

Jatkuvatoiminen sameusmittaus

Hyvät mittauskäytännöt ja aineiston käsittely

Hanna Arola (toim.)

LUONNON-
VARAT



Jatkuvatoiminen sameusmittaus

Hyvät mittauskäytännöt ja aineistonkäsittely

Hanna Arola (toim.)

Helsinki 2012

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



YMPÄRISTÖHALLINNON OHJEITA 2 | 2012
Suomen ympäristökeskus
Vesikeskus

Taitto: Pirjo Lehtovaara
Kansikuva: Jarmo Linjama; Laajaajoen asema

Julkaisu on saatavana vain internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

ISBN 978-952-11-3996-3 (PDF)
ISSN 1796-1653 (verkkokj.)

ESIPUHE

Hanna Arola

Ympäristömittausten automatisointi on mahdollistanut jatkuvatoimisen reaaliaikaisen ympäristöseurannan, jota voidaan soveltaa myös vesistöjen vedenlaadun seurannassa. Samalla uudet tekniikat ovat tuoneet mukanaan myös uudenlaisia haasteita. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden käyttö on yleensä helppoa ja niiden tuottama tieto antaa tutkimukseen aivan uuden ulottuvuuden. Esimerkiksi hetkellisten ilmiöiden havaitseminen on ollut perinteisin näytteenottomenetelmin lähes mahdotonta, mutta jatkuvatoimiset laitteet ovat tuoneet ratkaisun tähän ongelmaan. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden käyttöönoton myötä esille ovat nousseet kysymykset mittalaitteiden tuottaman tiedon laadusta ja luotettavuudesta. Edellytyksenä luotettavan aineiston keräämisessä onkin, että mittaja hallitsee jatkuvatoimisiin mittauksiin liittyvät perustiedot ja -taidot.

Opas antaa lukijalle pohjatiedot jatkuvatoimisesta vesistöjen sameusmittauksesta laitevalinnasta aineiston arkistointiin saakka. Ohjeita voidaan tietyin varauksin soveltaa myös muille jatkuvatoimisille mittalaitteille. On huomattava, ettei kyse kuitenkaan ole standardista jatkuvatoimiselle vesistöjen sameusmittaukselle. Paremminkin kyseessä on käyttäjiltä käyttäjille suunnattu teos, jonka avulla niin aloittelevat kuin kokeneetkin automaattisten mittalaitteiden käyttäjät voivat löytää vastauksia ongelmatilanteisiin. Oppaan tiedot perustuvat ensisijaisesti kirjoittajien omakohtaisiin kokemuksiin sameusmittauksen saralla. Tarkoituksena on antaa mahdollisimman todenmukainen käsitys siitä, mitä kaikkea automaattimittauksessa on otettava huomioon.

Kirjoittajakaarti koostuu jatkuvatoimisen mittauksen parissa työskentelevistä henkilöistä, joista osa on aloittelevia, osa kokeneita mittajia. Maastomittausosaajien ja laiteasiantuntijoiden ohella oppaan kirjoitukseen ovat osallistuneet myös tilastotieteilijä ja kemisti.

KIRJOITTAJAT

Arola Hanna, FM, Tutkija, Suomen ympäristökeskus

Arvola Lauri, FT, professori, Helsingin yliopisto, Lammin biologinen asema

Huttula Timo, FT, professori, Suomen ympäristökeskus

Juusela Ville, Ympäristötekniikan insinööri

Kotamäki Niina, FM, Tutkija, Suomen ympäristökeskus

Kotilainen Helmi, Ylitarkastaja, Varsinais-Suomen ELY-keskus

Lindfors Antti, FM, Luode Consulting Oy

Linjama Jarmo, DI, Tutkimusinsinööri, Suomen ympäristökeskus

Mäkinen Risto, Geohydrologi, Suomen ympäristökeskus

Näykki Teemu, FM, Kemisti, Suomen ympäristökeskus

Sundberg Lippo, Tutkimusmestari, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

Tattari Sirkka, FM, Hydrologi, Suomen ympäristökeskus

Thessler Sirpa, FT, Erikoistutkija, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

SISÄLLYS

Esipuhe	3
Kirjoittajat	4
Johdanto	7
Sameusmittausten historiaa	9
Antureiden kehitys.....	9
Automaattiasemien kehitys.....	10
Sameusanturit	12
OBS-anturit.....	12
YSI-anturit.....	13
S::can-spektrometriananturit.....	14
Antureiden väliset erot.....	15
Tiedonkeräimet, virtalähteet ja datansiirto	16
Tiedonkeräimet.....	16
Virtalähteet.....	17
Datan siirto- ja keräystavat.....	18
Telineet	20
Esimerkkejä Maasää-mittausverkoston telineratkaisuista.....	21
Mittausaseman anturin- ja paikanvalinta	25
Anturinvalinta.....	25
Paikanvalinta.....	26
Paikanvalinnan ongelmakohdat.....	27
Antureiden kalibrointi ja aine-pitoisuuksien jatkuva seuranta sameusanturin avulla	29
Näytteenotto.....	29
Korrelaatio ja lineaarinen regressio paikalliskalibroinnissa.....	30
Uudelleenkalibroinnin tarve sekä anturituloksien seuranta.....	32
Sameus sijaismuuttujana.....	33
Mittausaseman valvonta ja huolto	35
Perushuolto.....	35
Lisähuolto.....	36
Yleisimmät huoltotoimenpiteet.....	37

Yleisimmät laite- ja mittausongelmat sekä ratkaisut niihin	38
Datan automaattinen laadunvalvonta	41
Automaattisia testejä	41
Puuttuvien havaintojen testit	42
Raja-arvotesti	42
Muita testejä	43
Hälytykset	43
Aineiston käsittely ja arkistointi	45
Kirjallisuus	47
Kuvailulehti	49
Presentationsblad	50
Documentation page	51

Johdanto

Hanna Arola

Sameus on yksi luonnonvesien vedenlaatumittauksien perusanalyysejä; se on lisäksi nopea ja helppo mitata. Mittalaitteesta riippuen, sameusmittaus perustuu joko valon intensiteetin muutosmittaukseen tai valon takaisinsirontaan ja on siten epäsuora tapa mitata partikkelipitoisuuksia. Pelkän sameusarvon vertailu toisten, eri paikoissa tai eri laitteella mitattujen sameusarvojen kanssa on kuitenkin kyseenalaista, koska mittaustulos riippuu muun muassa mittalaitteesta (Downing 2006) ja mittaustaikojen vedessä olevien hiukkasten ominaisuuksista (Sutherland ym. 2000). Sameustulos ei ole määrällinen arvo kuten ainepitoisuudet ovat, vaan se on periaatteessa pelkkä luku (Downing 2006). Jatkuvatoimisen sameusmittauksen avulla ei yleensä pyritäkään mittaamaan pelkkää sameutta vaan vedenlaadunseurannan ja kuormituksen kannalta mielekkäämpiä muuttujia, kuten esimerkiksi ravinteita tai kiintoainetta. Veden sameuden ja kiintoainepitoisuuden välillä on yleensä selvä yhteys (Dabney ym. 2006, Packman ym. 1999, Grayson ym. 1996, Lewis 1996). Myös ravinteiden ja sameuden (ts. kiintoaineen) väliltä voi löytyä vastaava korrelaatio (Linjama ym. 2009, Grayson ym. 1996). Vesistömittauksissa jatkuvatoimista sameusmittausta käytetään usein sijaismuuttujana edellä mainituille muuttujille, joita ei voida mitata automaattisesti tai joiden automaattimittaus olisi kallista.

Jatkuvatoimisen sameusmittauksen etu perinteiseen näytteenottoon verrattuna on, että aineistoa saadaan niin tiheällä aikavälillä kuin on tarve. Suuri määrä mittaustuloksia tiheällä aikavälillä on eduksi esimerkiksi kuormitusarvioinneissa. Jatkuvatoiminen mittaus ei kuitenkaan ole aivan yksinkertaista. Mittalaitteet ja -paikat on valittava oikein ja asennuksen jälkeen laite on kalibroitava ja sitä on huollettava säännöllisesti.

Uutta tekniikkaa on otettu käyttöön lisääntyvässä määrin 2000-luvulta alkaen lähinnä hanketasolla (mm. Maasää-hanke, EnviSense-hanke, YMLI-hanke ja CLEEN MMEA-hanke) ja maastomittalaitteiden käyttäjien lähtökohdat eivät välttämättä ole samat. Laitteita on helppo oppia käyttämään, mutta on ensisijaisen tärkeää ymmärtää laitteiden mittauseräpäätteet sekä hyvät mittauskäytännöt. Siinä missä perinteisen vesistöseurannan asiantuntija on valinnut edustavan näytteenottoaikapaikan, näytteenottaja ottanut näytteen oikeaoppisesti, laboratorio analysoinut näytteen standardin mukaan ja vesialan asiantuntija on tehnyt johtopäätökset tulosten perusteella, on

automaattisen mittalaitteen käyttäjän osattava tehdä hyvin suuri osa tästä työstä itse tai ainakin tiedettävä oikeat toimenpiteet kaikkien osa-alueiden kohdalla.

Opas antaa kaikille automaattimittauksia aloitteleville, ja miksei kokeneemmillekin mittaajille, hyödyllistä tietoa siitä, mitä kaikkea jatkuvatoimisessa sameusmittauksessa on otettava huomioon. Oppaan kappaleita ovat olleet kirjoittamassa eri osa-alueiden asiantuntijat ja tähän teokseen on koottu heidän kokemuksiin perustuvat tiedot mittauskäytännöstä, laadunvarmistuksesta sekä aineiston käsittelystä. Lisäksi on tuotu esiin myös yleisimpiä ongelmia automaattimittaukseen liittyen.

Sameusmittausten historiaa

Ville Juusela

Antureiden kehitys

Sameus on nesteen optisen ominaisuuden suure, joka perustuu näytteen sisältämien hiukkasten aiheuttamaan valonsirontaan. Sameusarvo on riippuvainen näytteessä olevien hiukkasten eli kiintoaineen pitoisuudesta. Kiintoainepitoisuuden kasvaessa aiheutuu enemmän valonsirontaa, jonka seurauksena myös sameusarvo kasvaa. Luonnonvesissä sameutta voi aiheuttaa esimerkiksi saviaines, siltti, orgaaninen aines tai levät (Sadar 2002).

Sameusmittausten juuret juontuvat vuoteen 1900, jolloin Whipple ja Jackson kehittivät ensimmäisen sameusstandardin tekemällä tislattuun veteen piimaaliuoksen, jonka pitoisuus oli 1000 ppm. Lisäämällä liuokseen tislattua vettä he kehittivät vertausarvolaimennoksia, joiden avulla sameusarvoja pystyttiin arvioimaan sen aikaisella diafanometrillä eli Jacksonin kynttilä -sameusmittarilla (Jackson candle turbidity meter) (Sadar 1982). Sameusmittaus Jacksonin kynttilä – sameusmittarilla tehtiin lisäämällä tasapohjaiseen lasiputkeen sameaa liuosta niin paljon, että putken alla olevan kynttilän liekki ei ollut enää näkyvässä ja kynttilänvalo näkyi liuoksessa vain tasaisena hohteena (Sadar 1982). Menetelmä oli kuitenkin monella tapaa epätarkka, joten sameuden mittausten menetelmiä tarvitsi parantaa.

Toisen maailmasodan aikana R.G. Beuttelin kehittämä nefelometrinen mittaustekniikka, jossa mitataan näytteen sisältämien hiukkasten aiheuttamaa valonsirontaa, tuotti harppauksenomaisen kehitysaskelen sameusmittausten saralla (Heintzenberg ym. 2006). Nefelometriä myötä alettiin käyttää valoa vastaanottavia sensoreita, jolloin sameusarvo ei ollut enää riippuvainen mittaajan silmämääräisestä arviosta (Sadar 1982).

1950-luvulla valmistettiin ensimmäiset transmissiometrin, joiden toimintaperiaate perustuu näytteen läpi kulkeneen valonsäteen himmenemisen mittaamiseen. Varsinaista transmissiometrin keksijää on vaikea nimetä, mutta varhaisimmat transmissiometrin työt perustuvat Kampen (1950), Weickmannin ja Kampen (1953) sekä Zabrodskyn (1957) töihin. Vaikka nefelometrit ja transmissiometrin tuottivatkin sameusmäärityksiin selkeitä kehitysaskelia, niiden mittaustarkkuuteen jäi yhä parannettavaa. Lisäksi laitteet soveltuivat vain laboratoriokäyttöön.

Mittalaitteiden soveltuminen ainoastaan laboratoriokäyttöön asetti rajoituksia teolliselle tutkimukselle, jossa haluttiin hyödyntää luonnonvesissä mitattuja sameusarvoja. Teknologisen kehityksen myötä sameusmittauksien tekeminen luonnonvesissä kuitenkin mahdollistui niin kutsuttujen dynaamisten sameusanturien avulla, koska ne olivat vedenkestäviä ja niiden avulla sameusarvo oli mahdollista määrittää paikan päällä (in-situ). Erot laboratoriokäyttöisten ja dynaamisten sameusanturien välillä johtuvat pääasiassa siitä, että laboratoriokäyttöiset sameusanturit ovat alttiita virheelle joka koituu hiukkasten laskeutumisesta näyteastiassa, kun taas dynaaminen mittaustekniikka kuvastaa paremmin hiukkasten liikkeen dynaamista luonnetta luonnonvesissä (Anderson 2005). Mahdollisesti ensimmäinen todellinen dynaaminen sameusanturi oli Yhdysvaltain geologisen tutkimuslaitoksen käyttämä transmissiometri, josta käytettiin nimeä ”turbidity rod” (Reid 1961, Reid & Wood 1976). Dynaamisten sameusanturien mittaustekniikka pysyi pääpiirteittäin muuttumattomana noin 1980-luvulle asti, jolloin uudet mittaustekniikat ja sameusanturimallit alkoivat yleistyä (Sadar 2002). 1980-luvulla tutkimuskäytössä yleistyi myös optiseen takaisinsirontaan perustuva mittaustekniikka (Stenberg 1989), jonka lyhenne on OBS (optical backscatter).

Automaattiasemien kehitys

1950-luvun puolivälissä otettiin käyttöön ensimmäisiä automatisoituja vedenlaadun mittausasemia, kun Saksan liittotasavallassa ja USA:ssa perustettiin veden pH:ta, sähkönjohtavuutta ja lämpötilaa mittaavia asemia. Vedenlaadun seurantajärjestelmiä on otettu myöhemmin käyttöön myös monissa muissa Euroopan maissa ja Japanissa (Muhonen 1976).

Suomessa silloiselle vesihallitukselle hankittu ensimmäinen siirreltävä automaattinen mittausasema otettiin koekäyttöön vuonna 1974. Suomessa 1970-luvulla tehdyissä automaattiasemien mittauksissa seurattiin lämpötilaa, sähkönjohtavuutta, pH:ta, happea ja sameutta. Huomiota kiinnitettiin myös antureiden puhdistamiseen ja kalibrointiin, jonka seurauksena mittaustarkkuutta ja luotettavuutta pystyttiin parantamaan (Muhonen 1976).

Vaikka vesistöjen tilasta onkin pystytty tuottamaan entistä tarkempaa tietoa automaattisten mittaajärjestelmien avulla, on niiden käyttöön liittynyt monenlaisia haasteita. Esimerkiksi 1970- ja 1980-luvulla automaattista vesistöjen tilan seurantaa vaivasivat tiedonsiirto- ja tallennusongelmat, mutta nykyaikaisen tietoliikennetekniikan avulla nämä ongelmat on saatu ratkaistua (Juntura ym. 1997). Peuran ym. (1994) mukaan vielä 1990-luvulla automaattisten mittausasemien suurimmat haasteet liittyivät mittaustulosten laadun varmentamiseen ja kehittämiseen, datan standardoimiseen, prosessointiin ja analysoimiseen, sekä ohjelmistojen kehittämiseen. Vaikka automaattisia mittausasemia vaivaavien ongelmien suhteen onkin tapahtunut kehitystä, nämä ongelmat ovat osin yhä olemassa (Wang ym. 2006).

