

Pro gradu -tutkielma

**Automaattisen vedenlaadun seurantajärjestelmän
luotettavuus ja toimivuus Kyrönjoella**

Tiina Asp



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Hydrobiologia ja limnologia

24.11.2009

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos
Hydrobiologia ja limnologia

ASP TIINA, J.: Automaattisen vedenlaadun seurantajärjestelmän luotettavuus ja toimivuus Kyrönjoella

Pro gradu: 73 s. + liitteet 24 s.

Työn ohjaajat: Dos. Timo Huttula, MMM Tarja Savea-Nukala, FM Jaakko Tuhkanen

Tarkastajat: Dos. Timo Huttula, MMM Kirsti Krogerus
Marraskuu 2009

Hakusanat: reaaliaikainen seuranta, anturi, automaattinen mitta-asema

TIIVISTELMÄ

Vedenlaatua on mitattu reaaliaikaisesti automaattisella seurantajärjestelmällä Länsi-Suomessa Kyrönjoella vuodesta 1997. Kyrönjoen varrelle on rakennettu kiinteästi asennettuja automaattisia mitta-asemia, joilla mitataan reaaliaikaisesti mm. veden lämpötilaa, pH:ta, sähkönjohtavuutta, sameutta ja kiintoainetta. Automaattisen järjestelmän toimivuutta ja mittausten luotettavuutta tarkasteltiin viidellä automaattisella mitta-asetalla vuosina 2003–2008, sekä vuosina 2006–2008 kuudella järjestelmään kuuluvalla pengerryspumppaamalla, joilla mitataan veden lämpötilaa ja pH:ta. Tavoitteena oli kehittää järjestelmää entistä toimivammaksi ja kannattavammaksi. Automaattisten laitteiden mittaustuloksia vertailtiin laboratoriossa määritettyihin tuloksiin. Tutkimuksen mukaan automaattilaitteiden pH- ja kiintoainemittaustulokset erosivat eniten laboratoriotuloksista. Sähkönjohtavuus- ja sameusmittauksien luotettavuudessa oli vaihtelua asemittain. Mittausten luotettavuuteen vaikuttivat eniten antureiden toimivuus ja niihin kohdistuvat huoltotoimenpiteet. Tutkimustulosten perusteella annettiin parannusehdotuksia, joista tärkeimpiä olivat antureiden säännöllinen uusiminen, tulosten laadunvarmistuksen kehittäminen ja mitta-asettien karsiminen.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Biological and Environmental Science

Hydrobiology and Limnology

ASP TIINA, J.: The reliability and functionality of the Kyrönjoki automatic water quality monitoring system

Master of Science Thesis: 73 p. + ap. 24 p.

Supervisors: Docent Timo Huttula, M.Sc. Tarja Savea-Nukala, M.Sc. Jaakko Tuhkanen

Inspectors: Docent Timo Huttula, M.Sc. Kirsti Krogerus

November 2009

Key Words: real-time monitoring, sensor, automatic measurement station

ABSTRACT

An on-line real-time automatic monitoring system has been used to measure water quality in the river Kyrönjoki in Western Finland since 1997. Measurement stations were built on the banks of the river, collecting data for water temperature, pH, electrical conductivity, turbidity and total suspended solids. The reliability and functionality of the automatic system were examined for five measurement stations during 2003–2008 as well as for six pumping stations during 2006–2008 where water temperature and pH are measured. The aim of the thesis was firstly to evaluate the reliability and accuracy of the collected data and secondly to assess the system functioning so that it could be developed further. When data from the automatic stations were compared with reference data from water samples analyzed in laboratory the results for pH and total suspended solids from the automatic stations differed from the reference data. The reliability of the automatic data for electrical conductivity and turbidity varied between stations. The functionality and maintenance of sensors had the most important influence on reliability. The most important suggestions for further development are to replace sensors regularly, develop the data quality control and reduce the number of measurement stations.

Sisältö

1. JOHDANTO.....	5
2. TUTKIMUKSEN TAUSTA.....	6
2.1. Vedenlaadun automaattinen mittaus	6
2.1.1. Historia	6
2.1.2. Automaattisen mittausjärjestelmän luotettavuus ja hyödyntäminen	9
2.1.3. Aikaisempia kokemuksia automaattisista mittauksista ja erilaisista tekniikan kokeiluista Kyrönjoella.....	10
3. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	13
3.1. Kuvaus vedenlaadun seurantajärjestelmästä	13
3.1.1. Automaattiset mitta-asetat	16
3.1.2. Anturit ja muu laitteisto	18
3.1.3. Pumppaamot	19
3.2. Aineiston hankinta ja käsittely	19
4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	22
4.1. Automaattinen pH-mittaus	22
4.2. Automaattinen sähkönjohtavuusmittaus.....	34
4.3. Automaattinen sameusmittaus.....	46
4.4. Automaattinen kiintoainemittaus	52
4.5. Automaattinen lämpötilamittaus	57
4.6. Automaattinen a-klorofyllimittaus	57
4.7. Pumppaamot.....	58
5. KEHITYS- JA PARANNUSEHDOTUKSET	62
5.1. Mittalaitteistojen toimivuus ja luotettavuus	63
5.2. Järjestelmän tiedonsiirto ja tietojen käsittely	65
5.3. Uudet rakenteelliset ratkaisut, mitta-asetat ja mitattavat parametrit	66
5.4. Järjestelmän kustannukset	66
5.5. Järjestelmän hyödynnettävyys.....	67
5.6. Tärkeimmät toimenpiteet	68
6. YHTEENVETO	68
Kirjallisuus	70

1. JOHDANTO

Kyrönjoki on Etelä-Pohjanmaan suurin joki. Sen valuma-alueen pinta-ala on 4920 km² ja järvisyys vain 1,23 % (Savea-Nukala ym. 1997). Kyrönjoki on tulvaherkkä vesistö, minkä vuoksi sitä on paljon rakennettu. Hajakuormituksen lisäksi Kyrönjoen ongelma on ajoittain liiallinen happamuus. Se johtuu suurimmaksi osaksi vesistöä ympäröivistä happamista sulfaatti- eli alunamaista, jotka ovat syntyneet sedimentoitumalla litorinamerivaiheen aikana. Kun maa kohoaa tai maan pintakerrokset joutuvat vaikka kuivatustöiden vuoksi kosketuksiin hapen kanssa, sulfidit hapettuvat rikkihapoksi, joka muodostaa helposti huuhtoutuvia sulfaatteja (Savea-Nukala ym. 1997, Teppo ym. 2006). Kyrönjoella suoritettavat lukuisat perkaukset, ojitukset ja alhainen järvisyys edesauttavat tätä, koska varsinkin sateet ja lumen sulaminen muuttavat nopeasti virtaamaa ja näin ollen myös kasvattavat huuhtoumaa (Ramboll 2005). Suurimmat happamuusongelmat ilmenevätkin keväisin ja syksyisin, jolloin pH:n aleneminen alle viiden on yleistä (Savea-Nukala ym. 1997).

Kyrönjoen veden laatua on tarkkailtu jatkuvasti 1960-luvun alkupuolelta asti. Velvoitetarkkailun lisäksi erilaiset vesistöhankeet ovat tuoneet lisää havainnointia alueelle (Savea-Nukala ym. 1997). Automaattista vedenlaadun seuranta on kehitetty Kyrönjoella jo vuodesta 1989, jolloin rakennettiin Hiirikosken mitta-asema Kyrönjoen yläosan tulvasuojelutöiden vaikutusten selvittämiseksi. Mitta-asemalta mitatut tiedot siirrettiin kerran vuorokaudessa Vaasaan procol-kaukomittausjärjestelmän tietokantaan.

Virtavesissä muutokset tapahtuvat nopeasti ja vedenlaadun lyhytaikaisvaihtelut vaikeuttavat ympäristömuutosten vaikutusten arviointia. Pelkästään perinteisellä näytteenottotavalla toteutettu seuranta ei pysty antamaan luotettavaa kuvaa joen todellisesta tilanteesta (Vuori 2002). Jatkuva ja automaattinen vesistön seuranta antaa reaaliaikaista ja kattavampaa tietoa joen tilasta kuin perinteinen näytteenottotapa ja muutokset joessa todetaan nopeammin (Kohonen ym. 1978, Kohonen 1984, Huttula ym. 2009). Automaattinen tarkkailu antaa siis lyhyelläkin aikavälillä tietoa sekä keskimääräisistä ja ääritilanteista että lyhytaikaisvaihteluista, jotka eivät tulisi esille pienellä näytteenotokertojen määrällä (mm. Kohonen 1984). Jatkuvatoiminen mittaus saattaa paljastaa enemmän vedessä tapahtuvista ilmiöistä kuin yksittäiset laboratorioanalyysit (Huttula ym. 2004). Automaattista tarkkailua voidaan pitää välttämättömänä, jos veden laadun vaihtelut ja sen käyttömuodot edellyttävät jatkuvaa tiedon saantia (Kohonen 1982).

Vesioikeus antoi vuoden 1995 lupapäätöksessään luvan keskeneräisten töiden loppuunsaattamiseen sekä määräyksen tarkkailulla Kyrönjokea sen yläosan vesistöiden vaikutusten vuoksi. Vesistöiden vaikutusten tarkkailuun Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa kehitettiin automaattinen vedenlaadun seurantajärjestelmä ja samassa yhteydessä myös automaattinen tulvasuojelurakenteiden käyttöjärjestelmä. Myöhemmin järjestelmän kehittämistoiminta on laajentunut eri projektien yhteydessä. Automaattisen mittauksen kehittäminen on ollut myös osa RiverLife-hanketta.

Länsi-Suomen ympäristökeskus tilasi automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän vuonna 1996 Oy Labkotec Ab:lta. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen Kyrönjoen automaattiseen seuranta- ja käyttöjärjestelmään kuului syksyllä 2009 neljä automaattista mitta-asemaa ja 22 pengerryspumppaamaa. Mitta-asemat sijaitsevat vesistöiden työalueen yläpuolelta Nikkolasta aina Kyrönjoen alaosalle Skatilaan saakka. Järjestelmässä on tehty erilaisia kehitystöitä jatkuvasti sen historian aikana. Sen oleellisimmat osat ovat

mitta-asetat, pumppaamot ja valvomo. Automaattisen mittauksen etuja ovat mm. mittaussnopeus, tulosten reaaliaikaisuus, suuri mittaustiheys ja halpuus huomioiden nopeus ja mittaustiheys. Automaattista käyttö- ja seurantajärjestelmää voidaan hyödyntää monin tavoin mm. velvoitetarkkailussa, seurannassa, säännöstelyssä, biotesteissä ja mallintamisessa. Automaatio voi olla myös apuväline vesistöjen käytössä, esim. pengerryspumppaamojen käytössä, säännöstelyjen hoidossa ja patojen turvallisuusvalvonnassa.

Automaattisen mitta-aseman tulisi tuottaa luotettavaa tietoa vedenlaadun vaihtelusta. Mittaustulokset riippuvat pitkälti mittaustureiden kunnosta ja niiden huolto sekä kalibrointi ovatkin automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän kannalta tärkeimpiä asioita (mm. Juntura ym 1997). Automaattisen vedenlaadun mittaustureiden tarkkailulaitteiden tehokas käyttö, toimivuus ja luotettavuus edellyttävät myös resursseja huoltohenkilökunnan palkkaamiseen (Kohonen 1985). Järjestelmän investointi ja ylläpito ovat edelleenkin haastavia ja hintavia, vaikka tekniikka on kehittynyt (mm. Juntura ym. 1997, Bols ym. 1999, Kotamäki ym. 2009). Mittalaitteistojen huolto- ja kalibrointikertojen määrää tulisi pyrkiä vähentämään kuitenkin luotettavuutta ja toimivuutta vähentämättä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää automaattisia vedenlaadun mittaustuloksia tarkastellen Kyrönjoen automaattisen seurantajärjestelmän toimivuutta ja luotettavuutta viime vuosien aikana. Tutkimuksen perusteella annettiin parannus- ja kehitysehdotuksia Kyrönjoen automaattiseen vedenlaadun mittaukseen.

2. TUTKIMUKSEN TAUSTA

2.1. Vedenlaadun automaattinen mittaus

2.1.1. Historia

Perustan vesistöjen vedenlaadun automaattiselle tarkkailulle antoi toisen maailmansodan jälkeen nopeasti kehittynyt tekniikka automaattisessa instrumentaatiossa ja teollisuuden prosessikontrollimenetelmissä. Maailmalla otettiin ensimmäiset automaattiset vedentutkimusasemat käyttöön silloisessa Saksan liittotasavallassa 1950-luvun alussa. Asemilla mitattiin lämpötilaa, pH:ta ja sähkönjohtavuutta. Ensimmäinen automaattinen mitta-asema otettiin käyttöön 1950-luvun puolivälissä USA:ssa, jossa myös maailman ensimmäinen varsinainen automaattinen tarkkailujärjestelmä Ohio-joella aloitti toimintansa. Suomessa ensimmäinen silloiselle vesihallitukselle hankittu siirrettävä automaattiasema otettiin koekäyttöön 1974 (Muhonen 1976).

Suomessa automaattisen seurannan kehittäminen ja tutkimus ovat olleet vesihallituksen vastuulla (Peura ym. 1994). Automaattisessa mittauksessa perusmittauksia 1970-luvulla olivat lämpötila, sähkönjohtavuus, pH, happi ja sameus. Tällöin anturitekniikan kehittäminen alkoi Suomessa toden teolla ja antureiden puhdistuksella sekä kalibroinnilla päästiin kohtuulliseen mittaustarkkuuteen ja luotettavuuteen (Muhonen 1976). Uudenlainen automaattinen vesistö tarkkailu tuotti uutta ja käyttökelpoista tietoa vesistön tilasta (Kohonen 1982). Myös hydrologisen seurannan automatisointi ja siihen liittyvä tiedon kaukosirto käynnistyivät 1970-luvulla erityisesti vesivoimapuolella (Puupponen 2004). Myös ulkomailla automaattinen vedenlaadun seuranta kehittyi 1970- ja 1980-luvun vaihteessa, kun Japanissa ja USA:ssa otettiin järjestelmiä käyttöön ja monet Euroopan maat aloittivat omien järjestelmiensä käytön (Peura ym. 1994).

Vesihallituksen automaattiasemien kokeiluhanke toteutettiin 1977–1983 ja siihen kuului viisi automaattista tarkkailujärjestelmää Kymijoen ja Kokemäenjoella. Yhteensä

asemia oli 11, joista loput olivat siirrettäviä työmaakoppeja. Tarkoituksena oli kehittää mittaustekniikkaa ja välineiden toiminnallista luotettavuutta eri oloissa. Tiedonsiirto- ja tallennusongelmat osoittautuivat suurimmiksi esteiksi järjestelmän kehittämisessä (Kohonen 1982, 1985). Jo 1970-luvulla antureiden ja laitteiston kalibroinnin sekä pesun tärkeys huomattiin (Kohonen ym. 1978). Automaattisen tarkkailun laajempaa käyttöä rajoittivat 1970- ja 1980-luvuilla mitattavien muuttujien määrä ja tulosten epäluotettavuus (Kohonen ym. 1978, Kohonen 1982, 1985).

Vielä 1980-luvulla suuressa tietomäärässä oli tiedonsiirto- ja tallennusongelmia. Suuri aineisto saattoi myös aiheuttaa ongelmia, jos sitä ei osattu käyttää oikein. Automaattisen seurannan kehittämisessä 1990-luvulla tärkeimpiä haasteita Peuran ym. (1994) mielestä olivat mittaustulosten laadun varmistaminen ja kehittäminen, prosessointi ja nopea analysointi, ohjelmiston kehittäminen sekä datan määrän standardointi ja hajauttaminen. Eri tahojen tulisi myös saada käyttää tietoa hyväksi ja vielä saada se helposti käyttöönsä.

Automaattisia ja jatkuvatoimisia mittausjärjestelmiä on testattu ja ollut käytössä vesistöissä eri puolilla Suomea (mm. Juntura ym. 1997, Sallmen 1998, Voutilainen ym. 2001). Junturan ym. (1997) tutkimuksessa kehitettiin automaattinen ja jatkuvatoiminen veden laadun mittauslaitteisto sekä sitä hyödyntävä vedenlaatumalli, jolla voitiin ennustaa mahdollisia vedenlaadun muutoksia. Jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä kehitettiin vuosina 1994–1996 Kemijoki Oy:n, Suomen Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy:n ja VTT Yhdyskuntatekniikan yhteistyönä. Myös Teknologian kehittämiskeskus TEKES oli mukana tukemassa kehitystyötä. Veden laatua mitattiin kahdella mittarilla, jotka olivat kytkettynä mittaustietokoneeseen. YSI 6000:lla mitattiin veden happipitoisuutta, sähkönjohtavuutta, pH:ta, lämpötilaa ja redox-potentiaalia. Sameusmittaukset suoritettiin BTG MET-3010:lla. Projektissa tehtiin myös selvityksiä veden ravinnepitoisuuksien, värin, limoittumisen ja klorofyllin mittaamiseen soveltuvista laitteista.

Himangan Lestijoella oli käytössä vuosina 1996–1997 Navarc Oy:n suunnittelema automaattinen mittausasema, joka mittasi sameutta, lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja pH:ta (Sallmen 1998). Mittausasemana toimi vanha taukotupa. Anturit mittasivat vedenlaatua mittauskaukalossa, johon pumpattiin jatkuvasti vettä joesta. Mittaustulokset tallentuivat minuutin välein tiedostoon, joka sijaitsi asemalla toimivassa tietokoneessa. Mittaustiedot tallennettiin aina huoltokäyntien yhteydessä. Mittausjaksolla pumpun toimivuudessa oli häiriötä mm. jäätyminen ja tukkeutuminen vuoksi. Myös joitain puuttuvia mittausjaksoja havaittiin tutkimuksen aikana. Sameusmittaukset toimivat hyvin, mutta mittauskaukalon ja anturin puhdistus koettiin erityisen tärkeäksi. Ajoittaista ongelmaa esiintyi pH- ja sähkönjohtavuusmittauksissa.

Pohjois-Savon ympäristökeskuksessa otettiin 1990-luvun lopulla käyttöön GWMS 2001-kaukomittausjärjestelmä (Voutilainen ym. 2001). Se koostui joko yhdestä tai useammasta mittausasemasta, välitysasemasta ja valvomosta. Kesällä 1998 testattiin Pohjois-Kallaveden Savilahdessa vedenlaadun kaukomittausta käyttäen YSI 6000-anturia, joka mittasi lämpötilaa, sähkönjohtavuutta, pH:ta, happea ja sameutta puolen tunnin välein. Mittauslaitteisto oli asennettu Kuopion yliopiston laiturin päähän. Mittaustieto siirrettiin mittausasemasta radioliikenteen välityksellä 300 metrin päässä sijaitsevaan valvomoon. Yhden kuukauden kestäneessä kokeilussa tiedonsiirtojärjestelmä toimi erittäin hyvin, koska vain 1,5 % (102 kpl) mittaustuloksista jäi rekisteröitymättä tulostiedostoon. Laitteisto kokonaisuudessaan toimi ilman huoltoa koko jakson ajan. Mittaukset antoivat positiivista kuvaa automaattisesta vedenlaadun mittauksesta. Lämpötilamittauksia voitiin pitää luotettavina. Happi- ja pH-tulosten luotettavuudet heikkenivät hieman tutkimusten

edetessä todennäköisesti antureiden likaantumisen vuoksi. Sähkönjohtavuus- ja sameusmittaukset antoivat viitteitä antureiden heikosta soveltavuudesta juuri kyseiseen järviveteen.

Helsingin yliopiston geofysiikan osastolla kehitettiin vuosien 1999 ja 2001 välisenä aikana pintavesien laadun jatkuvaan mittaamiseen perustuva läpivirtauslaitteisto, joka mittasi vakiosyvyydeltä mm. sähkönjohtavuutta ja lämpötilaa. Laitteisto soveltuu erityisesti merialueilla ja järvillä käytettäväksi, koska mittaukset voidaan suorittaa aluksen liikkeessä $0-60 \text{ km h}^{-1}$ (Lindfors & Rasmus 2002).

Lapuanjoella ja Kyrönjoella toimivat vuosituhannen vaihteessa Suomen merkittävimmät seurantajärjestelmät (Laitinen 2000a). Lapuanjoella toimi seurantaverkko, johon kuului 16 vedenkorkeuden ja 10 virtaaman mittausasemaa, joiden dataloggereista mittaustieto siirtyi automaattisesti tietokantaan. Näitä hydrologisia tietoja käytettiin hyväksi Lapuanjoen malleissa (Laitinen 1994). Kyrönjoen automaattisesta seuranta- ja käyttöjärjestelmästä on erikseen kerrottu tarkemmin tässä tutkimuksessa.

Hyvin nopeat vedenlaadun vaihtelut myös ojissa asettavat suuria haasteita näytteenotolle. Jatkuvatoimisen vedenlaadun mittauksen avulla voidaan arvioida jokiuomien kiintoaine- ja fosforikulkeutumista. Vantaanjoen- ja Helsingin vesiensuojeluyhdistys ry. seurasi lokakuussa 2005 Lepsämäjoen valuma-alueella joen yläosan ja jokeen laskevan pelto-ojan veden laatua automaattisilla mittausasemilla (Särkelä ym. 2006). Ne mittasivat kerran tunnissa veden sameutta, lämpötilaa, sähkönjohtavuutta sekä pinnankorkeutta. Mittalaitteina käytettiin YSI600OMS-anturipakettia ja GWMS-dataloggeria. Mittaustiedot siirrettiin palvelimelle GSM-yhteyden avulla. Mittausasemat toimivat hyvin ja vain muutama poikkeava havainto poistettiin mittaustuloksista. Automaattiset vedenlaadun mittaukset olivat yhdenmukaisia laboratoriossa määritettyihin vertailunäytteisiin.

Keski-Suomessa Jyväskylän yliopiston koordinoimissa Jyväsjärven sekä Päijänteen oppimis- ja tietoympäristö -hankkeissa tutkimuslautta Ainon järjestelmällä on seurattu Jyväsjärven veden tilaa reaaliaikaisesti vuodesta 2003 (Lake Päijänne LTER 27.3.2008. <<http://www.paijanne.org/index.php>>). Tutkimuslautalla on mitattu mm. veden lämpötilaa, pintaveden sähkönjohtavuutta, happipitoisuutta, veden sameutta ja a-klorofyllia (Kangas 2005).

Etelä-Suomessa Karjaanjoen valuma-alueella oli käynnissä vuosina 2007–2008 MAASÄÄ -tutkimushanke, jossa alueelle rakennettiin tiheä mittaussverkko. Mittausverkko koostui mm. 55 a-Weather -säasemasta ja 11 sameutta mittaavasta asemasta. Sameutta mitattiin alueella yhteensä 18 paikassa. Sen lisäksi alueen neljässä kohteessa mitattiin nitraattityyppiä, lämpötilaa sekä pinnankorkeutta Luode Consulting Oy:n veden laatua mittavan Luode-Water -aseman avulla. Maatalouden ennustepalveluita kehittävä sekä vesistökuormituksen vähentämiseen pyrkivä hanke alkoi toukokuussa 2007 ja jatkui vuoden 2008 loppuun. Hanketta koordinoi maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT) ja mukana olivat myös mm. Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteen laitos sekä monia muita yrityksiä ja tutkimuslaitoksia. Mittausverkkoa hyödynnetään vielä hankkeen loppumisen jälkeen (Thessler ym. 2008, Huitu 2009, Kotamäki ym. 2009).

Lounais-Suomen ympäristökeskukseen ja Suomen ympäristökeskukseen on vuonna 2008 hankittu liikuteltavia nitraatti- ja sameusantureita (Huttula ym. 2009). Vuonna 2009 Lounais-Suomen ympäristökeskuksen Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hankkeen alueelle asennettiin viisi uutta jatkuvatoimista vedenlaatumittaria neljään eri jokeen. Tämän lisäksi TEHO -hankkeessa hyödynnetään kahta automaattista

vedenlaatumittaria yhden kosteikon toimivuuden arvioimiseen (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2009).

Kansallisten kokemusten lisäksi automaattista vedenlaadun mittausta on testattu ja kehitetty ympäri maailmaa. Euroopan alueella esimerkiksi Belgiassa vedenlaadun automaattisia mitta-asemia on testattu mm. 1990- ja 2000-lukujen vaihteessa (Bols ym. 1999, Vandenberghe ym. 2005). Hankkeen aikana huomattiin järjestelmässä esiintyvän toiminnallisia häiriöitä ja ongelmia, jotka usein johtavat epätarkkoihin ja epäluotettaviin mittaustuloksiin. Mittausten luotettavuus vaatii vielä tutkimusta, koska useat reaaliaikaisesti vedenlaatua mittaavat sensorit eivät ole niin tarkkoja ja täsmällisiä verrattuna laboratoriomäärityksiin. Järjestelmän tulisi mitata ennemmin muutamia tarkkoja ja luotettavia mittauksia kuin monia, jotka ovat epäluotettavia, koska toiminta perustuu juuri järjestelmän luotettavuuteen. Ennen automaattisten mitta-asemien rakentamista ja toiminnan aloittamista olisi tärkeää tehdä tutkimuksia sen kannattavuudesta. Myös hyvien laitteistojen toimittajien valintaa tulee miettiä tarkoin, koska näiden tulisi auttaa ongelmissa ja reagoida tehokkaasti yllättäviinkin ongelmiin.

2.1.2. Automaattisen mittausjärjestelmän luotettavuus ja hyödyntäminen

Automaattisen mittausjärjestelmän käyttö vesistöissä on yleistynyt tekniikan kehittyessä. Automaattisen vedenlaadun mittausjärjestelmän tarkoituksena on antaa luotettavaa ja reaaliaikaista tietoa vesistön nopeasti vaihtelevista oloista. Järjestelmä koostuu useimmiten antureista, tiedonkeruu-, siirto- ja hallintalaitteistoista kuten Junturan ym. (1997) automaattisen jatkuvatoimisen vedenlaadun mittaukset.

Antureiden toimivuus on tärkeää automaattisessa mittausjärjestelmässä (mm. Juntura ym. 1997, Voutilainen ym. 2001). Mittalaitteiden kalibrointi ja huollot on tehtävä käyttökohteen vaatimalla tavalla ja ohjeiden mukaisesti, jotta tuloksia voidaan pitää tarkkoina ja luotettavina (mm. Juntura ym. 1997, Huttula ym. 2009, Kotamäki ym. 2009). Myös mitta-aseman sijainnilla on väliä, koska huollon ja muiden toimenpiteiden suorittamisen tulisi olla helppoa. Anturivalikoima, joka sopii varsinkin luonnonvesiin, on edelleen hieman suppea. Luotettavia mittauksia voidaan suorittaa nykyisin sameus-, kiintoainepitoisuus-, pH-, happipitoisuus- ja sähkönjohtavuusantureilla (Huttula ym. 2004, 2009). Automaattista vedenlaadun seurantajärjestelmää kehitettäessä tulisi miettiä tarkoin, mitä vedenlaatumuuttujia järjestelmään liitetään. Antureita hankittaessa ne on valittava käyttökohteen mukaan ja tällöin on tärkeää tuntee asennuspaikan olosuhteet hyvin (Huttula ym. 2009). Myös veden sisäänoton luotettavuus, kuten pumpun sijainti ja toimivuus sekä kaivon ja siirtoputken toiminta, määrää kaikkien tutkimuksen myöhempien vaiheiden luotettavuuden. Kun vesi tulee aseman sisällä sijaitsevaan mittausalustaan, tulee näytteen edustavuus myös varmistaa (Muhonen 1976). Junturan ym. (1997) tutkimuksen mukaan mittausalustan ja -laitteiden limoittumiseen vaikutti suuresti veden lämpötila. Limoittumista esiintyi sitä enemmän, mitä lämpimämpää vesi oli.

Antureiden lisäksi myös tiedonsiirtolaitteiden toimivuudella ja luotettavuudella on suuri merkitys vedenlaadun automaattisessa seurannassa. Mittaustiedon siirron ja tallennuksen tulee toimia moitteettomasti, eikä tieto saa muuttua tai hävitä prosessien aikana. Tämän vuoksi laitteiden tulee olla niin laadukkaita, että ne kestävät sään vaihteluja (Huttula ym. 2009). Mittalaitteita hankittaessa kannattaa kiinnittää huomiota ennemmin mittaukseen laatuun kuin määrään sekä siihen, että halvin laitteisto ei kokemusten mukaan todennäköisesti tule edullisimmaksi (Peura ym. 1994, Huttula ym. 2009). Tiheän ja suuren tietomäärän siirrossa paras tapa on käyttää GSM-verkossa toimivaa langatonta GPRS:ää (Huttula ym. 2009).

Automaattisen mittauksen laadun varmistamisen edellytyksenä on, että anturit, tiedonsiirto ja tallennus toimivat. Tästä huolimatta aineistoon tulevia mahdollisia virheellisiä mittaustuloksia voidaan kuitenkin tunnistaa joko manuaalisesti, numeerisesti tai graafisesti. Laadunvarmistusta tekevän henkilön tulisi olla vesistön luonteen hyvin tunteva, jotta aineistosta löytyisi nopeasti mahdolliset poikkeamat. Suurelle mittaussäikeistölle voi lisäksi kehittää automaattisia algoritmeja helpottamaan aineiston laadunvalvontaa. Mittausaineistossa olevia virhearvoja voidaan tunnistaa myös erilaisten testien avulla, joita ovat mm. puuttuvien havaintojen testi, raja-arvotesti, jatkuvuustesti ja konsistenssitesti (Huttula ym. 2009).

Automaattisesti vedenlaatua mittaavien järjestelmien käyttöä ovat helpottaneet mittalaitteiden ja tietoliikennetekniikan kehittyminen. Siitä huolimatta automaattista vedenlaadun mittausta tulisi kehittää niin, että sen toimivuus paranisi samalla, kun huolto- ja kalibroitukertojen määrät pyrittäisiin minimoimaan, koska ne tuovat automaatioon lisäkustannuksia. Järjestelmän luotettavuutta ajatellen mittavälineiden jäätyminen, limoittuminen ja likaantuminen ovat sitä heikentäviä seikkoja (Juntura ym. 1997). Automaattinen seurantajärjestelmä ei todennäköisesti ikinä tule täysin automaattiseksi eikä mittalaitteiden tarkkuus ikinä tule olemaan laboratorioanalyysien tasolla. Manuaalisilta näytteenotoilta siis tuskin ikinä välttyään, koska mittausten luotettavuutta tulee aikavälein tarkastaa laboratoriomäärityksin (Juntura ym. 1997).

Varsinkin virtavesissä automaattinen vedenlaadun mittausjärjestelmä on hyödyllinen, koska rankkasateet ja lumen sulaminen voivat muuttaa nopeasti veden virtaamaa ja laatua, jotka tulevat järjestelmän avulla reaaliajassa käyttäjien tietoon (mm. Juntura ym. 1997, Vandenberghe ym. 2005, Teppo ym. 2006, Huttula ym. 2009). Automaattisen virtaaman ja pitoisuuksien mittaus parantaa oleellisesti uoman varrelta tulevien kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien arviointia, varsinkin kun maalta vesistöön valuva fosfori on kiinnittyneenä useimmiten partikkeleihin (Kalff 2003). Automaattisen sameusmittauksen avulla voidaan myös saada selville kiintoaineen määrä, koska näiden kahden parametrin välillä vallitsee yleensä lineaarinen riippuvuus (Podsetchine & Huttula 1994, Kotamäki ym. 2009). Jatkuvasti vedenlaatua mittaavat laitteet antavat parhaiten tietoa muutoksista, jotka näkyvät sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä (Juntura ym. 1997).

Automaattista vedenlaadun mittausjärjestelmää voidaan hyödyntää liittämällä siihen malleja ja erilaisia esitystekniikoita, jotka mahdollistavat vesistössä tapahtuvien ilmiöiden ennakoinnin (Juntura ym. 1997). Matemaattisella mallinnuksella vesiympäristössä on Suomessa pitkät perinteet 1950-luvulta. Mallit ovat käyttökelpoisia ja tarpeellisia mm. suunnittelussa, päätöksenteossa ja tutkimuksissa (Peura ym. 1994). Mittausjärjestelmän tuottamien tulosten ja virtaaman avulla voidaan mallintaa esimerkiksi veden laadun muuttumista käyttämällä sitä varten kehitettyä numeerista vedenlaatumallia. Varsinkin velvoitetarkkailussa mallien käyttö auttaa selvittämään sellaisia riippuvuuksia, jotka vallitsevat toimeenpantujen hankkeiden ja vesistön tilan välillä (Laitinen 1998).

2.1.3. Aikaisempia kokemuksia automaattisista mittauksista ja erilaisista tekniikan kokeiluista Kyrönjoella

Kyrönjoen automaattisen seurantajärjestelmän toimivuudesta on tehty muutamia tutkimuksia sen toiminnan aikana. Järjestelmän toimivuutta on testattu mm. tehotarkkailujaksolla vuonna 1998 (Länsi-Suomen ympäristökeskus 1998). Asemien mitta-
altaita käytiin puhdistamassa ja antureita kalibroimassa säännöllisesti. Huoltojen yhteydessä otettiin niin altaasta kuin jokivedestäkin näytteitä, joilla osoitettiin altaan veden olevan yhteneväinen jokiveden kanssa. Mitta-altaasta mitattiin sen lisäksi kenttämittarilla pH:ta, sähköjohtavuutta ja lämpötilaa. Automaattisen mittauksen tulokset otettiin ennen ja

jälkeen antureiden kalibroinnin. Laitinen (2000a, b) on käsitellyt tehotarkkailujakson tuloksia lisensiaattityössään. Skatilassa pH-erot laboratorio- ja automaattimittaustulosten välillä olivat osittain liian suuria hyväksyttäväksi. Tähän ajateltiin syyksi veden lämpötilan vaikutus, vaikka anturissa oli sisäänrakennettu lämpötilan korjaus. Muuten tuloksia pidettiin luotettavina ja hyväksyttävänä myöhempää käsittelyä ajatellen. Kyrönjoen seurantaohjelmaa tehdessä määritettiin luotettavuusrajat, jotka on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Mittaustulosten luotettavuusrajat (Laitinen 2000a).

Mittaus	Luotettavuusraja (yksikköä)
Vedenkorkeus (cm)	1
Lämpötila (°C)	0,5
pH	0,2
Sähkönjohtavuus (mS/m)	3
Sameus (FTU)	3

Juntura (2000) on tehnyt Kyrönjoen automaattisten mittausasemien toiminnan analyysin yhden vuoden ajalta 23.6.1998–23.6.1999. Tämän jakson jälkeen on analysoitu myös toinen reilun vuoden mittainen jakso asemien mittaustuloksista 23.6.1999–14.8.2000 (Juntura ym. 2000b). Näiden tutkimusten mukaan automaattisen mittausjärjestelmän tuloksia voidaan pitää luotettavina. Tutkimuksissa automaattisen mittauksen ajallista kattavuutta ja vertailtavuutta tutkittiin laboratoriomääritysten avulla. Myös kalibrointi- ja huoltotoimenpiteitä tarkasteltiin kattavuutta tutkittaessa. Sameuden ja kiintoainepitoisuuksien automaatti- ja laboratoriomittaustuloksien erot olivat suurimpia ja automaattisten mittausten luotettavuuden parantamista tulee jatkossa selvittää tarkemmin. Mittausten ajallinen kattavuus oli ollut näiden tutkimusten ajan lähes erinomainen.

Kyrönjoen automaattinen seuranta- ja käyttöjärjestelmä tuottaa niin paljon tietoa, että sitä olisi järkevä käsitellä mallin avulla. Kyrönjoella on ollut käytössä pH-malli, jonka kehitystyön tavoitteena on ollut työväline, jolla voidaan järjestää ja tulkita erilaisin graafisin esityksin automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän mittaamia virtaama- ja vedenlaatutietoja sekä tehdä lyhytaikaisia vedenlaatuennusteita ja arvioida jokeen tulleen happamuuskuorman jakaantumista (Laitinen 2001). Kyrönjoen yläosan vesistötyön selvityksiä varten kehitetyn mallin lähtökohtana ovat olleet automaattinen seuranta- ja käyttöjärjestelmä sekä vesistömalli.

RiverLife-hankkeen yhteydessä Kyrönjoen Hiirikosken mitta-aseamalla testattiin kesällä 2000 limoittumista eli perifytonin kasvua mittaavaa laitetta ja a-klorofyllipitoisuutta mittaavaa fluorometriä. Mittareiden toimintaa oli kokeiltu vuonna 1999 VTT Yhdyskuntatekniikan laboratoriossa ennen kuin ne siirrettiin mitta-asemalle. Mittauksiin liittyvät tiedot perustuvat Länsi-Suomen ympäristökeskuksen Internet-sivuihin sekä Junturan, Haltun ja Höglundin (2000a) tekemään raporttiin.

Perifytonin kasvua mitattiin Kuopiolaisen Biosensor Oy:n kehittämällä biofilmimittauslaitteella (BFM), joka perustuu teräslangalle kasvavan perifytonikasvuston paksuuteen. Langan paksuutta mitattiin laserantureiden lasersäteen intensiteetin pienenemisen mukaan, koska pieneneminen on verrannollinen langan paksuuteen, joka kasvaa perifytonkerroksen myötä. Mittauksen tulokset tallentuivat automaattisesti kuuden tunnin välein mittausta ohjaavalle tietokoneelle, jota käytettiin myös a-klorofyllimittauksiin. Laitteen toimintaperiaatetta muutettiin kokeen edetessä, koska teräslankamenetelmä osoittautui virheelliseksi. Kasvualustaksi vaihdettiin teräsputki, mutta limoittumisen mittausta ei tällöinkään vielä toiminut moitteettomasti.

A-klorofyllipitoisuutta mitattiin yhdysvaltalaisvalmisteisella jatkuvatoimisella Turner Designs 10-AU-kenttäfluorometrillä, jonka mittaus perustuu fluoresenssi-ilmiöön. A-klorofylli emittoi eli säteilee valoa toisella aallonpituudella, kun näytettä valaistaan tiettyä aallonpituutta sisältävällä valolla. A-klorofyllin pitoisuus näytteessä lasketaan säteilyn voimakkuuden mittaustuloksesta. Mittauskaivosta pumpattiin näytevetä, joka virtasi koko ajan läpivirtauskyvetin kautta fluorometrin läpi. Mittarin antama lukema tallennettiin tietokoneelle tunnin välein. Mittaustulosten kalibrointia varten otettiin vesinäytteet analysoitavaksi Länsi-Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa. Tulokset kalibroitiin analyysivaiheessa laboratoriotuloksia vastaaviksi.

Tulosten perusteella fluorometrimittauksissa esiintyi ryömintää, jonka vuoksi kalibrointien määrää tulisi lisätä viikon välein tehtäväksi. Perifytonmittausten perusteella mittaustekniikka vaatisi kehittelyä ja parantamista mm. mittauskammion ja perifytonin kasvualustan osalta. Mittauskammion muuttaminen valoa läpäiseväksi helpottaisi leväkasvuston kasvamista mittauspätkän pinnalla. Tämä mahdollistaisi myös vertailun pimeässä putkessa ja valoa läpäisevässä putkessa kasvaneiden biofilmikerroksien välillä, jos tälle olisi tarvetta. Biofilmimittaria tulisi kehittää sopivammaksi vesistömittauksiin.

Kyrönjoen automaattisilla mitta-aseteilla on selvitetty valvotuissa ja varsin vakioituissa oloissa jokiveden aiheuttamia vaikutuksia testieliöihin ja näin ollen siellä tehtyjä koejärjestelyjä voidaan pitää biotesteinä kenttäoloissa. Mitta-aseteilla tehdyissä biotesteissä on käytetty testieliöinä mm. nahkiaista (*Lampetra fluviatilis*), vaellussiian (*Coregonus lavaretus*) mätiä, vesisiiraja (*Asellus aquaticus*) ja pallosimpukoita (*Sphaerium corneum*).

Kyrönjoen automaattiset mitta-asetat on rakennettu tarpeeksi tilaviksi erilaisia koejärjestelyjä varten. Automaattinen ja jatkuvatoiminen mittaus antaa myös testihetkellä tarkkaa tietoa vedenlaadusta. Mitta-asetat sopivat oivallisesti koeasemiksi, koska Nikkola sijaitsee selvästi happamien alunamaiden yläpuolella kun taas Skatilassa vesi on hapanta ja siellä kokeessa käytettävät eliöt joutuvat tekemisiin alhaisempien metallipitoisuuksien kanssa verrattuna yläosalla sijaitseviin mitta-aseteisiin (Mäenpää & Svanljung 2006). Biotestiasetelmat ovat muutenkin erinomaiset mitta-aseteilla. Koska testieliöt pysyvät paikoillaan, kokeista voidaan tehdä rinnakkaisasetelmia ja tarpeellinen määrä toistoja sekä mikä parasta, mitta-aseteissa kiertää koko ajan vaihtuva jokivesi, jossa eliöitä voidaan testata.

Vesisammaleita on aikaisemmin käytetty bioindikaattoreina Kyrönjoella suoritetuissa raskasmetallien seurannoissa (Vuori 2002, Mäenpää ym. 2004). Vuosina 2003–2005 Kyrönjoen automaattisille mitta-aseteille ja niiden läheisyydessä sijaitseville koskille järjestetyissä kokeissa pyrittiin kehittää vesisammaleen rinnalle tehokkaampaa testieliötä selvittämään metallien kertymistä jokivedestä eliöön (Mäenpää & Svanljung 2006). Biotestieliöinä käytettiin pallosimpukkaa ja vesisiiraa, jotka aikaisempien tutkimusten mukaan soveltuvat hyvin juuri ympäristömyrkköjen vaikutusten seuraamiseen. Kyrönjoen mitta-asetat tarjosivat taas oivallisia testipaikkoja, koska asetat sijaitsevat pitkin Kyrönjokea. Koeasemina toimivat Nikkolan, Malkakosken, Hiirikosken ja Skatilan automaattiset mitta-asetat.

Vuosina 2003–2005 Kyrönjoen biotesteissä tutkittiin pallosimpukoiden ja vesisiirajien kuolleisuutta sekä nikkelin ja kadmiumin kertymistä simpukoiden kudoksiin (Mäenpää & Svanljung 2006). Koeasetelmat muuttuivat hieman vuosien välillä. Vuonna 2004 testattiin ainoastaan simpukoita ja vuonna 2005 eliöitä testattiin ainoastaan automaattisilla mitta-aseteilla eikä niitä tällöin sumputettu joessa. Testieliöitä pidettiin kokeessa mätiäsumputuksiin alun perin suunnitelluissa biotestirasioissa. Mitta-asetalla

suoritetuissa kokeissa simpukkarasiat pidettiin joka vuosi kouruissa. Siiroja testattiin biotesteissä vuonna 2003 pitämällä rasioita kourussa ja vuonna 2005 ne asetettiin kourukokeen yhteydessä käytettyyn altaaseen. Kokeet osoittivat pallosimpukan ja vesisiiran soveltuvan biotestieläimeksi. Pallosimpukan kadmiumpitoisuudet nousivat varsin lyhyelläkin ajalla. Kyrönjoessa pallosimpukan käyttöä saattaa estää alhaiset pH-arvot varsinkin joen alaosilla, koska pallosimpukat kuolivat pH:n laskiessa alle 5,3:n. Simpukat kestävät yleensä happamampaakin vettä. Kyrönjoen tapauksessa happamuus ja muutenkin huono veden laatu korkeine metallipitoisuuksineen on saattanut olla simpukalle liikaa. Myös vesisiirroilla huomattiin molempien metallipitoisuuksien lisääntyvän eliössä, vaikka vedestä mitatut metallipitoisuudet olivat hyvinkin pienet.

Nahkiaisen selviytymistä tutkittiin osassa Kyrönjoen automaattisia mitta-asemia talven 1998–1999 aikana selvittämällä talvehtimisaikaisen vedenlaadun vaikutuksia nahkiaisen fysiologiaan ja lisääntymiskykyyn (Mäenpää ym. 2001). Kokeessa seurattiin mädin hedelmöittymistä ja kuoriutumista. Nahkiaisten kuntoa oli seurattu ennen kutukypsyyttä niistä otetuista lihas- ja gonadinäytteistä. Vedenlaadun automaattisten mittaustulosten lisäksi talvehtimisaikoilta otettiin kahden viikon välein vesinäytteitä, joista määritettiin eri metallipitoisuuksia. Tulokset osoittivat mädin kehittymisen häiriintyneen ainoastaan joen alimmassa talvehtimisaikassa, jossa mitattiin suurimmat happamuus- ja alumiinipitoisuudet.

Vuosien 1996–2000 ja 2003–2008 aikana Kyrönjoen automaattisilla mitta-asemilla suoritettiin vaellussiian mädin haudontakokeita (Keskinen ym. 2002, Sivil 2007, Tolonen 2008). Kokeita suoritettiin kaikilla asemilla eri vuosien aikana. Tarkoituksena oli selvittää mm. onnistuuko mädin kehittyminen Kyrönjoen keskiosalla paremmin kuin alaosalla. Hedelmöitetty mäti haudottiin läpivirtausakvaariossa olevissa muovirasioissa soran seassa tai tarkoitukseen sopivissa kaukaloissa. Siian mädin kuolleisuus oli suuri varsinkin ensimmäisissä kokeissa. Suurimpana syynä tähän pidettiin runsasta kiintoaineen määrää yhdessä happaman veden kanssa. Myöhemmissä tutkimuksissa joka vuosi mädistä kuoriutui poikasia, vaikka kuolleisuus oli edelleen suurta (Sivil 2007). Alkuvuonna 2008 Skatilan ja Malkakosken asemilla suurin osa mätijyvistä oli elossa, vaikka Skatilassa pH oli käynyt tutkimusjaksolla vuoden vaihteessa alle viiden. Lopulta Malkakoskella osa poikasista kuoriutui, mutta Skatilassa todennäköisesti pumpun rikkoontuminen ja sen aiheuttama hapen puute aiheutti mädin kuoleamisen (Tolonen 2008).

Vuonna 2006 tutkittiin myös meritaimenen lisääntymisen onnistumista Malkakosken ja Skatilan mitta-asemilla, joissa mädit asetettiin koetta varten valmistettuihin kahdeksaan kaukaloon (Tolonen 2008). Keväällä 2007 kuoriutuneita taimenia löytyi 27 % (Skatila) ja 38 % (Malkakoski) kokeen mätijyvistä.

3. AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1. Kuvaus vedenlaadun seurantajärjestelmästä

Ympäristötaloudellisen tutkimuslaitos Väkipyörän 24.8.1995 laatiman Kyrönjoen vedenlaadun automaattisen seurantajärjestelmän yleissuunnitelman pohjalta laadittu systeemisuunnitelma vesistöjen seuranta- ja käyttöjärjestelmästä valmistui maaliskuussa 1996. Suunnitelman laati DI Jyrki Laitinen. Suunnitelmassa kuvattiin vesistöjen automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän toiminta siten, että laitetoimittajat pystyivät tarjoamaan järjestelmän kokonaan asennettuna.

Järjestelmä tilattiin Oy Labkotec Ab:lta heinäkuussa 1996. Kyrönjoen automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän pohjana on LabkoWin-kauko- ja tiedonkeruu-ohjelma vesi- ja viemärlaitoksille. Järjestelmä laitteineen otettiin vastaan keväällä 1997, mutta vasta syksyllä 2000 järjestelmä vastasi tilaajan tarpeita ja järjestelmän piiriin oli liitetty Kyrönjoen lisäksi muutama muu asema. Automaattiset vedenlaadun mittaukset asemilla aloitettiin vuonna 1997.

