

Heidi Valta

**YMPÄRISTÖMITTAUKSISSA
KÄYTETTÄVIEN MITTALAITTEIDEN
YLLÄPIDON KEHITTÄMINEN
VESI-EKO OY:LLÄ**

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Ympäristötekniikan koulutus

2025



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä	Heidi Valta
Työn nimi	Ympäristömittauksissa käytettävien mittalaitteiden ylläpidon kehittäminen Vesi-Eko Oy:llä
Toimeksiantaja	Vesi-Eko Oy
Vuosi	2025
Sivut	38 sivua
Työn ohjaaja(t)	Riikka Kuosmanen (Xamk) ja Erkki Saarijärvi (Vesi-Eko Oy)

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä perehdyttiin ympäristömittausten periaatteisiin, laadunvarmistukseen, kenttämittalaitteiden ja jatkuvatoimisten mittalaitteiden ylläpitotoimiin sekä niiden erityispiirteisiin. Vesi-Eko Oy:llä on käytössä useampia erilaisiin vesistömittauksiin liittyviä mittalaitteita ja uusia laitteita tulee käyttöön ajoittain. Ne ovat tärkeitä työvälineitä vesistön laadun seurantoihin liittyen. Ylläpitotoimiin liittyvää ajankäytön suunnittelua ja kirjaamista haluttiin kehittää selkeämmäksi, jotta mittalaitteisiin liittyvät ylläpitoimet tulevat tehdyksi huolellisesti ja ajallaan. Kehittämistoimilla pyritään varmistamaan, että mittalaitteiden antamat tulokset ovat luotettavia ja työntekijöiden työnsuunnittelu sekä mittalaitteisiin liittyvä kirjaaminen paranisi.

Nykyisiä työkäytäntöjä ja toiveita kehittämistöimiin selvitettiin Vesi-Eko Oy:n työntekijöitä haastatteleamalla. Työn suunnittelun näkökulmasta toivottiin prosessikaaviota uuden mittalaitteen käyttöönottoon. Lisäksi toivottiin huolto- ja kalibrointitaulukoita, joista selviäisi tarvittavat ylläpitotoimet ja niiden ajoitus. Prosessikaavion ja ylläpitotoimiin liittyvien taulukoiden tarkoituksena oli myös mittausten laadunvarmistuksen paraneminen yhteneväisillä ohjeilla. Käytössä olevaan datan keräykseen ja hallintaan liittyvään järjestelmään suunniteltiin kehitystoimia kirjaamisen osalta. Toimet liittyivät sen käytettävyyteen, huoltohäilytyksiin ja maastossa tehtäviin kirjauksiin. Tavoitteena on saada järjestelmä monipuolisempaan ja tehokkaampaan käyttöön myös työsuunnittelun osalta.

Kehittämistyön vaikutukset työsuunnitteluun, -tapoihin ja työn laatuun tulevat näkyviin myöhemmin, kun niitä saadaan käyttöön. Työn tuloksena syntyneitä käytännönläheistä materiaalia voi hyödyntää jatkossakin työnsuunnittelua ja työkäytäntöjä kehitettäessä. Ympäristömittaukset kehittyvät jatkuvasti ja uusia mittalaitteita otetaan käyttöön, joten opinnäytetyönä tehtyä materiaalia on tarpeen päivittää ajoittain.

Asiasanat: Ympäristönseuranta, ympäristömittaus, mittalaitteet, ylläpitotoimet, työnsuunnittelu

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Heidi Valta
Thesis title	Development of maintenance practices for environmental monitoring instruments at Water-Eco Ltd
Commissioned by	Water-Eco Ltd
Time	2025
Pages	38 pages
Supervisor	Riikka Kuosmanen (Xamk) and Erkki Saarijärvi (Water-Eco Ltd)

ABSTRACT

This thesis focuses on the principles of environmental measurements, quality assurance, and the maintenance of field and continuous monitoring devices, including their specific features. Water-Eco Ltd utilizes various instruments for water quality monitoring, and new devices are periodically introduced. These tools are essential for ensuring accurate and timely data on water quality.

A key development need identified was to improve the planning and documentation of time allocation for maintenance operations. This ensures that maintenance tasks related to measurement devices are conducted systematically and on schedule. The objective of the development work was to enhance the reliability of measurement results and improve the planning and documentation processes related to these devices.

Interviews with Water-Eco Ltd personnel assessed current practices and development needs. As part of the work design, a process diagram was created to support the introduction of new measuring devices. Additionally, maintenance and calibration tables were developed to outline the required maintenance tasks and their scheduling. These tools aim to enhance measurement quality assurance through standardized procedures.

Further development suggestions were proposed for the existing data collection and management system, especially regarding logging practices, usability, maintenance alerts, and documentation during field operations. The goal is to make the system more versatile and effective for work planning purposes.

The impacts of the development efforts on work planning, operating procedures, and quality will become evident over time as the tools are implemented. The practical materials produced in this thesis can be used continuously to support the further development of work planning and operational practices. Since environmental measurement technologies are constantly evolving and new devices are introduced, the materials developed in this thesis will need periodic updates.

Keywords: environmental measurements, environmental monitoring, maintenance operations, measurement instruments, work planning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YMPÄRISTÖMITTAUKSET	6
2.1	Ympäristömittauksiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus.....	7
2.2	Vedenlaadun mittausmenetelmät	8
2.3	Virtaamamittauksen menetelmät	10
2.4	Laadunvarmistus	12
3	MITTALAITTEIDEN YLLÄPITO	15
3.1	Jatkuvatoimisen mittalaitteen ylläpito.....	15
3.1.1	Jatkuvatoimisen mittalaitteen huoltaminen ja säilytys.....	16
3.1.2	Jatkuvatoimisen mittalaitteen kalibrointi.....	17
3.2	Kenttämittalaitteen ylläpito	18
3.2.1	Kenttämittalaitteen huoltaminen ja säilytys	18
3.2.2	Kenttämittalaitteen kalibrointi	20
3.2.3	Virtaamamittauslaitteiden kalibrointi	24
4	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	25
5	KEHITTÄMISTOIMET JA TULOSTEN TARKASTELU	27
5.1	Uuden laitteen käyttöönotto ja ylläpitotoimien ohjelmointi.....	27
5.2	Hatkan kehittäminen	28
5.3	Työajan suunnittelu.....	29
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	31
	LÄHTEET.....	34

1 JOHDANTO

Ympäristöseurannan avulla saadaan tietoa ympäristön tilasta. Ympäristötilassa tapahtuvia muutoksia voidaan havaita niin lyhyellä kuin pitkällä aikavälillä. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus seuraa Suomessa vesistöjen ja ilmanlaadun tilaa sekä uhanalaisia lajeja. Toiminnanharjoittajat ja konsulttitoimistot seuraavat päästöjä ja niiden vaikutusta ympäristöön. (Ympäristön tilan seuranta 2025.) Ympäristönseurantaa luonnehditaan työkaluksi, jota käytetään ympäristönsuojelun toimia suunniteltaessa (Raateoja & Attila 2024). Sisävesien seurannasta saadaan tietoa niiden kunnosta ja seurantaa voi olla esimerkiksi happipitoisuuksista, rehevöitymisestä tai haitta-aineista. Seurantatiheys on määritelty tarpeen mukaan esimerkiksi vuosittain tai joka toinen vuosi. Säännöllisellä seurannalla nähdään suojele- tai hoitotoimien vaikutukset. Seurantaa voidaan toteuttaa vesinäytteenotoilla tai mittauksilla. (Pintavesien tilan seuranta 2022.) Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 23.10.2000/60 yhteisön vesipolitiikan puitteista (Vesipuitedirektiivi) velvoittaa, että pintavesien kuntoa seurataan koko Euroopassa ja kunnostus- sekä hoitotoimia kohdennetaan tarpeiden mukaisesti. Tavoitteena on saada Euroopan vesistöjen tila hyväksi.

Ympäristön tilan seurannan strategia 2030 vuodelle (2022, 8–10) tähtää luotettavampiin ympäristötutkimustuloksiin ja avoimen tietokannan luomiseen. Tietokantaan kerätyt tulokset saataisiin käyttöön laajasti mm. tutkimuksia ja ympäristöhaittojen ennakkointia varten. Tutkimustuloksia saataisiin eri lähteistä julkiselta ja yksityiseltä puolelta, joilla on seurantamittauksista saatua ympäristötietoa. Tälläkin hetkellä luotettavia mittaustuloksia tarvitaan päätöksenteossa esimerkiksi erilaisiin ympäristöselvityksiin ja velvoitetarkkailuihin liittyen.

Ympäristönsuojelulain 209. § velvoittaa ympäristölupiin liittyvien mittausten ja tutkimusten tekemisen luotettavasti, sopivia menetelmiä käyttäen ja pätevän ammattilaisen toimesta (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527, 209.§). Ympäristömittaustuloksien luotettavuudessa on epävarmuutta, jos mittalaitteita ei ole huollettu, kalibroitu ja säilytetty oikein. Niin kenttä- kuin jatkuvatoimiset laitteet tarvitsevat erilaisia huoltotoimenpiteitä. Näistä toimenpiteistä tulisi olla kirjan-

pito laadun varmistamiseksi ja työn suunnittelua varten. Mittaustulosten raportoija tai käyttäjä tarvitsee tietoa mittausten onnistumisesta ja mahdollisista toimenpiteistä tulosten tulkintaa ja niiden laadun varmistamista varten. (Tattari ym. 2015, 11.)

Vesi-Eko Oy:llä on havaittu tarve kehittää mittalaitteiden ylläpitoa. Käytössä on useampaa erilaista mittalaitetta ja niihin liittyvän ylläpidon kirjaamisen toivottaisiin olevan selkeämpää ja paremmin organisoitua. Tällä opinnäytetyöllä selvitetään mittalaitteisiin liittyvää kalibrointien ja huoltojen tarvetta sekä kehitetään työsuunnittelua ja kirjaamista niiden osalta Vesi-Eko Oy:llä. Kirjaamiseen käytetään Hatkaa, joka on mittalaitteiden toimintaan ja datan keräykseen kehitetty järjestelmä (Huiske s.a.). Osa laitteista on kannettavia kenttämittalaitteita ja osa kiinteitä maastossa olevia jatkuvatoimisia mittalaitteita. Työssä on käsitelty yrityksen käytössä olevia mittalaitteita ja niihin liittyviä huoltotoimia ja kalibrointiohjeita. Ylläpitotoimia tekevät niin laiteasennuksista ja huolloista vastaavat työntekijät kuin mittauksista ja tulosten raportoinnista vastaavat työntekijät.