Nykyisin jatkuvatoimista vedenlaadun seurantaan Suomessa on tehty mm. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapiossa, yliopistojen ja yksityisten yritysten hankkeissa (Juntura ym. 1997, Sallmen 1998, Voutilainen ym. 2001, Jäppinen & Kotiharju 2011). Mittausluotettavuuden parantamiseksi tarvitaan kuitenkin yhä lisää tutkimusta. Laitteistojen kehityksestä huolimatta sensoreilla ei yleensä voida tuottaa yhtä tarkkoja mittauksia kuin laboratoriomäärityksissä. Lisäksi luonnonolosuhteissa tehtäviin mittauksiin liittyy muita haasteita. Järjestelmien mittaustarkkuus ja luotettavuus ovat avainasemassa tulosten käytettävyyden näkökulmasta. Mittausjärjestelmän laatuun kannattaa panostaa, sillä kustannustehokkuuden kannalta ei ole mielekästä sijoittaa järjestelmään, joka tuottaa epätarkkaa ja hyödytöntä tietoa (Huttula ym. 2009).

Sameusanturit

Antti Lindfors ja Risto Mäkinen

OBS-anturit

OBS-sameusanturit (Kuva 1) mittaavat sähkömagneettisen säteilyn takaisinsirontaa. Säteilyn lähteenä niissä on joko infrapuna- tai laserdiodi (Downing 2006). Anturit ovat tehdaskalibroituja ja kalibrointiyhtälö on saatavilla laitetoimittajan kautta. OBS-anturin nollakohta voidaan kalibroida 0-liuoksella, mutta aina on muistettava tehdä myös paikalliskalibrointi (ks. luku *Antureiden kalibrointi ja ainepitoisuuksien jatkuva seuranta sameusanturin avulla*).



Kuva 1. OBS-3+ -sameusanturi harjapesurilla (Kuva: Lippo Sundberg, MTT).

OBS-anturi on edullinen ja helppo ottaa käyttöön. Anturiin on saatavilla erimittaisia kaapeleita, riippuen sijoituspaikan vaatimuksista. OBS-3+ ja OBS300 vaativat tiedonkeräimen ja sen kautta virransyötön. Näistä eroten kalliimmat mallit OBS-3A ja OBS-5+ pystyvät toimimaan itsenäisesti ja niissä on muistia, oma tiedonkeruuyksikkö ja virtalähde (paristot). Jälkimmäiset ovat enemmänkin valtamerisovelluksia. Optisen linssin puhtaanapitoa varten on saatavilla harjapesuri. Harjapesurin käytössä on huomioitava, etteivät esimerkiksi kasvit pääse takertumaan pesurin osiin ja siten aiheuttamaan häiriötä pesurin toimintaan. Anturille on myös kokeiltu nestepesuria linssin puhtaanapitämiseksi vesi-alkoholiliuoksella (Kuva 2). Kullakin OBS-anturilla on käytettävissä kaksi mittausaluetta, matala ja korkea. Standardiversioissa nämä ovat 0-250 NTU ja 0-1000 NTU, 0-500 NTU ja 0-2000 NTU, 0-1000 NTU ja 0-4000 NTU sekä 0-2000 NTU ja 0-4000 NTU. Valittavissa on myös 0-2,5 V, 0-5 V ja 4-20 mA:n ulostulo. OBS-3+ sekä OBS300 -antureiden mittausaallonpituus on 850 nm, OBS-3A 850 nm ja OBS-5+ 780 nm. Saatavilla on sekä sivulle (OBS-3+) että alaspäin (OBS300) katsovia malleja. Valmistajan/myyjän kotisivuilta löytyy lisätietoa: <http://www.campbellsci.com/turbidity>.



Kuva 2. Anturin vesipesurin ohjauskaappi (vas.) sekä vesipesurilla varustettu anturi (oik.) (Kuvat: Risto Mäkinen, SYKE).

YSI-anturit

YSI-sameusanturit ovat myös takaisinsirontaa mittaavia optisia antureita (Kuva 3). Ne ovat erittäin stabiileja ja toimintavarmoja. YSI-sameusanturit toimivat joko sisäisillä paristoilla tai ulkoisella virtalähteellä. Laitteisto mittaa automaattisesti myös lämpötilan ja johtokyvyn. Näihinkin antureihin on saatavilla eripituisia kaapeleita, joiden maksimipituus on jopa useita satoja metrejä. YSI-sameusanturin tarkkaa mittausaallonpituutta ei ole kerrottu, mutta mittaus tapahtuu aallonpituusvälillä 830-890 nm.

Laitteisto vaatii toimiakseen esimerkiksi 600- tai 6000-sarjan rungon. 6000-sarjan runkoon voidaan kiinnittää myös muita optisia antureita samanaikaisesti, esimerkiksi a-klorofyllin tai hapen mittaamiseen.

Laitteiston etuna on sen sisäänrakennettu muisti, jolloin erillistä pintayksikköä ei tarvita kohteissa, joissa jatkuvatoimista dataa ei tarvitse lähettää reaaliajassa eteenpäin. Laitteistossa on valmiina sisäänrakennettu mekaaninen pyyhkijä, joten erillistä puhdistusharjaa ei tarvita. Anturi on saatavilla myös anti-fouling-pinnoitettuna, joka vähentää runkoon kiinnittyvän lian tarttumista sekä biologista kasvua. Lisätietoa on saatavilla valmistajan/myyjän kotisivuilta: www.ysi.com.



Kuva 3. YSI-sameusanturi (ylempi) ja S::can-spektrometriananturi (alempi)
(Kuva: Mikko Kiirikki, Luode Consulting Oy).

S::can-spektrometriananturit

S::can-monitoimianturit mittaavat valon vaimenemista. Ne ovat monitoimilaitteita mm. sameuden, nitraattityypen ja orgaanisen aineen jatkuvaan mittaamiseen (Kuva 3). Signaalin "sormenjälki" mahdollistaa useiden parametrien samanaikaisen mittauksen sekä erittäin tarkan kompensoinnin mm. valolähteen muutoksille. Laite mittaa UV- ja näkyvän valon alueelta (200-750 nm).

Laitteistot soveltuvat luonnonvesiin, teollisuussovelluksiin ja puhdasvesi- sekä jätevesisovelluksiin. Anturin mittaus tapahtuu rungon suuntaisesti, joten S::can-anturit voidaan asentaa pieneenkin tilaan, kunhan vesi pääsee vaihtumaan valotien kohdalla. Anturin mittausalue valitaan mitattavan veden ominaisuuksien perusteella.

Anturi on helppo ottaa käyttöön ja se toimii joko akkukäyttöisenä tai verkkovirralla. S::can-antureiden puhdistusmekanismi on paineilma, joka tuotetaan joko paikallisesti kompressorilla tai vaihtoehtoisesti sukelluspullostaa. S::can-antureihinkin on saatavilla eri mittaisia kaapeleita, maksimissaan usean kymmenen metrin pituisia.

S::can-antureissa on valmiit tietoliikennejärjestelmät sekä langattomiin että teollisuusautomaatiojärjestelmiin. Laitteisto voidaan ohjelmoida tallentamaan tiedot joko sisäiseen muistiin tai lähettämään ajantasaista aineistoa. Lisätietoja on saatavilla valmistajan/myyjän kotisivuilta: www.s-can.at.

Antureiden väliset erot

S::can-anturit mittaavat koko spektriä, ja verrattuna OBS-antureihin ne ovat optisesti paremmin kompensoituja. Kaikkien anturityyppien osalta on vielä epäselvää, miten hyvin ne toimivat humuspitoisissa vesissä. Savisameissa vesissä tehdyt mittaukset ovat osoittautuneet melko luotettaviksi (Linjama ym. 2009).

Antureiden mittayksiköt ovat erilaisia, OBS ja YSI: NTU ja S::can: FTU. Yksiköistä on kuitenkin pyritty tekemään mahdollisimman vertailukelpoisia ja kyse onkin lähinnä sironta/mittauskulman mukaan tehdystä jaosta yksiköiden välillä. Sameusarvoilla 0-100 yksiköiden väliset erot ovat hyvin pieniä. Taulukossa 1 on listattu laitteiden välisiä teknisiä eroja, joita on ehkä syytä ottaa huomioon laitevalinnassa.

Taulukko 1. Mittalaitteiden välisiä teknisiä eroja.

laite	mitta-alue	virtalähde	datankeruu	ohjelmisto
OBS	valittavissa	ulkoinen tai sisäinen	ulkoinen	mukana
YSI	kiinteä	ulkoinen tai sisäinen	ulkoinen tai sisäinen	mukana
s::can	valittavissa	ulkoinen	ulkoinen tai sisäinen	mukana

Tiedonkeräimet, virtalähteet ja datansiirto

Risto Mäkinen ja Timo Huttula

Tiedonkeräimet

Tiedonkeräin eli dataloggeri on elektroninen laite tai -kortti, joka vastaanottaa antureilta tulevan mittaustiedon, tallentaa/prosessoi sitä, ja jos laitteeseen on liitetty tiedonsiirtoyksikkö, lähettää tiedon eteenpäin (Kuva 4). Tiedonkeräimessä tulee olla riittävästi muistia, jotta mittaustieto ei häviäisi käyttöjännite- tai tiedonsiirtokatkoksista johtuen. Kanavamäärä vaihtelee laitteittain. Tiedonsiirtoformaatti on yleensä valittavissa (SMS, GSM-data, GPRS).



Kuva 4. Erilaisia tiedonkeräimiä: Alarivi vasemmalta oikealle: OTT-Duosens, Campbell-CR200, ehp-teknikka, keskellä Campbell-CR800, ylärivissä Luode, ja Telog-WL-2109e (Kuva: Risto Mäkinen, SYKE).

Yleensä anturilta tuleva mittaustieto on jännitemittausta. Anturit voivat olla 0...2,5 V, 0...5 V, 0...10 V, 0...20 mA, 4...20 mA, skaalalla mittaavia. Lisäksi saatavilla on digitaalisia mitta-antureita ja antureita jotka tuottavat pulssimittauksia. Mittausdataa voidaan siirtää anturin ja dataloggerin välillä myös sarjamuotoisena tai erilaisia protokollia käyttäen, esimerkiksi SDI-12, MODBUS ym. Suuri osa tiedonsiirtoprotokollista on kehitetty teollisuuden tarpeisiin.

Mitta-anturin tuottama analoginen viesti muunnetaan digitaaliseen muotoon AD-muuntimella. Digitaalisissa antureissa muunnos tehdään jo anturissa ja tieto siirtyy digitaalisessa muodossa dataloggerille.

Anturilla on oma mitta-alueensa, tarkkuusluokkansa ja resoluutionsa (AD-muunnos) - eli missä rajoissa mittausta tapahtuu, miten lähellä oikeaa arvoa mittausta on ja miten pieniä muutoksia se havaitsee. Mittalaitteen AD-muunnoksen kautta saadaan laitteelle erottelutarkkuus, mikä kertoo digitaalisessa muodossa anturilta tulevan signaalin (esimerkiksi 15 bittisessä muuntimessa täydellä mitta-alueella on $2^{15}=32768$) vaihtoehtoa). Vaikka tiedonkeräimen AD-muunnos olisi erittäin suuri, anturin tarkkuuden ollessa huono, myös lopputulos on huono.

Laitteistoja valittaessa tulee ottaa huomioon anturin, tiedonkeräimen ja modeemin toiminnan lämpötilarajat. Jos anturi on jäätyttömässä vedessä, niin esimerkiksi -10...+50 °C riittää. Tiedonkeräin tarvitsee yleisesti ulkoilmassa -40...+70 °C lämpötilarajan. Lämpötila-anturi tarvitsee kuitenkin joskus -50...+50 °C mitta-alueen, jotta kovimmatkin pakkaset Pohjois-Suomessa saadaan havainnoitua.

Kosteus on haitallista elektronisille mittalaitteille, joten laitevalinnoissa on varmistettava, että laite soveltuu ympäristömittauskäyttöön.

Virtalähteet

Riippuen koko laitteiston virrankulutuksesta (anturi, dataloggeri, modeemi tai lataussäädin ym.), virtalähde tulee valita niin, että sähkö riittää kaikissa tilanteissa ja jatkuvasti. Vaihtoehtoja on pääasiassa kaksi: verkkovirta ja akku. Verkkovirtaa käytettäessä tulisi varmistaa virran syötön jatkuminen sähkökatkokkien aikana. Useissa tapauksissa laite toimii 12 V tasavirralla, joka otetaan akusta, joka on latauksessa muuntajan kautta verkkovirrasta. Teollisuuden sovelluksissa on yleisesti käytössä 24 V järjestelmä, myös 240 V vaihtovirralla toimivia laitteistoja on olemassa. Nykyään akkuina käytetään pääasiassa lyijyhyytelöakkuja (niitä on monen kokoisia, niiden itsepurkautuminen on pieni ja vaarana ei ole rikkihapon vuotaminen ulos akusta). Osassa laitteistoja käytetään litiumparistoja. Esimerkiksi YSI:n sondissa on sisällä neljä AA-alkaliparistoa, mutta siihen voidaan syöttää myös ulkoista virtaa.

Akku voidaan vaihtaa aika-ajoin varaustilanteen heikentyessä tai sitä voidaan ladata koko ajan verkkovirralla tai aurinkopaneelilla. Aurinkopaneelia käytettäessä ongelmana on syys-talvikauden auringon paistetuntien vähäisyys, jolloin on olemassa vaara, että akku ei varaudu. Lisäksi kaikki mittaushetket eivät sijaitse aurinkoisilla

paikoilla. Nykyiset aurinkopaneelit kylläkin lataavat myös pilvisellä säällä. Aurinkopaneeleita on olemassa erityyppisiä: yksikiteisiä, monikiteisiä ja kalvopaneeleita (Kuva 5). Näillä on hieman erilaiset ominaisuudet. Aurinkopaneeli tuottaa parhaimmillaan yli 16 V jännitteen, joka täytyy lataussäätimellä säätää akulle ja laitteistolle sopivaksi (Kuva 5). Lataussäätimen tehtävä on estää akun ylivaraus ja tyhjeneminen silloin, kun aurinkopaneeli ei tuota sähköä. Jotkut säätimet toimivat alijännitesuojana: säädin katkaisee virran kulun jännitteen laskiessa liian alas. Aurinkopaneelin ja säätimen tulee olla kooltaan toisiaan vastaavia. Osassa dataloggereita on sisälle rakennettu lataussäädin. Tuolloin aurinkopaneeli voidaan kytkeä yleensä suoraan dataloggerin tiettyihin liittimiin. Virtalähteen +navan ja dataloggerin väliin täytyy sijoittaa sulake mahdollisen oikosulun estämiseksi.



Kuva 5. Erityyppisiä aurinkopaneeleita (vas.) sekä lataussäätimiä (oik.)
(Kuvat: Risto Mäkinen, SYKE).

Datan siirto- ja keräystavat

Mittalaitteen loggeriin tallennettu data tulee siirtää tietokantaan aika-ajoin. Tämä voidaan tehdä paikan päällä keräämällä, puhelinlinjojen avulla tai käyttäen langattomia tiedonsiirtoverkkoja, kuten GSM, GPRS (tekstiviestinä tai datapuheluna) (Kuva 6), radiotaajuuksia tai WLAN. Myös infrapunalinkkejä on olemassa.