Länsi-Suomen ympäristökeskuksen Kyrönjoen automaattiseen seuranta- ja käyttöjärjestelmään kuului vuonna 2008 vielä 5 automaattista mitta-asemaa, jotka sijaitsevat vesistöiden työalueen yläpuolelta Kyrönjoen alaosalle saakka (Kuva 1, liitteet 20-24). Kyrönjoen vedenlaadun ja hydrologian jatkuvatoimiset mitta-asetat on valittu Länsi-Suomen vesioikeuden lupapäätöksen määräysten ja velvoitteiden perusteella. Vielä keväällä 2007 järjestelmään kuului kuusi mitta-asemaa ennen Hiirikosken aseman lakkauttamista. Syksyllä 2009 järjestelmään kuului enää neljä asemaa, kun Hanhikosken mitta-asema lakkautettiin. Uusimmalla mitta-asemalla, Malkakoskella, mittaukset aloitettiin vuonna 2003 Malkakosken padon rakentamisen yhteydessä. Kyrönjoen mitta-asettien lisäksi seuranta- ja käyttöjärjestelmään kuuluvat 22 pengerryspumppaamoja sekä muutama muu mitta-asema ja pumppaamo Länsi-Suomen ympäristökeskuksen alueella mm. Purmonjoella, Hirvijärven ja Kivi- ja Levalammen tekojärvellä sekä Kryynupyynjoen vesistöalueella. Järjestelmään voidaan liittää yhteensä 99 ala-asemaa.

Kyrönjoen automaattisilla mitta-asetilla anturit mittaavat jatkuvasti joenpinnan korkeutta, veden lämpötilaa, pH:ta ja sähkönjohtavuutta (Taulukko 2). Osassa mitta-asetia seurataan myös sameutta, kiintoainetta, virtaamaa ja a-klorofylliä. Malkakosken mitta-asetilla on mitattu myös happea, mutta anturi on ollut muutaman vuoden poissa käytöstä. Myös joillain järjestelmään kuuluvilla pumppaamoilla mitataan veden laatua ja/tai virtaamaa (Teppo ym. 2006).

Taulukko 2. Mitattavat muuttujat Kyrönjoen automaattisilla mitta-asetilla vuonna 2008 (x = muuttujaa mitataan, (x) = laite korjauksessa).

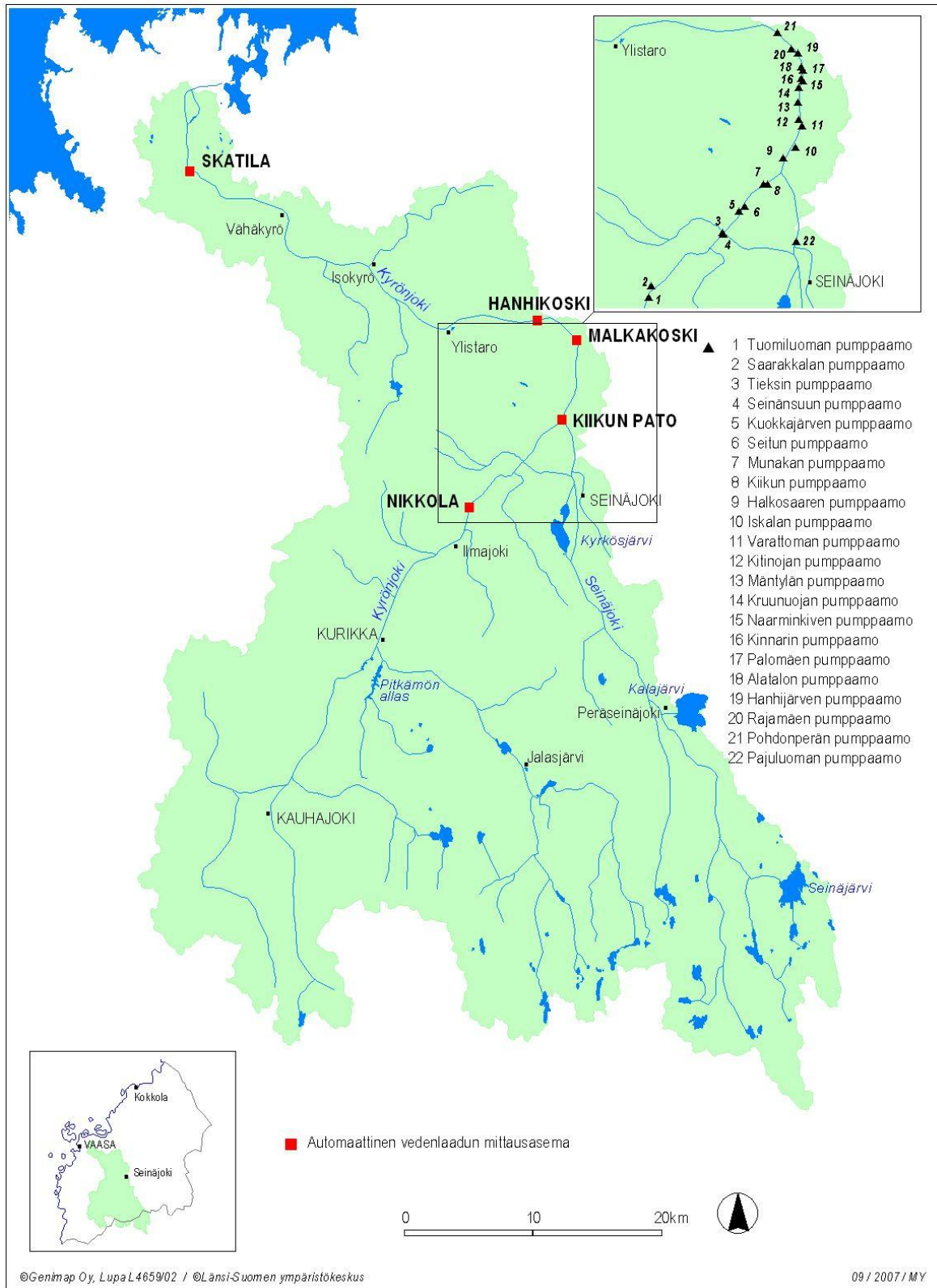
Mitta-asema	Lämpö-tila (°C)	pH	Sähkön-johtavuus (mS/m)	Sameus (ftu/ntu)	Kiintoaine (mg/l)	A-klorofylli (µg/l)	Vedenkorkeus (m)	Virtaama (m ³ /s)	Happi (mg/l)
Skatila	x	x	x	x ₁	x		x	x	
Hanhikoski	x	x	x				x	x	
Malkakoski	x	x	x	x ₂	x	x	x	x	(x)
Kiikku	x	x	x				x		
Nikkola	x	x	x				x		

₁ ftu

₂ ntu

Automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän toimintaa ohjaa Seinäjoella sijaitsevan Labkotecin Labkowin-ympäristössä toimiva Valvomo-ohjelma. Mittaustiedot mitta-asetilta ja pumppaamoilta kerätään Seinäjoen Valvomoon, josta ne siirretään Vaasan SQL-kantaan. Mitta-asetilta Valvomoon siirtyvä mittaustieto kerätään ja tallennetaan tunnin välein Microsoft Access -tietokantaan.

Yhteydet ulkomaailmaan mitta-asetilta toimivat radiolinkkien kautta. Ainoastaan Skatilassa käytetään edelleen puhelinmodeemia, koska se sijaitsee radiolinkkialueen ulkopuolella. Tiedonsiirto pumppaamoiden, mitta-asettien ja Valvomon välillä toimii käyttäen radiomodeemeja, kiinteälinjaisia puhelinverkkoja ja GSM-verkkoa. Järjestelmän tiedonsiirto on kaksisuuntainen eli tiedot eivät siirry pelkästään ala-asetilta Valvomoon, vaan Valvomolta voidaan lähettää ohjausviestejä ja kyselyitä myös ala-asetille. Tällainen ohjausmahdollisuus on tärkeä varsinkin pumppaamoilla.



Kuva 1. Automaattiseen seuranta- ja käyttöjärjestelmään kuuluvat Kyrönjoen mitta-asetat ja pumppaamot.

LabkoWin-ohjelmalla seurataan ja ohjataan järjestelmää. Ohjelmasta löytyvät kaikkien mitta-asettien ja pumppaamoiden tiedot, hälytykset, ylläpitotiedot ja tietokantaan kertyneet mittaustiedot. Ohjelmalla voidaan järjestelmälle asettaa säännölliset

kyselykierrokset, jolloin se kerää tiedot asemilta. Halutessa voidaan käynnistää kysely milloin vain. Ohjelmaan voidaan asettaa kullekin asemalle erilaisia hälytyksiä: jos yhteyttä ei ole asemalle saatu, asemalla on tekninen vika tai pumppu on pysähtynyt. Vedenkorkeudelle ja vedenlaadulle voidaan asettaa myös hälytysrajat, joiden mukaan järjestelmä antaa hälytyksen. Ohjelmasta saadaan poimittua ja tulostettua järjestelmän mittaamia tietoja eri muodoissa. Tietoja saa poimittua haluamaltaan asemalta ja halutulta ajanjaksolta sekä muuttujalta tunti-, vuorokausi-, viikko- ja kuukausitrendinä. Ohjelma laskee raportteihin keskiarvot ja määrittää ajanjakson minimi- ja maksimiarvot. Raportit ovat siirrettävissä esim. Excel-ohjelmaan. Mittaustietoja voidaan tarkastella myös Kyrönjoelle sovelletun pH-mallin avulla (Laitinen 1998). Mittaustietoja pyritään tulevaisuudessa välittämään laajaan käyttöön myös internetin avulla.

3.1.1. Automaattiset mitta-asemat

Automaattiset mitta-asemat on sijoitettu kuvaamaan joen tilaa sen pituussuunnassa. Mitta-aseman paikkoja harkittaessa on huomioitu myös se, että paikalta olisi jo olemassa vanhaa vedenlaatutietoa. Ne on rakennettu niin tilaviksi, että mahdollisille koejärjestelyille, kuten biotesteille, on tarpeeksi tilaa ja muutenkin olot on suunniteltu niin, että mitta-altaan vettä voidaan käyttää myös muihin tarkoituksiin. Mitta-asemat ovat kiinteitä rakennuksia, joissa on kiinteä sähköverkko (Kuva 2).

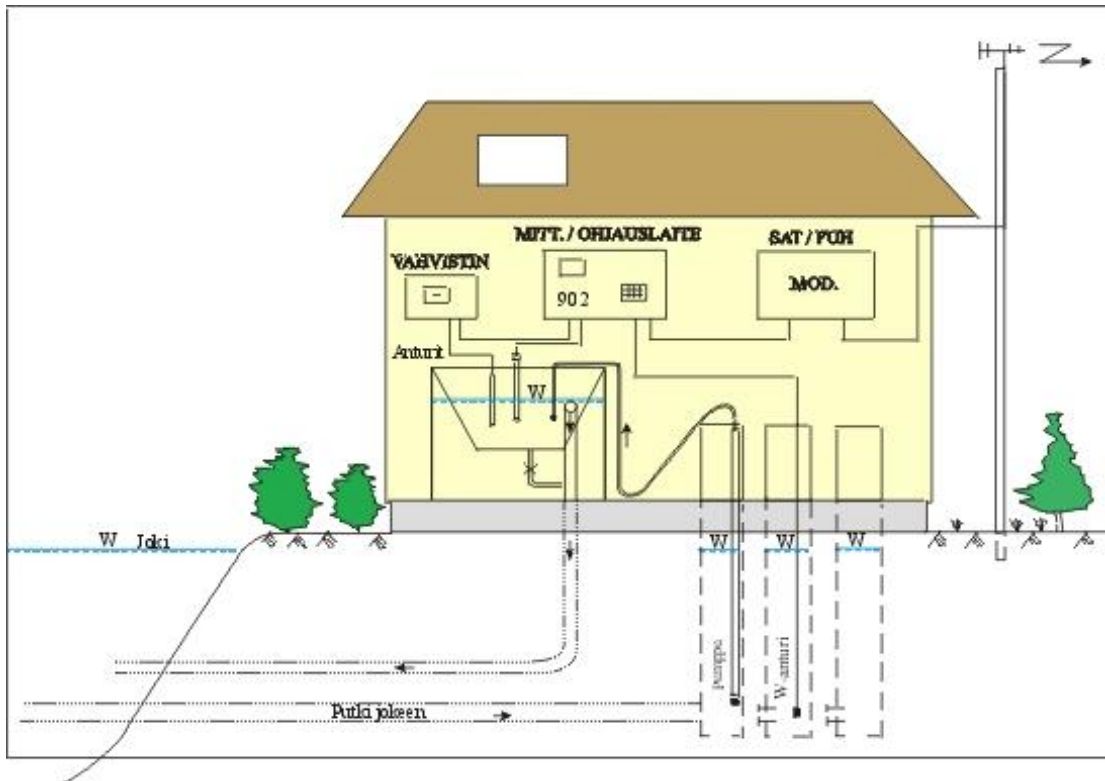


Kuva 2. Skatilan automaattinen mitta-asema.

Kyrönjoen mitta-asemilla jokivesi kierrätetään pumppaamalla läpi altaan, johon mitta-anturit on asennettu (Kuva 3, 4). Mitta-asemien altaat ovat ruostumatonta terästä ja ne ovat mittatilaustyönä tehtyjä. Eri asemien altaissa on joitain pieniä eroja esimerkiksi altaan syvyydessä. Veden vaihtuvuus altaassa on otettu huomioon siten, että pumpattu vesi tulee altaaseen altaan pohjalta ja poistuva vesi lähtee altaan yläosasta olevasta reiästä putkea pitkin takaisin jokeen. Mitta-asemilla on kaksi tai kolme kaivoa, joissa vedenkorkeusanturi ja vedenottopumppu sijaitsevat omissa kaivoissaan. Kolmas kaivo on mahdollisia testejä varten. Kaivot puhdistetaan yhdestä kahteen kertaan vuodessa.



Kuva 3. Malkakosken automaattisen mitta-aseman allas ja laitteistoa.



Kuva 4. Mitta-asemien toimintaperiaate.

Automaattisten mitta-asemien vedenottoputkien sijoittelu joen uomassa vaihtelee hieman (Liite 20–24). Malkakosken mitta-asemalle vesi virtaa kaivoon patoluukun yläpuolelta omalla painellaan, minkä jälkeen se nostetaan pumpun avulla altaaseen. Vedenottoputki on sijoitettu vaakasuorassa muutaman kymmenen senttimetrin korkeuteen pohjasta virtaa vasten. Vedenottoputken päässä on myös ritilä, joka suodattaa kaivoon menevää vettä. Nikkolan mitta-asemalla kaivo on välillä tukkeutunut lietteestä ja sen vuoksi vedenottoputki on asetettu vaakasuorassa 45° kulmaan myötävirtaan päin. Nikkolan pumpu on myös näin ollen vaihdettu tehokkaampaan, koska vedenottokorkeus on

suurempi muihin asemiin verrattuna. Muilla asemilla vedenottoputket on sijoitettu vaakasuorassa noin 90° kulmaan vastavirtaan päin, noin 30–40 senttimetrin korkeudelle pohjasta. Lukuun ottamatta Malkakosken asemaa, muilla ei ole asennettuna ritilää tai suodatinta vedenottoputken päähän.

3.1.2. Anturit ja muu laitteisto

Automaattisilla mitta-asetilla kullekin mitattavalle muuttujalle on oma anturinsa (Taulukko 3). Järjestelmän mittaukset perustuvat sähkövirran mittaukseen (mA). Järjestelmässä on kokeiltu eri valmistajien antureita kokemusten keräämiseksi. Antureiden valinnassa on kiinnitetty huomiota niiden mittausalueeseen ja -tarkkuuteen, huoltotarpeeseen ja lämpötilavaatimuksiin suhteessa hintaan. Anturit on sijoitettu altaaseen siten, että ne on helppo nostaa altaasta kalibrointia ja puhdistusta varten.

Mitta-asetilla on joka anturille näytöllinen vahvistin, joka muuttaa anturiviestin mA:ksi ja välittää tiedon logiikkayksikölle eli Labko902:een ja Malkakosken osalta Modicon TSX:lle. Logiikkayksiköistä tiedot siirtyvät LabkoWin-ohjelmaan Valvomoon. Järjestelmässä käytetään myös Labko901:n logiikkayksikköä, joka on tarkoitettu etupäässä pumppausasemien ohjaamiseen.

Taulukko 3. Mitta-asetilla vuonna 2008 käytössä olevat anturit ja vahvistimet.

Muuttuja	Mittauslaitteisto
Vedenkorkeus	Labko 4390 paineanturi ja 901 / 902 (vahvistin)
pH, Malkakoski	GLI PD1P1 (anturi)ja GLI P53 (vahvistin)
pH, muut asemat	GLI 6021 PO (anturi) ja GLI P53 (vahvistin)
Sähkönjohtavuus, Malkakoski	GLI 3725E2T (anturi) ja GLI E53 (vahvistin)
Sähkönjohtavuus, muut asemat	GLI 3625E2T (anturi) ja GLI 697 E3 (vahvistin)
Sameus, Skatila	Staiger Mohilo 7530SSN-T (anturi) ja 7110 MTF-FG Duo (vahvistin)
Sameus, Malkakoski	Polymetron WP-240 (anturi) ja TxPro-2 (vahvistin)
Kiintoaine, Skatila	Staiger Mohilo 7530SSN-T (anturi) ja 7110 MTF-FG Duo (vahvistin)
Kiintoaine, Malkakoski	Polymetron WP-260 (anturi) ja TxPro-2 (vahvistin)
A-klorofylli	Turner Designs, Algaewatch
Happi	Polymetron Oxistat T 9181 (anturi ja vahvistin)

pH-mittaukset suoritetaan antureilla, joissa on mittaus- ja vertailuelektrodin lisäksi maadoituselektrodi. pH-antureissa on vaihdettavat suolasillat. Sähkönjohtavuusmittauksissa käytetään polypropyleenisiä induktiivisia (elektrodittomia) antureita. Veden lämpötilaa mitataan pH-anturin kautta. Sähkönjohtavuus- ja pH-antureissa ovat lämpötilakorjaukset sisäänrakennettuina, koska lämpötila vaikuttaa molempiin mittauksiin (Suomen standardoimisliitto SFS 1979, 1994).

Malkakosken mitta-asetilla pH- ja sähkönjohtavuusantureille on asennettu pesurit, joita logiikkayksikkö ohjaa toimimaan siihen asennetuin aikaväleihin. Sameus- ja kiintoaineanturit ovat Malkakosken mitta-asetilla varustettu pyyhkijöillä ja Skatilan mitta-asetilla näille antureille on asennettu erilliset pesurit. Malkakosken ja Skatilan sameus- ja kiintoainemittaukset perustuvat 90° valonsirontaan. Malkakoskella hapen mittauslaitteisto on ollut jo jonkin aikaa epäkunnossa ja on lähetetty maahantuojalle korjattavaksi.

Antureita ja altaita käydään puhdistamassa, pesemässä ja kalibroimassa manuaalisesti. Talvikaudella anturit kalibroidaan ja puhdistetaan sekä altaat pestään yhdestä kahteen kertaan kuukaudessa. Heinä- ja elokuussa mittavälineet pestään kerran viikossa ja kalibroidaan joka toinen viikko. Suurempien virtaamien ja sateiden aikoina

pesua ja kalibrointia pyritään lisäämään, jos sen katsotaan vaikuttavan antureiden toimintaan. Erillinen happopesu pyritään suorittamaan pH-antureille kerran kuukaudessa tai kahdessa. Suolasillat vaihdetaan pH-antureihin vähintään kerran vuodessa.

3.1.3. Pumppaamot

Kyrönjoen yläosan pengerrysalueiden kuivana pito hoidetaan 22 tulvapumppaamalla, jotka on liitetty automaattiseen käyttöjärjestelmään. Kyrönjoen pumppaamot ovat erikokoisia ja erilaisia teknisiltä ratkaisuiltaan. Pumppaamot toimivat lähinnä ylivirtaamajaksoina. Kyrönjoen yläosan pumppaamot on suunniteltu siten, että kun vedenkorkeus joessa on alempi kuin tehokkaan maanviljelyn vaatima kuivatus, vesi poistuu pengerrysalueelta pumppaamatta. Pumppaamalla on asetettu pengerrysalueen vesille kynnyksen, siten että vettä padottuu hieman aina pengerrysalueelle. Tällä ratkaisulla pyritään vähentämään happamilta sulfaattimailta tulevaa happamuuskuormitusta. Pumput käynnistetään vasta silloin, jos vapaa virtaus ei riitä tai vedenpinta Kyrönjoessa nousee korkeammaksi kuin kuivatustavoite.

Pumppujen käynnistyskorkeudet asetetaan niin, että pumppausteho vastaa mahdollisimman tarkoin valuntaa pengerrysalueelta. Pumput käynnistyvät ja pysähtyvät valtaojan vedenkorkeuden ohjaamina niin, että kulloinkin on käytössä mahdollisimman pieni teho, valtaojien tasaava varastotilavuus tulee käytettyä hyväksi ja pumppaus jokeen seuraa varsin tarkoin pengerrysalueelta tulevan virtaaman vaihtelua.

Pumppaamoilta saadaan tietoa mm. joen ja pengerrysalueen vedenkorkeuksista, pumppujen käyntiajoista ja pumpatuista vesimääristä. Näiden lisäksi pumppaamoilla seurataan myös veden laatua. Kuudella pumppaamalla mitataan veden pH:ta ja lämpötilaa. Näitä ovat Munakan, Halkosaaren, Iskan, Pajuluoman, Seinänsuun ja Tieksin pumppaamot. Pumppaamoilla käydään huoltamassa antureita ja ottamassa vesinäytteitä kerran kuukaudessa. Talviaikaan veden mahdollisesti jäätyessä, huoltoa ei voi tehdä, koska anturit ovat tällöin jääkannen alla. Anturit pestään jäätilanteen salliessa happopesulla kerran kuukaudessa ja kalibroidaan kerran vuodessa.

Kyrönjoen pumppaamot toimivat automaattisesti, mutta niitä voidaan käyttää myös järjestelmän kautta. Paikallisohjausta voidaan muuttaa Valvomosta pumppaamokohtaisesti. Myös pumppausrajoja voidaan vapaasti muuttaa. Automaatio tuo mahdollisuuden käyttää pumppaamoja mm. vedenlaadun kannalta optimaalisella tavalla. Pumppujen kunnon seuraamiseksi kaikki pumput on varustettu virtamuuntimilla, joiden antamien tietojen perusteella määritetään pumppujen huoltotarve.

3.2. Aineiston hankinta ja käsittely

Tässä tutkimuksessa käytettiin viideltä automaattiasemalta (Skatila, Hanhikoski, Malkakoski, Kiikku, Nikkola) haettujen vesinäytteiden tuloksia vuodesta 2003 lähtien. Tulokset on otettu ympäristöhallinnon HERTTA-ympäristötietojärjestelmästä ja osa automaattisen mittauksen sameus- ja kiintoainetuloksista näytteenottolomakkeista. Vertailunäytteitä on otettu vuosina 2003–2008 keskimäärin kaksi kertaa kuukaudessa. Vertailunäytteet on otettu mitta-asemien altaista, joissa myös veden laatua mittaavat anturit sijaitsevat. Näytteet on analysoitu Länsi-Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa, joka on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T184 (päätös T184/M072006). Tutkimuksessa käytetyt akkreditoituneet menetelmät on esitetty taulukossa 4. Automaattinen mittaustulos on otettu näytteenottohetkellä mitta-aseman vahvistimen näytöltä.

Taulukko 4. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen ympäristölaboratorion käyttämät akkreditoidut menetelmät vuonna 2008.

Nro	Menetelmä	Yksikkö	Menetelmän periaate: viite	Määrittäysraja	Mittausepävarmuus
210	Sähkönjohtavuus	mS/m	SFS-EN 27888, 1994	0,5	≤ 10: 10 % > 10: 5 %
220	pH		SFS 3021, 1979	-	± 0,15
280	Sameus	FNU NTU	SFS-EN 7027, 2000	0,2	≤ 3: 15 % > 3: 10 %
290	Kiintoaine	mg/l	SFS-EN 872, 2005	1	≤ 20: 20 % > 20: 15 %
450	A-klorofylli	µg/l	SFS 5772, 1993	1	≤ 5: 20 % > 5: 15 %

Edellä mainittujen vertailunäytteiden lisäksi haettiin näytteitä 15 kertaa kolmelta (Skatila, Hanhikoski, Malkakoski) automaattiselta mitta-asemalta vuonna 2007 kesä- ja syyskuun välisenä aikana (Taulukko 5). Näytteet otettiin näytepulloihin 0,1 metrin syvyydestä mitta-aseman altaista. Skatilasta ja Malkakoskelta määritettiin pH, sähkönjohtavuus, sameus ja kiintoaine kun taas Hanhikoskelta ainoastaan pH ja sähkönjohtavuus. Näytteet analysoitiin saman päivän aikana Länsi-Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa. Kiiikon ja Nikkolan automaattisilta mitta-asemilta ylimääräisiä vertailunäytteitä ei otettu, koska ne sijaitsevat kauempana. Näytteenottolomakkeeseen merkittiin edellä mainittujen parametrien näytteenottohetken automaattinen mittaustulos mitta-aseman lähettimen näytöltä. Sen lisäksi lomakkeeseen kirjoitettiin myös veden lämpötila ja kellonaika, jolloin näyte oli otettu ja muita mahdollisia näytteenottohetkellä huomioitavia asioita.

Taulukko 5. Ylimääräiset näytteenottopäivät vuonna 2007.

VK 26	VK 28	VK 30	VK 31	VK 32	VK 34	VK 36	VK 37	VK 38
27.6.	10.7.	23.7.	31.7.	7.8.	20.8.	5.9.	11.9.	19.9.
28.6.	11.7.			8.8.	21.8.	6.9.	12.9.	

Ylimääräisiä vertailunäytteitä otettiin eri virtaamilla, jotta nähtäisiin, miten veden laatua mittaavat automaattiasemat toimivat eri virtaamissa verrattuna laboratoriossa määritettyihin näytteisiin. Näytteet, varsinkin pH, tuli määrittää näytteenottopäivänä, koska aikaisemmin on huomattu manuaalinäytteiden ja automaattisten mitta-asemien pH-arvojen välisen eron kasvavan kesäisin veden lämmentyessä. Näytteet analysoidaan tavallisesti vasta näytteenottoa seuraavana päivänä. Automaatti- ja vertailumittauksen eron kasvu taas saattaa johtua siitä, että näytteet jäädytetään yön yli säilytettäväksi ja lämmitetään uudelleen analysoitavaksi.

Mitattavista muuttujista pH on logaritminen, joka täytyy ottaa huomioon aineistoa käsitellessä. Laskettaessa pH:n tunnuslukuja arvot tulee muuttaa ensin vetyionikonsentraatioksi kaavalla $vetyionikonsentraatio = 10^{-pH}$ (Housecroft & Constable 2006). pH kuvaa veden happamuutta eli positiivisten vetyionien aktiivisuutta nesteessä. Happamuus määritetään laboratorio-oloissa potentimetrisesti pH-mittarilla, jossa on lasi- ja vertailuelektrodit. pH-mittauksessa häiriöitä voivat aiheuttaa näytteen kanssa kontaminoituvat happamat tai emäksiset liuokset. Myös alkalimetallit vaikuttavat pH-arvoon, kun se on yli 10. Sekä pH- että sähkönjohtavuusmittaukset suoritetaan laboratorio-oloissa 25 °C:ssa, koska lämpötilalla on vaikutusta molempiin mittauksiin (Suomen standardoimisliitto SFS 1979, 1994).

Sähkönjohtavuudella mitataan vedessä olevien ionien kuljettamaa sähkövirtaa eli se kuvaa veden ionisoituneiden aineiden määrää (Suomen standardoimisliitto SFS 1994). Sähkönjohtavuutta mitataan laboratoriossa platinaelektrodeilla varustetussa mittakennossa. Lämpötilan lisäksi mahdollisia häiriöitä sähkönjohtavuuden määrittämisessä voivat aiheuttaa suspendoituneen aineen määrä tai öljy, jotka likaavat elektrodeja muodostaen kerrostumia mittakennon päälle. Myös ilman hiilidioksidi ja ammoniakki voivat vaikuttaa häiritsevästi näytteen määrittämiseen sähköjohtavuuden ollessa alle yksi mS/m.

Tutkimuksessa käytetään sameudesta kolmea eri yksikköä. Nykyisen standardin (Suomen Standardoimisliitto SFS 2000) mukaan 1 FNU-yksikkö on arvoltaan sama kuin 1 FTU-yksikkö. Myös Malkakosken mitta-asetella käytettyä NTU-yksikköä pidetään arvoltaan samana kuin FTU- ja FNU-yksiköitä (Suomen Standardoimisliitto SFS 1989). Sameusmäärittämisessä häiriöitä voivat aiheuttaa näytteessä olevat ilmakuplat sekä värilliset aineet, jotka absorboivat valoa.

Näytteiden säilyttämisen vaikutusta mittaustuloksiin selvitettiin ottamalla kesällä 2007 Malkakosken mitta-asetalta 7.8. ja 8.8. suunnitelman mukaisen näytteenoton yhteydessä ylimääräiset pH-näytteet, jotka määritettiin laboratoriossa vasta seuraavana päivänä. Samana ajankohtana tutkittiin yhden päivän aikana miten pH vaihtelee näytteenoton jälkeisinä tunteina kuljetuksen aikana. Aseman mitta-asetalta otettiin 10 pH-näytettä, jotka säilytettiin valolta suojassa omassa kylmälaulukussaan kylmävaraajien kera, koska näytteiden lämpötila ei saisi nousta (Laatusuositus 2009). Näytteistä mitattiin kuuden tunnin aikana tunnin tai puolen tunnin välein kenttämittarilla (mikroprosessoripohjainen taskumittari pHScan ½) pH ja lämpötila, jotka merkittiin niille tehtyyn erilliseen lomakkeeseen. Kenttämittari kalibroitiin muutaman kerran mittausten välillä.

Automaattisten vedenlaatumittausten luotettavuutta tutkittiin vertailemalla automaattisia mittaustuloksia laboriomiittaustuloksiin, jotka edustavat tässä tutkimuksessa oikeita tuloksia. Laboriomiittauksesta käytetään myöhemmin myös sanaa vertailumittaus. Luotettavuutta selvitettiin automaattisen mittaustuloksen mahdollisella harhalla eli virheellä, joka saadaan vähentämällä automaattiaseman mittaustulos laboratoriossa määrittämisestä mittaustuloksesta. Jos harha on systemaattista, se voi olla mahdollista korjata. Jos taas hajonta on suurta, on tulosten korjaaminen vaikeampaa. Luotettavuustutkimuksen yhteydessä automaattisten mittaustulosten ja laboriomiittaustulosten välisiä eroja pH:n ja sähkönjohtavuuden osalta tutkittiin mm. lämpötilaan verrattuna. Sameuden ja kiintoaineen automaatti- ja laboriomiittaustulosten eroja tutkittiin virtaamaan ja lämpötilaan verrattuna.

Automaatti- ja laboriomiittaustuloksia analysoitiin Microsoft Excel -taulukko-ohjelman ja SPSS for Windows -ohjelman avulla. Tässä tutkimuksessa mittaustuloksia tarkasteltiin kahdella eri jaksolla, jotka olivat 1.1.2003–31.10.2006 (tutkimusjakso 1) ja 1.11.2006–31.10.2008 (tutkimusjakso 2). Jokaisen aseman automaatti- ja laboriomiittaustuloksia tarkasteltiin vuodesta 2003 vuoteen 2008 saakka, joskin vuosien 2007 ja 2008 tuloksia tarkasteltiin hieman tarkemmin.

Kaikilta viideltä mitta-asetalta kerättiin automaattiset mittaustulokset LabkoWin-tietokannasta aikavälillä 1.5.2003–31.10.2008. Ohjelman tietokannasta tiedot siirrettiin Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Mittaustuloksista tehtiin aikasarjoja, joissa tutkittiin automaattisia mittauksia. Kaikista tietokantaan tallentuneista tuloksista laskettiin päiväkeskiarvot ja niiden hajonnat. Näistä tehtiin ns. verhoikäyrä, johon liitettiin myös pistearvoina laboratoriossa määritetyt mitta-asettien vedenlaadun mittaustulokset.

Kuudella Kyrönjoen pumppaamolla (Munakka, Halkosaari, Iskala, Pajuluoma, Seinänsuu, Tiekki) mitataan automaattisesti veden lämpötilaa ja pH:ta. Pumppaamoiden automaattisia mittaustuloksia vertailtiin laboratoriotuloksiin aikavälillä 1.1.2006–31.10.2008. Vertailuaineisto kerättiin ympäristöhallinnon Hertta-tietokannasta ja automaattiset mittaustulokset LabkoWin-tietokannasta. Pumppaamoilla anturit sijaitsevat keskimäärin kolmen metrin päästä paikasta, josta vesinäytteet laboratorioanalysointiin otetaan. Vertailunäytteiden veden on ajateltu näin ollen edustavan samanlaatuista vettä antureiden mittaaman veden kanssa. LabkoWin-tietokannasta on valittu selvästi häiriintymätön mittaustulos, joka on ajallisesti lähellä pumppaamolla tapahtunutta näytteenottohetkeä. Täysin samanaikaista mittaustulosta näytteenoton kanssa ei ollut mahdollista saada, koska pumppaamoilla ei ole samanlaisia näytöllisiä vahvistimia kuin automaattisilla mitta-aseilla.

4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

4.1. Automaattinen pH-mittaus

Tutkimusjaksoilla 1.1.2003–31.10.2006 (1) ja 1.11.2006–31.10.2008 (2) automaatti- ja vertailumittausten väliset pH-erot ovat olleet keskimäärin liian suuria (Taulukko 6). Erojen suuruus on jopa hieman kasvanut kahden viimeisen vuoden aikana.

Skatilan automaattisen mitta-aseman pH-mittaukset ovat eronneet molempien tutkimusjaksojen aikana keskimäärin eniten vertailumittauksista (Taulukko 6). Suurin ero, 1,1 pH-yksikköä, on ollut mittausten välillä kesäkuun 2008 aikana kahdesti. Myös kuukausittain molemmilla tutkimusjaksoilla tarkasteltuna automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen hajonta on ollut suurinta Skatilassa (Liite 1).

Taulukko 6. pH:n automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen tilastollisia tunnuslukuja kahdella tutkimusjaksolla. Keskiarvo ja -hajonta on laskettu pH-arvojen vetyionikonsentraatioista.

Mitta- asema	1.1.2003–31.10.2006					1.11.2006–31.10.2008				
	N	Min.	Maks.	Keski- arvo ₁	Keski- hajonta ₁	N	Min.	Maks.	Keski- arvo ₁	Keski- hajonta ₁
Skatila	105	-0,3	1,1	0,42	0,31	84	-0,6	1,1	0,45	0,24
Hanhikoski	81	-0,6	0,7	0,30	0,20	62	-0,6	0,9	0,32	0,18
Malkakoski	84	-0,1	0,6	0,28	0,16	62	0,2	0,6	0,39	0,10
Kiikku	97	-0,4	0,8	0,29	0,19	53	-0,4	0,8	0,34	0,22
Nikkola	91	-0,2	0,9	0,40	0,23	51	-0,4	0,9	0,35	0,24

₁ laskettu erojen itseisarvoista

Automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat olleet samantapaisia vuodenaikaisten vaihteluiden osalta, jolloin molemmilla tutkimusjaksoilla, jokaisella asemalla, on ollut huomattavissa kesäaikaista erojen kasvua (Liite 1).

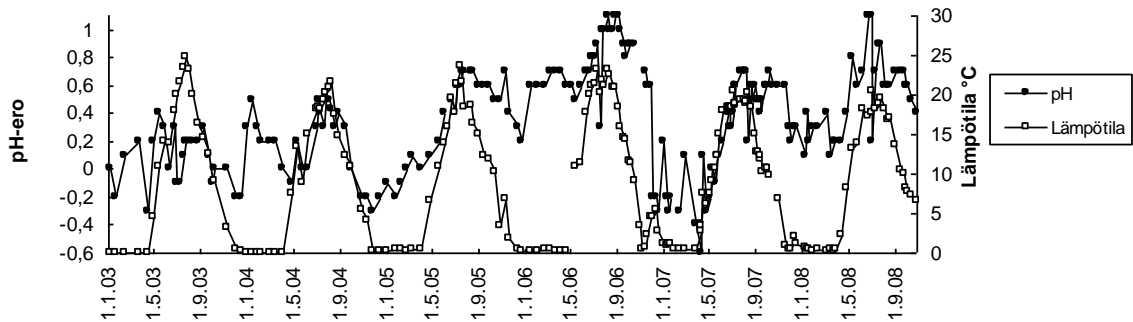
Skatilan automaattinen pH-mittaus

Skatilan automaattisella mitta-aseamalla vain 62 kpl eli 32 % automaatti- ja vertailumittausten eroista koko tutkimusjaksolla on ollut ns. hyväksyttävällä tasolla eli välillä -0,2 ja 0,2. Kun vuonna 2003 hyväksyttävällä tasolla olleita automaatti- ja vertailumittausten eroja oli jopa 76 %, niin vuonna 2006 niiden määrä oli 5,4 %. Vuosina 2007 ja 2008 prosenttiosuudet olivat 27 ja 23.

Skatilassa automaattinen pH-anturilla on useasti mitattu selvästi pienempiä tuloksia laboratoriomittaustuloksiin verrattuina (Liite 1). Kesäkuukausina lämpimän veden aikana pH:n automaatti- ja vertailumittausten välinen ero on yleisesti kasvanut niin, että

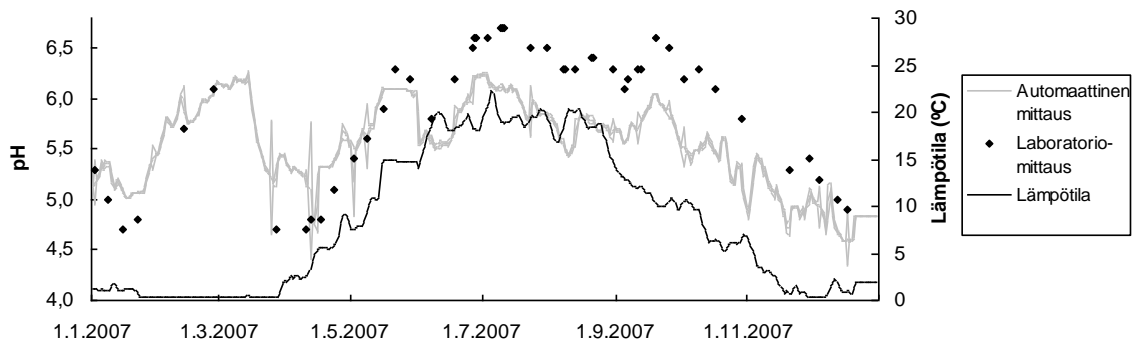
automaattisella mitta-anturilla on mitattu selvästi pienempiä arvoja. Lämpötilalla näyttää olevan vaikutusta pH-anturin toimintaan ja voi olla, että lämpötilakorjaus laitteessa ei toimi.

Vuonna 2006 automaattisella pH-anturilla on mitattu lähestulkoon koko ajan pienempiä arvoja laboratoriomittauksiin verrattuina (Kuva 5). Vuoden 2008 mittaustulokset ovat olleet samansuuntaisia (Kuva 5, 7). Vuonna 2007 erojen vaihtelut vuoden sisällä ovat olleet suuria, koska laitteisto on vaihdettu.

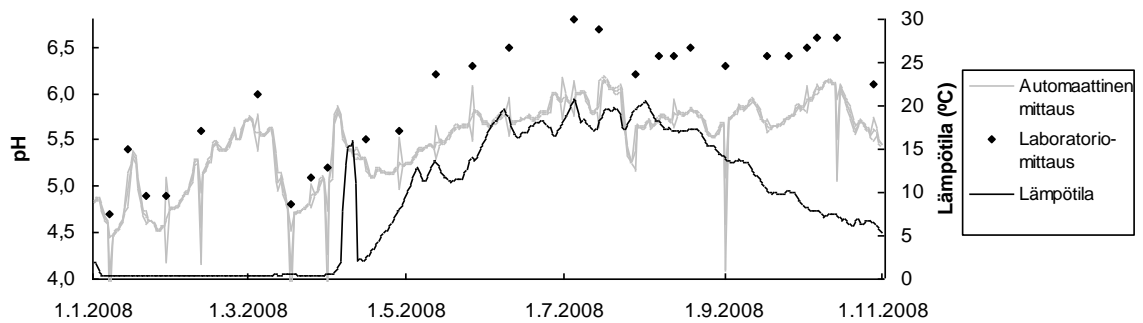


Kuva 5. Skatilan pH:n automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Automaattisen mittauksen verhoikäyrässä näkyi vuosina 2007 ja 2008 selvästi kesäaikaiset automaatti- ja vertailumittausten väliset erot, jotka hieman kaventuivat talviaikana (Kuva 6, 7). Keskihajonnan äkillinen ja lyhytaikainen suureneminen verhoikäyrässä on ollut suurimmaksi osaksi huoltokäynneistä johtuvaa. Huoltokäynnit eivät kuitenkaan ole joka kerta aiheuttaneet äkillistä vaihtelua hajonnassa. Vuonna 2003 automaattinen mittaus on pysynyt vertailumittausten kanssa samoissa arvoissa, mutta siitä eteenpäin erot ovat joka vuosi kasvaneet (Liite 5). Vaikka pH-anturi vaihdettiin vanhaan Hiirikosken anturiin keväällä 12.4.2007, se ei auttanut. Kesällä 2007 erot olivat taas kasvaneet liian suuriksi.



Kuva 6. Vuonna 2007 Skatilan automaattisen pH-mittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaus tulos.



Kuva 7. Vuonna 2008 Skatilan automaattisen pH-mittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.

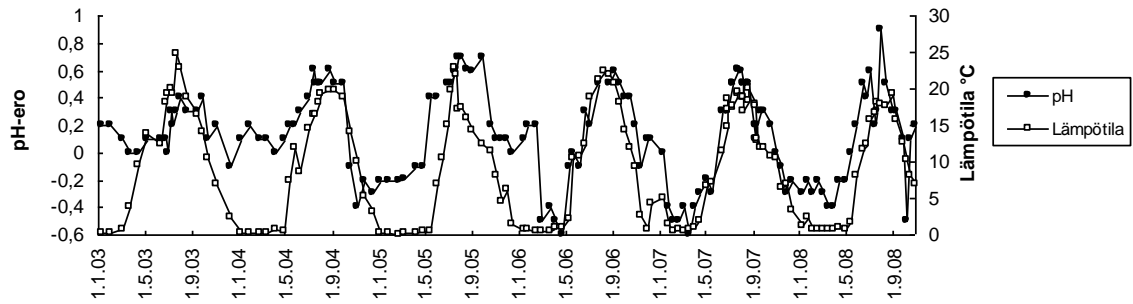
Skatilan automaattisen pH-mittauksen verhokäyrien mukaan tiedonsiirrossa ja tallennuksissa ei ole tapahtunut suuria häiriöitä (Liite 5). Vuonna 2005 pH-mittauksen arvo on jumiutunut 20.8.–9.9. välisenä aikana sekä myös vuonna 15.5.–29.5.2007. Näinä hetkinä ei kuitenkaan ole merkitty huolto- tai näytteenottoja tapahtuneen asemalla.

Skatilan automaattisia pH-mittauksia ei voida pitää tällä hetkellä luotettavina. Huoltotoimenpiteillä ei ole ollut huomattavaa eikä selvästikään pitkäaikaista vaikutusta mittausten paranemiseen. Skatilan automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen suuri hajonta on selvä merkki laitteiston epäluotettavuudesta.

Hanhikosken automaattinen pH-mittaus

Hanhikosken automaattisen mitta-aseman pH-mittaukset ovat molemmilla tutkimusjaksoilla eronneet keskimäärin yhtä paljon vertailumittauksista erojen ollessa liian suuria (Taulukko 6). Suurin ero, 0,9 pH-yksikköä, on ollut automaatti- ja vertailumittausten välillä heinäkuun 2008 aikana. Vain 65 kpl eli 45 % automaatti- ja vertailumittausten eroista koko tutkimusjaksolla on ollut ns. hyväksyttävällä tasolla eli välillä -0,2 ja 0,2. Vuonna 2007 hyväksyttäviä mittauksia oli vain 29 %, mikä todennäköisesti oli seurausta suuremmasta määrästä kesällä haettuja vertailunäytteitä, koska kesäisin automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat yleisesti olleet suurempia kuin muina aikoina.

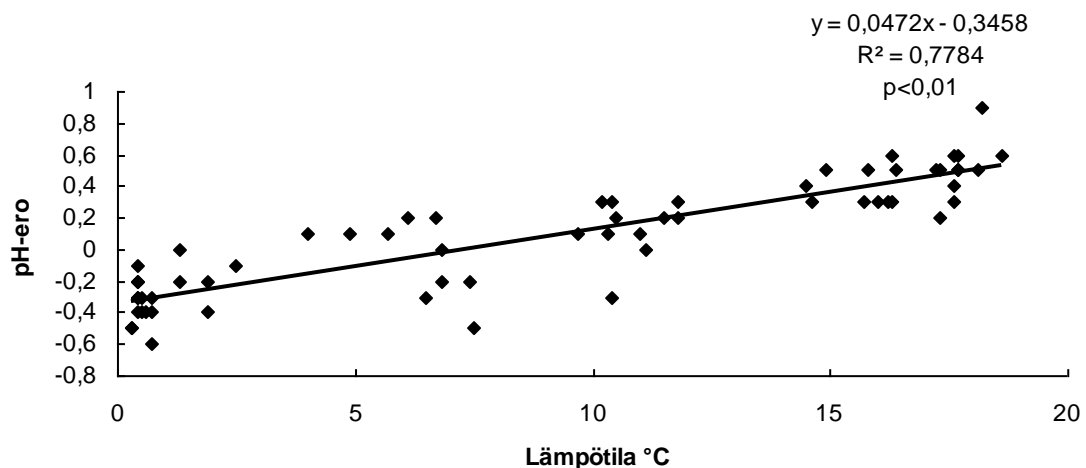
Hanhikoskella automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen hajonta on vuoteen 2004 saakka ollut pientä, mutta kasvanut sen jälkeen (Kuva 8, liite 6). Vuosina 2005–2008 lämpötilalla näyttäisi olevan vaikutusta erojen suuntaan. Veden viilentyessä automaattisella mitta-anturilla on mitattu selvästi suurempia arvoja laboratoriomittauksiin verrattuna. Kesäaikana tilanne on ollut päinvastainen.



Kuva 8. Hanhikosken pH:n automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Myös Hanhikoskella kuukausien väliset automaatti- ja vertailumittauksien erojen vaihtelut olivat huomattavan suuret (Liite 1). Kesä- ja syyskuun välisenä aikana pH:n automaatti- ja vertailumittauksien välinen ero on kasvanut niin, että automaattinen pH-anturi on mitannut joka näytteenotokerralla tutkimusjaksolla kaksi pienempiä arvoja ja tutkimusjaksolla yksi lähestulkoon aina.

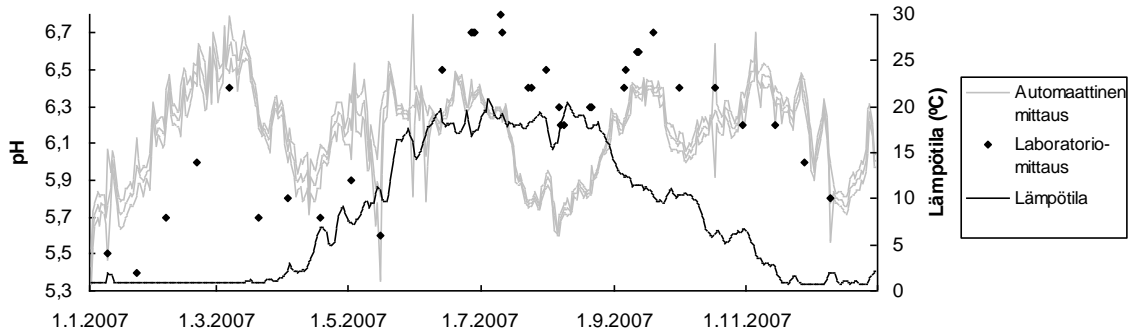
Lämpötilalla vaikuttaisi Hanhikoskella olevan vaikutusta pH-anturin toimintaan (Kuva 9). Vaikka korrelaatio on ollut tutkimusjakson kaksi aikana huomattava ($r = 0,88$), voi sen perusteella kuitenkin vain todeta, että riippuvuussuhteiden tarkempaan selvittämiseen näyttäisi olevan aiheita (Heino 1978). Lämpötilan ylittäessä $+11\text{ °C}$, on automaattisella pH-anturilla mitattu samaa tai pienempää pH-arvoa kuin vertailumittauksella. Suoran molemmin puolin hajonta oli suurta varsinkin tätä matalammilla lämpötiloilla. Aivan matalimmilla lämpötiloilla automaattisella anturilla on mitattu yhtä suuria tai suurempia arvoja kuin vertailumittauksilla.