2 YMPÄRISTÖMITTAUKSET

Ympäristön tilaa ja vesistöjen kuntoa seurataan monelta eri taholta kuten kansalaisten, yritysten ja viranomaisten seurannoilla (Vesien tila ja seuranta 2024). Seurannoissa tärkeässä roolissa ovat ympäristömittaukset. Vedenlaadun muutokset havaitaan paremmin vedenlaadun mittauksilla kuin vesinäytteenotolla. Näytteenotto edustaa ainoastaan sen hetken tietoa näytteeksi otetusta vedestä. Mittauksilla seuranta voi olla jatkuvaa, joten nopeatkin vaihtelut voidaan havaita ajallisesti ja paikallisesti. (Lepistö ym. 2018,7; Vanhanen ym. 2007,6.) Lisäksi vesinäytteenottoon verrattuna mittauksilla saadaan paljon mitausdataa. Näin tuloksiin liittyvää epävarmuutta saadaan mittauksilla pienemmäksi verrattuna harvoin otettuihin vesinäytteisiin. (Tarvainen & Suomela 2017, 2.) Ympäristötutkimuksiin liittyy lainsäädäntöä ja ohjeistuksia, joiden tarkoituksena on saada tuloksista luotettavia. On tarpeen tuntee myös mittalaitteiden toimintaperiaatteet ja ottaa laadunvarmistus osaksi tutkimusprosessia (Mittauslaitelaki 17.6.2011/707).

2.1 Ympäristömittauksiin liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus

Ympäristönsuojelulain 209. §:n mukaan ympäristölupiin liittyvät mittaukset ja tutkimukset on tehtävä luotettavasti, sopivia menetelmiä käyttäen ja pätevän ammattilaisen toimesta. Toiminnanharjoittajalla on ympäristönsuojelulain 6. §:n mukaan selvilläolovelvollisuus eli tulee tietää, millaisia vaikutuksia harjoittamallaan toiminnalla on ympäristölle. Ympäristönsuojelulain 7. §:n mukaan toiminnanharjoittajalla on myös velvollisuus ehkäistä ja rajoittaa ympäristölle aiheutuvia haittoja. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527, 209., 6., 7.§.) Ympäristönsuojelulaki ei anna ohjeistusta itse laitteisiin liittyen vaan sitä ohjaa Euroopan unionin Mittauslaitedirektiivi 26.2.2014/32. Direktiivi kattaa uudet mittalaitteet, joita käytetään esimerkiksi kansalliseen terveyteen, turvallisuuteen ja ympäristönsuojeluun liittyen. Mittalaitteiden tulee olla kestäviä, luotettavia, riittävän herkkiä ja mittalaitteella pitää pystyä saamaan samat peräkkäiset tulokset olosuhteiden ja mitattavan asian pysyessä samana. (Euroopan unionin Mittauslaitedirektiivi 26.2.2014/32, liite I.)

Mittauslaitelaki 17.6.2011/707 on laadittu Euroopan unionin direktiivin pohjalta kansalliseksi ohjeeksi, jotta mittauslaitteet toimivat niille kuuluvilla tavoilla ja mittausmenetelmät sekä mittauksien tulokset ovat luotettavia. Lakia sovelletaan 2. §:n mukaan ”viranomaisen tai viranomaiseen rinnastettavan toimijan mittauksentulokseen perustuvassa päätöksenteossa”. Mittauslaitteen toiminnasta vastaa lain mukaan toiminnanharjoittaja. Hänen vastuullaan on, että mittalaite toimii luotettavasti ja on oikeanlainen siihen tarkoitukseen, johon hän on sen hankkinut. Mittalaitteen huolloista tulee huolehtia ja laitteen luotettavuus tarkastaa säännöllisesti ja aina, kun tarvetta ilmenee. (Mittauslaitelaki 17.6.2011/707, 1.,2.,13.,15.,18. §.)

Ympäristömittauksiin liittyviä ohjeistuksia antaa Suomen ympäristökeskus (SYKE), joka on koonnut internetsivuilleen ympäristöhallinnon ohjeita ja oppaita. Ohjeita löytyy mm. vedenlaaturekisteriin vietävän tiedon laadulle, jatkuvatoimiselle sameusmittaukselle ja vesi- ja ympäristönäytteenoton työsuojelulle. (Ympäristöhallinnon ohjeita s.a.)

2.2 Vedenlaadun mittausmenetelmät

Vedenlaatua voidaan mitata monin eri menetelmin. Potentiometrissa mittausta käytetään pH-mittauksissa. Mittalaitteen tai anturin sisällä on ioniselektiivinen elektrodi, jonka potentiaaliin vaikuttaa mitattavan aineen ionilajin aktiivisuus, ja potentiaaliltaan vakio vertailuelektrodi. Niiden välille muodostuva potentiaaliero mitataan ja jännite saadaan muutettua pH-lukemaksi. (Potentiometria s.a.)

Sähkönjohtavuutta mitattaessa saadaan selville veteen liuenneiden ionien kyky johtaa sähköä. Anturin kahden elektrodin välinen jännite mitataan, kun anturi on vedessä. Jännitteen virrasta saadaan laskettua resistenssi ja johtavuus saadaan resistenssin käänteisarvona. Johtokyvyn mittaus perustuu Ohmin lakiin. Spesifinen johtokyky kompensoidaan 25 °C:n lämpötilaan. Tällöin mitatessa erilaisissa olosuhteissa, arvot ovat vertailukelpoisia keskenään. (Conductivity Measurement s.a.)

Liuenneen hapen mittaus voi tapahtua sähkökemiallisella happianturilla tai optisella anturilla. Optinen anturi on helpompi kalibroida ja käyttää. Tämän vuoksi sen käyttö on yleistynyt. Sähkökemiallisen anturin käyttö kentällä vaatii enemmän tarkkuutta. Mittaustulokseen vaikuttaa esimerkiksi veden liike. Jos liike ei ole riittävää, tulos voi olla epätarkka. Tämä johtuu veteen liuenneen hapen ja anturin elektrodin välillä tapahtuvasta happea kuluttavasta elektrokemiallisesta reaktiosta. Mittapään lähellä voi olla vähähappinen vesikerros, jos vesi ei vaihdu mittauksen aikana riittävästi. Näin ollen mitatessa sähkökemiallisella anturilla, täytyy ottaa huomioon riittävä vedenliike. (Leivuori ym. 2014, 19, 23.) Optisessa menetelmässä anturissa on sinistä valoa tuottava LED-valo, jonka ansiosta suojuksen värikerrokseen tulee luminesenssia. Luminesenssi on valoilmio. Anturi mittaa luminesenssin keston ja vertaa sitä punaisen LED-valon referenssivaloon. Vedessä oleva happi vaikuttaa luminesenssin keston. Mitä enemmän happea on, sitä lyhyemmän aikaa luminesenssi kestää. Hapen pitoisuus on siis kääntäen verrannollinen luminesenssin keston ja siitä saadaan hapen pitoisuus. (Dissolved Oxygen s.a.)

Sameuden mittaaminen tapahtuu optisilla mittalaitteilla, jotka voivat olla tyypiltään valon sirontaan tai valon läpäisyn heikentymiseen perustuvia. Mittalaite

havaitsee vedessä leijuvat kiinteät hiukkaset. Valon vähenemiseen ja sironnaan vaikuttavat hiukkasten määrä ja koko. Myös hiukkasten muodolla ja värillä on vaikutusta. Valon sirontaan perustuva mittaus on herkempi, se toimii laajemmalla mittausalueella ja tulokset ovat olleet toistettavat, joka vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Tulos saadaan määriteltyä vertaamalla mitattavan aineen sironnan voimakkuutta kalibrointinesteen aiheuttamaan voimakkuuteen. (Tattari ym. 2015, 5; Veden sameuden nefelometrinen määrittely s.a.)

Yleisimmät kenttämittareilla mitattavat parametrit on lueteltu taulukossa 1. Ympäristömittauksissa käytettävillä kenttämittalaitteilla tai jatkuvatoimisilla mittalaitteilla ei pystytä mittamaan suoraan kokonaisfosforia tai kokonaistyppeä, jotka ovat tärkeitä määrittämiä vesistöjen rehevöitymisen seurannassa. Niiden määrittämiseen tarvitaan laskentaa, joissa käytetään kokonaisfosforin osalta sameutta ja kokonaistypen osalta nitraattityppeä. (Tietoa mitattavista muuttujista s.a.)

Taulukko 1. Yleisimmät kenttämittareilla mitattavat parametrit (ProDSS s.a., 9.)

Parametri	Yksikkö	Mittausalue	Tarkkuus
pH		0–14	0,01
Liuenut happi	mg/ l	0–50	0,01
Liuenut happi	%	0–500	0,1
Johtokyky, ominaisjohtokyky	mS/ cm	0–200	0,1
Kiintoaineet	g/ l	0–100	0,1
Sameus	FNU	0–4000	0,1
Ammonium	mg/ l	0–200	0,01
Ammoniakki	mg/ l	0–200	0,01
Kloridi	mg/ l	0–18 000	0,01
Nitraatti	mg/ l	0–200	0,01
Klorofylli	µg/ l	0–400	0,01
ORP (redox-potentiaali)	mV	-999–999	0,1
Saliniteetti	ppt	0–70	0,01

Paineantureita voidaan käyttää vedenpinnankorkeuksien mittauksiin ja samalla ne voivat mitata esimerkiksi lämpötilaa ja johtokykyä. Paineanturit mittaavat absoluuttista painetta, mutta veteen laitettaessa anturi vähentää siitä

ilmanpaineen, jolloin se antaa mittaustulokseksi vedenpaineen arvon. Ilmanpaineen vaikutus voidaan korjata eli kompensoida vedenkorkeusmittauksissa tietokoneohjelman avulla. Antureissa voi olla myös automaattinen ilmanpaine-kompensointi tuuletusputken avulla, jolloin anturi huomioi ulkoilman paineen automaattisesti ja mittaa suoraan vedenpaineen. Lämpötilakompensaation anturit tekevät automaattisesti. (Solinst 2024,14,16.; Keller DCX-22 s.a.,1–2.)

2.3 Virtaamamittauksen menetelmät

Virtaama on vesimäärä, joka kulkee tietyn uoman poikkipinta-alan läpi tietyssä ajassa. Yleensä yksikkönä käytetään m^3/s tai l/s . Virtaaman mittaukseen soveltuvissa paikoissa virtaama on melko tasaista ja virtaussuunta on sama mittaavassa kohdassa. Sopivia mittauspaikkoja ovat esimerkiksi joet, salmet tai padot (kuva 1.). Virtaaman mittausmenetelmät voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin mittausmenetelmiin. Suorassa mittausmenetelmässä mittaus tapahtuu mittalaitteen avulla ja epäsuorassa virtaama saadaan esimerkiksi purkautumiskäyrän tai jonkin vesirakenteen kuten padon avulla. (Sovellettu hydrologia 1986, 165.)



Kuva 1. Jatkuvatoiminen virtaamamittaus kolmiopadolla (Saarijärvi & Lyytikäinen 2025.)

