

Ville Viljanen

ONLINE-MITTAUSTEN KÄYTTÖ VEDEN LAATUA ARVIOITAESSA

Opinnäytetyö
Ympäristötekniikan koulutusohjelma


Helmikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 26.2.2016
Tekijä(t) Ville Viljanen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Nimeke Online-mittausten käyttö veden laatua arvioitaessa	
Tiivistelmä Vesistöjen veden laadun arvioinnissa tarkastellaan veden fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia ja niiden muutoksia, kuten vesistöjen happitilannetta tai siihen liunneiden aineiden määrää. Perinteisesti veden laadun parametreja on seurattu analysoimalla näytteitä laboratoriossa, mutta online-monitoroinnilla niitä voidaan seurata etänä ennalta määriteltujen tietokantojen kautta. Työssä tarkasteltiin online-mittausten käyttöä veden laadun arvioinnin työkaluna. Tarkastelua varten valituissa tutkimuskohteissa tehtiin mittauksia online-mittalaitteilla ja saatua mittausdataa verrattiin laboratorioanalyysillä saatuihin tuloksiin. Tutkimuskohteina työssä olivat kolme vesistökohdetta Pankajoki, Veturitallinlahti ja Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon alueella sijaitseva hulevesilammikko, joihin sijoitettiin online-mittaussondit YSI 6920 V2-2 ja YSI 6820 V2-1. Online-sondeilla mitattiin veden laadun parametreista sähkönjohtavuutta, sameutta, happamuutta, lämpötilaa, liuennutta happea, nitraattia ja kloridia. Eri antureiden käyttöön ja kalibrointiin liittyy erilaisia haasteita ja antureita varten suoritetuilla esikäsitteilyillä oli vaikutuksia tulosten laatuun. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta online-mittauslaitteilla olevan mahdollisuus päästä erittäin tarkkoihinkin tuloksiin. Laitteiden käyttö riippuu suuresti käyttäjän kokemuksesta ja laitteiden huollon onnistumisesta. Tutkimuksella tuotettiin tietoa työn tilaajan Mikkelin ammattikorkeakoulun (Mamk) Veden ja ilman monitorointi ympäristön tilan turvaamiseksi Etelä-Savossa -hankkeen eli VIM-hankkeen käyttöön. Työ tarjoaa myös näkökulmia ja kokemuksia online-monitoroinnista.	
Asiasanat (avainsanat) Monitorointi, mittauslaitteet, vedenlaatu, vesistöt	
Sivumäärä 49	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Marjatta Lehesvaara	Opinnäytetyön toimeksiantaja Mamk / Veden ja ilman monitorointi ympäristön tilan turvaamiseksi Etelä-Savossa -hanke

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 26.2.2015
Author(s) Ville Viljanen	Degree programme and option Enviromental engineering
Name of the bachelor's thesis Utilization of online-monitoring when estimating water quality	
Abstract The evaluation of water quality in water systems is done by examining different features and their changes of the water. The water quality can be examined, for example, by analysing physicochemical properties of the water, such as water oxygen levels or the amount of dissolved materials. Traditionally, a number of parameters that affect water quality are monitored manually by sampling, but by using online-monitoring, parameters can be followed with monitoring devices and these values can be accessed through databases remotely from your computer. The subject of this study was to examine the use of online-measurement as a tool for water quality assessment. The measurements were carried out with online-instruments in different locations and the online-measurement data was compared to results obtained with traditional water sampling. The research subjects were three different water systems Pankajoki, Veturitallinlahti and a pond that's located near Kenkävero's wastewater treatment plant, into which online-sondes YSI 6920 V2-2 and YSI 6820 V2-1 were installed. These online-sondes measured water quality parameters e.g., electrical conductivity, turbidity, acidity, temperature, dissolved oxygen, nitrate and chloride in the water systems. Various probes face different challenges regarding calibration and the preparation of these probes had effects on the quality of the results. Based on the results, it can be stated that the online-measurement devices can offer highly accurate results. However the operation of the devices depends largely on the user experience and maintenance success of the equipment. The study produced information to be used in the Monitoring Water and Air to Safeguard the Environment in South Savo- project, i.e., VIM-project. The study also provides insights and experience in online-monitoring.	
Subject headings, (keywords) Monitoring, measuring devices, water quality, water systems	
Pages 49	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Marjatta Lehesvaara	Bachelor's thesis assigned by Mamk / Monitoring Water and Air to Safeguard the Environment in South Savo (VIM)

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	VEDENLAATU VESISTÖISSÄ.....	2
2.1	Pintavesien luokittelu.....	2
2.2	Pintavesien tila Etelä-Savossa	3
2.3	Hulevedet.....	4
2.4	Vesistöjen laatutekijät.....	5
3	VEDEN MONITOROINTI.....	7
3.1	Esimerkkejä online-monitoroinnin käytöstä.....	8
3.1.1	Open-hanke	8
3.1.2	TASO-hanke	8
3.2	Online-sondit	9
3.2.1	YSI 6920 V2-2 –sondi	10
3.2.2	YSI 6820 V2-1 –sondi	12
4	TUTKIMUSKOHTEET.....	14
4.1	Pankajoki	15
4.2	Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon alueella sijaitseva hulevesilammikko	16
4.3	Veturitallinlahti.....	17
5	ANALYYSIT JA MENETELMÄT.....	19
5.1	Online-sondien huolto ja kalibrointi.....	19
5.2	Suoritetut analyysit	20
5.2.1	Sameus	21
5.2.2	pH.....	22
5.2.3	Sähkönjohtavuus	23
5.2.4	Nitraatti	24
5.2.5	Kloridi	25
5.2.6	Liuennut happi	26
6	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	27
6.1	Pankajoen analyysitulokset.....	27
6.2	Kenkäveronniemen lammikon analyysitulokset.....	31
6.3	Veturitallinlahden analyysitulokset	37

7	JOHTOPÄÄTÖKSET	42
7.1	Tutkimuskohteet ja online-sondien käyttö.....	42
7.2	Online-mittausten soveltuminen vesistöjen tilan seuraamiseen	45
	LÄHTEET	47

1 JOHDANTO

Ympäristön seuranta on säännöllistä ja pitkäaikaista tietojen keruuta ympäristöstä, jolla pyritään erottamaan ihmisen toiminnan seurauksena aiheuttamat ympäristömuutokset luonnon omista mekanismeista. Saatuja seurantatuloksia käytetään tukemaan ympäristöpoliittisia päätöksentekoa ja niitä hyödynnetään monenlaisissa tutkimus- ja kehittämishankkeissa. (SYKE 2013.) Ympäristön tilan seuranta kuuluu myös lainsäädännöllisiin velvoitteisiin. Kuntien on alueellaan huolehdittava paikallisten olojen edellyttämästä tarpeellisesta ympäristön tilan seurannasta asianmukaisin menetelmin (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 143§).

Tässä opinnäytetyössä arvioidaan online-monitoroinnin ja -mittausten soveltumista vedenlaadun arvioinnissa. Menetelmästä voidaan myös puhua automaattisina mittauksina tai etäseurantana. Laadun arviointia suoritetaan seuraamalla erilaisia veden ominaisuuksia vesistöissä. Vesistöjen seuranta sen sijaan on osa laajempaa ympäristön seurantaa. Online-monitoroinnin avulla voidaan seurata monia veden laadun parametreja mittalaitteiden avulla ja analysoida laitteiden lähettämää mittausdataa suoraan tietokannasta. Opinnäytetyön tilaajana on Mikkelin ammattikorkeakoulun Veden ja ilman monitorointi ympäristön tilan turvaamiseksi Etelä-Savossa –hanke eli VIM-hanke. Hanketta rahoittavat Etelä-Savon maakuntaliitto Euroopan unionin aluekehitysrahastosta (EAKR kestävää kasvua ja työtä 2014–2020 Suomi) ja Etelä-Savon Energia Oy, Metsäsairila Oy sekä Mikkelin Vesilaitos.

Opinnäytetyössä tutkittiin online-mittauslaitteita ja niiden käyttöä. Tutkimuskohteena työssä oli Etelä-Savossa Mikkelin alueella vesistöihin sijoitettuna kaksi erilaista online-sondia, jotka lähettivät mittausdataa haluttuihin tietokantoihin. Sondien sijoituskohteissa on tutkittu erityisesti Mikkelin kaupunkialueen hulevesien vaikutusta vesistöihin. Sondien toimintaa seurattiin suorittamalla perinteistä manuaalista näytteenottoa sondien sijoituspaikoilta. Näytteitä otettiin samasta vedestä, johon sondit oli sijoitettu ja näytteiden analysoinnissa tutkittiin samoja parametreja mitä sondikin mittaa. Sondin lähettämää dataa ja näytteiden analysoinnin tuloksia verrattiin sitten keskenään ja arvioitiin tämän perusteella kuinka tarkkoja tietoja sondi lähettää.

2 VEDENLAATU VESISTÖISSÄ

Vesien tilan seurannalla saadaan tietoa esimerkiksi vesistöjen rehevöitymisestä, vesien happitilanteesta ja mahdollisten vesistöissä esiintyvien haitallisten aineiden pitoisuuksista. Näiden mitattujen seurantatulosten avulla voidaan selvittää, ovatko mahdolliset vesiensuojelutoimenpiteet parantaneet vesien tilaa. (SYKE 2015a.) Suomessa vesien tilaa seurataan jatkuvasti valtakunnallisilla ja alueellisilla seurannoilla sekä vesistöjen velvoitetarkkailulla. Valtakunnallisen ohjelman rungon muodostavat järvi-, joki- ja rannikkovesien tilan seurannat. (Hiltunen ym. 2007.)

Jokien ja järvien veden laatua on seurattu Suomessa jo 1960-luvulta lähtien. Näihin aikoihin muun muassa jätevesien puhdistus oli vielä vaatimattomalla tasolla ja vesien laadusta oli vain vähäistä tietoa. Vesien seurannan tavoitteena oli alun perin selvittää pääasiallisesti jätevesien ympäristövaikutuksia, vaikka seurannassa oli mukana myös puhtaita vesiä. Veden laadun seurannalla kuitenkin alettiin saada tietoa vesiensuojelutoimien tueksi. Laajemmin jätevedenpuhdistamoiden rakentaminen alkoi 1970-luvulla ja puhdistamoiden vaikutukset alkoivat näkyä erityisesti pistemäisten kuormittajien, kuten asutuksien läheisissä vesissä. Nykyään seurattavien kohteiden lukumäärä on kasvanut merkittävästi ja vesien laadun seurannalla on tärkeä osuus suomalaisessa vesiensuojelussa. Seurantatietoja käytetään myös Euroopan laajuisesti ja useimmat Euroopan maat ovat sitoutuneet toimittamaan tietoa omasta seurantaverkostaan Euroopan ympäristökeskuksen käyttöön. (SYKE 2015b.)

2.1 Pintavesien luokittelu

Pintavesillä tarkoitetaan yleisesti ottaen maanpäällisiä vesiä, kuten järvien ja jokien vesiä. Vesistöissä esiintyvät vedet ovat ominaisuuksiltaan erilaisia, mutta yleisesti ottaen ihminen voi vaikuttaa vesistöjen luonnollisiin ominaisuuksiin. Tämän vuoksi pintavedet luokitellaan ihmisen toiminnan aiheuttaman muutoksen voimakkuuden perusteella. Ekologista tilaa voidaan kuvata erinomaiseksi, hyväksi, tyydyttäväksi, välttäväksi tai huonoksi. Luokitus tehdään vertailuoloihin suhteutettuna, sillä eri vesistöillä voi olla erilaiset ominaispiirteet. (Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 30.12.2004/1299, 8. §.)

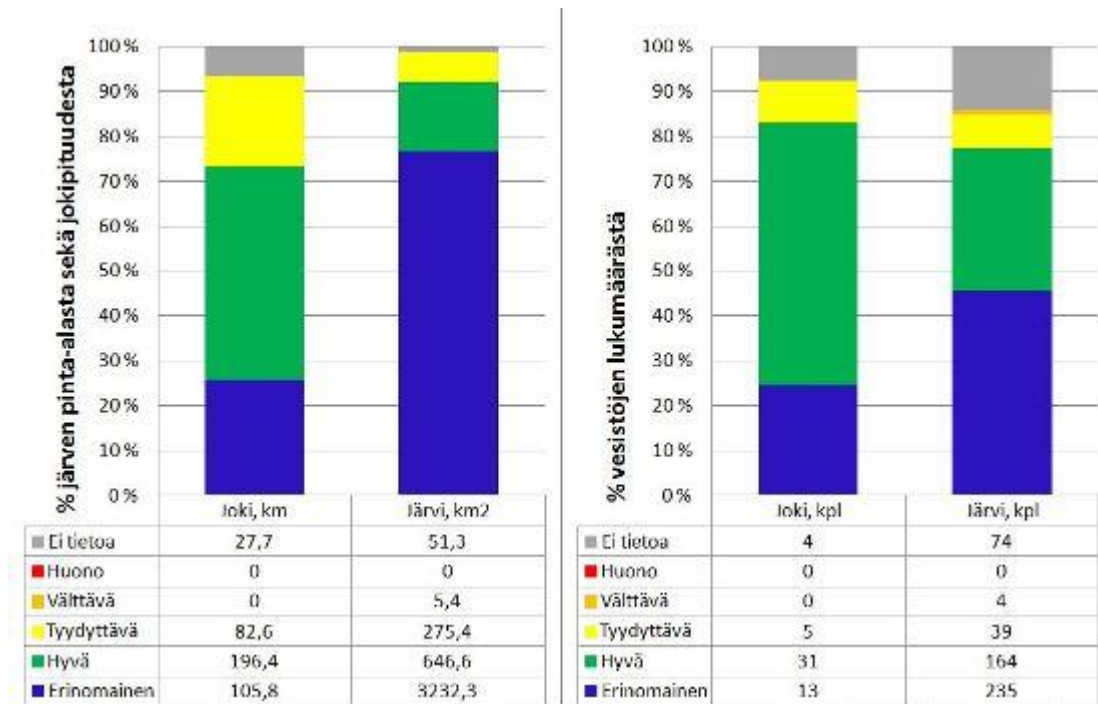
Vesistöihin ihmisen toiminta voi vaikuttaa monella tavalla. Ihminen vaikuttaa vesistöjen tilaan esimerkiksi rakentamalla, vaikuttamalla niiden kemiallisiin

ominaisuuksiin, sekä suoranaisesti muokkaamalla niiden eliölajistoja. Vesiä muokataan maan kuivatukseen, voimatalouden, tulvasuojelun, liikenteen, vedenhankinnan ja joskus virkistyskäytönkin tarpeisiin. Ympäristöön päästetyt aineet, kuten hiilen poltossa syntyvät typpiyhdisteet tai jätevesien fosfori, muuttavat niistä riippuvaisten eliöiden runsautta. Myös vesistöihin joutuneet ravinteet ja myrkyt muokkaavat vesistöjä kemiallisesti. Liiallisesta ravinnemäärästä johtuvaa rehevöitymistä pidetään yhtenä vakavimmista vesistöihin kohdistuvista uhkista. (Harjula, ym. 2004.)

Pintavesien ekologisen luokituksen perustana on vesistöjen ekologien tila, joka määritellään biologisten laatutekijöiden (levät, pohjaeläimet, vesikasvit ja kalat) pohjalta. Tämän lisäksi luokituksessa käytetään apuna vesien kemiallista tilaa, joka määritellään ympäristölaatunormien perusteella hyväksi tai hyvää huonommaksi. Vesistöjen tilaa verrataan sellaisten vesistöjen tilaan, joissa ihmisen toimintojen vaikutus on vähäistä. Mitä vähäisempää ihmisen vaikutus on, sitä parempi on vesistön ekologien laatu. (Etelä-Savon ELY-keskus 2013.) Luokittelun arvioinnissa otetaan huomioon myös veden fyysisiä laatutekijöitä (kokonaisravinteet, pH, näkösyvyys) ja hydromorfologiset tekijät (SYKE 2015c.)

2.2 Pintavesien tila Etelä-Savossa

Tämän opinnäytetyön tutkimuskohdevesistöt sijaitsevat Etelä-Savon alueella Mikkelissä. Etelä-Savon ELY-keskuksen tiedotteen (2013) mukaan suurin osa Etelä-Savon järvistä ja joista on joko erinomaisessa tai hyvässä tilassa (kuva 1). Saadut tulokset perustuivat arvioon Suomen vesien ekologisesta tilasta. Merkittävämmäksi vesien tilaa heikentäväksi tekijäksi mainittiin hajakuormituksesta aiheutuva rehevöityminen vesistöissä.



KUVA 1. Pintavesien tila Etelä-Savossa (Etelä-Savon ELY-keskus 2013)

Lähes kaikki suurimmat Etelä-Savon alueen reittivedet ja Saimaan osa-altaat ovat hyvässä kunnossa. Luokitelluista järvistä pinta-alasta 93 % ja lukumäärästä 90 % on erinomaisessa tai hyvässä ekologisessa tilassa. Tyydyttävään luokkaan kuuluu 6,6 % järvipinta-alasta (39 järveä) ja välttävässä tilassa oli 4 pienempää järveä (0,13 % järvipinta-alasta). Huonoksi luokiteltuja järviä ei esiintynyt lainkaan. (Etelä-Savon ELY-keskus 2013.)

Myös joet ovat Etelä-Savon alueella pääosin hyvässä tai erinomaisessa luokassa (79% pituudesta ja 90 % lukumäärästä). Noin kymmenesosa luokiteltujen jokien lukumäärästä ja 21 % kokonaispituudesta kuuluu tyydyttävään luokkaan (5 jokea). Yksikään joki alueella ei kuulu välttävään tai huonoon luokkaan. Suuresta järvisyydestä johtuen alueen jokien lukumäärä on vähäinen ja joet ovat usein melko lyhyitä ja kooltaan pieniä. (Etelä-Savon ELY-keskus 2013.)

