by passive optical remote sensing*. PhD thesis. University of Tartu, Estonia.

Pulliainen, J., Metsämäki, S., Luojus, K., Hallikainen, M., Anttila, S., Kärnä, J.-P., Huttunen, M., Rasmus, S. & Koskinen, J. 2004. Feasibility of Envisat Data for the Estimation of Snow Pack Characteristics and Areal Fractions of Snow in Boreal Forests. (In press 2004.)

Townsend, P. A. 2001. Mapping Seasonal Flooding in Forested Wetlands Using Multi-Temporal Radarsat SAR. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 67(7): 857–864. ISSN 0099-1112.



LIIKETOIMINTAA MITTAUKSISTA



■ **Piia Moilanen**

tekn.liis.

Teknologian kehittämiskeskus,
energia- ja ympäristöteknologia
E-mail: piia.moilanen@tekes.fi

Suomessa on paljon hyödyntämätöntä mittausteknologiaosaamista. Mittauksiin, mittalaitteisiin, instrumentointiin sekä mittaustiedon siirtoon ja käsittelyyn liittyvää osaamista on syntynyt lukuisissa tutkimus- ja tuotekehitysprojekteissa. Siirtämällä osaamista uusiin sovelluskohteisiin voidaan säästää merkittäviä hyötyjä, kustannussäästöjä ja uutta liiketoimintaa.

Tekes järjesti syyskuussa 2004 kaksi Liiketoimintaa mittauksista -tilaisuutta. Ensimmäisen tilaisuuden aiheena oli prosessiteollisuuden mittaukset. Toisessa tilaisuudessa keskityttiin ympäristösektorin laitosmittakaavan prosessien, kuten vedenkäsittelyn ja ilmapäästöjen, mittauksiin.

Tilaisuuksien tavoitteena oli vauhdittaa teknologian siirtoa, synnyttää ideoita ja projekti-ituja uusien tuotekehityshankkeiden pohjaksi. Tilaisuuksiin oli kutsuttu mittalaiteryrityksiä, järjestelmätoimittajia, tutkimusryhmiä ja mittausteknologian hyödyntäjiä. Seuravassa on erityisesti vesihuoltosektoria koskettavien esitysten ja keskusteluiden satoa.

Mittaukset vesilaitoksilla

Ympäristösektorin toimija mittaa yleensä viranomaisen vaatimuksesta sekä prosessin toiminnan ohjaamiseksi ja seuraamiseksi. Markkinoiden viranomaisvetoisuus vaikuttaa vahvasti myös uusien mittausten menetelmien kehitys- ja käyttöönottohalukkuuteen.

Manuaalinen näytteenotto, epäsuorat mittaukset ja näytteiden pitkä käsittelyaika ovat arkipäivää vesilaitoksilla. Esimerkiksi lietteen laskeutuvuuden mittaamiseksi jätevedenkäsittelylaitoksen käyttöhenkilökunta käy hakemassa ilmastusaltaasta lietenäytteen, kaataa sen mittalasiin ja lukee 30 minuutin kuluttua mittalasin lukeman. Lietenäytteestä on vielä tehtävä kiintoainemääritys ennen kuin päästään laskeamaan lietteen laskeutuvuus.

Samaan aikaan kiviteollisuudessa on aloitettu kivimurskeen raekoon reaaliaikainen mittaus konenäön avulla. Näytteenoton ja analysoinnin sijaan kivimurskasta ohjataan osa reaaliaikaiseen raekokoanalyysiin, jonka tietojen

perusteella voidaan säätää murskaimen leukoja.

Vesilaitoksilla vain pieni osa mittauksista tapahtuu reaaliaikaisesti suoraan linjalta. Jätevedenpuhdistamolla seurataan tyypillisesti "on-line" vain pH:ta, lämpötilaa, redox-lukemaa, happipitoisuutta ja virtaamaa. Esimerkiksi tulevan jäteveden mahdollinen toksisuus havaitaan tyypillisesti vasta puhdistustulosten romahtamisena.

Samaan aikaan on kehitetty biotestejä ja -siruja joilla päästään tunnistamaan yhä pienempiä pitoisuuksia ja erilaisimpia yhdisteitä reaaliaikaisesti. Biosirujen avulla voidaan lähitulevaisuudessa nopeasti tutkia, esimerkiksi miten jokin tietty hoito tehoaa tai soveltuu syöpäpotilaalle.

Vesilaitoksissakin tarkemmat, edustavammat, "on- ja in-line" sekä uusia aineita mittaavat anturit olisivat hyödyksi. Uusia mittauksia voitaisiin käyttää varoittajina, prosessin ohjauksessa ja mallinnuksessa. Automatisoinnin ja reaaliaikaisuuden avulla voitaisiin optimoida näytteenottoa ja esikäsitteilyä. Lisätiedon avulla voitaisiin tehostaa prosessin ohjausta ja osoittaa prosessin toimivuus tai sen puutteet.

Mittausten kehittämisen ongelmat

Uusien mittausten menetelmien soveltajana vesilaitokset eivät ole olleet järin innokkaita. Vesilaitoksilla pelätään kustannuksia, lisäresurssitarvetta ja mah-

dollisia sisäänajo-ongelmia. Järjestelmätoimittajien ja mittalaitteiden tai palvelumyyjien pitäisikin voida osoittaa uusista mittauksista saatava hyöty konkreettisesti. Tämä voi olla vaikeaa, jos mittalaitteen myyjä tai järjestelmätoimittaja ei tunne tuotantoprosessia kyllin hyvin.

Vain pientä osaa potentiaalisista mittaussinnoista on yritetty soveltaa vesihuoltosektorin käyttöön. Vesihuoltosektoria on ehkä pidetty vaikeasti lähestyttävänä, hitaana ja pienenä markkina-alueena. Lisäksi vedenkäsittelyprosessista tehtävät mittaukset ovat usein vaativia. Ongelmia voivat aiheuttaa esimerkiksi ympäristöolosuhteet ja antureiden likaantuminen.

Usein ongelmat ovat kuitenkin yleisellä tasolla. Hyvää mittaussideaa ei ole koskaan räätälöity loppukäyttäjän tarpeisiin tai sitä ei ole tosissaan yritetty tuottaa. Joskus idea on tuotteistunut, mutta vain kapealle sektorille, vaikka

pienellä räätälöinnillä menetelmä soveltuisi useiden toimialojen käyttöön.

Tekes tukee mittaustieliiketoiminnan kehittämistä

Tekes on tukenut mittausteknologian kehittämistä suurilla summilla vuosien saatossa. Suuri osa kehitystyöstä on tehty teknologiaohjelmissa, mutta myös niiden ulkopuolella. Mittausmenetelmiä on kehitetty mm. avaruustutkimuksen, ilmanlaadun seurannan, lääketieteen ja prosessiteollisuuden tarpeisiin. Tukea on myös myönnetty vedenlaadun optisen mittaamisen, mittaustiedon jalostamisen ja satelliittipainannuksen kehittämiseen.