Suoriin mittausmenetelmiin kuuluva mittausmenetelmä on merkkiainetutkimus (kuva 2.). Jos merkkiaineena on suola, mitataan veden johtokyvyn muutosta eli suolapitoisuuden laimenemista. Tiedettäessä luonnonveden johtokyky ja veteen laitetun suolaliuoksen määrä, saadaan merkkiaineen kulkeutuminen luettua alajuoksulla olevilla antureilla. Tietokoneohjelma näyttää merkkiaineen kulkeutumisen niin sanottuna suolapulssina ja laskee virtaaman. (Sommer TQ-S Tracer User Manual 2014, 11; TQ-Tracer s.a.; Sovellettu hydrologia 1986, 171-172.) Menetelmää käytetään usein pienillä uomilla ja joilla, joissa virtaamat ovat pieniä (Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja 2024).



Kuva 2. Virtaamamittaus merkkiaineella (Saarijärvi & Lyytikäinen 2025.)

Virtaamamittauksissa voidaan myös hyödyntää ääniaaltoja veden mittaukseen ja analysointiin, kuten Acoustic Doppler Current Profilerilla (ADCP) mitattaessa. ADCP-mittaus kuuluu myös virtaamamittauksen suoriin menetelmiin (kuva 3.). Laite lähettää ääni-impulsseja veteen ja laskee virtausnopeuden liikkuvien hiukkasten takaisin heijastamista ääni-impulsseista, sillä niiden taajuus muuttuu nopeuden muuttuessa. Virtaaman laskennassa käytetään hiukkasten keskimääräistä virtausnopeutta, uoman poikkileikkausta ja pinnankorkeutta. (Sonardyne s.a.; Sovellettu hydrologia 1986, 170.)



Kuva 3. Virtaamamittaus ADCP-menetelmää käyttäen (Saarijärvi & Lyytikäinen 2025.)

Purkautumiskäyrän avulla virtaama voidaan määritellä epäsuorasti. Se kuvaa uoman pinnankorkeuden ja virtaaman suhdetta. Uomalla tehdään virtaamamittauksia eri vedenkorkeuksilla, josta saadaan tehtyä purkautumiskäyrä. Käyrästä saadaan jatkossa luettua virtaama vedenkorkeuden perusteella. Epäsuora mittausmenetelmä on myös virtaaman mittaaminen padon avulla. Padot ovat kiinteitä rakennelmia, jossa on virtaamalaskennalle tyypillinen aukko kuten esimerkiksi v-muotoinen aukko. Laskentakaavaan tarvitaan v-padon purkuaukon pinnankorkeus. (Sovellettu hydrologia 1986, 173,175–176; Purkautumiskäyrä s.a.)

2.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksen yleisiin periaatteisiin kenttä- ja jatkuvatoimisia mittalaitteita käytettäessä kuuluu laitteiden teknisten ominaisuuksien ja kalibrointien huomioiminen. Niillä on merkittävä vaikutus mittauslaatuun ja mittausten toistettavuuteen vaihtelevissa olosuhteissa havaintopaikalla. Kalibroinnilla tarkoitetaan mittalaitteen antaman lukeman vertaamista tarkempaan mittaan esimerkiksi standardiliuokseen (Finas 2023). Laboratorio-olosuhteissa tehty kalibrointi ei välttämättä edusta hyvin mittauspaikkaa, joten tarvittaessa kalibrointi tulisi tehdä maastossa mittauspaikalla tai paikassa, jossa vedenlaatu on samanlaista. Laboratoriossa analysoidut vertailunäytteet kuuluvat myös hyviin laadunvarmistustoimiin. Tulosten vertailussa on syytä huomioida vesinäytteenottoon ja -mittaukseen liittyvät mittausepävarmuudet. (Näykki & Väisänen 2016, 18–19.) Jatkuvatoimisilla mittauksilla on erilainen toimintaperiaate kuin

laboratorioanalyysillä, joten tulosten tulkinnassa on huomioitava, että paikalliskalibrointi voi vaikuttaa tuloksiin jälkikäteen niitä korjattaessa (Tattari ym. 2019, 13). Kun mittalaitteen sopivuutta tarkoitukseensa testataan ja varmistetaan, kutsutaan prosessia validoinniksi. Siinä tarkastellaan määritysrajaa eli pienintä mahdollista mitattavaa ainemäärää, mittausepävarmuutta sekä mittauksen toistettavuutta ja tarkkuutta. (Näykki ym. 2013, 16–18.) Toistettavuudella arvioidaan mittauksen luotettavuutta. Sillä tarkoitetaan mittauksen tekemistä samoilla menetelmillä samanlaisissa olosuhteissa lyhyellä aikavälillä. (SFS-ISO 11352:2013,7.) Tarkkuus kuvaa mittaustuloksen läheisyyttä todelliseen arvoon. Laitteen teknisten ominaisuuksien osalta tarkastetaan mittausalue ja sen sopivuus vaihteleviin olosuhteisiin. (Näykki ym. 2013, 16–17.)

Mittaustulokseen ja mittausepävarmuuteen vaikuttavat satunnaiset ja systemaattiset virheet. Satunnaiset virheet liittyvät mittalaitteen tarkkuuteen ja siihen, etteivät mittaukset ole koskaan täysin tarkkoja. Ottamalla useampia laadukkaita mittauksia samassa paikassa ja laskemalla niistä keskiarvo, saadaan tuloksen tarkkuutta parannettua. (Mittaaminen ja mittaustarkkuus s.a.) Kenttämittarilla voidaan tehdä myös toistomittauksia kalibrointiliuoksilla epävarmuutta arvioitaessa. Tällöin mittauksia voi tehdä muutamana päivänä eri mittaajien tekemänä. (Björklöf ym. 2016, 14.) Systemaattisia virheitä voivat aiheuttaa mittalaitteiden huoltaminen, kalibrointi ja käyttäminen, jos niitä ei ole tehty oikein. (Mittaaminen ja mittaustarkkuus s.a.) Ympäristömittauksissa ei tarvita samalla tavoin useita työvaiheita, joita kuuluu vesinäytteiden ottamiseen ja niiden käsittelyyn laboratoriossa. Näin ollen virheiden mahdollisuus ja tuloksen epävarmuus ovat ympäristömittauksissa pienempiä. (Tattari ym. 2019, 18.)

Vedenkorkeuden mittauksissa käytetään jatkuvatoimisia mittalaitteita. Niiden lisäksi mittauspaikalla on kiinteitä pinnankorkeusasteikkoja automatisoitujen tulosten varmentamiseksi. Paikalla käydään myös tekemässä mittauksia kenttämittalaitteilla. Jatkuvatoimisten mittalaitteiden valinnassa ja virtaamamittauksissa paikan valinnalla on keskeinen merkitys luotettavien tulosten saamiselle. Virhetekijöiden määrää saadaan vähennettyä huolellisesti valitulla ja mahdolli-

simman optimaalisella mittauspaikalla. Mittaustulokseen vaikuttavat tekijät kirjataan ylös ja huomioidaan mittaustuloksissa. (Hydrologisen seurannan kenttöiden toimintakäsikirja 2024, 27, 37.)

Veden pitoisuustason avulla tiedetään, onko mittalaite sopiva kyseisille pitoisuuksille. Vesistön hoidolle on hyödyllistä laatia tavoitteet ja pohtia, pystyykö mittalaite määrittämään pitoisuuksia edelleen, vaikka ne putoaisivat huomattavasti vesistön hoidon aikana. Laitteen oikeanlaisesta asennuksesta sekä huollon, ylläpitotoimien ja kalibrointien onnistumisesta kyseiseen paikkaan tulee varmistua. (Tattari ym. 2015, 7–8.) Kuvassa 4 on esimerkki mittausasemasta ja siihen kuuluvista laitteista. Näiden kaikkien laitteiden ylläpitoon tarvitaan osaamista, jotta saadaan laadukkaita mittaustuloksia.



Kuva 4. Jatkuvatoinen mittausasema (Saarijärvi & Lyytikäinen 2025.)

Osana laadunvarmistusta ovat tulosten tarkastelu sekä tarvittaessa tulosten jälkikäsitely. Selvät virheelliset tulokset, kuten poikkeavat piikit aineistossa, voidaan poistaa. Virheiden syyt on kuitenkin selvitettävä tarvittaessa muiden tutkimustulosten pohjalta ja syyt on kirjattava myöhempää tarkastelua varten. Mittaustuloksissa voi olla näkyvillä ryömintää, jolloin taso on pikkuhiljaa muut-

tunut. Tuloksia voi ja usein joudutaankin korjaamaan jälkikäteen laskennallisesti. Tässä suhteessa mittaukset eroavat näytteenotosta ja niiden laboratoriomäärittelyksistä. Tulosten korjaaminen on mahdollista myös silloin, kun paikakohtainen kalibrointi ei onnistu, mittalaitteen mittavirhe pysyy vakiona tai jos kyseessä on ns. epäsuorat mittaukset. Tulosten laadunvarmistuksen takia niiden oikeellisuus pystytään varmistamaan vasta mittauskauden päätyttyä. (Mykkänen & Heinonen 2020, 26–27; Tattari ym. 2019, 11, 29–30.) Ohjeita tulosten jälkikäsitteilyyn löytyy myös laitekohtaisesti. Esimerkiksi ADCP-virtaamamittauksessa tuloksia voidaan tarkastella manuaalisesti eri osa-alueilta kuten esimerkiksi onko uoman leveys sama eri vedoilla ja mitä menetelmää on käytetty syvyyden arviointiin. Tulosten jälkikäsitteilyyn on myös erillisiä ohjelmia. (Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja 2024, 43.) QRev-ohjelmisto toimii eri valmistajien ADCP-laitteiden tulosten analysointiin. Sen tarkoituksena on tuottaa laadukkaita ja yhdenmukaisia tuloksia käyttäjille (QRev User's manual 2022, 8.)

3 MITTALAITTEIDEN YLLÄPITO

Mittalaitteiden ylläpitoon kuuluu laitteiden kalibroinnit, huollot ja oikeanlainen säilytys. Näillä toimilla varmistetaan mittalaitteen toimivuus ja laadunvarmistus. Asianmukaisilla ylläpitotoimilla on vaikutusta mittalaitteen sekä anturien käyttöikäen. (Väisänen 2018; ProDigital User Manual 2020,61.)

3.1 Jatkuvatoimisen mittalaitteen ylläpito

Jatkuvatoimisten mittalaitteiden ylläpitoon kuuluu oleellisena osana kalibrointien, huoltojen ja säilytyksen lisäksi virransaannin varmistaminen. Virranlähteenä voi toimia paristo, akku, sähkö tai aurinkokenno. Myös virranlähde vaatii huollon tai vaihdon säännöllisesti. Antureiden paikallaan pysyminen muuttuvissa olosuhteissa tai ilkvallan vuoksi on myös varmistettava säännöllisesti havaintopaikalla käyntien yhteydessä. Kaikista ylläpitoon liittyvistä tehtävistä tulee tehdä muistiinpanot, jotta tietoja voidaan käyttää myöhemmin tulosten tarkastelun tukena. (Tattari ym. 2015, 11.)