2.3 Hulevedet

Hulevesillä tarkoitetaan rakennetulla alueella maan pinnoille tai muille vastaaville pinnoille kertyvää sade- ja sulamisvettä. Hulevesien valunnan muodostumiseen vaikuttavat erilaiset tekijät, kuten sateen intensiteetti ja kesto, sadetta edeltävän kuivan ajan pituus, maanpinnan kaltevuus ja maaperän eri ominaisuudet. Läpäisettömän

pinnan osuus on kuitenkin olennaisin tekijä hulevesien muodostumisessa. Asuinalueilla läpäisemättömiä pintoja ovat esimerkiksi kadut ja pysäköintialueet. (Hulevesiopas 2012.) Hulevesien mukana vesistöihin voi kulkeutua erilaisia aineita, johtuen esimerkiksi maaperän eroosiosta.

Asuinalueilla, joilla vesien viemärointi toteutetaan erillisviemärointinä, hulevedet ja perustusten kuivatusvedet ohjataan sadevesiviemäriin tai avo-ojiin, kun taas muut jätevedet ohjataan jätevesiviemäreissä puhdistamoille. Hulevesien ohjaaminen oikeaan paikkaan on tärkeää, sillä päätyessään jätevesiviemäriin ne voivat aiheuttaa viemäreiden täyttymistä etenkin rankkasateiden tai lumen sulamisen aikaan. Viemäreiden täytyessä syntyy ylivuotoa ja jätevesi voi virrata tällöin lähivesistöön tai jopa kiinteistöihin. Puhdistamaton jätevesi vesistöissä on terveysriski ja se aiheuttaa veden likaantumista ja pahimmillaan kalakuolemia. Hulevesien päätyminen puhdistuslaitoksille aiheuttaa turhaa energian ja kemikaalien käyttöä, sekä heikentää varsinaisen jäteveden puhdistamista. (Vesilaitosyhdistys 2015.)

2.4 Vesistöjen laatutekijät

Sameus

Sameusarvo kuvaa vesistöissä esiintyvää sameutta. Kirkkaissa vesistöissä sameus on usein pienempi kuin 1 NTU. Lievästi sameat vedet ovat sameusarvoltaan väliä 1-5 NTU. Kesäisin sameus on suurempaa kuin talvella päällyksivedessä esiintyvän leväsamennuksen takia. Jokivedet voivat olla järviä sameampia, sillä virtaava vesi irrottaa mukanaan maa-ainesta ja eroosio on muutenkin voimakkaampaa. (Oravainen 1999, 8.)

pH

Veden normaali pH-arvo on lähellä neutraalia pH-arvoa 7. Vesien eliöstö on sopeutunut elämään pH:n ollessa alueella 6,0–8,0. Suomessa vesistöt ovat usein kuitenkin lievästi happamia ja veden pH-arvo on hieman alle neutraalin. Vesistöjen humuspitoisuudella on vaikutusta vesien happamuuteen. Talvisin veden pH on hieman alhaisempi kuin kesäisin, koska leväkukinnat yleistyvät. (Oravainen 1999, 12.)

Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuudella mitataan vedessä esiintyvien liuenneiden suolojen määrää. Suuri sähkönjohtavuuden arvo kuvaa korkeita suolapitoisuuksia. Sisävesissä sähkönjohtavuutta lisäävät yleensä natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä kloridit ja sulfaatit. Suolojen määrää vesissä voivat lisätä valuma-alueen jätevedet, peltolannoitteet ja teiden suolaus. Sähkönjohtavuus kasvaa järvissä pinnasta pohjaan siirryttäessä ja orgaanisen aineen hajotessa veteen vapautuu suoloja. (Oravainen 1999, 10.)

Nitraatti

Nitraatin esiintyminen vesistöissä on usein kiinni levätuotannosta. Kesäisin levät ottavat nitraatin käyttöönsä ja loppukesästä nitraatin määrä vesissä on erittäin vähäinen. Talvisin nitraatin määrä nousee, sillä suurin osa kokonaistypestä on tällöin nitraattina. Nitraatin loppuminen on siten merkki aktiivisesta levätuotannosta. (Oravainen 1999, 20.)

Kloridi

Pintavesissä esiintyvä kloridi voi olla peräisin suolakerrostumista, jätevesistä ja ennen kaikkea teiden suolaamisesta. Vesistöihin päätyy maanteiltä suolaa esimerkiksi hulevesien kautta. Kloridit liukenevat helposti veteen, joten korkea maaperän kloridipitoisuuskin voi johtaa ympäristössä olevien vesivarojen kloridipitoisuuden nousuun. Liikenneviraston suorittamassa tutkimuksessa selvitettiin maanteiden hulevesien laatua. Tutkimuksessa suoritetun tilastollisen tarkastelun perusteella voitiin todeta suolauksen ja kloridien riippuvan lämpötilasta. Lämpötilan laskiessa aloitetaan teiden suolaus, jolloin kloridin pitoisuudet kohoavat. Veden laadun osalta suolan määrä vaikuttaa hulevesissä esiintyvien aineiden pitoisuuksiin. (Liikennevirasto, 2013.) Kloridi voi aiheuttaa veteen myös makuhaittoja ja se lisää veden korroosiovaikutuksia.

Happi

Hyvä happipitoisuus on osoitus vesistöjen hyvästä kunnosta. On kuitenkin otettava huomioon happipitoisuuden mittauksen ajankohta, sillä eri vuodenaikoihin vesistöissä vallitsee erilaiset olosuhteet. Veden happipitoisuutta pitää yllä ilmakehästä veteen tapahtuva hapen liukeneminen. Lämpötilakerrosteisuuden vallitessa alusvesi ei saa happitäydennystä ilmakehästä, vaan hapetta kuluu sedimentin aiheuttaman hapenkulutuksen ja pohjalle vajoavan aineksen hapenkulutuksen takia. Normaalisissa puhtaana säilyneessä järvessä happitilanne pysyy koko vuoden ajan hyvänä. Rehevissä vesistöissä hapenkulutus on kuitenkin huomattavasti suurempaa, mikä voi aiheuttaa ongelmia vesistöjen olosuhteille. (Oravainen 1999, 4.)

3 VEDEN MONITOROINTI

Ympäristön monitorointia ja mittauksia käytetään yleisesti erilaisen tiedon tuottamiseen elinolosuhteiden tilasta. Monesti samanlaisilla mittaus- ja monitorointimenetelmillä on käyttöä erilaisten prosessien valvonnassa, käytön optimoinnissa sekä toiminnan tehostamisessa. Ihmisten lisääntynyt kiinnostus elinympäristöä kohtaan ja lainsäädännön asettamat vaatimukset ovat kasvattaneet tarvetta uusien ympäristömonitoroinnin ja -mittausten palveluiden kehittämiseen. (Hiltunen, ym. 2007.)

Monitorointikohteita voi olla monia, kuten ilmanlaadun, päästöjen, sisävesien, merivesien, maaperän ja pohjaveden, säteilyn, biologisten uhkien sekä sään monitorointi. Monitoroinnin aikana seurataan jatkuvasti mitattua tietoa ja arvioidaan kohteen tilaa sen mukaan. Vesistöihin kohdistuvissa mittauksissa on kehitetty Suomessa edistynyttä teknologiaa, sillä vuosikymmenien ajan esimerkiksi puu- ja paperiteollisuudessa on tarvittu erilaisia prosessivesien ja lietteiden mittauksia. (Hiltunen, ym. 2007.)

Online-monitoroinnilla pyritään reaaliaikaiseen seurantaan, joka olisi jatkuvasti käytettävissä. Tällöin käytettävä seurantalaitte lähettää mitatun tiedon halutulle tiedostopalvelulle, jossa tieto prosessoidaan ja analysoidaan. Analysoitu tieto voidaan lähettää sitten eteenpäin verkkopalvelimelle, johon päästään käsiksi tavallisella verkkoselaimella.

3.1 Esimerkkejä online-monitoroinnin käytöstä

3.1.1 Open-hanke

Mikkelin ammattikorkeakoululla on ollut käytössään kaksi YSI 6 -sarjan sondia, jotka ovat YSI 6920 V2-2 ja YSI 6820 V2-1. Sondit olivat käytössä Mikkelin ammattikorkeakoulun hallinnoimassa Open tietojärjestelmä - Etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristötekniikan koulutusta ja innovaatiotoimintaa - hankkeessa eli lyhyemmin Open-hankkeessa. Hanke on EU-rahoitteinen (EAKR) hanke ja siinä olivat mukana Mikkelin Ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitos, Mikkelin kaupunki, Mikkelin Vesilaitos, Observis Oy ja Metsäsairila Oy. Open-hankkeen aikana kehitettiin online-mittausmenetelmiä monitoroinnissa ja selvitettiin sondien tarjoamia mahdollisuuksia opetus- ja tutkimuskäytössä. Hankkeen tavoitteena oli myös saada paikallinen ympäristötieto avoimesti kuluttajien käyttöön. Automaattisten mittalaitteiden käytön suhteen hankkeen aikana todettiin, että perinteisen näytteenoton korvaaminen automaattisilla mittauksilla ei välttämättä ole niin helppoa kuin luulisi. Mittalaitteiden käytön suhteen tulee arvioida parhaiten edustava mittauspaikka, päättää mitä parametreja laitteilla halutaan mitata, kuinka usein tietoa halutaan ja millaisessa muodossa tiedon tulee olla. (Aarniosalo, ym. 2014.)

Osana Open-tietojärjestelmä hanketta Niko Muurinen teki opinnäytetyön aiheenaan Etämonitorointi vesistön tilan seurannassa (2013). Muurinen kertoo työssään online-seurannasta ja osana hänen opinnäytetyötään Saimaalle rakennettiin veden laadun online-mittausasema. Työssä Muurisella oli käytössään Mikkelin ammattikorkeakoulun YSI 6920 V2-2 –online-sondi. Sondin käyttö mittausasemalla todettiin suurimmaksi osaksi suhteellisen luotettavaksi, mutta lämpötilan mittauksissa oli ollut suuria eroja onlinemittauksen ja analyysituloksen kanssa.

3.1.2 TASO-hanke

Turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojelutason kehittäminen – eli TASO-hankkeen aikana (2011-2013) kehitettiin metsätalouteen ja turvetuotantoon liittyvää vesiensuojelua. Hankkeen aikana tuotettiin tietoa vesistökuormituksista sekä vesiensuojeluun ja mitoittamiseen kohdistuvia suosituksia, kehitettiin turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojeluun liittyvää omavalvontaa sekä lisättiin tietoa näiden

toimialojen vesiensuojelusta. Hanke toteutettiin Keski-Suomessa Saarijärven reitillä. (SYKE 2014a.)

Hankkeessa oli ollut käytössä useampia automaattiseen veden laadun seurantaan tarkoitettuja mittausasemia. Marraskuussa 2011 kuusi jatkuvatoimista ja automaattista veden laadun mittausasemaa asennettiin Saarijärven reitille ja yksi Keski-Pohjanmaalle Halsualle. Toukokuussa 2012 asennettiin vielä kahdeksas asema Saarijärven reitille. Mittausasemat tuottivat aluksi tietoa vain veden sameudesta ja virtaamasta. Helmi-maaliskuussa 2012 aloitettiin kuitenkin myös orgaanisen hiilen ja kemiallisen hapenkulutuksen mittaukset. Seurannan aikana metsätalouskohteissa tehtiin kunnostusojitus- ja/tai hakkuutoimenpiteitä ja mittausasemien tarkoituksena oli verrata virtaamaa ja vedenlaatua ennen toimenpiteitä ja niiden jälkeen. Seurattavalla alueella oli tehty vesiensuojelutoimenpiteitä jo ennen hankkeen aloitusta ja tavoitteena oli selvittää näiden toimenpiteiden tehoa. (SYKE 2014b.)

Vedenlaadun mittausasemat mittasivat hankkeen aikana virtaamaa ja veden laatua varttitunnin/puolen tunnin/tunnin välein riippuen aseman paikasta ja ajankohdasta. Mittareista ja mittauksista vastaava EHP-Tekniikka Oy otti vesinäytteitä alueelta ja käytti laboratorioanalyysien tuloksia mittarilukemien kalibroimiseen. Hankkeen edistyessä ja vesinäytemäärien kasvaessa mittareihin suoritettut kalibroinnit täsmentyivät ja laskentatulosten tarkkuudet paranivat. Mittausasemien lähettämät mittaustiedot lähetettiin automaattisesti EHP:n omalle datapalvelun mittaustulossivulle, jossa dataa tarkisteltiin päivittäin. (SYKE 2014b.)

3.2 Online-sondit

Opinnäytetyössä käytettiin kahta erilaista YSI 6 –sarjan sondia, jotka sijoitettiin valittuihin tutkimuskohteisiin. Sondilla tarkoitetaan tässä yhteydessä mittauslaitetta. YSI 6 –sarjan ympäristön monitorointilaitteet ovat multi-parametrisiä veden laadun mittaamiseen käytettäviä mittauslaitteita. Sondit on suunniteltu täyttämään tutkimuksiin tarvittavat kriteerit monenlaisista olosuhteista. Jokaiseen sondiin on mahdollista asentaa erilaisia antureita, joilla voidaan mitata haluttuja parametrejä. (YSI 2009.)

Antureiden avulla voidaan tutkia halutuissa vesistöissä kemiallisista parametreista veden happamuutta (pH), sähkönjohtavuutta, spesifistä johtokykyä, sameutta, liuennutta happea (dissolved oxygen DO), ROX (Optical Dissolved Oxygen), pelkistymispotentiaalia (Oxidation-Reduction Potential ORP), kiintoaineen määrää (Total Dissolved Solids TDS), suolaisuutta sekä veteen liuenneita yhdisteitä kuten rodamiinia, nitraattia, kloridia, ammoniumionia ja ammoniakkia. Fysikaalisia parametreja, joita voidaan mitata antureilla, ovat veden lämpötila, syvyys, kerrostuneisuus ja virtaus. Antureilla voidaan mitata myös biologisia parametreja, kuten levien pitoisuuksia ja klorofyllin määrää.

Kaikki sondiin asennetut anturit (paitsi lämpötila) vaativat kalibroinnin optimaalisten ja todenmukaisten tuloksien saavuttamiseksi. Jokaiselle anturille on omat kalibroitiohjeensa, joissa sovelletaan niille ominaisia kalibroitiliuoksia ja -menetelmiä.

3.2.1 YSI 6920 V2-2 –sondi

YSI 6920 V2-2 –sondi (kuva 2) on ollut käytössä puhtaampien vesistöjen tilan seurannassa. Sondilla pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti useita eri parametreja, kuten veden sameutta, liuennutta happea ja lämpötilaa, riippuen siitä mitä antureita sondiin on kytketty. (YSI 2015a.)

Sondia voidaan kuitenkin käyttää niin sisävesissä, merivesissä kuin saastuneimmissakin vesissä. Operointilämpötilat riippuvat sondiin asennettävien antureiden toimintalämpötiloista, mutta yleensä anturit toimivat lämpötiloissa välillä -5 °C ja +50 °C. Materiaaliltaan sondi on osittain polyuretaania, PVC-muovia ja ruostumatonta terästä. Sondi saa virran kahdeksalla AA-koon alkaliparistolla. Paristojen kestäminen laitteen käytön aikana riippuu täysin siihen ohjelmoidusta mittausvälistä, asennettujen antureiden määrästä ja operointilämpötilasta. Sondin lähettämä data lähetetään Keller-lähettimen avulla sähköpostiin, josta kerätty data on mahdollista siirtää tietokoneelle. Keller-lähetin toimii GSM-verkossa. (YSI 2009.)



KUVA 2. YSI 6920 V2-2 –sondi (YSI, 2015a)

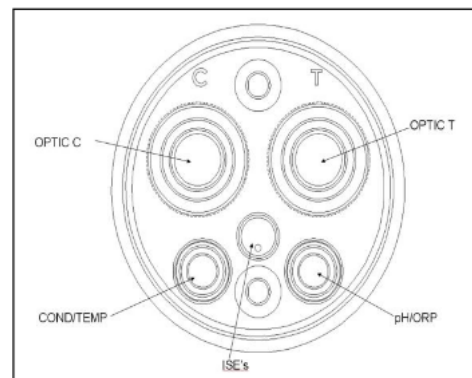
Sondissa on viisi porttia mahdollisille mittausantureille. Siihen voidaan asentaa yksi sähkönjohtavuus/lämpötila-anturi, kaksi optista anturia, yksi pH/ORP-anturi ja yksi ISE-anturi (KUVA 3).

6820V2-2 & 6920V2-2 SONDE BULKHEADS

5 Port Sonde: 1 Conductivity/Temperature, 2 Optical, 1 pH/ORP, 1 ISE

- 6560 Conductivity/Temperature = 6-pin connector
- 6561 or 6561FG pH probe = 4 pin connector
- 6565 or 6565FG pH/ORP probe = 4 pin connector
- 6566 Fouling Resistant pH/ORP probe = 4 pin connector
- 6882 Chloride Probe = leaf spring connector
- 6883 Ammonium Probe = leaf spring connector
- 6884 Nitrate Probe = leaf spring connector
- 6026 Turbidity Probe, Wiping = 8 pin connector
- 6136 Turbidity Probe, Wiping = 8 pin connector
- 6025 Chlorophyll Probe, Wiping = 8 pin connector
- 6130 Rhodamine WT Probe, Wiping = 8 pin connector
- 6150 Optical Dissolved oxygen probe = 8 pin connector
- 6131 PC-B lue-green Algae probe = 8 pin connector
- 6132 PE-Blue-green Algae probe = 8 pin connector

Figure 21B



KUVA 3. YSI 6920 V2-2 mahdolliset anturit ja niiden sijoitus (YSI 2009)

Sondiin oli asennettu halutut mittausanturit (taulukko 1) ennen sen kalibrointia ja käyttöönottoa. Asennus oli suoritettu YSI 6 -sarjan käyttömanuaalin mukaisin menetelmin. Uutena anturina sondiin asennettiin ISE 6882 kloridianturi. Ennen kloridianturin käyttöönottoa ja kalibrointia, sitä olisi pitänyt säilyttää ohjeiden mukaan yli vuorokauden ajan valmistetussa 1000 mg/L kloridistandardiliuoksessa. Kloridianturia pidettiin kuitenkin liuoksessa useiden päivien ajan.