Nyt tavoitteena on kaupallistaa olemassa olevaa osaamista ja puolivalmiita menetelmiä sekä löytää uusia kaupallisia sovelluskohteita olemassa oleville teknologioille.

Tekes on avannut suunnatun haun ”LIMIT -Liiketoimintaa mittauksista”. Haku on tarkoitettu yrityksille, joiden toivotaan verkottuvan tutkimuslaitosten tai muiden yritysten kanssa. Projekteihin tulisi ottaa mukaan myös asiakkaan ja mahdollisen järjestelmätoimittajan näkökulma.

Projektit voivat keskittyä olemassa olevan teknologian soveltamiseen, mutta voi olla teknologian tai mittausteknologieliiketoiminnan kehittämistä tai kyse voi olla tutkimuksellisemmasta kehitystyöstä.

Hakua ei ole rajattu millekään teknologia-alueelle, vaikka markkinointi- ja aktivointiponnistelussa panostimme muutamaa sovellusalueeseen. Vesihuolto oli yksi näistä. Haku päättyy 30.11.2004.

Lue lisää www.tekes.fi/



Kommentti Harri Helmisen artikkeliin ”Umpikassitekniikka ei ratkaise kalankasvatuksen ympäristöongelmia” (Vesitalous 4/2004)

Harri Helmisen käsitteli artikkelissaan ansiokkaasti Paraisilla toteutettua umpikassikalankasvatuksen kehittämishanketta ja sen vaikutuksia. Länsi-Suomen ympäristölupavirasto hylkäsi päätöksellään no 12/2003/3, 31.3.2003, Skagsund Ab:n hakemuksen kalankasvatukseksi umpikasseissa hakemuksen mukaisella paikalla Käringholmsströmmenissä Paraisten portin länsipuolisessa lahdessa Käringholmin ja Dirholmenin välissä. Hylkääminen tapahtui Helmisen artikkelissakin esiintulleiden vesistövaikutusten vuoksi

ympäristönsuojelulain 6 ja 42 §:n perusteella.

Päätökseen osallistuneena haluan sanoa tyylyltä vaikuttaneesta ratkaisusta, että päätös ei ole kannanotto umpikassitekniikkaa vastaan. Päätös koskee kalankasvatusta paikassa, joka ei umpikassitekniikan käytöstä huolimatta sovellu kalankasvatukseen.

Pidän tärkeänä, että umpikassitekniikkaa kehitetään edelleen meriolo-suhteisiin sopivaksi. Umpikassitekniikka voi avata mahdollisuuksia kalankasvatuksen harjoittamiseen pai-

koissa, joissa kalankasvatus ei vesien-suojeluyhdistä muuten olisi mahdollista. Umpikassitekniikan kehittäminen on tärkeää myös ajatellen kalankasvatuksen BAT:in kehittämistä.

Lea Siivola

ympäristöneuvos

E-mail: lea.siivola@ymparisto.fi

Ylä-Savon vesihuoltoyhteistyö



Helena Valta

toimitusjohtaja
Ylä-Savon Vesi Oy
E-mail: helena.valta@iisalmi.fi

Ylä-Savon Vesi Oy on viiden kunnan, Iisalmen, Kiu-ruveden, Lapinlahden, Sonkajärven ja Vieremän omistama vuonna 2003 perustettu tukkuvesiyhtiö. Yhtiö perustettiin vuonna 1998 valmistuneen alueellisen vesihuollon kehittämissuunnitelman pohjalta ja tavoitteena oli mm. nykyisten resurssien mahdollisimman tehokas käyttö ja lisävedenhan- kinta eli uuden ottamon ja laitoksen rakentaminen Vieremän pohjoisosaan noin 50 kilometrin päähän Iisalmesta. Yhtiön tehtävänä on talousveden tu- tanto ja siirto kuntakeskuksiin. Tuotanto siirtyy yh- tiön vastuulle 1.1.2005, mihin mennessä vesilai- tosten on sovitettava yhteen mm. erilaiset auto- maatiot. Yhtiön toimipaikka ja päävalvomo tulevat Iisalmeen.

Yhtiön omistajakunnissa oli vuoden 2003 lopussa 50 000 asukasta ja alueen pinta-ala on 5 555 km². Alueel- la on suurta elintarviketeollisuutta, mm. juomatehtaata Iisalmessa ja maidon ja- lostusta Lapinlahdella, sekä paljon suu- ria karjatalouksia, joille korkealaatuisen veden riittävyys kaikissa tilanteissa on välttämätöntä. Alueen vedenkulutus oli vuonna 2003 keskimäärin 14 000 m³/d ja sen arvioidaan kasvavan vuoteen 2020 mennessä keskimäärin 18 000 m³:iin/d. Liittymisaste keskitettyyn ve- denjakelujärjestelmään yhtiön toimin- ta-alueella on korkea 80–90 %.

Osakaskuntien välillä on jo olemassa yhdysjohdot, joista ensimmäinen ra- kennettiin vuonna 1982 ja viimeisin val-

mistui 2003 Iisalmi-Sonkajärvi siirto- viemäriinlinjan yhteydessä.

Perustamisen yhteydessä yhtiön omistukseen siirtyivät kuntien ve- denottamot, käsittelylaitokset ja siirto- linjat sekä niihin liittyvät paineenko- rotus- ja mittausasemat. Yhtiölle siirtyi 16 vedenottamoa, 10 käsittelylaitosta, 11 yhdyslinjoissa olevaa paineenko- rotus- tai säätöasemaa ja 5 mittausasemaa, runkovesijohtolinjoja noin 200 kilome- triä. Luovutetun omaisuuden arvo oli 7,6 milj. euroa. Vesitornit jäivät kuntien vesilaitosten omistukseen, mutta ne lii- tetään yhtiön automaatiojärjestelmään. Ylä-Savon Vesi Oy:n automaatioon lii- tettäviä nykyisiä kohteita oli yhteensä 44 kpl. Lisäksi uuteen automaatioon lii-

tetään uusien Lapinlahti – Varpaisjärvi ja Lapinlahti – Siilinjärvi yhdysvesijoh- tojen paineenkorotus- ja mittausasemat sekä Iisalmen jakelujärjestelmään ra- kennettavat mittausasemat. Iisalmen uusilla mittausasemilla voidaan Iisal- men vesilaitoksen jakelualue jakaa kah- deksi eri kulutusalueeksi. Uudet koh- teet mukaan lukien automaatioon lii- tettäviä kohteita on yhteensä 58 kpl.