3.1.1 Jatkuvatoinimisen mittalaitteen huoltaminen ja säilytys

Jatkuvatoinimisten mittalaitteiden huoltaminen liittyy säännöllisiin huoltotoimenpiteisiin tai vikatilanteisiin. Vikatilanteet voivat liittyä antureiden ja modeemien vikaantumisiin sekä virransyötön ja tallennuksen ongelmiin. Vedessä ollessaan anturit likaantuvat eivätkä toimi silloin optimaalisesti. Anturin puhdistaminen tehdään anturityyppi huomioiden. Huoltoväli on riippuvainen havaintopaikasta sekä vuodenajasta. (Tattari ym. 2015, 11.) Laitekohtaisista ohjeista löytyy tarkat ohjeet puhdistamiseen. Esimerkiksi joidenkin antureiden mittapäiden kalvoiset osat ovat herkkiä rikkoutumiselle tai antureissa on tiivisteitä tai vastaavia osia, jotka eivät kestä vahvoja puhdistusaineita. (Keller s.a., 12). Taulukkoon 2 (s. 19) on kerätty yleisimpien mittalaitteisiin liittyviä ohjeistuksia huoltoihin ja säilytyksiin liittyen.

Kesäkaudella vesikasvustoa tulee anturin päälle nopeammin tai mittausta häiritsevät erilaiset vedessä kelluvat roskat. Antureiden puhdistamisesta täytyy huolehtia, vaikka niissä olisikin automaattisesti toimiva puhdistus, kuten harja, pyyhin tai paineilmapuhdistus. Niiden toimivuus on tarkastettava ja tarpeen mukaan osia on vaihdettava uusiin. Anturin ympärille kerääntyneet roskat ja kasvit on poistettava. Talvikaudella huollon tarve puhdistuksen osalta on vähäisempi. Optisten antureiden toimintaa häiritsevät jääsohjo ja alijäähtynyt vesi. Jäätymisvaarassa olevat anturit otetaan säilöön tai suojataan jäätymiseltä havaintopaikalla. (Tattari ym. 2015, 11.) Anturin vikaantuessa, mittaustulokset saattavat olla epävakaista tai antaa toistuvasti tulokseksi vain ääriarvoja (Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja 2024,97).

Huollon jälkeen on tarpeellista seurata mittausdataa. Optisten antureiden huoltoväliä on tihennettävä, jos pitoisuustaso muuttuu. Tällöin voidaan päätellä, ettei anturi ole antanut luotettavaa dataa likaisena. Usein jatkuvatoiniminen mittalaite antaa dataa reaaliaikaisesti, jolloin nähdään helposti huoltojen vaikutus mittaustuloksiin. Kaikista suunnitelluista ja suunnittelemattomista ylläpitotoimista tulee tehdä hyvät muistiinpanot: mitä toimenpiteitä on tehty, kuinka kauan ne ovat kestäneet ja mihin kellonaikaan ne on tehty. Tietoja voidaan käyttää myöhemmin datan tarkastukseen. (Tattari ym. 2015, 11; SFS-EN 17075:2018, 35.)

Säilytykseen liittyvät ohjeet on kerrottu laitekohtaisissa käyttöohjeissa. Ohjeita on niin varastointilämpötilasta kuin laitteen tai anturin jäätyksen estämisestä ja herkkien lukupäiden suojaamisesta. Laitteen tai anturin sammuttaminen ja tallennuksen lopettaminen on tarpeen ennen säilytystä, jottei laitteen akku tai paristo tyhjene. Mittalaitteen tai anturin kalibrointiin on myös ohjeita ennen varastointia ja uudelleen käyttöön otettaessa, jotka on hyvä huomioida. Osa antureista, kuten paineanturit, vaativat yleensä vain kausihuollot. (Solinst 2024, 77–78.)

3.1.2 Jatkuvoimisen mittalaitteen kalibrointi

Jatkuvoimisten laitteiden kalibroinnissa on huomioitava mittausolosuhteista esimerkiksi mittauspaikka ja veden lämpötila. Jos mittauspaikka on kiinteä ja anturi mittaa jatkuvasti, tulisi kalibrointi pääsääntöisesti tehdä havaintopaikalla. Havaintopaikkakohtaisia eroja voi olla veteen liuenneiden partikkeleiden koossa ja muodossa, veden tummuusasteessa sekä värissä. Ne voivat vaikuttaa optisen anturin antamaan tulokseen. Esimerkiksi veden lämpötilalla on vaikutusta sen happipitoisuuteen, joten kalibrointi olisi hyvä tehdä havaintopaikalla, jolloin olosuhteet vastaavat mittausolosuhteita. Vaatimus ei täyty sisällä tehtävissä kalibroinneissa, joissa lämpötilaero voi olla hyvinkin suuri verrattuna luonnon veteen. (Näykki & Väisänen 2016, 18–19; Tattari ym. 2015, 14.)

Kalibroinnin laadunvarmistusta on laboratorioon lähetetty vesinäyte, joka on otettu mahdollisimman läheltä mittauspaikkaa samanlaatuisesta vedestä. Sen analysoituun tulokseen verrataan mittalaitteen tuloksia. Kalibrointia varten otettavan näytteen oikeaoppiseen näytteenoton eri vaiheisiin on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta saadaan luotettavat vertailutulokset. Kalibrointinäytteitä tulisi ottaa eri vuodenaikoina, jolloin virtaamat ja sameus vaihtelevat. Kalibroinnin laadunvarmistuksessa voidaan käyttää apuna kalibrointisuoraa, jossa vertaillaan anturin ja laboratorioanalyysin tulosta. (Näykki & Väisänen 2016, 18–19; Tattari ym. 2015, 14–15.)

Jatkuvoimisten antureiden kalibrointia tehdään myös niille tarkoitettujen kalibrointiliuosten avulla. Tätä tehdään muun muassa johtokyvyn mittaukseen

tarkoitetuille antureille. Käyttöohjeista löytyy tiedot kalibrointiin liittyvistä tarkem-
pille liuoksille. (Solinst 2024, 17.) Mittalaitteiden kalibrointiin liittyviä tarkem-
pia ohjeita on esitetty taulukossa 3 (s. 22).

3.2 Kenttämittalaitteen ylläpito

Mittalaitteen huollon, kalibroinnin ja oikeanlaisen säilytyksen lisäksi mittalait-
teeseen voi liittyä mittaushjelmistoja, joiden ajantasaisuudesta tulee pitää
huolta. Mittalaitteille on olemassa laitekohtaisia ohjeita, mutta myös yleisiä oh-
jeistuksia ja toimintatapoja. (Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakä-
sikirja 2024, 38–39.) Tässä työssä käsiteltyjä kenttämittalaitteita ovat Ysin Pro
Digital-, Ysin Pro DSS-, Ysin ProSwap-laitteet ja Ysin Exo 1,2 ja 3-laitteet sekä
Sontekin RS-5 ja TQ-Tracer-virtaamamittauslaitteet, jotka ovat Vesi-Eko Oy:llä
käytössä.

3.2.1 Kenttämittalaitteen huoltaminen ja säilytys

Mittalaittekohtaisia ohjeita on hyvä noudattaa huoltojen yhteydessä. Taulu-
kossa 2 on esitetty tarkempia huoltoon ja säilytykseen liittyviä ohjeita. Portit ja
pistokkeet eivät saisi kastua tai likaantua. Tarvittaessa ne on pyyhittävä nihke-
ällä liinalla tai paineilmalla korroosion ehkäisemiseksi. Laitteen anturien puh-
distamiseen löytyy ohjeita pesuaineen valintaan ja mekaaniseen puhdistuk-
seen. Puhdistuksen säännöllisyyteen ja tiheyteen voi olla myös annettu oh-
jeita. Anturien puhdistus on tärkeää, jottei anturin päälle tule kerrostumaa, joka
vaikuttaa mittaukseen. Pienikin määrä epäpuhtauksia tai kosteutta anturin ja
portin välissä, voi vaikuttaa niin, että anturi antaa kummallisia ja virheellisiä lu-
kemia. (ProDigital User Manual 2020, 51–52; Xylem Sontek River Surveyors
RS5 User Manual 2020, 33.)

Taulukko 2. Mittalaitteiden huoltoihin ja säilytykseen liittyviä ohjeita (Cushman 2018; Solinst 2024, 77; Operatin Instructions 2024 ,17; EXO User manual s.a., 6, 10, 134, 209; Exo Sonde Top maintenance Tips 2021.)

Anturityyppi	Käyttöikä	Huolto ja säilytys
Johtokyky, ominaisjohtokyky		Anturin lukijan aukot puhdistetaan siihen tarkoitettulla harjalla ja miedolla puhdistusaineella. Huuhdellaan huolellisesti ja tarkastetaan vaste kalibrointiliuoksella.
pH	12–14 kk	Jos anturi on kuivunut tai se on ollut varastoituna pidemmän aikaa ionivaihdettuun tai tislattuun veteen, liuotetaan anturia pH 4-kalibrointiliuoksessa yön yli. Puhdistetaan silloin, kun lasi/ platinapinnoille tulee epäpuhtauksia tai anturin vaste hidastuu. Anturin voi puhdistaa kemiallisesti tai mekaanisesti, esim. pumpulipuikolla. Se ei kestä kovaa pesua. Jos puhdistus on hankalaa eikä anturi mittaa oikein, voi anturia liottaa 10–15 min puhtaassa vedessä. Veteen voi lisätä astianpesuainetta. Huuhdellaan hyvin lopuksi.
Liuennot happi	n. 12 kk (anturin pää)	Säilytys kosteassa. Pidempiaikaisessa säilytyksessä kastellaan sieni suojaoholkin sisään. Anturin pään voi puhdistaa varovasti vedellä kostutetulla linssin puhdistusliinalla. Ei saa käyttää orgaanisia liuottimia eikä anturi kestä kovaa pesua. Kuivunutta anturia liuotetaan huoneenlämpöisessä vesijohtovedessä n. 24 tuntia ja kalibroidaan sen jälkeen.
Sameus	2 vuoden takuu, ei vaihdettavia osia.	Anturin puhdistaminen pehmeällä liinalla ja tarvittaessa miedolla saippuavedellä. Varo naarmuttamasta lukijaa. Käytännössä kestävä kovempaa pesua, eli ei naarmuunnu herkästi.
Anturien portit		Epäiltäessä kontaminaatiota, kaapelin portin voi täyttää isopropyylialkoholilla 30 sekunnin ajaksi. Portin annetaan kuivua itsekseen tai kuivataan paineilmalla.
Paineanturi Keller, Solinst		Keller: Paineanturin päässä oleva suojakorkin voi poistaa ja pestä haalealla juoksevalla vedellä. Paineanturin päähän ei saa koskea, koska se on hyvin herkkä. Solinst: O-renkaiden tarkastus, rasvaus ja tarvittaessa vaihtaminen. Puhdistaminen miedolla pesuaineella ja pehmeällä harjalla. Optisen lukijan puhdistaminen pehmeällä liinalla ja välttä pesuainetta jäämien vuoksi. Paineilmalla ei saa puhdistaa anturin herkkää päätä. Ei saa jäätyä.
EXO jatkuvatoimissa mittauksessa	12–18 kk pH, ORP 3–6 kk IES: ammonium, nitraatti, kloridi	Patterien vaihto: EXO 1 ja 2 n. 90 päivän välein, EXO 3 n. 60 päivän välein. Antureiden säilytys kosteassa. Automaattipyhkimien vaihto 2–12 kk:n välein riippuen käytöstä. Anturien puhdistaminen n. 2 vk:n- 3 kk:n välein vuodenaikasta ja vedestä riippuen. O-renkaiden tarkastus ja rasvaus puhdistuksen tai anturin vaihdon yhteydessä.