TAULUKKO 1. YSI 6920 V2-2 –sondin anturit

Anturi	Parametri
6136 Turbidity Probe	Sameus
6561 pH Probe	pH
6560 Conductivity / Temperature Probe	Sähkönjohtavuus Lämpötila
ROX Optical Dissolved Oxygen 6150 Probe	Liuenut happi
ISE 6882 Chloride Probe	Kloridi

3.2.2 YSI 6820 V2-1 –sondi

YSI 6820 V2-1 –sondi (kuva 4) kuuluu YSI 6-sarjan mittauslaitteisiin ja sitä voidaan käyttää sisävesissä, merivesissä sekä myös saastuneissa vesissä. Sondia voidaan käyttää lämpötilaoloiltaan välillä -5 °C ja $+50\text{ °C}$ olosuhteissa, riippuen siihen asennetuista antureista. Materiaaliltaan sondi on osittain PVC-muovia ja ruostumatonta terästä, joten se kestää hyvin erilaisten vesistöjen olosuhteita. Sondi lähettää mitatun datan suoraan sille osoitettuun tietokantaan, mutta sen sisäinen tiedonkeruukapasiteetti on jopa 150 000 yksittäistä parametrilukemaa. Sondi saa virtaa suoraan verkkovirrasta ja sen käyttö edellyttää, että se on mahdollista kytkeä johonkin verkkovirran lähteeseen. (YSI 2009.)



KUVA 4. YSI 6820 V2-1 –sondi (YSI 2015b)

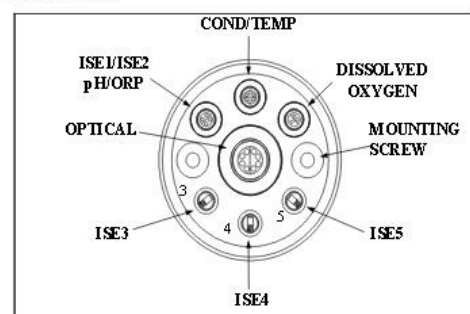
Sondiin on mahdollista asentaa seitsemän erilaista mittausturina. Sondin päässä on portit yhdelle happianturille, yhdelle sähkönjohtavuus/lämpötila-anturille, yhdelle optiselle anturille, yhdelle pH/ORP-anturille ja kolmelle ISE-anturille (kuva 5). Vaihtoehtoisesti pH/ORP-anturin tilalle voidaan asentaa tarvittaessa vielä yksi ISE-anturi.

6820V2-1 & 6920V2-1 SONDE BULKHEADS

7 Port Sonde: 1 Rapid Pulse DO, 1 Conductivity/Temperature, 1 Optical, 1 pH/ORP, 3 ISE

- 6562 Dissolved oxygen probe = 3-pin connector
- 6560 Conductivity/Temperature = 6-pin connector
- 6561 or 6561FG pH probe = 4 pin connector
- 6565 or 6565FG pH/ORP probe = 4 pin connector
- 6566 Fouling Resistant pH/ORP probe = 4 pin connector
- 6882 Chloride Probe = leaf spring connector
- 6883 Ammonium Probe = leaf spring connector
- 6884 Nitrate Probe = leaf spring connector
- 6026 Turbidity Probe, Wiping = 8 pin connector
- 6136 Turbidity Probe, Wiping = 8 pin connector
- 6025 Chlorophyll Probe, Wiping = 8 pin connector
- 6130 Rhodamine WT Probe, Wiping = 8 pin connector
- 6150 Optical Dissolved oxygen probe = 8 pin connector
- 6131 PC-Blue-green Algae probe = 8 pin connector
- 6132 PE-Blue-green Algae probe = 8 pin connector

Figure 21A



KUVA 5. YSI 6820 V2-1 –sondin mahdolliset anturit ja niiden sijoitus (YSI 2009)

YSI 6820 V2-1 –sondiin asennettiin halutut anturit ennen sen käyttöönottoa (taulukko 2). Sondiin asennettiin uusina antureina ISE 6882 kloridi anturi ja ISE 6884 nitraatti

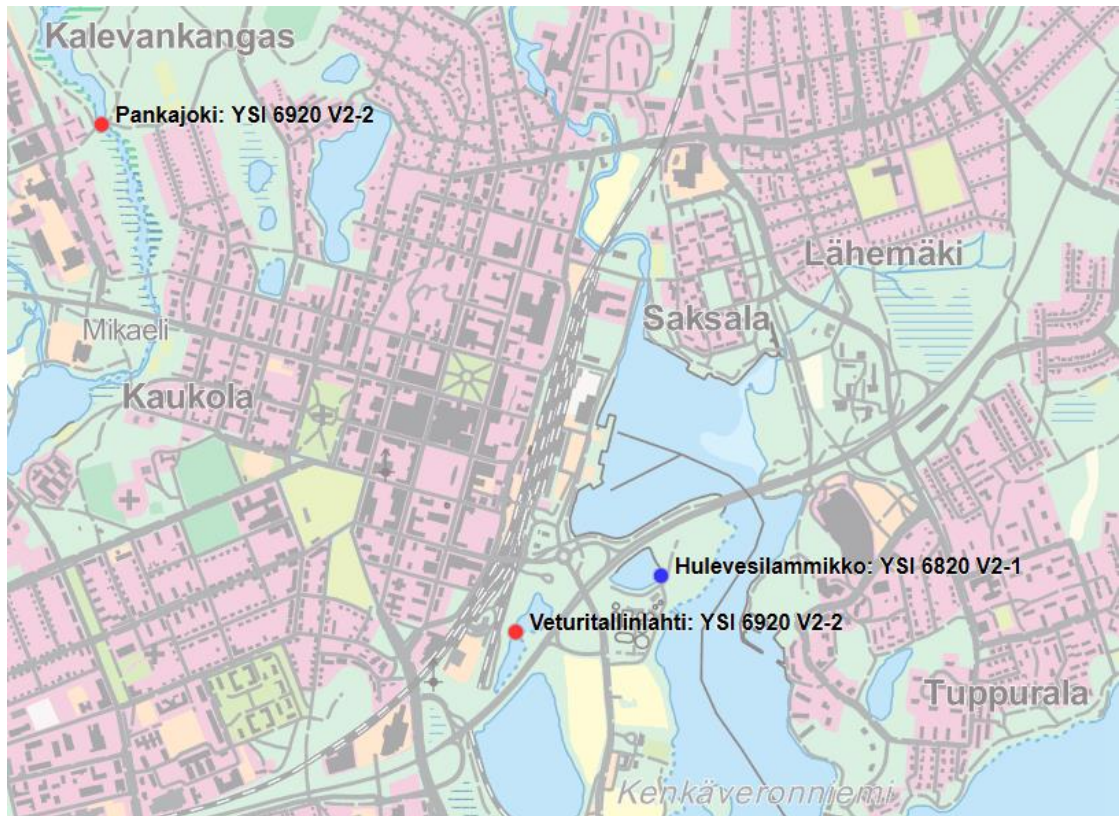
anturi. Kloridi anturia pidettiin samoilla tavoin liuoksessa, kuten YSI 6920 V2-2-kloridi anturiakin. Nitraattianturille tehtiin samanlainen esikäsitely, mutta sitä pidettiin itse valmistetussa 100 mg/L KNO₃-standardiliuoksessa.

TAULUKKO 2. YSI 6820 V2-1 –sondin anturit

Anturi	Parametri
6136 Turbidity Probe	Sameus
6561 pH Probe	pH
6560 Conductivity / Temperature Probe	Sähkönjohtavuus Lämpötila
ISE 6884 Nitrate Probe	Nitraatti
ISE 6882 Chloride Probe	Kloridi

4 TUTKIMUSKOHTEET

Opinnäytetyön aikana suoritettiin tutkimus, jossa selvitettiin online-mittauslaitteiden käyttöä ja soveltuvuutta vesistöjen laadun analysoinnissa. Sondit sijoitettiin Mikkelin alueella sijaitseviin vesistöihin (kuva 6). Tutkimukset suoritettiin VIM-hankkeen ohella ja tutkimuskohteiden valinta suoritettiin hankkeen tarpeiden perusteella. Pankajoen tutkimuskohde valittiin sijainnin perusteella, sillä se sijaitsee Kalevankankaan pohjavedenottamon läheisyydessä ja Pankajoki laskee Hanhिलampeen. Veturitalinlahden ja Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon alueella sijaitsevan hulevesilammikon tutkimuspisteisiin ohjataan kaupunkialueiden hulevesiä.



KUVA 6. Sondien sijoitus Mikkelissä (Paikkatietoikkuna 2015)

4.1 Pankajoki

YSI 6920 V2-2 –sondi oli sijoitettuna Mikkelin alueella sijaitsevassa Pankajoessa 3.6.2015 – 6.8.2015 välisenä aikana. Sondi oli asennettu joen ylittävään siltaan ketjulla (kuva 7) ja se mittasi haluttuja arvoja aina tunnin välein. Kohteessa seurattiin valuma-alueen hulevesiä VIM-hankkeen aikana ja verrattiin sensorin lähettämää dataa paikalta otettuihin näytteisiin. Tutkimukset kohteessa suoritettiin ennen tämän opinnäytetyön aloittamista, mutta näitä tutkimustuloksia haluttiin kuitenkin arvioida myös tämän työn aikana suoritettujen tutkimusten ohella.

Koska tämän mittausajanjakson aikana ei ollut vielä tietoa opinnäytetyön tekemisestä, osaa tuloksista ei voi verrata myöhemmin tehtyihin tuloksiin. Pankajoessa ollessaan sondin mittaamissa sameus-arvoissa oli ongelmia anturin kalibroinnin vuoksi, eikä lämpötilaa mitattu näytteistä heti näytteenoton aikana. Tutkimusjakso tarjoaa kuitenkin erilaisia näkökulmia mittauslaitteen käytön suhteen ja on siksi otettu mukaan tämän opinnäytetyön analysointiin.



KUVA 7. Sondin sijoitus Pankajoessa (Viljanen 2015)

Pankajoki laskee Pankalammesta Hanhilampeen. Hanhilampi kuuluu joki- ja harjuluonnon suojelukohteisiin. Hanhilammen alueella esiintyy monipuolinen kirjo erilaisia luontotyyppisiä, joista vallitsevina ovat harjualet ja lampi ja joki. Hanhilampi sijaitsee myös Mikkelin keskustan välittömässä läheisyydessä ja se on tärkeä virkistys- ja ulkoilualue. (Kotanen & Manninen 2010.)

4.2 Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon alueella sijaitseva hulevesilammikko

YSI 6820 V2-1 –sondi oli sijoitettuna Mikkelissä Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamon alueella sijaitsevaan hulevesilammikkoon (kuva 8) ja se asennettiin suorittamaan mittauksia aina puolen tunnin välein. Lammikon läpi kulkee kaupunkialueen hulevesiä ja se on yhteydessä Saimaaseen. Sondi sijaitsi kuvassa vasemmalla olevassa putkessa. Putkeen asennettiin ketju, jonka varassa sondi roikkui. Kohteessa suoritettiin näytteenottoa 16.9.2015 – 30.11.2015 välisenä aikana. Sondille

suoritettiin kattava huolto/puhdistus 14.10.2015 ja siihen asennetut anturit kalibroitiin samalla.



KUVA 8. Jätevedenpuhdistamon alueella sijaitseva lammikko (Viljanen 2015)

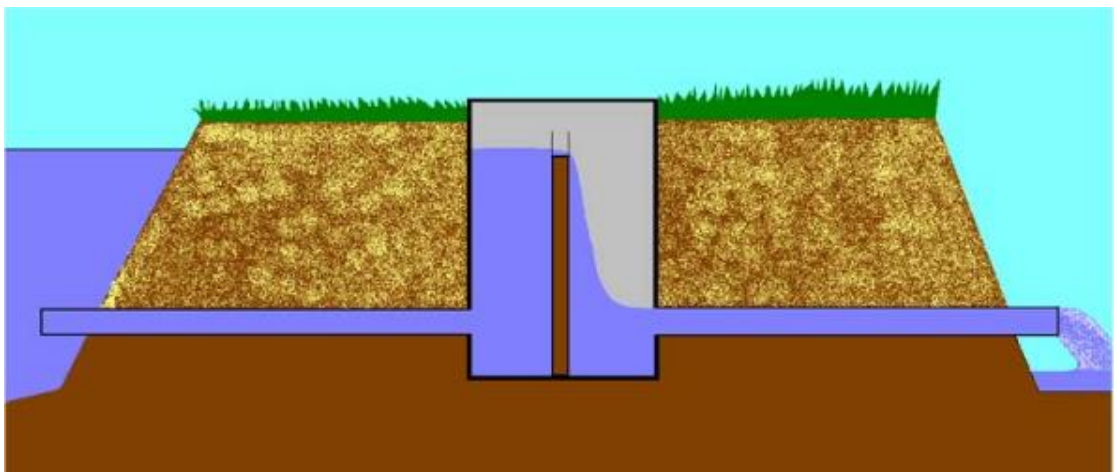
4.3 Veturitallinlahti

YSI 6920 V2-1 –sondi oli asennettuna Mikkelin Veturitallinlahden läheisen vedensäätelylaitteiston (munkkipadon) sisälle, joka sijaitsee valtatie 5:n työmaa-alueella Mikkelin kohdalla (kuva 9). Munkkipato sijaitsee kahden lammikon välillä, joihin saapuu kaupunkialueen hulevesiä. Sondin oli tarkoitus olla munkkipadossa 16.9.2015 alkaen, mutta asennuksen jälkeen huomattiin että sondi ei lähettänyt mittausdataa. Keller-lähettimessä oli ollut häiriö, jonka vuoksi sondin mitaama data ei koskaan lähtenyt tietokantaan. Lähetin käytettiin huollossa ja ensimmäiset mittaukset saatiin suoritettua vasta 21.10 alkaen. Näytteitä otettiin paikan päältä 30.11.2015 asti. Sondi suoritti mittauksia aina tunnin välein.



KUVA 9. Työmaa-alueella sijaitsevat munkkipadot (Viljanen 2015)

Munkkipadon (kuva 10) avulla voidaan hallita veden pudottaminen alaspäin yhdessä pisteessä. Padon rakenteeseen kuuluu usein betoninen tai muovinen kaivo, jonka alaosaan vesi johdetaan. Halutun veden pinnankorkeuden tultua täyteen ylimääräinen vesi putoaa padossa olevan keskiseinämän yli purkuputkeen. (Mömmö & Haatainen 2009.)



KUVA 10. Munkkipato (Mömmö & Haatainen 2009)

Valtatie 5 Mikkelin kohdan rakennustyöt alkoivat 15.9.2014. Destian urakoima hanke valmistuu syksyllä 2017. Tietyömaat kattavat laajan alueen osana Kuopiontietä ja muita liittymiä alueella. Destian tiedotteen (2014) mukaan paikalla sijaitsevalla pohjavesialueella rakennetaan valtatielle pohjavesisuojaus. Sekä valtatieltä että kaupungin alueelta tulevat hulevedet ohjataan pohjavesialueen ulkopuolelle.

5 ANALYYSIT JA MENETELMÄT

5.1 Online-sondien huolto ja kalibrointi

Jokainen sondeissa asennettuna ollut anturi kalibroitiin ennen sondin sijoittamista veteen ja mahdollisesti uudelleen tulosten ollessa poikkeavia tai jos edellisestä kalibroinnista oli kulunut kauan aikaa. Kalibrointi suoritettiin YSI 6 –sarjan manuaalin (2009) mukaisten ohjeiden mukaan kullekin anturille tarkoitetuissa kalibrointiliuksissa (taulukko 3). Kaikki kalibrointiliuokset, paitsi pH-liuokset, valmistettiin itse ennen kalibrointia. Kalibroinnin jälkeen jääneitä liuoksia säilytettiin kylmässä mahdollista uutta käyttöä varten.

TAULUKKO 3. Kalibrointiliuokset antureille

Kalibroitava parametri	YSI 6920 V2-2	YSI 6820 V2-1
Johtokyky	KCl 1,0 mS/cm	KCl 10 mS/cm
Sameus	123 NTU	123 NTU
pH	pH 7 ja pH 4	pH 7 ja pH 4
Nitraatti	1 mg/l ja 100 mg/l	1 mg/l ja 100 mg/l
Kloridi	10 mg/l ja 1000 mg/l	10 mg/l ja 1000 mg/l

Kalibroitaessa pH-anturia käytetään kahden pisteen menetelmää käyttämällä puskuriliuoksia pH 7 ja pH 4. Sameuden kalibrointi voidaan suorittaa yhden pisteen tai kahden pisteen menetelmällä. Yleensä kalibrointi suoritetaan kuitenkin käyttämällä ensin 0 NTU liuosta ja tämän jälkeen 123 NTU -liuosta. Johtokyvyn kalibroinnissa käytetään kahden pisteen menetelmää jossa ensimmäinen kalibroitava liuos on nollaliuos. Sondien välillä on eroja johtokyvyn kalibroinnissa, sillä YSI 6920 V2-2 kalibroinnissa käytetään pitoisuudeltaan KCl 1,0 mS/cm liuosta ja YSI 6820 V2-1 KCl 10 mS/cm liuosta.