Televerkon kattavuus Suomessa on nykyisin varsin hyvä. Silti maassa on joitain syrjäisiä alueita, jossa mittaustietoja ei saada välitettyä luotettavasti televerkon kautta. Siellä joudutaan turvautumaan paikalla tallentaviin laitteisiin ja manuaalisesta tapahtuvaan tiedon purkuun. Toinen vaihtoehto on satelliittipohjainen tiedonsiirto, jota mm. voimayhtiöt soveltavat laajassa mittakaavassa hydrologisen tiedon siirtämiseen myös silloin, kun televerkko ei toimi.



Kuva 6. GSM/GPRS-modeemeja (Kuva: Risto Mäkinen, SYKE).

Telineet

Antti Lindfors, Sirpa Thessler, Lippo Sundberg ja Timo Huttula

Mittapaikalla sameusanturi kiinnitetään telineeseen, joka pitää anturin mittausjakson ajan paikallaan, mahdollistaa anturin laskemisen samaan mittauskohtaan huollon jälkeen, tekee anturin huoltamisesta helppoa ja turvallista ja ei aiheuta vaaraa tai haittaa muille vesistön käyttäjille. Anturitelinet on hyvä merkitä varoitusnauhalla.

Anturitelineten valintaan pätee hyvin pitkälti samat ohjeet kuin mittapaikan valintaan (ks. luku *Mittausaseman anturin- ja paikanvalinta*) ja telineten rakentamisessa otetaan aina huomioon mittauspaikan olosuhteet. Telineiden tulee kestää suuret virtaamat sekä ympärivuotisessa mittaamisessa jään aiheuttamat iskut ja jäätyminen, jolloin varsinkin kaapelit joutuvat koville. Lisäksi pohjan koostumus, vedenkorkeuden vaihtelut ja olemassa olevat rakenteet vaikuttavat telineten valintaan. Lukitus ja ilkvallan estäminen on huomioitava telinetenkin osalta. Anturitelinet tulisi valmistaa ruostumattomasta teräksestä tai muovista. Lyhytkestoisia, yhden avovesikauden kestäviä mittauksia varten myös puurakenteet ovat riittävän kestäviä.

Anturitelinet voidaan jakaa useaan ryhmään: 1) pohjassa seisovat tai pohjaan ankkuroitavat telinet, 2) riippuvat telinet, 3) rannalta nostettavat telinet sekä 4) kellukkeet. **Pohjassa seisovat telinet**, kuten paalut, ovat helppoja rakentaa, mutta niissä olevan anturin huolto edellyttää usein kahlaamista tai paalun ylösnostoa, mikä sekoittaa pohjaa ja häiritsee siten mittauksia huollon aikana. Paalua ei myös saa aina tukevasti pohjaan kiinni. Pohjaan pystytetyissä telineteissä olevien anturien huolto voi olla myös vaativaa kylmän tai korkean veden aikaan. Mikäli mittausa jatketaan talven yli, on anturi kiinnitettävä pohjaan ankkuroituun telineteeseen, jotta liikkeelle lähtevät jäät eivät riko mittalaitetta. **Ripustettu asennus** tehdään usein esimerkiksi laiturin tai sillan varaan. Tällöin mittari voidaan nostaa huollettavaksi ilman, että pölytetään pohjaa. Myös talviajan ja korkean veden aikaan tehtävä huolto onnistuvat helpommin kuin pohjassa seisovan anturin osalta. Haittapuolena riippuvassa asennuksessa on kuitenkin se, että se vaatii sillan tai jonkin muun yläpuolisen rakenteen ja siten sopivia paikkoja ei ole aina tarjolla. Riippuvan telineteen rakentaminen saattaa olla myös kalliimpaa kuin pohjassa seisovan telineteen. Mikäli mittauspaikassa ei ole sopivia rakenteita eikä ilkvallan vaaraa, voidaan tehdä myös **rannalle nostettavia telineteitä** tai asentaa anturi **kellukkeiden** varaan. Rannalta nostettavassa telineteessä anturin huolto on helppoa, mutta asennuspaikkaa valittaessa on huomioitava veden

korkeuden mahdollinen nousu. Telineitä on käytetty vain sulan veden aikana tehtävässä mittaamisessa, sillä se on altis jäiden aiheuttamille rikoille. Anturikaapelit kannattaa suojata suojarahalla kaikissa asennuksissa. Näin vältetään usein arvokkaiden anturikaapeleiden uusiminen esimerkiksi jyrksijöiden tuhotessa niitä.

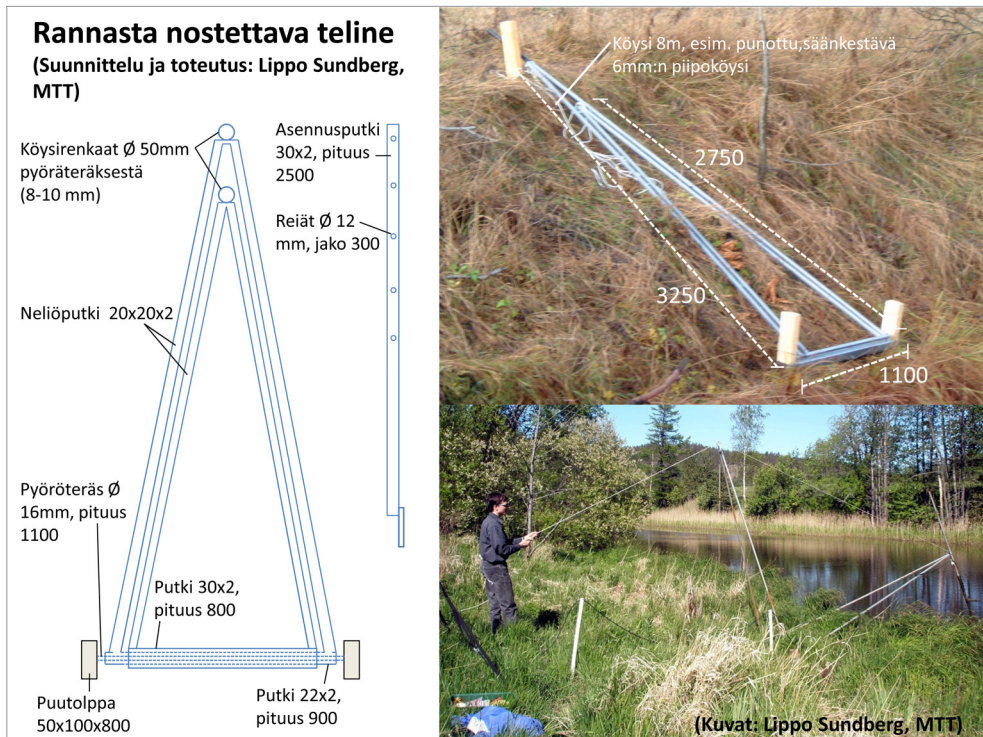
Esimerkkejä Maasää-mittausverkoston telineratkaisuista

Alla on esimerkkejä Maasää-mittausverkostoa varten suunnitelluista ja toteutetuista anturitelineistä. Muun muassa USGS:n (United States Geological Survey) kehittämiä anturitelineistä otettiin mallia Maasää-hankkeen anturitelinesuunnittelussa. Verkoston anturitelineet ja anturilusikan suunnitteli Lippo Sundberg Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksesta (MTT). Maasää-verkostossa mitattiin sameutta 20 pisteessä, joissa käytettiin joko OBS3+ -merkkisiä optisia sameusantureita tai S::can-spektrometrejä. Kaikki S::can-spektrometrit ripustettiin laitureihin L-muotoisen muoviputken avulla, joka voitiin nostaa huoltotoimia varten ylös (Kuva 7 c.) Myös OBS-sameusantureita kiinnitettiin laitureihin ja siltoihin (Kuvat 7 a ja b). Verkoston sameusanturit ja S::can-spektrometrit nostetaan pois talvikaudeksi eikä telineiden siten tarvitse kestää jäiden aiheuttamia iskuja tai jäätymistä.



Kuva 7. Esimerkki a) laituri- ja b) siltakiinnityksestä. Telineen etuosa on tehty helpottamaan huoltotoimia. c) S::can-spektrometrin L-muotoinen asennusteline (Kuvat: Lippo Sundberg, MTT).

Lisäksi käytettiin rannalta nostettavia telineitä ja pohjassa seisovia paaluja. Rannalta nostettava teline suunniteltiin siten, että köyden avulla voidaan laskea teräsputkesta valmistettu kolmioteline ja siihen kiinnitetty anturi veteen ja nostaa se vedestä, toisen kolmiotelineen toimiessa vipuvartena. Telineen mittaussyvyyttä säädellään köyden avulla, joka toimii samalla myös nostoköytenä (Kuva 8).



Kuva 8. Maasää-mittaussverkostoa varten suunniteltu rannalta nostettava teline, mitat ovat mm:nä ellei toisin mainita (Kuvat: Lippo Sundberg, MTT).

Pohjassa seisova tolppa koostui kahdesta, osin sisäkkäisestä putkesta: pohjaan lyödystä sinkitystä metallitolpasta ja sen yläosan päälle menevästä muoviputkesta, jonka avulla anturi voitiin nostaa ylös huoltotoimia varten. Yläosan putken reikien avulla voidaan säädellä mittaussyvyyttä (Kuvat 9 ja 10 a-c).

OBS3+-sameusanturille suunniteltiin myös erillinen "anturilusikka", jonka avulla anturi kiinnitettiin telineeseen (Kuva 11). Lusikan avulla anturi saadaan asennettua siten, ettei linssi altistu suoralle auringonvalolle ja lusikka myös varjostaa anturia ehkäisten näin biologisen kasvuston muodostumista anturin pinnalle.



Sameusanturin tolppa-asennus

(suunnittelu ja toteutus: Lippo Sundberg, MTT)

Koostuu sameusanturin putkesta, jonka sisällä on sameusanturin tolppa. Asennussyvyyttä säädellään tolpan pituuden ja sameusanturin putken reikien läpi työnnettävän sokan avulla

Sameusanturin putki

- Muovinen viemäriputki, 50 mm
- pituus 1500 mm
- yläosassa 6 reikää (8.5 mm) 100 mm välein

Sameusanturin lusikka

Sameusanturin tolppa

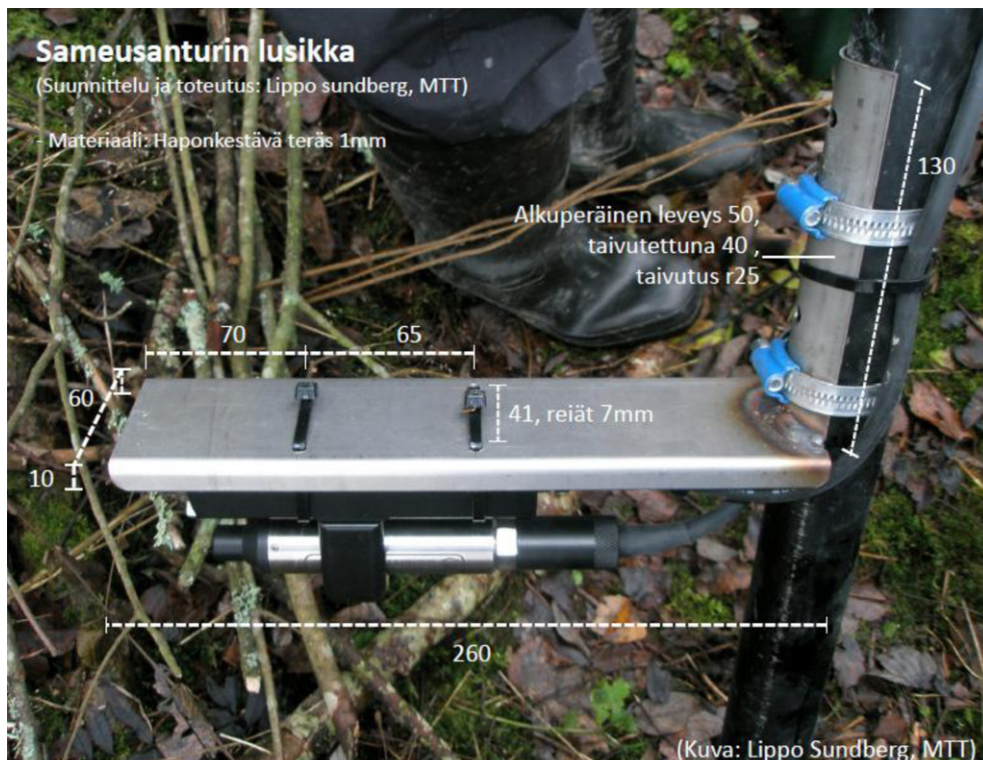
- Sinkitty vesijohtiputki
- Pituus 1800-2500 mm

Kuva: Lippo Sundberg, MTT

Kuva 9. Maasää-mittausverkostoa varten suunniteltu tolppa-asennuksen teline (Kuva: Lippo Sundberg, MTT).



Kuva 10. Sameusanturin tolppa-asennus a) Pohjaan kiinnitetty tolppa on merkitty, jotta joessa liikkuvien on helppo huomata se, b) Mittausasema on asennettu rannalle puupaaluun, c) anturi voidaan nostaa ylös myös rannalta käsin (Kuvat: Lippo Sundberg, MTT).



Kuva 11. Kuva ja piirustukset "lusikasta", jonka avulla puhdistusharjallinen OBS3+-sameusanturi kiinnitettiin telineeseen (Kuva: Lippo Sundberg, MTT).

ANTURIT, TIEDONSIIRTO JA ANTURITELINEET

- Valitse käyttötarkoitukseen sopiva anturi
- Jos anturia käytetään muussakin kuin jatkuvatoimisessa tai reaaliaikaisessa mittauksessa, kysy laiteomittajalta mitä tarvitset, jotta saat anturin kytkettyä esimerkiksi kannettavaan tietokoneeseen tai dataloggeriin
- Valitse anturiteline mittapaikan kiinnitysmahdollisuuksien ja mittausjakson keston mukaan

Mittausaseman anturin- ja paikanvalinta

Helmi Kotilainen, Jarmo Linjama ja Sirkka Tattari

Tyypillisiä mittauskohteita jatkuvatoimisille vedenlaatumittareille ovat ojat, puurot ja kosteikot. Mittauspaikan on oltava edustava ja sen on sijaittava niin, että saadaan mahdollisimman todenmukainen kuva valuma-alueesta. Ennen anturin valintaa ja asennusta on tärkeää miettiä, mihin kysymyksiin mittauksilla halutaan vastata, mitä halutaan mitata ja kuinka pitkä mittausjakso tulee olemaan. Lisäksi tulee miettiä laitteistojen huollon ja ylläpidon järjestäminen.

Anturinvalinta

Mittauspaikkaan on valittava oikeanlainen anturi (ks. luku *Sameusanturit*). Aikaisemmista mittalaitetekemuksista on hyötyä anturin valinnassa ja varsinkin aloittelijan kannattaa kääntyä kokeneen laitetoimittajan puoleen tai ottaa yhteyttä henkilöihin, joilla on kokemusta mittalaitteista. Yhteisestä maastokatselmuksesta laitetoimittajan tai muun asiantuntijan kanssa on aina hyötyä. Varsinkin, jos laitevalikoimassa on eri mittausalueiden antureita, maastokatselmuksesta tai edes valuma-aluekuvauksesta on paljon apua oikean tyyppisen anturin valitsemisessa. Asiantuntija pystyy havaitsemaan reunaehdot esimerkiksi luotettavalle mittausyvyydelle ja laitekiinnitykselle. Mittalaitteen tilaaja on kuitenkin vastuussa siitä, että valittu mittapaikka on mahdollisimman edustava valuma-alueen suhteen. Tilaajan on muistettava myös tarkistaa ajantasainen hankintalainsäädäntö ja toimittava sen määräysten mukaisesti, jos on kyse laiteostajatahosta, jonka on noudatettava julkista hankintalainsäädäntöä.