Automaation nykytilanne

Automaatiosuunnitelman pohjana ovat olleet vuonna 2002 laaditut ”Alueelli- sen vedenjakelujärjestelmän toiminnal- linen tarkastelu” ja ”Automaation yleis- suunnitelma”. Suunnittelu eteni aika-

Ylä-Savon vesihuoltoyhteistyö



■ **Helena Valta**

toimitusjohtaja
Ylä-Savon Vesi Oy
E-mail: helena.valta@iisalmi.fi

Ylä-Savon Vesi Oy on viiden kunnan, Iisalmen, Kiu-ruveden, Lapinlahden, Sonkajärven ja Vieremän omistama vuonna 2003 perustettu tukkuvesiyhtiö. Yhtiö perustettiin vuonna 1998 valmistuneen alueellisen vesihuollon kehittämissuunnitelman pohjalta ja tavoitteena oli mm. nykyisten resurssien mahdollisimman tehokas käyttö ja lisävedenhan- kinta eli uuden ottamon ja laitoksen rakentaminen Vieremän pohjoisosaan noin 50 kilometrin päähän Iisalmesta. Yhtiön tehtävänä on talousveden tuo- tanto ja siirto kuntakeskuksiin. Tuotanto siirtyy yh- tiön vastuulle 1.1.2005, mihin mennessä vesilai- tosten on sovitettava yhteen mm. erilaiset auto- maatiot. Yhtiön toimipaikka ja päävalvomo tulevat Iisalmeen.

Yhtiön omistajakunnissa oli vuoden 2003 lopussa 50 000 asukasta ja alueen pinta-ala on 5 555 km². Alueel- la on suurta elintarviketeollisuutta, mm. juomatehtaat Iisalmessa ja maidon ja- lostusta Lapinlahdella, sekä paljon suu- ria karjatalouksia, joille korkealaatuisen veden riittävyys kaikissa tilanteissa on välttämätöntä. Alueen vedenkulutus oli vuonna 2003 keskimäärin 14 000 m³/d ja sen arvioidaan kasvavan vuoteen 2020 mennessä keskimäärin 18 000 m³:iin/d. Liittymisaste keskitettyyn ven- denjakelujärjestelmään yhtiön toimin- ta-alueella on korkea 80–90 %.

Osakaskuntien välillä on jo olemassa yhdysjohdot, joista ensimmäinen rak- ennettiin vuonna 1982 ja viimeisin val-

mistui 2003 Iisalmi-Sonkajärvi siirto- viemäriinlinjan yhteydessä.

Perustamisen yhteydessä yhtiön omistukseen siirtyivät kuntien ven- denottamot, käsittelylaitokset ja siirto- linjat sekä niihin liittyvät paineenko- rotus- ja mittausasemat. Yhtiölle siirtyi 16 vedenottamoa, 10 käsittelylaitosta, 11 yhdyslinjoissa olevaa paineenko- rotus- tai säätöasemaa ja 5 mittausasemaa, runkovesijohtolinjoja noin 200 kilomet- riä. Luovutetun omaisuuden arvo oli 7,6 milj. euroa. Vesitornit jäivät kuntien vesilaitosten omistukseen, mutta ne lii- tetään yhtiön automaatiojärjestelmään. Ylä-Savon Vesi Oy:n automaatioon lii- tettäviä nykyisiä kohteita oli yhteensä 44 kpl. Lisäksi uuteen automaatioon lii-

tetään uusien Lapinlahti – Varpaisjärvi ja Lapinlahti – Siilinjärvi yhdysvesijoh- tojen paineenkorotus- ja mittausasemat sekä Iisalmen jakelujärjestelmään rak- ennettavat mittausasemat. Iisalmen uusilla mittausasemilla voidaan Iisal- men vesilaitoksen jakelualue jakaa kah- deksi eri kulutusalueeksi. Uudet koh- teet mukaan lukien automaatioon lii- tettäviä kohteita on yhteensä 58 kpl.

Automaation nykytilanne

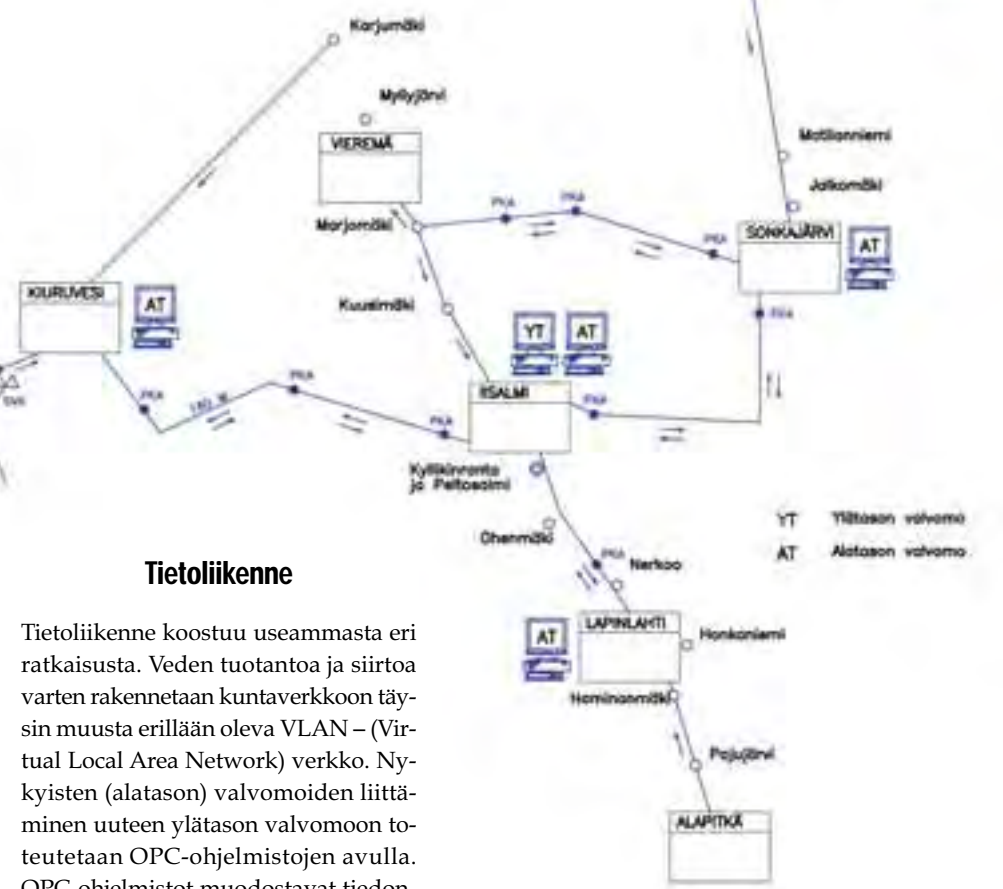
Automaatiosuunnitelman pohjana ovat olleet vuonna 2002 laaditut ”Alueelli- sen vedenjakelujärjestelmän toiminnal- linen tarkastelu” ja ”Automaation yleis- suunnitelma”. Suunnittelu eteni aika-

taulun mukaisesti alkaen lokakuussa 2003 ja päättyen helmikuussa 2004.