Kloridin ja nitraatin kalibrointi eroaa hieman muista kalibroinneista, sillä pH-anturin kalibrointiliuoksilla voi olla vaikutusta kalibroinnin luotettavuuteen. Molemmat anturit kalibroidaan yleensä kahden pisteen menetelmällä käyttämällä tarvittavia liuoksia, mutta tätä ennen pH:n kalibrointi voidaan ottaa huomioon muutamalla tavalla. Ensimmäisellä tavalla pH kalibroidaan ennen nitraattia ja kloridia siten, että kaikki anturit ovat kiinni sondissa kalibroinnin ajan. Tämän jälkeen anturit upotetaan kalibroittavan parametrin korkeamman pitoisuuden kalibrointiliuokseen, kuten esimerkiksi nitraatilla 100 mg/l liuokseen ja odotetaan noin 30 minuuttia anturin antaman lukeman tasaantumista. Kun lukema on stabiili, anturi kalibroidaan normaalisti. Toisena kalibrointitapana voidaan upottaa vain ja ainoastaan pH-anturin kalibrointiliuokseen kalibroinnin aikana. Tämä tapa edellyttää kuitenkin useimmiten muiden antureiden irrottamista tilan puutteen vuoksi. Kolmantena tapana nitraatin ja kloridin anturit suojataan pH:n kalibroinnin ajaksi, jotta pH-liuokset eivät olisi kosketuksissa niihin.

Kalibrointi suoritettiin käyttämällä sondeihin suunniteltua kalibrointikuppia. Kalibrointikuppia käyttämällä saatiin minimoitua tarvittava kalibrointiliuosten määrä. Ainoastaan sameuden kalibroinnissa todettiin kalibroinnin onnistuvan paremmin ilman kalibrointikuppia ja kalibrointi suoritettiin, kun sondiin oli asennettuna sondin suoja. Kalibrointi on suositeltavaa suorittaa laboratorio-olosuhteissa, mutta antureita kalibroitiin myös mittauspisteissä paikan päällä.

Sondeihin asennetut anturit kalibroitiin käyttämällä tietokoneelle asennettua EcoWatch-ohjelmaa. Ohjelman avulla pystyttiin lisäksi myös seuraamaan sondin lähettämään dataa reaaliaikaisesti liittämällä sondin kenttäkaapeli suoraan tietokoneen COM-porttiin. Ohjelman avulla voidaan myös muokata sondin asetuksia ja valita mistä parametreista sondi lähettää tietoa.

5.2 Suoritetut analyysit

Saaduista vesistönäytteistä tehtiin tarvittavat analyysit Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriolla. Tarkoituksena oli verrata perinteisen näytteenoton analyysituloksia käytettävien online-sondien antamiin data-arvoihin. Analyysit

suoritettiin aina Suomen standardiliiton mukaisin ohjeiden perusteella käyttämällä kullekin parametrille sen mukaista standardia (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Käytetyt standardit ja mittauslaitteet

Parametri	Standardi	Käytetty mittauslaite
Sameus	SFS-EN ISO 7027	Oaklon Turbidimeter T-100
pH	SFS 3021	MeterLab PHM210 Standard pH-mittari
Sähkönjohtavuus	SFS-EN 27888	Fennolab WTW Cond 3310
Nitraatti	SFS 5720	Spektrofotometri Hyxo Oy DR 6000
Happi	SFS-EN 25813	-
Kloridi 1. menetelmä	SFS 3002	-
Kloridi 2. menetelmä		Meterlab PHM210 pH-mittari

5.2.1 Sameus

Sameus määritettiin otetuista näytteistä standardin SFS-EN ISO 7027 mukaan käyttämällä Oaklon Turbidimeter T-100 optista sameusmittaria (kuva 11). Ennen näytteiden analysointia, sameusmittari kalibroitiin käyttämällä neljää eri standardiliuosta. Mittausvirheiden välttämiseksi jokaisesta näytteestä tehtiin 3 mittausta.

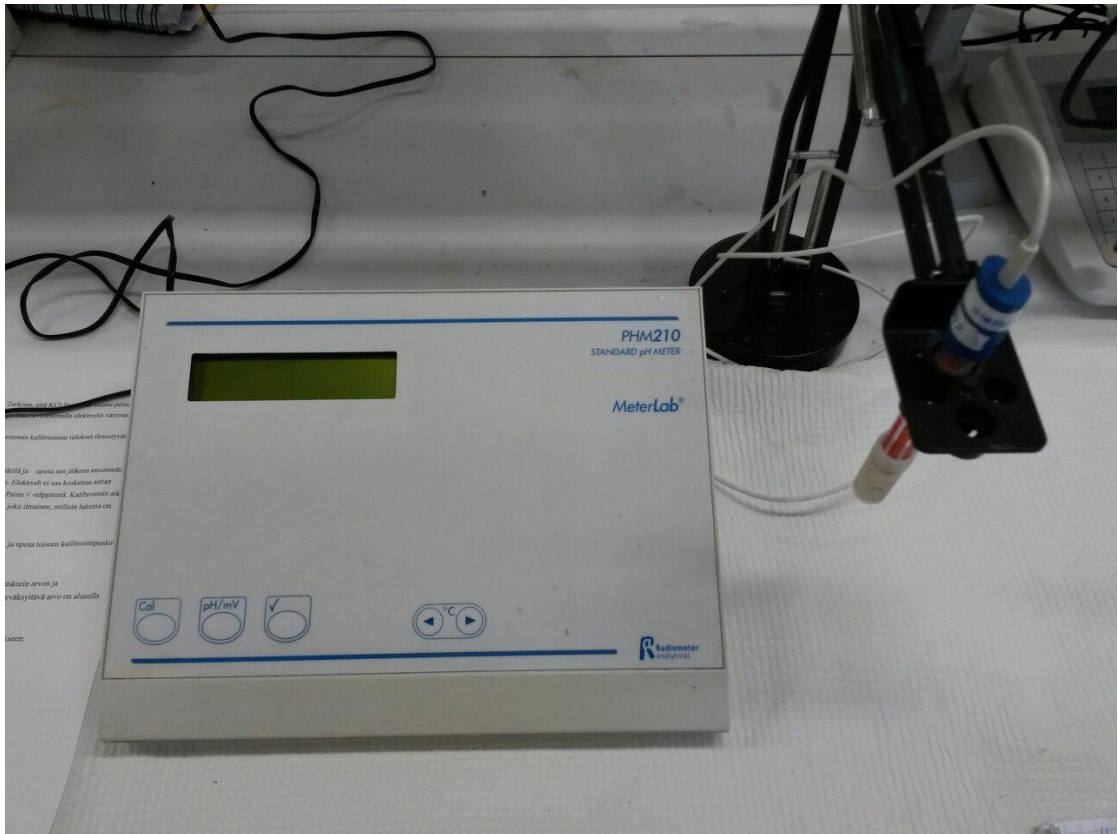


KUVA 11. Sameusmittari Oaklon Turbidimeter T-100 (Viljanen 2015)

Mittarin käyttö perustuu nephelometriseen menetelmään, jossa mittarissa olevan LED-valon avulla arvioidaan nesteessä hajaantuneen säteilyn määrää. Näin ollen saadut tulokset ovat NTU-yksikköinä (Nephelometric Turbidity Units).

5.2.2 pH

Veden pH-arvo, eli happamuus, määritettiin kaikista näytteistä standardin SFS 3021 mukaisin menetelmin. Määrittäessä käytettiin pH-mittaria (kuva 12), joka kalibroitiin ennen jokaista analyysiä laitteen ohjeiden mukaan kahdella standardipuskuriliuoksella. Käytetyt puskuriliuokset olivat pH 4 ja pH 7.



KUVA 12. MeterLab PHM210 Standard pH Meter (Viljanen 2015)

Määritetty pH-arvo suoritettiin potentiometrisesti sellaisella pH-mittarilla, johon on liitetty lasielektrodi ja vertailuelektrodi. Näytteiden lämpötila otettiin huomioon asettamalla pH-mittarin lämpötilasäädin vastaamaan näytteen lämpötilaa. Elektrodit huuhdeltiin huolella jokaisen mittauksen ja puskuriliuosten vaihdon välillä.

5.2.3 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuutta määritettiin näytteistä standardin SFS-EN 27888 mukaisin menetelmin käyttämällä Fennolab WTW Cond 3310 sähkönjohtavuuden mittauslaitetta (kuva 13). Laite kalibroidiin aina ennen näytteiden analysointia, jotta saataisiin todenmukaisin arvo.

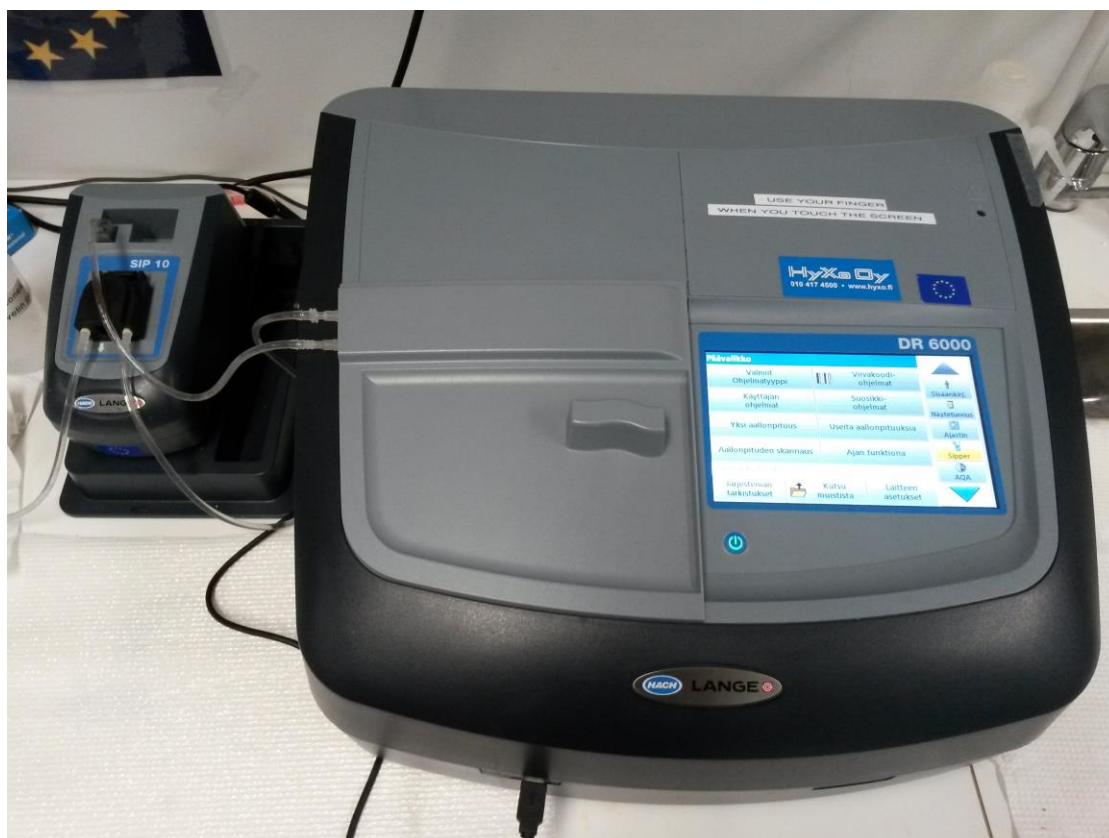


KUVA 13. Sähkönjohtavuuden mittauslaite Fennolab WTW Cond 3310 (Viljanen 2015)

Sähkönjohtavuus mitattiin otetuista näytteistä aina saman päivän aikana, jolloin näytteet oli haettu. Myöhemmin suoritettavissa mittauksissa näyte voi reagoida ilman hiilidioksidin kanssa tai sen mahdollinen biologinen toiminta voi muuntaa saatua analysointitulosta.

5.2.4 Nitraatti

Veden nitraattipitoisuus määritettiin standardin SFS 5720 mukaisin menetelmin. Menetelmää varten valmistettiin standardinäytteet, joiden perusteella tehtiin spektrofotometrillä (kuva 14) standardisuora, jota vasten näytteet mitattiin. Jokaisesta otetusta näytteestä valmistettiin kolme rinnakkaista osanäytettä, jotta saataisiin mahdollisemman todenmukainen tulos.



KUVA 14. Spektrofotometri Hyxo Oy DR 6000 (Viljanen 2015)

Standardin mukainen menetelmä perustuu siihen, että käytetyt natriumsalisylaatti ja rikkihappo muodostavat sulfosalisyylihappoa, joka reagoi nitraatin kanssa emäksisissä olosuhteissa muodostaen keltaisen yhdisteen. Yhdisteen väri mitattiin spektrofotometrisesti 420 nm aallonpituudella (SFS 5720).

5.2.5 Kloridi

Veden kloridipitoisuuden määrittäminen suoritettiin aluksi standardin SFS 3002 mukaisesti titraamalla Mohrin menetelmällä. Kloridipitoisuus määritettiin titraamalla neutraali tai heikosti emäksinen näyte hopeanitraattiliuoksella kaliumkromaattiliuoksen ollessa indikaattorina. Menetelmän mukaan titrauksen loppukohtaan osoittaa vaikealiukoisuuden, punaisen hopeakromaatin saostuminen. Näytteiden pH-arvo säädettiin natriumhydroksidilla sopivaksi menetelmää varten ennen analyysia. Jokaisesta näytteestä tehtiin kolme rinnakkaista osanäytettä. Menetelmän avulla oli kuitenkin vaikea havainnoida näytteiden kloridipitoisuutta, joten seuraavat näytteet määritettiin käyttämällä eri menetelmää.

Toisena menetelmänä käytettiin kloridin määrittystä vedestä Cl-selektiivisellä elektrodilla. Kloridin määrittämisessä menetelmässä ioniselektiivisen elektrodin membraanilla syntyvä potentiaali mitataan käyttäen kahta elektrodin sisäistä kennoa. Elektrodin sisäisten kennojen välinen jännite pysyy vakiona, joten kloridielektrodin potentiaalierot mittauksessa johtuvat kloridi-ionin konsentraatiomuutoksista liuoksessa. Mittauksia varten kunkin mitattavan liuoksen ionivahvuus säädetään korkeaksi ja vakioksi ISA-liuoksen eli ionivahvuuden säätöliuoksen avulla. Menetelmää varten valmistettiin standardit, joita vasten mitattuja näytteitä verrattiin. Valmistettujen liuosten ja näytteiden mV-lukemat mitattiin käyttämällä Meterlab PHM210 -pH-mittaria (kuva 15).

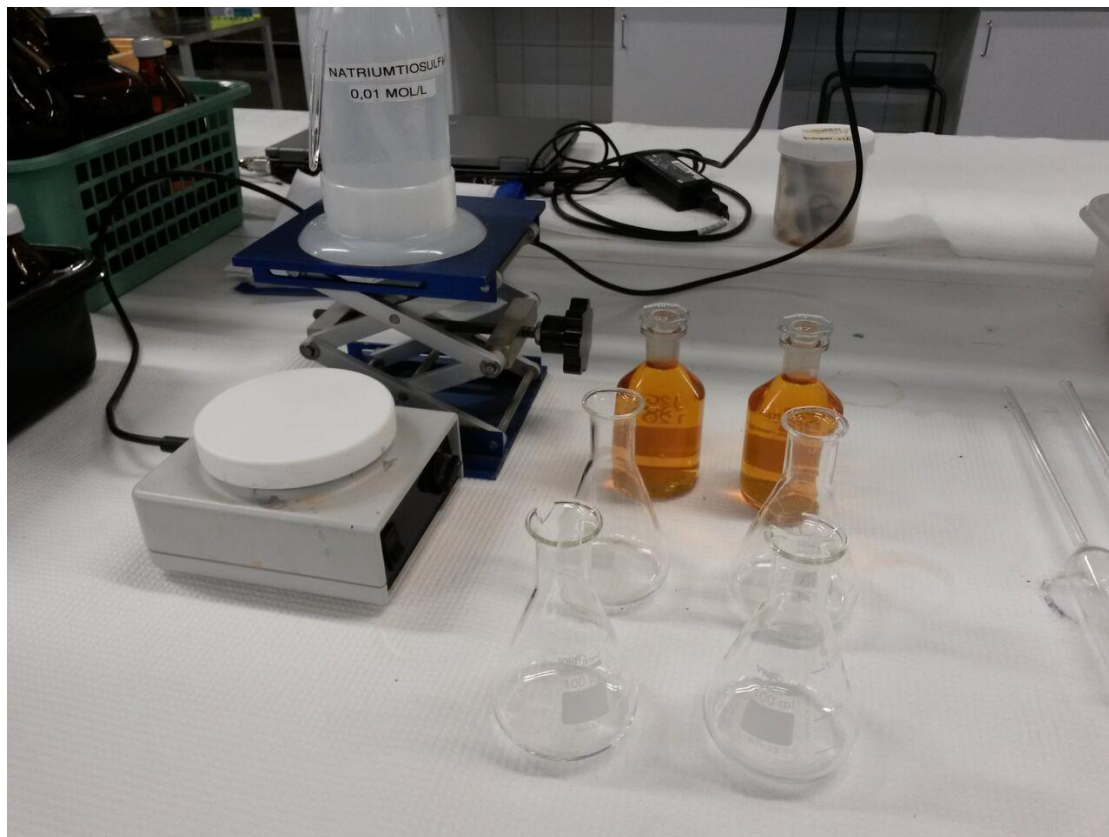


KUVA 15. Kloridin määrittäminen pH-mittarilla (Viljanen 2015)

5.2.6 Liuennut happi

Veden happipitoisuus määriteltiin otetuista näytteistä standardin SFS-EN 25813 mukaan käyttämällä jodometristä menetelmää. Näytteenoton aikana happinäyte otettiin noin 100 ml:n vetoiseen hioskorkilla varustettuun lasipulloon. Veden happi sidottiin näytteenottoaikalla lisäämällä veteen 1 ml mangaani(II)sulfaattiliuosta ja 2 ml alkaalista jodidireagenssia. Jokaisesta happinäytteestä tehtiin kaksi rinnakkaista

osanäytettä (kuva 16). Näytteenoton aikana jokaisesta näytteenottopisteestä otettiin kaksi näytettä.



KUVA 16. Hapen määrittäminen (Viljanen 2015)

Jodometrisessä menetelmässä näytteeseen liuennut happi reagoi juuri saostuneen mangaani(II)hydroksidin kanssa, jota on lisätty näytteeseen heti näytteenoton aikana. Näyte tehdään happamaksi, ja jodidi hapetetaan muodostuneella mangaaniyhdisteellä, jossa mangaanilla on korkeampi hapetusaste. Samalla vapautuu ekvivalenttinen määrä jodia. Vapautuneen jodin määrä määritetään titraamalla natriumtiosulfaattilla (SFS 25813).