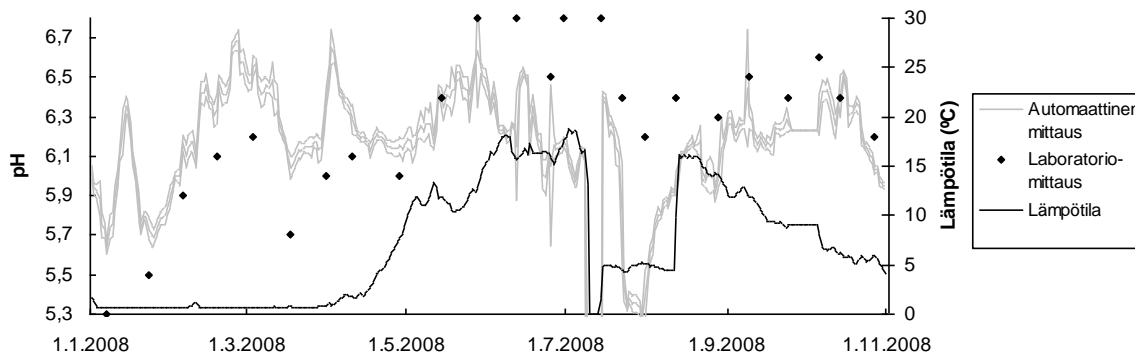
Kuva 9. Tutkimusjakson kaksi Hanhikosken automaattisten pH:n automaatti- ja vertailumittauksien erot suhteessa veden lämpötilaan ($n = 62$).

Touko- ja kesäkuussa automaatti- ja vertailumittauksien välisen eron suunta on selkeästi vaihtunut vuosina 2007 ja 2008 (Kuva 10, 11). Vuoden vaihteessa eron suunta on muuttunut toisinpäin ja myös vuoden 2008 joulukuussa automaattisella anturilla on mitattu jälleen suurempia arvoja kuin vertailumittauksilla (Hertta -tietokanta). Myös Hanhikosken

aineistossa näkyy huolto- ja näytteenottokäyntien aiheuttamia lyhytaikaisia ja suuria hajontoja. 30.5.2007 aineistossa havaittu suuri hajonta on ollut myös huoltokäynnin aiheuttama, vaikka verhokäyrässä huoltokäyntiä ei ole merkitty. Hanhikosken pumpun on tällöin havaittu olevan rikki, eikä näytettä ole tällöin otettu, mutta käynnillä tehdyt toimenpiteet ovat kuitenkin aiheuttaneet muutoksia pH-mittauksessa.



Kuva 10. Vuonna 2007 Hanhikosken automaattisen pH-mittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskiahajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



Kuva 11. Vuonna 2008 Hanhikosken automaattisen pH-mittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskiahajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.

9.7.–14.7.2008 automaattisen mittauksen arvo on jumiutunut arvoon 3 ja palautunut sieltä seuraavalla huoltokäynnillä (Kuva 11). Kuitenkin mittauksissa on ollut selvää häiriötä elokuun puoleen väliin saakka, koska myös lämpötilamittaus on ollut väärällä tasolla ja se saadaan myös pH-anturin kautta. Myös vuosina 2004 ja 2005 on LabkoWin-tietokannassa tapahtunut jumiutumisia tai lyhytaikaisia tallentuneita tuloksia arvoon 3, mutta ne ovat yleensä palautuneet normaaleiksi seuraavien huoltokäyntien jälkeen (Liite 6).

Hanhikosken automaattisia pH-mittauksia ei tämän tutkimuksen perusteella voida pitää luotettavina liian suurten ja suunnaltaan suuresti vaihtelevien automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen vuoksi.

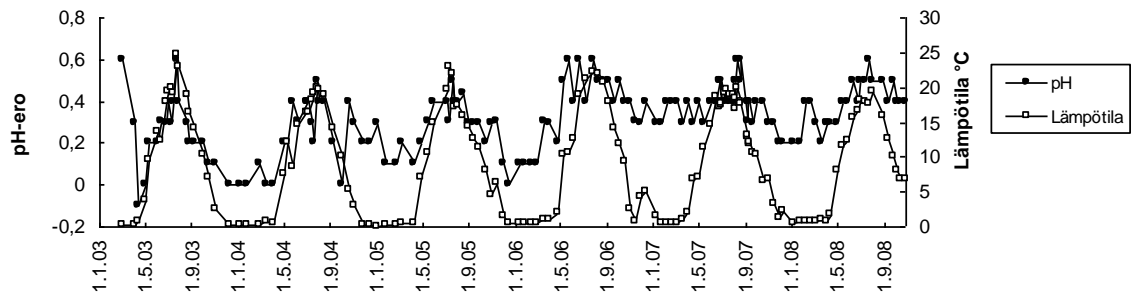
Malkakosken automaattinen pH-mittaus

Malkakoskella automaattisen mittauksen vaihtelu verrattuna laboratoriomittauksiin on ollut pienempää kuin muilla asemilla. Koko tutkimusjakson kaksi aikana anturilla on mitattu 0,2–0,6 pH-yksikköä pienempää arvoa kuin vertailumittauksella (Taulukko 6).

Keskimääräinen ero on ollut kuitenkin tutkimusjaksolla kaksi liian suuri. Vain 65 kpl eli 45 % automaatti- ja vertailumittausten välisistä eroista koko tutkimusjaksolla on ollut ns. hyväksyttävällä tasolla eli välillä -0,2 ja 0,2. Vuonna 2007 hyväksyttävällä tasolla olleita mittausten eroja oli vain 29 %, mikä todennäköisesti johtui kesällä haettujen vertailunäytteiden suuremmasta määrästä.

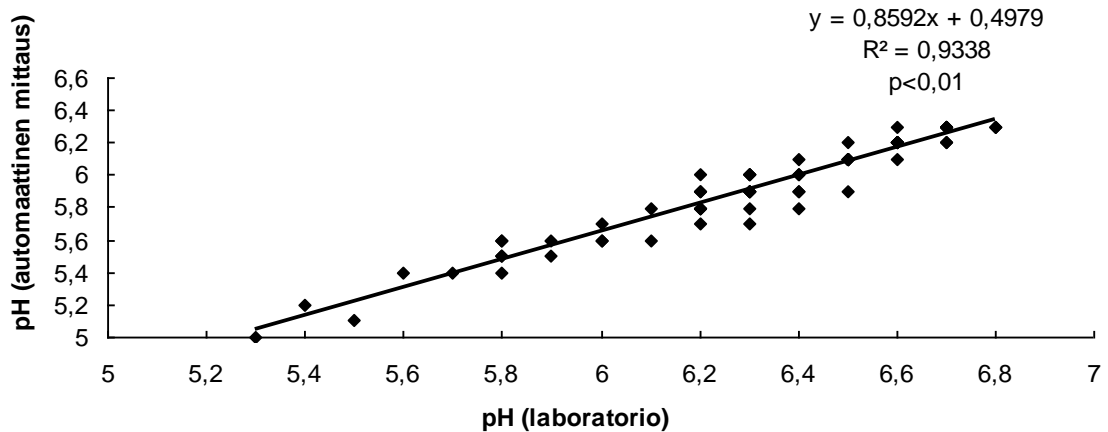
Kesäkuukausina kesä-syyskuun aikana on molempien tutkimusjaksojen aikana ollut pH:n automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen suurenemista eli tällöin mitta-aseman anturi on mitannut lähes aina pienempää pH-arvoa kuin laboratoriomittaus (Liite 1). Kuitenkin Malkakoskella kuukausien väliset pH:n automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen vaihtelut ovat olleet pieniä. Malkakoskella laitteisto on hankittu myöhemmin kuin muilla asemilla ja tämä voi olla syy Malkakosken pieneen eron vaihteluun automaatti- ja vertailumittausten välillä.

Malkakosken automaattisen pH-mittauksen ja laboratoriomittauksen väliset erot ovat vaihdelleet kesään 2006 saakka lämpötilan mukana, minkä jälkeen ne eivät ole enää vaihdelleet suuresti vuodenajan mukaan (Kuva 12, liite 7). Kesästä 2006 lähtien automaattisella pH-anturilla on mitattu keskimäärin 0,3–0,4 yksikköä pienempää arvoa kuin laboratoriomittauksella. Mutta vaikka erot ovat tasaantuneet, ne ovat kuitenkin keskimäärin suurentuneet.



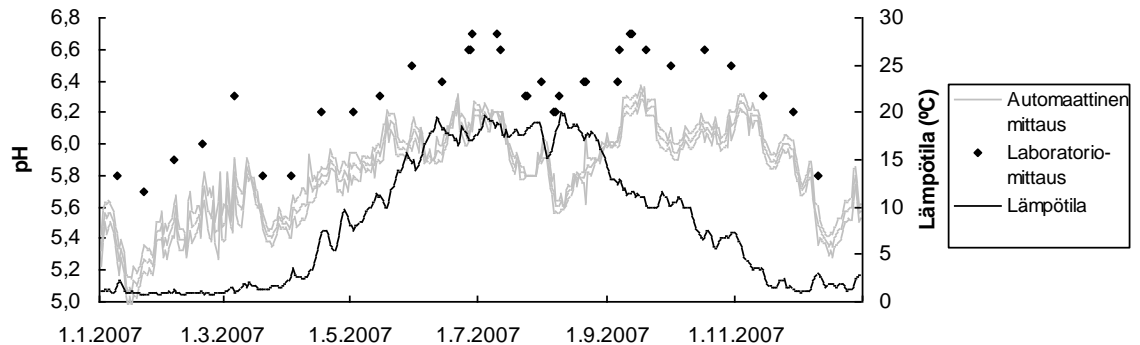
Kuva 12. Malkakosken pH:n automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Malkakoskella automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero on pysynyt suhteellisen vakiona läpi vuoden. (Kuva 14, 15). Automaattisen mittauksen virhe on ollut tutkimusjakson kaksi aikana selvästi systemaattista ja jos se jatkuisi samanlaisena, voisi olla mahdollista mallintaa automaattisen mittauksen virhe regressiosuoran yhtälön avulla tulevaisuudessa (Kuva 13).

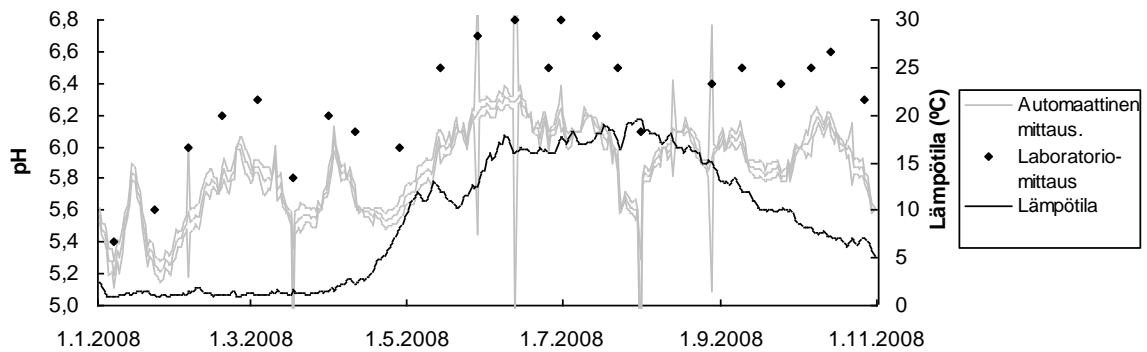


Kuva 13. Tutkimusjakson kaksi Malkakosken pH:n automaatti- ja vertailumittausten välinen regressiosuora (n = 62).

Vuonna 2008 suuri hajonta automaattisessa mittauksessa on johtunut suurilta osin huoltokäynneistä (Kuva 15). Kuitenkaan vuoden 2007 aineistossa ei ole yhtä suurta hajontaa huoltokäyntien aikana (Kuva 14). Muutoinkin suurempaa hajontaa on ollut havaittavissa vuoden 2008 aineistossa. On myös selkeästi huomattavissa, että huoltokäynneillä suoritettut pesut ja kalibroinnit eivät ole palauttaneet automaattista mittausta vertailumittausten tasolle.



Kuva 14. Vuonna 2007 Malkakosken automaattisen pH-mittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaus.



Kuva 15. Vuonna 2008 Malkakosken automaattisen pH-mittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskiahjonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.

Malkakoskella verhokäyrien mukaan tiedonsiirrossa ja tallennuksissa ei ole tapahtunut suuria häiriöitä (Liite 7). Vuonna 2005 pH-mittauksen arvo on käynyt pari kertaa nollassa, mikä on tehnyt suuren hajonnan aineistoon. Näinä hetkinä ei kuitenkaan ole merkitty huolto- tai näytteenottoja tapahtuneen asemalla.

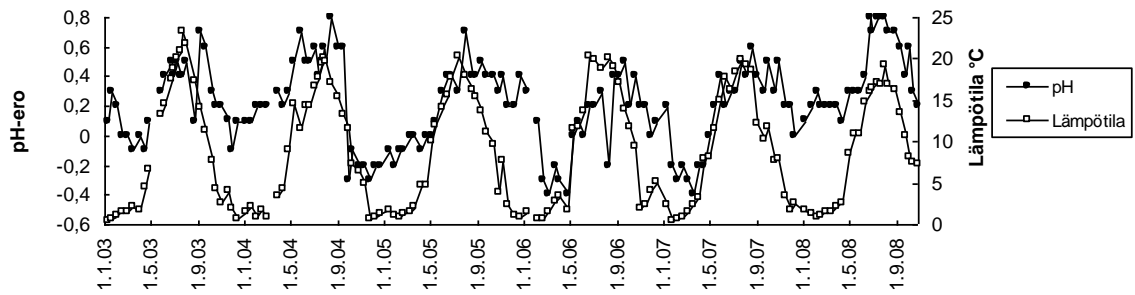
Malkakosken automaattista pH-mittausta ei voida myöskään pitää luotettavana ja oikeana liian suurten erojen vuoksi. Kuitenkin sitä voisi käyttää hyväksi oikean pH-arvon selvittämisessä, jos virheen suuruus laboratoriomittauksiin pysyisi yhtä tasaisena tulevaisuudessakin.

Kiikun automaattinen pH-mittaus

Kiikun automaattiset pH-mittaustulokset ovat olleet laboratoriomittauksiin verrattuina liian suuria molemmilla tutkimusjaksoilla (Taulukko 6). Keskimääräinen ero ja niiden hajonta ovat kasvaneet tutkimusjaksolla kaksi. Yhteensä 69 kpl eli 45 % automaattija vertailumittausten välisistä eroista koko tutkimusjaksolla on ollut ns. hyväksyttävällä tasolla eli välillä -0,2 ja 0,2. Prosenttiosuudet ovat eri vuosina vaihdelleet välillä 39–54. Kuitenkin vuonna 2008 hyväksyttävien mittausten määrä on ollut vain 33 %.

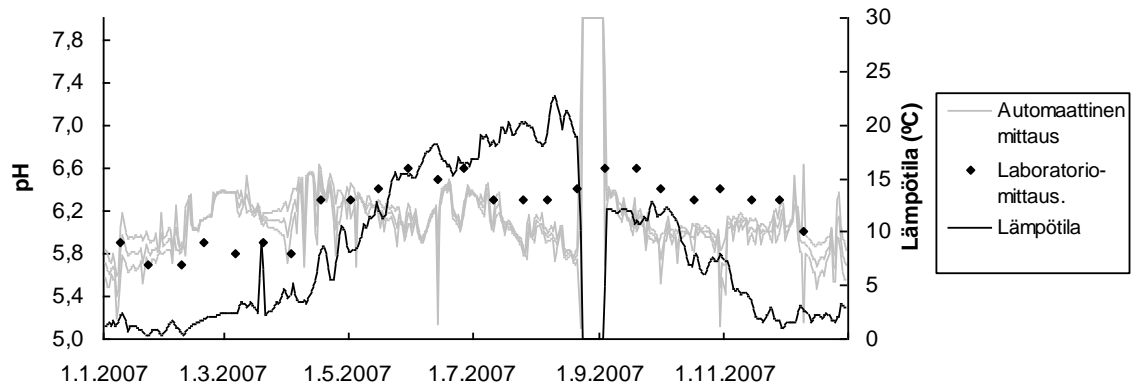
Myös Kiikun pH:n automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat keskimäärin kasvaneet kesäkuukausien aikana veden lämpötilan noustessa (Liite 1). Toukokuusta syyskuuhun mitta-aseman anturi on koko tutkimusjaksolla mitannut yhtä suurta tai pienempää pH-arvoa kuin vertailumittaus kahta kertaa lukuun ottamatta. Tutkimusjaksolla kaksi heinä-syyskuun välisenä aikana automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat olleet joka kerralla vähintään 0,3 pH-yksikköä. Kuitenkin molemmilla tutkimusjaksoilla erojen suuruus on vaihdellut suuresti.

Kiikun automaattisella mitta-asemalla vuosina 2003–2007 automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen suuruus on vaihdellut suuresti kuukausien välillä (Kuva 16, liite 8).

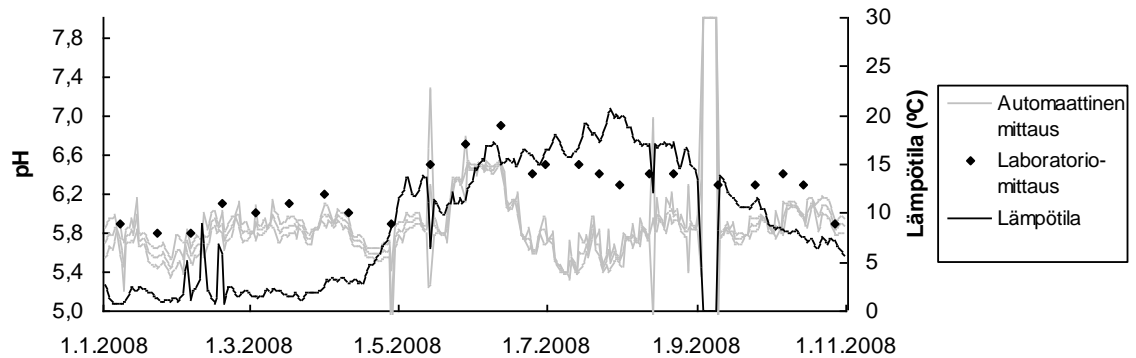


Kuva 16. Kiikun pH:n automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Kevään 2007 jälkeen Kiikun automaattisella pH-anturilla on mitattu ainoastaan vertailumittauksia pienempiä arvoja, mutta kesäaikaiset erot ovat olleet kuitenkin vuonna 2008 huomattavan suuria (Kuva 17, 18). Molempina vuosina on myös ajanjaksoina 23.8.–2.9.2007 ja 3.9.–8.9.2008 automaattisella anturilla mitattu vain arvoa 8. Häiriö on aiheutunut todennäköisesti pH-laitteistosta ja vika on korjaantunut seuraavalla huoltokäynnillä. Tästä ei ole kuitenkaan ollut tarkempaa mahdollista selitystä tai huomiota näytteenottolomakkeessa.



Kuva 17. Vuonna 2007 Kiikun automaattisen pH-mittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksien tulos.



Kuva 18. Vuonna 2008 Kiiikun automaattisen pH-mittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskiahajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksustulos.

Myös vuoden 2005 loka-marraskuun vaihteessa (30.10.–7.11.2005) automaattinen mittaus on jumiutunut arvoon 8 (Liite 8). Vuoden 2006 alussa (13.1.–30.1.2006) mittauksustulos on taas jumiutunut arvoon 8, joka on johtunut todennäköisesti siitä, että pH-laite onkin ollut korjauksessa. Vuoden 2004 elokuussa ja joulukuussa on myös ollut päivän ja parin kestävä arvon jumiutumiset arvoon 8, mutta näiden syystä ei ole tarkempaa tietoa.

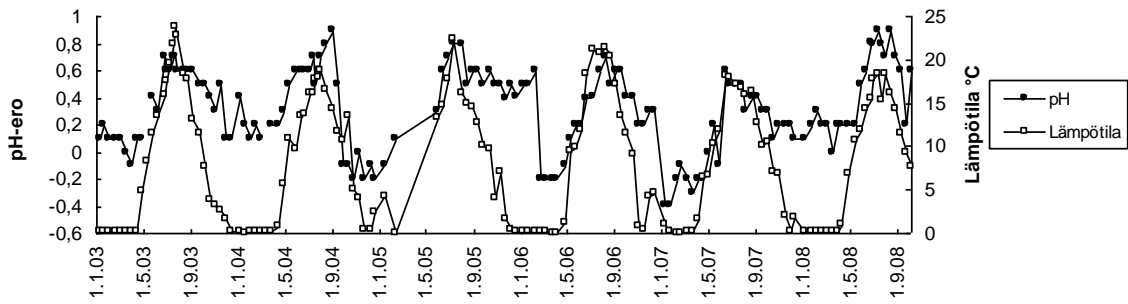
Kiiikussa lämpötilalla vaikuttaisi olevan antureiden toimintaan eniten vaikutusta kesäkuukausina lämpimän veden aikana, jolloin pH-anturit ovat selvimmin mitanneet liian pieniä arvoja. Tutkimusten mukaan pH-mittauksia ei voida pitää luotettavina Kiiikun automaattisella mitta-asetelmalla.

Nikkolan automaattinen pH-mittaus

Nikkolan automaattiset pH-mittaukset ovat olleet laboratoriomittauksiin verrattuna liian isoja molemmilla tutkimusjaksoilla, vaikkakin keskimääräinen ero on hieman pienentynyt tutkimusjaksolla kaksi (Taulukko 6). Yhteensä 59 kpl eli 42 % automaatti- ja vertailumittauksien välisistä eroista koko tutkimusjaksolla on ollut ns. hyväksyttävällä tasolla eli välillä -0,2 ja 0,2. Prosenttiosuudet ovat vaihdelleet välillä 39–52, mutta vuonna 2005 hyväksyttäviä mittauksia oli vain 12 %.

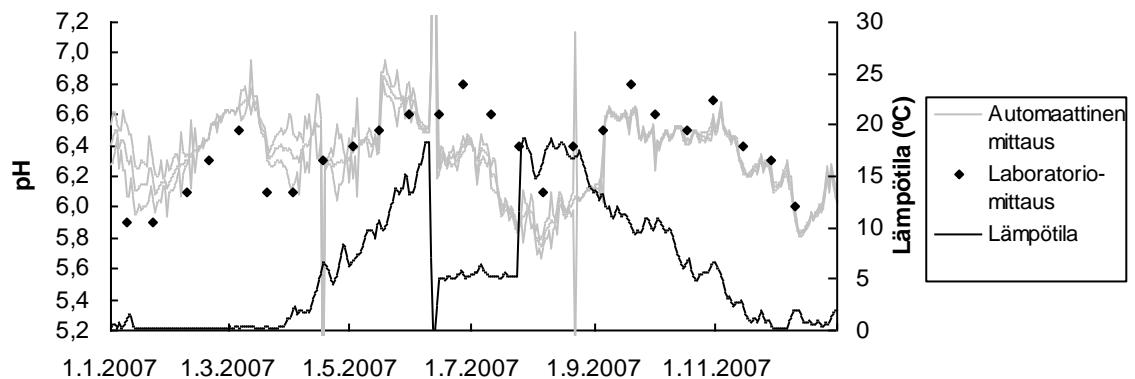
Nikkolan pH:n automaatti- ja vertailumittauksien väliselle erolle on ollut ominaista kesäaikainen suureneminen veden lämmitessä ja yleisesti vuoden sisäinen vaihtelu on ollut suurta (Liite 1, kuva 19). Molemmilla tutkimusjaksoilla heinä- ja elokuussa automaattisen mittauksen erot vertailumittauksiin ovat olleet 0,3–0,9 yksikköä. Tutkimusjaksolla kaksi automaattinen mittaus on ollut alkuvuodesta suurimmaksi osaksi luotettavalla tasolla, mutta erot ovat kasvaneet nopeasti touko-kesäkuun vaihteessa.

Nikkolassa automaatti- ja vertailumittauksien väliset erot ovat vaihdelleet vuosien välillä (Kuva 19, liite 9). Vuosien 2003, 2004 ja 2008 alkupuolilla erot ovat pysytelleet sallituissa rajoissa, mutta erojen vaihtelut esimerkiksi vuoden 2006 alussa ja seuraavana vuodenvaihteena ovat olleet suuret. Nikkolan automaattisella mitta-asetelmalla on ollut pieni tauko vertailunäytteissä vuoden 2005 alkupuolella, koska kaivon on huomattu olleen tukossa 10.2. ja seuraavat vertailunäytteet asemalta on otettu vasta 2.6.

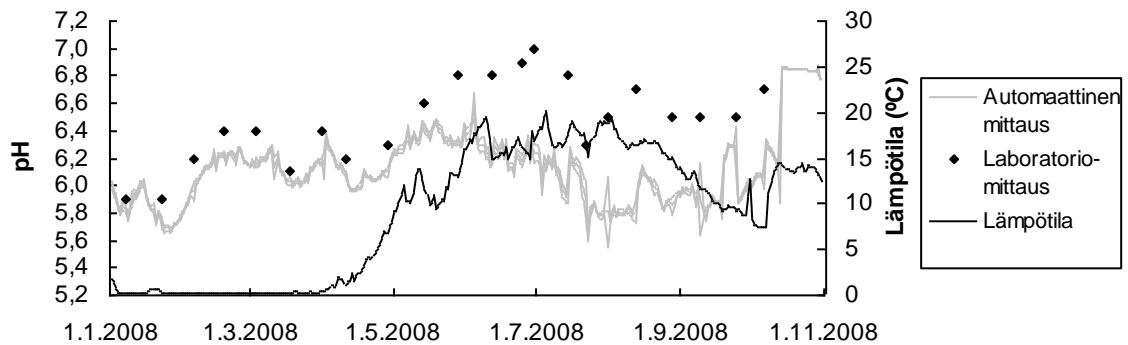


Kuva 19. Nikkolan pH:n automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Vuoden 2007 kesästä lähtien Nikkolan pH-anturi ei ole mitannut yhtään suurempaa arvoa laboriomittaukseen verrattuna (Kuva 20, 21). Eroissa ei ole kuitenkaan huomattavissa samanlaista systemaattista eroa, kuten oli Malkakosken pH-mittauksissa. Nikkolan automaattiset pH-mittaukset vaihtelivat oikeaan suuntaan pH-arvon muuttuessa, mutta eivät kuitenkaan riittävästi, mikä näkyi selkeänä erona laboriomittauksiin verrattuina.



Kuva 20. Vuonna 2007 Nikkolan automaattisen pH-mittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksustulos.



Kuva 21. Vuonna 2008 Nikkolan automaattisen pH-mittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskiahajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksustulos.

Nikkolan automaattisella mitta-asetalla suurin osa hajonnasta on seurausta huolto- ja näytteenottokäynneistä. Kuitenkin vuoden 2004 heinäkuussa automaattinen mittaus on jumittanut arvoon 8 parin päivän ajaksi (Liite 9). Myös vuoden 2007 kesäkuussa mittaus on jumittanut muutaman päivän ajaksi arvoon 8 (Kuva 20). Vuoden 2008 loppupuolen automaattisten mittausten liian korkeat pH-arvot ovat todennäköisesti seurausta pumpun ongelmista (Kuva 20). Pumppu on vaihdettu asemalla 28.11.2008.

Lämpötilalla vaikuttaisi Nikkolankin pH-mittauksissa olevan merkitystä eniten kesäaikaisten automaatti- ja vertailumittausten välisiin eroihin. Tutkimusten mukaan pH-mittauksia ei voida pitää luotettavina Nikkolan automaattisella mitta-asetalla.

Yhteenveto pH-mittauksista

Kyrönjoen jokaisella automaattisella vedenlaadun mittausasemalla pH:n automaatti- ja vertailumittausten väliset erot olivat liian suuria ja näin ollen automaattisia pH-mittauksia ei voida pitää luotettavana. Kesäaikaisen mittauserojen suureneminen niin, että automaattinen anturi mittaa pienempiä arvoja kuin vertailumittaukset, on ominaista joka asemalla (Liite 1). Ainoastaan Malkakosken pH-mittausten erot olivat tasaisempia ja suurin syy siihen on todennäköisesti uudempi laitteisto, joka on hankittu vuonna 2003, kun muiden asemien laitteet on hankittu 1990-luvun puolella.

Ei voida kuitenkaan varmasti sanoa, oliko erojen suureneminen aiheutunut pelkästään veden lämpötilasta ja anturin lämpötilakorjauksesta vai muista seikoista, joihin veden lämpötila myös vaikuttaa. Lämpimässä vedessä erilaiset kasvustot ja muut eliöt lisääntyvät nopeammin kuin viileässä vedessä ja myös tämä muuttaa veden ominaisuuksia ja saattaa myös olla vaikuttavana tekijänä antureiden toiminnassa (Juntura ym. 1997).

Vuoden 2007 elokuussa suoritettujen tutkimusten pH-näytteen säilyttämisestä yön yli eivät antaneet kesäaikaisiin eroihin selvyttä, koska samana päivänä ja seuraavana päivänä analysoidut pH-näytteet eivät juuri eronneet toisistaan (Liite 19). Automaatti- ja vertailumittausten erojen voisi olettaa olevan kylmemmän veden aikana sellaiset, että erot suurenisivat, mutta tilanne olikin päinvastainen. Myöskään kuljetuksen aikaiset pH-vaihtelut eivät olleet suuria vaihtelun pysyessä 5,5 tunnin aikana 0,1 pH-yksikön välillä ensimmäiseen mittaukseen verrattuna.

Kaikilla asemilla tapahtui myös LabkoWin-tietokantaan tallentuneissa mittaustuloksissa arvojen jumiutumisia vuoden 2003 loka-marraskuun vaihteessa parin

viikon aikana (Liitet 5–9). Kuitenkin 4.11.2003 huoltokäynnillä oli Hanhikosken mitta-aseman näyttötaulusta saatu automaattimittausten arvo, joka oli oikeasuuntainen. Tällaisessa tilanteessa tiedonsiirto mitta-asemalta tietokantaan tai tiedon tallentuminen ei ole toiminut. Vastaavanlainen tilanne on vaikea huomata pelkästään huoltokäynnin aikana, jos mitta-aseman näyttötaulu kuitenkin antaa oikeaa tietoa. Lyhytkestoinen hajonta pH-mittauksissa on ollut usein seurausta huolto- ja näytteenottokäynneistä. Hajonnan suureneminen voi myös olla seurausta veden pH-arvon nopeasta muutoksesta, joka on mahdollista nopeasti virtaavassa vedessä. Läheskään kaikkia hajontaa aiheuttaneita tapahtumia ei voitu jäljittää, koska asemalla käynneistä ei ollut aina saatavilla tarkkoja merkintöjä siitä, mitä mitta-asemalla on tehty.

4.2. Automaattinen sähkönjohtavuusmittaus

Sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat Skatilassa ja Malkakoskella kaventuneet tarkkailujaksolla kaksi (Taulukko 7). Muilla asemilla erot ovat keskimäärin kasvaneet, mutta keskiarvot ovat pysyneet kuitenkin alle 2 yksikköä. Kiikun ja Nikkolan keskiarvot ja -hajonnat ovat kasvaneet selvästi tarkkailujaksolla kaksi.

Taulukko 7. Sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen tilastollisia tunnuslukuja (mS/m) kahdella tutkimusjaksolla.

Mitta- asema	1.1.2003–31.10.2006					1.11.2006–31.10.2008				
	N	Min.	Maks.	Keski- arvo ₁	Keski- hajonta ₁	N	Min.	Maks.	Keski- arvo ₁	Keski- hajonta ₁
Skatila	102	-2,0	6,0	2,45	1,24	80	0,0	3,0	1,15	0,8
Hanhikoski	81	-2,0	5,0	1,4	1,18	60	-2,3	4,1	1,58	1,03
Malkakoski	71	-2,8	8,0	3,4	2,0	58	-3,0	1,7	1,4	0,89
Kiikku	98	-7,0	4,0	1,4	1,47	51	-8,0	0,6	1,8	1,83
Nikkola	91	-6,2	3,0	1,27	1,33	49	-5,4	2,8	1,63	1,4

₁ laskettu erojen itseisarvoista

Jokaisella asemalla automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat olleet hyvinkin erilaiset. Kuitenkin muutamalla asemalla on huomattavissa selviä erojen vuodenaikaisia vaihteluita molemmilla tutkimusjaksoilla mm. Hanhikoskella ja Kiikussa (Liite 2). Liian suuret automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen arvot ovat olleet yleisiä kesäisin.

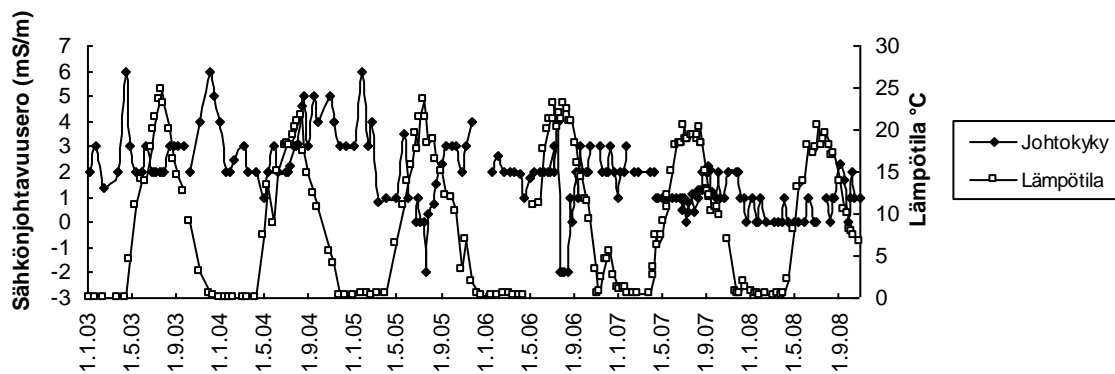
Automaatti- ja vertailumittausten väliset keskimääräiset erot prosentteina ovat myös vaihdelleet eri asemilla vuosittain. Keskimäärin vuosien 2003–2008 aikana ja kahden viimeisen vuoden aikana pienimmät erot ovat olleet Skatilan mitta-asemalla (Taulukko 8). Jotta automaattisia mittaustuloksia voidaan pitää luotettavina ja eroja hyväksyttävänä, saavat automaatti- ja vertailumittausten väliset erot olla suurimmillaan 10 %.

Taulukko 8. Automaattisten sähkönjohtavuusmittausten keskimääräiset poikkeamat prosentteina (%) vertailumittauksista vuosina 2003–2008.

Vuosi	Malkakoski	Hanhikoski	Skatila	Kiikku	Nikkola
2003	20,4	9,0	16,2	8,6	6,4
2004	30,6	9,2	16,6	6,8	5,8
2005	30,3	12,7	13,8	11,1	16,9
2006	41,9	12,5	12,5	21,2	20,7
2007	15,6	13,6	8,8	30,0	26,0
2008	8,9	12,4	3,4	6,3	12,3

Skatilan automaattinen sähkönjohtavuusmittaus

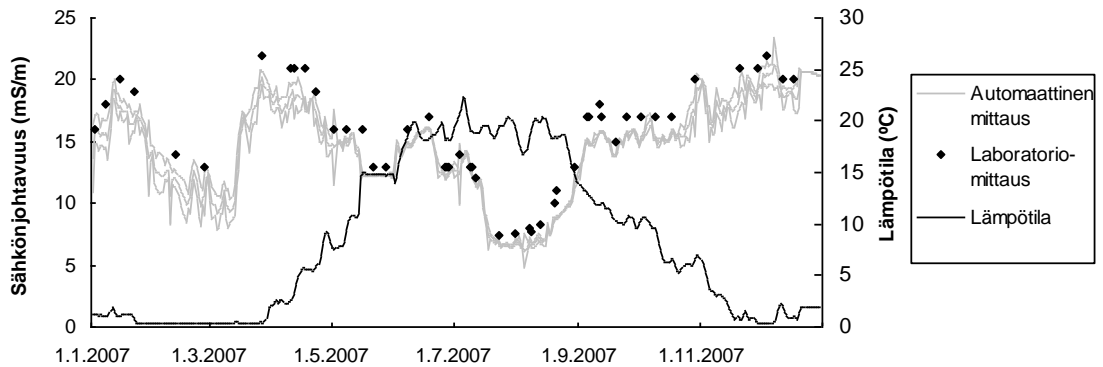
Skatilassa sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen keskimääräinen ero on pienentynyt tarkkailujaksolla kaksi (Taulukko 7). Skatilan automaattisella sähkönjohtavuusanturilla on mitattu molemmilla tutkimusjaksolla lähes aina samaa tai pienempää arvoa kuin vertailumittaus (Kuva 22, liite 2). Tutkimusjaksolla kaksi ainoastaan muutama automaattinen mittaustulos on ollut suurempi kuin vertailumittaustulos.



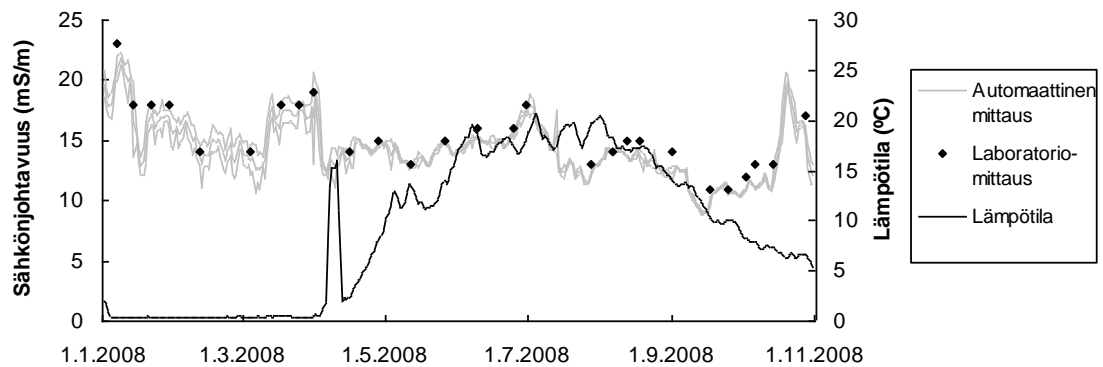
Kuva 22. Skatilan sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Vuosina 2007–2008 Skatilan automaattisella sähkönjohtavuusanturilla on mitattu enimmillään kolme yksikköä pienempää arvoa laboratoriomittaukseen verrattuna (Kuva 22). Kolmen yksikön ero automaatti- ja vertailumittauksen välillä mitattiin viimeksi vuoden 2007 alussa. Muuten näinä kahtena vuonna automaatti- ja vertailumittauksien välinen ero on ollut 0–2 yksikköä. Vuosina 2003–2006 automaatti- ja vertailumittauksien välillä on ollut suurimmillaan 6 yksikön eroja, jolloin automaattisella sähkönjohtavuusanturilla on mitattu selvästi pienempiä arvoja varsinkin vuosien 2003 ja 2004 aikana.

Vuosina 2007–2008 on ollut huomattavissa verhoikäyrän hajonnan suurentumista varsinkin kylmän veden aikana (Kuva 23, 24). Sähkönjohtavuusanturi näyttäisi olevan talvella herkempi vaihteluille kuin kesällä ja näin ollen voisi vaikuttaa mittaustulosten luonteeseen. Myös huolto- ja näytteenottokäynneillä on ollut jossain määrin osuutta hajonnan suurenemisessä. Varsinkin aikaisempina vuosina suuret hajonnat ovat olleet asemalla käyntien aiheuttamia (Liite 10).



Kuva 23. Vuonna 2007 Skatilan automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



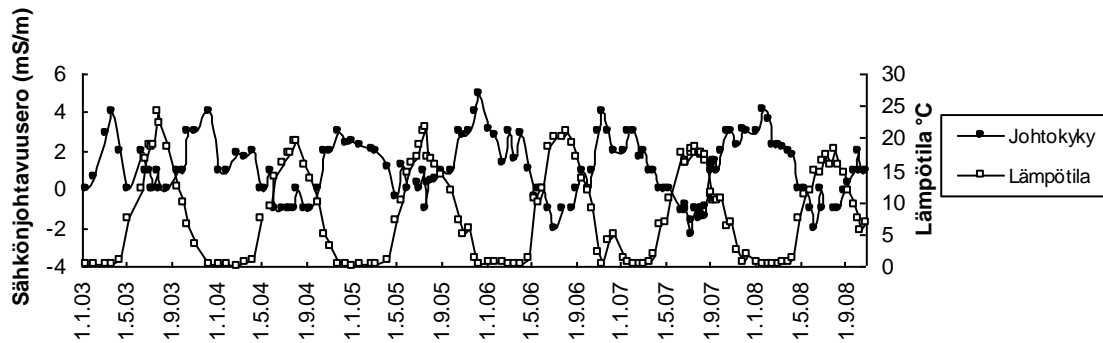
Kuva 24. Vuonna 2008 Skatilan automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.

Vuosina 2003–2006 automaattisissa sähkönjohtavuusmittauksissa on ollut kesäaikoina huomattavissa pienempää hajontaa päiväkeskiarvoissa (Liite 10). Aineistoa vielä lähemmin tarkasteltaessa, helmi-huhtikuussa 2007 tunnin välein tallentuneissa mittaustuloksissa, havaittiin aineistossa päivittäisiä 3–5 yksikköä tavanomaisesta mittaustasosta pienempiä arvoja, jotka aiheuttivat suurta hajontaa päiväkeskiarvoissa. Vasta 2.5.2007 huolto- ja näytteenottokerran jälkeen automaattinen sähkönjohtavuusmittaus palautui tasaiseksi. Suuret hajonnat olivat kuitenkin epäsäännöllisesti esiintyviä, eikä selvää vuorokauden ajankohtaa näille ollut. Elokuussa 2007 suurta hajontaa ei ollut aineistossa paria kertaa lukuun ottamatta.

Skatilan automaattista sähkönjohtavuusmittausta voidaan pitää tämän tarkastelun perusteella luotettavana vuosien 2007 ja 2008 aikana, koska automaatti- ja vertailumittausten väliset keskimääräiset prosentuaaliset erot ovat olleet alle 10 % (Taulukko 8). Vuonna 2007 erot ovat olleet jonkin verran suurempia kuin vuonna 2008, mutta automaattinen anturi on kuitenkin reagoanut vuoden aikana suurestikin vaihteleviin sähkönjohtavuuspitoisuuksiin (Kuva 23).

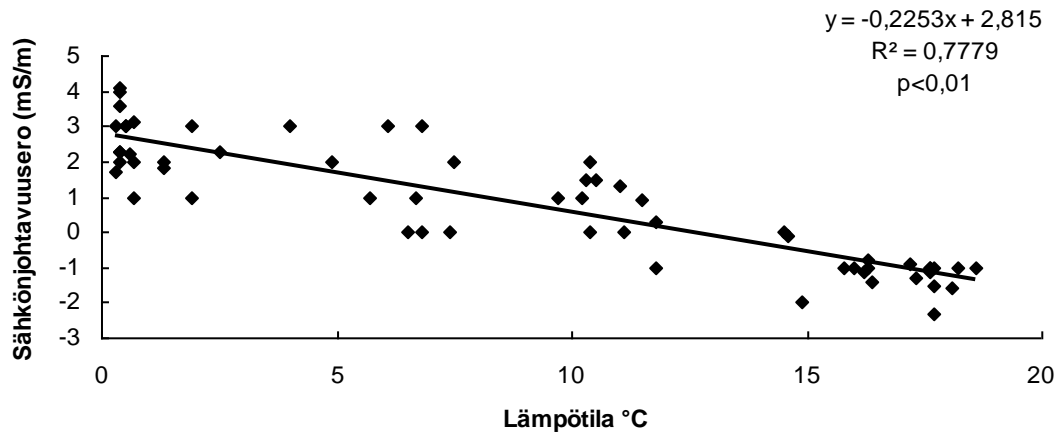
Hanhikosken automaattinen sähkönjohtavuusmittaus

Hanhikosken sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat keskimäärin olleet alle 2 yksikköä keskiarvon kuitenkin hieman kohotessa tutkimusjaksolla kaksi (Taulukko 7). Automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero on tutkimusjaksolla kasvanut varsinkin vuodenvaihteen molemmin puolin, jolloin automaattisella anturilla on mitattu liian pieniä tuloksia laboratoriomittauksiin verrattuna (Kuva 25, liite 2). Suurimmillaan ero on ollut 5 yksikköä joulukuussa 2005. Kesä-elokuun aikana taas automaattisella anturilla on mitattu hieman suurempia tuloksia kuin laboratoriomittauksella. Molemmilla tutkimusjaksoilla on ollut havaittavissa selvää vuodenaikaista vaihtelua. Kesäaikaiset erot ovat kuitenkin pysyneet tutkimusjaksolla yksi pienempinä kuin talvisin. Tutkimusjaksolla kaksi vuodenaikainen vaihtelu on ollut suurempaa kuin tutkimusjaksolla yksi, koska kesäaikaiset erot ovat tällöin kasvaneet. Jostain tietämättömästä syystä heinäkuussa 2008 puuttuu kaksi sähkönjohtavuuden laboratoriomittauksista, vaikka asemalla on käyty hakemassa pH-vertailunäytteet.



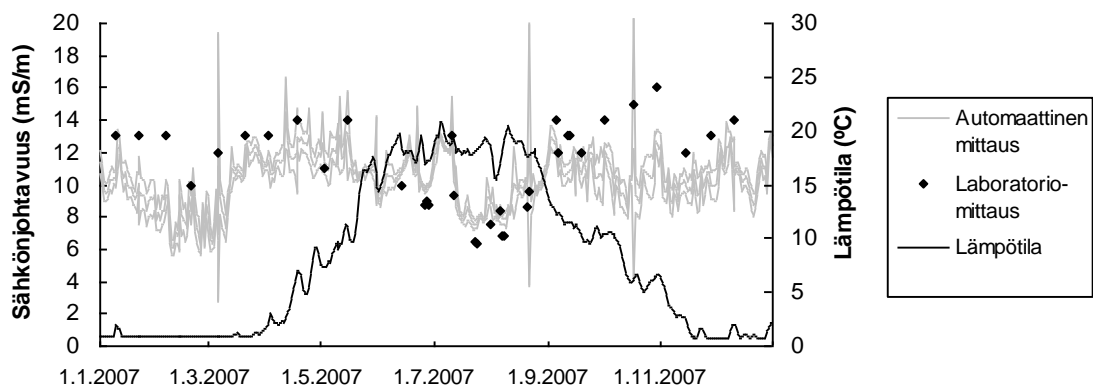
Kuva 25. Hanhikosken sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Tutkimusjaksolla kaksi sähkönjohtavuuden mittauksissa lämpötilan alittaessa +11 °C automaattinen mittaustulos on ollut pienempi tai sama kuin vertailumittaustulos (Kuva 26). Lämpötilan ylittäessä +14 °C tilanne on ollut päinvastainen. Lämpötilalla vaikuttaisi olevan huomattava vaikutus sähkönjohtavuusanturin toimintaan varsinkin lämpötilojen ääripäissä ainakin Hanhikoskella.