Säilytystä varten on huomioitava erilaiset anturit, ja niille sopivat puhdistus- ja säilytysmenetelmät. Mittalaitteiden ohjeissa voidaan puhua pitkäaikaisesta sesongin ulkopuolisesta laitteen säilytyksestä, kun se kestää yli neljä viikkoa. Lyhytaikaisesta säilytyksestä puhutaan sen kestäessä alle neljä viikkoa. Lyhytaikaisessa säilytyksessä on laite syytä pyyhkiä käytön jälkeen, huolehtia virrankatkaisusta ja säilyttää sisätiloissa. Ennen pitkäaikaista säilytystä laite suositellaan huoltamaan, puhdistamaan ja irrottamaan siitä akku. Antureiden ollessa kyseessä löytyy ohjeita siihen, säilytetäänkö ne laitteesta irrallaan tai kosteassa, jolloin niitä ei saa päästä kuivumaan pitkänkään varastoinnin aikana. Säilytyslämpötilasta on myös ohjeistus. (ProDigital User Manual 2020, 51.)

Pitkäaikaisessa säilytyksessä laitteen kaapeli irrotetaan ja sen päähän suositellaan laitettavaksi laitteen mukana tullut suoja. Anturien portit on puhdistettava paineilmalla, jos ne ovat likaisia tai märkiä. Antureiden o-renkaihin pyyhkäistään niiden voiteluun käytettävä voide renkaan ollessa paikoillaan. O-renkaan annetaan olla paikoillaan, jos se on ehjä. Anturien porttien tulpat ja o-renkaan voide tulevat yleensä laitteen mukana. O-renkaiden kunto on tärkeä, jotta vesi ei pääse vahingoittamaan laitetta. Pienikin likamäärä O-renkaassa tai sen urassa, voi aiheuttaa veden pääsyn laitteeseen. Mikäli on epävarma asennuksesta, antureiden ja O-renkaiden poistamiseen ja laitteeseen takaisin laittamiseen löytyy ohjeet ohjekirjasta. (Cushman 2018; ProDigital User Manual. 2020, 9.)

3.2.2 Kenttämittalaitteen kalibrointi

Kenttämittalaitteen kalibrointi on tehtävä riittävän usein, jotta saadut tulokset ovat luotettavia. Vedenlaatumittaukseen käytettävien antureiden kalibrointi ei säily viikkoja. Erityisesti pH-anturi on herkkä muutoksille ja se tulee kalibroida ennen maastoon menoa ja tarvittaessa uudelleen päivän päätteeksi. Tarvittaessa vedenlaatuanturin voi myös vain upottaa kalibrointiliuokseen ja tarkastaa lukeman. Antureiden kalibroinnin onnistumiseen vaikuttaa kalibrointiliuosten käyttökelpoisuus, joten päiväykset ja säilyvyys avattuna on syytä tarkastaa. Kalibrointiliuokset haihtuvat avaa-

misen jälkeen, mikä voi vaikuttaa liuoksen pitoisuuteen. Kalibroitiliuosten tulee olla myös laitteelle hyväksytyjä. (Björklöf ym. 2018,16; Cushman 2018)

Yleisimpiä vedenlaatumittalaitteiden kalibroinnin onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat kalibroiastian ja anturin puhtaus, ilmakuplat, käytetyt kalibroitiliuokset, riittävän pitkä anturin tasaantumisaika ja anturin kontaminoituminen toisella kalibroitiliuoksella. Kalibroitiliuosta tulee olla myös astiassa riittävästi. Jos anturin lukija ei ole kokonaan liuoksen alla, voi anturi antaa virheellisen lukeman. (ProDigital User Manual 2020, 33–45; Cushman 2018.) Suomen ympäristökeskuksen Kenttämittausvertailussa (Björklöf 2016, 12.) tuotiin esille, että sameusanturin 0-pisteen kalibrointi on usein hankalaa, ja anturi näyttää mittauksissa negatiivisia arvoja pienillä sameuspitoisuuksilla. Sameusanturi reagoi helposti valon vaihteluun ja heijastuksiin. Ne voivat olla hyvinkin erilaisia sisätiloissa verrattuna mittausympäristöön. Tämän ajateltiin selittävän tulosten jäämisen alle määritysrajan.

Vedenlaatuanturi tarvitsee lämpötilatietoa tuloksen saamiseksi mitatessa esimerkiksi pH:a, sähkönjohtavuutta ja ominaisjohtokykyä. Sameutta ja kiintoainetta mitatessa lämpötilaa ei vaadita. Antureiden kalibrointia ennen tulee tarkastaa lämpötila-anturin lukeman oikeellisuus vedessä vertaamalla sitä toiseen lämpötilamittariin. Joissakin antureissa lämpötilaa mittaa johtokykyanturi tai se on laitteeseen integroituna. Taulukossa 3 on mitatun parametrin ja paineanturin kalibrointiin liittyviä tietoja kalibrointitiheydestä sekä kalibrointitulokseen ja sen onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä. (ProDigital User Manual. 2020, 33–45; Cushman 2018.)

Taulukko 3. Kalibrointiin vaikuttavia tekijöitä yleisillä mitattavilla parametreilla. (ProDigital User Manual. 2020, 7–45; Cushman 2018; Calibration Worksheet 2017, Björklöf ym. 2018, 14.; Solinst 2024, 37–40; Operatin Instructions 2024, 18; Exo Sonde Top maintenance Tips 2021).

Parametri/ anturi	Kalibrointitiheys kenttämittauksissa	Kalibrointitiheys jatkuvatoimisissa mittauksissa	Kalibrointi	Huomioitavia asioita kalibroinnissa
Syvyys	Mieluiten jokaisella käyttökerralla.	1–3 kk välein	Anturi pidetään paikallaan kalibroinnin aikana. Suositellaan tekemään mittapaikkakohtaisesti.	Anturin tulee olla puhdas ja kuiva. Likaiset anturin portit puhdistetaan ruiskuttamalla reikiin vettä. Älä peitä reikiä kädellä kalibroinnin aikana.
Johtokyky, ominaisjohtokyky	Mieluiten jokaisella käyttökerralla, mutta säilyttää kalibroinnin useita viikkoja.	1–3 kk välein	Suositellaan ominaisjohtokyvyn kalibrointia, samalla kalibroittu johtokyky. Kalibroi, kunnes lukema on ollut tasainen 40 s ajan.	Poista ilmakuplat heilutteleamalla anturia, tarkasta liuksen määrä ja laatu, anna lämpötilan tasaantua n. 40 s. Puhtaan ja kuivan anturin johtokyky on alle 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
Ilmanpaine	Ei tarvitse kalibroida säännöllisesti, tehdaskalibroitu.			
Liennut happi (% mg/l)	Jokaisella käyttökeralla.	1–3 kk välein	Suositellaan kalibroimaan DO%, samalla kalibroittu DO mg/l. Laita puhdasta vettä 5 ml kalibrointiastiaan, aseta anturi astiaan ja anna ilman höyrystyä 5–15 min ennen kalibrointia. Kalibroi, kunnes lukema on ollut tasainen 40 s ajan.	Jos kalibrointi ei onnistu, tarkasta barometri, puhdista anturin suojuksen ja anturin korkki. Bakteerien kasvu kalibrointisuojuksessa saattaa kuluttaa happea ja vaikuttaa kalibrointitulokseen. Veden suolapitoisuus vaikuttaa veden happipitoisuuteen, joten kalibroi ominaisjohtokyky tai vaihda laitteen oletusarvo makealle vedelle 0–0,5 ppt. Korkein vaihdon jälkeen tarkasta oikeat korkkikertoimet (Sensor setup).
Sameus	Mieluiten jokaisella käyttökerralla, mutta säilyttää kalibroinnin useita viikkoja.	1–3 kk välein	2- tai 3-pistekalibrointi. 1. piste tulee olla välillä -10–10 FNU	Kalibrointiin vaikuttavat astian ja anturin puhtaus sekä ilmakuplat. Kalibrointiastian pohjan tulee olla musta ja naarmuton, ei heijastava, jotta harhailevat valonheijastukset eivät vaikuta tulokseen.

(jatkuu)

Parametri/ anturi	Kalibrointitiheys kenttämittauksissa	Kalibrointitiheys jatkovatoimisissa mittauksissa	Kalibrointi	Huomioitavia asioita kalibroinnissa
pH	Mieluiten aina ennen mittauksille lähtöä. Säilyttää kalibroinnin alle viikon ajan.	1–3 kk välein	2- tai 3-pistekalibrointi mitattavan veden happamuuden mukaan. pH4 ja pH7 tai pH7 ja pH10 tai pH4, pH7 ja pH10 liuoksilla. Odota jännitteen ja lämpötilan tasaantumista kalibroinnin aikana 40 s ajan.	Huuhtelee anturin pää ja astia kalibrointineesteellä ennen kalibrointia.
Paineanturi		Keller: 1–2 vuoden välein Solinst: johtokyky: 2 kertaa vuodessa (kausittain)	Keller: Kalibroitava samassa asennossa kuin on mittauksen aikana. 0-pisteen asettaminen. Solinst: Johtokykyä kalibroitaessa anna lämpötilan tasaantua 2–3 min ennen kalibrointia. 1 tai 2-pistekalibrointi. Huuhtelee anturi ennen kalibrointia ionivaihdetulla vedellä ja kalibrointineesteellä.	Keller: lisäksi kalibrointi tarpeen huollon tai mitauspisteen muutoksen jälkeen. Solinst: jos anturin lukema poikkeaa tunnetusta arvosta mittaustarkkuutta enemmän, tulee anturi kalibroida. Tarkasta anturin puhtaus. Poista ilmakuplat ennen kalibrointia. Kalibrointinesteen lämpötilan tulee olla 10–30 °C.