Mikäli mittauspaikalta on saatavilla aiempia vedenlaatumittotietoja, kannattaa niitä ehdottomasti hyödyntää. Esimerkiksi ympäristöhallinnon OIVA ympäristö- ja paikatietopalvelun kautta voi tarkistaa, löytyykö omalta mittapaikalta vedenlaatu- tai hydrologiatietoja (<http://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>). OIVA-palvelu on ilmainen ja kuka tahansa voi rekisteröityä käyttäjäksi. Jos vedenlaadusta ei ole tarkkaa tietoa, pitäisi pyrkiä ottamaan ja analysoimaan muutama vesinäyte ennen anturin tilaamista. Vesinäytteet tulisi kerätä mahdollisuuksien mukaan eri vuodenaikoina erilaisissa virtaamatilanteissa.

Usein anturin hinta ja laitetoimittajan tarjoamat palvelut, kuten laaduntarkkailu, vaikuttavat valintoihin. Oikean anturin valinta on kuitenkin osa laatua eikä siinä kannata tinkiä. Jos kohteeseen sopivaa anturia ei voida hankkia, kannattaa harkita, pitäisikö anturihankinnan sijaan panostaa esimerkiksi perinteiseen vesinäytteenottoon ja laboratorioanalyysiin. Jos anturi toimii vaihtelevasti, on saadulle aineistolle tehtävä jatkuvasti korjauksia. Tämä vie resursseja ja silti aineiston käyttöarvo on melko olematon. Laitteen luotettava toimivuus on siis laitevalinnan tärkeimpiä kriteerejä. Varsinkin pitkät katkot aineistossa ovat vaikeita täydentää.

Koska likaantuminen virtaavissa vesissä on voimakasta varsinkin avovesikaudella, tulee antureiden olla automaattisesti puhdistuvia. Anturissa voi olla joko mekaaninen, nestesuihkuun perustuva tai paineilmalla toimiva puhdistus tai kemiallinen puhtaanapito (ks. luku *Sameusanturit*). Luonnonvesissä automaattinen puhdistusmekanismi on osoittautunut ensisijaisen tärkeäksi aineiston laadun ja luotettavuuden osalta. Varmatoimisen puhdistusmekanismin ansiosta puhdistushuoltokäyntejä voidaan harventaa ja datan laatu säilyy korkeana myös huoltokäyntien välillä. Hyvin järjestettynä huolto ja automaattinen puhdistus mahdollistavat korkealaatuisen mittaustiedon keräämisen. Tavoitteena onkin, että huoltokäynnit tehdään niin usein, ettei niitä havaitse lopullisesta datasta esimerkiksi hyppäyksinä tai tasomuutoksina (ks. luku *Mittausaseman valvonta ja huolto*). Luonnonvesissä anturit likaantuvat aina ja perushuoltoa on tehtävä joka tapauksessa. Kylmissä ja auringonvalolta suojassa olevissa paikoissa (esim. kaivot ja pohjavesiputket) automaattinen puhdistus ei ole yhtä kriittinen asia kuin avouomissa. Näissäkin kohteissa automaattinen puhdistus parantaa datan laatua, koska anturin pinnoille saattaa muodostua mittausta häiritseviä ilmakuplia.

Paikanvalinta

Anturi on asennettava riittävän kauas rannasta, jotta rantapenkereen aiheuttamat pyörteet eivät vaikuta tuloksiin ja anturi saadaan riittävän syvälle. Asennuksessa on kuitenkin muistettava, että anturi kannattaa sijoittaa sellaiseen kohtaan, jossa huoltaminen onnistuu helposti ja turvallisesti, vaikka vedenpinnan korkeus muuttuisi asennushetkestä. Leveissä uomissa on mahdollista käyttää telinettä (ks. luku *Telineet*), jonka avulla saa lisää ulottuvuutta ja huolto on helppo tehdä.

Asennuspaikan virtauksen on oltava mahdollisimman tasainen. Anturin läheisyydessä ei saa olla sivu-uomia tai ilmakuplia aiheuttavia kuohuvia virtapaikkoja, eikä esteitä joihin virtauksen mukana kulkeutuvat irtoroskat voivat tarttua. Myös anturin lähellä olevasta ranta- ja vesikasvillisuudesta voi aiheutua virhettä mittaustuloksiin, jos kasvit ulottuvat anturin mittauskohdan tielle. Asennuskohdassa uoman pohjan on oltava mahdollisimman tasainen, jottei pyörteisyys tai esteet linssin mittaustuloksissa vaikuta tuloksiin. Laitteiden asennus tierumpuihin ja siltoihin saattaa aiheuttaa mittaustuloksiin liikenteen tärinää, päästöistä ja pölyämisestä johtuvaa virhettä. Samoin

tiesuolaus ja auraus voivat vaikuttaa saatuihin tuloksiin. Silta-aukoissa virtaama saattaa olla pöröistä, mikä heikentää tulosten laatua.

Anturi on asennettava oikealle syvyydelle siten, että se on riittävän kaukana pohjasta ja pinnasta sekä vedenalaisista esteistä. Jos anturi on liian lähellä pohjaa, voi pohjan lähellä kulkeutuva aines aiheuttaa virhettä tuloksiin. Vastaavasti liian lähellä vedenpintaa oleva anturi voi joutua helposti kuiville tai jäätyä. Suora auringonvalo ei nykyaikaisissa laitteissa ole ongelma, koska sen aiheuttamat virheet saadaan kompensoitua pois. Suurin ongelma liian lähelle vedenpintaa asennetuissa antureissa on kuitenkin biologisen kasvuston nopea muodostuminen. Vedessä anturin pinnalle muodostuu aina jonkin verran biologista kasvustoa, mutta suora auringonvalo kiihdyttää kasvuston muodostumista, eikä automaattisen puhdistuksen teho välttämättä riitä poistamaan sitä. Tämä lisää merkittävästi huoltokäyntien määrää.

Esimerkiksi S::can-antureiden suositeltu mittaussyvyysminimi on 50 cm. Lyhytkestoisissa mittauksissa anturit voidaan asentaa tätä matalampaan veteen, mutta tällöin huoltokäyntien määrää täytyy lisätä. Tosin sanoen, laitteella voi mitata matalammassakin vedessä, mutta syvyysminimi on yksi pitkäaikaisen mittauksen laatu-ehdoista. Eräässä tutkimuksessa Savijoella havaittiin, että sijoittamalla anturi noin 30 cm uoman pohjan yläpuolelle ja noin 130 cm minimivedenkorkeuden alapuolelle jäätyksen ja auringonvalon aiheuttamat ongelmat olivat vähäisiä (Linjama ym. 2009). Myös hetkittäinen pohjan pölyäminen normaalia suuremman virtaaman takia ei juuri aiheuttanut virhettä mittaustuloksiin (Linjama ym. 2009). Mittaussyvyytenä käsinäytteenottosyvyys, joka on 1 m, on lähes aina riittävä jäätymistä ja biologisen kasvuston muodostumista ajatellen. Jos uoma on matala, eikä anturia saa asennettua 0,5-1 m syvyydelle, kannattaa anturi sijoittaa siten, että pohjan lähellä kulkeutuva aines ei aiheuta virhettä mittauksiin, mutta kuitenkin riittävän syvälle, jotta anturi olisi mahdollisimman hyvin suojassa suoralta auringonvalolta eikä jäisi kuiville normaalitilanteessa tai jäätyisi ensimmäisillä pakkasilla. Anturit voidaan asentaa ympärivuotiseen käyttöön, jos uoma ei jäädy pohjaan asti. Tällöin anturin kaapelointi pitää suojata jään vaikutuksilta esimerkiksi kaivamalla se rantatörmään suojaputkessa.

Paikanvalinnan ongelmakohdat

Anturin asennuspaikan valinta on useimmiten kompromissi; anturi voidaan harvoin asentaa parhaaseen mahdolliseen paikkaan. Paikanvalinnassa on otettava huomioon myös lupa-asiat ja ilkkivalta. Pihapiirit tai yritysten aidatut alueet ovat usein turvallisista mittausaseman sijoituspaikkoja. Tällöin asemille saa mahdollisesti järjestettyä myös verkkovirtaa ylläpitämään akkuja ja mahdollisesti mittausaseman lämmitystä. Monesti myös lähialueen asukkaiden tiedottaminen alueella tehtävistä mittauksista vähentää ilkkivaltaa.

Laitteiden asennus avouomiin ei ole jokamiehen oikeuteen kuuluvaa, vaan maanomistajalta on saatava tähän lupa. Tierumpuihin ja siltoihin kiinnityslupa täytyy anoa

kunnalliselta viranhaltijalta. Jos anturi on tarkoitus kiinnittää julkisen tien varrella olevalle silta-alueelle, lupaa on anottava paikallisen ELY-keskuksen tiemestarilta. Tähän on käytettävissä valmiita hakemuslomakkeita ja asennuslupa on yleensä maksullinen. Pitkäaikaisissa mittauksissa on joskus jopa kannattavaa hankkia kaivinkone asennustyöapuun, jotta saadaan mahdollisimman optimaalinen sijoituspaikka ja uomaa voidaan puhdistaa löyhästä materiaalista riittävän laajalta matkalta. Kaivinkone mahdollistaa myös laitureiden tai pienten siltojen teon, jolloin asennuspaikka voidaan sijoittaa lähemmäksi uoman keskiosaa. Tällöin tulee ottaa huomioon laissa olevat velvoitteet ja päätökset, jotta vältytään riitatapauksilta. Esimerkiksi laittoman padon tekeminen ei ole mahdollista.

Asennusluvan lisäksi myös sähkönsaanti on oleellinen osa paikanvalintaa. Sähkönsaanti uusilla sähkösovimuksilla on usein hankalaa, hidasta ja kallista. Esimerkiksi kustannus uudesta linjatolpasta ja maanalaisen kaapelin vedosta paikalle maanomistajan luvan ja sähköntoimittajan sopimusten jälkeen voi maksaa tuhansia euroja. Sähkön käyttölasku ei yleensä ole "juuri mitään" tämän kertakorvauksen jälkeen, mutta siitä aiheutuu kuitenkin kustannuslisä. Kaikki anturityypit eivät kuitenkaan tarvitse sähköpistettä, vaan toimivat akuilla, aurinkopaneeleilla tai paristoilla (ks. luku *Tiedonkeräimet, virtalähteet ja datansiirto*). Asennuskaappien tulee olla riittävän laadukkaita, etteivät kosteus ja säänvaihtelut tuottaisi harmia tiedonsiirrolle ja aiheuttaisi turhia tietokatkoksia. Samoin hyvälaatuisella lukittavalla mittauskaapilla voidaan suojautua ilkeiltä.

MUISTA ANTURIN- JA PAIKANVALINNASSA

- Mieti, mitä halutaan mitata
- Valitse mittauspaikkaan sopiva anturi
- Valitse edustava mittauspaikka
- Anturin asennuskohdassa on
 - oltava mahdollisimman tasainen virtaus
 - oltava mahdollisimman esteetön ja tasainen pohja
- Anturi on asennettava oikealle syvyydelle:
 - pohjan pölyäminen ei saa häiritä mittauksia
 - anturin on oltava riittävän syvällä, jottei auringon valo tai jäätyminen aiheuta ongelmia
- Laitteiden asennus avouomiin ei kuulu jokamiehen oikeuksiin

Antureiden kalibrointi ja ainepitoisuuksien jatkuva seuranta sameusanturin avulla

Hanna Arola, Lauri Arvola, Niina Kotamäki, Helmi Kotilainen, Jarmo Linjama ja Teemu Näykki

Sameusmittauksissa on hyvä muistaa, että kukin anturi on "yksilö". Vaikka anturit ovatkin tehdaskalibroituja, saattaa kaksi samalla standardilla kalibroitua anturia antaa samasta näytteestä hieman eri sameuslukemia (Downing 2006). Eri antureilla mitattujen sameusarvojen heikon vertailtavuuden takia anturit kalibroidaan usein sameuden lisäksi myös kiintoaineeseen nähden (Downing 2006), jolloin saadaan vertailukelpoinen pitoisuusarvo. Onkin siis suositeltavaa, että sameusanturin lukemat kalibroitaisiin aina ainepitoisuutta, esimerkiksi kiintoainetta, vasten, eikä tehtäisi tulosvertailua pelkästään anturi- ja laboratoriosameuden välillä.

Anturin ominaisuuksien lisäksi mittaustuloksiin vaikuttavat monet seikat, kuten esimerkiksi vedessä olevien partikkeleiden koko, muoto ja tummuus (Sutherland ym. 2000, Downing 2006). Näistä syistä antureille on aina tehtävä paikalliskalibrointi. Vain asianmukaisesti huollettu ja kalibroitu anturi tuottaa luotettavaa mittaustietoa, joten mittausaseman paikanvalinnan ja anturin asennuksen jälkeen alkaa paikalliskalibrointijakso. Tuolloin anturille tehdään asianmukainen paikalliskalibrointi, jonka päätyttyä anturin toimintaa valvotaan sen mittaustuloksien sekä seurantanäytteenoton avulla.

Vaikka näytteenottoaikan vesinäytteitä vasten kalibrointi on tässä teoksessa kalibrointisuositus, on muitakin kalibrointitapoja olemassa, kuten esimerkiksi pohjasedimentin (Bunt ym. 1999) tai valuma-alueen maanäytteiden (Minella ym. 2008) avulla tehty kalibrointi. Vesinäytteisiin perustuvan kalibroinnin on kuitenkin havaittu olevan luotettava vaihtoehto, koska kalibroinnin tulee edustaa juuri uomassa tapahtuvia prosesseja (Minella ym. 2008).

Näytteenotto

Näytteenottoon sekä näytteiden kuljetus- ja säilytysolosuhteisiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, koska kalibrointinäytteillä varmistetaan anturitulosten luotettavuus. Useimmiten laboratoriot, jonne kalibrointinäytteet viedään määrittelyyn, osaavat tarvittaessa neuvoa oikeaoppisen näytteenotto- ja säilytystekniikan. Kalibrointinäytteet tulee ottaa täsmälleen anturin asennussyvyydeltä, koska vesi voi olla kerrostunutta.

Näytteet on toimitettava viipymättä analysoitavaksi laboratorioon, jossa on akkreditoituidut määrittämenetelmät. On varmistettava, että sameusanalyysi tehdään mahdollisimman pian, viimeistään 24 tunnin kuluttua näytteenotosta (Davies-Colley & Smith 2001). Oikein säilytettyinä kiintoainenäytteiden on havaittu säilyvän kelvollisina useita vuorokausia (Davies-Colley & Smith 2001). Standardisuositus on kuitenkin, että kiintoainenäyte analysoitaisiin mieluiten 4 tunnin kuluessa näytteenotosta tai viimeistään kahden vuorokauden sisällä näytteenotosta (Suomen standardisoimisliitto 2005). Eri näytteiden säilytys-suositukset tulee tarkistaa voimassa olevista määrittästandardeista. Hyvästä ympäristömittauskäytännöstä voi lukea lisää Wagnerin (1995) julkaisusta *Basic approaches and methods for quality assurance and quality control in sample collection and storage for environmental monitoring (The Science of the Total Environment, 176. 63-71)*. Lisäksi näytteenottomenetelmille on olemassa ISO-standardeja (http://www.sfs.fi/julkaisut/sfs_julkaisut/sfs_kasikirjat/kk147_1_print.html).