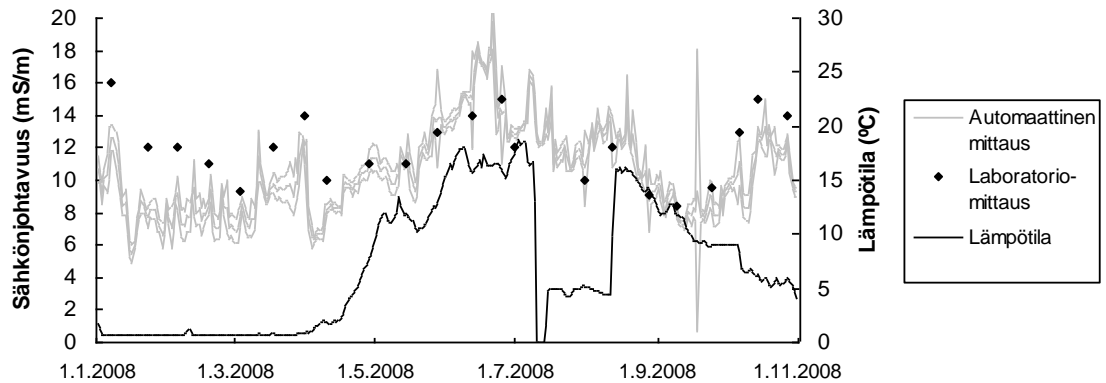


Kuva 26. Tutkimusjakson kaksi Hanhikosken sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittausten erot suhteessa veden lämpötilaan (n =62).

Verhokäyrissä selvästi suurimmat hajonnat ovat olleet näytteenottokäynneistä aiheutuvia poikkeuksena 2008 syyskuun suuri hajonta, jonka aiheuttajasta ei ole tarkempaa tietoa (Kuva 27, 28, liite 11). Verhokäyrien luonne on muutenkin ollut sahaavaa suuremman osan vuodesta, mutta aivan yhtä selkeää talviaikaista hajonnan suurenemista ei ole ollut havaittavissa kuin Skatilassa. Mittaustulosten vaihtelu oli myös aivan erityylistä kuin Skatilassa. Aineistoa lähemmin tarkasteltaessa vuonna 2007 oli huomattavissa varsinkin viileämmän veden aikana päivittäistä 2–4 yksikön vaihtelua automaattisissa mittaustuloksissa, jotka touko-kesäkuussa kuitenkin tasoittuivat. Myös vuonna 2008 automaattinen mittaus on ollut sahaavaa kesäkuuhun saakka, kesällä ollut tasaisempaa ja jälleen syys- ja lokakuussa päivittäiset vaihtelut ovat jatkuneet keskimäärin kahden yksikön välillä. Tosin lokakuun lopulla vaihtelu mittaustuloksissa on jälleen pienentynyt, mutta selvästi havaittavissa.



Kuva 27. Vuonna 2007 Hanhikosken automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaus.



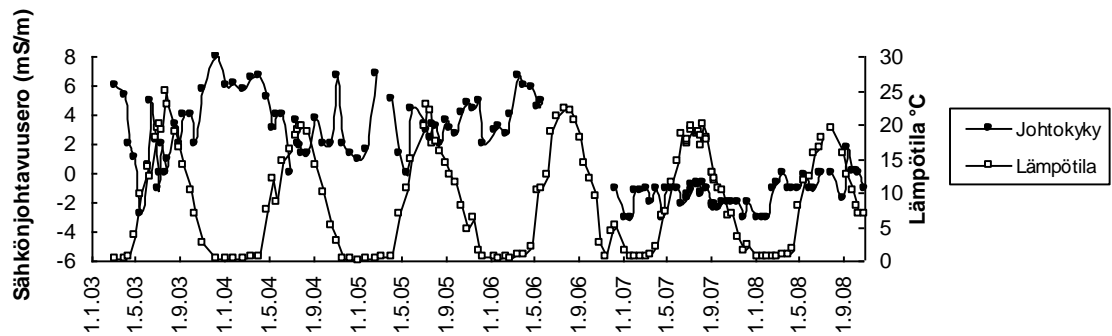
Kuva 28. Vuonna 2008 Hanhikosken automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksien tulokset.

Hanhikosken automaattisia sähkönjohtavuusmittauksia ei voida pitää luotettavina suuresti vaihtelevien automaatti- ja vertailumittauksien välisten erojen vuoksi vuosien 2007–2008 aikana. Myös keskimääräinen prosentuaalinen ero on ollut välillä 12,4–13,6, mikä ei ole enää hyväksyttävällä tasolla (Taulukko 8). Varsinkin kylmän veden aikana automaattisella anturilla ei ole mitattu riittävän suuria arvoja. Kesäaikaan taas tilanne on ollut useana vuonna päinvastainen.

Malkakosken automaattinen sähkönjohtavuusmittaus

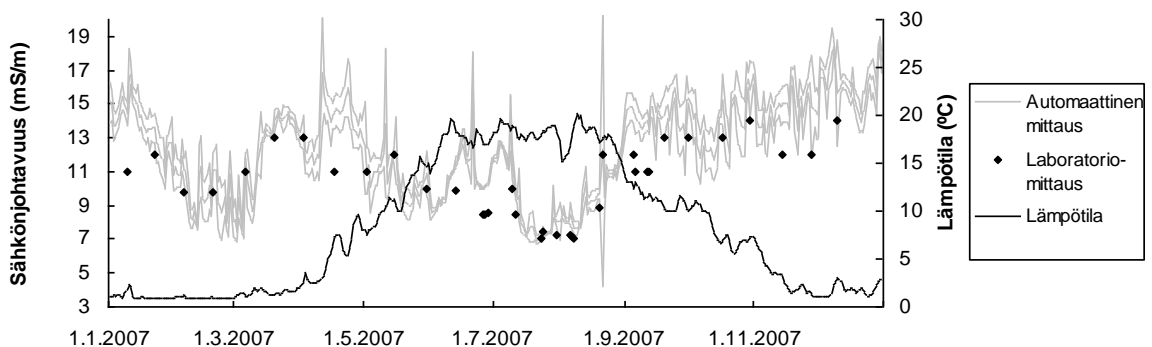
Malkakosken automaatti- ja vertailumittauksia tarkasteltiin vain tutkimusjakson kaksi sekä vuosien 2007 ja 2008 osalta, koska sähkönjohtavuusmittauksien tulokset tietokannassa ovat olleet selvästi virheellisiä kesästä 2003 lähtien kevääseen 2006 (Liite 12). Sähkönjohtavuuslaitteisto on otettu pois käytöstä keuhällä 2006 ja mittaukset ovat jatkuneet uudelleen 11.12.2006, kun asemalle asennettiin uusi vahvistin. Virheelliset tulokset ovat tallentuneet ennen vahvistimen uusimista tietokantaan selvästi liian alhaisina, vaikka vahvistimen näyttö mitta-asemalla on näyttänyt isompia ja lähempänä totuutta olevia sähkönjohtavuusarvoja. Näytön arvot ovat kuitenkin näyttäneet pienempiä arvoja kuin vertailumittauksissa.

Tutkimusjaksolla kaksi Malkakosken sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittauksien välisissä eroissa vuodenaikaisia vaihteluita ei ole ollut huomattavissa (Kuva 29, liite 2). Erot ovat myös pysyneet pieninä niiden ollessa suurimmillaan kolme yksikköä. Automaattisella anturilla on mitattu Malkakoskella yhtä suurta tai suurempaa arvoa laboratoriomittaukseen verrattuna yhtä kertaa lukuun ottamatta (9.9.2008). Keskimääräinen ero automaatti- ja vertailumittauksien välillä on ollut 1,4 mS/m (Taulukko 7).

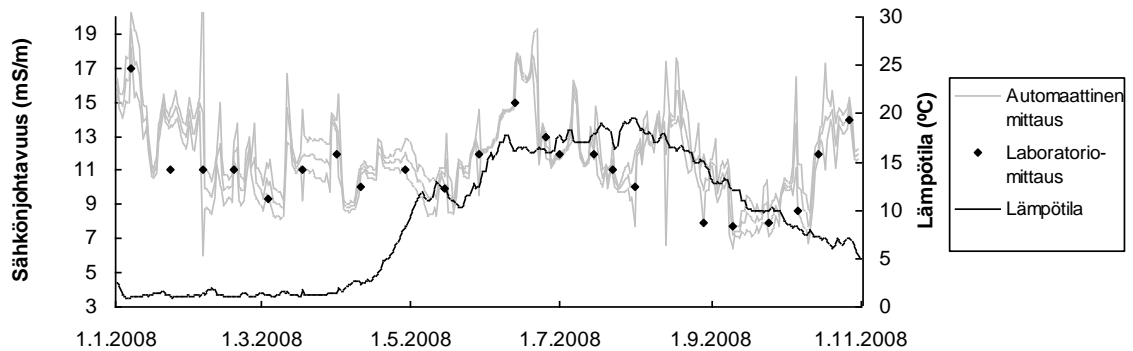


Kuva 29. Malkakosken sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Verhokäyrissä on ollut huomattavissa mittausten päivittäisiä vaihteluita (Kuva 30, 31). Myös Malkakosken sähkönjohtavuusmittauksissa on ollut vuodenaikaisia eroja. Sekä vuonna 2007 että 2008 mittaukset ovat olleet tyyliltään sahaavia syksystä kevääseen. Toukokuusta elokuuhun mittaukset ovat olleet selvästi tasaisempia. Suuret lyhytaikaiset hajonnat ovat olleet harvinaisia Malkakosken automaattisissa sähkönjohtavuusmittauksissa ja vain pari huomattavaa hajontaa on aiheutunut huolto- ja näytteenottokerran aikana.



Kuva 30. Vuonna 2007 Malkakosken automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksien tulos.



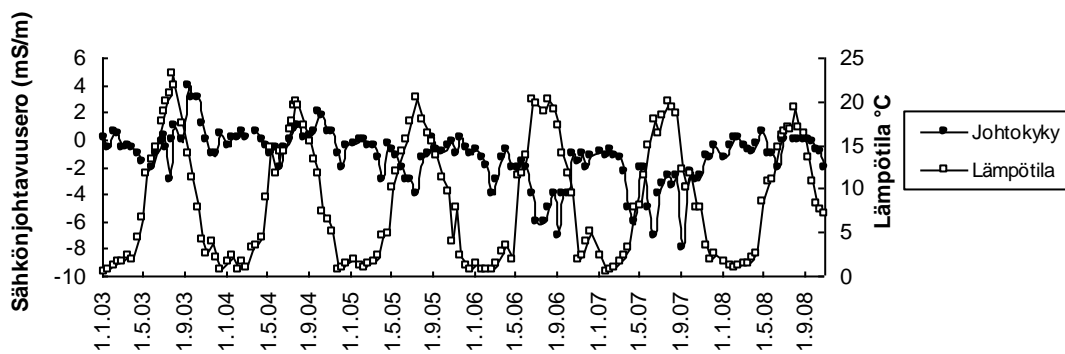
Kuva 31. Vuonna 2008 Malkakosken automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaus tulos.

Malkakosken automaattisten sähkönjohtavuusmittausten luotettavuus on parantunut ja anturit ovat toimineet paremmin vuosina 2007–2008, koska vahvistin on vaihdettu sen mitattua muutaman vuoden ajan epäluotettavasti. Automaattisella sähkönjohtavuusanturilla on yleensä mitattu hieman suurempia arvoja laboratoriomittauksiin verrattuina, mutta automaattinen mittaus on kuitenkin pysynyt mukana vaihtelevissa sähkönjohtavuusarvoissa eri oloissa ja vuodenaikoina. Vuoden 2007 mittausten luotettavuuden voidaan sanoa olevan tyydyttävällä tasolla prosentuaalisten erojen perusteella (Taulukko 8). Vuonna 2008 automaatti- ja vertailumittausten välinen keskimääräinen prosentuaalinen ero oli laskenut alle 10 %:iin, joten tällöin automaattiset sähkönjohtavuusmittaukset ovat olleet keskimäärin hyväksyttävällä tasolla.

Kiikun automaattinen sähkönjohtavuusmittaus

Kiikun sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittausten välillä ei ilmennyt selviä vuodenaajoista aiheutuvia erojen suurenemisia, kuten Hanhikosken sähkönjohtavuusmittauksissa (Liite 2). Molemmilla tutkimusjaksoilla on ollut huomattavissa, että talvella erojen hajonta on ollut pienempää kuin kesällä. Kiikussa automaattiset mittaustulokset ovat olleet keskimäärin suurempia kuin vertailumittaustulokset.

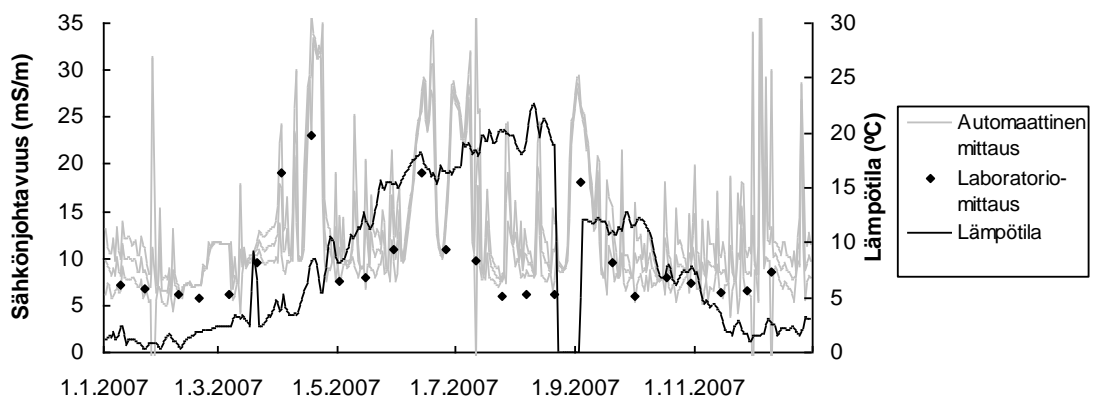
Keskimääräinen automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero on kasvanut tutkimusjaksolla kaksi, mihin on vaikuttanut varsinkin kesän 2007 suuret erot automaattisen ja laboratoriomittauksen välillä (Taulukko 7, kuva 32). Molemmilla tutkimusjaksoilla suurimmat erot ovat syntyneet vuosien 2006 ja 2007 aikana, jolloin automaattisella sähkönjohtavuusanturilla on mitattu jopa 8 yksikköä suurempaa arvoa kuin laboratoriossa.



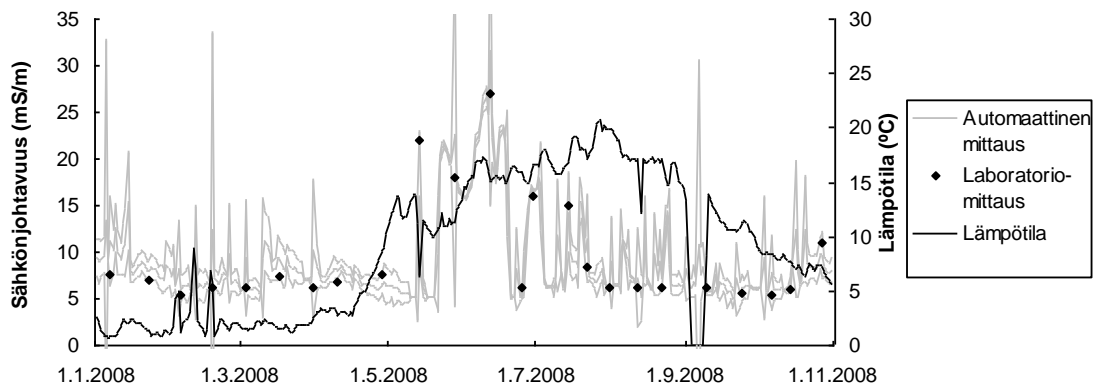
Kuva 32. Kiikun sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Vuoden 2007 aikana automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen hajonta on ollut hyvin suurta, kun taas vuonna 2008 se on ollut pientä ja automaattisella sähkönjohtavuusanturilla on mitattu keskimäärin samoja arvoja kuin laboratoriossa (Kuva 32).

Kiikun automaattisissa sähkönjohtavuusmittauksissa on ollut verhoikärien perusteella havaittavissa samantyylistä pienempää hajontaa aineistossa kesäaikaan kuin muillakin asemilla (Kuva 33, 34, liite 13). Sähkönjohtavuusmittaukset vaikuttavat olevan herkempiä lyhytaikaiselle vaihtelulle. Osa suurista ja lyhytaikaisista hajoista on johtunut kuitenkin huolto- ja näytteenottokäynneistä. Vuonna 2007 automaattisella sähkönjohtavuusanturilla on mitattu vain suurempia arvoja kuin laboratoriossa. Vuoden 2008 mittaukset ovat selvästi tasaantuneet edellisestä vuodesta ja samalla myös epämääräinen mittaustulosten sahaaminen. Myös laboratoriomittauksiin verrattuina automaattiset mittaukset ovat olleet luotettavammalla tasolla, eikä mittausten välisiä suuria eroja ole syntynyt korkeammillakaan sähkönjohtavuusarvoilla.



Kuva 33. Vuonna 2007 Kiikun automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaus.



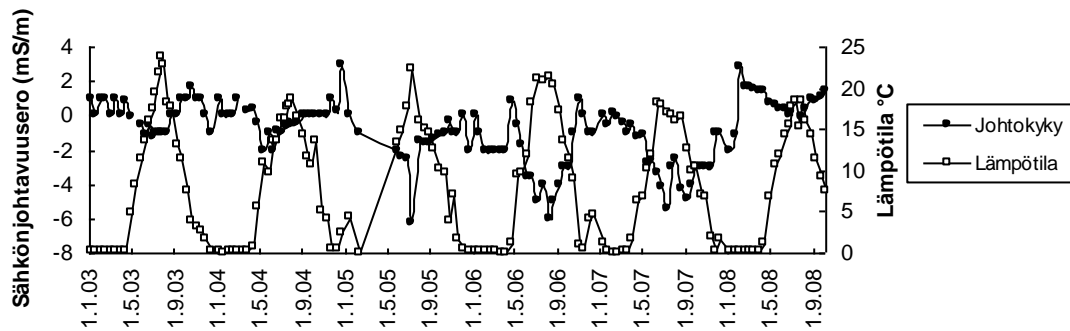
Kuva 34. Vuonna 2008 Kiikun automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittausulos.

Kiikun automaattisia sähkönjohtavuusmittauksia voidaan pitää laboratoriomittauksiin verrattuina luotettavina vuoden 2008 aikana, mutta vuosina 2006 ja 2007 mittausten väliset erot ovat olleet liian suuria ja vaihtelevia (Taulukko 8). Kuitenkin voidaan sanoa, että luotettavuus on parantunut aikaisemmasta, koska Seinäjoen oikaisu-uomassa sähkönjohtavuusarvot vaihtelevat nopeasti ja automaattinen mittaus on pysynyt hyvin laboratoriomittauksen tasolla.

Nikkolan automaattinen sähkönjohtavuusmittaus

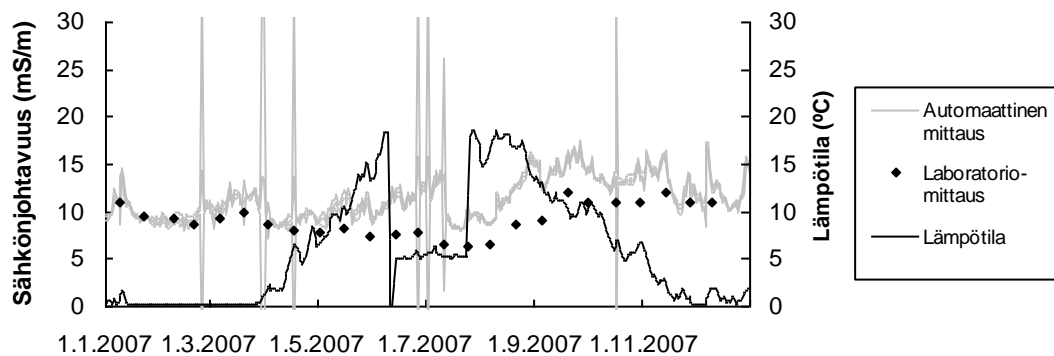
Nikkolassa sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen keskimääräinen ero kasvoi tutkimusjaksolla kaksi (Taulukko 7). Molemmilla tutkimusjaksoilla on ollut huomattavissa vuodenaikaista erojen vaihtelua, mutta tutkimusjaksolla kaksi hajonta on ollut eri kuukausina huomattavasti suurempaa kuin tutkimusjaksolla yksi (Liite 2). Kesäaikoina erot ovat yleensä suurentuneet, koska automaattisella anturilla on mitattu suurempaa arvoa kuin laboratoriossa.

Automaatti- ja vertailumittausten väliset kesäaikaiset suurimmat erot ovat esiintyneet vuosina 2005–2007 (Kuva 35). Erot ovat pysyneet -2 ja +2 sähkönjohtavuusyksikön välillä vuosina 2003–2004 sekä vuoden 2008 helmikuusta alkaen. Vuoden 2008 mittauksissa on ollut yhtä kertaa lukuun ottamatta automaattinen mittaustulos yhtä suuri tai pienempi kuin vertailumittaustulos.

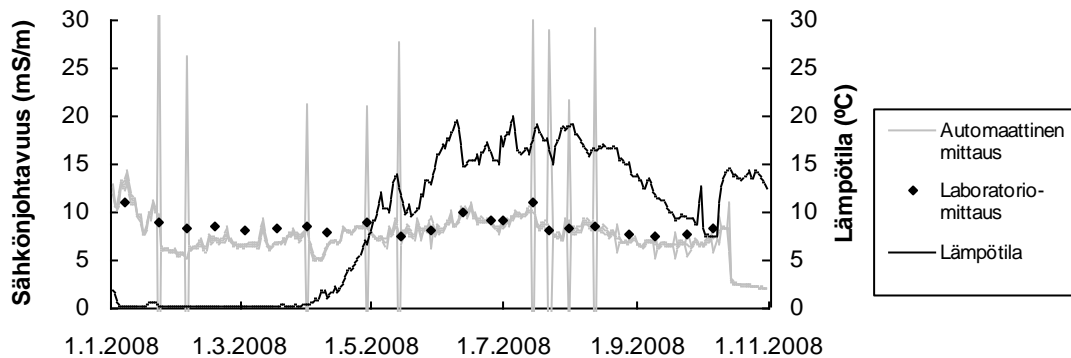


Kuva 35. Nikkolan sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittauksen väinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Nikkolan automaattisen mittauksen verhokäyrissä ei ole ollut muista asemista poiketen selkeää mittauksen hajonnan suurenemista kylmän veden aikana (Kuva 36, 37, liite 14). Tallentuneissa mittaustuloksissa on vuosina 2003–2004 ollut hetkellisiä suuria arvoja, jotka ovat aiheutuneet huolto- ja näytteenottokäynneistä. Vuodesta 2005 alkaen mittauksissa on esiintynyt häiriöitä, koska vuoden 2005 keväällä ei ole otettu näytteitä. Tällöin kyseessä on ollut ongelmia mitta-aseman kaivon tukkeutumisessa ja näin ollen pumpun toiminnassa, minkä jälkeen vedenottoputken paikkaa ja suuntaa uomassa on vaihdettu. Myös lämpötilamittauksissa on ollut samanaikaisesti ongelmia, kun ne ovat olleet vuodenaikaan nähden selvästi liian korkeita.



Kuva 36. Vuonna 2007 Nikkolan automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksen tulos.



Kuva 37. Vuonna 2008 Nikkolan automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauستulos.

Vuosina 2005–2006 mittauksissa on tapahtunut myös huolto- ja näytteenotto-kerroista riippumattomia häiriöitä, joiden syytä ei ole löytynyt (Liite 14). Jo aikaisemmin mainitut kesäaikaiset automaatti- ja vertailumittausten väliset erot näkyvät myös verhoikäyriä vuosina 2006 ja 2007. Erot eivät ole olleet vain yksittäisiä virheitä, vaan verhoikäyriä on selvästi näkyvissä muutaman yksikön eroja laboratoriomittauksiin verrattuna läpi kesän. Vuonna 2008 automaattinen mittaus on toiminut moitteettomasti ja suuri hajonta on ollut seurausta huolto- ja näytteenottokäynneistä. Vuoden 2008 lokakuussa Nikkolan mitta-aseman pumppu on ollut tukossa ja vaihdettu marraskuussa.

Nikkolan sähkönjohtavuusmittauksia on voitu pitää luotettavina vuosina 2003–2004, jonka jälkeen automaatti- ja vertailumittausten välisissä eroissa on tapahtunut suurenemista ja selvää vuodenaikaisia erojen vaihtelua varsinkin vuosina 2006–2007. Vuoden 2008 mittaukset vaikuttavat olevan luotettavalla tasolla, koska kesäaikaiset erot ovat olleet pieniä. Kuitenkin kylmän veden aikana automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat hieman kasvaneet aikaisempiin vuosiin verrattuna. Tämän tarkastelun pohjalta Nikkolan automaattisia mittauksia voidaan pitää luotettavina ainoastaan vuonna 2008, koska automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat vaihdelleet paljon aikaisempina vuosina.

Yhteenveto sähkönjohtavuusmittauksista

Kyrönjoen automaattisille sähkönjohtavuusmittauksille oli luonteenomaista varsinkin kylmän veden aikaiset säännölliset vaihtelut 2–5 yksikön välillä. Ainoastaan Nikkolan mitta-aseamalla automaattisissa sähkönjohtavuusmittauksissa kylmän veden aikaiset vaihtelut ovat olleet pieniä ja mittaustulokset tasaisia ilman suurta hajontaa. Nikkolan tasaisempiin mittaustuloksiin saattaa olla syynä vedenlaadun alueelliset erot, koska mm. sulfaattipitoisuudet ja pH ovat Nikkolassa pienimmät verrattuna muihin mitta-asemiin (Teppo ym. 2006). Ei voida varmuudella sanoa, vaikuttavatko mahdollisesti nämä muuttujat ja veden lämpötila yhdessä sähkönjohtavuuden vaihteluun vedessä vai pelkästään anturin toimintaan. Sähkönjohtavuusmittausten hajonnan luonne on mitta-aseilla muuttunut yleisimmin keväisin ja syksyisin 10–15 °C:ssa.

Skatilan mitta-aseman sähkönjohtavuusmittaukset ovat tällä hetkellä luotettavampia kuin muilla asemilla, koska vuosina 2007–2008 automaatti- ja vertailumittausten erot ovat

pysyneet keskimäärin pieninä eikä tallentuneissa mittaustuloksissa ole ollut toistuvia virheitä. Skatilassa myös mittausten tarkkuus on parantunut vuodesta 2004 lähtien.

Tutkimusjakson kaksi aikana lämpötilalla on ollut selvimmän vaikutusta sähköjohtavuusmittauksiin Hanhikosken automaattisella mitta-asetalla, jossa on ollut selkeä negatiivinen korrelaatio lämpötilan sekä automaatti- ja vertailumittausten erojen välillä. Hanhikoskella lämpötilalla oli myös selkeästi suuri vaikutus automaattiseen pH-mittaukseen. Hanhikosken sähköjohtavuusmittauksia ei voida pitää luotettavina liian suuren automaatti- ja vertailumittausten välisen eron vaihtelun vuoksi ja koska viileämmän veden aikana automaattinen sähköjohtavuusmittaus ei ole selvästikään vuosien 2007–2008 aikana yltänyt vertailumittausten tasolle.

Malkakosken automaattisissa sähköjohtavuusmittauksissa havaittiin järjestelmän haavoittuvuus tiedonsiirrossa, kun Malkakoskella mittaustulokset tallentuivat erilaisina kuin mikä arvo oli mitta-asetan näytössä. Vian korjauksen jälkeen laitteisto on toiminut luotettavasti. Vuonna 2008 Malkakoskella automaattisten sähköjohtavuusmittausten luotettavuus on edelleen parantunut vuodesta 2007, kun automaatti- ja vertailumittausten keskimääräinen prosentuaalinen ero on laskenut alle 10 prosenttiin.

Kiikussa sähköjohtavuusmittaukset ovat olleet luotettavalla tasolla vuonna 2008, mutta sitä ennen on ollut kesäaikaista automaatti- ja vertailumittausten välisen eron suurenemista. Vaikka Seinäjoen oikaisu-uomassa Kiikun mitta-asetalla sähköjohtavuuspitoisuudet ovat vaihdelleet suuresti, on automaattinen mittausta pysynyt laboratoriomittausten tasolla.

Nikkolan sähköjohtavuuden mittaustulokset ovat olleet lähes hyväksyttävällä tasolla vuoden 2008 aikana. Kiikun ja Nikkolan mitta-asetilla sähköjohtavuuden mittaukset ovat olleet luotettavalla tasolla vielä ennen vuotta 2005. Varsinkin vuosien 2006–2007 automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat olleet huomattavan suuria, joten näiden asemien sähköjohtavuusmittaustuloksia tulisi seurata mittaustarkkuuden ailahtelevaisuuden vuoksi.

4.3. Automaattinen sameusmittaus

Sameusmittauksissa hajonnat olivat suuria (Taulukko 9). Varsinkin Malkakosken automaattiaseman sameusmittauksissa keskimääräiset erot laboratoriomäärityksiin olivat suuria molemmilla tutkimusjaksoilla. Sekä Skatilan että Malkakosken automaattisella mitta-asetalla automaatti- ja vertailumittausten välinen keskimääräinen ero ja hajonta pienenivät tutkimusjaksolla kaksi. Keskiarvoa ja -hajontaa suurensivat varsinkin muutamat suuret automaatti- ja vertailumittausten väliset erot.

Taulukko 9. Sameuden automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen tilastollisia tunnuslukuja (FTU/NTU) kahdella tutkimusjaksolla.

Mitta-asema	1.1.2003–31.10.2006					1.11.2006–31.10.2008				
	N	Min.	Maks.	Keski-arvo ₁	Keski-hajonta ₁	N	Min.	Maks.	Keski-arvo ₁	Keski-hajonta ₁
Skatila	92	-22,8	34,5	4,92	5,74	77	-5,9	22,2	4,41	3,8
Malkakoski	82	-140,7	1,3	5,27	17,55	59	-99,5	4,0	3,85	14,31

₁ laskettu erojen itseisarvoista

Automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen hyväksyttävänä rajana on pidetty tässä tutkimuksessa 15 %. Ympäristöhallinnon kehitteillä olevan laatusuosituksen perusteella sameuden mittausepävarmuudeksi suositellaan ± 20 %:a (Laatusuositus 2009). Isoimmilla sameusarvoilla kuitenkin tämä on mielestäni liian suuri ero hyväksyttäväksi. Malkakosken ja Skatilan sameuden automaatti- ja vertailumittausten välisissä eroissa on

ollut suurta hajontaa ja keskimäärin prosentuaaliset erot ovat olleet liian suuria (Taulukko 10). Vuonna 2008 Malkakosken sameusmittaukset ovat keskimäärin olleet hyväksyttävissä.

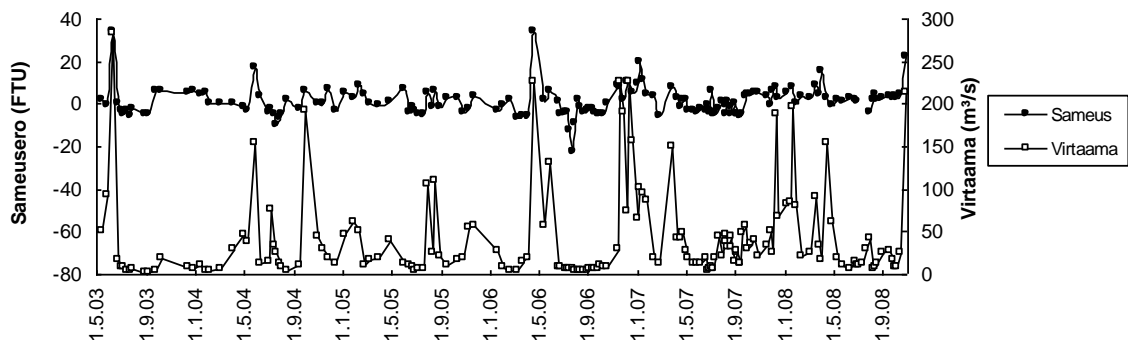
Taulukko 10. Automaattisten sameusmittausten keskimääräiset poikkeamat prosentteina (%) vertailumittauksista vuosina 2003–2008.

Vuosi	Malkakoski	Skatila
2003	15,2	41,9
2004	13,8	39,3
2005	30,2	33,7
2006	160,9	56,7
2007	55,4	38,4
2008	13,5	40,4

Skatilan automaattinen sameusmittaus

Skatilan sameuden automaatti- ja vertailumittausten välisissä eroissa ei ole ollut selkeästi huomattavissa kuukausista tai vuodenajoista riippuvia vaihteluita kummallakaan tutkimusjaksolla (Liite 3). Tutkimusjaksolla yksi erojen hajonta on kuitenkin ollut hieman suurempaa kuin tutkimusjaksolla kaksi (Taulukko 9).

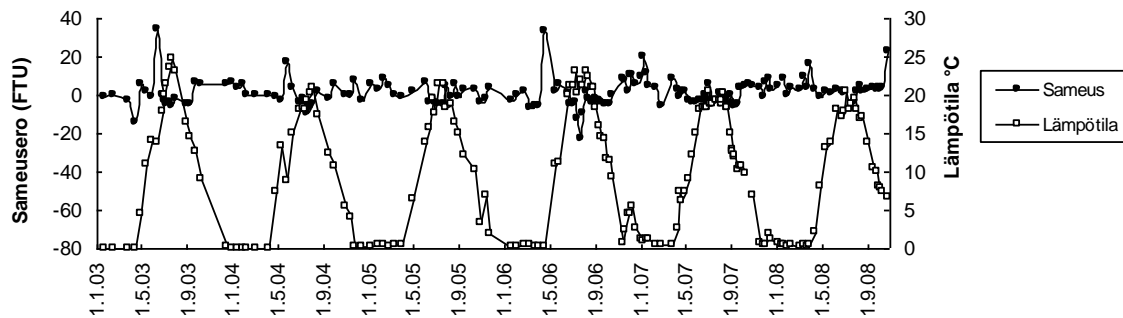
Skatilan automaattiset sameusmittaukset ovat antaneet pienempiä tuloksia kuin laboratoriomittaukset varsinkin suurien virtaamien aikana (Kuva 38). Kesäkuussa 2003 automaattisella sameusanturilla on mitattu 34,5 yksikköä vähemmän kuin laboratoriomittauksella ja huhtikuussa 2006 taas 33,7 yksikköä vähemmän kuin laboratoriomittauksella. Suurien virtaamien ja/tai sameuspitoisuuksien aikana vaikuttaisi siltä, että Skatilan sameusanturi ei mittaisi riittävän suuria sameusarvoja nopeasti muuttuvissa ja suurenevista sameuspitoisuuksissa (Kuva 38, 39, 40).



Kuva 38. Skatilan sameuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja virtaama näytteenottohetkellä.

Skatilassa vuoden 2006 heinäkuussa lämpimän veden aikana automaattisella anturilla on mitattu suurimmillaan 22,8 yksikköä suurempaa yksikköä kuin vertailumittauksissa (Kuva 38, 39, liite 15). Automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero on muutenkin ollut heinäkuussa 2006 liian suurta, joten todennäköisin syy automaattiaseman liian suuren sameusarvoon on ollut anturin likaantuminen, jota tapahtuu herkästi varsinkin lämpimän veden aikana heinä-elokuussa. Huoltokäynneistä ei ole myöskään merkintöjä tuolta ajalta, mitkä voisivat selittää asiaa mahdollisesti tarkemmin. Anturille on asennettu pesuri, mutta

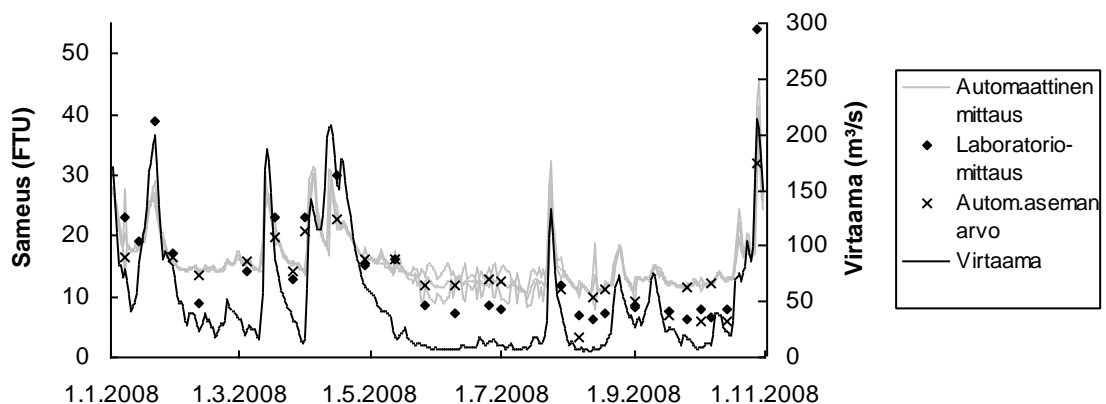
tämän puhdistuksen tehokkuus on ollut huono varsinkin kesäaikana, jolloin limoittuminen on herkkää (Juntura ym. 1997).



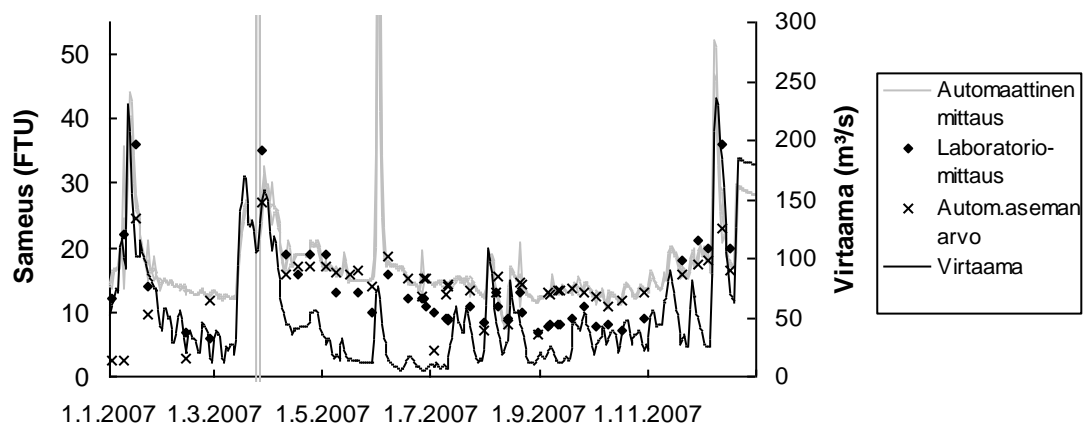
Kuva 39. Skatilan sameuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näyttöhetkellä.

Suurilla virtaamilla sameusarvot yleensä nousevat ja tällöin automaattinen mittaus ei ole pystynyt mittaamaan riittävän suuria sameusarvoja eikä näin ollen ole toiminut luotettavasti niissä oloissa (Kuva 40, 41, liite 15). Tasaisilla sameuspitoisuuksilla Skatilan automaattisella sameusanturilla on taas mitattu yleisesti liian suuria arvoja laboratoriomittauksiin verrattuna. Sameusarvojen ollessa välillä 10–20, automaatti- ja vertailumittauksen väliset erot ovat pienentyneet, mutta kasvaneet taas arvojen suurentuessa.

Verhokäyrien mukaan Skatilan automaattinen sameusanturi on mitannut mm. vuonna 2007 sekä vuoden 2008 kesällä ja syksyllä hieman liian isoa sameusarvoa laboratoriomittauksiin verrattuna (Kuva 40, 41). Kun aineistoon vielä lisättiin automaattiselta asemalta saatu sen hetkinen automaattinen mittaustulos vahvistimen näytöltä, oli näytön arvo kuitenkin eri kuin tietokantaan tallentunut mittaustulos. Syynä voisi olla se, ettei sameusarvojen vaihtelu tule täysin ilmi tunnin välein tallentuneessa aineistossa tai tiedonsiirrossa on tapahtunut virhe. Sama ilmiö on ollut huomattavissa myös vuosien 2003–2006 aineistossa (Liite 15).



Kuva 40. Vuonna 2008 Skatilan automaattisen sameusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo), automaattiaseman vahvistimen näytön sameusarvo ja vertailumittaustulos.



Kuva 41. Vuonna 2007 Skatilan automaattisen sameusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo), automaattiaseman vahvistimen näytön sameusarvo ja vertailumittauksitulokset.

Vaikka Skatilan sameuden automaatti- ja vertailumittauksen välisen eron maksimi, minimi, keskiarvo ja -hajonta pienenevätkin tutkimusjaksolla kaksi, ei automaattista sameusmittausta voida pitää luotettavana. Myös vuosittaiset keskimääräiset erot ovat olleet liian isoja hyväksyttäväksi. Automaattisella sameusanturilla ei ole mitattu riittävän suurien sameusarvojen suurilla virtaamilla. Pienillä sameusarvoilla taas automaattisella sameusanturilla on mitattu hieman liian suuria arvoja laboratoriomittauksiin verrattuna. Myös tietokantaan tallentuneissa mittaustuloksissa on ollut jotain häiriötä tai sitten tunnin välein tallentuva mittaustulos ei ole antanut luotettavaa kuvaa todellisesta sameusarvojen vaihtelusta vedessä.

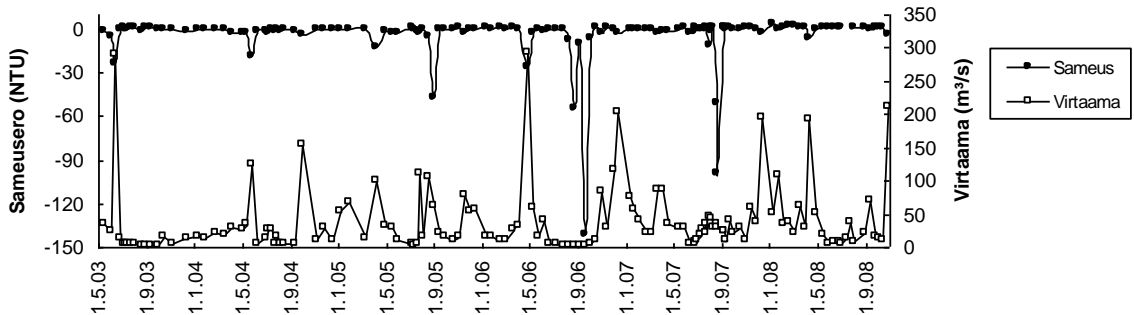
Malkakosken automaattinen sameusmittaus

Tutkimusjaksolla kaksi Malkakosken sameuden automaatti- ja vertailumittauksen välisen eron suuri keskiarvo ja -hajonta ovat olleet seurausta kahdesta väärästä liian suuresta automaattisesta mittaustuloksesta (Kuva 42, 45). Elokuussa 2007 anturit ovat olleet havaintojen mukaan likaisia, kun kahtena peräkkäisenä päivänä on haettu vertailunäytteitä asemalta. Tämä oli aiheutunut siitä, että edellisestä puhdistuksesta oli kulunut yli kaksi viikkoa aikaa, kun lämpimän veden aikana suositeltu puhdistusväli on yksi viikko. Jos nämä kaksi varmasti väärää tulosta poistetaan aineistosta, saadaan keskiarvoksi 1,5 ja keskihajonnaksi 1,8, jolloin automaattista mittausta voidaan pitää luotettavana. Jos myös tutkimusjakson yksi automaattisista mittaustuloksista poistettaisiin kolme selvästi liian vähäisestä huollosta ja anturin likaantumisen johtuvaa suurinta tulosta, tulisi keskiarvoksi 2,4 ja keskihajonnaksi 4,8.

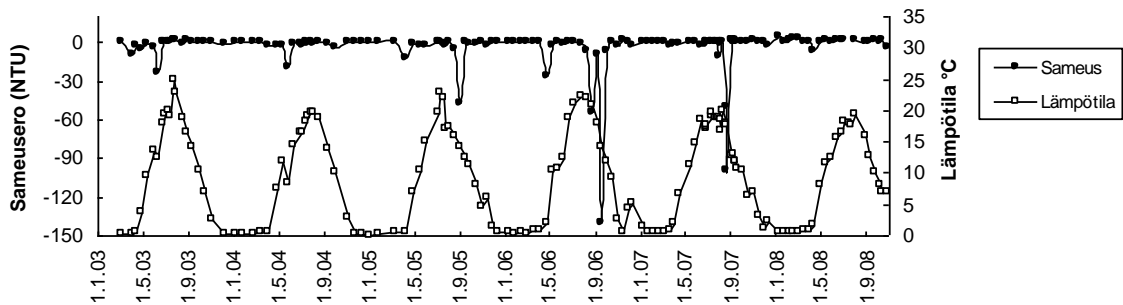
Tutkimusjaksolla yksi ja kaksi on ollut havaittavissa automaatti- ja vertailumittausten välisissä eroissa pienintä hajontaa talviaikana (Liite 3). Tutkimusjaksolla yksi automaatti- ja vertailumittausten väliset suurimmat erot ovat jakautuneet keväälle sekä loppukesän ja alkusyksyn ajalle kun taas tutkimusjaksolla kaksi suurimmat erot ovat ilmenneet loppukesästä.

Malkakosken sameuden automaatti- ja vertailumittausten välinen ero on ollut ajoittain suurta joko loppukesästä lämpimän veden aikana tai suuren virtaaman aikana (Kuva 42, 43). Tällöin Malkakosken sameusanturilla on mitattu huomattavasti suurempia

arvoja kuin vertailumittaus. Varsinkin loppukesällä ilmenneet suurimmat erot ovat olleet seurausta anturin limoittumisesta ja likaantumisesta, johon ei ole vastattu riittävän tiheällä puhdistuksella.

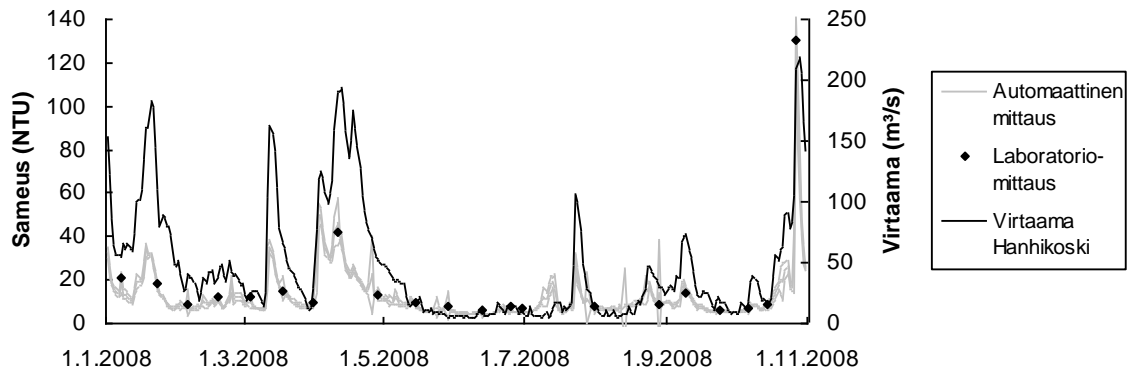


Kuva 42. Malkakosken sameuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja virtaama näytteenottohetkellä (Virtaama on otettu Hanhikosken automaattisen mittausaseman virtaamatiedoista).