6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

6.1 Pankajojen analyysitulokset

Pankajojen vesistönäytteistä suoritettujen analyysien tuloksia verrattiin samaan aikaan suoritettuihin online-tuloksiin (taulukko 5). Lämpötilan osalta arvojen eroavaisuus

johtuu siitä, että näytteistä ei mitattu lämpötilaa näytteenoton ohessa, vaan lämpötila mitattiin laboratoriolta analysoinnin ohessa.

TAULUKKO 5. Pankajoen analyysitulokset ja online-sondin lähettämät mittaustulokset

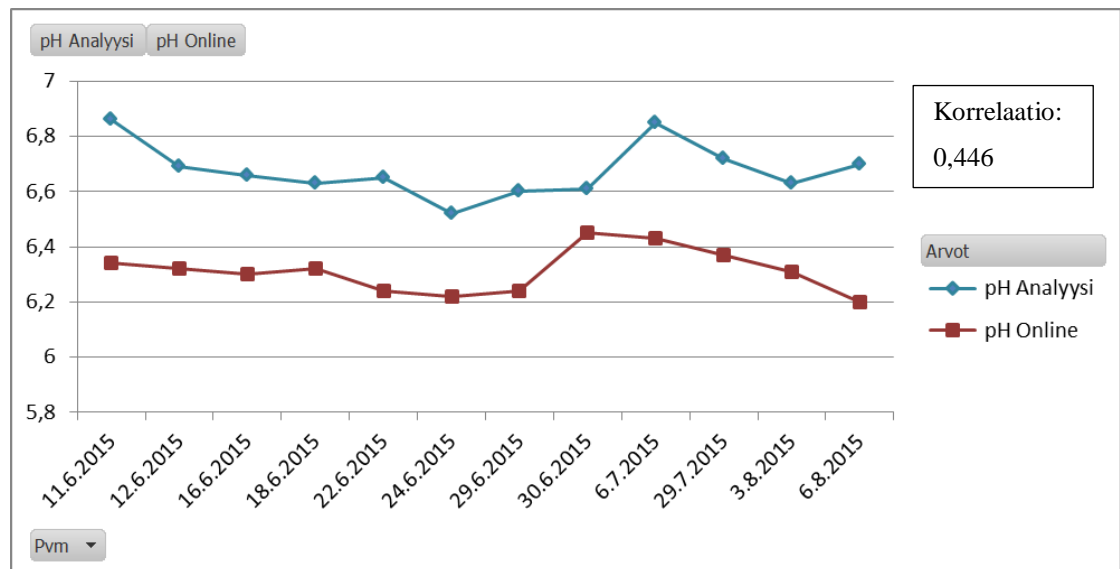
Pvm	pH		T [°C]		Johtokyky [µS/cm]		Sameus [NTU]		DO [mg/l]	
	Analyysi	Online	Analyysi	Online	Analyysi	Online	Analyysi	Online	Analyysi	Online
11.6.2015	6,86	6,34	15,20	14,41	62,0	59,0	4,81	-2,10	7,76	7,93
12.6.2015	6,69	6,32	16,70	14,24	61,4	59,0	2,75	-1,10	7,75	7,90
16.6.2015	6,66	6,30	15,70	14,41	61,7	61,0	2,41	-7,20	7,80	7,70
18.6.2015	6,63	6,32	17,00	13,90	63,1	60,0	2,52	-1,60	7,88	7,91
22.6.2015	6,65	6,24	20,10	16,22	70,9	66,0	3,32	-1,10	7,33	7,25
24.6.2015	6,52	6,22	18,50	17,39	68,5	69,0	3,31	4,40	6,87	6,78
29.6.2015	6,60	6,24	21,70	16,46	70,1	68,0	2,58	111,40	7,39	7,10
30.6.2015	6,61	6,45	20,00	17,74	68,1	70,0	2,97	-3,50	6,94	6,70
6.7.2015	6,85	6,43	23,20	18,68	74,7	73,0	2,63	191,40	7,02	6,24
29.7.2015	6,72	6,37	19,30	17,70	88,4	75,0	2,81	1,10	7,35	5,76
3.8.2015	6,63	6,31	17,80	17,38	90,8	76,0	2,33	-4,00	6,94	6,26
6.8.2015	6,70	6,20	19,90	18,19	88,6	79,0	1,98	-3,60	6,90	4,85

Sameus-arvo näyttää online-tuloksille negatiivista arvoa. Tämä johtuu todennäköisesti sameus-anturin kalibroinnista ja etenkin sen nollakalibroinnista. Anturin kalibrointi suoritetaan yleensä käyttämällä kahta tai kolmea kalibrointiliuosta, joista yhden täytyy olla sameus arvoltaan 0 NTU. Pienten pitoisuuksien mittaaminen ja laitteiden kalibrointi hyvin pienissä pitoisuuksissa on haastavaa.

Kalibroinnin aikana on lisäksi mahdollista, että käytetty nollaliuos saastuu, eikä osoita oikeaa lukemaa. Tämä voi johtua kalibrointikupin likaisuudesta tai sondin itsensä likaisuudesta. Ennen kalibrointia nämä pestään aina huolellisesti, mutta joskus lialta ei voi välttyä. Varsinkin jo käytössä olleeseen sondiin voi pinttyä likaa sondin pinnoille. Kun nollakalibrointi suoritetaan sameammalla liuoksella kuin sen pitäisi olla, tulos vääristyy. Puhtaissa vesissä tämä voi aiheuttaa sen, että sondin mittaama arvo on negatiivinen, koska veden luonnollinen sameusarvo on itsestään jo alhainen. Pankajoella tehtyjen mittausten aikana sameutta yritettiin korjata useita kertoja kalibroimalla anturia laboratoriolta ja jopa paikan päällä. Anturia ei kuitenkaan saatu vielä tällöin osoittamaan positiivisia arvoja muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

Sameusanturin mittaamisissa tiedoissa on suuret poikkeamat mittauspäivinä 29.6.2015 ja 6.7.2015. Toisin kuin vedestä otettu näyte, anturi mittaa jatkuvasti vedenlaatua ja veden mukana voi kulkeutua aineita tai roskia, jotka voivat vaikuttaa sen hetkiseen mittarin lähettämään tulokseen.

Pankajoesta otettujen näytteiden analyysituloksia verrattiin mittausturinin lähettämiin tuloksiin ja tuloksille laskettiin Pearsonin korrelaatiokerroin (kuva 17). Korrelaatio kuvaa kahden muuttujan välistä riippuvuutta toisiinsa. Saatujen pH:n muuttujien välillä korrelaatio on 0,446, jolloin ne ovat riippuvaisia keskenään, mutta korrelaatio ei kuitenkaan ole merkittävä.

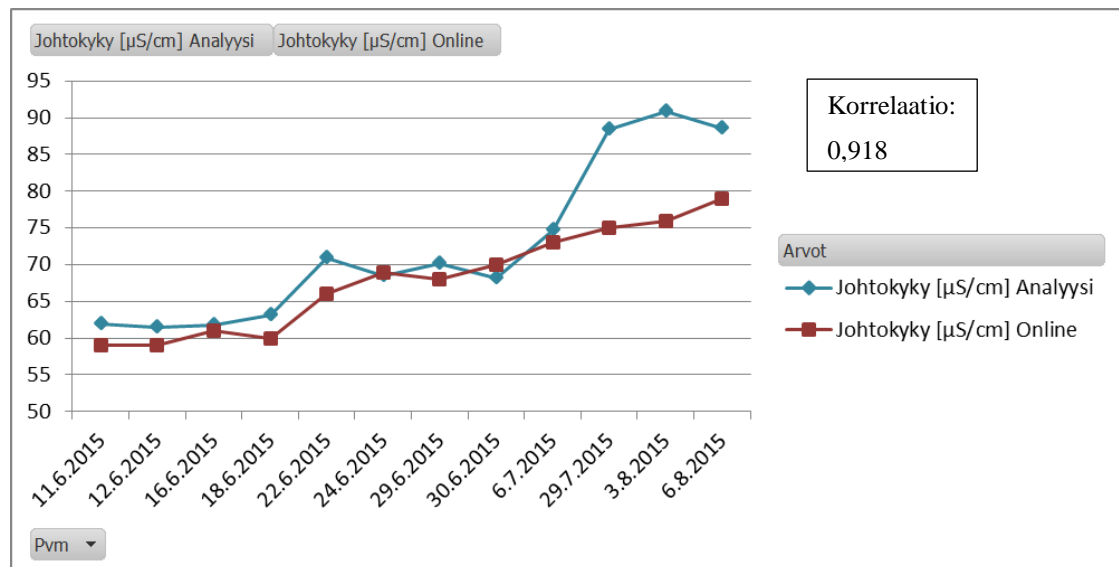


KUVA 17. Pankajoen pH-tulokset

Analyysitulosten ja sondin mittausten välillä on eroa pH-arvoissa. Pienemmillään tuloksien välinen ero on ollut 0,16 yksikköä ja maksimissaan 0,52 yksikköä. Keskiarvoltaan tulosten väliset erot ovat 0,36 yksikköä ja mediaaniksi saadaan 0,37 yksikköä. Todennäköisesti ero tulosten välillä johtuu pH-anturin kalibroinnista, mutta tuloksiin voi myös vaikuttaa pH-anturin likautuminen sen ollessa vesistöissä. Online-mittauksilla saadut tulokset vaikuttavat myös muuttuvan ennen analyysituloksia. Sondi mittaa kuitenkin jatkuvasti veden parametreja ja siten huomioi muutokset nopeammin, kuin mitä yhdellä perinteisellä näytteenoton analyysituloksilla voidaan huomioida.

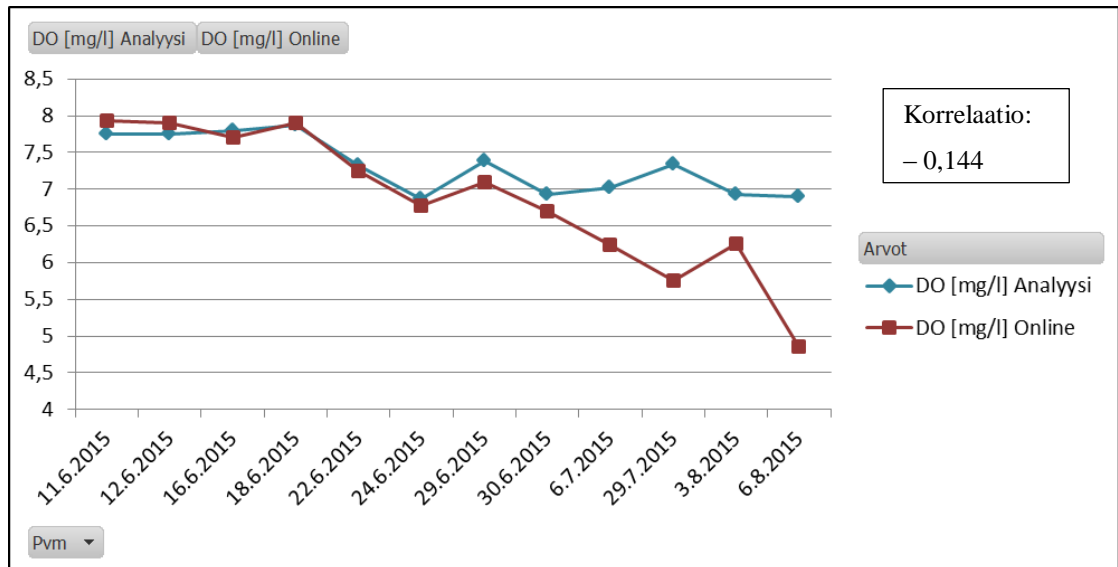
Sähkönjohtavuuden (johtokyvyn) osalta tuloksien välinen korrelaatio 0,918 kertoo merkittävästä riippuvuudesta. Vaikka sondi lähettääkin arvoiltaan erilaista mittausdataa analyysituloksiin verrattuna, niiden välinen riippuvuus pysyy lähes samana (kuva 18). Ensimmäisinä mittauspäivinä tulosten välinen ero on kuitenkin huomattavasti pienempi, kuin verrattuna viimeisiin mittauspäiviin. 6.7.2015 jälkeen

suoritettujen analyysitulosten arvot nousevat rajusti, mutta online-tulokset kasvavat tasaisemmin. Tulosten väliset erot ovat pienimmillään vain 0,5 yksikköä toisistaan, mutta maksimissaan 14,8 yksikköä. Suuri poikkeama viimeisissä tuloksissa antaa kaikille tulosten välisille eroille keskiarvoksi 4,84, mutta mediaani on kuitenkin 2,70.



KUVA 18. Pankajoen johtokyky tulokset

Liuenneen hapen (Dissolved Oxygen, DO) suhteen saatu korrelaatiokerroin kaikista tuloksista on negatiivinen $-0,144$, eli online-anturin mitaamat tulokset olivat pienempiä kuin analyyseillä saadut. Tulosten voidaan huomioda olevan aluksi merkittävästi riippuvaisia keskenään, kun taas lopuksi muutokset eivät ole riippuvaisia keskenään (kuva 19). Aikavälillä 11.6.2015–30.6.2015 tulosten välinen korrelaatio on $0,968$, joka viittaa merkittävään riippuvuuteen. Tämän jälkeen korrelaatio on kuitenkin $0,166$, joka viittaa huomattavasti heikompaan riippuvuuteen. Sondin anturit oli kalibroitu 29.6.2015 ja antureita oli kiristetty sondissa. Anturit kalibroitiin uudestaan 29.7.2015, jonka jälkeen tuloksissa on huomattavia eroja. Pienimmillään analyysi- ja online-tulosten välinen ero oli vain $0,03$ yksikköä ja suurimmillaan $2,05$ yksikköä. Keskiarvoksi tulosten välisille eroille saadaan $0,52$ yksikköä ja mediaaniksi $0,21$ yksikköä.



KUVA 19. Pankajoen liuenneen hapen tulokset

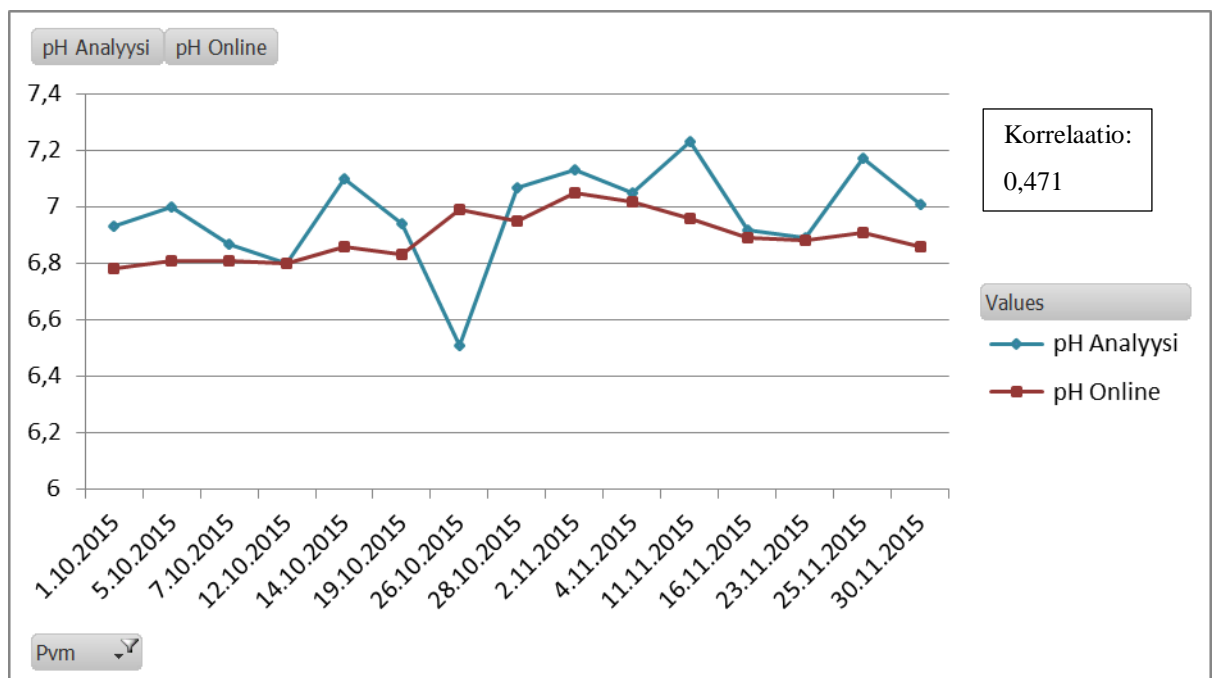
6.2 Kenkäveronniemen lammikon analyysitulokset

Kenkäveronniemellä jätevedenpuhdistamon läheisestä lammikosta otetuista näytteistä suoritettujen analyysien tuloksia verrattiin samanaikaisten online-mittaustulosten kanssa (taulukko 6). Sondi kalibroitiin ja huollettiin laboratoriossa 14.10 suoritetun näytteenoton jälkeen. Tuloksista voidaan siten arvioida, onko niissä muutoksia ennen ja jälkeen kyseisen kalibroinnin. Saaduista parametrien tuloksista on tehty tässäkin tapauksessa korrelaatiot, joiden avulla voidaan arvioida tulosten lineaarisuutta keskenään. Taulukosta puuttuvat 28.9.2015 online-tulokset johtuvat siitä, että mittausdataa ei siltä hetkeltä ollut saatavilla sondin toimimattomuuden vuoksi. Puuttuvat analyysitulokset johtuvat siitä, että kyseistä analyysiä ei pystytty suorittamaan sillä hetkellä tai se oli epäonnistunut.