Korrelaatio ja lineaarinen regressio paikalliskalibroinnissa

Paikalliskalibrointiin tarvittavien vertailunäytteiden määrä ei ole yksiselitteinen. Hyvässä kalibrointidatassa tulisi olla havaintoja mahdollisimman laajalta vaihteluväliltä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kalibrointinäytteitä otetaan mahdollisimman erilaisissa valuntaolosuhteissa ja kaikkina mittausjakson vuodenaikoina. Toisaalta mitä enemmän kalibrointinäytteitä on, sitä pienemmät tunnusluvut riittävät tilastollisten merkitsevyyksien saavuttamiseen. Esimerkiksi kymmenellä kalibrointinäytteellä saadaan useissa tapauksissa riittävän luotettavat tulokset. Toisaalta, mikäli data on hyvin heterogeenistä, tarvitaan useampia näytteitä. Varsinkin täysin uudentyypiselle mittalaitteelle kalibrointinäytteitä on otettava enemmän kuin anturityypeille, joista on jo paljon kokemusta. Luotettava paikalliskalibrointi on ensiarvoisen tärkeää, kun halutaan taata datan hyvä laatu. Tämän vuoksi kalibrointinäytteiden määrässä ei tulisi pihistellä.

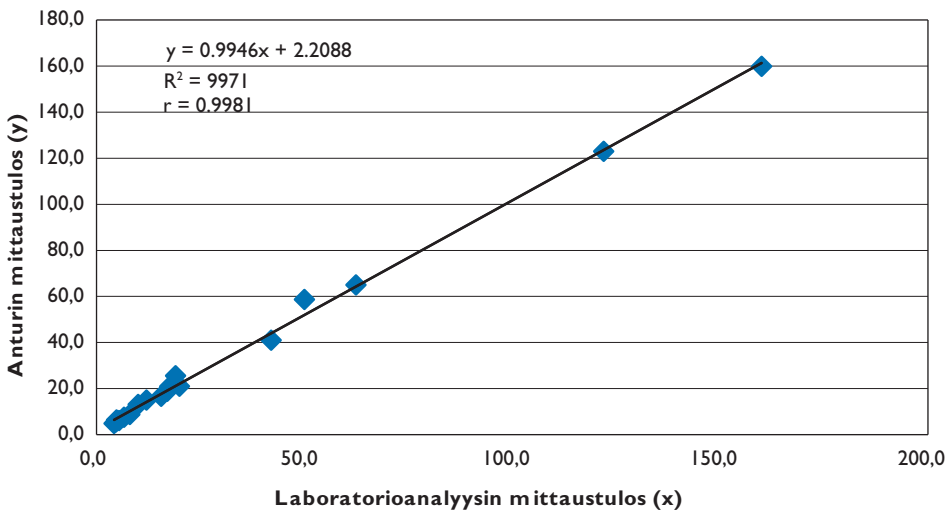
Kalibroinnin tavoitteena on se, että laboratorionäytteiden ja anturimittausten tulokset korreloivat keskenään voimakkaasti ja että niiden yhteys on lineaarinen. Linearisuusoletus johtaa perinteisen regressioanalyysin käyttöön. Kirjallisuudesta löytyy laajasti hyviä viitteitä regressioanalyysin soveltamisesta ja kalibroinnista. Tässä on käytetty lähinnä teoksia Burke 2001, Ranta ym. 2005 ja Draper 1998 (ks. lähdeluettelo). Kalibroinnissa vertailunäytteiden ja anturitulosten välille lasketaan korrelaatiokerroin ja muodostetaan kalibrointisuora. Kalibrointisuora on muotoa $y=mx+c$, missä y on anturitulos, x on laboratoriotulos, m on kalibrointisuoran kulmakerroin ja c on suoran y -akselin leikkauspiste. Tässä on huomattava se, että mallin selittävinä x -arvoina käytetään nimenomaan virheettömiksi oletettavia laboratoriomittauksia ja selitettävänä y -arvoina virheille alttiimpia anturitulosia. Regressioanalyysin perusoletuksena on, että mallissa oleva virhevaihtelu on peräisin y -arvoista ja vastaavasti

x-arvojen virheen ajatellaan olevan hyvin pientä tai merkityksetöntä. Tästä seuraa se, että kalibroidun anturin antamat lukemat muunnetaan vastaamaan mahdollisia laboratorioarvoja yhtälöllä $x=(y-c)/m$.

Kalibroidut datasta piirretään kuva, jossa laboratoriotulokset ovat x-akselilla ja anturihavainnot y-akselilla (Kuva 12). Kuvasta nähdään, jos datassa on selvästi muista poikkeavia arvoja tai mittausten yhteys ei ole lineaarinen. Mikäli datassa on poikkeavia havaintoja, ne vaikuttavat kalibrintisuoran yhtälöön ja korrelaatiokertoimeen. On huomattava, että ainoastaan silloin, jos virheelliselle arvolle löytyy looginen selitys, se voidaan poistaa analyysistä. Tästäkin syystä huolellinen huoltokirjanpito on tärkeää (ks. luku *Aineiston käsittely ja arkistointi*).

Mahdollisten virheellisten arvojen käsittelyn ja hajontakuvan tutkimisen jälkeen muodostetaan kalibrintisuora ja lasketaan korrelaatiokerroin (Kuva 12). Kalibrintisuoran vakiokertoimen c tulisi periaatteessa olla nolla, eli laboratorioanalyysin nollatulosta vastaavan anturituloksen tulisi olla nolla. Tällöin kalibrintisuoran yhtälö supistuisi muotoon $y=mx$. Käytännössä vakio-termi on usein nolasta poikkeava. Tämä johtuu mm. siitä, että havainnoissa (anturimittauksissa) on satunnaista (tai systemaattista) vaihtelua, johon ei voida vaikuttaa. Regressiokäyrää ei näin ollen tule pakottaa nollan kautta kulkeväksi, vaan vakio-termi otetaan analyysiin mukaan.

Kalibrintisuoran sovittamisen jälkeen tutkitaan mallin sopivuutta aineistoon jäännöstarkastelun avulla. Mallin jäännös tarkoittaa havaittujen y-arvojen ja regressiosuoran yhtälön avulla laskettujen arvojen erotusta. Mitä pienempiä jäännökset ovat, sitä paremmin kalibrintisuora sopii aineistoon. Jäännökset piirretään kuvaajaan, jotta



Kuva 12. Anturidatan ja laboratoriotulosten välinen kalibrintisuora, mallin selitysaste (R^2) ja muuttujien välinen korrelaatiokerroin (r), p -arvo kulmakertoimelle on 0,004 ja vakio-termille lähes nolla ($p < 0,05$) (Esimerkki on laskettu kuvitteellisen aineiston pohjalta).

nähdään niiden suuruus ja vaihtelu sekä se, noudattavatko ne regressioanalyysin vaatimia oletuksia (ks. esim. Draper & Smith 1998, LGC Document 2003 ja Ranta ym. 2005). Jännösten lisäksi tarkastellaan regressiokerrointen arvoja ja merkitsevyyksiä. Kulmakertoimen m tulisi olla merkitsevästi nollassa eroava, joten regressioanalyysin testisuureen t -arvon tulisi olla suuri ja näin ollen p -arvon tulisi olla hyvin pieni (selvästi pienempi kuin 0,05, jos käytetään 95 %:n luottamustasoa). Ideaalitapauksessa kalibroitaisuoran tulisi kulkea origon kautta, eli vakiokertoimen c arvon ei tulisi olla nollassa eroava. Näin ollen 95 %:n luottamustasolla p -arvon tulisi olla suurempi kuin 0,05. Mikäli näin on, vakiotermin voi pudottaa yhtälöstä pois.

Regressioanalyysin yhteydessä datajoukoille x ja y lasketaan lisäksi korrelaatiokerroin (r). Korrelaatiokerroin ilmaisee muuttujien välisen (lineaarisen) yhteyden voimakkuuden. Korrelaatiokertoimen arvo vaihtelee välillä -1 ja 1 siten, että mitä suurempi sen absoluuttinen arvo on, sitä suurempi lineaarisen yhteyden oletetaan olevan. On kuitenkin huomattava, että korrelaatiokertoimen ollessa hyvin pieni, jopa nolla, muuttujien välillä voi silti olla hyvin voimakas epälineaarinen yhteys. Regressiomallille lasketaan usein myös korrelaatiokertoimen neliö, eli selitysaste (R^2), joka kertoo, kuinka suuren osan y :n vaihtelusta x selittää. Selitysaste vaihtelee 0 ja 1 välillä ja arvon tulisi olla mahdollisimman suuri. Korrelaatiokertoimen tilastollinen merkitsevyys riippuu havaintojen lukumäärästä. Mitä vähemmän havaintoja on, sitä suurempi korrelaatiokertoimen on oltava, jotta riippuvuuden voidaan sanoa olevan merkitsevä. Kun kalibrointikäyrä on laskettu, sitä voidaan käyttää anturihavaintojen säätämiseen. Mikäli regressioyhtälöä käytetään tällä tavoin anturihavaintojen korjauslaskentaan, korrelaatiokertoimen tulisi olla hyvin lähellä yhtä.

Uudelleenkalibroinnin tarve sekä anturituloksien seuranta

Paikalliskalibrointi on nimensä mukaan mittapaikkakohtainen. Jos anturin paikkaa vaihdetaan tai valuma-alueen maankäyttö muuttuu oleellisesti, on kalibrointi tehtävä uudestaan. Esimerkiksi soiden ojitusten tai metsänhakkuiden aiheuttama lisääntynyt orgaanisen aineen kuormitus vaikuttaa anturin tuloksiin, koska sameusmittaus on erityisen herkkä orgaanisille humusaineille. Laitteiden toimintaa humusvesissä on kuitenkin tutkittu laboratorio-olosuhteissa tehdyin määrittäyksin ja tulokset ovat olleet lupaavia joidenkin laitteiden osalta (Marttila ym. 2010). Jos mittauspaiikka pysyy samana, mutta anturi vaihtuu, on paikalliskalibrointi tehtävä tällöinkin uudestaan.

Kalibroinnin ei tarvitse olla jatkuvaa. Se voidaan päättää, kun pystytään osoittamaan, että anturi tuottaa laadukasta dataa. Kalibrointijakson jälkeen on syytä ottaa vertailunäytteitä, joiden avulla valvotaan tuloksien luotettavuutta. Anturit voivat myös kulua pitkän mittausjakson aikana (Downing 2006). Tämänkin takia laitetta on seurattava vesinäytteiden avulla ja tarvittaessa kalibroitava uudelleen. Erityisesti kerrostuneissa vesissä vertailunäytteet tulee ottaa kalibrointinäytteiden tapaan antu-

rin mittaussyvyydeltä. Virtavesissä vertailunäytteeksi kelpaavat kohtuudella myös normaaliseurannasta saadut tulokset. Tosin virtavesissä anturin syvyydellä voi olla vieläkin suurempi vaikutus esimerkiksi pohjan sedimentin kulkeutumisen takia (ks. luku *Mittausaseman anturin- ja paikanvalinta*). Jos anturitulokset poikkeavat seurannanäytteenoton laboratoriotuloksista enemmän kuin on anturituloksille määritelty mittausepävarmuus, on syy poikkeamaan selvitettävä ja tarvittaessa paikalliskalibroitava uudelleen.

Sameus sijaismuuttujana

Kuten jo aiemmin on todettu, sameuslukema ei ole pitoisuusarvo. Tästä syystä onkin erittäin mielekäs käyttää sameutta sijaismuuttujana joillekin ainepitoisuuksille, kuten esimerkiksi kiintoaineelle tai kokonaisfosforille. Tutkittaessa kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien vaihtelua uomassa, on sameuskalibroinnin aikana otettava samanaikaisesti myös kiintoaine- ja ravinnenäytteitä, jotka viedään akkreditoituun laboratorioon analysoitavaksi. On havaittu, että sameustulos korreloi hyvin varsinkin 0,4 µm Nuclepore polykarbonaattikalvolla suodatetun kiintoaineen kanssa. Sameuden ja kokonaisfosforin väliset korrelaatiotarkastelut kannattaa tehdä suodattamattomista näytteistä.

Sameusanturimittauksien ja kiintoainetuloksien sekä sameusanturimittauksien ja ravinnetuloksien välinen korrelaatio lasketaan regressioanalyysin avulla samalla tavoin kuin sameusanturin ja laboratoriossa mitattujen sameustuloksien välille. Mitä voimakkaampi korrelaatio on, sitä luotettavampia arvioita kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien vaihteluista saadaan laskettua sameusanturituloksien avulla. Kuormituseurannan kannalta anturimittauksen ja näytteenoton lisäksi uomasta on mitattava virtaamaa tai vedenkorkeutta jatkuvatoimisesti. Tällöin on mahdollista tehdä esimerkiksi eroosio- tai ravinnekuormituslaskelmia anturituloksien perusteella.

Myös virtaamaa on käytetty ainepitoisuuksien arvioinneissa, mutta siinä ongelmana on ollut mm. pitoisuuksien aliarviointi suurten virtaamien hetkillä ja vastaavasti yliarvioinnit perusvirtaama-ajan pitoisuuksille (Horowitz 2003). Lyhyen aikavälin arvioinnit ovat siten epävarmempia kuin pitkälle aikavälille virtaaman avulla lasketut arviot (Horowitz 2003). Tähänkin jatkuvatoiminen sameusmittaus voi tuoda lisää tarkkuutta, koska sameuden vaihtelut ovat usein paremmin yhteydessä kiintoaineseen kuin virtaaman vaihtelut. Aivan täydellinen sijaismuuttuja sameus ei kuitenkaan ole (Minella ym. 2008), mutta tällä hetkellä saatavilla olevasta nykytekniikasta se on osoittautunut varsin käyttökelpoiseksi (mm. Linjama ym. 2009).

KALIBROINNIN MERKITYS JATKUVATOIMISESSA MITTAUKSESSA

- Muista oikeaoppinen näytteenotto ja -säilytys, kun otat kalibrintinäytteitä
- Kukin laite on "yksilö" – kun otat käyttöösi uuden laitteen, on se aina paikalliskalibroitava
- Jos valuma-alueen maankäyttö muuttuu tai mittauspaikka vaihtuu, on paikalliskalibrointi tehtävä uudelleen
- Kalibroinnin jälkeen anturin toimintaa on seurattava seurantanäytteenotolla
- Vaikka sameuden ja kiintoaineen välillä on useimmiten (selkeä) yhteys, ei I sameusyksikkö ole sama kuin I mg kiintoainetta litrassa vettä
- Sameustuloksien perusteella on mahdollista seurata mm. kiintoaine- tai kokonaisfosforipitoisuuksien vaihtelua (käyttää sameutta nk. sijaismuuttujana), kunhan riippuvuussuhteen varmistava kalibrointi näille muuttujille on tehty oikeaoppisesti
- Sijaismuuttujakäyttö onkin erittäin mielekäs ja suositeltava tapa hyödyntää sameuslukemia, koska itse sameusluku ei ole määrällinen arvo

Mittausaseman valvonta ja huolto

Helmi Kotilainen, Antti Lindfors, Jarmo Linjama, Sirkka Tattari ja Sirpa Thessler

Asennuksen ja paikalliskalibroinnin jälkeen mittausaseman keräämää aineistoa on seurattava ja anturia huollettava säännöllisesti. Mittausasemalle on hyvä laatia huolto-ohjelma, jossa kuvataan mittauslaitteen tarvitsemat huoltotoimet ja vastuunjako. Lisäksi kaikista huoltokäynneistä on pidettävä kirjaa, josta selviää ajankohta, tehdyt huoltotoimenpiteet ja huollon tehnyt henkilö. Huoltokirja on hyvä säilyttää mittaustiedon yhteydessä. Sopiva perushuoltovälin määrittely riippuu mittauspaikan olosuhteista. Perushuollon ohella on varauduttava lisähuoltoon, jos anturin toiminnassa esiintyy ongelmia. Huollon aiheuttama työ ja kustannukset tulee huomioida jo mittauksia suunniteltaessa.