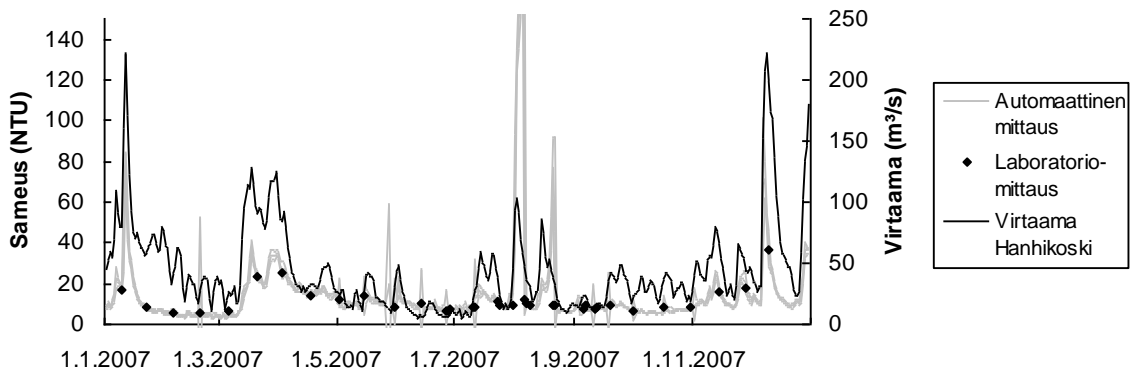


Kuva 43. Malkakosken sameuden automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Malkakosken automaattinen sameusmittaus reagoi hyvin vaihtelevaan sameuteen eri virtaamalla. Arvot eivät ole olleet laboratoriomittauksiin verrattuina liian korkeita tai liian matalia, toisin kuin Skatilan automaattisissa sameusmittauksissa varsinkin suuren virtaaman aikana (Kuva 44, 45, liite 16). Esimerkiksi vuoden 2008 lokakuussa virtaamahuipun noustessa yli 200 m³/s ja sameuden ollessa yli 100 NTU-yksikköä, on automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ollut vain 4 yksikköä. Vuonna 2008 automaattinen mittaus on muutenkin vaikuttanut toimineen moitteettomasti tietokantaan tallentuneiden mittaustulosten perusteella.



Kuva 44. Vuonna 2008 Malkakosken automaattisen sameusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaus (Virtaama on otettu Hanhikosken automaattisen mittausaseman virtaamatiedoista).



Kuva 45. Vuonna 2007 Malkakosken automaattisen sameusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaus (Virtaama on otettu Hanhikosken automaattisen mittausaseman virtaamatiedoista).

Myös aikaisempina vuosina tietokantaan tallentuneet mittaustulokset ovat vaikuttaneet oikeilta eikä suurta häiriötä ja hajontaa ole aineistossa ilmennyt. Mitta-aseman vahvistimen näytön antamat näytteenottohetken mittaustulokset ovat olleet yhteneviä tietokantaan tallentuneiden mittaustulosten kanssa.

Malkakosken sameusmittaukset ovat olleet keskimäärin luotettavalla tasolla vuonna 2008. Sitä aikaisempien vuosien liian suuret erot automaatti- ja vertailumittausten välillä ovat johtuneet lämpimän veden aikaisesta likaantumisesta. Esimerkiksi elokuun 2007 suuret erot automaatti- ja vertailumittausten välillä olisi voinut hallita hyvin säännöllisellä puhdistuksella. Jos nämä puhdistuksesta riippuvat kolme suurta eroa poistettaisiin aineistosta, olisi vuoden 2007 keskimääräinen prosentuaalinen ero ollut alle 10 %. Lämpimän veden aikana varsinkin virtaaman kasvaessa anturit likaantuvat herkästi. Samankaltaisissa oloissa anturin puhdistukseen tulisi kiinnittää Malkakoskella huomiota, koska automaattinen sameusmittaus toimii siellä muuten luotettavasti.

Yhteenveto sameusmittauksista

Kyrönjoen automaattisista sameusmittauksista Malkakosken mittaukset ovat tällä hetkellä luotettavia, mutta Skatilan sameusmittaukset eivät vaikuta toimivan luotettavalla tasolla. Skatilan sameusanturilla ei ole mitattu riittävän suuria sameusarvoja, kun ne ovat sameus vedessä on lisääntynyt. Automaattiset mittaukset eivät näin ollen anna todellista kuvaa veden suurista sameusarvoista varsinkaan suurilla virtaamilla. Skatilassa on myös esiintynyt eroavaisuuksia tuloksissa mitta-aseman näyttötaulun tietoja ja tietokantaan tallentuneita mittaustuloksia vertailtaessa. Nämä eroavaisuudet mittausten toimivuudessa Skatilassa johtuvat todennäköisesti laitteistosta. Mittausperiaatteet asemilla perustuvat samaan mittaustekniikkaan, mutta ovat eri valmistajien. Skatilassa myös laitteisto on hankittu muutama vuosi aikaisemmin kuin Malkakoskella. Malkakosken sameusmittauksissa päästäisiin vieläkin tarkempiin mittaustuloksiin, jos heinä-syyskuun aikana antureita huollettaisiin useammin kuin joka toinen viikko.

4.4. Automaattinen kiintoainemittaus

Kiintoaineen automaatti- ja vertailumittausten väliset erojen hajonnat olivat suuria varsinkin Malkakosken mitta-asemalla (Taulukko 11). Skatilan automaattisen mitta-aseman kiintoaineen automaatti- ja vertailumittauksen välinen keskimääräinen ero ja hajonta pienenevät tutkimusjaksolla kaksi, kun taas Malkakoskella ero ja hajonta kasvoivat.

Taulukko 11. Kiintoaineen automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen tilastollisia tunnuslukuja (mg/l) kahdella tutkimusjaksolla.

Mitta-asema	1.1.2003–31.10.2006					1.11.2006–31.10.2008				
	N	Min.	Maks.	Keski-arvo ₁	Keski-hajonta ₁	N	Min.	Maks.	Keski-arvo ₁	Keski-hajonta ₁
Skatila	95	-60,8	40,8	5,69	9,14	78	-12,4	22,5	3,91	3,62
Malkakoski	73	-69,0	36,0	5,13	10,13	59	-21,3	86,9	4,9	11,44

₁ laskettu erojen itseisarvoista

Myös kiintoaineen automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen hyväksyttävänä rajana on pidetty tässä tutkimuksessa 15 %. Ympäristöhallinnon kehitteillä olevan laatusuosituksen perusteella kiintoaineen mittausepävarmuudeksi suositellaan ± 20 %:a (Laatusuositus 2009). Automaatti- ja vertailumittausten välisten prosentuaalisten erojen perusteella kummankaan mitta-aseman kiintoainemittauksia ei voida pitää luotettavana (Taulukko 12).

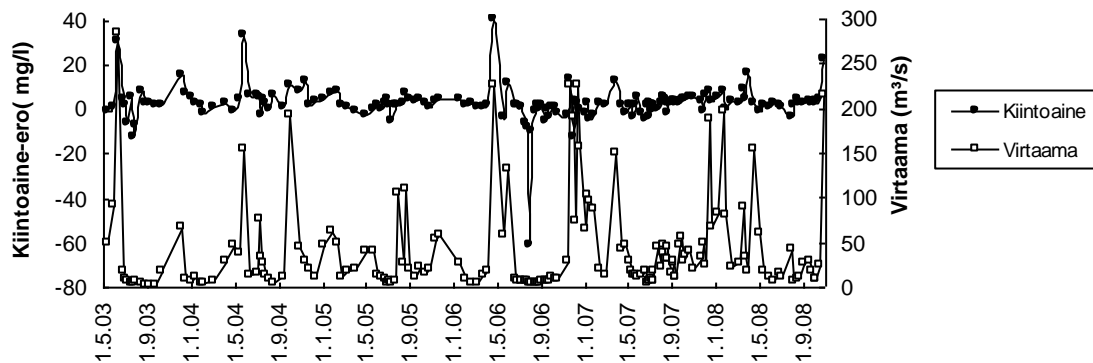
Taulukko 12. Automaattisten kiintoainemittausten keskimääräiset poikkeamat prosentteina (%) vertailumittauksista vuosina 2003–2008.

Vuosi	Malkakoski	Skatila
2003	84,8	61,7
2004	44,8	45,9
2005	72,6	40,1
2006	33,0	97,4
2007	49,3	39,8
2008	40,6	40,4

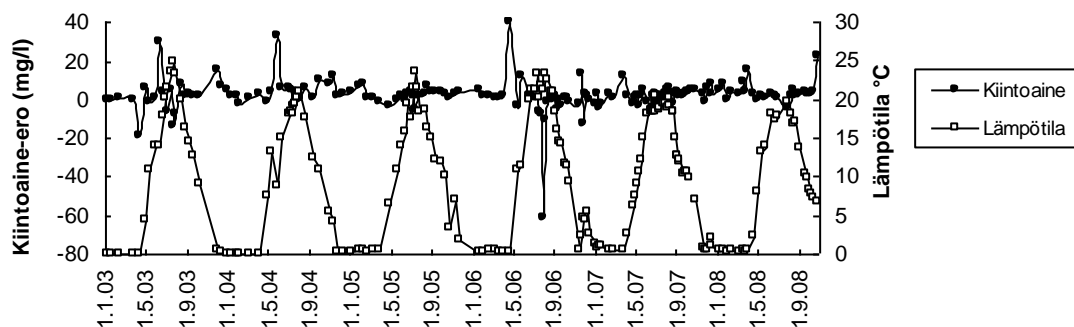
Skatilan automaattinen kiintoainemittaus

Skatilan kiintoaineen automaatti- ja vertailumittausten välisissä eroissa ei ole ollut selkeästi huomattavissa kuukausista tai vuodenajoista riippuvia vaihteluita kummallakaan tutkimusjaksolla (Liite 3). Tutkimusjaksolla kaksi erojen hajonta on kuitenkin ollut hieman pienempää kuin tutkimusjaksolla yksi eikä yhtä suuria eroja ole päässyt syntymään.

Skatilassa automaattiset kiintoainemittaukset antoivat selvästi pienempiä tuloksia kuin vertailumittaukset varsinkin suurempien virtaamien aikana (Kuva 46, 47). Esimerkiksi huhtikuussa 2006 automaattisella kiintoaineanturilla on mitattu 40,8 yksikköä vähemmän kuin laboratoriossa tehdyllä mittauksella. Liian suuret automaattisen mittauksen arvot ovat esiintyneet lämpimän veden aikaan, kuten heinäkuussa 2003 ja 2006. Heinäkuussa 2006 automaattisella anturilla on mitattu lämpimän veden aikaan suurimmillaan 60,8 yksikköä enemmän kuin vertailumittauksessa. Kesäaikaiset liian suuret erot automaatti- ja vertailumittauksien välillä ovat luultavimmin johtuneet antureiden likaantumisesta, eikä niitä ole todennäköisesti puhdistettu riittävän usein.



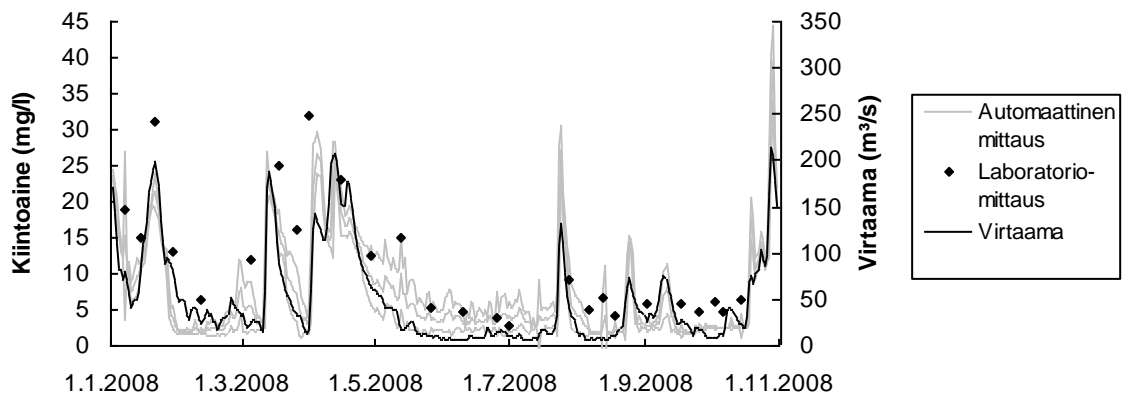
Kuva 46. Skatilan kiintoaineen automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja virtaama näytteenottohetkellä.



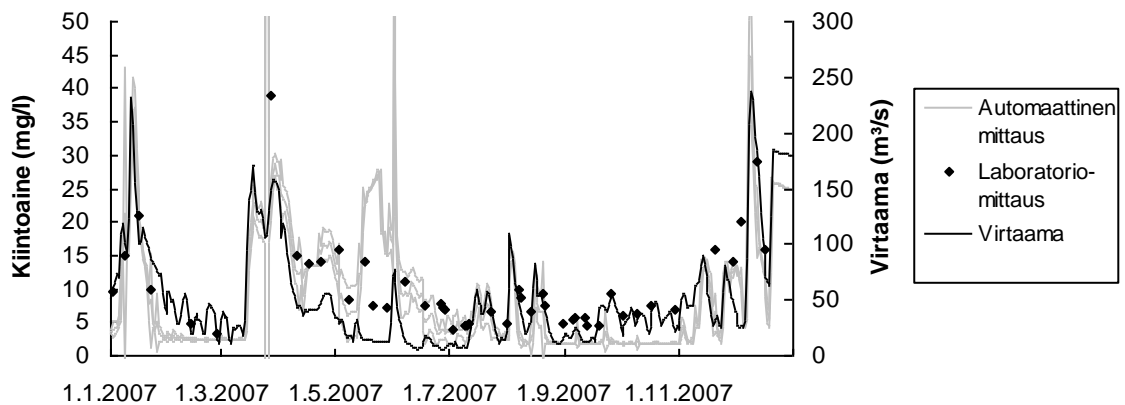
Kuva 47. Skatilan kiintoaineen automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Myös tietokantaan tallentuneista mittaustiedoista näkyi selvästi, ettei Skatilan automaattisella kiintoaineanturilla oltu mitattu riittävän suuria kiintoainepitoisuuksia, kun kiintoainepitoisuus vedessä oli kasvanut suurien virtaamien vuoksi (Kuva 48, 49, liite 17). Automaattisella anturilla on pienilläkin kiintoainepitoisuuksilla mitattu hieman pienempiä arvoja laboratoriomittauksiin verrattuna. Kevät- ja kesäaikoina on aineistossa esiintynyt suurta hajontaa automaattisissa mittauksissa, mikä todennäköisesti on johtunut antureiden

nopeammasta likaantumisesta. Tällöin myös automaattisella anturilla on mitattu muutamia suurempia kiintoainepitoisuuksia kuin vertailumittauksissa.



Kuva 48. Vuonna 2008 Skatilan automaattisen kiintoainemittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskiahajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



Kuva 49. Vuonna 2007 Skatilan automaattisen kiintoainemittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskiahajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.

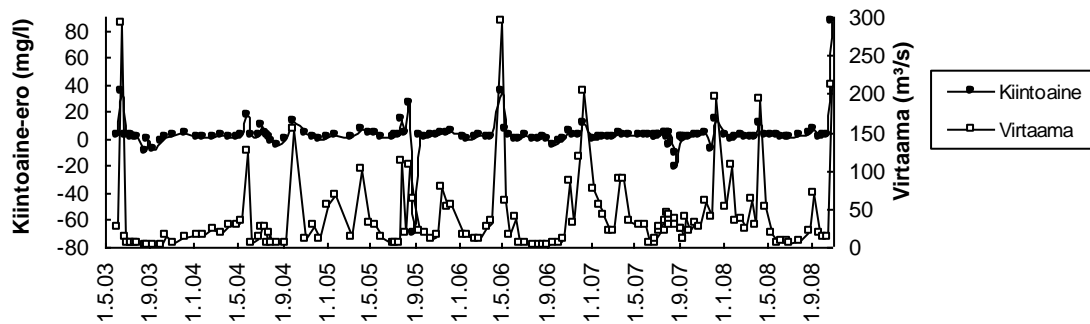
Skatilan automaattisia kiintoainemittauksia ei voida pitää luotettavina. Tasaisillakin virtaamilla anturillaon mitattu hieman liian pieniä arvoja. Automaattinen anturi reagoi kyllä muuttuviin kiintoainepitoisuuksiin, mutta virtaaman ja kiintoainepitoisuuksien kasvaessa erot kasvavat suuremmiksi laboratoriomittauksiin verrattuina. Vaikka tutkimusjaksolla kaksi automaatti- ja vertailumittausten välinen ero ja hajonta ovat pienentyneet, mikä on ollut seurausta suurempien erojen puuttumisesta aineistosta, ei se anna kuitenkaan todellista kuvaa mittausten luotettavuudesta. Erojen prosentiosuudet ovat viimeisen kahden vuoden aikana joka tapauksessa olleet liian suuret.

Malkakosken automaattinen kiintoainemittaus

Malkakosken kiintoaineen automaatti- ja vertailumittausten välisissä eroissa ei ole ollut selkeästi huomattavissa kuukausista tai vuodenaajoista riippuvia vaihteluita kummallakaan tutkimusjaksolla (Liite 4). Tutkimusjaksolla yksi kuitenkin talviaikaiset automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat olleet pienimmillään.

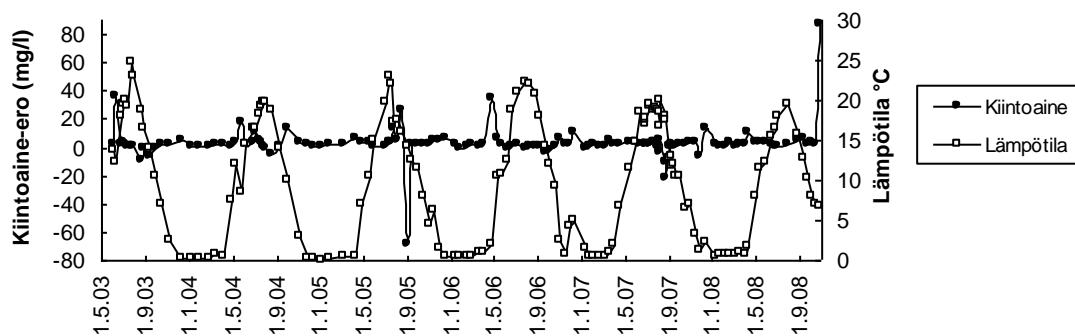
Malkakosken kiintoaineen automaattisen mittaustuloksen ja vertailumittaustuloksen välinen ero on vaihdellut varsinkin suurien virtaamien aikana, jolloin Malkakosken automaattisella anturilla on mitattu pienempiä arvoja kuin laboratoriomittauksissa (Kuva 50). Suurin automaatti- ja vertailumittauksien välillä havaittu ero jaksolla 2 oli 86,9 mg/l virtaaman ollessa reilusti yli 200 m³/s.

Suurimmat erot ovat esiintyneet aineistossa suurien virtaamien aikana, mutta elokuussa 2005 suurin mitattu ero oli 69 mg/l, jolloin automaattisella anturilla on mitattu suurempaa arvoa kuin laboratoriossa. Virtaaman suureneminenhan vaikuttaa yleensä kiintoainepitoisuuksien suurenemiseen, jolloin automaattinen anturi on yleensä mitannut huomattavasti pienempää arvoa laboratoriomittauksiin verrattuna. Tässä tilanteessa kuitenkin automaattinen kiintoaineanturi on mitannut liian suurta arvoa, johon todennäköisin selitys on ollut suuren virtaaman ja lämpimän veden yhteisvaikutus, jolloin anturi on likaantunut.



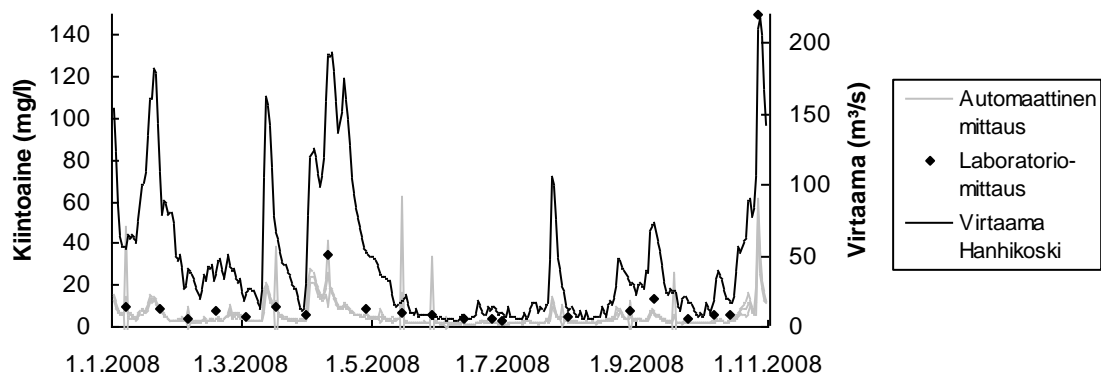
Kuva 50. Malkakosken kiintoaineen automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja virtaama näytteenottohetkellä (Virtaama on otettu Hanhikosken automaattisen mittausaseman virtaamatiedoista).

Lämpimän veden aikana automaattisella kiintoaineanturilla on mitattu suuria arvoja (Kuva 51). Malkakoskella vuoden 2007 elokuussa kiintoainemittausten, kuten myös sameusmittausten suuret erot, ovat olleet seurausta antureiden likaantumisesta, koska antureita ei ollut käyty huoltamassa ja puhdistamassa vuodenaikaan nähden riittävän usein.

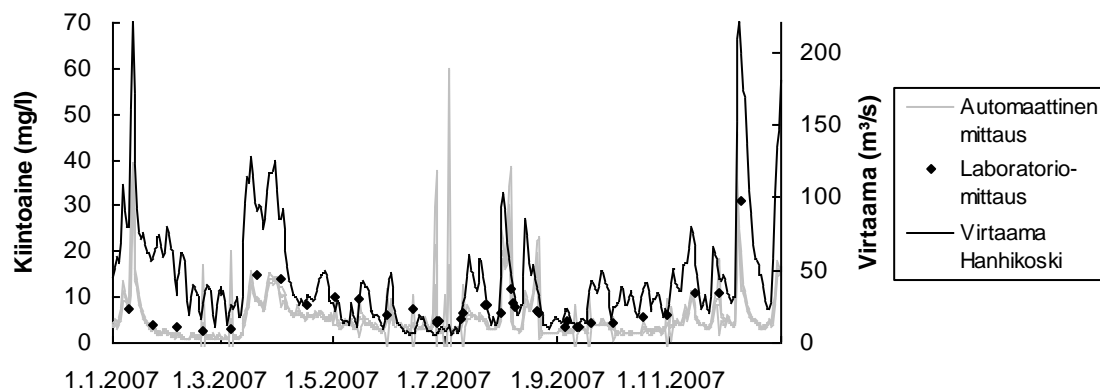


Kuva 51. Malkakosken kiintoaineen automaatti- ja vertailumittauksen välinen ero ja veden lämpötila näytteenottohetkellä.

Malkakosken tietokantaan tallentuneissa automaattisissa kiintoainemittauksissa näkyi selvästi, ettei kiintoainemittauksilla ole mitattu riittävän suurilla arvoilla suurilla pitoisuuksilla (Kuva 52, 53, liite 18). Aineistossa esiintyvät suuret ja lyhytaikaiset hajonnat ovat useimmiten olleet seurausta huolto- ja näytteenottokäynneistä. Vuoden 2006 kiintoainemittauksissa on tapahtunut syys- ja lokakuun aikana kaksi selvästi anturin likaantumisen aiheuttamaa kiintoainepitoisuuksien kasvua (Liite 18). Kuvista 50 ja 51 tämä ei kuitenkaan tule selville, koska todennäköisesti automaattiselta mitta-asemalta lomakkeeseen merkitty arvo on otettu vasta anturin puhdistamisen jälkeen. Sameusmittauksissa sen sijaan samana ajankohtana, 19.9.2006, on automaattinen suuri mittaustulos merkitty lomakkeeseen, mikä viittaa siihen, että sameusarvo on otettu ennen anturin puhdistusta. Tämänkaltaisia tilanteita varten tulisi näytteenottolomakkeisiin kirjoittaa kaikki erikoiset tilanteet mitta-asemalla, jotta asian selvittäminen olisi helpompaa.



Kuva 52. Vuonna 2008 Malkakosken automaattisen kiintoainemittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos (Virtaama on otettu Hanhikosken automaattisen mitta-aseman virtaamatiedoista).



Kuva 53. Vuonna 2007 Malkakosken automaattisen kiintoainemittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos (Virtaama on otettu Hanhikosken automaattisen mitta-aseman virtaamatiedoista).

Malkakosken automaattista kiintoaineanturia ei voida pitää luotettavana, koska se on usein mitannut liian pieniä arvoja pienillä kiintoainepitoisuuksilla. Myöskään suurien kiintoainepitoisuuksien aikana anturi ei toimi luotettavasti. Automaattinen anturi kyllä reagoi ja vaihtelee kiintoainepitoisuuksien noustessa ja laskiessa, mutta todellisia veden kiintoainepitoisuuksia mittaavana laitteistona sitä ei voida pitää.

Yhteenveto kiintoainemittauksista

Kyrönjoella automaattiset kiintoaineanturit Skatilan ja Malkakosken mitta-aseilla reagoivat kiintoainepitoisuuksien muutoksiin vedessä, mutta antureilla ei mitata läheskään riittävän suuria arvoja, kun kiintoainepitoisuudet ovat suuria. Molemmilla mitta-aseilla automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat olleet koko tutkimusjakson ajan liian suuria hyväksyttäväksi. Kiintoainemittauksia voidaan kyllä pitää suuntaa-antavina, mutta täysin niiden antamiin mittaustuloksiin ei voida luottaa.

4.5. Automaattinen lämpötilamittaus

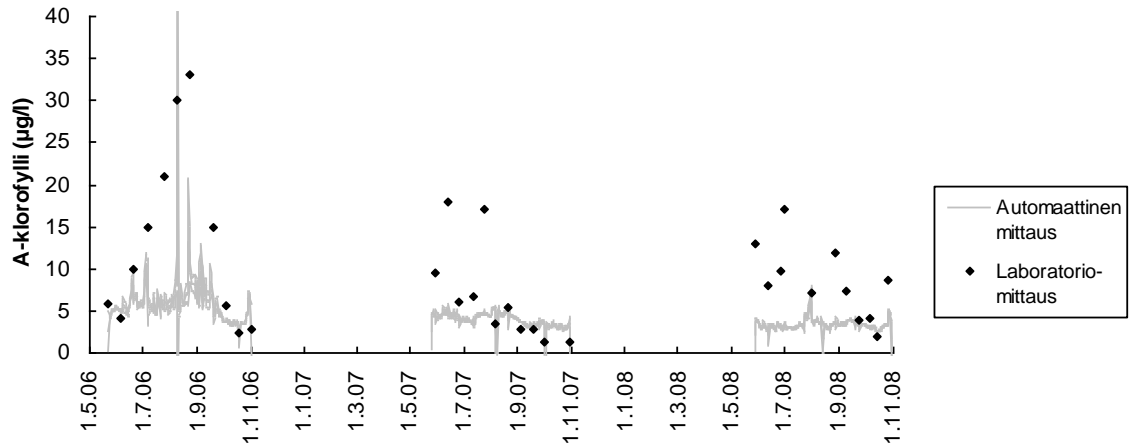
Lämpötilamittauksia ei käsitellä yhtä yksityiskohtaisesti, koska automaattiset lämpötilamittaukset ovat olleet luotettavia. Ainoastaan talviaikoina lämpötilamittauksen mittaustarkkuus ei ole ollut kaikilla asemilla hyvää, mutta veden lämpötila on ollut hyvin vakaa, joten suuria eroja ei ole kuitenkaan tällöin syntynyt.

Tietokantaan tallentuneita lämpötilamittauksia on esitetty aiemmin tässä tutkimuksessa pH- ja sähkönjohtavuusmittausten ohessa olevissa kuvissa päiväkeskiarvoina. Lämpötilatulokset saadaan mitta-aseilla pH-anturista ja usein onkin esiintynyt samanaikaisia häiriöitä pH- ja lämpötilamittauksissa. Lämpötilamittauksissa on havaittu esiintyvän ainoana ongelmana tiedonsiirto ja lähettimen asetukset, joiden huomaaminen ei ole aina niin nopeaa, koska tällöin tulisi seurata myös tietokantaan tallentuneita mittaustuloksia.

Lämpötilamittausten tarkkoja luotettavuustarkasteluja oli myös hankala suorittaa, koska mitta-asemalta on tallennettu todennäköisesti vain käsimittarilla mitattu lämpötila eikä näytteenottohetken automaattista lämpötilamittaustulosta ole merkitty lomakkeeseen.

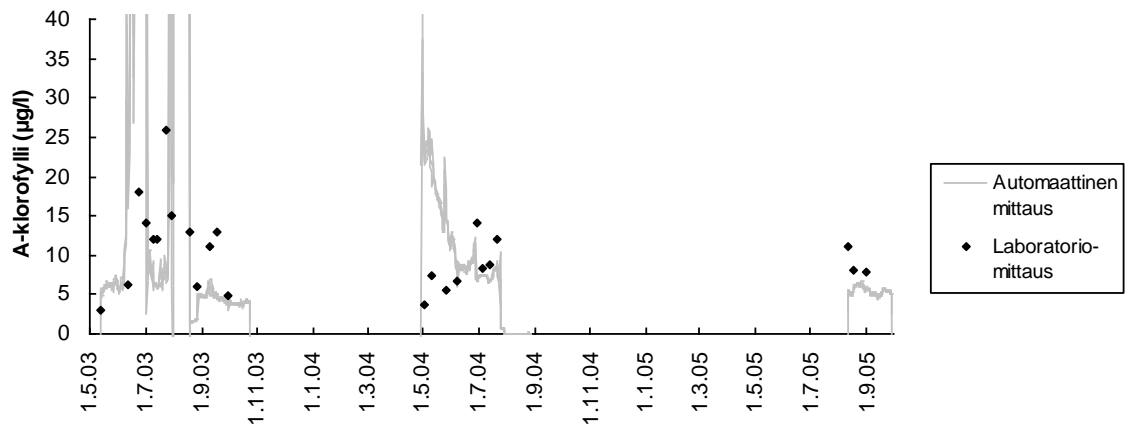
4.6. Automaattinen a-klorofyllimittaus

A-klorofyllimittauksia on tehty Malkakosken automaattisella mitta-aseella vain kevästä syksyyn, koska talvella vedessä ei juuri ole lehtivihreällisiä planktonleviä, joiden runsautta mittauksilla selvitetään. Mittaukset on yleensä aloitettu toukokuun aikana ja lopetettu lokakuun lopulla paria kertaa lukuun ottamatta (Kuva 54, 55).



Kuva 54. Vuosina 2006–2008 Malkakosken automaattisen a-klorofyllimittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta) ja vertailumittaustulos.

Klorofyllimittaukset ovat toimineet vaihtelevalla menestyksellä, eikä automaatti- ja vertailumittausten perusteella niitä voida pitää luotettavina. Vuosina 2007–2008 automaattinen anturi ei ole mitannut suurilla a-klorofyllipitoisuuksilla riittävän suuria arvoja ja vaikuttaa siltä, että laitteisto ei anna luotettavaa kuvaa a-klorofyllista.



Kuva 55. Vuosina 2003–2005 Malkakosken automaattisen a-klorofyllimittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta) ja vertailumittaustulos.

4.7. Pumppaamot

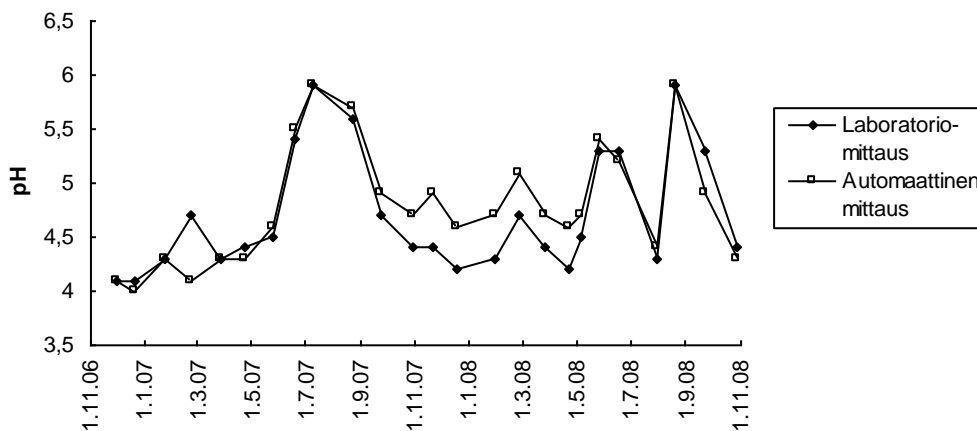
Kyrönjoen kuudella pumppaamolla mitataan pumpattavien vesien lämpötilaa ja pH:ta (Taulukko 13). Tuloksia tarkastellessa tulee ottaa huomioon, että automaattisen mittauksen arvot ovat näytteenottohetkeä lähinnä olleita arvoja tietokantaan tallentuneissa mittaustuloksissa, koska pumppaamoilla ei ole ollut näytöllistä vahvistinta, josta näkisi mittaustuloksen reaaliaikaisena.

Taulukko 13. Pumppaamoiden lämpötilan ja pH:n automaatti- ja vertailumittausten välisten erojen tilastollisia tunnuslukuja tutkimusjaksolla 1.11.2006–31.10.2008.

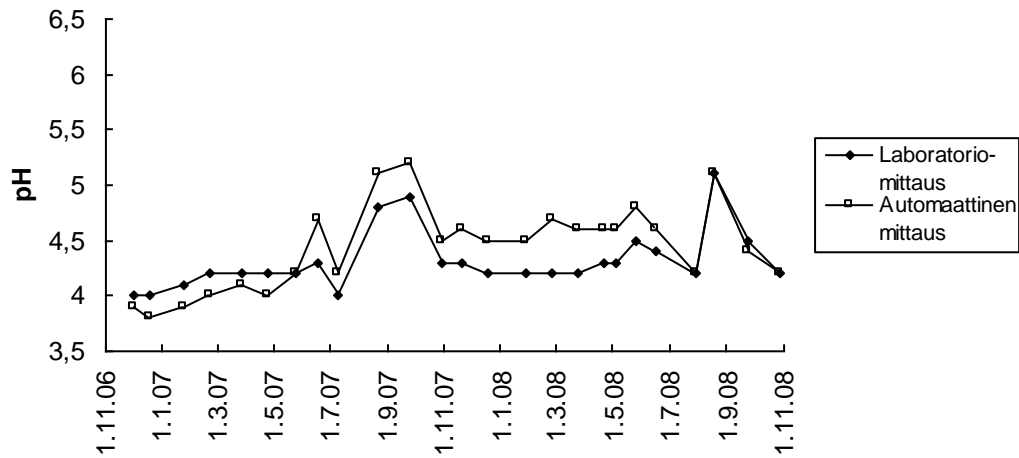
Pumppaamo	N	Lämpötila (°C)				pH			
		Min	Max	Keskiarvo	Keskihajonta	Min	Max	Keskiarvo	Keskihajonta
Munakka	25	0,1	1,6	0,76	0,44	-0,5	0,6	0,20	0,18
Halkosaari	25	-0,2	1,5	0,73	0,43	-1,3	-0,3	0,79	0,31
Iskala	25	-0,1	2,0	0,89	0,61	-0,5	0,2	0,22	0,13
Pajuluoma	25	0,0	2,2	0,79	0,45	-1,1	1,3	0,90	0,19
Seinänsuu	24	-1,2	2,6	1,19	0,64	-0,7	0,8	0,37	0,21
Tieksi	26	-3,9	4,3	1,38	1,09	-1,2	0,5	0,79	0,27

Myös antureiden ympäristö pumppaamoilla on huonompi kuin automaattisilla mitta-aseilla. Talviaikaan antureita ei päästä jäänmuodostumisen vuoksi huoltamaan muualla kun Seinänsuun pumppaamolla, jossa on mahdollisuus lämpövastuksen käyttöön.

Pumppaamoiden antureiden toiminnassa on ollut suurta eroa pumppaamoiden välillä. Parhaiten ovat toimineet Munakan ja Iskalan pumppaamoiden pH-anturit, joissa keskimääräiset automaatti- ja vertailumittauksen väliset erot ovat olleet juuri hyväksyttävällä tasolla (Taulukko 13). Molemmilla pumppaamoilla on ollut kuitenkin huomattavan suuria eroja automaatti- ja vertailumittauksien välillä varsinkin vuosien 2007 ja 2008 vaihteessa. Munakan pumppaamolla ero on kaventunut vuoden 2007 kalibroinnin jälkeen, joten kalibroinnilla näyttäisi olevan vaikutusta ainakin näiden kahden anturin toimintaan (Kuva 56, 57).

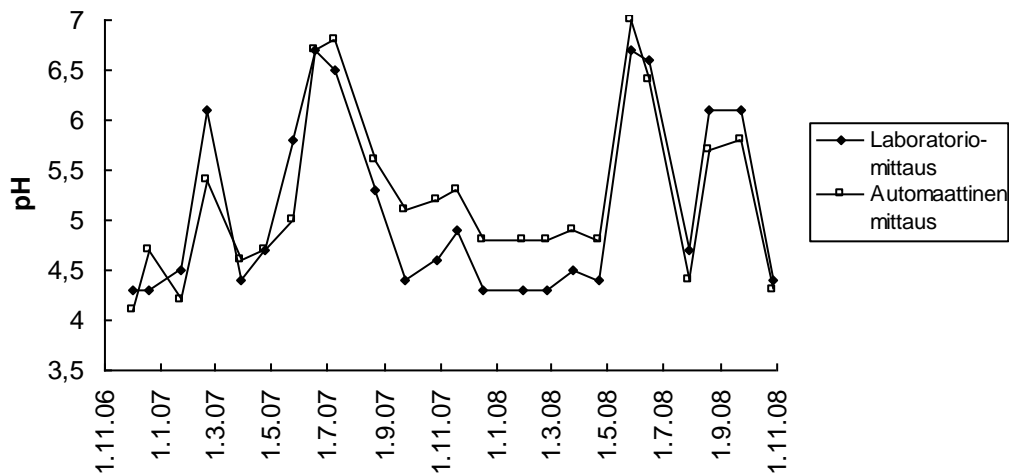


Kuva 56. Munakan pumppaamon laboratoriossa määritetty pH-arvo ja automaattisen mittauksen lähin mahdollinen näytteenottohetken mittaustulos 1.11.2006–31.10.2008.



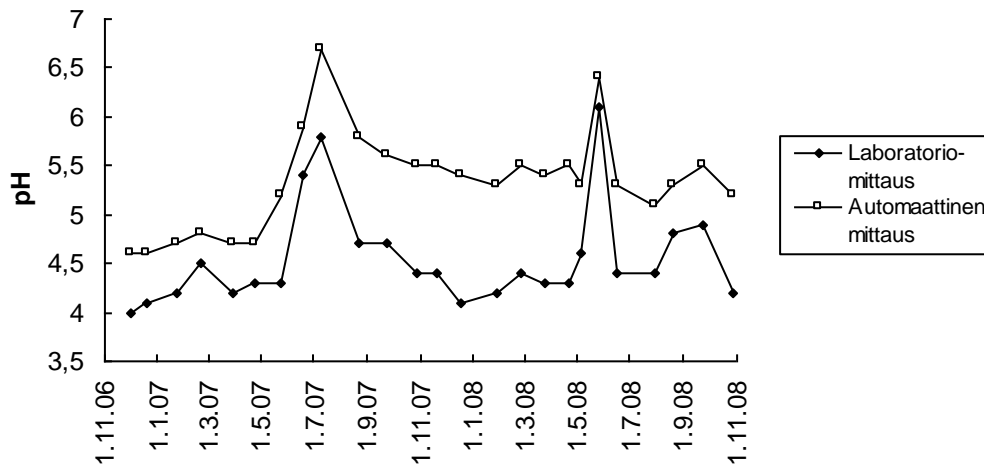
Kuva 57. Iskan pumppaamon laboratorioissa määritetty pH-arvo ja automaattisen mittauksen lähin mahdollinen näytteenottohetken mittaustulos 1.11.2006–31.10.2008.

Seinänsuun pumppaamolla pH:n automaatti- ja vertailumittausten välinen ero on ollut hieman liian iso, jotta sen voisi katsoa olevan luotettavalla tasolla. Myös siellä kalibroinnilla on keväällä ollut vaikutusta mittausten toimivuuteen (Kuva 58). Anturin talviaikaisella huollolla taas ei ole näyttänyt olevan luotettavuutta parantavaa vaikutusta ainakaan vuosien 2007 ja 2008 vaihteessa.

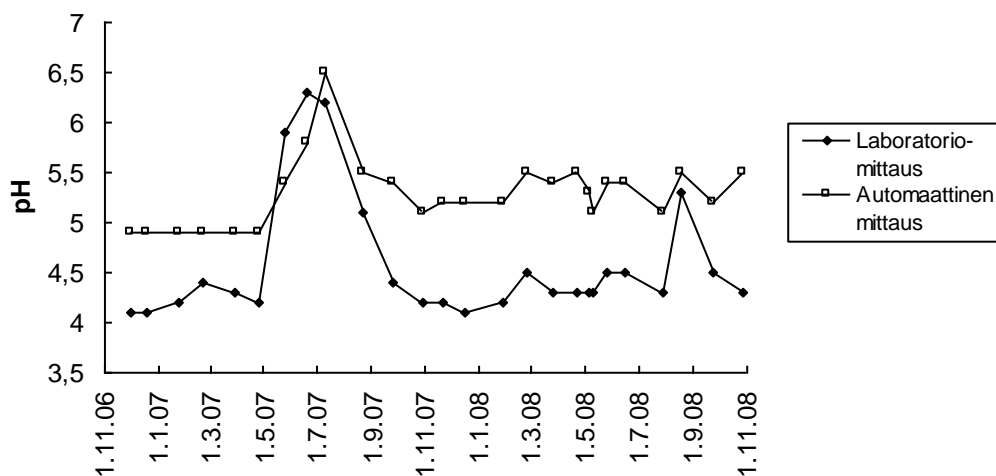


Kuva 58. Seinänsuun pumppaamon laboratorioissa määritetty pH-arvo ja automaattisen mittauksen lähin mahdollinen näytteenottohetken mittaustulos 1.11.2006–31.10.2008.

Halkosaaren ja Tieksin pumppaamoilla automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat olleet samankaltaisia. Kummallakin pumppaamolla erot ovat olleet isoja joskin Halkosaaressa hieman tasaisemmat kuin Tieksissä (Kuva 59, 60).



Kuva 59. Halkosaaren pumppaamon laboratorioissa määritetty pH-arvo ja automaattisen mittauksen lähin mahdollinen näytteenottohetken mittaustulos 1.11.2006–31.10.2008.

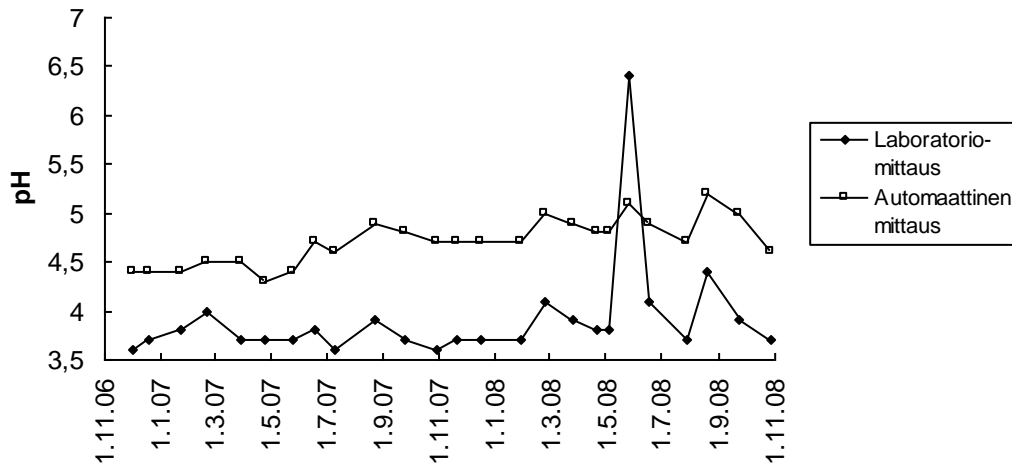


Kuva 60. Tiekasin pumppaamon laboratorioissa määritetty pH-arvo ja automaattisen mittauksen lähin mahdollinen näytteenottohetken mittaustulos 1.11.2006–31.10.2008.

Pajuluoman pumppaamolla automaatti- ja vertailumittausten väliset erot ovat olleet suurimmat. Toukokuussa 2008 automaattinen mittaus ei ole vastannut laboratorioissa määritettyä pH-arvoa (Kuva 61). Tietokantaa tarkemmin tutkittaessa automaattisen mittauksen pH-arvo on pari tuntia ennen pumppaamolla käyntiä ollut 6, mutta ei enää näytteenottohetkellä.

Pajuluoman pumppaamolla automaatti- ja vertailumittausten välinen ero on ollut säännöllinen kesäkuun 2008 näytteenottokertaa lukuun ottamatta. Onhan erojen

suuruuksissa ollut vaihtelua, mutta eroa voisi ainakin kaventaa mahdollisesti vahvistimien avulla, jos eron oletettaisiin pysyvän samanlaisena tulevaisuudessakin.



Kuva 61. Pajuluoman pumpptaamon laboratorioissa määritetty pH-arvo ja automaattisen mittauksen lähin mahdollinen näytteenottohetken mittaustulos 1.11.2006–31.10.2008.

Kalibroinnilla on ainakin joillain pumpptaamoilla ollut selvästi vaikutusta pH-anturin toimintaan. Mittausten toimivuuden parantamiseksi tulisi kalibroitukertoja olla enemmän kuin yksi. Keväsen kalibroinnin lisäksi anturit olisi hyvä kalibroida myös ennen talvea ja veden jäätymistä.

Pumpptaamoiden automaattisilla pH-antureilla on mitattu suurempia pH-arvoja laboratoriomittauksiin verrattuina, kun taas mitta-asetilla tilanne on ollut päinvastainen. Asemilla ja pumpptaamoillahan on erilaiset olot (mitta-asetilla lämmitetty tila ja erillinen allas, jossa anturit sijaitsevat), mutta myös veden ominaisuudet ovat hyvin erilaiset pumpptaamoilla ja mitta-asetilla. Pumpptaamoilla vesi on yleisesti happamampaa ja metallipitoisuudet ovat korkeita, mitkä voivat vaikuttaa antureiden toimintaan.

5. KEHITYS- JA PARANNUSEHDOTUKSET

Automaattiset ja jatkuvat vedenlaadun mittaukset antavat arvokasta tietoa vesistön tilasta, minkä vuoksi niiden tuottamaa tietoa tulisi käyttää tehokkaasti hyödyksi. Järjestelmän kehittäminen ja ylläpito on vienyt resursseja, minkä vuoksi myös järjestelmää pitäisi yrittää hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti. Automaattinen mittaus yleistyy koko ajan Suomessa ja kokemuksia juuri näistä laitteista ja järjestelmästä tulisi jakaa muillekin, jotta Suomen vesistöjen tilaa pystyttäisiin entistä tehokkaammin ja luotettavammin seurata. Automaattisen vedenlaadun mittaustulokset eivät ole yhtä herkkiä kuin laboratorioissa määritetyt mittaustulokset, mutta niiden välinen ero kaventuu edelleen tekniikan kehittyessä. Vaikka automaattinen vedenlaadun mittaus tuskin koskaan ylittää laboratorioanalyysien tasolle tarkkuudessa, sen vahvuus on virtavesien nopeasti vaihtuvan vedenlaadun reaaliaikaisessa seurattavuudessa, joka ei tule millään keinolla ilmi perinteisillä menetelmillä.

Kyrönjoen automaattinen seuranta- ja käyttöjärjestelmä kaikkine laitteineen, rakennuksineen ja tietojärjestelmineen on laaja järjestelmä, jossa voi tapahtua erilaista

häiriötä missä tahansa järjestelmän osassa. Ne taas saattavat vaikuttaa eri järjestelmän osiin eri lailla, joten järjestelmässä esiintyvän ongelman tai häiriön selvittäminen saattaa olla vaikeaa. Kun tähän vielä lisätään järjestelmän ulkoiset häiriötekijät, kuten luonnonilmiöiden vaikutus laitteistoihin, tekee se järjestelmän ylläpidosta haastavaa. Järjestelmässä on selvästi paljon kehittämistä ja mahdollisuuksia, joista kerrotaan seuraavissa kappaleissa.