Anturin kunnon ja vasteen arviointiin liittyy pH-anturin osalta jännitteen tarkastaminen. Näiden jännitearvojen tarkastaminen auttaa varmistamaan pH-anturin toiminnan ja tarkat mittaustulokset. Kalibroitaessa pH-anturia, voidaan seurata anturin antamaa jännitettä. Tällä huomataan anturin reagointi emäksiseen liuokseen. Ihanteellinen kaltevuus on yleensä -59 mV, jokaista pH-yksikön muutosta kohti. Jos kaltevuus poikkeaa merkittävästi tästä, anturi saattaa olla viallinen. Kalibroinnin jälkeen mittalaitteen kalibroitiedoista löytyy pH:n prosentuaalinen kaltevuusarvo. Se on hyvä, kun lukema on 55–60 mV ja ihanteellinen lukema on 59 mV. Taulukossa 4 on pH:n antaman jännitteen arvot kullekin pH:lle. Siitä voidaan tarkastaa, onko kalibroinnin aikana jännitteen muutos oikea ja reagoiko se oikein happamalle ja emäksiselle kalibrointiliuokselle. Muutosta verrataan pH 7:n antamaan jännitteeseen. Emäksisellä liuoksella jännite tulee olla matalampi kuin pH 7 antama jännite ja happamalla liuoksella korkeampi. Jos jännite on pH 4:llä tai pH 7:llä alle 160 mV, anturi voi olla likainen. (ProDigital User Manual. 2020, 44.)

Taulukko 4. Kalibrointiliuosten antama jännite pH:n mukaan (ProDigital User Manual 2020, 44.)

pH	Jännite (mV, mV)	Huomioita
pH 7	-50-+50 mV	Nollapiste. Lukeman tulisi olla lähellä nollaa.
pH 4	165–180 mV korkeampi kuin pH 7	
pH 10	165–180 mV matalampi kuin pH 7	

3.2.3 Virtaamamittauslaitteiden kalibrointi

Virtaamamittaukseen käytettävissä laitteissa kalibrointi on aina mittauspaikkakohtainen (Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja 2024,39). Näin ollen on syytä tutustua käytettävään laitteistoon oikeanlaisen kalibroinnin tekemiseksi ja kalibroinneista olisi hyvä olla helposti saatavilla olevaa ohjeistusta. Esimerkiksi ADCP-laitteessa on kalibroitava kompassi, joka on kalibroitava ennen mittauksen aloittamista laitteen ohjeiden mukaisesti. Virtaamamittaukseen käytettävä SonTekin RS5 (ADCP) on tehdaskalibroitu eikä itse laitetta tarvitse erikseen kalibroida muun kuin kompassin osalta ennen jokaista käyttökertaa. Kalibroinnilla

vältetään mittauksen aikaisia suuntavirheitä. Kalibroinnin aikana täytyy poistua suurimpien metallisten esineiden ja asioiden läheisyydestä. Laitteen lähellä olevat metalliset pienemmätkin esineet on syytä viedä kauemmaksi, samoin matkapuhelin ja muut elektroniset laitteet kuten esimerkiksi rannekello. Kalibroinnissa pyöritetään lautassa kiinni olevaa anturia kaksi kertaa 360 astetta ympäri vähintään minuutin ajan kierrosta kohti. Kierroksen aikana mukaillaan lautan liikettä vedessä ja liikutetaan sitä ylös-alas-suunnassa ja kallistaen molemmille sivuille. Jos kalibrointia pitää yrittää parantaa, kannattaa hidastaa pyörimisnopeutta ja lisätä lautan liikerataa isommaksi. Liikeradat tulisi suhteuttaa mittauspaikan veden liikkeisiin suuntavirheiden välttämiseksi. Kalibrointi tulee tehdä niin lähellä mittauspaikkaa kuin mahdollista. (Xylem Sontek River Surveyor RS5 Manuals 2020, 33, 68.) Merkkiainetutkimuksen perustuva virtaamamittaus Sommerin TQ-Tracerilla vaatii kalibroinnin mittauskohteen vedellä. Veteen lisätään suolaliuosta ja saadaan aikaiseksi kalibrointisuora ja K-kerroin. Kalibroinnilla varmistetaan, että mittaus antaa tarkat ja vertailukelpoiset tulokset kalibrointiarvoihin verrattuna. (Sommer TQ-S Tracer User Manual 2014, 11, 22–25.)

4 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Nykytilannetta laitteiden ylläpitotoimiin, kirjaamiseen ja Hatka-järjestelmän käyttöön liittyen, on kartoitettu haastatteleamalla Vesi-Eko Oy:n henkilökuntaa. Haastatteluja oli yhteensä neljä. Niiden tavoitteina oli määrittellä kehittämistyön tavoitteet ja kartoittaa toiveita niihin liittyen. Haastattelut toteutettiin Vesi-Eko Oy:n toimitiloissa ja ne tehtiin hieman erilaisilla kokoonpanoilla riippuen siitä, ketkä pääsivät osallistumaan.

Haastatteluissa tuli esille, että uuden mittalaitteen käyttöönottoon liittyen kaivataan prosessikaaviota tai prosessikuvaus. Näin uuteen laitteeseen liittyvät ylläpitotoimet tulisi huomioitua jo hankintavaiheessa työsuunnittelua varten ja myöhemmin ohjelmoitua ne heidän käyttämäänsä järjestelmään Hatkaan. Hatka on järjestelmä, jolla Vesi-Eko Oy hallinnoi hapettimien ja mittalaitteiden toimintaa sekä datan keräystä (Huiske s.a.). Toinen toivottu kehityskohde oli taulukko, josta näkisi selkeästi erityyppisten mittalaitteiden

ja antureiden kalibrointiaikataulut ja huoltojen määrääjat. Kolmas kehityskohde on Hatkan sisällön kehittäminen kirjaamisessa ja työn suunnittelussa. (Saarijärvi ym. 2025.)

Vesi-Ekon käytössä oleva Hatka-järjestelmä toimii kohteiden, niihin liittyvien laitteiden ja huoltotoimien seurantatyökaluna. Järjestelmään voidaan tallentaa kohteiden ja laitteiden perustiedot, niiden sijainti, mittausparametrit, huoltohistoria sekä tulevat määräaikaishuollot. Hatkaa käytetään sekä kentällä että toimistolla, ja järjestelmään voidaan lisätä huoltojen ja tarkastusten yhteydessä myös valokuvia ja muistiinpanoja. Osalla työntekijöistä on tapana kirjata huomiot maastokäynnin yhteydessä, kun taas toiset tekevät kirjatukset myöhemmin toimistolla. (Saarijärvi ym. 2025.)

Järjestelmä ei kata kaikkia käytössä olevia laitteita, kuten lämpötilaloggereita. Pinnankorkeudet ja erilaiset vertailumittaukset kirjataan Excel-taulukoon. Käytettävyyden kannalta haasteita aiheuttavat mm. järjestelmän laaja näkymä tietokoneen näytöllä, jossa vaakasuuntainen rullaus onnistuu vain sivun alalaidasta, sekä vaikeus löytää käytössä olevat kohteet suuresta kohdelistauksesta. Myös loggeridatan selaaminen on koettu hankalaksi, sillä uusien tietojen näkyminen ei näy oletuksena ylimpänä. (Mustonen ym. 2025.)

Huoltotoimien osalta ongelmia on ilmennyt erityisesti määräaikaishuoltojen ohjelmoinnissa. Jos määräaikaishuolto tehdään etuajassa esimerkiksi laitevuoksi, järjestelmä ei siirrä seuraavaa huoltoa automaattisesti, vaan uusi huoltoaika on syötettävä käsin. Lisäksi Hatka ei anna erillisiä muistutuksia myöhässä olevista huolloista. Hälytysjärjestelmässä viestit laitteen häiriöistä saapuvat joskus viiveellä. Varsinkin talviaikaan se on johtanut riskitilanteisiin, kuten laitteiden jäätymiseen. (Mustonen ym. 2025.)

Hatkan päiväkirjatoiminto mahdollistaa huomiot sekä kohde- että loggerikohtaisesti, mutta tiedot eivät siirry päiväkirjojen välillä molempiin suuntiin. Tämä lisää tiedon etsimiseen kuluva aikaa ja edellyttää käyttäjältä järjestelmän rakenteen tuntemusta. Kalibrointitietoja ei kirjata Hatkaan, vaan ne ovat olleet erillisissä Excel-tiedostoissa tai ne haetaan laitekohtaisesti erillisistä ohjelmista. Vaikka käytäntö on ollut toimiva, olisi nopeampaa löytää

tiedot yhdestä paikasta ja kirjaaminenkin nopeutuisi. Olisi myös hyödyllistä uusien työntekijöiden perehdytyksen kannalta, että tiedot ovat helpommin löydettävissä. Kalibrointien kirjalliset ohjeet on hyvä olla helposti saatavilla, jotta kalibrointi olisi mahdollisimman yhdenmukaista kaikkien työntekijöiden tekemänä.

5 KEHITTÄMISTOIMET JA TULOSTEN TARKASTELU

Kehittämistoimia tehtiin työajan suunnittelua varten uuden laitteen käyttöönottoprosessin luomisella, mittalaitteiden ylläpitotoimien aikataulutuksella ja töiden kirjaamisen kehittämisellä. Kehittämistoimien ideointiin osallistuivat Vesi-Eko Oy:n henkilökunta. Se koettiin tärkeäksi, koska heillä on paras ymmärrys kehittämistarpeista. (Saarijärvi ym. 2025; Mustonen ym. 2025.)

5.1 Uuden laitteen käyttöönotto ja ylläpitotoimien ohjelmointi

Uuden laitteen hankintaan kuuluu useampia vaiheita ennen kuin ylläpitotoimia päästään ohjelmoimaan. Suunnitteluvaiheessa määritellään millainen laite on havaittuun tarpeeseen sopiva. Tällöin voidaan jo perehtyä mittalaitteen ominaisuuksiin ja tarvittaviin ylläpitotoimiin. Koko prosessin huolellinen suunnitteleminen ja toteuttaminen asennuksesta huoltoihin ja kalibrointeihin on osa laadunvarmennusta (Tattari ym. 2015). Kuvassa 5 on uuden mittalaitteen käyttöönottoprosessi vaiheittain.



Kuva 5. Uuden laitteen käyttöönottoprosessi (Tarvainen & Suomela 2017, 7–10; Tattari ym. 2019, 39; Särkelä 2024, 20.)

Asennus ja käyttöönotto -vaiheessa suunnitellaan mittalaitteen ylläpitotoimet ja tiedot syötetään Hatka-järjestelmään. Hatkaan tulee kirjata uuden laitteen tiedot sijaintitietoineen ja tarvittavat huollot määräaikoineen. Myöhemmin huoltoajoja voidaan muuttaa, jos havaitaan tarvetta esimerkiksi huollon määräaikojen säätämiseksi.