Perushuolto

Säännöllisellä perushuollolla ennaltaehkäistään mittalaitteiden toimintahäiriöitä ja niistä johtuvia virheitä aineistossa. Antureiden ja niiden kiinnityksen, mittalaittelien sekä virransaannin säännölliset tarkistukset ovat ensisijaisen tärkeitä huoltotoimenpiteitä. Tarvittaessa on myös vaihdettava akku tai paristot sekä tehtävä mittalaitteen kalibrointi. Riippuen mittalaitteen asennustavasta (ks. luku *Telineet*), se voidaan joutua nostamaan talviteloille ja laskemaan jäiden lähdeyttä takaisin veteen.

Vaikka mittalaitteessa olisi automaattinen puhdistus, on manuaalinen puhdistus tehtävä säännöllisesti riippuen mittausolosuhteista ja vuodenajasta (Kuva 13). Esimerkiksi S::can-anturin manuaalinen puhdistus suositellaan tehtävän kasvukaudella kerran viikossa. Talvella kuukausittain tehtävä manuaalinen puhdistus yhdessä paineilmapuhdistuksen kanssa yleensä riittää pitämään mittauslinssin puhtaana. Anturin puhdistustarve on kuitenkin aina arvioitava paikkakohtaisesti siten, ettei aineistossa ole havaittavissa tasomuutoksia ennen ja jälkeen puhdistuksen. Lisäksi tulee huomioida, ettei huoltotöitä tehdä mittaushetkellä eikä välittömästi sitä ennen. Huoltotyöt saattavat aiheuttaa pohjan pölyämistä, mikä voi näkyä kohonneina mittausarvoina.

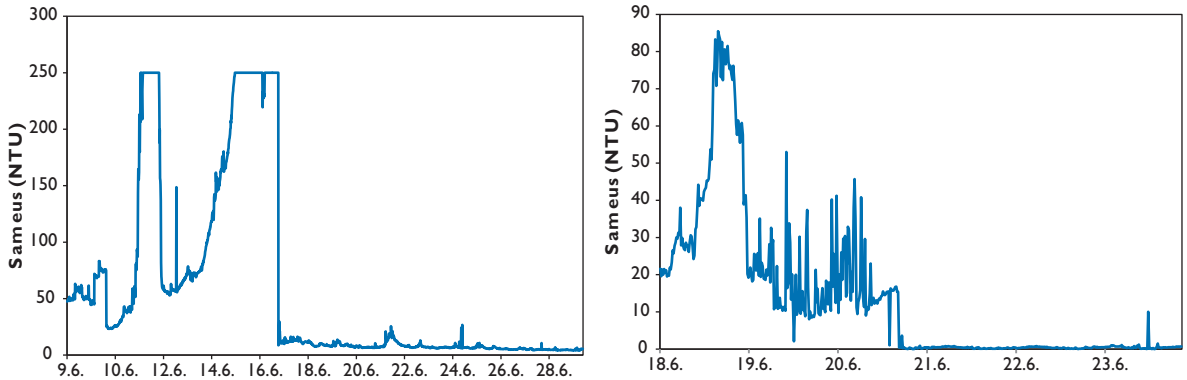


Kuva 13. S::can laitteen huoltoa talviolosuhteissa (Kuvat: Vas. Sirkka Tattari, SYKE, oik. Helmi Kotilainen, VAR-ELY).

Lisähuolto

Perushuollon lisäksi mittalaitteita on huollettava tarpeen mukaan. Esimerkiksi rajujen ukkosmyrskyjen jälkeen laitteen kunto on syytä arvioida paikanpäällä tai mittaustulosten perusteella, jos mittaustulokset siirtyvät reaaliaikaisesti tai lähes-reaaliaikaisesti tietokantaan. Jos mittausasema on vaurioitunut tai aineisto näyttää epäilyttävältä, huoltotoimenpiteisiin on ryhdyttävä mahdollisimman pikaisesti. Tällöin virhetilanteet eivät aiheuta pitkiä katkoja aineistoon tai pitkiä virheellisiä mittaussjaksoja.

Etenkin useiden antureiden mittausverkostossa automaattinen laadunvalvonta helpottaa huoltotoimenpiteiden tarpeen arviointia ja ajoittamista (ks. luku *Datan automaattinen laadunvalvonta*). Esimerkiksi Maasää-verkostossa lisähuoltopäätös tehdään automaattisen laadunvalvonnan antamien hälytysten pohjalta sekä arvioimalla laaduntarkkailijan kanssa huollontarvetta kuvaajien ja huoltohistorian perusteella. Kuvaajista pystyy usein toteamaan jopa häiriön syyn (Kuva 14 a ja b).



Kuva 14. Esimerkkejä erilaisista häiriötilanteista sameusaineistossa, a) vesikasveja tai lehtiä linssin tiellä, b) eliöitä anturin linssin päällä.

Yleisimmät huoltotoimenpiteet

Mittauslaitteiden asennuksessa on huomioitava, että anturi on helppo ja turvallinen huoltaa ja mittalaite saadaan laskettua samaan mittauspaikkaan huoltotoimenpiteiden jälkeen. Yleisin sameusantureiden huoltotoimenpide on anturin puhdistus (biologinen kasvusto, eliöt, isot roskat) (Kuva 15 a-d). Muita tavallisia huoltotoimia ovat akun tai pariston vaihto, ohjelmistopäivitykset, anturin siirto syvemmälle, tiedonsiirto-ongelmien korjaus, puhdistusmekanismin huolto ja antureiden talviaikaiset ylösnostot ja keväiset veteenlaskut. Myös ukkoset ja ilkeä ilma voivat aiheuttaa huollon tarvetta. Laitteistosta riippuen osa huoltotoimista, kuten ohjelmistopäivitykset, mitaustiheyden muuttaminen ja ohjelmisto-ongelmien korjaaminen, voidaan suorittaa myös etäyhteyden avulla. Sameusmittausanturit tarvitsevat pääsääntöisesti automaattisen puhdistusmekanismin, esimerkiksi ilmanpaine puhdistuksen tai automaattisen puhdistusharjan, joka puhdistaa anturin linssin ennen jokaista mittausta. Näin voidaan vähentää anturin puhdistustarvetta ja parantaa mittausten laatua.

Huolto aiheuttaa merkittävän osan automaattisen mittauksen kustannuksista. Kustannuksiin ja huoltotoimien vaatimaan tekniseen osaamiseen on varauduttava mittausten aloittamista suunniteltaessa. Yhtenä vaihtoehtona, etenkin lyhytkestoisissa mittauskampaajoissa, on ostaa automaattinen mittaus palveluna, joka sisältää mittalaitteiden huollon.



Kuva 15. a) Eliöitä linssissä, b) Biologista kasvustoa anturissa, c) Kasveja ja likaa anturissa, d) Biologista kasvustoa anturin rungossa. (Kuvat: Lippo Sundberg, MTT.)

Yleisimmät laite- ja mittausongelmat sekä ratkaisut niihin

Mittalaitteen moitteeton toimivuus on ehdoton edellytys saada sekä luotettavaa että jatkuvaa dataa mittauskohteesta. Koska laitteiden toimintahäiriöt ovat mahdollisia ja todennäköisiä, kannattaa ongelmatilanteet ja niistä aiheutuvat mittauskatkot minimoida huolellisella etukäteissuunnittelulla. Ongelmiin on pyrittävä löytämään ratkaisu nopeasti, jotta mittaus voi jatkua normaalisti mahdollisimman pian. Tämä kaikki edellyttää hyvää datan automaattista laadunvarmennusta (ks. luku *Datan automaattinen laadunvalvonta*) ja jatkuvaa, esimerkiksi päivittäin tapahtuvaa, datan visuaalista seuranta.

Tekniset ongelmat, kuten akun tai pariston loppuminen on helppo havaita ja korjata, kun taas datan osittainen virheellisuuden tunnistaminen on huomattavasti vaikeampaa havaita edes automaattisella laadunvarmennusohjelmalla. Tästä johtuen visuaalista seuranta suorittavalla henkilöllä tulisi olla mitattavan suureen lyhyt- ja

pitkäaikaisen vaihtelun hyvä asiantuntemus. Myös paikallistuntemuksesta tai alueen säätilan seurantamahdollisuudesta on hyötyä. Varsinkin aloittelijalle ongelmien syiden hahmottaminen voi olla hankalaa. Esimerkiksi hidas arvojen laskeutuminen tai kasvu voi olla seurausta siitä, että anturi on likaantunut. Tässä tapauksessa on kuitenkin hyvin vaikeaa saada selville, milloin datan laatu on oleellisesti kärsinyt ja se pitäisi merkitä ("liputtaa") virheelliseksi. Vaarana on, että virheellistä dataa luullaan oikeaksi ja käytetään tulkinnoissa.

Anturin linssi saattaa myös naarmuuntua puhdistamisen yhteydessä, mikäli puhdistusharjassa on esimerkiksi hiekkaa tai naarmuttavia roskia. Tällöin anturin mittamat arvot saattavat muuttua. Tästä syystä huoltojen yhteydessä on tärkeää tarkastaa optisen linssin moitteeton kunto. Jos optisen linssin puhdistus tehdään paineilmalla, pitää se tehdä ennen varsinaista mittausta (järvivesissä esim. 10 min ennen mittausta, virtavesissä riittää lyhyempikin aika). Tällöin puhdistustoimenpide ei häiritse varsinaista mittausta. Kovalla pakkasella paineilmapuhdistus saattaa jäädyttää anturin linssin. Tällöin puhdistuksen ja mittauksen välisen ajan on oltava pidempi kuin kesällä, jotta vesi ehtii sulattaa linssin. Lisäksi määrääjoin, yleensä kaksi kertaa vuodessa, on hyvä tarkistaa laitteen toimintakunto mittaamalla puhdasta ionitonta vettä heti linssin perusteellisen puhdistamisen jälkeen. Jos tulos on muuttunut aiemmasta vastaavalla tavalla mitatusta tuloksesta eli nollassa, on laite huollettava perusteellisemmin. Yleensä tämä vaatii laitevalmistajan tai maahantuojan opastusta.

Maasää-verkoston kokemuksen perusteella jatkuvatoimisen sameusmittauksen yleisimpiä ongelmia ovat anturin linssin likaantuminen tai eliöiden ilmestyminen linssin eteen sekä paristojen loppuminen (Kotamäki ym. 2009). Taulukossa 2 on esitetty yleisesti tiedossa olevia jatkuvatoimisissa automaattisissa mittalaitteissa havaittuja ongelmia, mahdollisia syitä niihin ja toimenpide-ehdotuksia niiden korjaamiseksi. Korjaustoimenpiteiden lisäksi on ensiarvoisen tärkeää, että kaikissa ongelmatilanteissa dataan kirjataan virheellisen aineiston merkintä.

Tässäkin yhteydessä on painotettava vertailu- ja kalibrointinäytteiden ottoa. Kun vesinäyte on analysoitu, on tarpeen välittömästi tehdä vertailu anturiarvoon. Jos havaitaan selkeä poikkeama, on vastaavasta virtaus/kuormitustilanteesta otettava toinen näyte, joka varmistaa eron tai sitten osoittaa edellisen vesinäytteen virheellisen mittaustuloksen. Optiset anturit saattavat joissain tilanteissa saturoitua, jos kiintoainepitoisuus kasvaa kovin suureksi (yli 20 g/l) (Bunt ym. 1999). Tällöin anturin lukema pienenee, vaikka kiintoainepitoisuus kasvaisi, koska partikkelit peittävät toisensa (Bunt ym. 1999).

Taulukko 2. Yleisimpiä mittalaitteissa havaittuja ongelmia, mahdollisia syitä ongelmiin ja toimenpide-ehdotuksia niiden korjaamiseksi.

Ongelma	Mahdolliset syyt	Toimenpide
Anturi ei mittaa	Akku tai paristo loppunut Verkkovirtayhteys katkennut	Akun tai pariston vaihto Verkkovirtalähteen tarkistus
Loggeri ei lähetä dataa	Anturi tai loggeri hajonnut Akku tai paristo lopussa, kenttä heikko Loggeri tai modeemi rikki	Anturin korjaus tai vaihto Akun tai pariston vaihto Loggerin tai modeemin vaihto
Aineisto on katkonaista	Akku tai paristo loppumassa	Akun tai pariston vaihto
Mittaustulokset kasvavat ilman syytä (hidas muutos)	Anturi on likaantunut Pesuri ei toimi	Anturin puhdistus Anturin puhdistusväliä tihennettävä Pesuri korjattava
Mittaustulokset kasvavat ilman syytä (äkillinen muutos)	Jos ei löydy selitystä esimerkiksi sateesta, anturin linssissä voi olla kasveja, eliöitä, jäätä tai muuta epäpuhtautta	Anturi on puhdistettava
Anturi näyttää liian vähän, jopa nolaa Anturi näyttää koko ajan samaa lukemaa Anturin lukemat eivät ole loogisia	Anturi on kuivilla Anturi kuivilla tai rikki Anturi on rikki	Siirto syvempään veteen Rikkinäinen anturi korjataan
Kalibrointimittaus (vesinäytteen tulos) ei vastaa anturin tulosta, vaikka anturi on kunnossa ja puhdas	Anturissa ongelmatilanne tai vesinäytteen tulos virheellinen tai epäedustava	Uusi näyte, analysointi ja vertailu, tarvittaessa uusi paikalliskalibrointi
Anturin tulokset sahaavat	Eliöitä, vesikasveja tai jäätä linssissä	Anturin puhdistus

ANTURIMITTAUKSIEN VALVONTA JA HUOLTO

- Suunnittele sopiva perushuoltoväli mittapaikkakohtaisesti
- Tarkkaile anturin tuloksia ja tarvittaessa käy tarkistamassa anturin lisähuollon tarve
- Pidä kirjaa tehdyistä huoltotoimenpiteistä
- Jos mittausasemia on paljon, kannattaa ottaa käyttöön automaattinen hälytysjärjestelmä (hälytysjärjestelmän toiminta vaatii myös valvontaa!)
- Muista työturvallisuus huoltotöissä
- Älä tee huoltotöitä anturin mittaushetkellä tai juuri ennen mittausta
- Huoltotöistä voi aiheutua yllättävänkin suuri lisäkustannus anturin ylläpidossa

Datan automaattinen laadunvalvonta

Niina Kotamäki

Edellisissä kappaleissa esitetyt mittausaseman oikeaoppinen paikan- sekä anturin valinta ja huolellinen asennus mahdollistavat sen, että ylipäänsä mitataan luotettavasti tarkkailun kohteina olevia suureita. Kalibroinnin ja vertailunäytteiden avulla saadaan mittauksen taso pysymään oikeana. Vaikka edellä mainitut seikat on otettu mahdollisimman hyvin huomioon, esiintyy (automaattisissa) ympäristömittauksissa ennalta arvaamattomia poikkeamia. Yksi tapa poikkeamien havaitsemiseen on silmäillä aikasarjojen kuvaajia ja vertailla silmämääräisesti havaintoja keskenään. Harjaantunut laaduntarkkailija pystyy nopeastikin huomaamaan poikkeamat ja virheelliset havainnot datavirrassa. Jatkuvatoimisilta antureilta tulee mittauksia hyvin paljon lyhyellä aikavälillä, jolloin silmämääräisen tarkkailun lisäksi on perusteltua ottaa käyttöön *automaattinen laadunvarmistus*. Tämän kappaleen esimerkit perustuvat kokemuksiin automaattisesta laadunvarmistusjärjestelmästä, joka toimii Karjaanjoen valuma-alueella sijaitsevassa Maasää-mittausverkostossa (Kotamäki ym. 2009). Maasää-mittausverkosto kerää vuorokaudessa yli 30000 havaintoa (Huitu ym. 2009), joten automaattinen valvonta on ehdottoman tärkeä asemaverkoston luotettavalle toiminnalle.