Osakaskuntien vedentuotannon ja siirron automaatiot olivat varsin uudet – Iisalmen järjestelmä toteutettiin 1995 ja muut vuosikymmenen lopulla. Osakaskuntien välistä yhteistyötä on tehty pitkään ja se on ollut varsin tii-



Kuva 1. Vedentuotannon, siirtolinjojen ja automaation valvomoiden sijoittuminen osakaskuntien alueelle.



vistä, mutta jostain syystä vedenhankinnan automaatiojärjestelmien yhtenäisyyteen ei ole pyritty tietoisesti. Järjestelmien erilaisuudet johtuvat osin siitä, että joillakin laitoksilla järjestelmään on liitetty myös muita toimintoja.

Uuden järjestelmän toteutusratkaisu

Suunnittelun lähtökohtana oli pyrkiä säilyttämään osakaskuntien nykyiset vesihuollon automaatiojärjestelmät mahdollisimman laajalti. Suurimittaiset järjestelmien uudelleenrakentamiset olisivat aiheuttaneet riskin vesihuollon toimintavarmuudelle rakennusaikana ja lisäksi toteutuskustannukset olisivat kohonneet huomattavasti. Riskitekijöiden minimoimiseksi ja toteutuskustannusten hallitsemiseksi päädyttiin ratkaisumalliin, jossa nykyiset kuntatason automaatiojärjestelmät säilytetään alatasoina ja ne yhdistetään uuteen, Iisalmeen rakennettavaan Ylä-Savon Vesi Oy:n ylätason valvomoon. Ratkaisua tuki myös nopea (10 Mbit/s) laajakaistaverkko, jota voidaan hyödyntää ylä- ja alatason valvomoiden välisissä tiedonsiirroissa. Kyseisessä verkossa liikkuu jo mm. yhteisesti toteutettujen sovellusten tietoliikenne sekä yhteisen puhelinpalvelinverkon puhelinliikenne. Kuntien tavoitteena on hyödyntää verkkoa monin eri tavoin yhteisten palvelutuotantojen toteuttamisessa.

Tietoliikenne

Tietoliikenne koostuu useammasta eri ratkaisusta. Veden tuotantoa ja siirtoa varten rakennetaan kuntaverkkoon täysin muusta erillään oleva VLAN – (Virtual Local Area Network) verkko. Nykyisten (alatason) valvomoiden liittäminen uuteen ylätason valvomoon toteutetaan OPC-ohjelmistojen avulla. OPC-ohjelmistot muodostavat tiedonsiirrolle standardirajapinnat, joiden kautta saadaan toteutetuksi tarvittavat tietoliikenteet ylätason ja alatason valvomoiden välillä. OPC-rajapintojen käyttö mahdollistaa eri valmistajien valvomo-ohjelmistojen väliset liittynyt ja yhteiskäytöt. Alatason valvomoon liitettyjen kohteiden valvontatiedot ja ohjaukset siirretään rajapintaohjelmien avulla ylätason valvomoon ja käytetään sieltä. Tiedonsiirrossa on pyritty hyödyntämään kuntaverkkoon järjestettyä Ylä-Savon Vesi Oy:n VLAN-verkkoa mahdollisimman paljon.

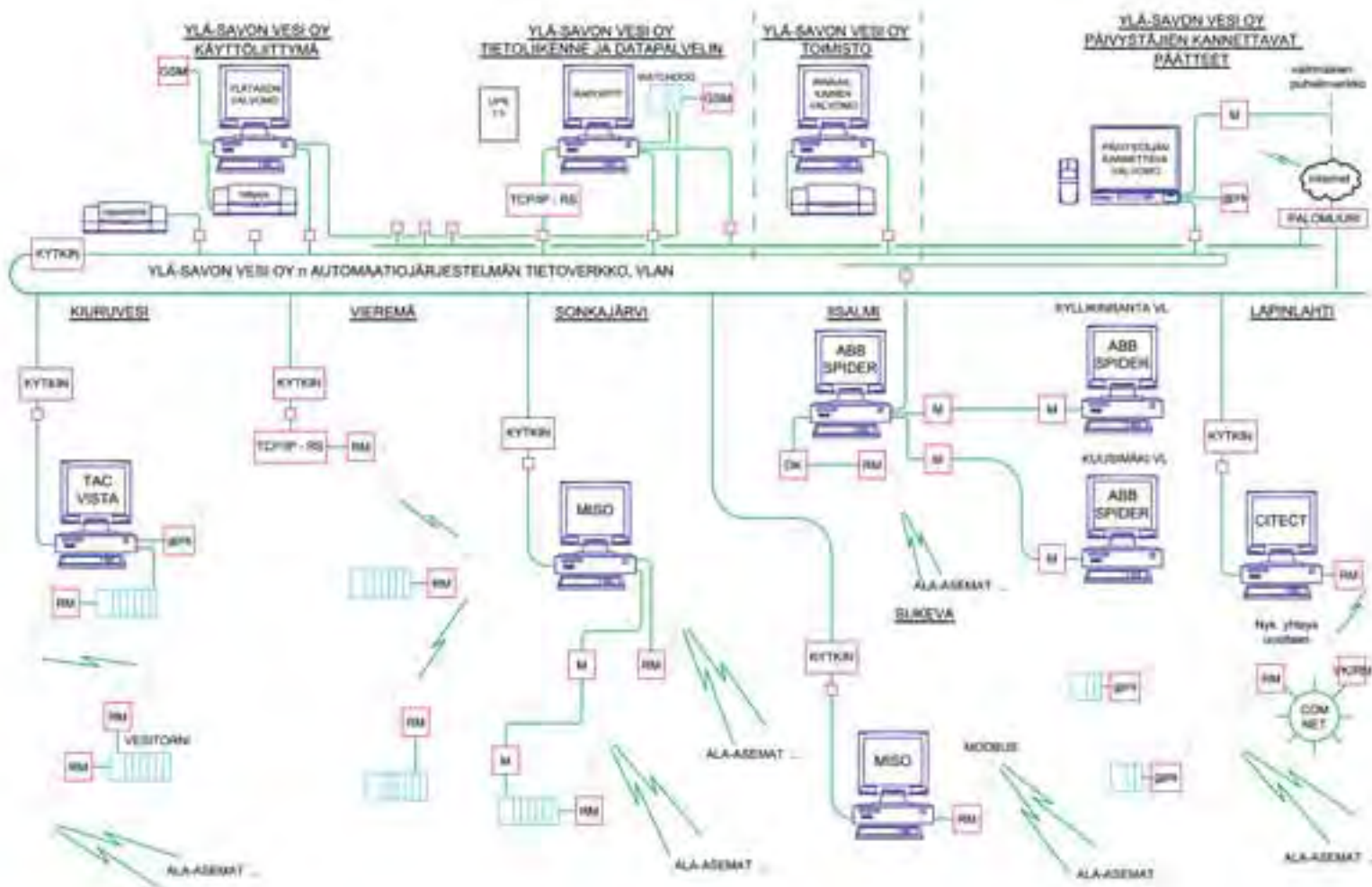
VLAN-verkon kautta kulkee kaikki valvomoiden välinen tietoliikenne ja myös osa ylätason valvomon ala-asemien välisestä tietoliikenteestä. Ala-asetietoliikenteen ”erikoisuus” on, että VLAN-verkkoa käytetään tietoliikenteen siirtoreittinä etäisille alueille siten, että VLAN-verkon liityntäpaikkaan rakennetaan radiomodeemitietoliikenteen tukiasema. Etäisen alueen ala-asemien tietoliikenne ylätason valvomoon kul-

kee alkumatkan radiomodeemiverkossa, minkä jälkeen se siirtyy VLAN-verkkoon ja sieltä ylätason valvomoon.