TAULUKKO 6. Kenkäveronniemen analyysitulokset ja online-tulokset

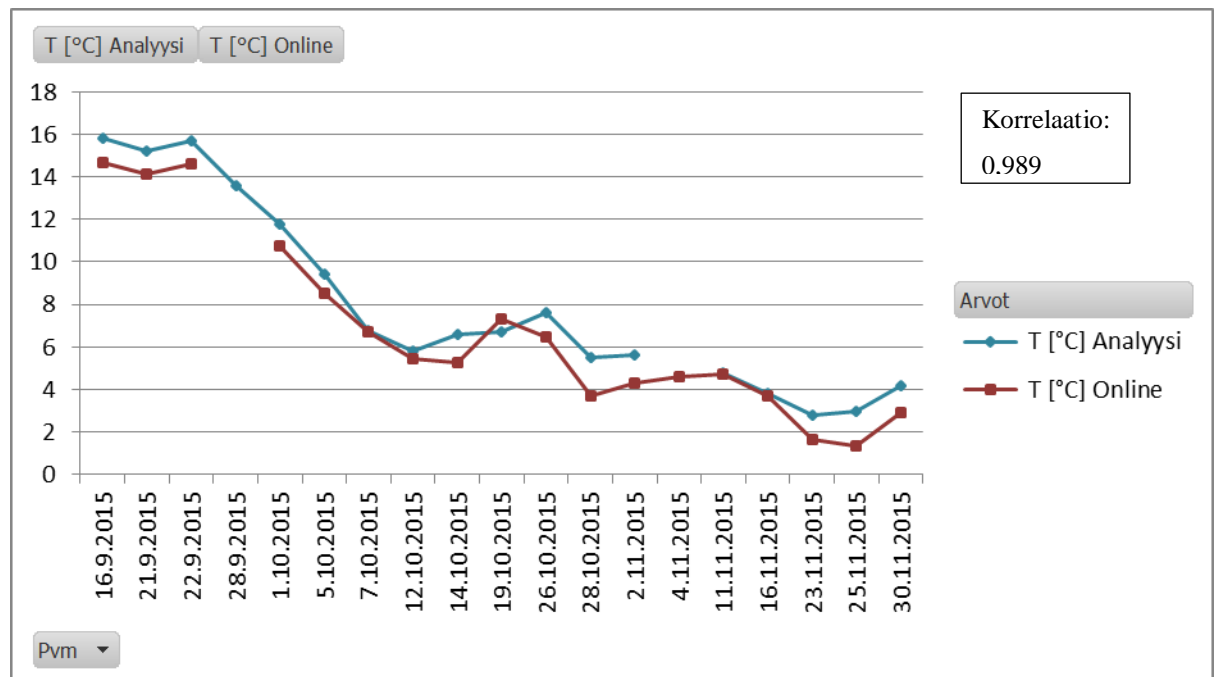
Pvm	pH		T [°C]		Johtokyky [$\mu\text{S}/\text{cm}$]		Sameus [NTU]		Nitraatti [mg/l]		Kloridi [mg/l]	
	Analyysi	Online	Analyysi	Online	Analyysi	Online	Analyysi	Online	Analyysi	Online	Analyysi	Online
16.9.2015	6,89	7,00	15,80	14,67	228	440	6,22	15,60	0,38	0,77	72,15	27,95
21.9.2015	7,08	6,85	15,20	14,14	234	450	8,11	16,60	0,74	3,27	85,70	34,87
22.9.2015	7,34	7,69	15,70	14,59	234	240	12,02	11,10	0,32	5,25	77,33	40,19
28.9.2015	7,31		13,60		217		8,27		0,24		77,33	
1.10.2015	6,93	6,78	11,80	10,78	221	220	6,21	5,00	0,21	5,06	97,26	34,16
5.10.2015	7,00	6,81	9,40	8,55	232	230	5,98	6,60	0,33	5,72	26,92	44,28
7.10.2015	6,87	6,81	6,80	6,71	233	230	5,56	6,80	0,65	5,94	24,71	43,86
12.10.2015	6,80	6,80	5,80	5,47	231	210	6,31	6,30	1,14	8,50	23,67	39,80
14.10.2015	7,10	6,86	6,60	5,24	236	240	8,18	8,60	0,60	5,28	25,79	49,12
19.10.2015	6,94	6,83	6,70	7,30	243	190	8,80	3,00	0,81	0,81	25,79	13,47
26.10.2015	6,51	6,99	7,60	6,49	252	250	11,02	11,60	0,74	2,91	28,10	42,02
28.10.2015	7,07	6,95	5,50	3,71	258	230	12,23	7,50	0,88	4,81	28,10	39,46
2.11.2015	7,13	7,05	5,60	4,30	249	260	12,48	13,70	0,79	4,38	29,33	48,56
4.11.2015	7,05	7,02		4,59	254	260	12,25	12,90	0,36	4,12	29,33	47,85
11.11.2015	7,23	6,96	4,80	4,70	258	270	12,95	14,00	0,76	2,76		41,5
16.11.2015	6,92	6,89	3,80	3,68	263	270	11,01	12,70		2,39	27,20	41,89
23.11.2015	6,89	6,88	2,80	1,63	265	270	7,16	9,80	0,99	2,47	25,01	43,63
25.11.2015	7,17	6,91	3,00	1,33	255	260	6,30	6,80	2,10	2,67	23,98	41,55
30.11.2015	7,01	6,86	4,20	2,94	273	280	15,88	15,90		2,41	28,37	48,47

Poikkeamat tulosten välillä ovat pieniä. Laboratoriomittauksissa saaduissa pH-lukemissa oli huomattavasti enemmän vaihtelua verrattuna online-anturin mittaamiin lukemiin (kuva 20). Korrelaatioksi pH-tuloksista saatiin 0,471, joka viittaa siihen, että saadut tulokset ovat keskenään heikosti riippuvaisia ja tulosten väliset erot vaihtelevat usein. Kalibroinnin jälkeen sondin lähettämässä mittausdatassa ei vaikuta olevan suurempia muutoksia aiempaan. Maksimissaan tulosten välinen ero oli 0,48 yksikköä ja lähimmillään online- ja analyysitulokset näytti samaa lukemaa 12.10.2015. Keskiarvoksi tulosten välisille eroille saadaan 0,16 yksikköä ja mediaaniksi 0,14 yksikköä.



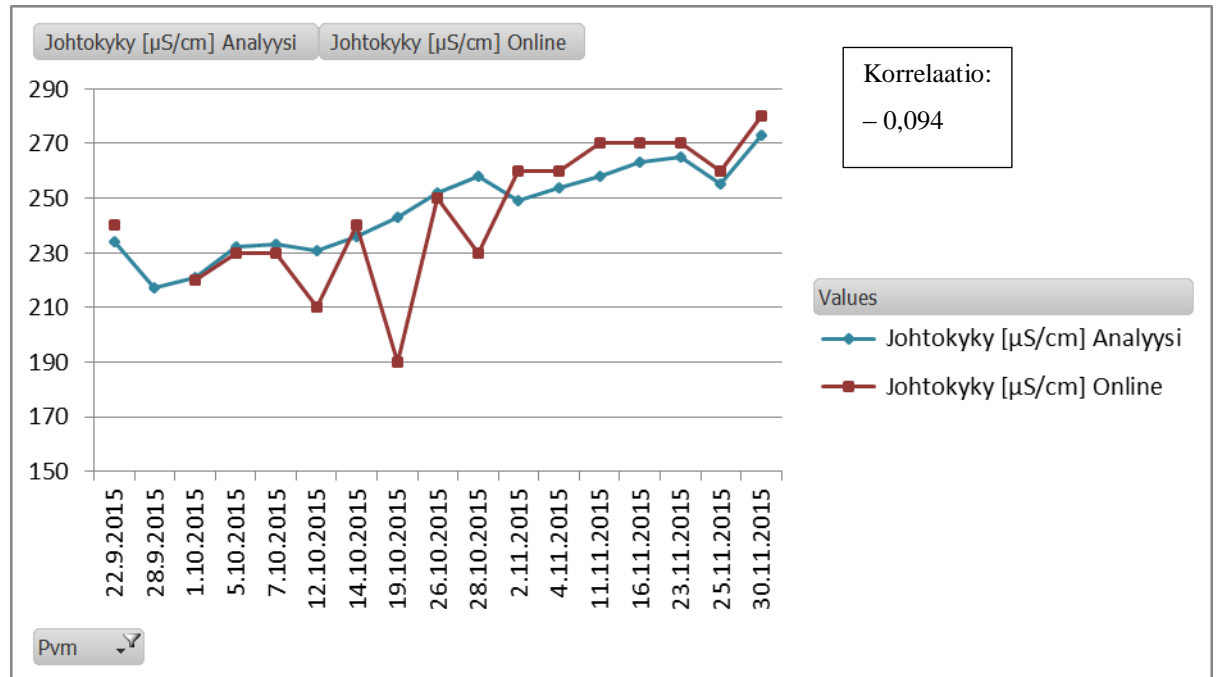
KUVA 20. Kenkäveronniemen pH-tulokset

Lämpötilan mittauksissa sondin lähettämän mittaustuloksen ja manuaalisen mittauksen väliset poikkeamat olivat pieniä (kuva 21). Lämpötila-analyysijä varten mitattiin paikan päällä näytteenoton yhteydessä, mikä selittää pienä poikkeamaa. Lämpötilan aleneminen vesistöissä ei tunnu vaikuttavan sondin lähettämän mittaustuloksen luotettavuuteen, vaan lämpötila-anturi toimii moitteettomasti olosuhteiden vaihtuessa. Pienin tulosten välinen ero oli 0,09 yksikköä ja suurin 1,79 yksikköä. Keskiarvoltaan tulosten väliset erot ovat 0,95 yksikköä, kun taas mediaani tulosten väliselle erolle on 1,11 yksikköä.



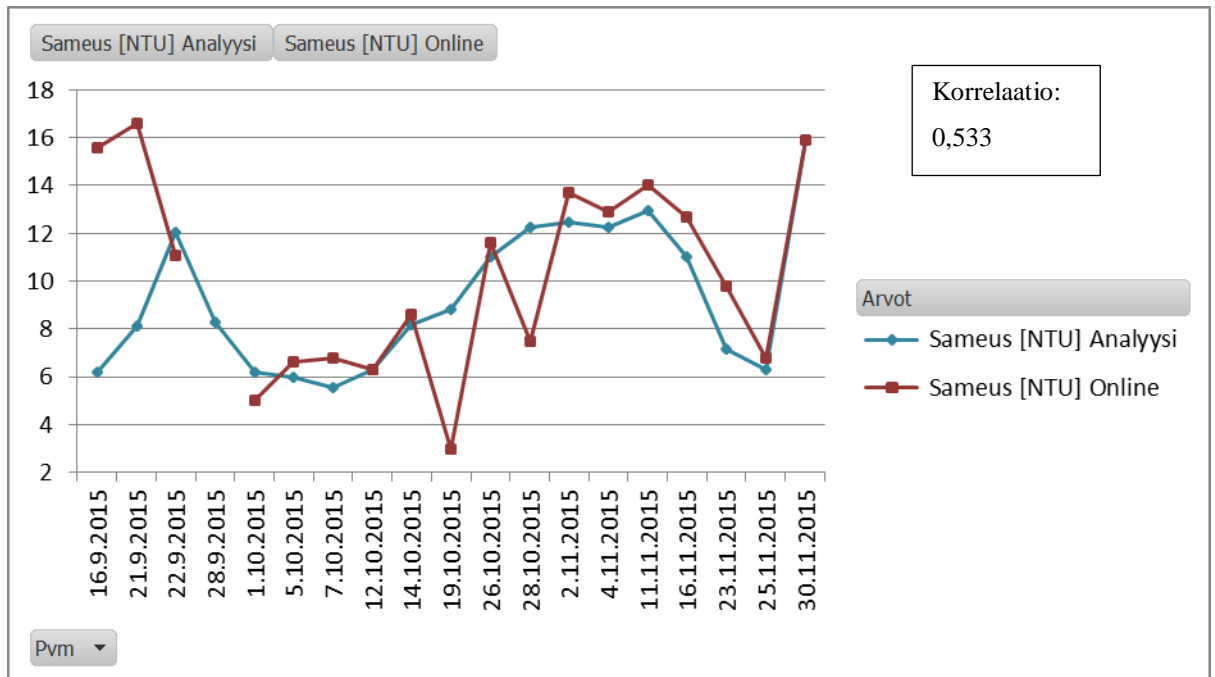
KUVA 21. Kenkäveronniemen lämpötilatulokset

Sähkönjohtavuuden tulosten välillä esiintyy muutamia suurempia eroja, sekä myös tulosten välistä riippuvuutta (kuva 22). Minimissään ero tulosten välillä oli 1,00 yksikköä, mutta maksimissaan ero oli jopa 53,0 yksikköä. Keskiarvoltaan erot olivat 10,81 yksikköä ja mediaaniltaan 6,00 yksikköä. Kaikelle johtokyvyn mittaustuloksille saadaan korrelaatiokertoimeksi $-0,094$. Jos kuitenkin kahta ensimmäistä mittaustulosta ei otettaisi huomioon, korrelaatioksi saataisiin $0,744$, joka kertoo huomattavasti merkittävämmästä riippuvuudesta tulosten välillä. Vesistöistä saadut sondin mittaamat johtokyvyn tulokset eivät ole kuitenkaan niin tarkkoja, kuin analyysitulokset, sillä sonda lähettää johtokyvyn mittauksen yksiköllä mS/cm kun analyysitulokset ovat yksikköä $\mu\text{S/cm}$.



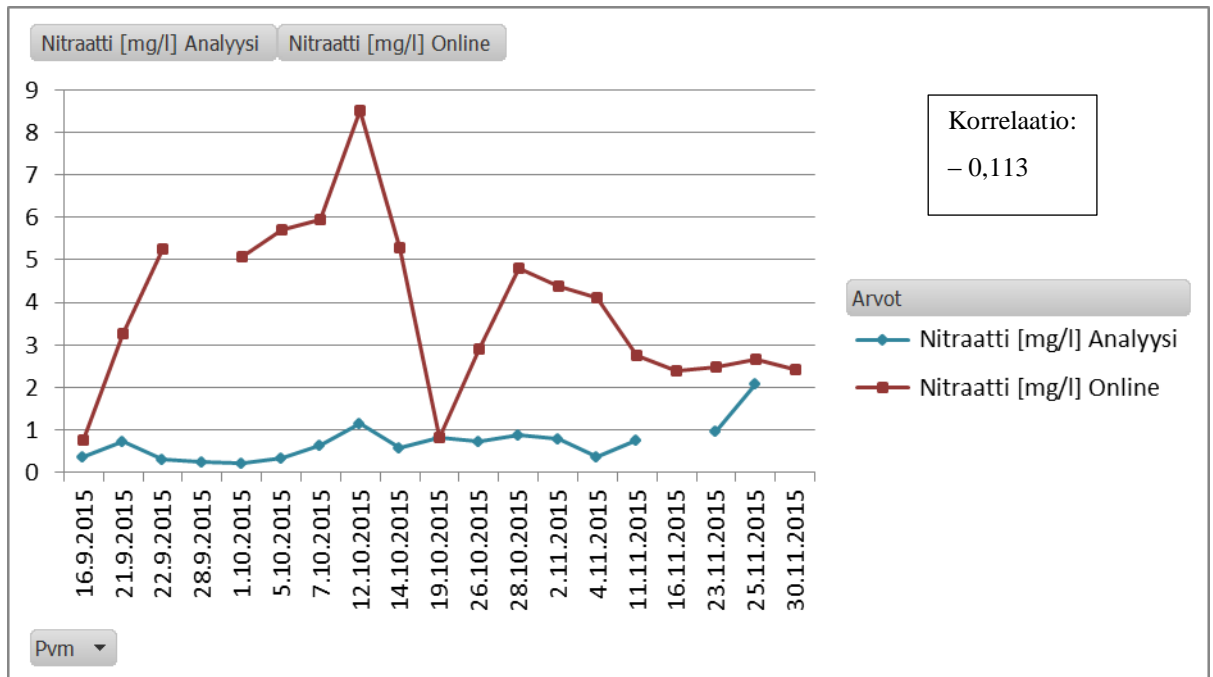
KUVA 22. Kenkäveronniemen sähkönjohtavuuden tulokset

Sameuden suhteen saadun mittausdatan kanssa on ollut paljon haasteita. Analyyseistä saadut sameusarvot eroavat usein sondin lähettämästä mittausdatasta. Sameusanturin kalibroinnin kanssa oli ollut ongelmia aiemminkin, kuten Pankajoen mittaustuloksista voidaan päätellä (Taulukko 5). Vasta 14.10.2015 jälkeen suoritetun kalibroinnin aikana sameus saatiin kalibroitua kunnollisin menetelmin, mutta tämänkin jälkeen saaduissa tuloksissa on ollut eroja. Saatuja mittaustuloksia verrattiin keskenään (kuva 23). Pienin ero tulosten välillä oli vain 0,01 yksikköä, mutta suurin ero oli 9,38 yksikköä. Keskiarvoltaan tulosten väliset erot ovat 2,29 yksikköä ja mediaaniltaan 1,13 yksikköä. Kokonaisuudessaan sameuden tuloksista saatu korrelaatiokerroin 0,533 kertoo heikommasta riippuvuudesta tulosten välillä. Jos korrelaatiokerroin otettaisiin kuitenkin vain ennen kalibrointia suoritetuista mittauksista, tulokseksi saadaan 0,342 verrattuna kalibroinnin jälkeisiin tuloksiin joiden korrelaatiokerroin on 0,717. Korrelaatiokertoimien välinen ero viittaa siihen, että 14.10.2015 jälkeen suoritettu kalibrointi on onnistunut huomattavasti aiempaa paremmin ja sondin lähettämä mittausdata on luotettavampaa tämän jälkeen.