5.1. Mittalaitteistojen toimivuus ja luotettavuus

Automaattiselle vedenlaadun seurantajärjestelmälle tulisi tehdä laadunvarmennuksen vuoksi laatukäsikirja, joka kattaisi kaikki järjestelmän asemat ja mahdollisesti myös pumppaamot. Sen olisi hyvä olla yksissä kansissa vähintään sähköisessä muodossa. Laatukäsikirjassa voidaan kuvata mm. mittaussjärjestelmän toiminta, käyttö, laitteisto, huolto ja kalibrointi, vertailunäytteiden otto, tulosten raportointi ja niiden käyttö sekä arvioida käyttöä ja koko järjestelmän luotettavuutta ja toimintaa.

Laatukäsikirjan tavoitteena olisi tuottaa luotettavia mittaustuloksia, missä mittaustietojen jäljitettävyysskin otetaan huomioon. Mittaussjärjestelmän luotettavuus riippuu hyvin pitkälti siitä, miten hyvin mittaussjärjestelmän toiminta ja tehdyt toimenpiteet on dokumentoitu. Puutteelliset tiedot vaikeuttavat mittausten tarkastelua ja mahdollisten virheiden selvittämistä. Varsinkin järjestelmän luotettavuuden ja toiminnan selvittämistä sekä vedenlaatu-tietojen tarkastelemista varten tulisi kaikki huoltotoimenpiteet ja kaikenlaiset aseman toimintaa koskevat huomautukset olla helposti saatavilla. Yhteinen tietokanta tai tiedosto, jonne kenttähenkilökunta vie edellä mainitut asiat, voisi toimia tässä tapauksessa. Yhdenmukaiset merkinnät olisi sovittava, jotta siitä olisi sitten hyötyä, kun niitä joskus tarvittaisiin. Näistä kaikista olisi hyvä myös tehdä lyhyt selvitys sovituin aikaväleihin mahdollisesti raportoitujen mittaustulosten yhteydessä. Mitta-asemien huoltotoimet ja ylläpito yleisesti vaativat henkilökunnalta sitoutumista asiaan.

Liian vähällä huollolla mittaus ei toimi luotettavasti. Mittausvälineistölle, kuten antureille ja mitta-altaalle, tulisi määrittää riittävät huolto- ja puhdistuskertojen välit luotettavien mittaustuloksien saamiseksi. Kesäaikaan, lämpimän veden aikana, kalibrointi ja puhdistusta tulisi lisätä antureiden nopean likaantumisen ja limoittumisen vuoksi (Juntura ym. 1997). Varsinkin heinä- ja elokuun aikana puhdistus tulisi suorittaa kerran viikossa, koska silloin antureihin on kehittynyt biofilmiä ja altaat sekä mitta-anturit ovat likaantuneet nopeasti. Likaantuminen vaikuttaa huomattavasti sameus- ja kiintoainemittauksiin. Syksyisin ja/tai keväisin tai suurempien virtaamien aikana huoltoa tulisi tihentää, koska antureiden likaantuminen on herkempää tällöin. Huollot olisi hyvä ajoittaa juuri ennen tulvia vesistömalliennusteen avulla.

Myös pH-antureiden happopesukäsittelyä tulisi lisätä, koska sen on huomattu vaikuttavan tehokkaammin automaattisen mittaustuloksen luotettavuuteen kuin pelkkä anturin kalibrointi. Myös käytettävän kalibrointiliuoksen käyttöikä tulee huomioida kalibroinnin onnistumiseksi.

Eri asemilla tapahtuvat näytteenotot ja huollot eli puhdistukset ja kalibroinnit tulisi suorittaa saman henkilön ja mielellään saman päivän aikana, jotta virheen mahdollisuus automaattisissa mittaustuloksissa ja huoltotapahtumien hoidossa tulisi minimoitua niiltä osin. Huollon aikana tulisi kaikkien mittaustulosten tiedonsiirto tietokantaan saada keskeytettyä, etteivät tietokantaan tallentuisi huollosta aiheutuvat virheelliset mittaustulokset. pH-vahvistimella tiedonsiirto voidaan keskeyttää on – off -toiminnolla, jolloin tietokantaan tallentuu viimeisin ennen mittauksen pysäyttämistä oleva arvo.

Automaattisen mittauksen tuloksille tulisi määrittää sallitut poikkeamat. Eli kullekin laitteelle ja parametrille tulisi selvittää oma sallittu mittaustuloksen poikkeama laboratoriomäärityksestä. Laittevalmistajan antamaa tarkkuutta tulisi käyttää hyväksi sitä määrittäessä. Jos sallittu poikkeama olisi liian suuri, tulisi asiaan välittömästi puuttua ja selvittää liian suuren poikkeaman syy. Tällaisessa tilanteessa ongelmaan reagointi tulisi tapahtua nopeasti.

Mittauslaitteistokin vanhenee, joten olisi hyvä myös yrittää selvittää, kuinka kauan anturi mittaa luotettavasti. Jokainen mittalaitte ja -anturi on kuitenkin oma yksilönsä. Eri paikoissakin, kuten Kyrönjoella, antureihin saattaa kohdistua erilaisia paineita, kuten kiintoaineen määrän suurenemista vedessä alajuoksulle päin mentäessä. Näin ollen ei voida vetää johtopäätöksiä esim. kaikkien pH-antureiden toiminnan luotettavuudesta, vaikka ne ovatkin samanaikaisesti hankittuja.

Varsinkin sähkönjohtavuus- ja pH-antureiden ailahtelevaisuus veden eri lämpötiloissa on ongelmana niiden toiminnassa. Ei tiedestä varmasti johtuuko se juuri lämpötilasta ja laitteiston lämpötilakorjauksen epäonnistumisesta vai veden muista ominaisuuksista, joihin laitteisto reagoi. Tämänhetkisen pH-mittalaitteiston tuloksia ei voida pitää luotettavina huoltotoimenpiteistä huolimatta. Laitteistot alkavat olla jo lähes 10 vuotta vanhoja Malkakosken mittalaitteistoa lukuun ottamatta. Malkakosken pH-mittauksien erot laboratoriomittauksiin verrattuina ovat olleet vuoden sisällä huomattavasti pienempiä kuin muilla asemilla.

pH-laitteistoa tulisi uusita tai sitä ennen vielä tehotarkkailulla selvittää luotettavuutta eri lämpötiloissa niin, että otetaan automaattinen pH-mittaustulos ennen kalibrointia, pesua ja happokäsittelyä sekä niiden jälkeen. Näitä verrattaisiin laboratoriotulokseen. Tällä voidaan selvittää, onko tämänhetkisen laitteiston käytössä mitään järkeä. Jos laitteistoa ei uusita, voidaan automaattista mittausta pH:n osalta käyttää vain suuntaa antavana, eikä tuloksia voida hyödyntää vedenlaadun tarkkailussa.

Jos kiintoainetta halutaan mitata Kyrönjoella, tulee laitteisto vaihtaa tai selvittää kiintoainemäärät sameusmittausten perusteella, koska mittauksia voidaan tällä hetkellä pitää vain suuntaa antavana. Kiintoainemittaukset perustuvat tämänhetkisillä antureilla valonsirontaan, jota voidaan pitää luotettavana vain sameutta mitattaessa.

Myös lämpötilamittausten luotettavuutta olisi hyvä seurata tarkasti, koska pH- ja sähkönjohtavuusmittauksiin vaikuttavat myös lämpötila ja sen muutokset. Näytteenottolomakkeisiin olisi hyvä merkitä niin käsimitarilla saatu lämpötila kuin myös automaattisen pH-anturin mittaama senhetkinen lämpötila, jotta jälkikäteen tilanteen vaatiessa pystyttäisiin seurata tiedonsiirron luotettavuutta lämpötilamittaustenkin osalta.

Myös aseman mitta-altaan veden edustavuus tulee selvittää. Eli onko mitta-altaan vesi laadultaan samaa kuin jokivesi? Asiaa on vuonna 1998 tutkittu eivätkä joen ja altaan vesi ole silloisen tehotarkkailujakson aikana eronneet toisistaan. Olisi hyvä selvittää, ettei tilanne ole muuttunut. Kontrollinäyte tulisi ottaa joesta mitta-aseman kohdalta ja aseman mitta-altaasta. Edustavuutta tulisi tutkia sekä kesä- että talviaikaan. Edustavuuden tutkimisen voisi sisällyttää mahdolliseen tehotarkkailuun, josta on kerrottu edellisessä kappaleessa.

Uusien mittaustekniikoiden, mittalaitteiden ja -antureiden hankintaa tulisi muidenkin mitattavien parametrien osalta harkita, jos tietyn valmistajan laitteen toiminta ei ole vaikuttanut tarpeeksi luotettavalta. Hankittaessa uusia laitteistoja, tulisi kiinnittää huomiota ennemminkin laatuun kuin hintaan. Myös eri laitetoimittajia tulisi harkita, koska toimittajien tulisi auttaa nopeasti ongelman sattuessa.

Veden virtausnopeudesta ja vaihtuvuudesta mitta-altaissa ei ole tarkkaa tietoa. Asemilla on erikokoiset altaat, mutta toimintaperiaatteiltaan samanlaiset. Veden vaihtuvuus altaissa on selvitettävä, koska pitäisi tietää, edustaako altaasta mitattu tieto juuri sen hetkistä joen tilaa vai jo aikoja sitten joessa aseman ohi virrannutta vettä. Myös se, että veden vaihtuvuus altaassa on tiedossa, antaa luotettavan ja uskottavan kuvan koko järjestelmästä.

Pumppaamoiden pH-antureita tulisi kalibroida useammin kuin kerran vuodessa. Tällä hetkellä kalibrointi on tehty keväisin. Toinen kalibrointi antureille tulisi tehdä syksyllä, ennen kuin vedet jäätyvät ja mahdollisuus antureiden huoltoon vähenee Seinäsuun pumppaamo lukuun ottamatta. Vedenlaadun automaattisten mittausten tarpeellisuutta kaikilla kuudella pumppaamolla tulisi miettiä. Ovatko kaikki tarpeellisia ja mitkä pumppaamot olisivat tärkeimpiä automaattisen vedenlaadun mittauksen kannalta? Mahdollisiin tärkeimpiin pumppaamoihin tulisi panostaa mielellään uusilla antureilla ja huoltokäynnein myös talvella, mikä taas vaatii useamman lämpövastuksen hankintaa. Myös vähemmän huomioitujen pumppaamoiden toimivia antureita voitaisiin siirtää alkuun tärkeämmille pumppaamoille, jos uusia hankintoja ei tehdä nopeasti.

5.2. Järjestelmän tiedonsiirto ja tietojen käsittely

Tiedonsiirron mitta-asemalta tietokantaan ja tiedon tallentumisen tulee toimia moitteettomasti. Tiedonsiirto on toiminut hyvin muutamia tilanteita lukuun ottamatta. Mitta-aseman näyttö saattaa näyttää oikeaa lukua, mutta tietokantaan voi tallentua väärä tieto, kuten Malkakoskella sähkönjohtavuusmittauksissa vuonna 2006 tapahtui. Sähkönjohtavuuslaitteiston vahvistin lähetettiin laitetoimittajalle korjattavaksi. Syksyllä 2006 asemalle asennettiin uusi vahvistin, minkä jälkeen tulokset ovat olleet luotettavalla tasolla. Automaattisia mittaustuloksia tulisi seurata säännöllisesti, jotta edellä mainitun esimerkin kaltaiset virheet huomattaisiin mahdollisimman nopeasti.

Automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmään tallentunut data tulisi standardoida sellaiseksi, että sitä voitaisiin käyttää useissa tarkoituksissa. Tällä hetkellä Länsi-Suomen ympäristökeskuksen automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän LabkoWin-tietokantaan tallentuneita vedenlaatutietoja ei käsitellä. Epäluotettavaa mittaustuloksia ei voida käyttää velvoitetarkkailussa eikä vedenlaadun seurannassa. Tietojen käsittely on aikaa vievää, mutta tarpeellista, jotta mittaustuloksia voidaan käyttää hyödyksi. Tietokantaan tallentuneita tietoja tulisi valvoa ja käsitellä sekä raportoida mahdollisista virheellisistä tapahtumista järjestelmässä.

Tietojen käsittelyä varten on ollut toiminnassa automaattisesta seuranta- ja käyttöjärjestelmän tietokannasta tietonsa saava pH-malli (Laitinen 2001). Mallissa on mahdollisuus tehdä suodatuksia liian suurille tai pienille sekä liian nopeasti suureneville tai pieneneville arvoille ja sillä on mahdollisuus tehdä erilaisia graafisia vedenlaatu- ja virtaamatietoihin perustuvia esityksiä. pH-mallia ei ole kuitenkaan hyödynnetty suunnitellulla tavalla ja sen käyttö on jäänyt vähäiseksi. pH-mallia voitaisiin kehittää edelleen niin, että se mahdollisesti hoitaisi tietojen suodatuksen ja suodatettua dataa voitaisiin käyttää paremmin hyödyksi.

Järjestelmän LabkoWin-ohjelma tietokantoineen tuntuu jäykältä käyttää. Tiedon siirtäminen muihin ohjelmiin, kuten Exceliin on kömpelöä ja ohjelman omat graafiset esitysmahdollisuudet ovat vähäiset. Ohjelman ulkoasu alkaa olla jo vanhanaikainen, koska se on tehty 1990-luvun puolella. LabkoWin-ohjelmassa olisi itsessään oltava jonkinlainen suodatustoiminta, joka poistaisi automaattisesti virheelliset tulokset, jotta sitä voitaisiin käyttää tehokkaammin hyödyksi. Ohjelma tulisi saada helppokäyttöiseksi ja

nykyaikaiseksi, jotta sitä olisi mielekästä käyttää, mutta se todennäköisesti vaatii suuria toimenpiteitä.

Ryömintä on lähes kaikille mittareille yhteinen ominaisuus, jossa mittaustulos muuttuu ajan kuluessa. Ryömintä havaitaan mittaustiedon tasomuutoksena kalibroinnin jälkeen. Ryöminnan aiheuttamaa mittaasepä tarkkuutta tuloksissa voidaan parhaiten hallita riittävän tiheillä kalibroinneilla.

5.3. Uudet rakenteelliset ratkaisut, mitta-asetat ja mitattavat parametrit

Kyrönjoen varrella olevat mitta-asetat antavat mahdollisuuden uusien tekniikoiden käyttöön tai testaukseen. Markkinoilla on tällä hetkellä ravinteita mittaavia laitteita, jotka mittaavat mm. veden nitraattityypipitoisuutta (Thessler ym. 2008). Laitehankinnoissa tulisi miettiä tarkoin, mikä on tarpeellista tietoa. Ovatko kaikki mitta-asetilla mittaavat laitteet tarpeellisia eli käytetäänkö niiden mittaustietoa hyväksi kuten esim. a-klorofyllia Malkakosken mitta-asetalla? Malkakoskella on ollut myös happea mittaava laitteisto, mutta se ei ole toiminut kunnolla ja on ollut jo pari vuotta maahantuojalla. Hapen mittaaminen vaikuttaisi olevan hankalaa ja se olisi syytä jättää kokonaan pois, jos sille ei ole enää välttämätöntä tarvetta.

Veden kiintoaine- ja fosforikuormitusta voidaan arvioida sameusmittaustietojen ja mitattujen virtaamatietojen avulla. Kiintoaineen määrän vedessä voi saada selville sameusmittausten perusteella, koska yleensä näiden kahden parametrien välillä vallitsee lineaarinen riippuvuus. Riippuvuus selvitetään vertaamalla automaattista sameusmittausta laboratoriossa määritettyyn kiintoaineeseen. Tämä edellyttäisi kuitenkin automaattisen sameusmittauksen luotettavaa mittausta. Automaattiset veden laatua mittaavat anturit ovat myös erinomainen tapa seurata fosforin huuhtoutumista ainakin savialueilla (Thessler 2008, Valkama ym. 2008).

Järjestelmään on helppo liittää uusia asemia. Varsinkin erilaisissa virtavesissä tehtyjen vesistö-rakennustöiden seurannassa jatkuva ja automaattinen vedenlaadun mittaaminen olisi tehokas tapa seurata töiden vaikutusta vesistöön. Kyrönjoen varrella tällä hetkellä olevat mitta-asetat ovat kiinteitä ja eikä niitä voida hyödyntää liikuteltavina asemina. Asemien laitteisto voitaisiin siirtää muualle, jos mahdollinen uusi tila löytyisi. Pienempiä mitta-asetamia voitaisiin tarpeen vaatiessa perustaa muihin jokiin ja sivu-uomiin. Näiden ongelmana ovat sähkön saanti ja sen kautta myös lämmitys, jos haluttaisiin mitata myös talviaikaan. Siirrettäviä pieniä yksiköitä voitaisiin käyttää keväästä syksyyn, jolloin toiminta olisi mahdollista aurinkopaneelien ja akkujen avulla. Laitteiston asentaminen suojaan paikkaan on tärkeää ilkeältä ajatellen. Kesäkaudella käytettävät mitta-anturit voitaisiin asentaa myös suoraan uomaan, koska jäätymisestä ei olisi tällöin varaa. Laitteistojen huollot vain tulisi olla mahdollista järjestää tarpeen tullen, jolloin mittausta paikan sijainnilla on merkitystä.

5.4. Järjestelmän kustannukset

Järjestelmässä tällä hetkellä kustannuksia aiheutuu varsinkin huoltotoimenpiteistä ja automaattisen mittauksen luotettavuuden tarkkailusta. Huolto ja kalibrointi ovat kalliita, mutta niitä on vaikea vähentää. Vertailunäytteitä luottavuustarkasteluihin tulee edelleen ottaa, koska automaattisen mittauksen luotettavuudesta ei olla varmoja. Seurannan kustannukset eivät ole näin ollen pienentyneet, vaikka ne varmasti ovat olleet ajatuksena automaattisen vedenlaadun mittauksia suunniteltaessa.

Kyrönjoen vesistöiden tarkkailuun rakennettiin viisi automaattista mitta-asetamaa, joihin on yksi tullut lisää, mutta myös kaksi on jo lakkautettu. Mitta-asetamien

tarpeellisuutta tulisi harkita nyt kun vesistötyöt ovat päättyneet. Vaikutuksia tulee tarkkailla edelleen, mutta mitkä asemat olisivat vielä hyödyllisiä myös tulevaisuutta ajatellen. Skatilan lähellä sijaitsee Vaasan kaupungin raakavedenpumppaamo Båskaksessa, jossa myös mitataan vedenlaatua. Vaasan kaupungin vesilaitoksen kanssa tulisi selvittää mahdollisuutta yhteistyöhön, jolloin mm. Skatilan automaattisesta mitta- asemasta voitaisiin myös luopua. Malkakosken ja Hanhikosken automaattiset mitta- asemat sijaitsevat lähellä toisiaan, joten myös kahden näin lähellä toisiaan sijaitsevan mitta- aseman tarpeellisuutta ja yhdistämistä tulee miettiä. Näistä kahdesta parempi vaihtoehto poistettavaksi olisi Hanhikoski, koska Malkakoskella on uudemmat ja monipuolisemmat mittauslaitteet ja sillä on jo käyttötarkoitus padonkin ominaisuudessa. Jos mitta- asemia otetaan pois käytöstä, kannattaa poistuvan mitta- aseman toimivia antureita yrittää hyödyntää muilla asemilla, joilla anturit eivät ole yhtä tarkkoja.

Koko järjestelmän toiminnasta ja siihen liittyvistä huoltotoista, vertailunäytteistä yms. olisi hyvä tehdä taloudellisuustarkastelu. Tulevan kehitystyön kustannuksia on vaikea arvioida tällä hetkellä. Sitä ennen pitää tehdä päätöksiä, mitä toimenpiteitä järjestelmän kehittämiseksi tullaan mahdollisesti tekemään.

Järjestelmän kehittäminen toisi ilman muuta lisäkustannuksia niin laitteistohankinnoissa kuin tietojenkäsittelyssäkin. Myös itse järjestelmän kehitystyön suunnitteluun kuuluu henkilötyötunteja. Varsinkin pH-mittauslaitteistoon investointia tulee vakavasti harkita. Uusien laitteistojen hankinnassa tulee kuitenkin kiinnittää huomiota, jos mahdollista, ennemmin laatuun kuin edulliseen hintaan. Laitteistojen toimivuudesta eri vesistöissä saa parhaiten tietoa muilta käyttäjiltä. Mahdollisesti uusien mitta- asemien perustamiseen kustannuksia tuovat mm. uuden mitta- aseman rakentaminen, laitteiston hankinta ja siihen liittyvät asennustyöt, huollot sekä laitteiston luotettavuuden varmistaminen laboratoriomäärityksin.

5.5. Järjestelmän hyödynnettävyys

Automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän tuottamaa tietoa on paljon ja sitä pitäisi osata hyödyntää enemmän ja laajemmin kuin tällä hetkellä. Varsinkin tiedon levittämisessä ja julkaisussa on kehitettävää. Mittaustuloksia tulisi julkaista myös internetissä, mutta asia on vielä kesken. Tietoa tulisi levittää ja julkaista eri kohderyhmille eri muodossa. Tutkimuksen ja ympäristöalan eri toimijoille tietoa voisi jakaa yksityiskohtaisemminkin, mutta yleiseen käyttöön ympäristöhallinnon internet-sivuille vain esim. tiettyinä graafisina kuvioina tai taulukkoina.

Järjestelmän toimintaan käytetyn työmäärän vuoksi olisi tärkeää, että sen tuottamia mittaustuloksia vedenlaadunkin osalta pystyttäisiin hyödyntämään myös päätöksenteoissa. Järjestelmä ja siihen liitettävät uudet asemat voisivat toimia apuna myös maatalouden hajakuormituksen selvittämisessä pienissäkin jokiuomissa. Automaattisten mittausantureiden tuloksiin perustuvat kuormituslaskelmat antavat ravinne- ja kiintoainekuormasta todellisemman kuvan kuin yksittäiset näytteenotot.

Kyrönjoen tämänhetkisiä mitta- asemia voidaan käyttää edelleen hyväksi tutkimustyössä, kuten biotesteissä, joita asemilla on niiden toiminnan aikana tehty useilla eri lajeilla. Asemat antavat edelleen loistavat mahdollisuudet kokeelliseen tutkimukseen, koska niissä voidaan järjestää erilaisia koetilanteita suojatussa tilassa. Lisäksi asemat on rakennettu niin, että niissä riittää tilaa erikoisjärjestelyihin.

5.6. Tärkeimmät toimenpiteet

- Hanhikosken mitta-asema on lakkautettu syksyllä 2009
- uudet pH-anturit on asennettu Nikkolaan ja Kiikkuun syksyllä 2009
- sallittujen poikkeamien määrittäminen mitattaville parametreille
- kiintoaineen mittaus automaattisen sameusmittauksen avulla
- riittävän huoltotiheyden määrittäminen
- Kyrönjoen automaattisten vedenlaatumittausten yhteiskäyttömahdollisuuksien selvitys Vaasan veden kanssa
- huoltoajankohtien ajoittaminen ennen tulvia vesistömalliennusteen avulla
- on – off -toiminto mittaustulosten tallentumiseen huoltokäyntien ajaksi
- yhdenmukaiset ja kattavat muistiinpanot asemien huolloista, esim. tietokanta huoltotoimenpiteille
- mittaustulosten seuranta ja säännöllinen raportointi
- laadunvarmistuksen kehittäminen
- seurantajärjestelmän nykyaikaistaminen
- pumppaamoiden pH-antureiden siirrot ja näytölliset vahvistimet tärkeimmille pumppaamoille
- pumppaamoiden anturit kalibroidaan kaksi kertaa vuodessa

6. YHTEENVETO

Kyrönjoki on tulvaherkkä vesistö, minkä vuoksi sitä on paljon rakennettu. Vesistöiden vaikutusten tarkkailuun Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa kehitettiin automaattinen vedenlaadun seurantajärjestelmä samassa yhteydessä automaattisen tulvasuojelurakenteiden käyttöjärjestelmän kanssa. Kyrönjoelle on ominaista myös happamuusongelmat, joiden seuraamiseen automaattinen järjestelmä on tehokkain keino. Tällä hetkellä Kyrönjoen automaattiseen seuranta- ja käyttöjärjestelmään kuuluu neljä automaattista vedenlaadun mittausasemaa sekä 22 pengerryspumppaamo.

Automaattisista vedenlaadun mittauksista on Kyrönjoella tehty luotettavuustarkasteluja viimeksi 1990-luvun lopulla. Nyt kun Kyrönjoen yläosan vesistötyöt ovat tehty, tulee jatkuvaa vedenlaadun mittauksen tarvetta tarkastella uudelleen ja mahdollisesti tehdä uusia ratkaisuja mitta-asemien ja mitattavien parametrien osalta niin, että ne parhaiten palvelisivat tulevaisuuden tarpeita. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää automaattisten vedenlaadun mittausten luotettavuutta ja toimivuutta, minkä perusteella voidaan tehdä päätöksiä mahdollisista uusista hankinnoista sekä mahdollisten ylimääräisten mitta-asemien ja antureiden poistamisesta.

Luotettavuutta ja toimivuutta tutkittiin vertailumittauksien ja tietokantaan tallentuneiden automaattisten mittaustuloksien avulla. Aineistossa esiintyi yleisesti lyhytaikaista hajontaa, joka on usein huolto- ja näytteenottokäynneistä aiheutuvia, mutta myös antureiden äkillinen likaantuminen tai muu hetkellinen toimintahäiriö järjestelmässä voivat aiheuttaa nopeitakin heilahteluja. Kaikkia mittaustulosten hajonnassa tapahtuvia vaihteluita oli kuitenkin vaikea selvittää mm. puutteellisten näytteenottolomakkeiden

tietojen vuoksi. Myöskään kaikkia käyntejä mitta-aseilla ei todennäköisesti ole merkitty mihinkään, mikä myös osaltaan vaikeuttaa häiriöiden jäljittämistä. Jatkossa huoltohenkilökunnan tulee kiinnittää enemmän huomiota asemalla tehtävien toimintojen kirjaamiseen. Myös kaikki laitteistossa ja tietokannassa huomattavat häiriöt tulisi kirjata yhteiseen tietokantaan tai muuhun sellaiseen, jotta asian selvittäminen olisi helppoa.

Automaattiset pH-mittaukset olivat kaikilla asemilla eronneet keskimäärin liian paljon laboratoriomittauksista eikä niitä voitu pitää luotettavina. Automaatti- ja vertailumittausten eroissa oli sen lisäksi huomattavissa vuodenaikaisia vaihteluita, jotka todennäköisesti liittyvät veden lämpötilaan. Ainoastaan Malkakoskella erot olivat pysyneet parin viime vuoden aikana melko tasaisina, mikä todennäköisesti johtui siitä, että Malkakosken anturi on hankittu myöhemmin kuin pH-anturit muilla asemilla ja toiminta on ollut näin ollen vakaampaa. Jos pH-mittauksista on tarkoitus saada todellinen hyöty, tulee laitteistoa vaihtaa uudempaan ja luotettavampaan. Kiikun ja Nikkolan mitta-aseille uudet anturit on asennettu syksyllä 2009.

Sähkönjohtavuusmittaukset ovat toimineet automaattisilla mitta-aseilla melko hyvin. Skatilassa sähkönjohtavuusmittauksien luotettavuus on ollut hyvällä tasolla vuosien 2007 ja 2008 aikana keskimääräisen poikkeaman ollessa 3,4–8,8 %. Hanhikoskella taas sähkönjohtavuusmittauksissa on ollut selkeää korrelaatiota lämpötilan kanssa eikä automaatti- ja vertailumittausten erotkaan ole pysyneet täysin hyväksyttävissä rajoissa. Malkakoskella ja Kiikussa sen sijaan sähkönjohtavuusmittaukset ovat olleet vuoden 2008 aikana luotettavalla tasolla. Nikkolassa sähkönjohtavuuden automaatti- ja vertailumittausten erot ovat olleet vuosina 2005–2008 liian suuria. Hanhikoskella ja Nikkolassa automaatti- ja vertailumittausten erot ovat olleet vuoden 2008 aikana keskimäärin 12,3–12,4 %, joten mittausten luotettavuuksia voidaan pitää kuitenkin tyydyttävänä.

Malkakosken automaattiset sameusmittaukset ovat luotettavia ja ne reagoivat hyvin muuttuviin sameusoloihin. Automaatti- ja vertailumittauksissa välillä huomattavat liian suuret erot ovat johtuneet lämpimämmän veden tai suuren virtaaman aiheuttamasta antureiden likaantumisesta, johon ei ole osattu ennalta reagoida tihentämällä huoltoa. Skatilassa taas sameusmittaukset eivät ole toimineet Malkakosken tapaan, koska suurilla sameusarvoilla automaattinen anturi on mitannut liian pieniä arvoja. Skatilan mittaustuloksissa on myös ollut häiriöitä tietokantaan tallentuneissa tuloksissa. Kiintoainemittaukset taas reagoivat kyllä kiintoainepitoisuuksien muutoksiin vedessä, mutta eivät riittävästi. Automaattiset anturit mittasivat usein pienilläkin kiintoainepitoisuuksilla hieman liian pieniä arvoja, mutta varsinkin suurilla pitoisuuksilla ne eivät kyenneet mittaamaan riittävän suuria arvoja.

Hanhikosken antureiden toiminta on ollut vaihtelevaa. Hanhikosken mitta-asema sijaitsee myös lähellä Malkakoskea, joten näiden kahden aseman yhdistäminen olisi järkevää, jos laitehankintojen määrää halutaan pienentää. Tämän tutkimuksen perusteella Hanhikosken mitta-asema lakkautettiin syksyllä 2009. Myös mahdollista yhteistyötä Vaasan kaupungin vesilaitoksen kanssa tulee selvittää, koska Skatilan mitta-asema ja kaupungin Båskaksen raakavedenpumppaamo sijaitsevat hyvin lähellä toisiaan ja niissä mitataan samoja vedenlaadun parametreja.

Antureiden luotettavan toiminnan kannalta tärkeintä on sopiva tiheys laitteistojen kalibroinnille ja pesulle, jotka tulee tehdä riittävän usein. Kesäaikaan lämpimän veden aikana anturit ja altaat likaantuvat ja limoittuvat herkästi, ja tällaisina aikoina mitta-aseilla tulisi huoltokäyntejä tihentää tehtäväksi kerran viikossa, kun muuten anturit ja altaat huolletaan keskimäärin kaksi kertaa kuukaudessa.

Automaattiset pH-mittaukset ovat toimineet vaihtelevasti eri pumppaamoilla. Ainoastaan parilla pumppaamolla kuudesta on pH-mittaus ollut luotettavalla tasolla. Pumppaamoilla kuitenkin huoltoja ei tehdä niin usein kuin mitta-aseilla ja kalibroinnitkin tehdään kerran vuodessa, yleensä keväällä. Talviaikaan ei ole mahdollista huoltaa kaikkia antureita veden jäätyneen vuoksi. Keväisen kalibroinnin lisäksi mittauksen luotettavuuden kannalta lisätään yksi kalibroitukerta lisää ennen talvea ja veden kylmenemistä. Myös pumppaamoilla pH-mittauslaitteistoja on uusittu ja tulevaisuudessa panostetaan tärkeimpien pumppaamojen hyvään ylläpitoon ja huoltoon. Pumppaamoilla vesi on happamampaa ja metallipitoisuudet korkeammat kuin itse joessa, mikä saattaa kuormittaa antureita.

Järjestelmän laadunvarmennuksessa on paljon kehitettävää. Mittaustuloksia ei ole viime vuosina säännöllisesti seurattu tai käsitelty. Järjestelmän tuottaman suuren tietomäärän valvominen ja käsittely on aikaa vievää, mutta välttämätöntä, jos tietoja halutaan luotettavasti käyttää tutkimuksissa apuna ja julkaista mm. internetissä. Yhteistyömahdollisuuksia mm. SYKEN kanssa tietojen käsittelyn osalta olisi hyvä selvittää.

Automaattisen seuranta- ja käyttöjärjestelmän kehittäminen ja ylläpito on vuosien aikana kuluttanut resursseja huomattavasti. Näinkin suurta järjestelmää tulisi kaikin puolin yrittää hyödyntää paremmin. Järjestelmään on helppo liittää mm. uusia asemia, jos halutaan perustaa lyhytaikaisempia jatkuvia vedenlaadun mittauspisteitä muiden vesistö-rakennustöiden vaikutusten seurantaan.

KIRJALLISUUS

- Bols J., Goethals P.L.M., Meirlaen J., Van Griesen A., Vandenberghe V., Van Vooren L., De Pauw N., Vanrolleghem P. & Bauwens W. 1999. Automated measurement stations for river quality monitoring. *Proceedings 13th Forum Applied Biotechnology*: 107-110. Gent, September 22-23. (Url:<http://biomath.rug.ac.be/~peter/ftp/pvr227.pdf> [22.11.2007])
- Heino R. 1978. *Havaintojen tilastollisen käsittelyn perusteet*. Meteorologian laitos, Helsingin yliopisto.
- Housecroft C. & Constable E. 2006. *Chemistry: An Introduction to Organic, Inorganic and Physical Chemistry*. Prentice Hall, 1316 s.
- Huitu H. 2009. *Measurements in SoilWeather Project*. MAASÄÄ-hankkeen loppuseminaari 13.5.2009, Helsinki. (Url: <http://www.ymparisto.fi/teho> [29.10.2009])
- Huttula T., Lindfors A. & Kiirikki M. 2004. Vedenlaadun seuranta automatisoituu. *Vesitalous* 5: 29-32.
- Huttula T., Bilaltdin E., Härmä P., Kallio K., Linjama J., Lehtinen K., Luotonen H., Malve O., Vehviläinen B. & Villa L. 2009. Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen. Automatisointi ja muut uudet mahdollisuudet. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 13, 73 s.
- Juntura E. 2000. Kyrönjoen automaattisten mitta-asemien toiminnan analyysi: Tulokset vuosilta 1998-1999. *Vesi- ja ekotekniikka, Suomen ympäristökeskus*, Oulu 5.9.2000, 8 s. [Julkaisematon]
- 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 ainetaseiden seurantaan. *VTT Tiedotteita* 1848, 45 s.
- Juntura E., Halttu, A. & Höglund Ulf. 2000a. *Uuden tekniikan ja menetelmien kokeilu vedenlaadun automaattisessa seurannassa*. Riverlife. Suomen ympäristökeskus, Länsi-Suomen ympäristökeskus, Oulu 17.12.2000, 8 s. [Julkaisematon]

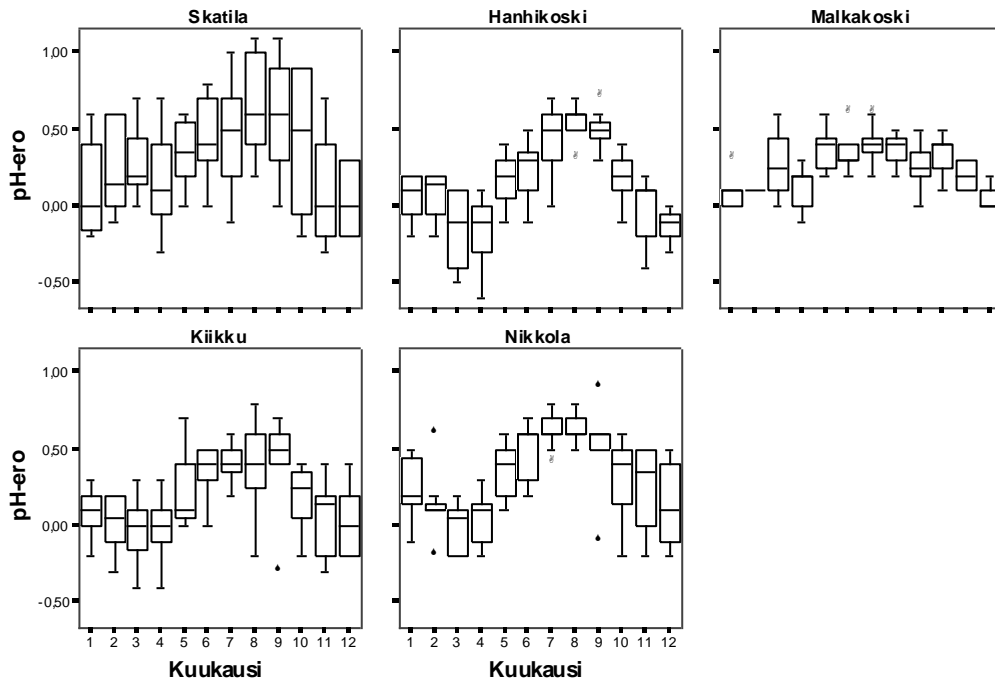
- Juntura E., Väisänen T., Riihimäki J. & Halttu A. 2000b. Kyrönjoen automaattisen käyttö- ja seurantajärjestelmän toimivuuden ja luotettavuuden parantaminen. *Suomen ympäristökeskus, Länsi-Suomen ympäristökeskus, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus*, Oulu 31.5.2000, 16 s. [Julkaisematon]
- Kalff J. 2003. *Limnology –Inland Water Ecosystems*. Prentice Hall, 592 s.
- Kangas A. 2005. *Jyväsjärven hapetus ja sen vaikutus järven lämpötilaan ja happipitoisuuteen*. Pro gradu –tutkielma. Fysikaalisten tieteiden laitos, Helsingin yliopisto, 66 s.
- Keskinen T., Latvala J., Tuhkanen J. & Vuorinen J. 2002. Kyrönjoen vaellussiikakannan tila. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 278, 65 s.
- Kohonen T. 1982. Automatic monitoring of water quality. *Publications of the Water Research Intitute* 49: 40-53.
- Kohonen T. 1984. Automatic water quality monitoring in rivers exposed to injurious activities. *Aqua Fennica* 14,2: 97-127.
- Kohonen T. 1985. Availability of automatic water quality monitoring for Finnish watercourses. *Publications of the Water Research Intitute* 62: 3-19.
- Kohonen T., Hell P., Muhonen J. & Vuolas E. 1978. Automaattisten veden laadun tarkkailulaitteiden käyttökokemuksia. *Vesihallitus – Tiedotus* 153, 89 s.
- Kotamäki N., Thessler S., Koskiahio 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* 9,4: 2862-2883.
- Laatusuositus 2009. *Suosituksset vesistövesistä tehtävien analytyttien määritysrajoille, mittauserpävarmuuksille sekä säilytysajoille ja -tavoille*. Versio 3.9.2009, 20 s.
- Laitinen J. 1994. Modelling in monitoring of Lapua river basin. In: *Spatial and temporal variability and iterdependences among hydrological processes*: 1-10. Proc. symp. 14.-16.9.1994, Kirkkonummi, Finland.
- Laitinen J. 2000a. *Approach to technically, ecologically and economically optimal river basin operation and management*. Vaasa University: Liceanciate thesis, 39 s.
- Laitinen J. 2000b. *Automation in river basin management – an example of the Kyrönjoki river in Western Finland*. In: Laitinen J., *Approach to technically, ecologically and economically optimal river basin operation and management*. Vaasa University: Liceanciate thesis, 12 s.
- Laitinen T. 1998. *Vedenlaatumallien käyttö Kyrönjoen velvoitetarkkailussa: Kehittämissuunnitelma*. 16.10.1998. Vesihydro Oy, Helsinki, 8 s.
- Laitinen T. 2001. *Kyrönjoen pH-mallin kehittäminen: toimintaperiaate ja laskentamenetelmät*. 8.1.2001. Vesihydro Oy, Helsinki, 27 s.
- Lindfors A. & Rasmus K. 2002. Pintavesien laadun jatkuva mittausmenetelmä. *Vesitalous* 2: 26-28.
- Lounais-Suomen ympäristökeskus 2009. *Syksy aktiivista näytteenottoa TEHO-hankkeessa*. TEHO-hanke: tiedote 18.8.2009 (Url: <http://www.ymparisto.fi/teho> [8.10.2009])
- Länsi-Suomen ympäristökeskus. 1998. *Kyrönjoen automaattinen seuranta ja käyttöjärjestelmä – tehotarkkailujakso*. [Muistio kokouksesta 11.2.1998]
- Muhonen J. 1976. Vesistöjen veden laadun automaattinen tarkkailu –kirjallisuusselvitys. *Vesihallitus – Tiedotus* 113, 158 s.
- Mäenpää, E., Myllynen, K., Pakkala, J., Aronsuu, K. & Koskenniemi, E., 2001: Talvehtimisaikaisen vedenlaadun vaikutus sukukypsien nahkiaisten (*Lampetra fluviatilis*) fysiologiseen tilaan ja mädin hedelmöittymiseen. *Länsi-Suomen ympäristökeskus*, 14 s. [Käsikirjoitus]

- Mäenpää, E. & Svanljung A. 2006. Biotestit ja automaatio jokien käytön kehittämisessä. *Länsi-Suomen ympäristökeskus*, 17 s. [Käsikirjoitus]
- Mäenpää, E., Teppo A. & Paavola R. 2004. Kyrönjoen pohjaeläimistö ja vesisammalten metallipitoisuudet – vesistö rakentamisen vaikutusten arviointi. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 345, 62 s.
- Peura P., Inkinen M. & Alasaarela E. 1994. The three stages of automatic monitoring of waterbodies. *Aqua Fennica* 24,1: 69-82.
- Podsetchine V. ja Huttula T. 1994. Modelling Sedimentation and Resuspension in Lakes. *Water Poll. Res. J. Canada* 29, 2/3: 309-342.
- Puupponen M. 2004. Hydrologisten mittausten haasteet. *Vesitalous* 5: 25-28.
- Ramboll. 2005. *Kyrönjoen yläosan vesistötyö: Happamuuden huuhtoutuminen Rintalan pengerrysalueelta ja sen torjumismahdollisuudet*, 49 s.
- Sivil M. 2007. Kyrönjoen vaellussiikakannan vahvistaminen: vuosien 2001 – 2005 seuranta. *Länsi-Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 2, 57 s.
- Savea-Nukala T., Rautio L-M. ja Seppälä M. 1997. Kyrönjoen tila ja vesiensuojelun taso. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 16, 167 s.
- Sallmen M. 1998. Automaattinen mittausasema Lestijoen vedenlaadun seurannassa. *Länsi-Suomen ympäristökeskuksen monistesarja* 24, 26 s.
- Suomen standardoimisliitto. 1979. *SFS 3021*.
- Suomen standardoimisliitto. 1989. *SFS 3024*. (Vanhentunut standardi)
- Suomen standardoimisliitto. 1994. *SFS-EN 27888*.
- Suomen standardoimisliitto. 2000. *SFS-EN ISO 7072*.
- Särkelä A., Lahti K., Vahtera H., Penttilä S. & Ahtela I. 2006. Automaattinen veden laadun seuranta avuksi hajakuormituksen arviointiin - testausta peltovaltaisen valuma-alueen joessa ja ojassa. *Vesitalous* 4: 20-25.
- Teppo A., Tolonen M., Korsu K., Sivil M., Koivurinta M., Marjomäki T., Koivisto A-M., Latvala J. & Rautio L.M. 2006. Kyrönjoen yläosan vesistöiden vaikutus ja Kyrönjoen tila vuosina 1975-2003. *Suomen ympäristö* 18/2006, 174 s.
- Thessler S., Järvenpää M. & Walls M. 2008. MAASÄÄ – teknologia-alusta: Ajantasaista sää- ja vedenlaatutietoa maatalouden ja ympäristöseurannan käyttöön. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. *Suomen maataloustieteellisen Seuran tiedotteita* no 23. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 9.1.2008. (Url: http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Posterit/ps053.pdf [20.11.2008])
- Tolonen M. 2008. Kyrönjoen vesistötyöt. Velvoitetarkkailu vuosina 2006 ja 2007. *Länsi-Suomen ympäristökeskus*. [Moniste]
- Valkama P., Lahti K. & Särkelä A. 2008. Jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta hajakuormituksen arvioinnissa. Julkaisussa: *Maataloustieteen Päivät 2008* [verkkojulkaisu]. Suomen maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 9.1.2008. (Url: http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Posterit/ps036.pdf [20.11.2008])
- Vandenbergh V., Goethals P.L.M., Van Griensven A., Meirlaen J., De Pauw N., Vanrolleghem P. & Bauwens W. 2005. Application of automated measurement stations for continuous water quality monitoring of the Dender river in Flanders, Belgium. *Environment Monitoring and Assessment* 108: 85-98.
- Voutilainen V., Kolehmainen P. & Hammar, T. 2001. Pinta- ja pohjavesien kaukomittausjärjestelmän kehittäminen. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 226, 36 s.

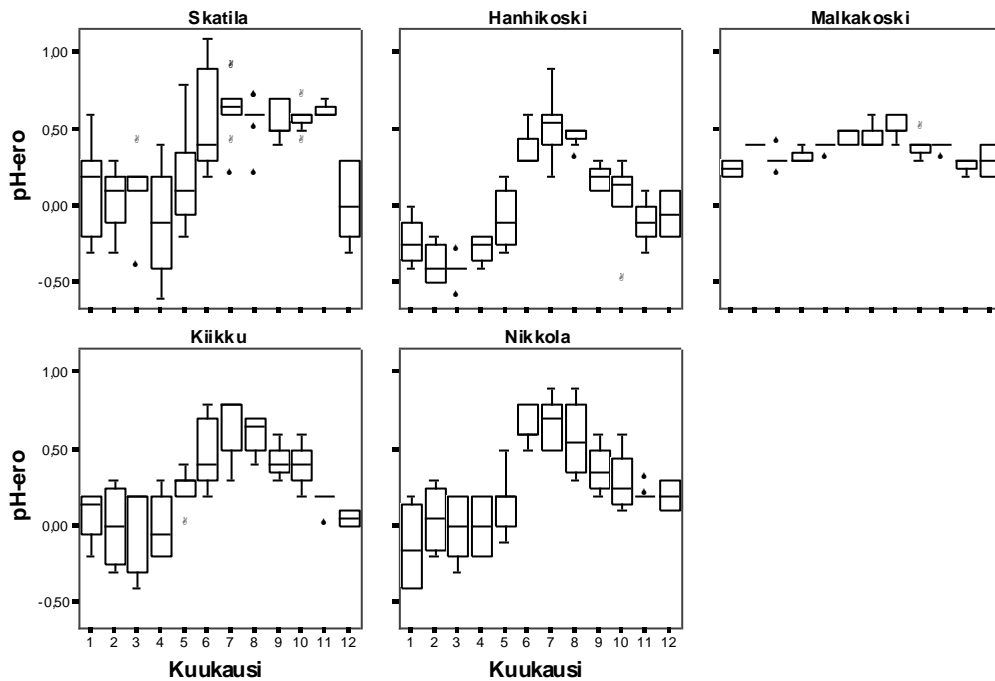
Vuori, K.-M. 2002: Vesisammal- ja vesiperhosmenetelmät jokivesistöjen haitallisten aineiden riskiarvioinnissa ja seurannassa. *Suomen ympäristö* 571, 89 s.

LIITE 1: Tutkimusjaksojen 1.1.2003–31.10.2006 ja 1.11.2006–31.10.2008 pH:n automaattisten ja laboratoriomittausten väliset erot asemittain ja kuukausittain.