Nykyiset kuntatason valvomot eli alatason järjestelmät jäävät käyttöön, vain niiden valvomotietokoneisiin tehdään ylätason valvomon kannalta muutoksia ja lisäyksiä. Tarvittavat työt liittyvät pääasiassa OPC-ohjelmistojen asentamiseen ja käyttöönottoon. Laitosten ja asemien ohjaus- ja valvontalaitteisiin ei tarvita muutoksia, jotka suoraan liittyisivät uuteen ylätason järjestelmään.

Ala-asemien tietoliikenteessä käytetään myös GSM tietoliikennemuotoja. Niitä käytetään lähinnä kohteissa, joissa VLAN-verkon liityntä ei ole mahdollista ja kohteet ovat yksittäisiä, hajallaan olevia ala-asemia.

Alatason järjestelmien urakoihin sisällytettiin myös hankintoja ja töitä, jotka katsottiin tarpeelliseksi toimintavarmuuden kannalta. Tällaisia ovat mm.



Kuva 2. Suunnittelun aikainen Ylä-Savon Vesi Oy:n automaation järjestelmäkaavio

ala-asemien sähkönsyöttöjen varmen-
nusten tarkistukset.

Automaation toteuttaminen

Automaatiourakat kilpailutettiin siten, että kaikilta nykyisten järjestelmien toimittajilta pyydettiin tarjoukset ko. järjestelmän päivittämisestä sekä yhteensovittamisesta OPC-rajapintaohjelmien avulla ylätason valvomoon sekä tarjousta ylätason järjestelmän rakentamisesta. Vieremä liitetään kohteiden vä-
häisyyden vuoksi suoraan ylätasonvalvomoon. Hanke toteutetaan kuutena eri urakkana. Urakkasopimusten loppusummaksi tuli 290 000 euroa (alv 0 %). Hankkeen toteuttaminen edellyttää tiivistä yhteistyötä kaikilta osapuolilta, työaikataulujen noudattamista ja jatku-
vaa työn toteutumisen seurantaa. Urak-
kahinnat sisältävät 40–80 tuntia / urak-
ka - yhteistyövelvoitteen, mikä tarkoit-

taa mahdollisia ennalta arvaamattomia työtunteja. Heinäkuun lopussa oli VLAN-verkko valmis, ja OPC-rajapintaohjelmien toimivuus ylä- / alatasojen välillä tehdastestinä on aloitettu. Urak-
kasopimukset allekirjoitettiin 10.5. ja töi-
den tulee olla valmiita 10.12.2004.

Toteutusmallin edut

Toteutusmallin etuina ovat kohtuulliset investointikustannukset, rakennetun kuntaverkon hyödyntäminen tietoliikenteessä, nopeat tietoliikenneyhteydet, mahdollisuus kilpailuttamiseen automaatiojärjestelmien uusintojen yhteydessä (alatasen valvomot) sekä turvallinen ja joustava siirtyminen yhtiöta-
soiseen järjestelmien keskitettyyn valvontaan ja ohjaukseen.

Automaation toteutusmalli perustuu useisiin itsenäisiin järjestelmiin, joten sillä on hyvä toimintavarmuus ja vika-

sietoisuus. Nykyisten järjestelmien käytäminen osana uutta kokonaisuutta pienentää myös käyttöönoton aikaisten häiriöiden aiheuttamia ongelmia, sillä laitokset pysyvät nykyisten järjestelmien ohjauksessa. Toteutusmalli mahdollistaa myös sen, että tulevaisuudessa kokonaisjärjestelmän eri osien uusimisen yhteydessä voidaan hankinta kilpailuttaa vapaammin perinteiseen järjestelmätoimitukseen verrattuna, sillä jokainen alatasen järjestelmä on "erillinen" oma yksikkönsä.

Mallissa toteutetaan Ylä-Savon Vesi Oy:n automaatio- ja kaukokäyttöjärjestelmän pitkät tiedonsiirtoyhteydet VLAN-verkon nopeilla tiedonsiirtoyhteyksillä. Tiedonsiirtoverkko tulee varmasti olemaan käyttökelpoinen usean järjestelmä sukupolven ajan.

ABS

COST-EFFECTIVE PUMPING

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

ABS Pumput Oy

Höyläämötie 16, 00380 Helsinki
puh. (09) 506 8890, fax (09) 558 053, www.abspumps.com

AKVA FILTER - PUHTAAN VEDEN PUOLESTA!

- suunnittelua ja palvelua yli 35 vuoden kokemuksella.
- vedenkäsittelyratkaisut ja suodatusmateriaalit raudan, mangaanin, orgaanisten aineiden, raskasmetallien ja kloorin poistoon sekä veden neutralointiin.
- suodattimet manuaalisena tai moottoriventtiili-automaatiikalla varustettuina.
- vedenottoamolle 10-1000 m³/vrk.
- omakotitalouksiin, maatiloille, laitoksiin.
- myös vesipistekohtaiset suodattimet.



AKVA FILTER OY
www.akvafilter.fi,
E-mail: akva.filter@co.inet.fi

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

Dosfil oy – Vedenkäsittelyn hallintaa –

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

Harkkorautantie 4, 00700 Helsinki, puh. 09 350 88 140, fax. 09 350 88 150
Email: dosfil@dosfil.com, internet: www.dosfil.com, Antti Jokinen GSM 0400 224777

BIOPERT-ohjelmistot jätevedenkäsittelyn ohjaukseen sekä raportointiin. Myös erillisiä raportointijärjestelmiä lähinnä WINDOWS-ympäristöön.

Enviro Data Oy, Tekniikantie 21, 02150 Espoo,
puh. (09) 2517 5246, fax (09) 2517 5247
www.envirodata.fi



Puh. (06) 424 2800, fax (06) 424 2888

- Akkreditoitu testauslaboratorio T153
- Julkisen valvonnan alainen vesilaboratorio.
- EELA:n hyväksymä vesilaboratorio.
- Sosiaali- ja terveysministeriön hyväksymä vesilaboratorio.