Automaattisia testejä

Jatkuvasti ja reaaliaikaisesti tapahtuva automaattinen laadunvarmistus on hyödyllistä erityisesti silloin, kun mittauksia tulee tuhansittain, eikä pelkällä aineiston silmäilyllä kyetä huomaamaan mahdollisia ongelmia. Jo muutamalla perustarkistuksella voidaan vaikuttaa datan laatuun oleellisesti. Teknisesti automaattiset testit voidaan ottaa käyttöön joko suoraan tietokantaohjelmistoon tai mittaukset voidaan siirtää erilliseen laadunvarmistusohjelmaan, joka testausten suorittamisen jälkeen palauttaa tarkistetun datan takaisin tietokantaan.

Puuttuvien havaintojen testit

Pitkät, useamman tunnin *katkot datassa* tulisi huomata ja korjata nopeasti, jotta mitaustuloksia menetetään mahdollisimman vähän. Testi voi hälyttää esimerkiksi silloin, kun mittauksia ei ole tallentunut tietokantaan tietyn ajan kuluessa. Esimerkiksi Maasää-verkostossa hälytys lähti, jos edellisen tunnin aikana ei ollut tallentunut mitaustuloksia mittaustiheyden ollessa 15 minuuttia. Tällaiset pitkät katkot saattavat johtua esimerkiksi virransaantiongelmistä.

Pitkien katkojen lisäksi mittausdatasta saattaa *puuttua yksittäisiä havaintoja*. Hälytysjärjestelmä voi lähettää ilmoituksen esimerkiksi silloin, kun edellisen vuorokauden aikana on puuttunut havaintoja. Mittauksia tulee yleensä kymmeniä vuorokauden aikana, joten muutaman yksittäisen havainnon puuttuminen ei oleellisesti huononna datan laatua. Yksittäiset puuttuvat havainnot on helppo täydentää katkoa edeltäneiden ja seuranneiden mitaustuloksien avulla. Mittausten katkonaisuus voi kuitenkin viitata anturin alkaviin toimintaongelmiin. Myös kireä pakkanen voi aiheuttaa katkonaisuutta.

Raja-arvotesti

Raja-arvotesti havaitsee epäilyttävät tai väärät arvot. Useisiin mittalaitteisiin voidaan ohjelmoida suoraan hälytysrajat, joiden ylittymisestä käyttäjälle tulee ilmoitus esimerkiksi tekstiviestinä. Käytettävät raja-arvot tulee määrittää mahdollisimman tarkasti uoma- tai paikkakohtaisesti käyttämällä avuksi pitkän ajan minimi- ja maksimiarvoja. Esimerkiksi Ilmatieteen laitoksella sääparametreille on määritetty kuukausikohtaisesti kaksi ylä- ja kaksi alaraja-arvoa siten, että on asetettu raja-arvot poikkeaville mutta fyysikaalisesti täysin mahdollisille arvoille sekä raja-arvot mahdottomille, selvästi väärille arvoille (Lähde: Pauli Rissanen, IL).

Raja-arvoja voidaan säätää myös vuodenajan (tai hydrologisen kierron) perusteella. Esimerkiksi Maasää-verkoston sameusantureille määriteltiin kuukausittaiset raja-arvot kymmenen vuoden minimien ja maksimien perusteella (Kotamäki, 2009). Näistä saatiin alemmat raja-arvot, jotka ovat poikkeavia, mutta täysin mahdollisia. Virheellisten mittausten raja-arvot määritettiin siten, että alaraja asetettiin nollassa ja yläraja kymmenkertaiseksi maksimiarvoon nähden. Alempien raja-arvojen ylityksistä tulevat hälytykset ovat sikäli mielenkiintoisia, että ne kuvastavat hyvin poikkeavia, mutta samalla erittäin kiinnostavia, ääri-ilmiöitä. Tällaisten hälytysten tullessa dataa tarkkaillaan entistä huolellisemmin. Ylempien rajojen ylittyessä tiedetään, että kyseessä olevat mittaukset ovat virheellisiä ja ne voidaan myöhemmin poistaa jatkoanalyseista. Kaikille raja-arvotestin läpikäyneille mittauksille annetaan laatua kuvaava koodi (tai lippuarvo) riippuen siitä, onko arvo raja-arvojen sisällä, ylittyykö se alempien arvojen mukaan vai onko se virheellinen. Tällainen nk. havaintojen liputus on käytössä mm. Ilmatieteen laitoksen laadunvarmistusjärjestelmässä (Vejen ym. 2002). Lippuarvojen avulla dataa voidaan myöhemmin suodattaa helposti.

Muita testejä

Edellä esitetyt testit ovat käytössä Karjaanjoen valuma-alueen 70 sää- ja sameusasemalle. Alla on esitetty muita mahdollisia testejä, joiden avulla datan laatu voidaan parantaa.

1. Joskus voi olla tarpeen testata, onko mittausdatassa tarpeeksi *vaihtelua*. Mikäli anturi mittaa jatkuvasti samaa arvoa tai mittausten välinen vaihtelu on hyvin vähäistä, se voi olla merkki alkavista ongelmista. Se, kuinka vähäinen vaihtelu on vielä sallittua, on anturi-, uoma- ja paikkakohtaista ja asiantuntijan päätettävissä.
2. *Konsistenssitestillä* sen sijaan testataan, vastaavatko kahden muuttujan havainnot toisiaan entuudestaan tiedetyllä tavalla. Esimerkiksi sameusanturin lähellä mittaavan sääaseman sadanta-arvojen muutosten tulisi olla konsistensseja sameuden vaihtelun kanssa. Jos käytössä on useampia mittausasemia lähialueelta, voidaan asemien mittaustuloksia verrata keskenään. Vedenkorkeutta, eli siten virtaamaa, on käytetty pitkään pitoisuuslaskennassa hyödyksi. Vaikka jonkinlainen yhteys näiden muuttujien välillä onkin, on virtaaman havaittu olevan huono vertailukohta tai pitoisuuslaskenta-apu lyhyen aikavälin tarkastelussa (Horowitz 2003). Siitä syystä lähialueen sadantatiedot ja varsinkin sateen voimakkuus ovat parempia vertailukohtia sameuden vaihtelulle.
3. Datassa esiintyviä yhtäkkisiä *piikkejä* voidaan myös testata: ovatko hyppäykset todellisia muutoksia havaitussa suureessa vai jostain syystä syntyneitä virheellisiä arvoja. Virheellisten arvojen ollessa kyseessä muutos tietystä ajassa on epäilyttävän suuri ja ylittää sallitun kynnsarvon.
4. Sameuden ryömiminen saattaa olla joskus ongelma hyvästä puhdistuksesta huolimatta, ja *trenditesti* voikin hälyttää mikäli sameusarvot alkavat kasvaa epäilyttävällä tavalla. Tässä on kuitenkin pystyttävä erottamaan veden sameuden kasvu anturin limoittumisesta tai kulumisesta johtuvasta kasvusta.

Hälytykset

Kaikista automaattisen laadunvalvonnan havaitsemista poikkeamista datassa pitäisi tulla ilmoitus laaduntarkkailijalle sähköpostitse (Kuva 16) tai tekstiviestinä. Ilmoitusten tulisi mennä useammalle henkilölle, niin että poissaolot eivät vaikuttaisi hälytysten vastaanottamiseen ja kuittaamiseen. Vastuunjaosta olisi hyvä sopia etukäteen.

Kun hälytys on vastaanotettu, laaduntarkkailija silmäilee kyseisen anturin aikasarjan kuvaajaa. Usein jo kuvaajasta ja hälytyksen luonteesta voidaan päätellä, mistä ongelmasta on kyse. Joskus asemalle täytyy tehdä ylimääräinen huoltokäynti.

MAASÄÄ: Puuttuvia havaintoja

maasaa@xenon.a-lab.fi

Lähetetty: la 11.12.2010 7:20

Vastaanottaja:

```
2010-12-10 Asemalta MS05 puuttuu 51 havaintoa (mittausväli 15 min).
2010-12-10 Asemalta MS25 puuttuu 75 havaintoa (mittausväli 15 min).
2010-12-10 Asemalta MS35 puuttuu 8 havaintoa (mittausväli 15 min).
2010-12-10 Asemalta MS_AWS6 puuttuu 4 havaintoa (mittausväli 15 min).
2010-12-10 Asemalta MTT04 puuttuu 24 havaintoa (mittausväli 1 h).
```

Kuva 16. Esimerkki Maasää-verkoston hälytysjärjestelmän viestistä.

Huoltokäyntien taajuudesta tai syystä riippumatta, on hyvin tärkeää, että kaikki hälytykset ja huoltokäynnit dokumentoidaan asianmukaisella tavalla. Huoltokäynnistä tulisi aina merkitä päivämäärä ja kellonaika, mitä asemalla on tarkalleen ottaen tehty ja kuka kirjauksen on tehnyt. Jälkeenpäin aineistoa tutkittaessa voidaan poikkeamien kohdalla etsiä syytä huoltokirjauksista. Yksi hyvä tapa on pitää huoltokirjaa siellä, mihin mittausdatan aikasarjat tulostuvat. Automaattisen laadunvarmistuksen tuottamiin hälytyksiin perustuvat oikein ja tehokkaasti ajoitetut huoltokäynnit varmistavat osaltaan sen, että datan laatu pysyy mahdollisimman hyvänä, eikä pitkiä katkoja tai poikkeamia datassa ehdi kertyä.

MUISTA DATAN LAADUNVARMISTUKSESSA

- Silmäile mittalaitteiden tuottamia aikasarjoja usein
- Ota käyttöön automaattisia testejä
 - puuttuvan datan testit
 - raja-arvotesti
 - vaihtelun testaus
 - konsistenssitesti
 - piikkien testaus
 - trenditesti
- Reagoi nopeasti hälytyksiin
- Kirjoita muistiin hälytyksistä aiheutuneet toimenpiteet
- Dokumentoi datan laatuun vaikuttavat asiat, pidä tiedot datan yhteydessä

Aineiston käsittely ja arkistointi

*Hanna Arola, Antti Lindfors, Jarmo Linjama, Sirkka Tattari, Sirpa Thessler
ja Timo Huttula*

Nykyään sähköisen arkistoinnin kapasiteetti on suuri. On silti syytä miettiä, mitä kaikkea on järkevää tallentaa. Aineisto voidaan jakaa kahteen osaan: hetkelliseen ja pysyvään (Gray ym. 2002). "Hetskelliseen" aineistoon (Gray ym. 2002) lukeutuvat luonnollisesti alkuperäinen, käsittelemätön aineisto ja metatieto. Näihin ei voida palata, ellei niitä ole tallennettu mittauksissa. "Pysyvään" aineistoon kuuluvat esimerkiksi simulaatiot, jotka voidaan aina tehdä uudestaan, kunhan alkuperäinen aineisto ja metatieto (mukaan lukien simulointiprosessin dokumentointi) ovat saatavilla (Gray ym. 2002).

Lähtökohta aineiston käsittelyssä ja arkistoinnissa on, että alkuperäinen aineisto on säilytettävä aina. Alkuperäisen aineiston lisäksi on erittäin oleellista säilyttää kaikki oheistieto mittauksiin liittyen, ns. metatieto. Metatiedon tulisi kattaa ainakin laitetietoja suunnittelun ja asennuksen osalta, milloin, missä ja miten aineisto kerättiin ja huolellinen kuvaus tehdyistä toimenpiteistä, jotta tieto olisi käyttökelpoista (Gray ym. 2002). Tämä edellyttää huolellista huoltokirjanpitoa. Aineistolle tehtyjä käsitteilyjä on kirjattava joko huoltokirjanpitoon tai sitten tehtävä niistä oma dokumentaatio, kuitenkin siten, että ne ovat saatavilla helposti alkuperäisen tiedon yhteydessä. Kirjanpidoista on käytävä ilmi kaikki oleelliset asiat liittyen kyseiseen mittaukseen. Sameusmittauksien osalta säätiedot ja huoltotyöt kuuluvat huoltokirjanpitoon. Käsitteilykirjanpidosta on sen sijaan käytävä ilmi aineistolle tehdyt käsitteilyt kuten kalibrointi ja laadunvarmistus. Kalibrointiosiossa on oltava kalibrointiäytteidien tulokset sekä -yhtälöt. Myös seurantaäytteidien tulokset on oltava kirjattuna metatietoihin. Käsitteilykirjanpidosta on käytävä ilmi myös alkuperäisen aineiston laatu ja mahdolliset käsitteilyt, joita tuloksille on tehty, kuten esimerkiksi poikkeavien havaintojen korjaus.

Jos tietojärjestelmään viedään useita eri mittausaineistoja, on aika-askeleen oltava sama eri mittauksilla tai ainakin saatavilla samalla aika-askeleella. Tällöinkin metatieto on oltava saatavilla, jotta tiedetään, onko kyse esimerkiksi aikajakson keskiarvosta vai hetkellisestä mittauksesta.

Huolellisen arkistoinnin lisäksi on otettava huomioon, mitä aineistolle tapahtuu, kun mittausprojekti päättyy. Aineiston on oltava saatavilla edelleen niille, jotka sitä tarvitsevat. Tulevaisuuden jakelumahdollisuus on siis otettava huomioon arkistoin-

nissa. Sen lisäksi, että arkistot ovat kaikkien saatavilla, on huomioitava tekniikan kehittyminen ja sen mahdollisesti aiheuttamat ongelmat. Vanhoja tiedostoja ei välttämättä saa uusilla ohjelmilla auki, joten on huolehdittava siitä, että aineistotiedostoja päivitetään (Gray ym. 2002).

Tietojen tallentamisessa on tällä hetkellä varsin kirjava käytäntö. Tiedot voidaan siirtää mittausasemalta mittausverkon omistajan palvelimelle ja tämän jälkeen hän hoitaa tietojen arkistoinnin. Osa mittalaitetoimittajista tarjoaa myös palvelua, jossa mittaustiedot tallennetaan toimittajan palvelimelle. Sieltä tilaaja voi noutaa ne itse esimerkiksi selaimen kautta. Osa palveluista on varustettu myös laadunvarmistuksella. Tällöin tilaaja saa jo valmiiksi laadunvarmistetun datan käyttöönsä.