1.1.2003 - 31.10.2006

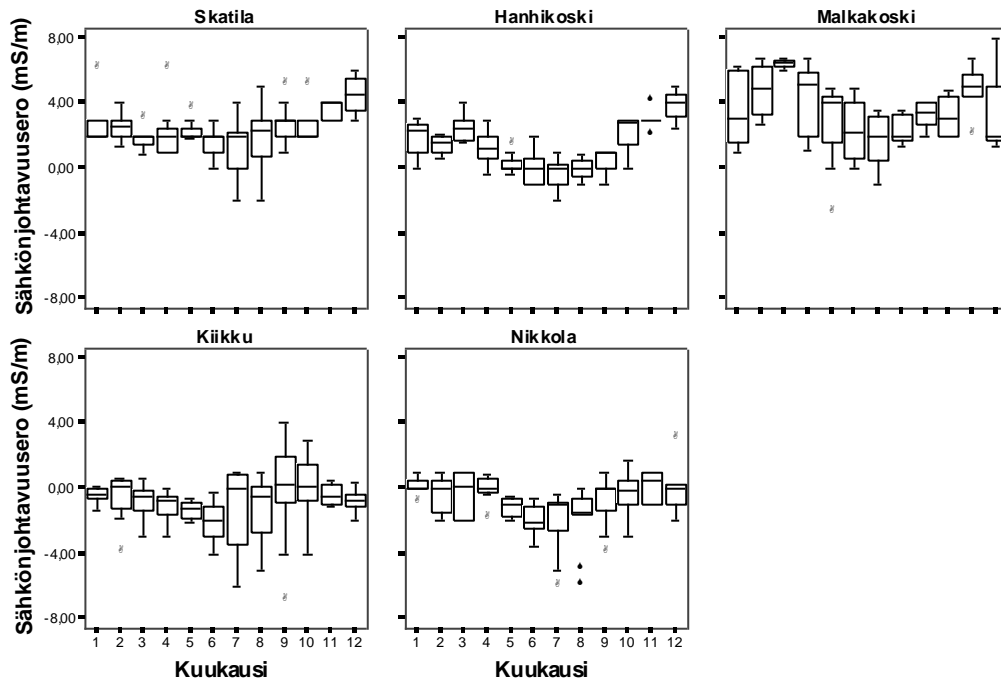


1.11.2006 - 31.10.2008

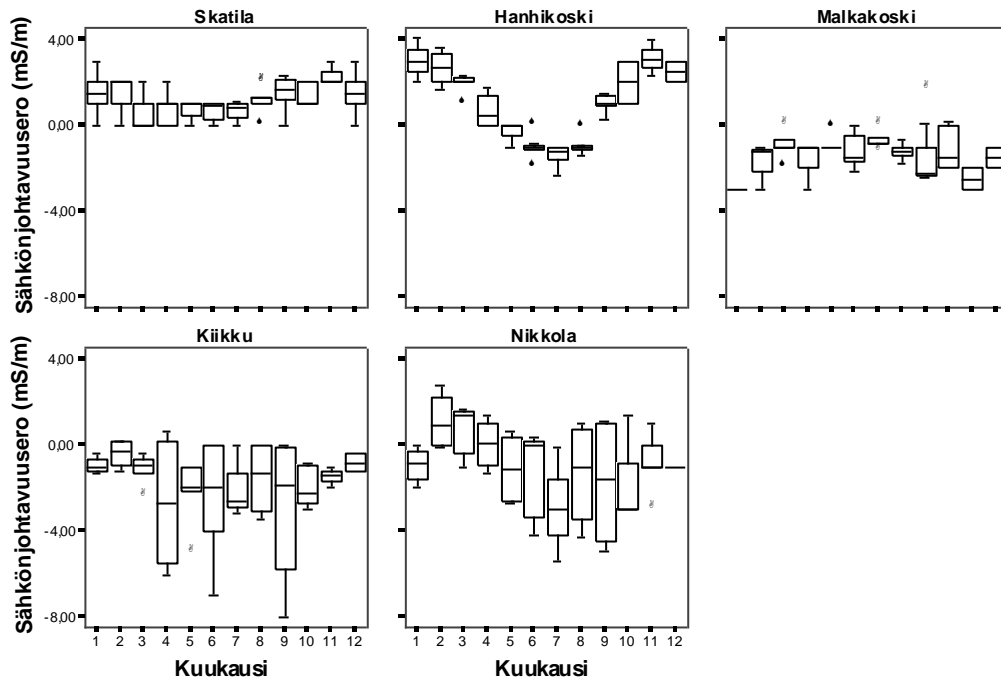


LIITE 2: Tutkimusjaksojen 1.1.2003–31.10.2006 ja 1.11.2006–31.10.2008 sähkönjohtavuuden automaattisten ja laboratoriomittausten väliset erot asemittain ja kuukausittain.

1.1.2003 - 31.10.2006

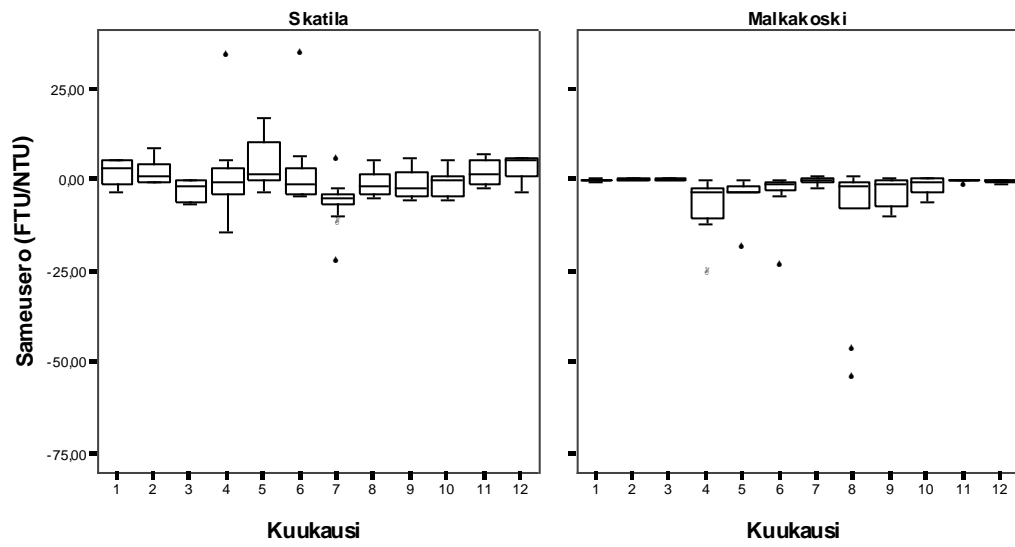


1.11.2006 - 31.10.2008

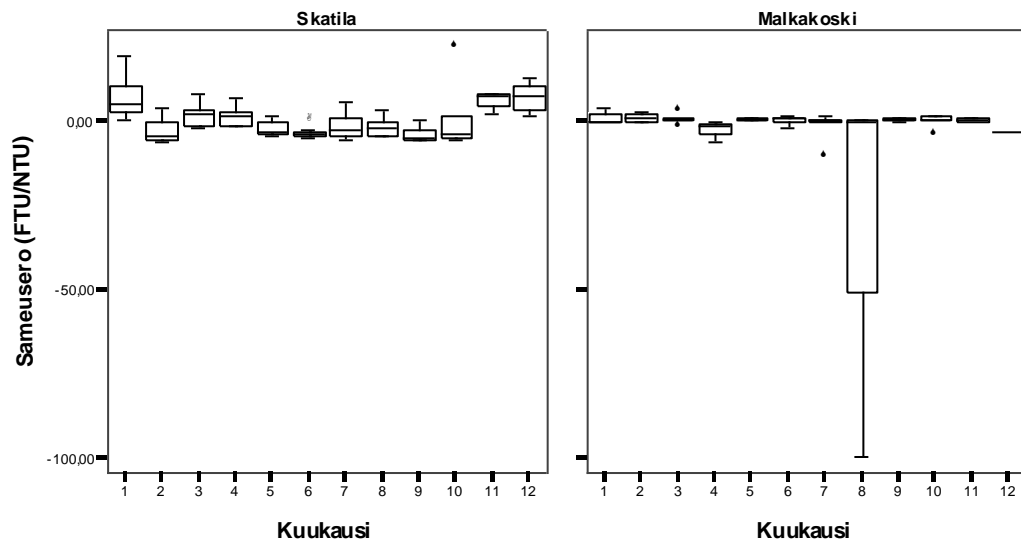


LIITE 3: Tutkimusjaksojen 1.1.2003–31.10.2006 ja 1.11.2006–31.10.2008 sameuden automaattisten ja laboratoriomittausten väliset erot asemittain ja kuukausittain.

1.1.2003 - 31.10.2006

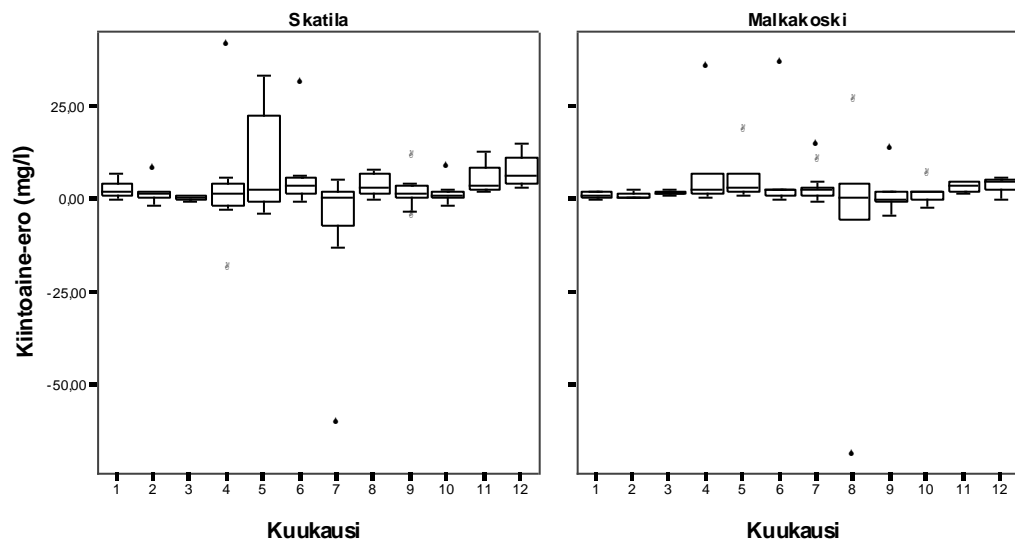


1.11.2006 - 31.10.2008

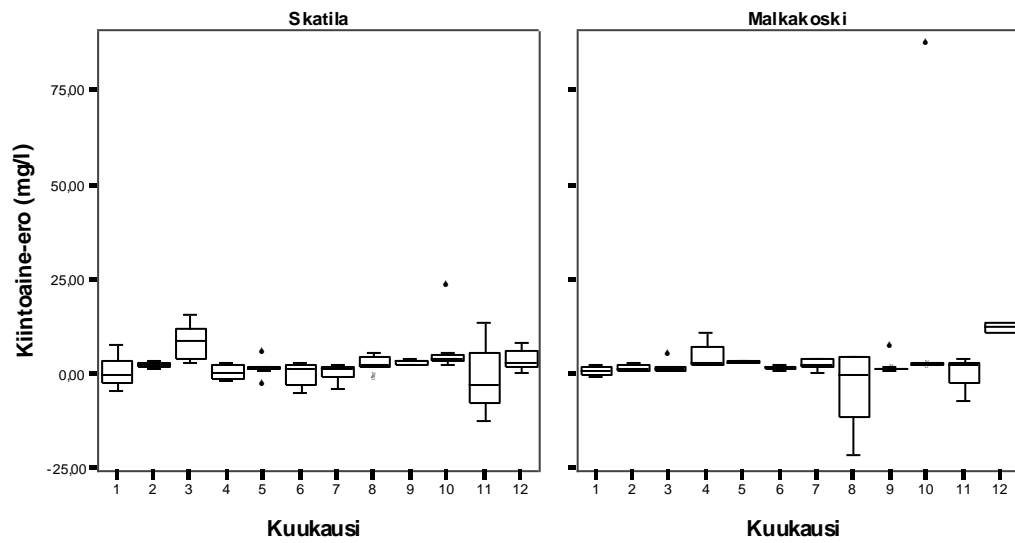


LIITE 4: Tutkimusjaksojen 1.1.2003–31.10.2006 ja 1.11.2006–31.10.2008 kiintoaineen automaattisten ja laboratoriomittausten väliset erot asemittain ja kuukausittain.

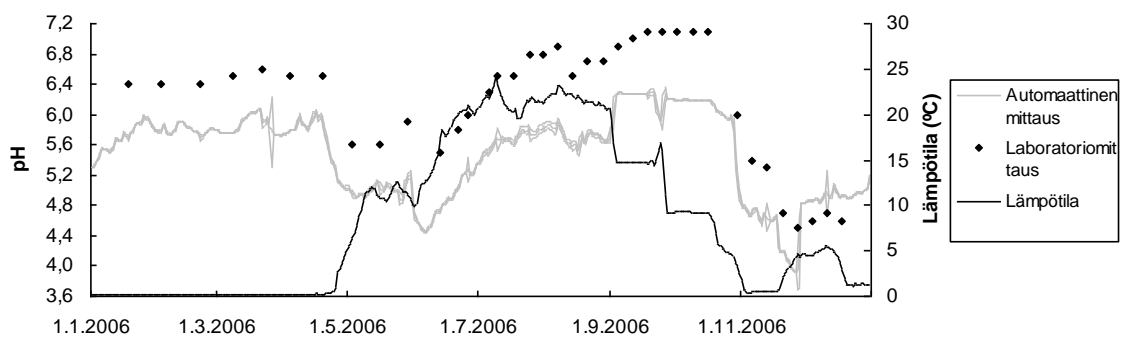
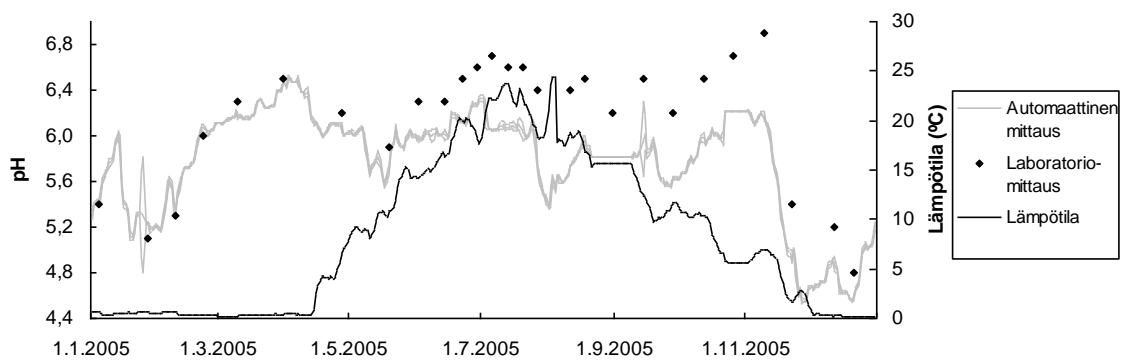
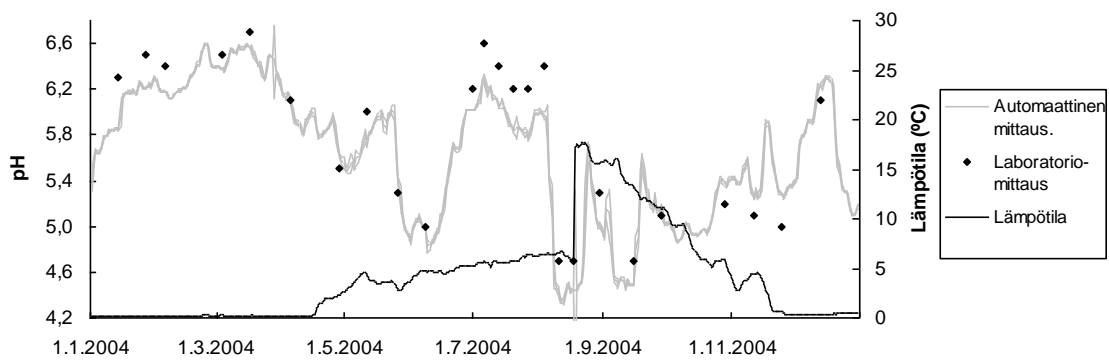
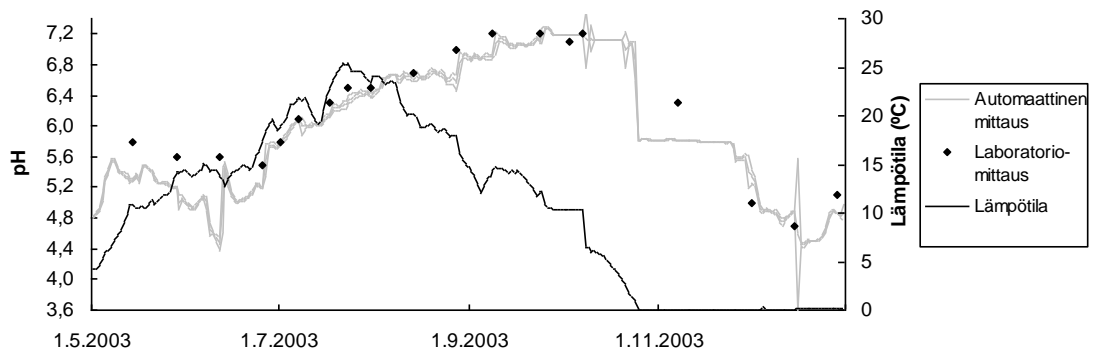
1.1.2003 - 31.10.2006



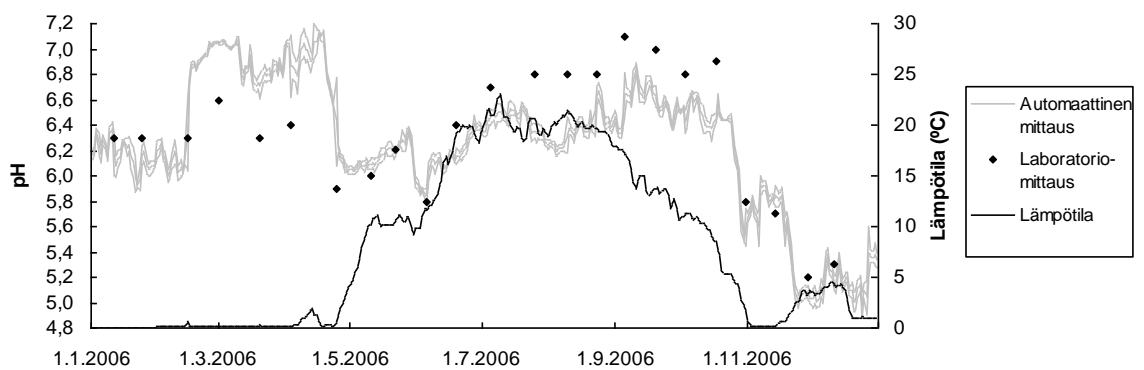
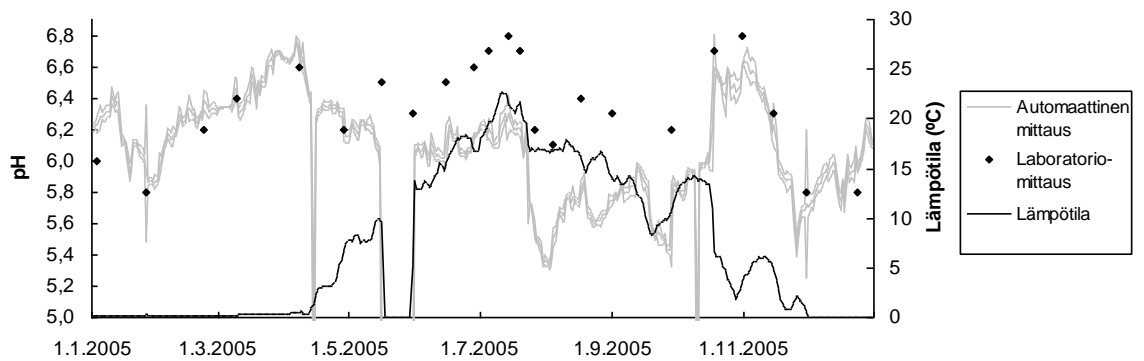
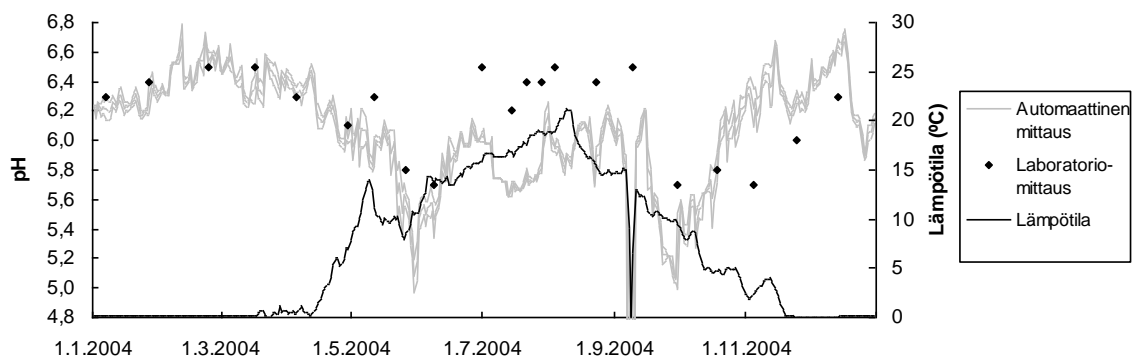
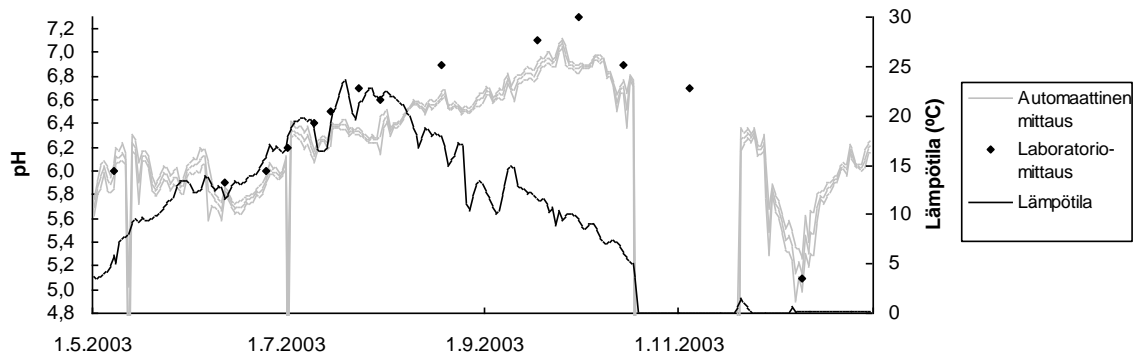
1.11.2006 - 31.10.2008



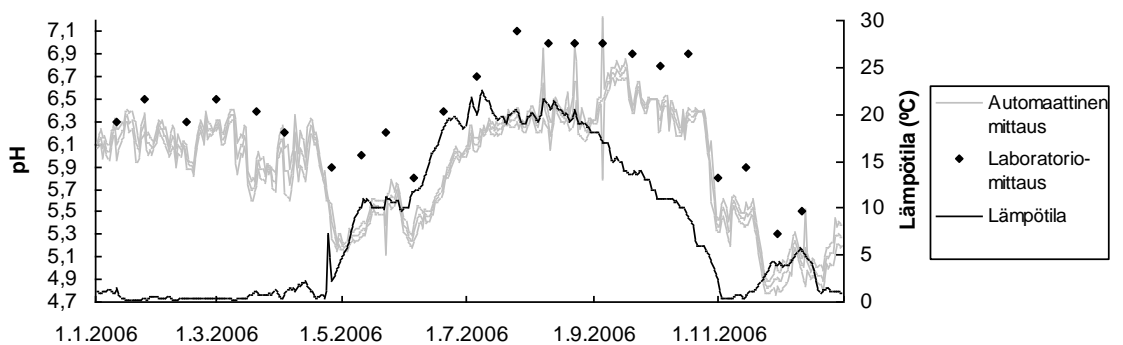
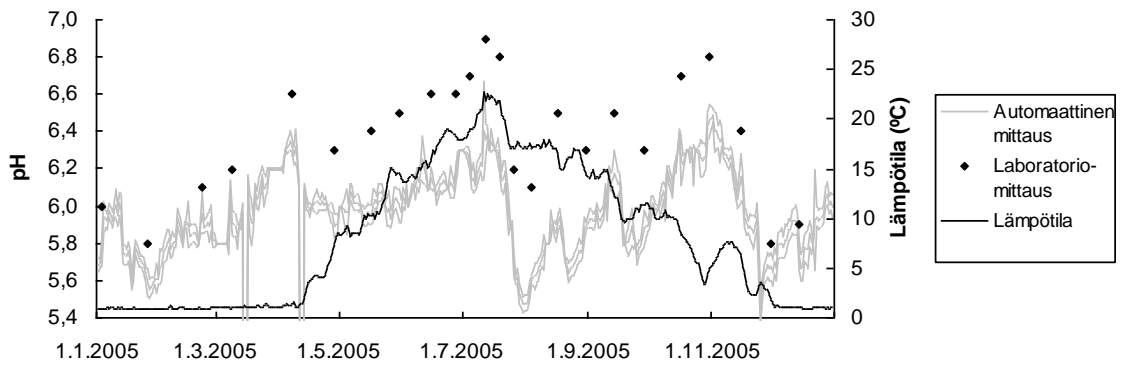
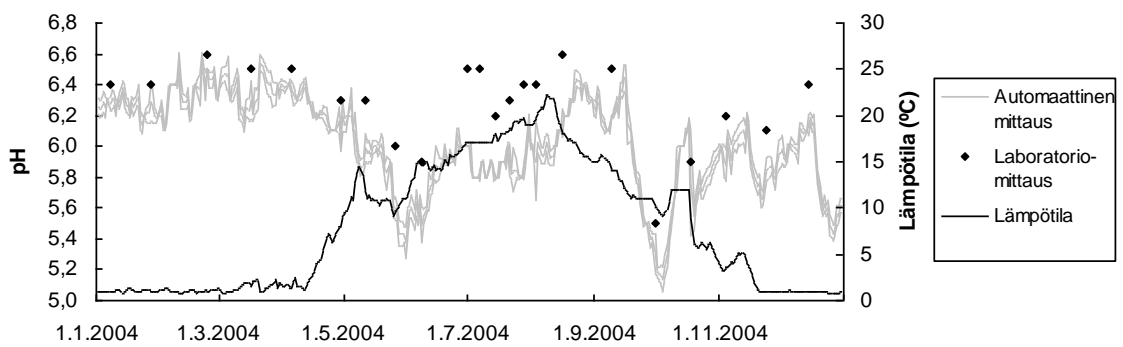
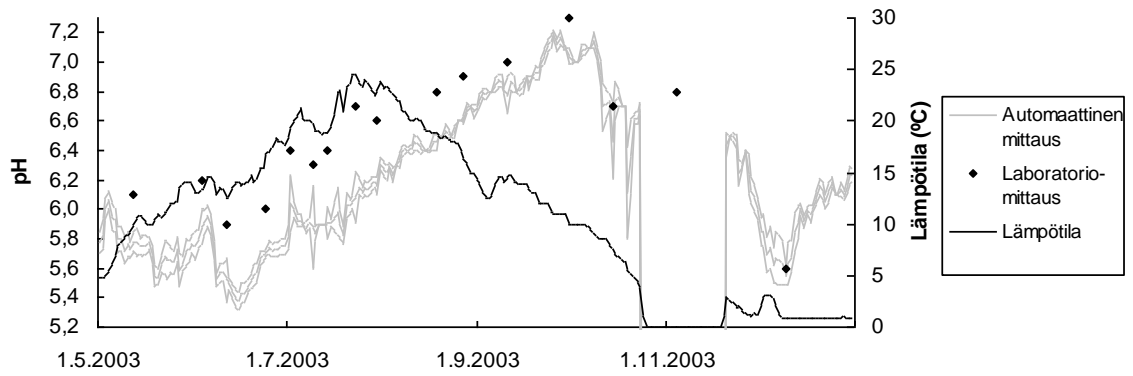
LIITE 5: Vuonna 2003–2006 Skatilan automaattisen pH-mittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



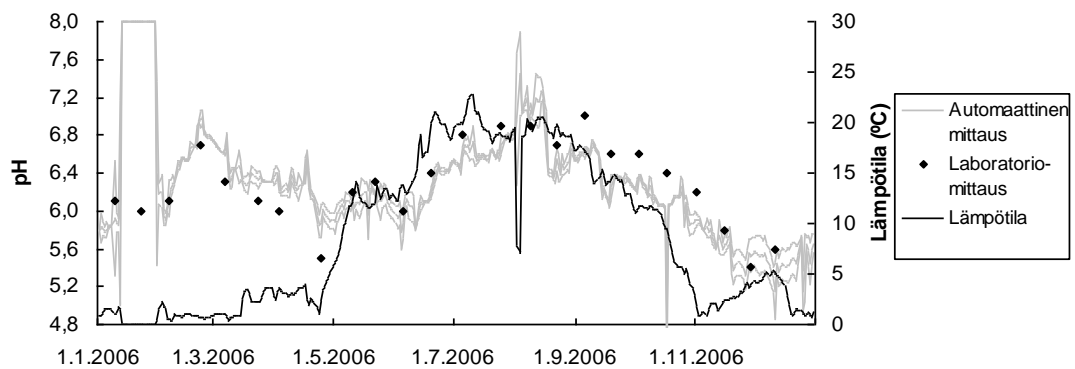
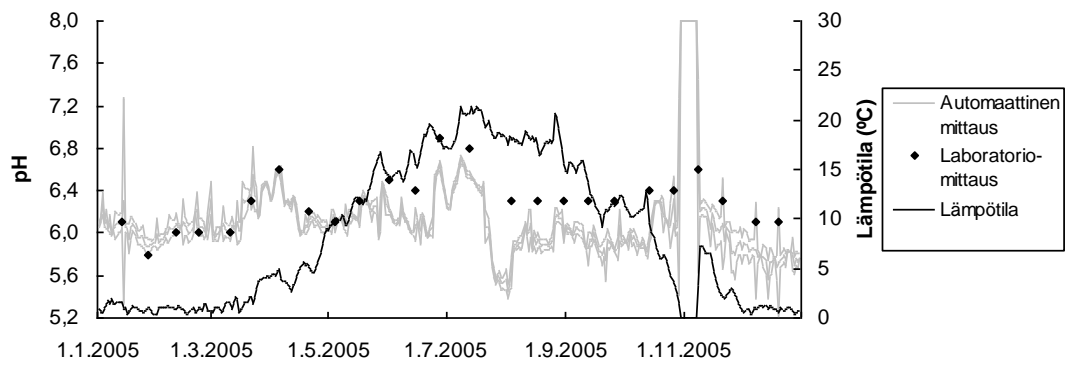
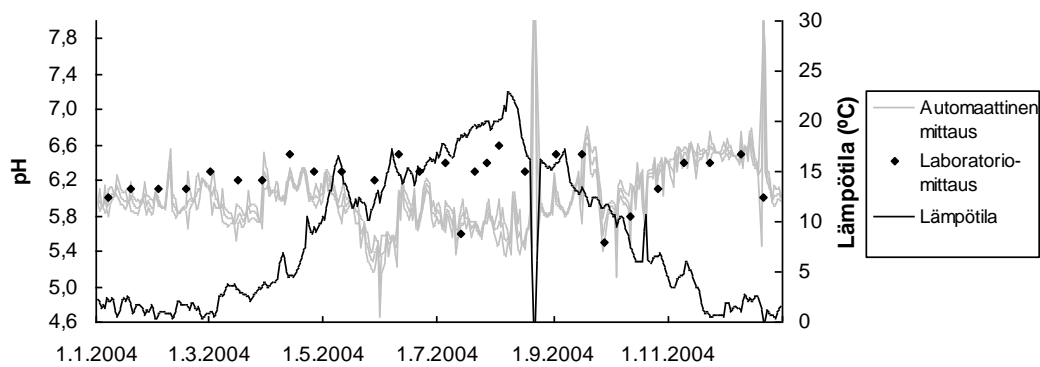
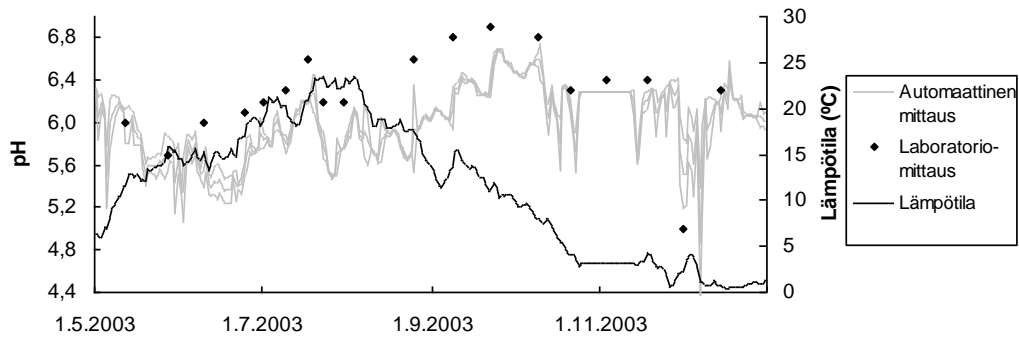
LIITE 6: Vuonna 2003–2006 Hanhikosken automaattisen pH-mittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



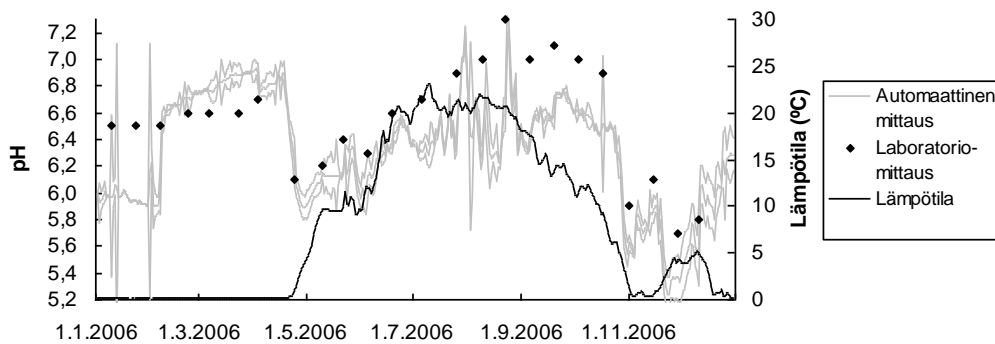
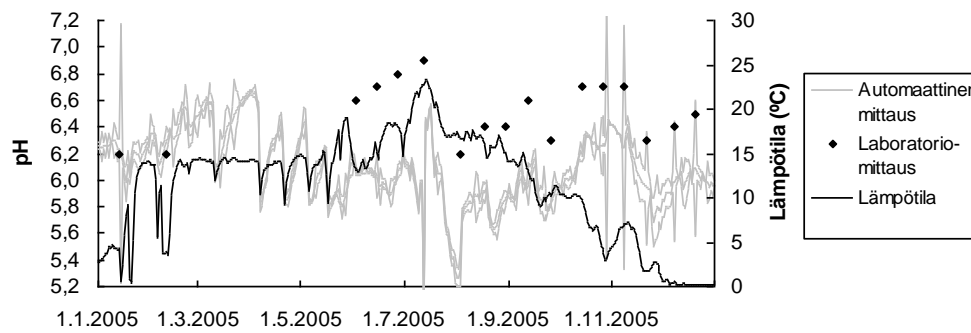
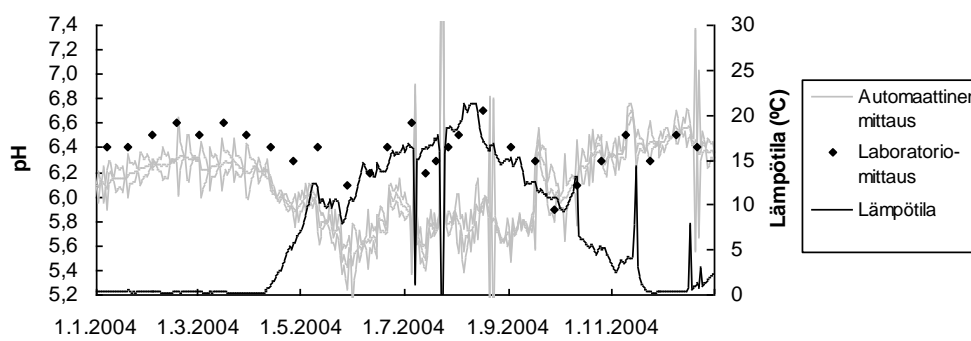
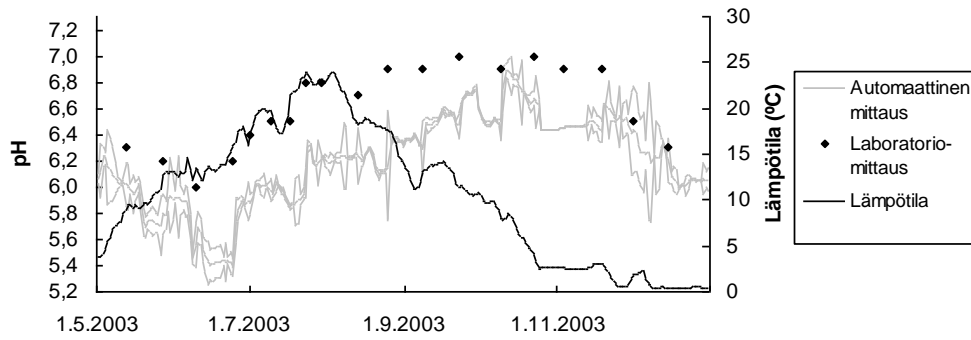
LIITE 7: Vuonna 2003–2006 Malkakosken automaattisen pH-mittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo \pm keskiahajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



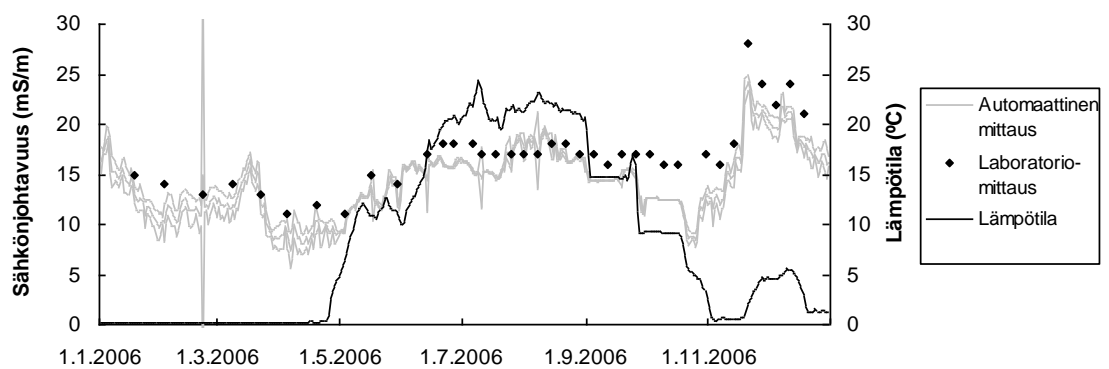
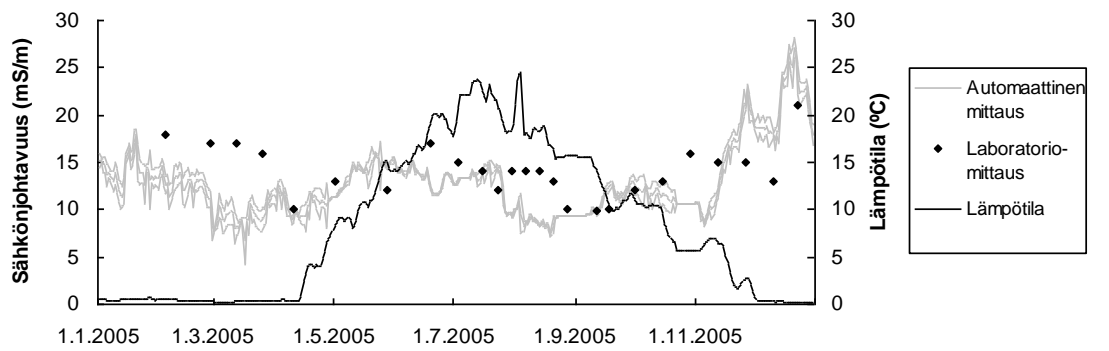
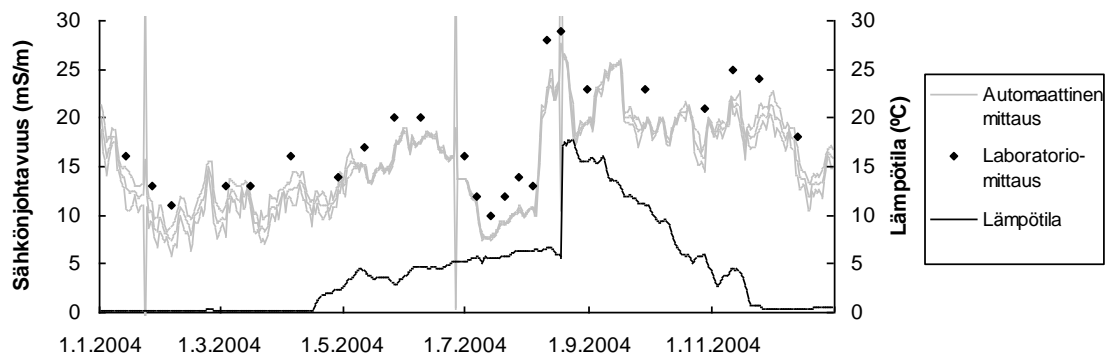
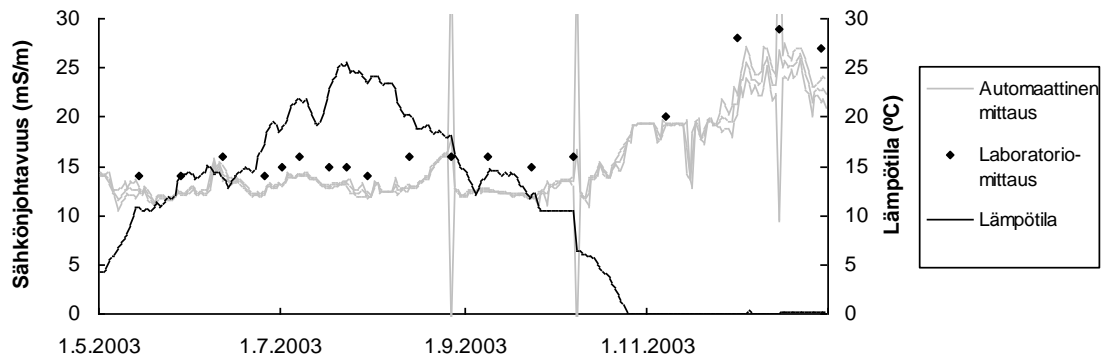
LIITE 8: Vuonna 2003–2006 Kiikun automaattisen pH-mittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittausulos.



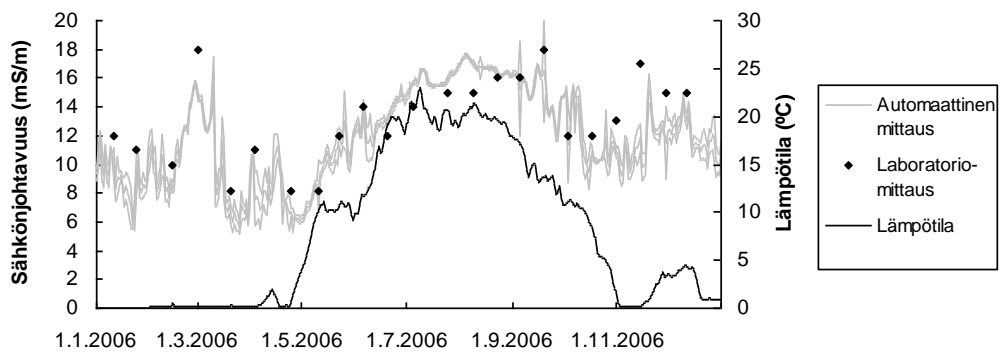
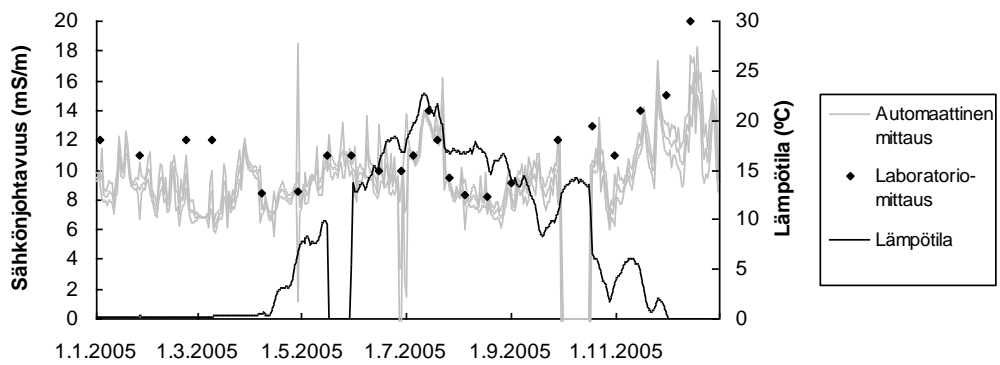
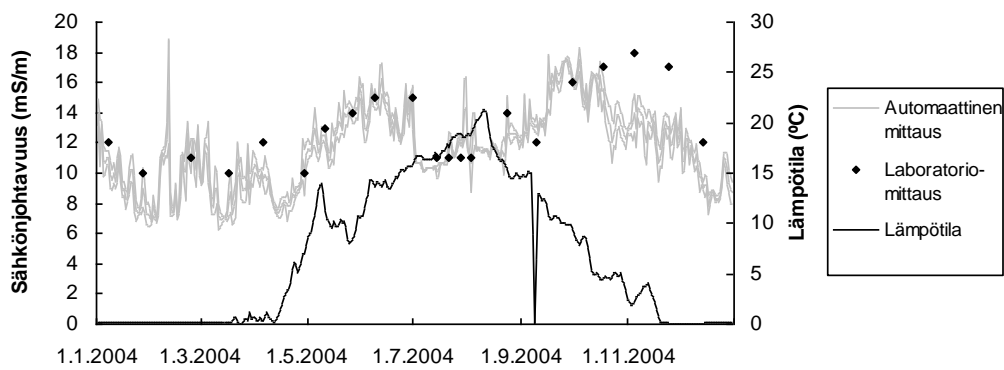
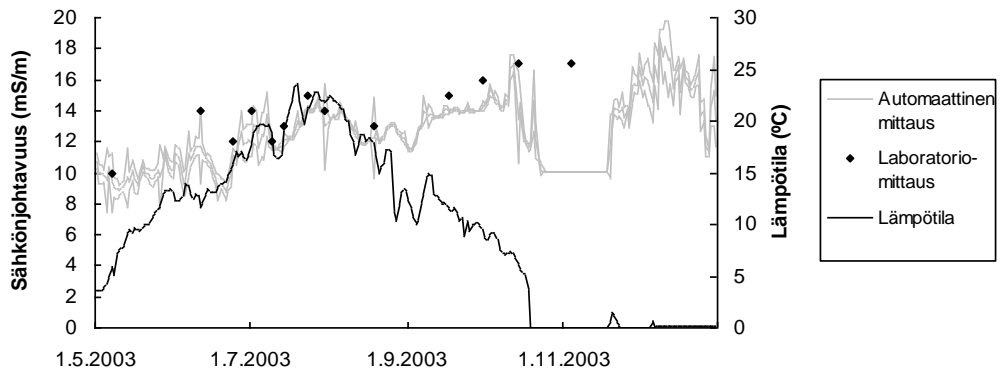
LIITE 9: Vuonna 2003–2006 Nikkolan automaattisen pH-mittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaus tulos.