Lokapalvelu
H. EEROLA Oy

24 h (09) 855 30 450
Monipuolista viemärihuollon palvelua kaivon tyhjennyksestä viemäreiden kuvauksiin ja saneerauksiin asianmukaisella erikoiskalustolla!
OTA YHTEYTTÄ!
Puh. (09) 8553 0450, fax (09) 852 1616

Jäteveden puhdistamot:

www.greenrock.fi



Green Rock Oy
Teollisuustie 2 Puh. +358 (0)8 8192 200 E-mail: info@greenrock.fi
91100 Ii Fax: +358 (0)8 8192 211 Internet: www.greenrock.fi

TURBO SUOMI

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

HV-TURBO kompressorit
STAMO sekoittimet
LANDIA upposekoittimet ja pumput

Kala- ja Vesitutkimus Oy

- * kalatalous
- * vesistö tutkimus
- * vedenhankinta

Luotsikatu 8 00160 Helsinki
Puh. (09) 692 71 00 Fax (09) 692 71 24
www.silakka.pp.fi

KART OY KART AB

– urakoiva ja valmistava konepaja

Jätevedenpuhdistamot, -pumppaamot
Välpeenkäsittely

Raakavesipumppaamot
Kalkkirouhesäiliöt, -siilot, -suodattimet
Suodatussäiliöt

Kivenlahdenkatu 1, 02320 Espoo
puh. (09) 8190 440, fax (09) 8190 4410

VESIKEMIKAALIEN YKKÖNEN

Kemira

Kemira Oyj
Kemwater Finland
PL 330, 00101 HELSINKI
Puh. 010 86 1211, fax 010 862 1968
<http://kemwater-fi.kemira.com>



KMV-tuotteet

KAIKKEA VEDEN PUMPPAUKSEEN
JA SUODATUKSEEN.

Kirkkonummen Metallivalmiste Oy
Pippurintie 122
02400 KIRKKONUMMI
Puhelin: 09-298 2141
Fax: 09-298 5860

Puhdasta vettä

Tuotteet ja räätälöidyt
ratkaisut vesienkäsittelyyn.
Kaikki ympäristön hyväksi.

Nordkalk Oyj Abp
21600 Parainen
Puh. 0204 55 6999
Fax 0204 55 6038
www.nordkalk.com

 **Nordkalk**
Ympäristö



MIPRO OY - VESIHUOLLON ASIAANTUNTIJA

- VESILAITOSTEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT
- VESIHUOLLON KAUKKÄYTTÖJÄRJESTELMÄT
- JÄTEVEDENPUNDISTAMOIDEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT
- KAUKKOLÄMPÖLAITOSTEN JA -VERKOSTOJEN AUTOMAATIO

MIPRO OY
INFRA - Vesi- ja energiahuolto asiantuntijaksi

Kummitie 9, 00600 MÄNKYLÄ
Puh. (010) 200 11, faksi (010) 200 1333
www.mipro.fi

Oulun toimisto / Loppu-osa
Puhelinpuite 22, 90500 OULU
Puh. (08) 550 5468, faksi (08) 550 5462

Nopeasti asennusvalmiit KOKKO-painot >

www.kokkobe.fi

KOKKO S-10
Lukkopaino 90mm:stä ylöspäin

KOKKO S-20
Sidos 75mm:stä alaspäin

OY KOKKOBE AB
PL 202, 67101 KOKKOLA
PUH. (06) 8242 700
FAX (06) 8242 777

 **KOKKOBE**

ALITUS- PORAUKSET

- kaikilla menetelmillä
- kaikki halkaisijat Ø 50 – 2000 mm
- kaikkiin maalajeihin savesta kalliioon
- asennuspituudet jopa 1000 m

LÄNNEN ALITUSPALVELU OY

Läpikäytäväntie 103, 28400 Ulvila
puh. (02) 5383655, fax (02) 5383093,
gsm 0400 593928

sähköposti:

lannenalitus@lannenalitus.com
www.lannenalitus.com

**Multipipe
Service**

*Paineputken valurautaosat
Huot vetoa kestävät liittimet
Huot laajatoleranssi liittimet
Nova Siria laajatoleranssi liittimet
myös isoissa kokoluokissa
Service-Line korjausmuhvit
ja -vanteet*

Multipipe Service Oy,
Vuoripojankatu 13, 15300 LAHTI
Puh. 03-7563 260, fax 03-7563 270
E-mail Multipipe@pp.phnet.fi

PIPELIFE 

Muoviputket vesihuoltoon

Pipelife Finland Oy

Puh. 030 600 2200
www.pipelife.fi

ProMinent Finland Oy

Orapihlajatie 39, 00320 HELSINKI
puh. (09) 4777 890 fax (09) 4777 8947
www.prominentfinland.fi



- UV-desinfiointi
- Mittaus- ja säätötekniikka
- Annostuspumput
- Kemikaalisäiliöt
- Otsonointi
- Polymeerilaitteet
- Klooridioksidilaitteet
- Käänteisosmoosi (RO)

MYynti : HUOLTO : VARASTO

MODERNIA TEKNIKKAA VESIHUOLTOON

- Automatisointi - sähköistys - valvomoratkaisut
- Paineenkorotusasemat
- Suunnittelu - asennus - huolto



PL 333, 90401 Oulu (Tuotekuja 4)
puh. (08) 5620 200, fax (08) 5620 220
www.slatek.fi



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

UV-LAITTEET

- ◆ JUOMAVEDET ◆ JÄTEVEDET
- ◆ UIMA-ALTAAT ◆ PROSESSIVEDET

Hanovia
WORLD CLASS OY

Flotaatiotekniikkaa yli 35 vuotta

- Vesilaitokset
- Jätevesilaitokset
- Jäähdytysvesilaitokset

INSINÖÖRITOIMISTO OY RICTOR AB

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

- RUMPUSIVILÄT
- KONEVÄLPÄT
- RUUVIKULJETTIMET
- DEKANTTERILINGOT
- SUOTONAUHAPURISTIMET
- NESTESUODATTIMET
- VÄLPEPURISTIMET
- POLYMEERILAITTEET

OY SLAMEX AB

PL 20, 00981 HELSINKI
PUH. (09) 343 6200, TELEFAX (09) 3436 2020

Yhteistyöllä luontoa säästäviin tuloksiin

- ◆ Laaja valikoima kiertomäntäpuhaltimia:
Hibon, Hick Hargreaves, WKE ja Roots
- ◆ **Elmacron**-näytteenottimet ja pH-laitteet
- ◆ **ProMinent**-pumput, hoito- ja valvontavälineet
- ◆ Mukavat ja hajuttomat **BioLet**-kompostivessat

Kysy lisää! Meiltä saat asiantuntevaa palvelua!