MUISTA AINEISTON KÄSITTELYSSÄ JA ARKISTOINNISSA

- Säilyttää alkuperäinen aineisto
- Tallentaa kaikki tärkeät seikat mittaushetkeltä
- Dokumentoida aineistolle tehdyt muutokset huolellisesti
 - Mitä muutoksia tehtiin
 - Miten
 - Millä ohjelmalla
- Säilyttää aineisto käyttökelpoisessa formaatissa

KIRJALLISUUS

- Anderson, C.W. 2005. Turbidity (version 2.0). National field manual for the collection of water-quality data. U.S. Geological survey Techniques of Water-Resources Investigations. Book 9, Chap. A6, Section 6.7: 13-17.
- Bunt J.A.C. Larcombe P. Jago C.F. 1999. Quantifying the response of optical backscatter devices and transmissometers to variations in suspended particulate matter. *Continental Shelf Research*. 19. 1199-1220.
- Burke, S. 2001. Regression and Calibration. LCGC Online Supplement. 13-18.
- Dabney S.M. Locke M.A. & Steinriede R.W. 2006. Turbidity sensors track sediment concentrations in runoff from agricultural fields. Proceedings of the Eighth Federal Sedimentation Conference (8thFISC), April 2-6 2006 Reno, NV, USA. 345-352.
- Davies-Colley R.J. & Smith D.G. 2001. Turbidity, suspended sediment and water clarity: A review. *Journal of the American Water Resources Association*. Vol. 37. No. 5. 1085-1101.
- Downing J. 2006. Twenty-five years with OBS sensors: The good, the bad and the ugly. *Continental Shelf Research*. 26. 2299-2318.
- Draper N. R. & Smith H. 1998. Applied regression analysis. 3rd ed. Wiley, New York. 706 s.
- Gray J., Szalay A.S., Thakar A.R., Stoughton C. & vandenBerg J. 2002. Online Scientific Data Curation, Publication and Archiving. Technical Report MSR-TR-2002-74.
- Grayson R.B. Finlayson B.L. Gippel C.J. & Hart B.T. 1996. The Potential of Field Turbidity Measurements for the Computation of Total Phosphorus and Suspended Solids Loads. *Journal of Environmental Management*. 47. 257-267.
- Heintzenberg, J, Wiedensohler, A., Tuch, T.M., Covert, D.S., Sheridan, P., Ogren, J.A., Gras, J., Nessler, R., Kleefeld, C., Kalivitis, N., 2006. Intercomparisons and aerosol calibrations of 12 commercial integrating nephelometers of three manufacturers. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 23. 902.
- Horowitz A.J. 2003. An evaluation of sediment rating curves for estimating suspended sediment concentrations for subsequent flux calculations. *Hydrological Processes*. 17. 3387-3409.
- Huitu H. Thessler S. Kotamäki N. 2009. Mittausverkon toiminta ja datantuotanto. Automatisoidun mittausverkon kehittäminen ympäristön seurantaan. MTT Kasvu 8. Hanna Huitu (toim.). 10-17.
- Huttula, T., Bilaletdin, E., Härmä, P., Kallio, K., Linjama, J., Lehtinen, K., Luotonen, H., Malve, O., Vehviläinen, N., Villa, L. 2009. Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen. Automatisointi ja muut mahdollisuudet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13. 1-73.
- Juntura, E., Aarnio, E., Kerätär, K., Nenonen, O., Väisänen, T., Savolainen, M., Hellsten, S., Virtanen, M., Koponen, J., Inkala, A., Ylinen, H. 1997. Jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä veden laadun ja aine-taseiden seurantaan. VTT Tiedotteita 1848. 1-45.
- Jäppinen J-P. & Kotiharju S. (toim.). 2011. Metsätalouden ympäristönhoidon työohjelma. Suomen ympäristökeskus, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki 2011. 34 s.
- Kampe H.J. 1950. Visibility and Liquid Water in Clouds and in the Free Atmosphere. *Atmospheric Science*. 7. 54-57.
- Kotamäki, N. Thessler, S. Koskiahho, J. Hannukkala, A.O. Huitu, H. Huttula, T. Havento, J. Järvenpää, M. 2009. Wireless in-situ Sensor Network for Agriculture and Water Monitoring on a River Basin Scale in Southern Finland: Evaluation from a Data User's Perspective. *Sensors*. 9. 2862-2883.
- Lewis J. 1996. Turbidity-controlled suspended sediment sampling for runoff-event load estimation. *Water Resources Research*. 32. 2299-2310.
- LGC Document. 2003. Preparation of calibration curves – a guide to best practice. http://www.nm-schembio.org.uk/dm_documents/LGCVAM2003032_xsJGL.pdf
- Linjama J. Puustinen M. Koskiahho J. Tattari S. Kotilainen H. & Granlund K. 2009. Implementation of automatic sensors for continuous monitoring of runoff quantity and quality in small catchments. *Agricultural and food science*. 18. 417-427.
- Marttila H. Postila H. & Kløve B. 2010. Calibration of turbidity meter and acoustic doppler velocimetry (Triton-ADV) for sediment types present in drained peatland headwaters: Focus on particulate organic peat. *River Research and Applications*. 26. 1019-1035.

- Minella J.P.G. Merten G.H. Reichert J.M. & Clarke R.T. 2008. Estimating suspended sediment concentrations from turbidity measurements and the calibration problem. *Hydrological Processes*. 22. 1819-1830.
- Muhonen J. 1976. Vesistöjen veden laadun automaattinen tarkkailu – kirjallisuusselvitys. *Vesihallitus – Tiedotus* 113. 1-158.
- OIVA ympäristö- ja paikkatietopalvelu. <http://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>. Sivuston tiedot luettu 4.10.2011.
- Packman J.J. Comings K.J. & Booth D.B. 1999. Using turbidity to determine total suspended solids in urbanizing streams in the Puget Lowlands. Teoksessa: *Confronting uncertainty: Managing Change in Water Resources and the Environment*, Canadian Water Resources Association annual meeting, Vancouver, BC, 27-29 October 1999. 158-165.
- Peura P., Inkinen M., Alasaarela E. 1994. The three stages of automatic monitoring of waterbodies. *Aqua Fennica* 24. 69-82.
- Ranta, E., Rita, H. ja Kouki, J. 2005. *Biometria. Tilastotiedettä ekologeille*. 9. painos. Helsinki. Yliopistopaino. 569 s.
- Reid, G. K. 1961. *Ecology of inland waters and estuaries*. Van Nostrand Company. New York. 375 s.
- Reid, G. K., Wood, R. D. 1976. *Ecology of inland waters and estuaries*, 2nd ed. D. Van Nostrand Company. New York. 485 s.
- Sadar, M. 1982. *Turbidity Science. Technical information series – Booklet No. 11*. 1-2.
- Sadar, M. 2002. *Turbidity instrumentation – an overview of today's available technology. Turbidity and other sediment surrogate workshop, April 30 – May 2, 2002, Reno, NV*. 1-3.
- Sallmen, M. 1998. *Automaattinen mittausasema Lestijoen vedenlaadun seurannassa. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen monistesarja* 24. 1-26.
- SFS-käsikirja 147-1. http://www.sfs.fi/julkaisut/sfs_julkaisut/sfs_kasikirjat/kk147_1_print.html. Sivuston tiedot luettu 4.10.2011.
- Stenberg, R.W. 1989. Instrumentation for estuarine research. *Journal of Geophysical Research*. 94. 14289-14301.
- Suomen standardisoimisliitto. 2005. *Veden kiintoaineen määrittäminen SFS-EN 872*.
- Sutherland T.F. Lane P.M. Amos C.L. & Downing J. 2000. The calibration of optical backscatter sensors for suspended sediment of varying darkness levels. *Marine Geology* 162. 587-597.
- Vejen, F.; Jacobsson, C.; Fredriksson, U.; Moe, M.; Andresen, L.; Hellsten, E.; Rissanen, P.; Pálsdóttir, Þ.; Arason, Þ. 2002. *Quality Control of Meteorological Observations - Automatic Methods Used in the Nordic Countries. DNMI Klima report*. 8.
- Voutilainen, V., Kolehmainen, P., Hammar, T. 2001. *Pinta- ja pohjavesien kaukomittausjärjestelmän kehittäminen. Alueelliset ympäristöjulkaisut* 226. 1-36.
- Wagner G. 1995. Basic approaches and methods for quality assurance and quality control in sample collection and storage for environmental monitoring. *The Science of the Total Environment*, 176. 63-71.
- Wang, N., Zhang, N., Wang, N. 2006. *Wireless sensor in agriculture and food industry – Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture* 50. 1-14.
- Weickmann, H.K., Kampe, H.J. 1953. Physical properties of cumulus clouds. *Journal of Atmospheric Sciences*. 204-211.
- Zabrodsky, G.M. 1957. Measurement and some results of the study of visibility in clouds. *Gidrometeizdat*. 131-134.

KUVAILELEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			Julkaisu-aika	Maaliskuu 2012
Tekijä(t)	Hanna Arola (toim.)				
Julkaisun nimi	Jatkuvatoiminen sameusmittaus - Hyvät mittauskäytännöt ja aineistonkäsittely				
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2012				
Julkaisun teema	Luonnonvarat				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana vain internetistä: www.ymparisto.fi/julkaisu				
Tiivistelmä	<p>Jatkuvatoimiset mittalaitteet ovat yleistyneet ympäristönseurannassa lähinnä hanketasolla. Uusien menetelmien myötä ovat ennen kaikkea antureiden oikeaoppiseen käyttöön ja tuloksien laatuun liittyvät kysymykset nousseet esiin.</p> <p>Opas esittelee kolme erityyppistä ja yleisesti käytössä olevaa sameusanturia sekä erilaisia virtalähteitä ja tiedonkeräimiä. Lisäksi teoksessa esitellään eri antureille ja erilaisiin mittauspaikkoihin soveltuvia telineitä kuvien ja piirustuksien kera. Paikanvalinnan merkitystä tuloksien edustavuuteen on painotettu ja antureiden kalibroinnista annetaan huolelliset ohjeet aina näytteenotosta aineiston oikeaoppiseen käsittelyyn. Laadunvarmistus ja toimiva huolto takaavat aineiston korkean laadun ja tästä teoksesta löytyy esimerkkejä laadunvarmistusmenetelmistä sekä huollossa yleisimmin vastaan tulevista ongelmista ja niiden ratkaisuista. Lopuksi käydään läpi pääkohdat aineiston käsittelystä ja arkistoinnista.</p> <p>Jatkuvatoimisen sameusmittauksen oppaan tarkoitus on antaa vastauksia kysymyksiin, joita niin kokeneille kuin aloittelevillekin mittaajille voi tulla vastaan. Jatkuvatoimisen sameusmittauksen menetelmiä ei ole yleisesti standardoitu, eikä tämäkään teos ole standardi vaan mittaajilta mittaajille suunnattu opas, jossa on koottu asiantuntijoiden arvokasta kokemusta yksiin kansiin.</p>				
Asiasanat	Anturinvalinta, anturitelineet, mittausten laadunvarmistus, optiset mittalaitteet, paikalliskalibrointi				
Rahoittaja/toimeksiantaja					
	ISBN (nid.)		ISBN (PDF) 978-952-11-3996-3		
	ISSN (pain.)		ISSN (verkkoi.) 1796-1653		
	Sivuja 51	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis.alv 8 %)	
Julkaisun myynti/ jakaja					
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 Helsinki				
Painopaikka ja -aika					

PRESENTATIONSBLAD

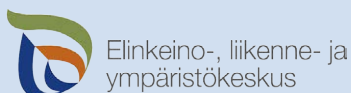
Utgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)		Datum Mars 2012	
Författare	Hanna Arola (red.)			
Publikationens titel	Jatkuvatoiminen sameusmittaus - Hyvät mittauskäytännöt ja aineistonkäsitteily (Kontinuerlig grumlighetsmätning - God mätpraxis och materialhantering)			
Publikationsserie och nummer	Miljöförvaltningens anvisningar 2/2012			
Publikationens tema	Naturtillgångar			
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig endast på internet: www.ymparisto.fi/julkaisut			
Sammandrag	<p>Kontinuerliga mätinstrument har blivit vanligare inom miljöövervakningen närmast på projektnivå. I och med de nya metoderna har framför allt frågor om riktig användning av sensorer och om kvaliteten på resultaten tagits fram.</p> <p>Handboken presenterar tre olika typer grumlighetssensorer i allmänt bruk samt ett antal strömkällor och datainsamlare. Dessutom presenteras ställningar för olika sensorer och olika slags mätplatser med bilder och ritningar. Betydelsen av att välja plats så att resultaten blir representativa har betonats och det ges noggranna anvisningar för kalibrering av sensorerna, allt från provtagning till renlärig hantering av materialet. Kvalitetssäkring och fungerande service garanterar att materialet är av hög kvalitet och i handboken ges exempel på metoder för kvalitetssäkring samt på problemen som kommer emot vanligast i servicen och hur de kan lösas. Slutligen går boken igenom huvudpunkterna i materialhantering och arkivering.</p> <p>Handboken i kontinuerlig grumlighetsmätning syftar till att ge svar på frågor som både en erfaren mätare och en nybörjare kan stöta på. Metoderna för kontinuerlig grumlighetsmätning har i allmänhet inte standardiserats, och den här handboken är inte heller någon standard, utan en handbok riktad från mätare till mätare. Den innehåller värdefulla erfarenheter av sakkunniga allt i en och samma pärm.</p>			
Nyckelord	Val av sensor, sensorställningar, kvalitetssäkring av mätningar, optiska mätinstrument, lokal kalibrering			
Finansiär/ uppdragsgivare				
	ISBN (hft.)	ISBN (PDF) 978-952-11-3996-3		
	ISSN (print)	ISSN (online) 1796-1653		
	Sidantal 51	Språk finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution				
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors			
Tryckeri/tryckningsort och -år				

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> March 2012
<i>Author(s)</i>	Hanna Arola (ed.)			
<i>Title of publication</i>	Jatkuvatoiminen sameusmittaus - Hyvät mittauskäytännöt ja aineistonkäsittely (Continuous turbidity measurement - Best measurement practices and data processing)			
<i>Publication series and number</i>	Environmental Administration Guidelines 2/2012			
<i>Theme of publication</i>	Natural Resources			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available only on the internet: www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>Use of automatic sensors has increased in environmental monitoring, particularly at project level. However, introduction of new methods has arisen several questions revolving around the proper use of sensors and quality of the data.</p> <p>This guidebook presents three different and widely used turbidity sensors, as well as a number of power supplies and data loggers. In addition, different sensor mounting techniques are presented with pictures and technical drawings. With respect to the representativeness of the results, importance is given to the selection of measurement locations, along with instructions for proper sensor calibration methods, sampling techniques and the appropriate processing of data. Quality control and maintenance guarantees the functioning of the sensor and high quality of the data and thus examples of quality control methods and most common maintenance issues are presented in this document. The guidebook concludes with a discussion of the main points of data processing and archiving techniques.</p> <p>This guidebook on continuous turbidity measurement is intended to provide answers to problems that both experienced measurement technicians and those at the beginning of their careers may encounter. No generally accepted standard exists for continuous measurement of turbidity, and this book does not endeavour to provide one. Rather, it is a guidebook, written by measurement specialists for their colleagues and providing invaluable expertise in a single volume.</p>			
<i>Keywords</i>	Sensor selection, sensor mounting, data quality control, optical measurement instruments, local calibration			
<i>Financier/ commissionere</i>				
	ISBN (pbk.)	ISBN (PDF) 978-952-11-3996-3		
	ISSN (print)	ISSN (online) 1796-1653		
	<i>No. of pages</i> 51	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i>
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute, P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland			
<i>Printing place and year</i>				

Jatkuvatoimisen sameusmittauksen eri osa-alueet on viimeinkin koottu yksiin kansiin. Teksti perustuu enimmäkseen kirjoittajien omakohtaisiin automaattimittalaitteiden käyttökokemuksiin ja on siten todenmukainen kuvaus siitä, mitä kaikkea jatkuvatoimisessa sameusmittauksessa on otettava huomioon ja millaisia ongelmia mittauksien aikana voi tulla. Teoksessa on tuotu esiin laitteiden käytön ja ylläpidon vaatimukset sekä luotettavan mittausaineiston saannin edellytykset.

Teos on tarkoitettu kaikille, jotka työskentelevät sameusmittauksen parissa ja osaa tiedoista voi soveltaa myös muidenkin muuttujien jatkuvatoimisissa mittauksissa. Kyseessä ei kuitenkaan ole standardi, vaan tavoitteena on vastata moniin jatkuvatoimiseen sameusmittaukseen liittyviin peruskysymyksiin kuten paikanvalintaan, anturin paikalliskalibrointiin ja huoltoon sekä aineiston laadunvarmistukseen.



ISBN 978-952-11-3996-3 (PDF)

ISSN 1796-1653 (verkkoj.)