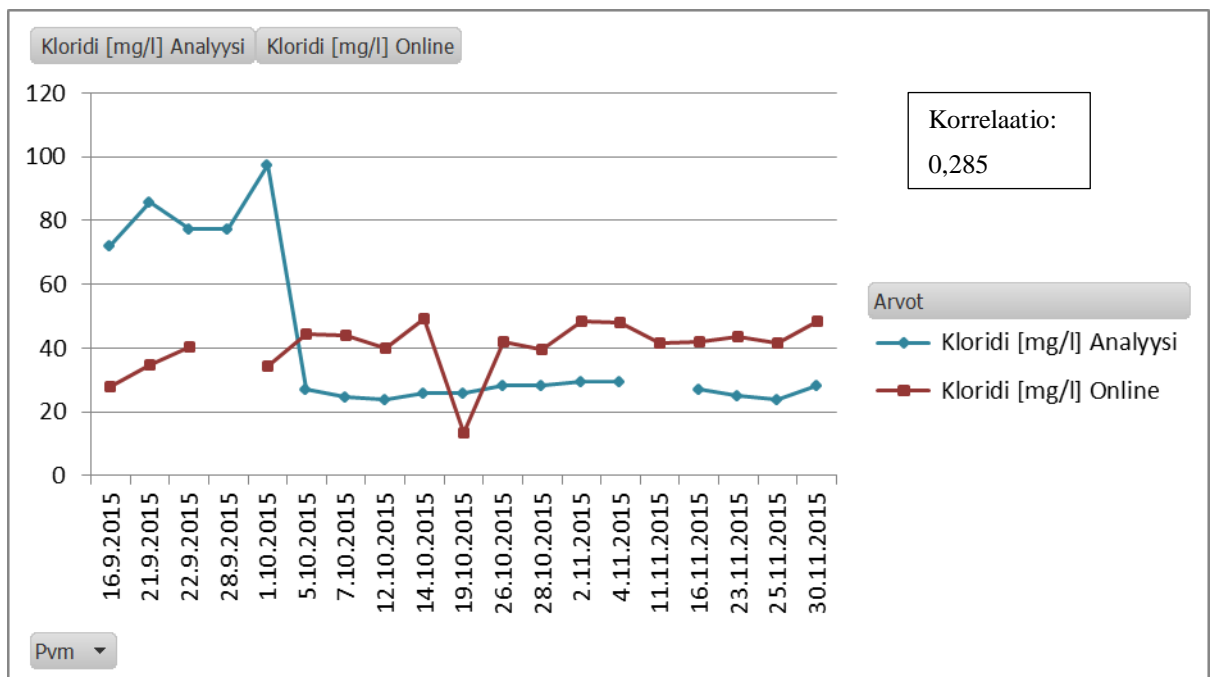
KUVA 23. Kenkäveronniemen sameustulokset

Nitraatin analyysitulosten ja online-tulosten välillä on suuria eroja. Maksimissaan erotulosten välillä on ollut 7,36 yksikköä ja keskiarvoltaan tulosten väliset erot ovat 3,31 yksikköä. Mediaaniksi tuloksille saadaan 3,68, joten keskimäärin tuloksissa on ollut usein poikkeamia. Nitraattianturi oli asennettu sondiin uutena, eikä sen käytöstä ollut aiempaa kokemusta. Anturin kalibrointi vaati paljon aikaa ja sen onnistumisesta oltiin epävarmoja. Pidemmän käytön jälkeen anturi vaikutti kuitenkin reagoivan herkemmin, kuin sen käyttöönoton aikana. Nitraatin analysoinnissa käytetty menetelmä oli toisaalta myös epävarma ja sen aikana tulosten virheellisyyteen johtavia riskejä oli monia. Analyysi- ja online-tuloksia verrattiin keskenään (kuva 24). Saadut analyysitulokset ovat huomattavasti pienempiä verrattuna sondin lähettämiin tuloksiin. Nitraatin tulosten korrelaatioksi saatiin $-0,113$. Korrelaatiokerroin viittaa tulosten olevan heikosti negatiivisesti riippuvaisia.



KUVA 24. Kenkäveronniemen nitraattitulokset

Kloridin suhteen saadut tulokset vaihtelevat (kuva 25). Analyysitulokset ovat aluksi huomattavasti korkeampia kuin online-tulokset, mutta analyysimenetelmän vaihdon jälkeen analyysitulokset ovat useammin alhaisempia kuin online-tulokset. Ensimmäisten analyysitulosten vuoksi suurin tulosten välinen ero oli 63,10 yksikköä, mutta pienemmillään ero oli kuitenkin 11,36 yksikköä. Tulosten välisen eron keskiarvo on 24,56 yksikköä ja mediaani 18,62 yksikköä.



KUVA 25. Kenkäveronniemen kloriditulokset

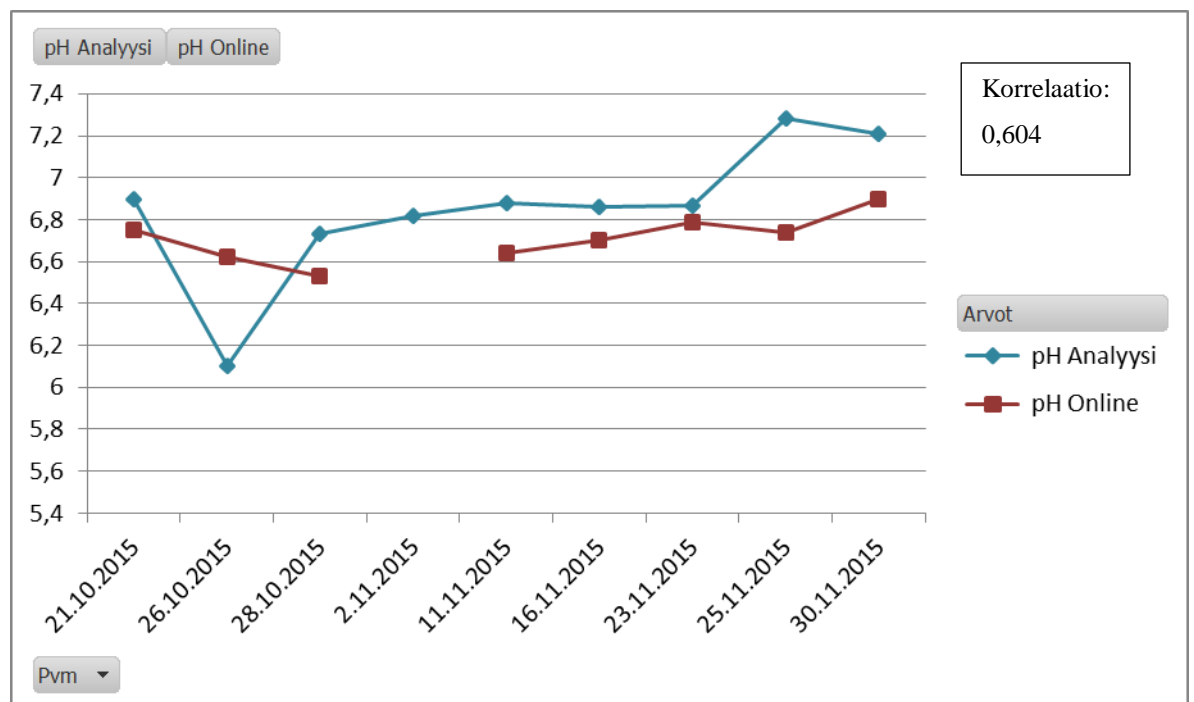
6.3 Veturitallinlahden analyysitulokset

Veturitallinlahdella sijaitsevasta munkkipadosta suoritettujen analyysien ja online-mittausten tuloksia verrattiin keskenään (taulukko 7). Online-tulos on sondin lähettämä mittausdata näytteenoton ajalta. Sondista oli loppunut virta 2.11.2015, minkä vuoksi tältä päivältä ei ole online-tuloksia saatavilla.

TAULUKKO 7. Veturitallinlahden analyysitulokset ja online-tulokset

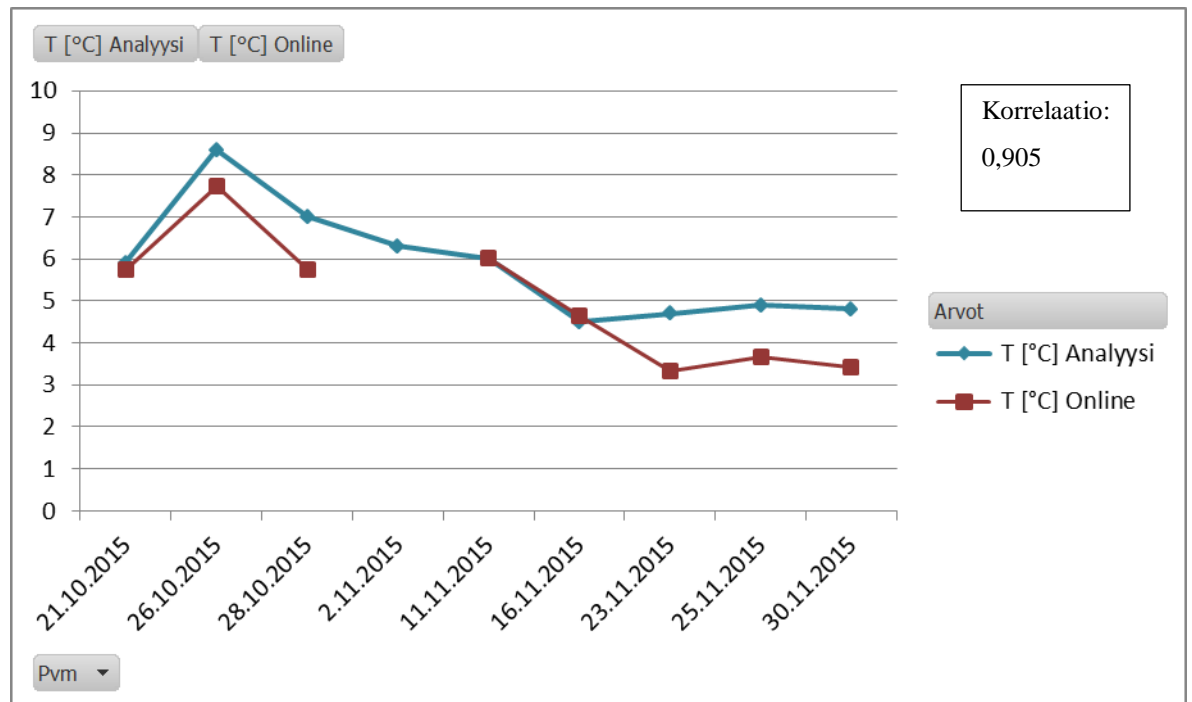
Pvm	pH		T [°C]		Johtokyky [µS/cm]		Sameus [NTU]		DO [mg/l]		Kloridi [mg/l]	
	pH Analyysi	pH Online	T [°C]	Anal T [°C]	Onli Johtokyky	Johtokyky	Sameus [N]	Sameus [D]	DO [mg/l]	DO [mg/l]	Kloridi [m]	Kloridi [m]
21.10.2015	6,90	6,75	5,90	5,76	118,70	84,00	10,08	8,19	10,19	76,50	10,93	9,58
26.10.2015	6,10	6,62	8,60	7,74	112,70	86,00	48,83	16,88	6,90	51,90	12,44	6,19
28.10.2015	6,73	6,53	7,00	5,76	111,60	76,00	26,20	14,10	5,30	38,50	12,44	4,81
2.11.2015	6,82		6,30		124,70		7,59		6,12		15,41	
11.11.2015	6,88	6,64	6,00	6,02	142,50	101,00	121,00	33,93	4,27	28,00		3,49
16.11.2015	6,86	6,70	4,50	4,65	111,80	77,00	107,00	27,26	6,57	46,80	10,36	6,03
23.11.2015	6,87	6,79	4,70	3,34	115,00	75,00	50,27	39,94	6,32	28,50	9,53	3,72
25.11.2015	7,28	6,74	4,90	3,66	122,40	80,00	64,83	52,82	6,32	20,60	11,27	2,73
30.11.2015	7,21	6,90	4,80	3,41	148,30	98,00	73,80	50,43	9,64	76,10	22,05	10,11

Tuloksia tarkastellessa saadut pH-arvot ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Pienin tulosten välinen ero on 0,08 yksikköä, kun taas suurin on 0,54 yksikköä. Keskiarvo tulosten välisille eroille on 0,27 yksikköä ja mediaani 0,20 yksikköä. Online-tulosten ja analyysitulosten väliset erot eivät ole merkittävästi riippuvaisia (kuva 26). Korrelaatiokertoimeksi saatiin tuloksille 0,604.



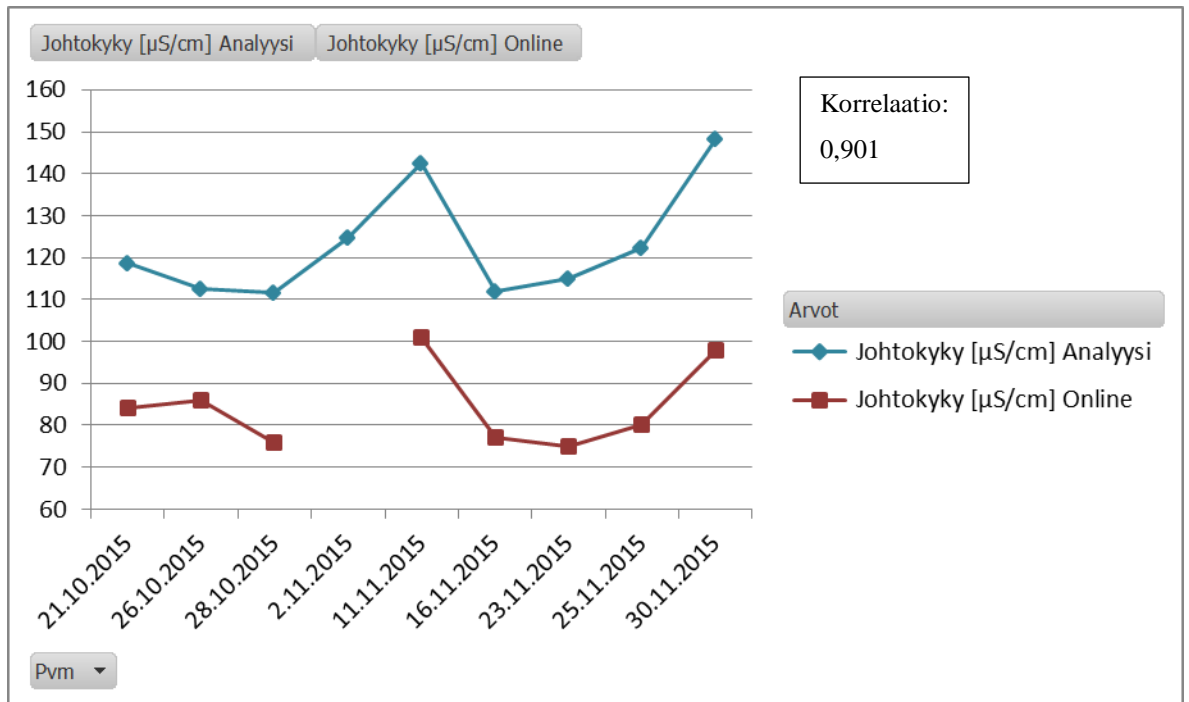
KUVA 26. Veturitallinlahden pH-tulokset

Lämpötilan tutkimustuloksissa on päästy usein lähes samoihin lukemiin (kuva 27). Minimissään ero tulosten välillä on 0,02 yksikköä ja suurin ero on 1,36 yksikköä. Keskiarvoltaan eroavaisuudet ovat 0,72 yksikköä ja mediaani tulosten välillä on 0,86 yksikköä. Tuloksista saatiin korrelaatiokertoimeksi 0,905, joka viittaa merkittävään riippuvuuteen tulosten välillä. Tulosten välinen ero johtuu todennäköisesti kuitenkin siitä, että analyysituloksissa käytetty lämpötilamittari ei ollut varmuudella täysin luotettava.



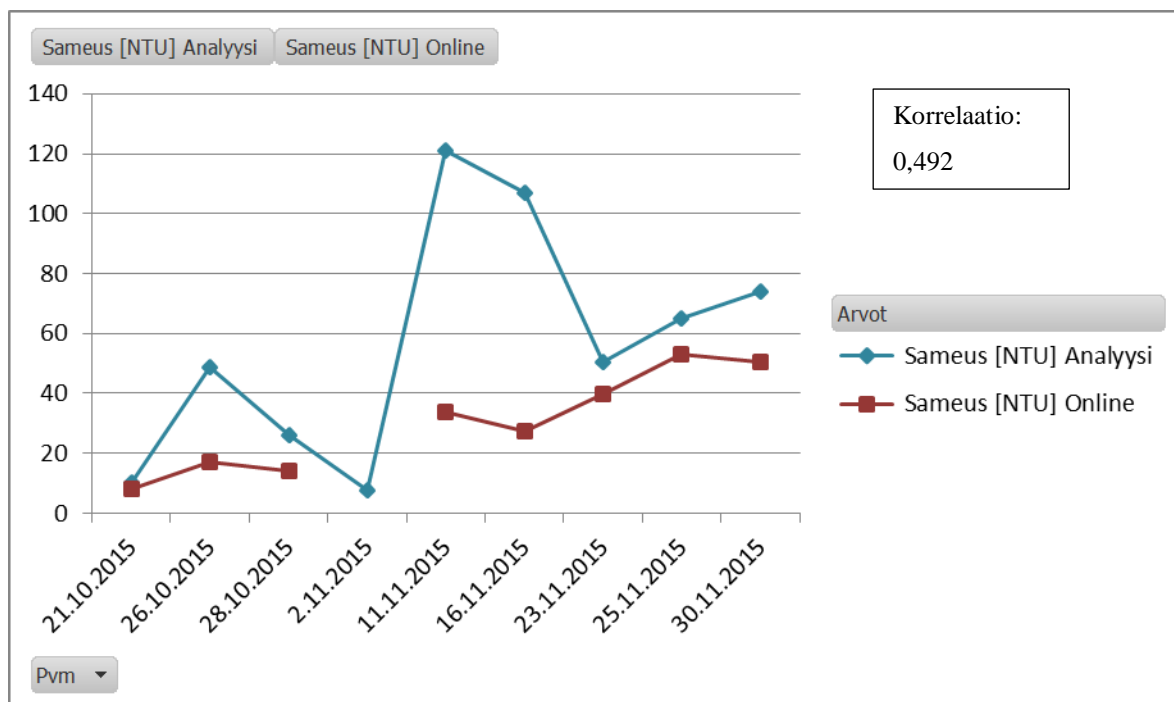
KUVA 27. Veturitallinlahden lämpötilatulokset

Sähkönjohtavuuden osalta Veturitallinlahdella päästiin luotettaviin tuloksiin. Vaikka tulosten välillä on selkeitä eroja, tuloksista saatu korrelaatiokerroin 0,901 viittaa merkittävään riippuvuuteen (kuva 28). Tällöin saatujen tulosten välinen ero pysyy lähes samana. Erot tulosten välillä ovat kuitenkin pienemmillään 26,70 yksikköä ja suurimmillaan peräti 50,30 yksikköä. Keskiarvoksi tulosten välisille eroille saadaan 37,79 yksikköä ja mediaaniksi 35,60 yksikköä.