Launeenkatu 67 Puh. (03) 884 080
15610 LAHTI Fax (03) 884 0840
Internet: <http://www.y-laite.fi> Sähköposti: info@y-laite.fi

PUMPUT JA VEDENKÄSITTELYLAITTEET

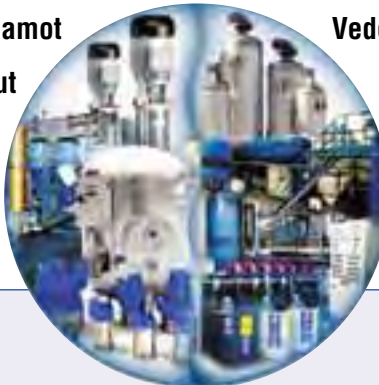
TEOLLISUUTEEN JA KUNNALLISEEN VESIHUOLTOON

Pumppaamot

- Keskipakopumput
- Paineenkorotuspumput
- Säiliöt 0,01–30 m³
- Mäntäpumput

Vedensuodattimet

- Puhdasvesilaitteet ja -laitokset
- Öljynerotuslaitteet ja -laitokset
- Neutralointilaitteet ja -laitokset



**PUMPPU
LOHJA OY**
www.pumppulohja.fi

WatMan
www.watman.fi

SUOMEN KONSULTTITOIMISTOJEN LIITON JÄSENET

Vesihuolto
Maankäytön suunnittelu
Tie-, liikenne- ja aluetekniikka
Teollisuuden vesi- ja ympäristötekniikka
Suunnitteluohjelmistot (YTCAD, Paikkatietopalvelut)



Air-Ix Ympäristö Oy

PL 52, 20781 KAARINA, 02-515 9500
PL 453, 33101 TAMPERE, 03-244 2111
PL 82, 02631 ESPOO, 09-439 3050
Sepänkatu 9 A 7 90100 OULU, 08-883 030

www.airix.fi
Email: etunimi.sukunimi@airix.fi



Competence. Service. Solutions.

• Jyväskylä • Kuopio • Lahti • Lappeenranta
• Lapua • Oulu • Tampere • Turku • Vantaa

JAAKKO PÖYRY INFRA

Maa ja Vesi

Maa ja Vesi Oy • PL 50 (Jaakonkatu 3), 01621 Vantaa
Puh. (09) 682 661 • e-mail: sw@poyry.fi



- Ympäristötutkimus ja -suunnittelu
- Vesihuollon suunnittelu
- Yhdyskuntasuunnittelu
- Mittaus- ja laboratoriopalvelut

www.ristola.com

INSINÖÖRITOIMISTO PAAVO RISTOLA OY

Terveystie 2, 15870 HOLLOLA
puh. (03) 52 351, faksi (03) 523 5252
Aluetoimistot: Jyväskylä, Savonlinna, Vantaa
proy@ristola.com

NEUVOTTELEVIA INSINÖÖRITOIMISTOJA



Kiuru & Rautiainen Oy
Vesihuollon asiantuntijatoimisto

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

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

Vesilaitokset
Jätevesilaitokset
Flotaatiolaitokset

INSINÖÖRITOIMISTO OY **RICSON AB**

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



Vesi- ja ympäristötekniikan asiantuntemusta ja suunnittelua



TRITONET OY

Pinninkatu 53 C, 33100 Tampere
Puh. (03) 3141 4100, fax (03) 3141 4140
E-mail pertti.keskitalo@tritonet.fi

"Jos kaikki Suomen järvet..."

VESISTÖJEN KUNNOSTUS JA HOITO

SUUNNITTELU JA TUTKIMUS
VE-LIUNO (vesinesteytys)
VE-EROSIMU (suojinalli)
Kunnossuunnitelmat

TOTEUTUS
MIXOX (pölykäsittely)
VISICK (vesiä)

Yhtiöjätke 12
70150 Kuopio
Puh. 017-279 8600
Fax 017-279 8601
www.vesieko.fi
Hoitotoimisto@vesieko.fi

YMPÄRISTÖ- JA VEKILÄISYYS
LÄMPÖ- JA VESILÄMPÖTALTEIDEN KUNNOSTUKSEN ASIAKASTUNTIJA

YIT

YIT ENVIRONMENT OY
PL 36, 00621 HELSINKI
Käyntiosoite: Panuntie 6
Puhelin 020 433 111
Faksi 020 433 2066
sähköposti etunimi.sukunimi@yit.fi

- Vesihuolto, vesirakenteet
- Suunnittelu, työjohto

oy vesirakentaja

INSINÖÖRITOIMISTO
Hiihtomäentie 39 A 1, 00800 Helsinki, puh. 09-7552 1100

ABSTRACTS

Telemetry and automation in environmental monitoring

by Samuli Räisänen and Heikki Turtiainen

Modern telemetry systems and the automation of measurements help us to collect ever more comprehensive and detailed data on the state of our waterways. The improved performance and lower power consumption of measuring instruments together with reduced unit prices and the introduction of new wireless data transfer techniques permit the construction of dense monitoring networks and the real-time exploitation of monitoring data through the Internet. Sensor maintenance and calibration will present a challenge to the upkeep of monitoring networks.

Applications of ground survey and telemetry

by Markku Lahti, V.-P. Sirniö and Teppo Vehanen

Flow and habitat models can be used to study the environmental conditions of rivers. The input data for the models are collected with systems such as echo sounding and GPS technology, and the movements of fish can be monitored with fish telemetry. Optical fibre technology is also available.

Challenges facing the development of hydrological measurements

by Markku Puupponen

The modernisation of hydrological measuring systems was implemented largely to meet the needs of hydroelectric power production and flood control. The operating environment is, however, changing continuously and new objectives are emerging among both the op-

erators of the monitoring networks and the users of the data collected. The integration of environmental measurements is an ambitious target in which the hydrological community can play an important role.

Opportunities for monitoring water quality

by Timo Huttula, Antti Lindfors and Mikko Kiirikki

Monitoring the state of waterways can be improved with new technologies, as they permit both regional and temporal resolution of water quality data. The use of state-of-the-art sensors and the automation of sampling permit measurements to be made from key water quality parameters. The data thus collected make a significant contribution to those gathered with conventional site-specific water samples.

Telemetry in fisheries research

by Jaakko Erkinaro and Petri Karppinen

A telemetric transmitter provides valuable data on fish migration and on spawning behaviour or physiology. The transmitter signal can be received in a vehicle, boat or aeroplane. The data are stored in an automated monitoring station or the transmitter can send the signal through the mobile telephone network to the researcher's computer. To date, satellite positioning has only succeeded for sharks and tuna. With good reason, telemetry is growing in popularity in fisheries research.

Remote sensing in waterway monitoring

by Jan Silander, Jouni Pulliainen and Martti Hallikainen

Remote sensing is today extended to waterway

monitoring, where it enables waterways to be classified on the basis of water quality and provides virtually real-time data on flooded areas. The snow-covered area analysed by satellites and information on soil moisture can be used in flood control to forecast flow rates with the aid of data assimilation systems. The future direction of remote sensing in Europe is shown by the Global Monitoring for Environment and Security initiative, which will be steering developments in the long term.