5.2 Hatkan kehittäminen

Hatka-järjestelmän käytettävyyden parantamiseksi nousi kehitysehdotuksia, joiden avulla työskentely onnistuisi paremmin niin kentällä kuin toimistollakin. Yksi keskeinen kehitystarve liittyy kalibrointi- ja huoltoaikataulujen hallintaan. Laitteen ohjelmoimisvaiheessa haluttiin saada luotua Hatkaan huoltoaikataulu. Hälytysjärjestelmän osalta kehittämistä vaatisi viestien nopeus ja huoltoihin liittyvät ilmoitukset. Järjestelmään voisi lisätä muistutustoiminnon, joka ilmoittaa lähestyvistä huolloista. Erityisesti kriittisten laitteiden osalta olisi tärkeää saada viestit viipymättä, jotta laitteiden vauriot voitaisiin

estää ajoissa. Lisäksi järjestelmään olisi hyödyllistä lisätä selkeä näkymä tulevista huolloista aikajärjestyksessä, mikä helpottaisi huoltojen ennakkointia ja työjärjestyksen suunnittelua.

Kalibrointien osalta käytettäisiin päiväkirjatoimintoa, johon merkittäisiin tehdyt kalibroinnit ja huomiot niihin liittyen. Päiväkirjatoiminto tulisi saada joustavammaksi niin, että kohteiden ja loggereiden välinen tiedonsiirto olisi automaattista ja molemmista päiväkirjoista saisi näkyviin kummankin päiväkirjan tiedot. Arkistointivälilehteä olisi järkevää hyödyntää enemmän ja siirtää sinne työt, jotka eivät ole aktiivisen työn alla. Näin ollen kohteiden löytäminen olisi helpompaa ja nopeampaa. Mittausdatan tarkastelua voisi helpottaa asettamalla uusimman havainnon listauksen ensimmäiseksi oletuksena. Mitatun datan tarkastelun nopeuttamiseksi olisi suositeltavaa, että vaakasuuntainen rullaus olisi mahdollista myös sivun yläreunassa, ei pelkästään alalaidassa. Nämä muutostyöt parantaisivat Hatkan käytettävyyttä ja nopeuttaisi sen käyttöä jokapäiväisessä työssä.

5.3 Työajan suunnittelu

Mittalaitteiden ja antureiden kalibroinnit sekä huoltotoimet tapahtuvat anturista, käyttöiheydestä ja parametrasta riippuen viikoittain tai muutaman viikon välein. Jatkuvatöimimisessä käytössä olevien mittalaitteiden tai antureiden huolto- ja kalibrointivälit ovat pidempiä kuin kenttämittalaitteilla. Työn suunnittelun tueksi on tehty taulukko 6 (s. 31), jossa näkyy mittalaitte- tai parametrikohteisesti kalibrointi- ja huoltovälit. Taulukon tiedot perustuvat kirjallisuuden pohjalta tehtyihin taulukoihin 1 ja 2, jotka käsittelevät kalibrointi ja huoltokäytäntöjä. Taulukossa on jaoteltu kausittaiset toimet huolloille ja kalibroinneille sekä kuinka usein toimet yleisen ohjeen mukaisesti tehdään. Käytännön työssä voi huomata konkreettisesti, jos joitain ylläpitotoimia tulee tihentää tai harventaa. Esimerkiksi jatkuvatoimisessa mittauksessa olevan Exo-mittalaitteen kalibroinnissa on kuukaudesta kolmeen kuukauteen oleva kalibrointiväli, joka on suuntaa antava ja tulee tarkastaa laitteen antamien tulosten mukaan. Jos kuukauden kalibrointiväleillä ei tule muutoksia mitaustuloksiin, voi kalibrointeja pidentää (Exo Sonde Top maintenance Tips 2021).

Mittalaitteiden ylläpitotoimia suunniteltaessa tehtävät vaihtelevat kausittain. Vesi-Eko Oy:llä osa mittalaitteista on talvikaudella harvemmin käytössä tai kokonaan käyttämättä. Kevätkaudella mittaustiheys kasvaa kenttämittalaitteilla ja kesäkaudella mittauksia tehdään viikoittain. Talvikaudella ne laitteet, jotka on otettu säilytykseen tai joilla ei tehdä mittauksia, huolletaan mittauskauden loputtua ja tarkastetaan, tarvitaanko niihin uusia osia tai muita huoltoja. Viimeistään kevätkaudella on syytä tarkastaa mittalaitteiden toimivuus ja kalibroida ne. Kesäkaudella kalibrointeja tehdään tiheämmin mittausten mukaan ja antureiden sekä mittalaitteiden puhdistamisista huolehditaan säännöllisesti.

Huolto- ja puhdistustöitä sekä kalibrointeja tehdään mittauspaikoilla ja toimistolla. Niiden suunnitteluun ja toteuttamiseen varataan aikaa ennen maastopäiviä, jotta kaikki tarvittavat toimet tulee tehtyä. Osa mittalaitteista on kalibroitu ostopalveluna, joten niiden kuljettamiset ja uudelleen asennukset vaativat myös ajankäytöllistä suunnittelua.

Taulukko 6. Mittalaitteiden kalibrointi- ja huoltotoimien suunnittelu

Ylläpitotoimet	Talvikausi, varastointi	Kevätkausi, mittauskauden aloitus	Kesä-syky, mittauskausi
Huollot			
Antureiden ja mittalaitteiden puhdistus	x		2–4 viikon välein
Kosteassa säilytettävien antureiden tarkastus	x		
O-renkaiden huolto Solinst	x		
Happianturin pään vaihto		12 kuukauden välein	
pH-anturin vaihto		12–14 kuukauden välein	
Paristojen vaihto EXO 1, 2 EXO 3		x	n. 90 päivän välein n. 60 päivän välein
Automaattipyyhkimen vaihto EXO			1-2 kertaa vuodessa
Kalibroinnit			
Syvyys			Jokaisella käyttökerralla
Liuennot happi			Jokaisella käyttökerralla
Johtokyky			1–2 viikon välein
Sameus			1–2 viikon välein
pH			< viikon välein
Keller-paineanturi			1–2 vuoden välein
Solinst-paineanturi			2 kertaa vuodessa
Solinst RS 5			Jokaisella käyttökerralla
TQ-Tracer			Jokaisella käyttökerralla
EXO jatkuvatoimisessa mittauksessa			1–3 kuukauden välein

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ympäristön seurannalla saadaan tietoa tarveperusteisesti ja suunnitelmallisesti. Seuranta voidaan toteuttaa ympäristömittauksilla, joiden avulla saadaan laadukkaasti ja kustannustehokkaasti ympäristönsuojeluun liittyvää tietoa. (Raateoja & Attila 2023.) Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Vesi-Eko Oy:n ympäristömittauksissa käytettävien mittalaitteiden ja antureiden

kalibrointi- ja huoltokäytäntöjä. Tämän lisäksi tavoitteena oli parantaa näihin liittyvää työsuunnittelua ja kirjaamiskäytäntöjä, joilla voidaan vaikuttaa työn laadukkuuteen ja kustannustehokkuuteen. Mittalaitteiden suuri määrä ja niiden teknisten ominaisuuksien eroavaisuudet, ja jatkuvatoimisten mittalaitteiden kohdalla myös sijainti tuovat omat haasteensa ylläpitotoimille ja niiden ajoittamiselle. Opinnäytetyön teoriaosuuden perusteella mittalaitteiden toimintaan ja mittaustarkkuuteen sekä tulosten luotettavuuteen vaikuttavat mittalaitteiden oikeanlainen säilytys ja säännöllinen kalibrointi. Niihin vaikuttavat myös mittalaitteiden käyttöympäristö ja mittaustilanne. Käyttäjän osaaaminen, kuten mittalaitteiden toimintaperiaatteisiin liittyvä tietämys, mittaustulokseen reagointi ja johtopäätösten tekeminen ovat niin ikään merkityksellisiä.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi mittalaitteiden kalibrointi- ja huoltotaulukot. Taulukoista käy ilmi, millaisia huoltotoimia kullekin mittalaitteelle tulee tehdä ja miten kalibroinnit tulee toteuttaa. Taulukoissa on myös kalibrointitiheydelle yleiset ohjeet. Näiden lisäksi on työsuunnittelun tueksi erillinen taulukko, jossa näkyy selkeämmin eri vuodenajoille kausittaiset ylläpitotoimet yleisesti määritellyin väliajoin. Yleisiä ohjeita on vaikea löytää, koska ne ovat usein hyvin laitekohtaisia. Vaikka tehdyt ohjeet ovat yleisiä ja niihin voi joutua tekemään muutoksia käytännön työssä, ne helpottavat kuitenkin työn suunnittelua auttamalla hahmottamaan työmäärää, jota ylläpitotoimet vaativat. Ylläpitotoimien kirjaamiseen on mietitty kehittämistoimia käytössä olevaan Hatka-järjestelmään. Parannusehdotukset keskittyivät mahdollisuuksiin kirjata useampia tietoja järjestelmään ja käyttömukavuuden parantamiseen. Nämä tekisivät kirjaamisesta selkeämpää ja järjestelmän käyttämisestä nopeampaa. Hatka-järjestelmän kehittämisessä Vesi-Ekon henkilökunnalla oli tärkeä rooli, koska he tuntevat sen parhaiten. Opinnäytetyössä on kuvattu myös uuden mittalaitteen käyttöönoton prosessia, jotta käytännön työssä huomioidaan ylläpitotoimien ohjelmoiminen jo heti laitteen käyttöönoton alkuvaiheessa.

Opinnäytetyöhön kootun tiedon perusteella on mahdollista tehdä mittauksiin perustuvaa työtä näkyväksi asiakkaille ja perustella sen edellyttämää työmäärää. Sitä voi olla hankala käsittää, jos ei ole asioihin perehtynyt. Opinnäytetyö kuvaa, mitä kaikkea laadukas mittaaminen pitää sisällään. Kokeuksia kehittämistyön tuloksista kuullaan myöhemmin, kun ne on saatu käyttöön.

LÄHTEET

Björklöf, M., Leivuori, M., Näykki, T., Väisänen, T., Ilmakunnas, M. & Väisänen, R. 2016. Kenttämittausvertailu 13/2016. Luonnonvesien happi, lämpötila, pH, sähkönjohtavuus ja sameus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 46/2016. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/ser-ver/api/core/bitstreams/2acbd4ba-0662-4df3-9f1f-e94767f82aaa/content> [viitattu 8.3.2025].

Björklöf, K., Leivuori, M., Näykki, T., Väisänen, T., Ilmakunnas, M. & Väisänen, R. 2018. Kenttämittausvertailu 11/2018. Luonnonvesien happi, lämpötila, pH, sähkönjohtavuus ja sameus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2018. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/ser-ver/api/core/bitstreams/1b659cf6-6087-4d75-90e0-a3662aa0365d/content> [viitattu 15.1.2025].

Calibration Worksheet. 2017. YSI. ProDSS. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.ysi.com/file%20library/documents/guides/w87_ysi_prodss_calibration_worksheet.pdf [viitattu 31.1.2025].

Conductivity Measurement. S.a. YSI xylem. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ysi.com/parameters/conductivity> [viitattu 20.2.2025].