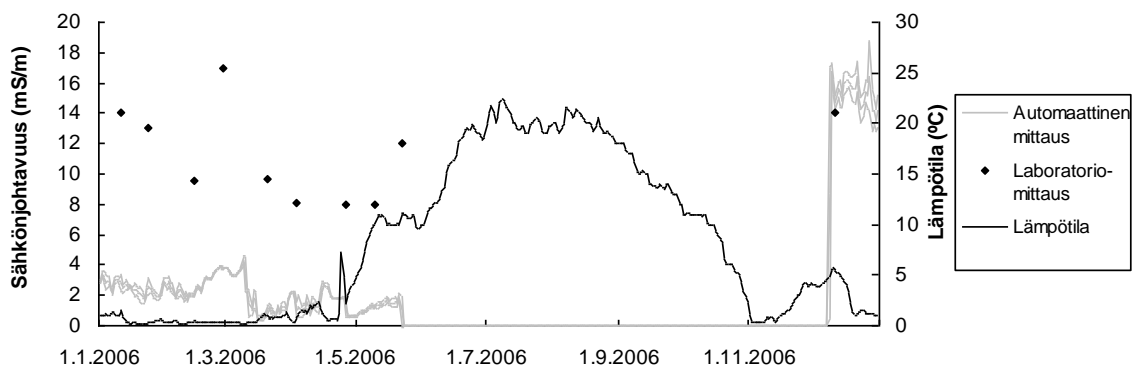
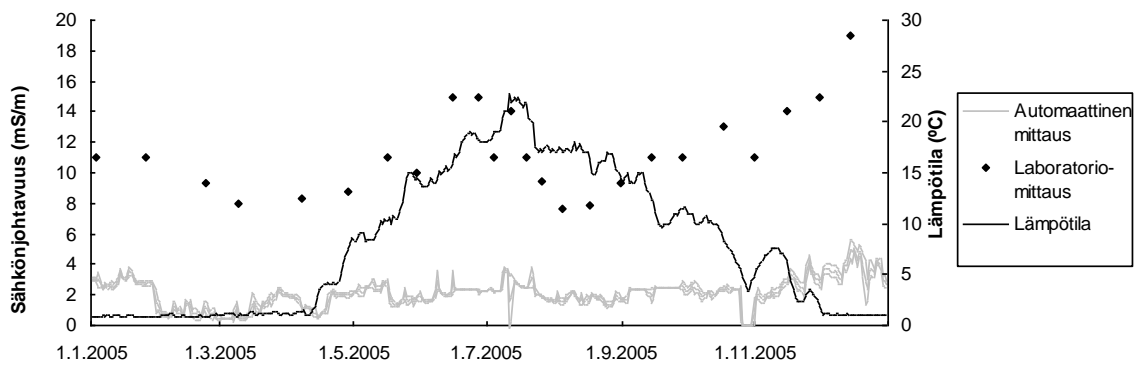
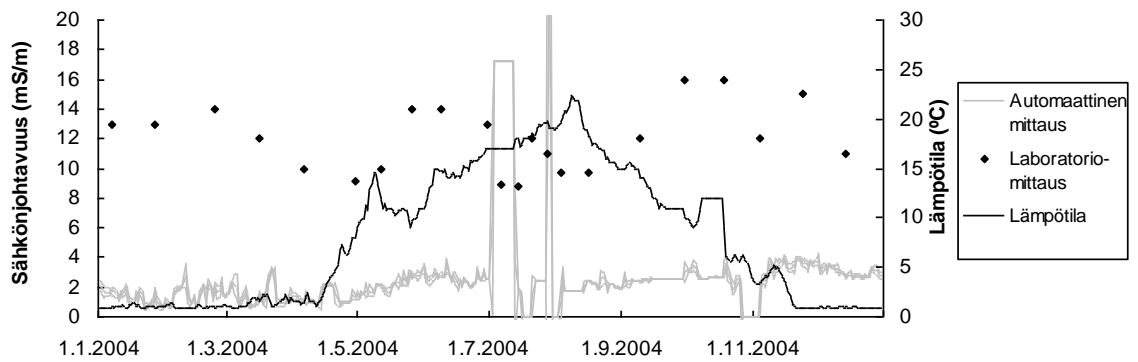
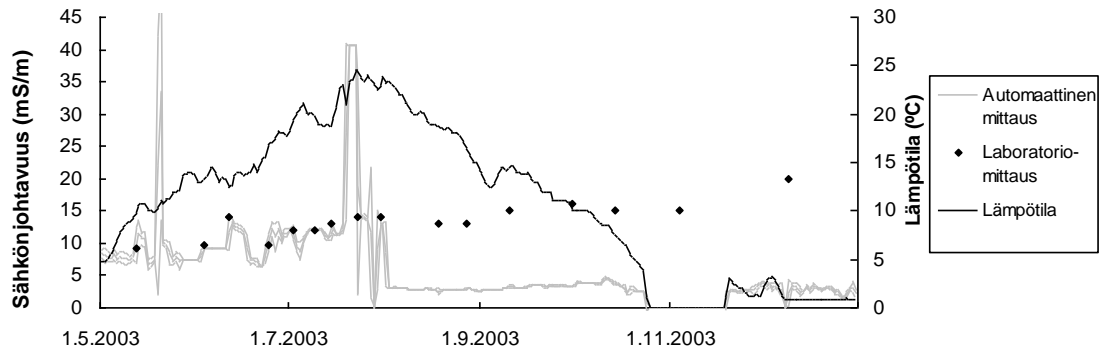
LIITE 10: Vuonna 2003–2006 Skatilan automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksentulos.



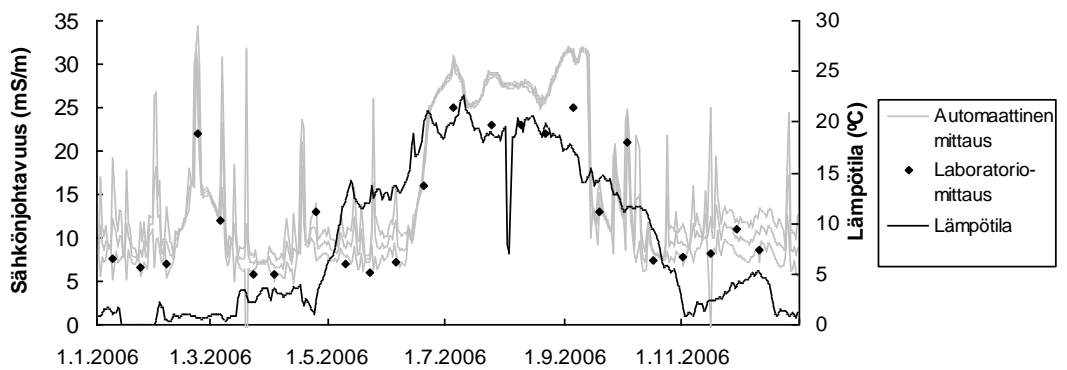
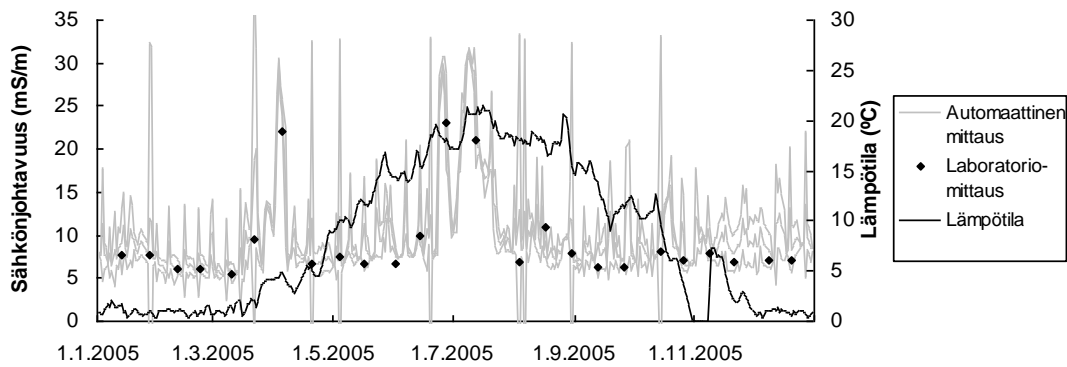
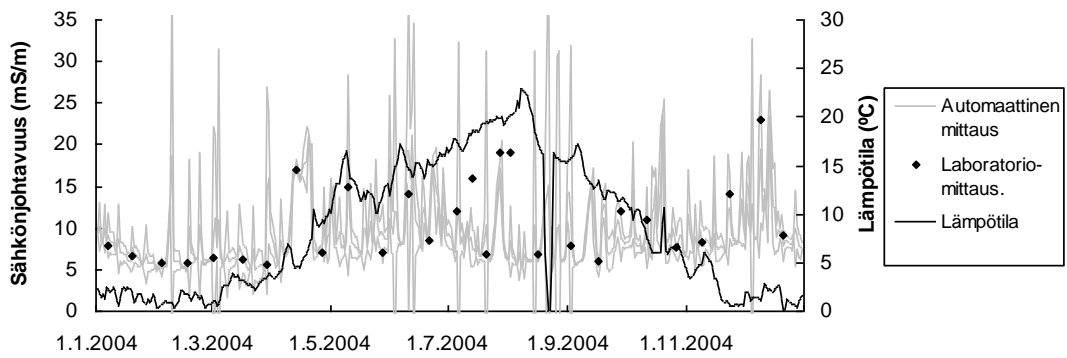
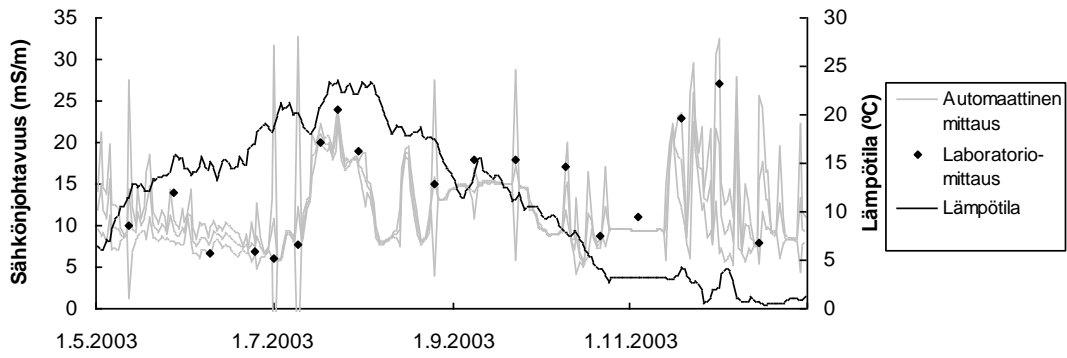
LIITE 11: Vuonna 2003–2006 Hanhikosken automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhoikäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



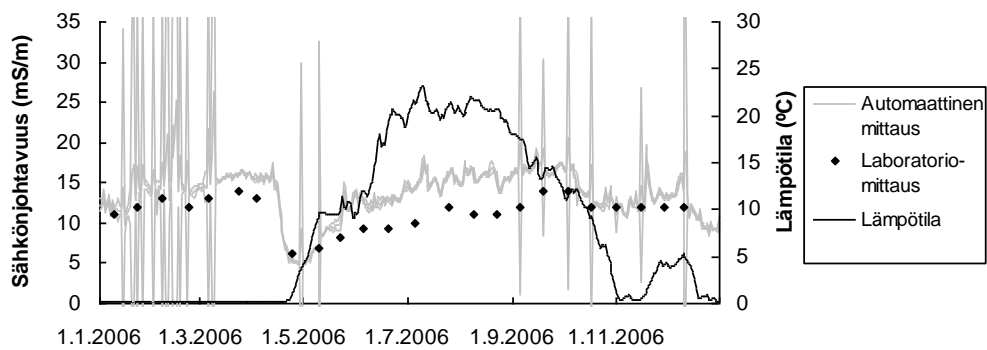
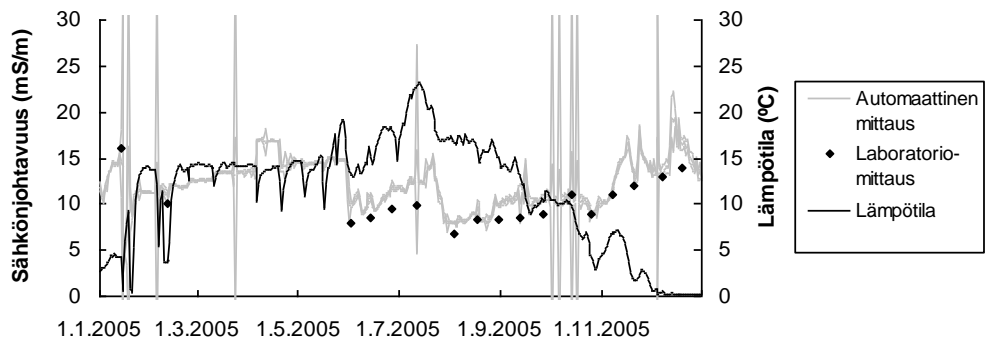
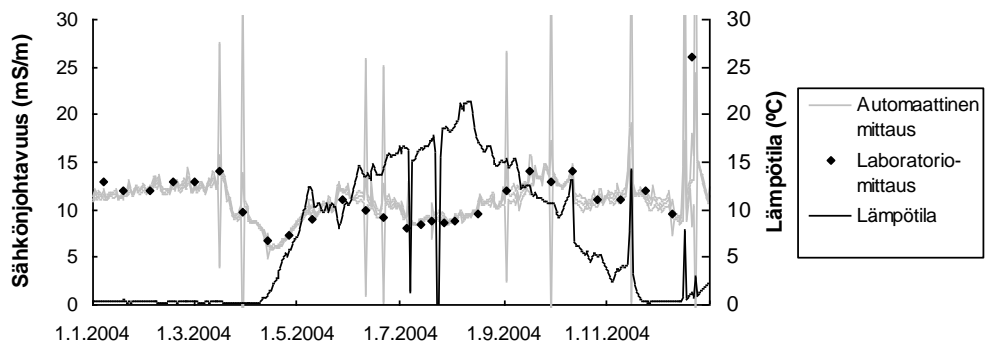
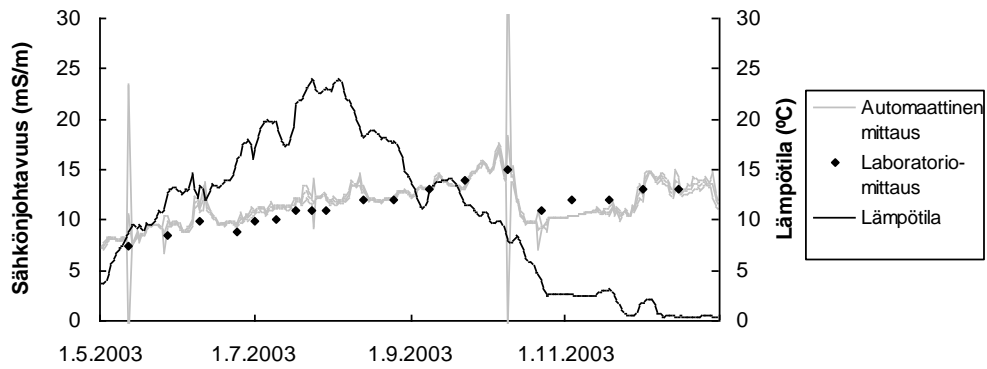
LIITE 12: Vuonna 2003–2006 Malkakosken automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittauksien tulos.



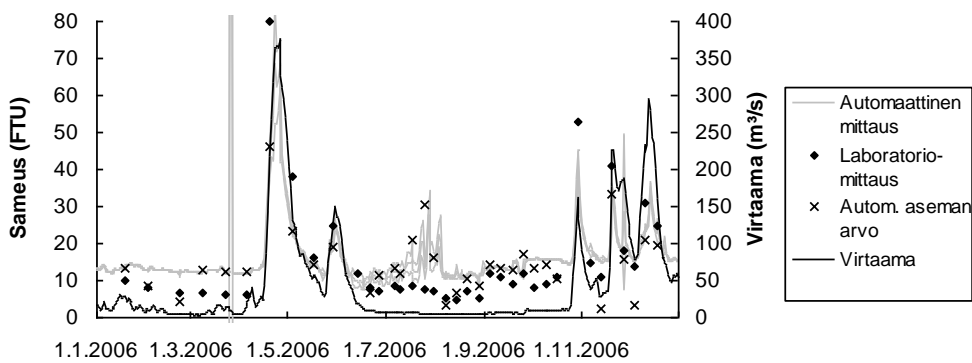
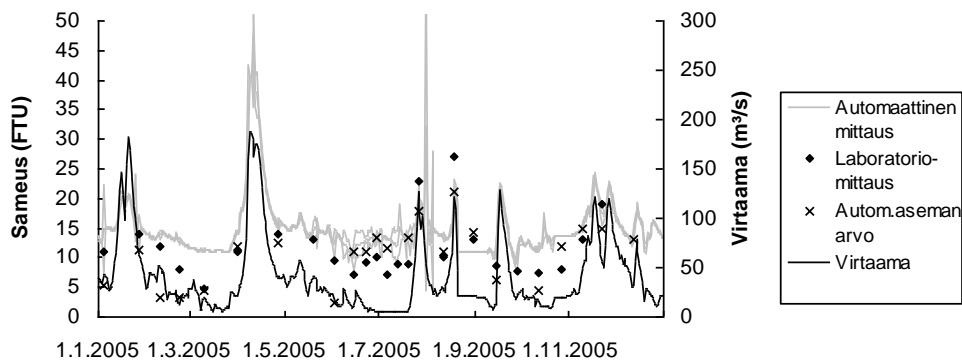
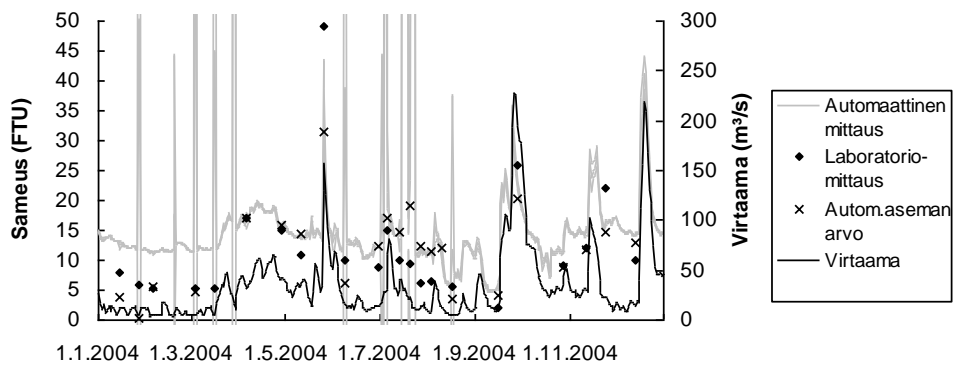
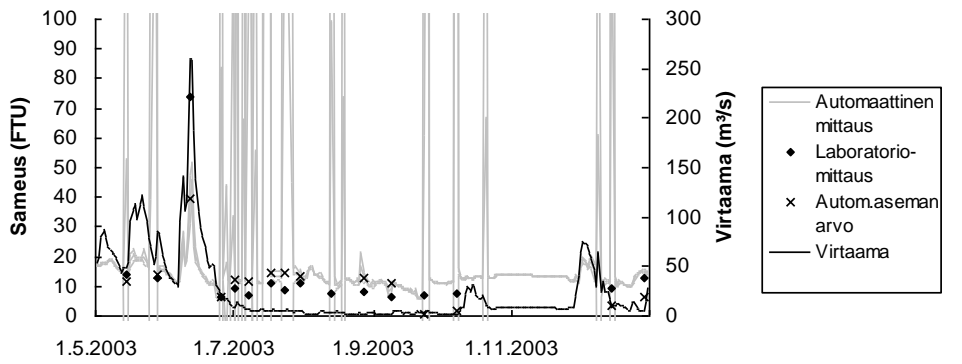
LIITE 13: Vuonna 2003–2006 Kiikun automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittausulos.



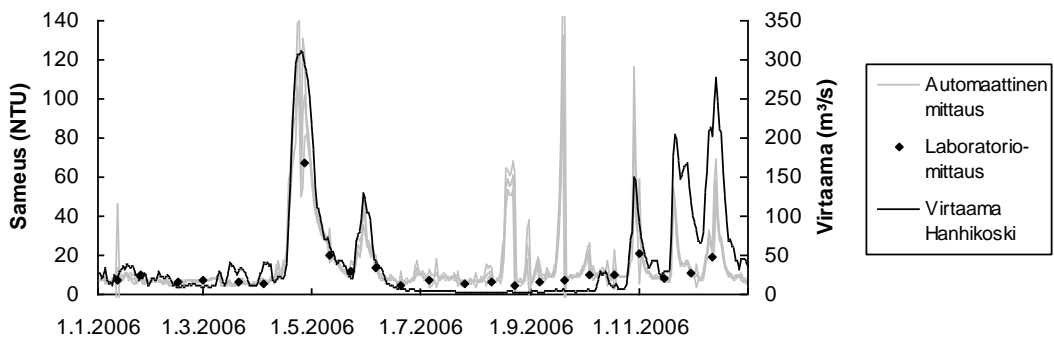
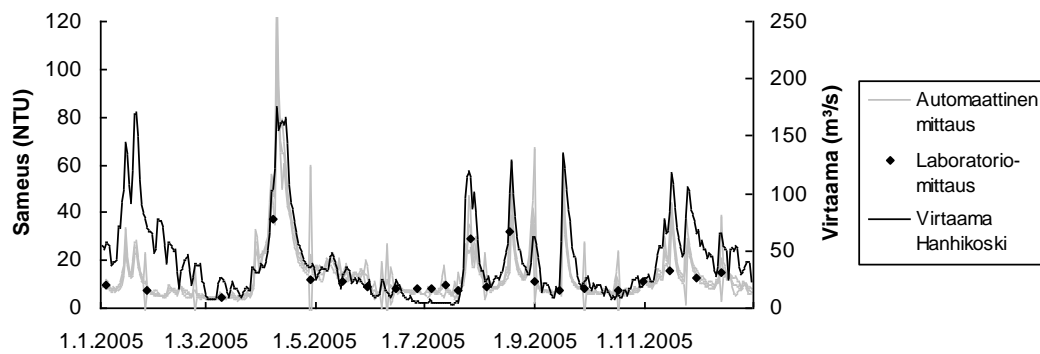
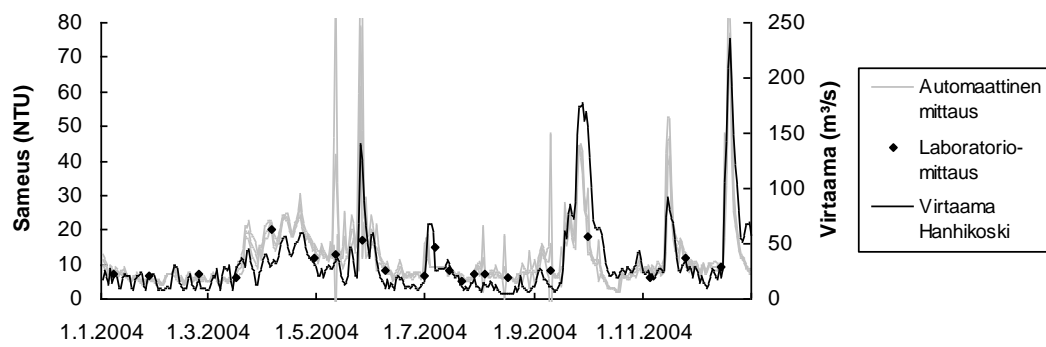
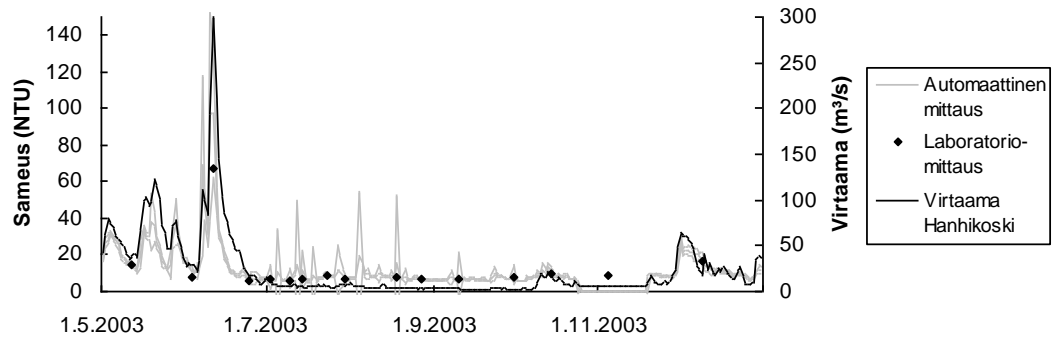
LIITE 14: Vuonna 2003–2006 Nikkolan automaattisen sähkönjohtavuusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen lämpötilamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



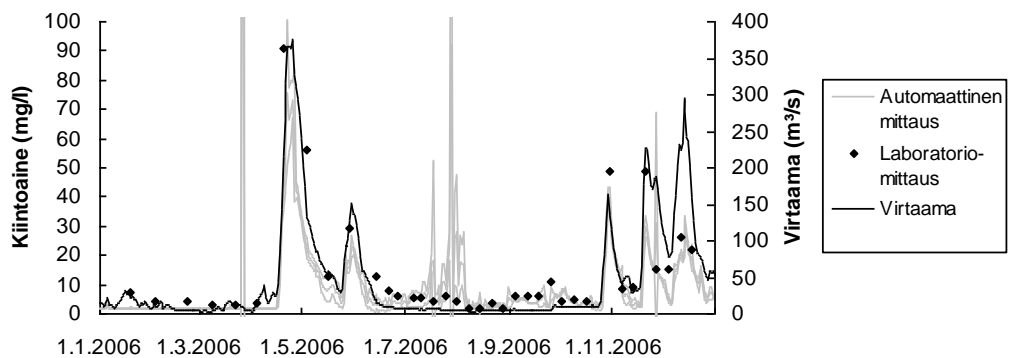
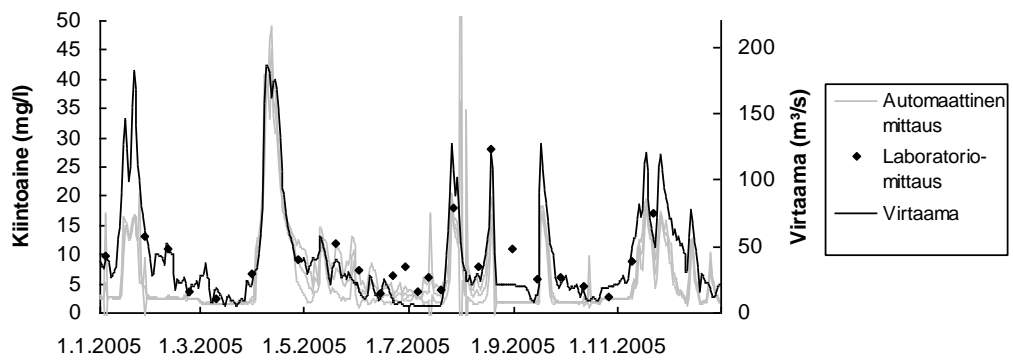
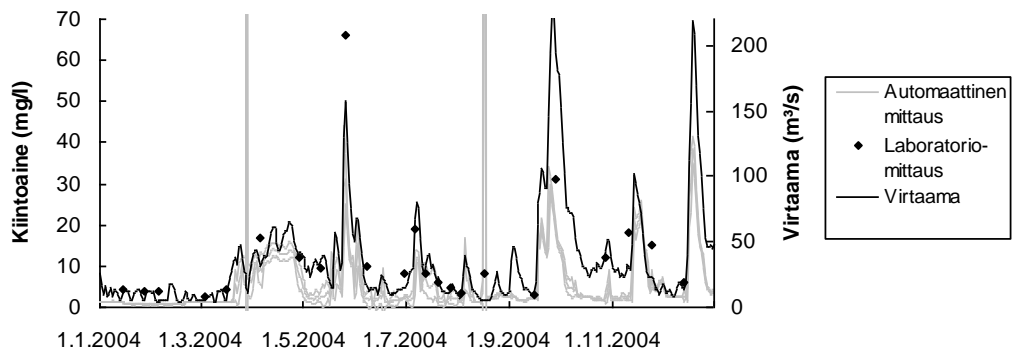
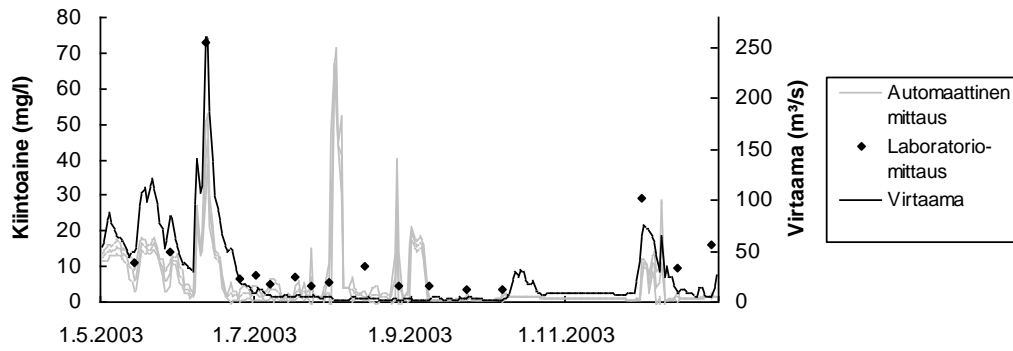
LIITE 15: Vuonna 2003–2006 Skatilan automaattisen sameusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



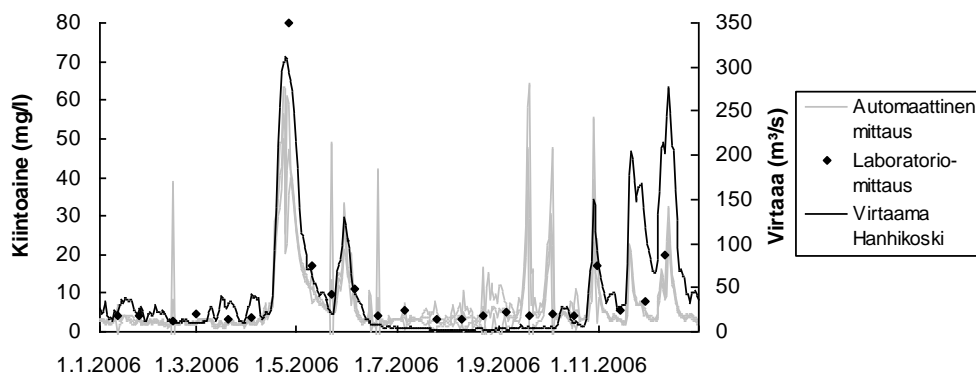
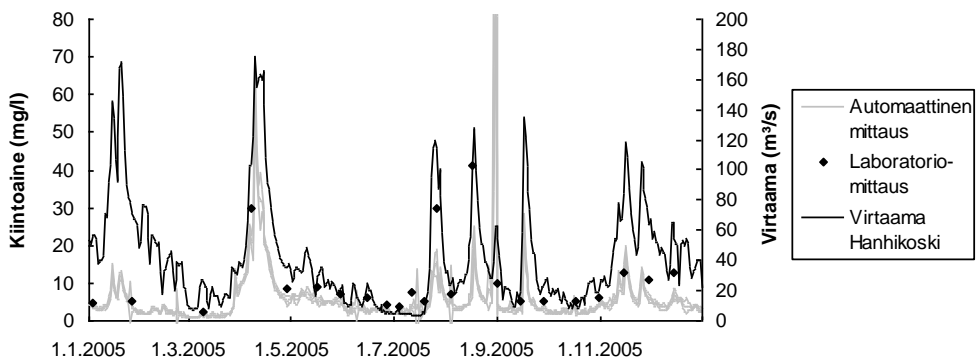
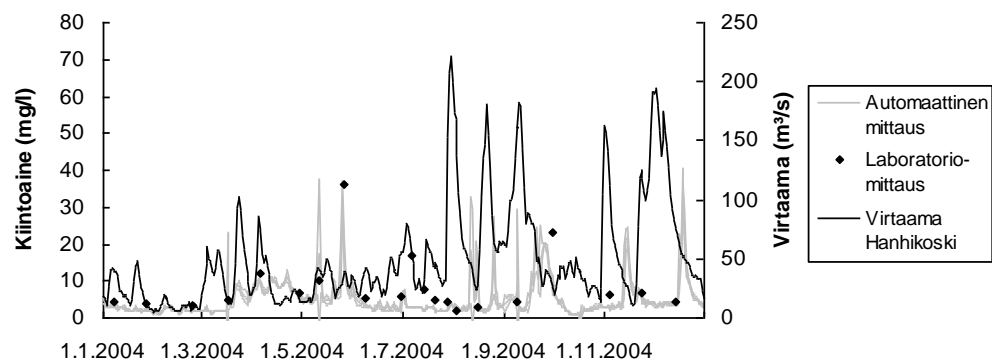
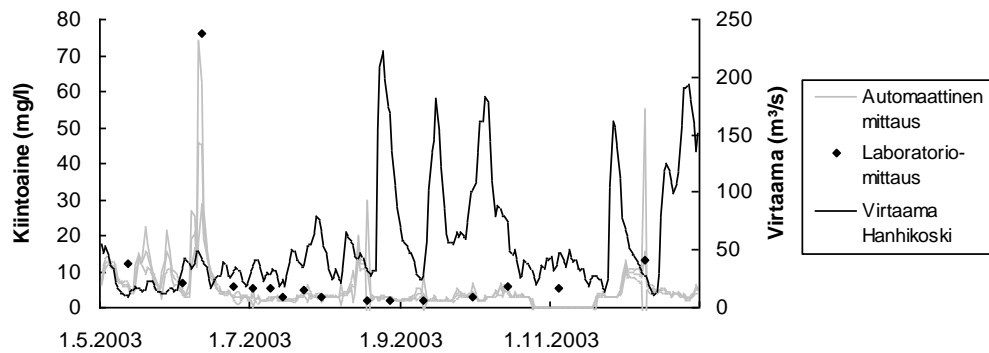
LIITE 16: Vuonna 2003–2006 Malkakosken automaattisen sameusmittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittausulos.



LIITE 17: Vuonna 2003–2006 Skatilan automaattisen kiintoainemittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



LIITE 18: Vuonna 2003–2006 Malkakosken automaattisen kiintoainemittauksen verhokäyrä (päiväkeskiarvo ± keskihajonta), automaattinen virtaamamittaus (päiväkeskiarvo) ja vertailumittaustulos.



LIITE 19: Kuljetuksen aikaiset pH-vaihtelut sekä pH- ja sähkönjohtavuusnäytteiden yön yli säilyttämisen vaikutus tuloksiin.

Kuljetuksen aikaiset pH-vaihtelut

8.8.2007 Malkakosken automaattinen mitta-asema

aurinkoista, + 25 °C

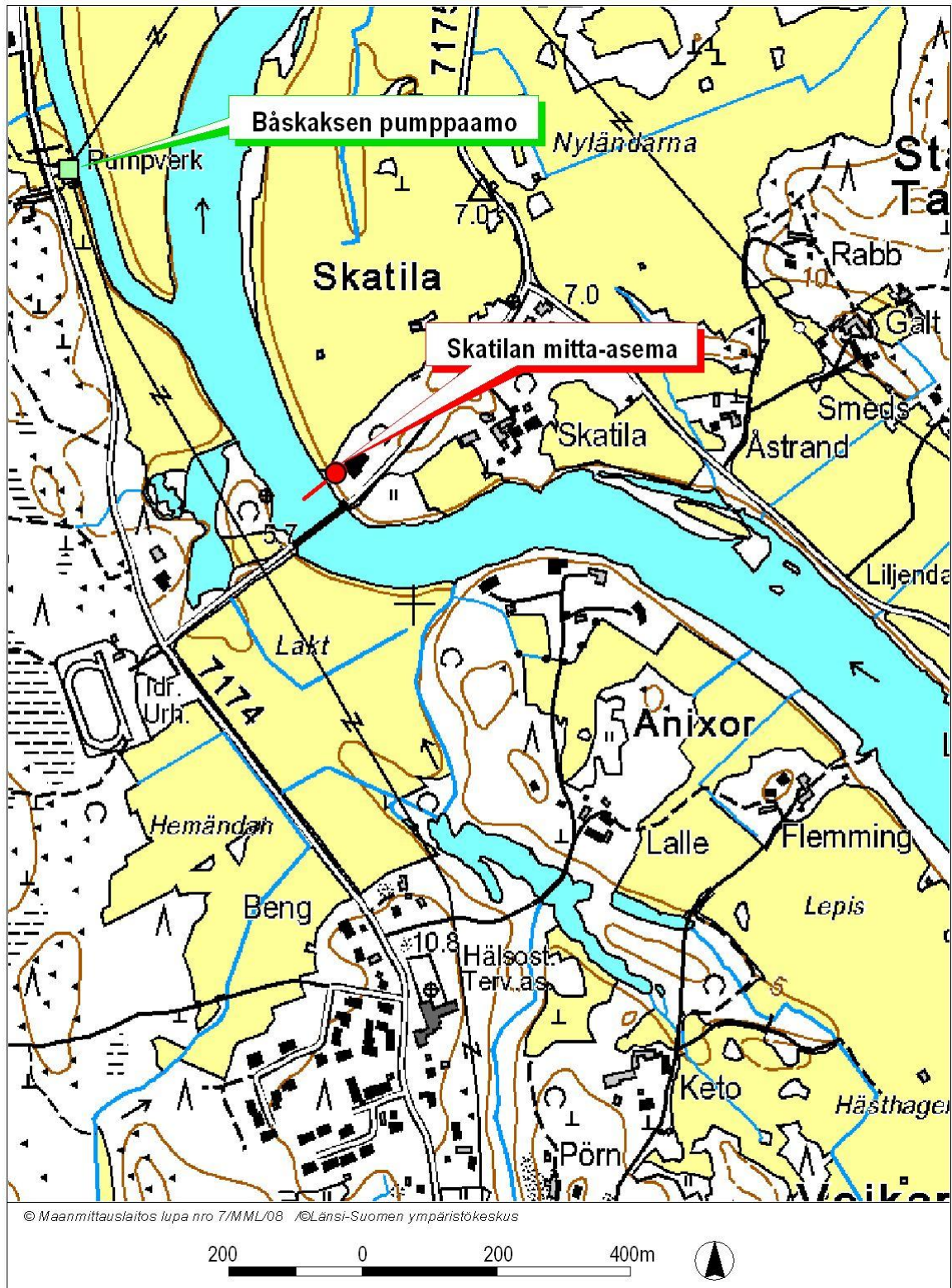
lämpömittari L2164, pH-mittari(kenttämittari): Mikroprosessoripohjainen taskumittari pHScan 1/2

Klo	pH	Lämpötila (°C)	Muuta
9:35	5,7	19,5	kalibroitu ennen
10:35	5,8	16,7	
11:05	5,8	17,9	
11:30	5,8	19,2	
12:00	5,8	16,3	
12:30	5,7	16,5	kalibroitu ennen
13:00	5,7	18,4	tarkistettu liuoksessa
13:30	5,8	16,7	tarkistettu liuoksessa
14:00	5,6	17,8	tarkistettu liuoksessa
14:30	5,6	18,5	kalibroitu ennen
15:00	5,6	18	kalibroitu ennen

pH- ja sähkönjohtavuusnäytteiden mittaustulokset yön yli säilytyksen jälkeen

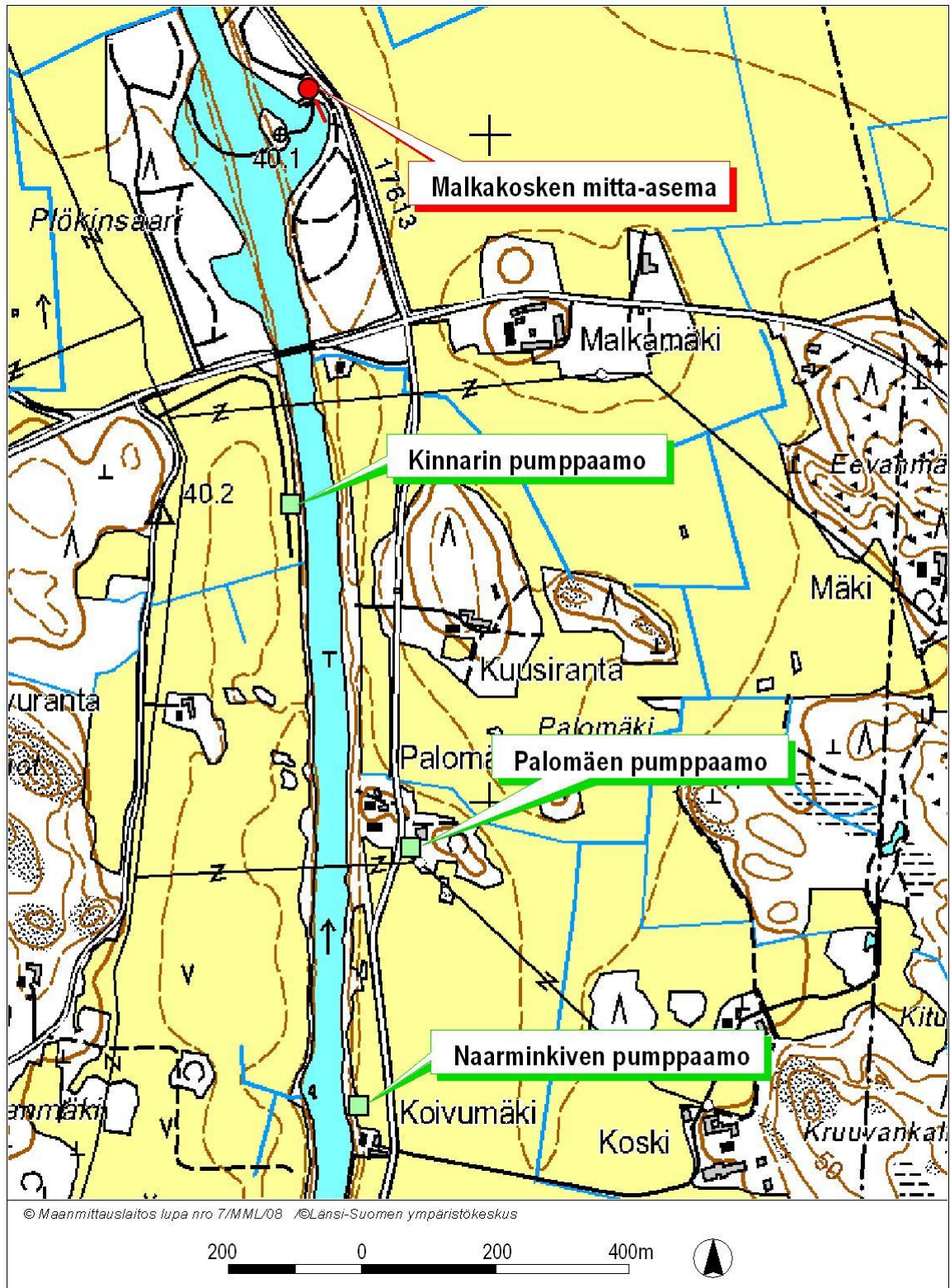
	Skatila					
	7.8.	8.8.	ero	8.8.	9.8.	ero
pH	6,32	6,33	-0,01	6,26	6,25	0,01
Sähkönjohtavuus (mS/m)	7,99	8,05	-0,06	7,73	7,74	-0,01
	Hanhikoski					
	7.8.	8.8.	ero	8.8.	9.8.	ero
pH	6,22	6,20	0,02	6,17	6,18	-0,01
Sähkönjohtavuus (mS/m)	6,76	6,80	-0,04	6,79	6,83	-0,04
	Malkakoski					
	7.8.	8.8.	ero	8.8.	9.8.	ero
pH	6,19	6,19	0,00	6,33	6,28	0,05
Sähkönjohtavuus (mS/m)	7,09	7,06	0,03	6,99	6,97	0,02

LIITE 20: Skatilan automaattisen mitta-aseman ja sen vedenottoputken sijoittuminen.

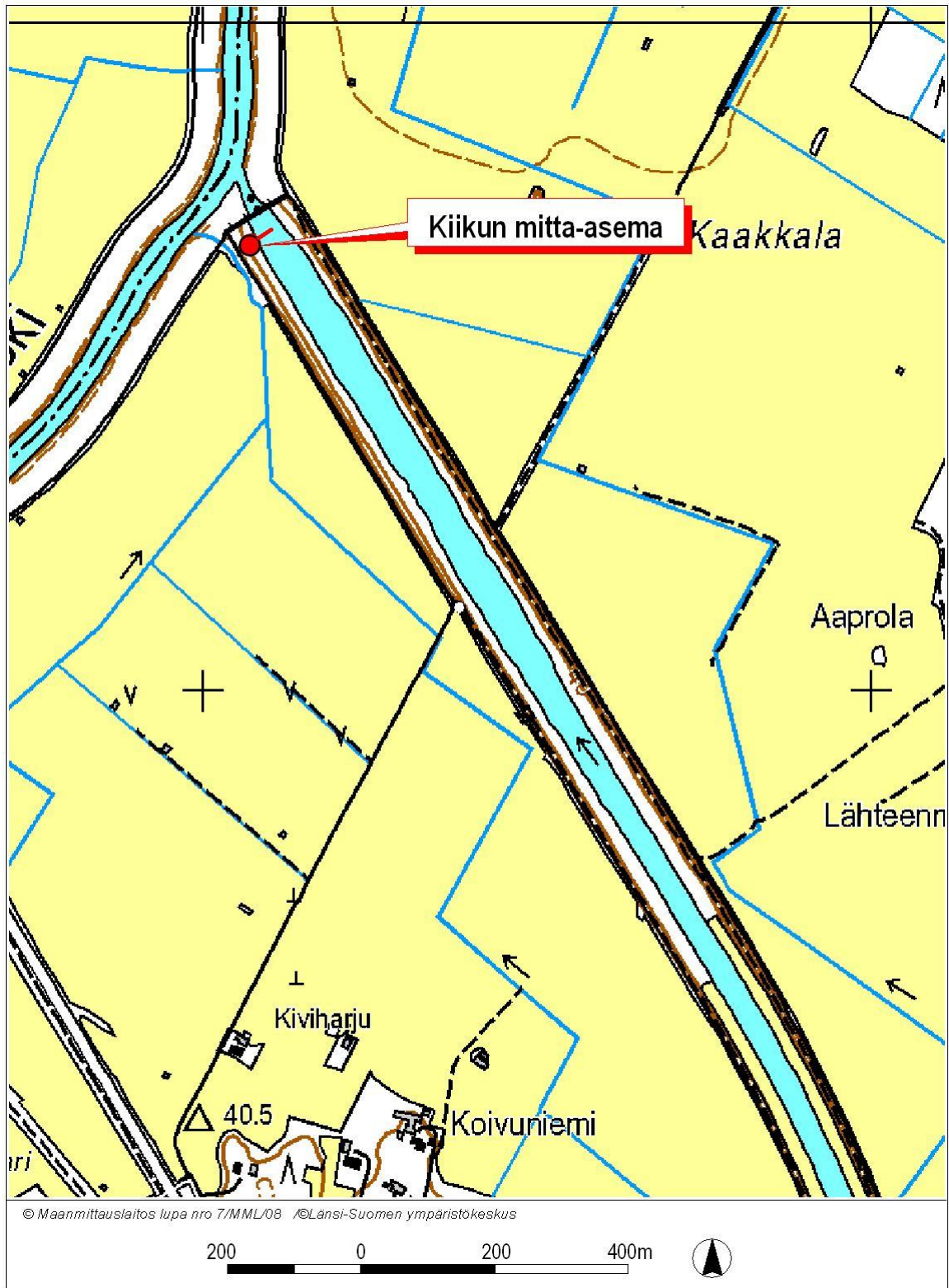


LIITE 21: Hanhikosken automaattisen mitta-aseman ja sen vedenottoputken sijoittuminen.





LIITE 23: Kiikun automaattisen mitta-aseman ja sen vedenotto-putken sijoittuminen.



LIITE 24: Nikkolan automaattisen mitta-aseman ja sen vedenottoputken sijoittuminen.