Other articles

What could water engineering and research learn from herring canning?

by Juhani Kettunen

Cosmic waters

by Walter Schmidt

Dam instrumentation and monitoring with optical fibre cable

by Marja Englund

Distance control of wastewater treatment plant as an expert service

by Jyri Rautiainen

Business from measurements

by Piia Moilanen

Cooperation in Ylä-Savo water supply

by Helena Valta

Water converted into knowledge

by Jan-Erik Enestam

Vesi muuttuu tiedoksi



■ **Jan-Erik Enestam**

ympäristöministeri

Suomi ratifioi YK:n Euroopan talouskomission alaisen vuonna 1998 Tanskan Århusissa allekirjoitetun sopimuksen tänä syksynä. Sopimus pyrkii edistämään ympäristötiedon avoimuutta ja yleisön oikeutta ympäristöä koskevaan päätöksentekoon. Ympäristöhallinto pyrkiikin juuri näihin päämääriin tiedottamalla laajasti niin uusista kuin vanhoistakin hankkeista ja ilmiöistä.

Ympäristötieto kiinnostaa yleensä silloin, kun se on ajankohtaista eli silloin, kun se on tämän päivän uutinen. Levätiedotteet kiinnostavat kesäisin, jäätiedotteet talvisin. Ympäristöhallinnolla on jatkuvasti kehittyvä ympäristötietorekisteri, johon kerätään oman hallinnon ja julkisen valvonnan alaisten laitojen tuottamaa ympäristötietoa.

Ympäristöhallinto palvelee myös tuottamalla hydrologisia tiedotteita. Yleisemminkin vesien tilaa kuvaavilla tiedoillakin olisi kysyntää. Samalla saataisiin vaikuttavuutta ympäristötiedolle; rekisterissä oleva tieto nimittäin kuvaa hyvin tapahtunutta kehitystä ympäristössä.

Päiväkohtaista tietoa tuottavia automaattiasemia käytetään hydrologisessa seurannassa, mutta veden laadun seurannassa automaattiasemat eivät ole yleistyneet. Automaattisen mittausaseman perustaminen veden laadun seurantaan vaatii melkoisen tukijärjestelmän laitteiden jatkuvan toiminnan ja tiedon käsittelyn varmistamiseksi, jolloin kustannukset kasvavat helposti liian suuriksi. Monella tavoin hyödyllistä ja kiinnostavaa päiväkohtaista tietoa veden laadusta ei siis ole helpolla saatavissa.

Ympäristöhallinnolla on edessään haastava tehtävä eduskunnassa olevan lain vesienhoidon järjestämisestä tultua hyväksytyksi. Laki perustaa uuden järjestelmän, jossa keskeinen työkalu on vesienhoitosuunnitelma. Vesienhoitosuunnitelmia laadittaessa on huolehdittava kansalaisten tiedon saannista ja osallistumisesta. Ympäristötieto on yleistettävä helposti esitettävään ja ym-

märrettävään muotoon. Tietojärjestelmien tieto on osattava havainnollistaa ja paikallistaa karttatietona. Onnistunut vesienhoidon suunnittelu ohjaa tiedolla toimijoita vesiensuojelun tehostamiseen.

Laki vesienhoidon järjestämisestä tuo tullessaan myös pintavesien tilan ekologisen arvion. Ekologinen arvio tehdään kasviplanktonin, vesikasvien, pohjaeläinten ja kalaston perusteella. Nämä kaikki ovat laatutekijöitä, joiden avulla voidaan havainnollistaa ympäristötietoa. Hallinnolla on tässäkin haastava tehtävä.

Tehtävän vaikuttavuutta lisää tavoitteena oleva vertailukelpoinen tieto kaikista Euroopan unionin maista. Tiedosta tuotetaan aikanaan yhtenäinen kuva koko EU:n alueen vesien ekologisesta tilasta.

Suomessa vesien suojeleminen on hoidettu hyvin ja se on saanut myös kansainvälisestä tunnustusta. Myös vesien suojeleminen hallinto saa kiitosta. Vesien tilaan vaikuttavan toiminnan tietämys onkin meillä erinomaista ja näin tulee olla myös tulevaisuudessa, riippumatta siitä, millaisissa vesissä liikumme.





” AIKAA ITSELLESI. ONNISELTA.”



KUINKA USEIN HUOMAAT OLEVASI sidottu johonkin yllättävään sählinkiin työpaikallasi, kun sinua tarvittaisiin paljon enemmän ihan muualla?

Ota ykköskumppaniksesi Onninen. Materiaalipalvelu on ydinosamistamme. Olemme olleet alalla jo usean vuosikymmenen ajan. Tiedämme ”pullonkaulat” ja asiakkaidemme tarpeiden kautta myös yksilölliset toiveet. Kokemuksen myötä olemme kehittäneet omat logistiset ratkaisumme toimiviksi. Meillä on useita erilaisia palvelukonsepteja erilaisille asiakkaille.

Saamme materiaalivirtasi toimimaan joustavasti, luotettavasti ja taloudellisesti. Sinä voit keskittyä omaan liiketoimintaasi ja sen kehittämiseen.

Syvennä yhteistyötäsi Onnisen kanssa. Ja sinulla on enemmän aikaa nauttia elämästäsi. Sillä ne maalit pitäisi nähdä liveinä.

onninen

www.onninen.fi

Onninen on perheyhtiö ja yksi Euroopan johtavista kattavan materiaalipalvelun yrityksistä. Konsermilla on Suomen lisäksi toimipaikkoja Baltian maissa, Norjassa, Puolassa, Ruotsissa ja Venäjällä. Noin 60 000 asiakasta edustavat sähkö-, lvi- ja kylmäalan urakoitsijoita, teollisuutta, energialaitoksia, julkisia organisaatioita ja teknisten tuotteiden jälleenmyyjä. Vuoden 2003 lopussa Onninen työllisti noin 2 500 ihmistä, joista 1 000 Suomessa. Yhtiön liikevaihto oli yli 1,000 miljoonaa euroa.



Varmistaa vedet, kestää kemiat.



Monta Weholite-säiliötä, miltei yhtä monta käyttötarkoitusta. Yksi varmistaa vedensaannin. Toinen pitää jätevedet kurissa. Kolmas ei kaihda koviakaan kemikaaleja. Säiliöt ovat yksilöllisiä mutta edut yhteisiä. Keveys helpottaa asennusta. Kuormituksen mukaan joustava ja mukautuva Weholite ei muru eikä ruostu. Rakenne on kompakti, ehdottoman tiivis ja eristävä. Säiliö voidaan siirtää tarvittaessa. Kestävä Weholite-säiliö on kokonaistaloudellinen.

Weholite-säiliöt kokonaistoimituksina

Esimerkkisovelluksia:

- Alavesisäiliöt paineenkorotusyksikköineen vesijohtojärjestelmiin
- Ylivuotosäiliöt jätevesijärjestelmiin
- Kemikaalisäiliöt



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