Cushman, C. 2018. How I Calibrate my YSI ProDSS? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2018/06/ysi-prodss-water-quality-meter-calibration-tips-the-ultimate-guide> [viitattu 31.1.2025].

Dissolved Oxygen. S.a. YSI xylem. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ysi.com/parameters/dissolved-oxygen> [viitattu 20.2.2025].

Euroopan unionin Mittauslaitedirektiivi 26.2.2014/32.

Exo Sonde Top maintenance Tips. 2021. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ysi.com/ysi-blog/water-blogged-blog/2021/11/top-maintenance-tips-for-exo-sondes-protect-your-investment?srsltid=AfmBOopidq35wXhWx1o1UAc3qhVdMRDNoy-QmvlLvtsFZDAwpxph6bOvC> [viitattu 18.4.2025].

EXO User Manual. S.a. Advanced water quality Monitoring Platform. Xylem Environmental Solutions. Ysi. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Manuals/EXO-User-Manual-Web.pdf?srsltid=AfmBOoquNQPvUjAW4qyWlxlym8sfjL8xig-DzT0gFOeH5gqTyAq22JOUy> [viitattu 22.3.2025].

Finas. 2023. Kalibroinnit. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.finas.fi/akkreditointi/jaljitettavyys/Sivut/Kalibroinnit.aspx> [viitattu 16.5.2025].

Huiske. S.a. Tutustu töihimme. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.huis.ke/> [viitattu 27.2.2025].

Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja. 2024. Vesivarat -ryhmä. Suomen ympäristökeskus. Versio 1.6. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://vesi.fi/aineistopankki/wp-content/uploads/2024/02/Toimintakäsikirja_v1.6.pdf [viitattu 20.1.2025].

Keller. S.a. Level and Pressure Transmitter User's Guide. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://kelleramerica.com/users_guide [viitattu 20.1.2025].

Keller DCX-22. S.a. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://download.keller-pressure.com/api/download/CZqpao2fKrnu6hd4H5PiTZ/en/latest.pdf> [viitattu 15.4.2025].

Leivuori, M., Näykki, T., Leito, I., Helm, I., Jalukse, L., Kaukonen, L., Hänninen, P. & Ilmakunnas, M. 2014. Field measurement intercomparison. Finnish Environment Institute. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/ddaacac9-4642-46cb-a5f0-6df03497a51d/content> [viitattu 4.2.2025].

Lepistö, A., Kallio, K., Pitkänen, H., Raateoja, M., Röman, E., Seppälä, J., Suomela, J., Tarvainen, M. & Tattari, S. 2018. Jatkuvatoimisten vedenlaatu-asemien valtakunnallinen verkosto. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 32/ 2018. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/items/a7b6995c-ae6f-48f7-b048-c0374dd801f6> [viitattu 11.4.2025].

Mittaaminen ja mittaustarkkuus. S.a. Fysiikka 1. Fysiikka luonnontieteenä. Peda.net.-materiaalit. Powerpoint-diasarja. Saatavissa: <https://peda.net/oppi-materiaalit/peda.net> [viitattu 24.2.2025].

Mittauslaitelaki 17.6.2011/707

Mustonen, A., Niskanen, I-R & Ojanen, J. 2025. Haastattelu 26.2.2025. Vesi-Eko Oy.

Mykkänen, A & Heinonen, O. 2020. Luonnonvesien online-monitorointi. Teoksesta tuominen, R. (toim.) Uusia menetelmiä pohjavedenlaadun monitorointiin. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Mikkeli. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/app/uploads/sites/2/2024/12/URNISBN9789523442627-compressed.pdf> [viitattu 16.4.2025].

Näykki, T., Kyröläinen, H., Witick, A., Mäkinen, I., Pehkonen, R., Väisänen, T., Sainio, P. & Luotola, M. 2013. Laatusuosituksen ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävälle tiedolle: vesistä tehtävien analyttien määräysrajat, mittausepävarmuudet sekä säilytysajat ja -tavat. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2013. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/fdc238be-7644-4a28-b446-bef9db992975/content> [viitattu 20.2.2025].

Näykki, T. & Väisänen, T. 2016. Laatusuosituksen ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävälle tiedolle. Vesistä tehtävien analyttien määräysrajat, mittausepävarmuudet sekä säilytysajat ja -tavat. Suomen ympäristökes-

kuksen raportteja. 22/2016. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/b3872d4c-8b1c-4c93-ae75-a758872595fd/content> [viitattu 13.1.2025].

Operatin Instructions. 2024. Keller. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://download.keller-druck.com/api/download/gHLK9kuNSHnDYF9C6CNavJ/en/la-test.pdf> [viitattu 17.2.2025].

Pintavesien tilan seuranta. 2022. Vesien tilan seuranta. Vesi.fi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vesi.fi/vesitieto/pintavesien-tilan-seuranta/> [viitattu 11.3.2025].

Potentiometria. S.a. Laboratorioanalyysit. Opetushallitus. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat_6-2_potentiometria.html [viitattu 20.2.2025].

ProDSS. S.a. Multimeter water quality field instrument. YSI. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.gwm-engineering.fi/files/9415/1971/3408/W86-02-ProDSS-Catalog.pdf> [viitattu 15.4.2025].

ProDigital User Manual. 2020. Professional Series Digital Handheld Meters. YSI. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Manuals/ProDIGITAL-User-Manual-English.pdf?srsIid=AfmBOopKEE3HYjWA8XzoRluZZ_0i6zuSux-HcNL5CAZS0dn6MZ4Tw1Jhy [viitattu 20.1.2025].

Purkautumiskäyrä. S.a. Vesi.fi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vesi.fi/sanasto/purkautumiskayra/> [viitattu 15.4.2025].

QRev User's manual. 2022. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://hydroacoustics.usgs.gov/software/QRev_Users.pdf [viitattu 22.2.2025].

Raateoja, M. & Attila, J. 2023. Ympäristön seuranta on uuden edessä. Blogi. Päivitetty 24.10.2024. Saatavissa: <https://www.syke.fi/fi/tietoa-meista/blogit/mika-raateoja-ja-jenni-attila-ympariston-seuranta-uuden-edessa> [viitattu 11.3.2025].

Saarijärvi, E & Lyytikäinen, J. 2025. Katsaus ympäristömittauksiin 19.3.2025. Powerpoint-esitys.

Saarijärvi, E., Niskanen, I-R. & Mustonen, A. 2025. Haastattelu 27.1.2025. Vesi-Eko Oy.

SFS-EN 17075:2018 + A1:2023:en. 2023. Water quality. General Requirements and Performance Test Procedures for Water Monitoring Equipment. Continuous Measuring Devices.

SFS-ISO 11352:2013. 2013. Vedenlaatu. Validointiin ja laadunvarmistusaineistoon perustuva mittausepävarmuuden arviointi.

Solinst. 2024. User Guide Levellogger Series. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.solinst.com/products/dataloggers-and-telemetry/3001-levellogger-series/operating-instructions/user-guide/3001-user-guide.pdf> [viitattu 21.1.2025].

Sommer TQ-S Tracer User Manual. 2014. Manualslib. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.manualslib.com/manual/1445003/Sommer-Tq-S-Tracer.html?page=22#manual> [viitattu 5.2.2025].

Sonardyne. S.a. What is an ADCP and how does it work? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sonardyne.com/products-knowledge-base/what-is-an-adcp-and-how-does-it-work-2/> [viitattu 5.2.2025].

Sovellettu hydrologia. 1986. Helsinki: Vesiyhdistys ry.

Särkelä, A. 2024. Automaattisella veden laadun ja määrän seurannalla saadaan laadukasta reaaliaikaista tietoa -vaan ei suinkaan ilmaiseksi ja vaivattomasti. Aquaris Suomen vesiensuojelun keskusliitto ry:n tiedotuslehti 2024-2025.

Tarvainen, M. & Suomela, J. 2017. Toimintamallitarkastelu -jatkuvatoimiset vedenlaatuasemat. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 12/2017. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134706/Raportteja_12_2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y [viitattu 16.4.2025].

Tattari, S., Koskiaho, J. & Tarvainen, M. 2015. Virtavesien vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Opas 5/2015. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120177/Opas%202015_Virtavesien%20vedenlaadun%20jatkuvatoiminen%20mittaaminen.pdf?sequence=2&isAllowed=y [viitattu 13.1.2025].

Tattari, S., Tarvainen, M., Kallio, K., Lepistö, A., Näykki, T., Raateoja, M. & Seppälä, J. 2019. Laatukäsikirja jatkuvatoimisille vedenlaadun mittauksille. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/f7b18f6b-dab3-4014-ae82-773469ca461d/content> [viitattu 24.2.2025].

Tietoa mitattavista muuttujista. S.a. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www2.ymparisto.fi/i2/vesimittari/muuttujat.html> [viitattu 15.4.2025].

TQ-Tracer. S.a. GWM engineering. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.gwm-engineering.fi/fi/tuoteryhmat/veden-virtausmittaukset/tq-tracker/> [viitattu 5.2.2025].

Vanhanen, J., Mikkanen, P., Nikula, J. & Hiltunen, J. 2007. Ympäristömittauksen ja -monitoroinnin arvoketjujen tuotteistaminen. Sitra. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/wp/wp-content/uploads/2017/02/Ymparistomittaus20b-2.pdf> [viitattu 24.2.2025].

Veden sameuden nefelometrinen määrittäminen. S.a. Laboratorioanalyysit. Opetushallitus. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_veden_sameuden_nefelometrinen_maaritys.html [viitattu 20.2.2025].

Vesien tila ja seuranta. 2024. Ympäristö.fi. WW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/vedet-ja-vesistot/vesien-tila-ja-seuranta> [viitattu 11.3.2025].

Väisänen, T. 2018. Tero Väisänen: olisivatko veden laadun digitaaliset kenttämittaukset riittävän luotettavia sellaisenaan? Blogi. Päivitetty 5.10.2018. Saatavissa: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Ratkaisujablogi/Tero_Vaisanen_Olisivatko_veden_laadun_di\(48105\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Ratkaisujablogi/Tero_Vaisanen_Olisivatko_veden_laadun_di(48105)) [viitattu 20.1.2025].

Xylem Sontek River Surveyor RS5 Manuals. 2020. Manualslib. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.manualslib.com/manual/1979015/Xylem-Sontek-River-Surveyor-Rs5.html?page=68#manual> [viitattu 3.2.2025].

Ympäristöhallinnon ohjeita. S.a. Suomen ympäristökeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/collections/684009ea-b2ca-4534-b862-cf93106b3801?cp.page=4> [viitattu 29.1.2025].

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.

Ympäristön tilan seurannan strategia 2030. 2022. Ympäristöministeriön julkaisu 2022:28. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164455/YM_2022_28.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 15.1.2025].

Ympäristötilan seuranta. 2025. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/ympariston-tilan-seuranta> [viitattu 11.3.2025].