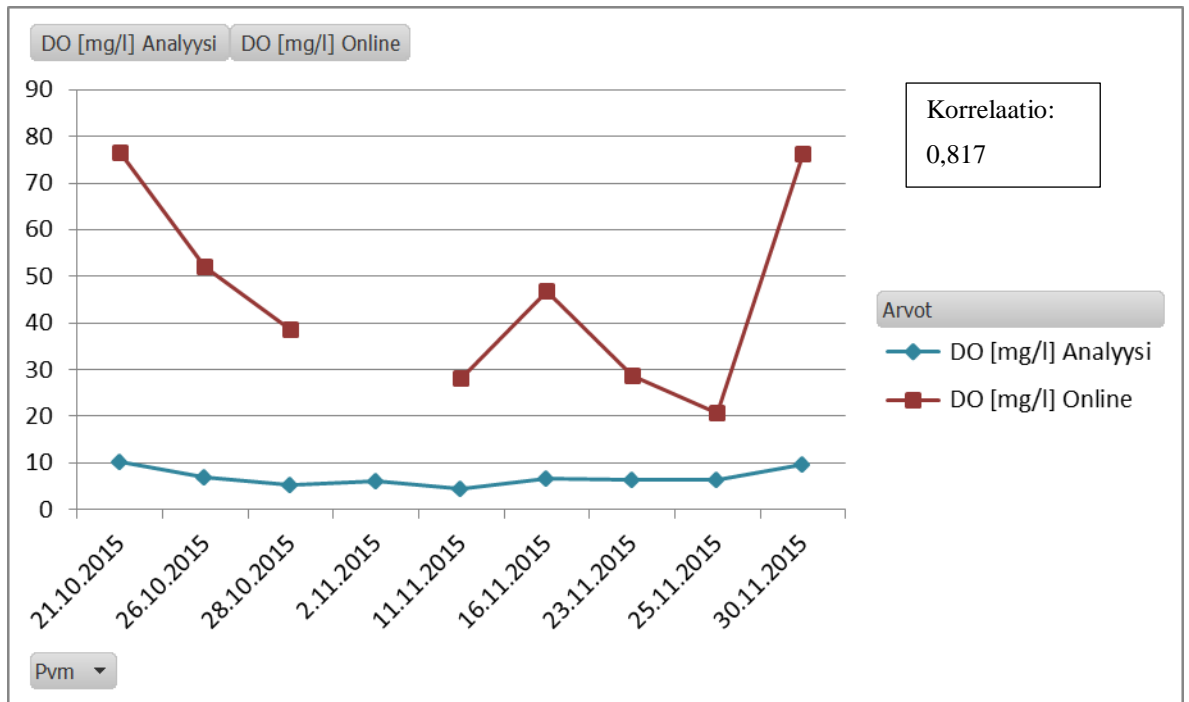
KUVA 28. Veturitallinlahden johtokyvyn tulokset

Sameuden analyysitulosten ja online-tulosten välillä on usein vaihtelevia eroavaisuuksia (kuva 29). Ensimmäinen analyysi- ja online-tulosten välinen ero on vain 1,89 yksikköä, mutta tämän jälkeen erot kasvavat. Suurimmillaan ero tulosten välillä on 79,74 yksikköä. Keskiarvo tulosten välille on 24,48 yksikköä ja mediaani 12,10 yksikköä. Tuloksista saatu korrelaatiokerroin 0,492 kertoo heikosta riippuvuudesta, joten jo senkin perusteella eroja on usein. Analyysitulokset kertovat sameuden olevan huomattavasti korkeampi kuin online-tulokset.



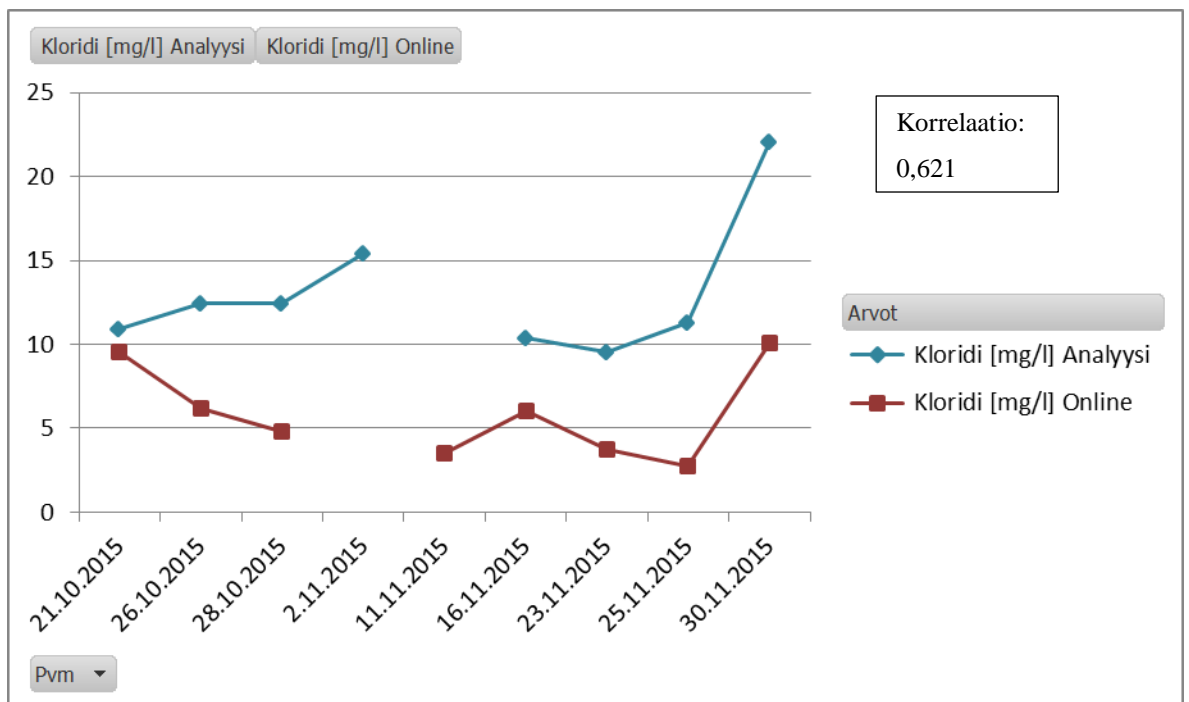
KUVA 29. Veturitallinlahden sameustulokset

Analyysitulokset liuenneesta hapesta ovat huomattavasti pienempiä lukemia kuin online-tulosten lukemat (kuva 30). Analyysitulokset jakaantuvat tasaisesti, kun taas online-tulosten välillä on suuria eroja. Pieninkin ero tulosten välillä on 14,28 yksikköä, kun taas suurin ero on 66,31. Keskiarvo tulosten välisille eroille on 24,99 yksikköä ja mediaani 34,99 yksikköä. Tuloksista saatu korrelaatiokerroin 0,817 viittaisi kuitenkin merkittävämpään riippuvuuteen tulosten välillä eli tulokset vaihtelevat samassa suhteessa vahvasti keskenään. Sondin mittaamat liuenneen hapen arvot eivät kuitenkaan vaikuta realistisilta verrattuina analyysituloksiin.



KUVA 30. Veturitallinlahden liuenneen hapen tulokset

Kloridin tuloksissa on myös vaihtelevuutta online-tulosten ja analyysitulosten välillä (kuva 31). Pienin ero tulosten välillä on 1,35 yksikköä ja suurin ero 8,54 yksikköä. Keskiarvoltaan erot ovat 5,34 ja mediaani niille on 5,81. Aluksi tulokset eivät muutu riippuvaisesti toisistaan, mutta lopussa niiden riippuvaisuus on huomattavampaa. Kokonaisuudessaan tulosten korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,621, joka myös viittaa tulosten välillä olevan jonkinlaista riippuvuutta.



KUVA 31. Veturitallinlahden kloriditulokset

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Tutkimuskohteet ja online-sondien käyttö

Sondien käyttäminen ja todenmukaisiin tuloksiin niillä pääseminen vaatii paljon opettelua ja ohjeiden soveltamista tilanteiden mukaan. Laitteiden käyttö edellyttää hyvää teknistä osaamista ja tietämystä laitteiden huoltoon ja asennukseen liittyen. YSI Inc. tarjoaa sondien käyttöön kattavat ohjeet englanniksi.

YSI 6920 V2-2 –sondi toimii paristoilla ja tämä mahdollistaa sondin käyttämisen vapaammin erilaisissa tutkimuskohteissa. Sondi voidaan asentaa huomattavasti monipuolisemmin haluttuihin paikkoihin. Paristojen käyttö virtalähteenä vähentää kuitenkin sondin pitkäaikaista käyttöä. Mitä tiheämmin tutkimustuloksia halutaan lähettää, sitä enemmän virtaa sondi vaatii toimiakseen. Lisäksi kylmillä olosuhteilla voi olla vaikutusta paristojen käyttöikään.

YSI 6820 V2-1 –sondi toimii akun varassa ja vaatii verkkovirranlähteen akkuvirran ylläpitämiseksi. Tämä rajoittaa sondin käyttöä erilaisissa tutkimuskohteissa, mutta samalla mahdollistaa sondin laajemman käytettävyyden. Sondi voidaan asentaa suorittamaan mittauksia useammin ilman huolta sen virran loppumisesta.

Uusien antureiden (nitraatti & kloridi) käyttöönotto vei paljon aikaa, sillä niitä kalibroitaessa jouduttiin odottamaan anturin antaman arvon tasaantumista. Tähän saattoi kulua ensimmäisinä kertoina yli 30 minuuttia. Aiemmin käytössä olleet anturit olivat kalibroitaviksi muutaman minuutin sisällä. Kyseisiä ISE-antureita jouduttiin myös esikäsittelemään ennen niiden käyttöönottoa ja antureita pidettiin liuoksissa useita päiviä, ennen niiden kalibrointia. Kalibrointien aikana anturit reagoivat erittäin hitaasti lukemien muutoksiin, mutta useamman käytön jälkeen vaikutti siltä, että antureiden reaktioaika olisi lyhentynyt, eikä kalibrointi vienyt enää niin paljon aikaa. ISE-antureille on kuitenkin ominaista, että niitä täytyy liuottaa standardiliuoksissa ennen mittausten aloittamista, jos niitä säilytetään kuivana. Jatkossa näiden antureiden säilytys suoritetaan niille ominaisissa liuoksissa.

Sondi likaantuu helposti vesistöissä ollessaan ja sen kuntoa on hyvä tarkkailla näytteenoton ohessa. Joskus sondiin saattaa jäädä kiinni veden pinnalla liikkuvia

roskia tai sondi likaantuu itse vedestä ja vaatii puhdistamista hyvien seurantaloksien saamiseksi (kuva 32). Toisinaan sondi saatettiin ottaa pois vedestä ja vietiin puhdistettavaksi laboratorioympäristöön. Likaisessa vedessä ollutta sondia on kuitenkin erittäin vaikea saada kokonaan puhtaaksi ja tällöin sondiin voi mahdollisesti jäädä likaa, joka voi esiintyä häirtana sondia kalibroitaessa. Lähes jokainen kalibrointi vaatii ns. nollakalibroinnin, jossa yksi kalibrointiarvoista on nolla. Tällöin käytetään yleensä tislattua vettä kalibrointikiipossa, mutta mikäli sondiin on jäänyt likaa, kalibrointi voi osoittautua virheelliseksi. Sondin pintaan voi pinttyä likaa pitkän käytön jälkeen ja on suositeltavaa, että optisten antureiden (mm. sameus) puhdistustyyny vaihdetaan tietyn väliajoin.



KUVA 32. Vesistössä olleen sondin sameusanturi on likaantunut voimakkaasti (Viljanen 2015)

Yhtenä ongelmana sondien käytössä pidettiin sitä, että jos sondi ei lähetäkään mittausdataa, ei ole selvää tietoa, mistä ongelma saattaisi johtua. Kun sondi toimii kunnolla, se lähettää mittausdataa tietokantaan, josta sitä voidaan analysoida. Jos tietokantaan ei ole saapunut mittausdataa, ongelmakohta voi ilmetä missä tahansa tiedonkeruun vaiheessa. Tällöin on lähdettävä selvittämään jokainen mahdollinen ongelma, joita on monia. Sondi itse saattaa olla vioittunut tai siitä on akku/patterit

loppu, sondin lähetin ei jostain syystä toimi, sondin ja tietokannan välillä on yhteysongelmia, tietokannassa on ongelmia, sähköpostissa on ongelmia ja monia muita ongelmamahdollisuuksia. Ainut tapa välttyä tämän kaltaisilta ongelmilta on seurata niitä jatkuvasti, mikä vaatii paljon työtä ja huomiota. Ennaltaehkäisyyn voi muokata esimerkiksi sondin asetuksia siten, että sondi lähettää tietokantaan pattereiden/akun volttimäärän, jonka avulla voidaan seurata niiden kulumista. On myös suositeltavaa käydä paikan päällä katsomassa sondin tilaa ja tehdä jatkuvaa huoltotyötä ja puhdistusta. Kaikilta ongelmatilanteilta ei kuitenkaan voi välttyä, eikä aina voi arvata ennakkoon mitä voi tapahtua.

Sondin mittauksilla saadut tulokset ovat suurilta osin riippuvaisia antureiden kalibroinnin onnistumisesta. Analyysituloksiin verrattuna kuitenkin sondin mittaaman datan edustavuuteen on vaikeampi vaikuttaa, jos sondi on asennettuna esimerkiksi johonkin vesistöön. Analyysit suoritetaan vesinäytteistä laboratorio-olosuhteissa ja tällöin tulosten laatuun on helpompi vaikuttaa. Online-sondi on kuitenkin asennettuna suoraan veteen ja sen valvominen on huomattavasti hankalampaa. Vesistöjen tila voi muuttua äkillisesti esimerkiksi sateista johtuen ja veden mukana voi kulkea aineita tai roskia, joilla on vaikutusta sondin tulosten laatuun. Sondin mittaamaa dataa tulisi seurata lähes koko ajan jos haluttaisiin huomioida kaikki merkittävät muutokset, mutta käytännössä tämän järjestäminen on hankalaa. Sondin lähettämän datan laatuun vaikuttaa siten myös se, kuinka usein sondin kuntoa käydään tarkistamassa paikan päällä. Opinnäytetyön aikana sondin kunto tarkistettiin aina näytteenoton ohella, mutta koska näytteitä otettiin vain muutamana päivänä viikossa, ei voida olla varmoja missä vaiheessa esimerkiksi veden olosuhteet muuttuvat. Esimerkiksi YSI 6820 V2-1 -sondiin on jäänyt kiinni veden mukana kulkeutuneita oksia (kuva 33). Millään ei voida todeta oksien vaikuttavan varmasti mittaustuloksiin, mutta sondin tulisi pysyä mahdollisemman puhtaana ja kunnossa mittausten aikana.



KUVA 33. YSI 6820 V2-1 sondiin on jäänyt kiinni oksia (Viljanen 2015)

Sameuden suhteen kesällä suoritetuista Pankajoen mittauksista sondin lähettämät arvot olivat lähes aina negatiivisia, eikä tuloksia saatu korjattua useista kalibroinneista huolimatta. Sameuden kalibroitongelma saatiin kuitenkin korjattua syksyyn mennessä ja sameudesta saatiin realistisia tuloksia. Tuloksissa oli kuitenkin välillä suuriakin eroja verrattaessa analyysi- ja online-mittauksia.

Sähkönjohtavuuden mittauksissa jokaisessa tutkimuskohteessa päästiin hyviin tuloksiin ja sondien mittaamat lukemat olivat riippuvaisia keskenään analyysitulosten kanssa. Sähkönjohtavuus-anturi mittasi myös samalla lämpötilaa ja sondien mittaamat lämpötila-arvot olivat myös voimakkaasti riippuvaisia analyysitulosten kanssa.

7.2 Online-mittausten soveltuminen vesistöjen tilan seuraamiseen

Online-monitorointilaitteiden avulla on mahdollista saada paljon mittausdataa vesistöjen tilasta huomattavasti pienemmällä vaivalla perinteiseen näytteenottoon verrattuna. Laitteet voidaan asentaa ja ohjelmoida itse haluttuihin asetuksiin ja menetellä sen mukaan, miten koetaan olevan parhain tietyissä analyysikohteissa. Haluttujen mittaus tietojen mukaan, mittauslaitteisiin voidaan asentaa niitä antureita

joita halutaan. Tämä tuo suurta liikkumavaraa vesien laadun arvioinnissa. Online-monitoroinnilla voi kuitenkin arvioida vain tiettyjä parametreja veden laatuun liittyen, eikä se suoranaisesti korvaa muuta laadunarviointikeinoa, vaan tuo lisää työkaluja laadun arviointiin.

Erityisen tärkeää online-mittausten käytössä on huomioida niiden soveltuvuus tarpeen mukaan. Soveltuvuuden arvioinnissa tulee tarkastella sitä, minkälaisia parametreja laitteilla halutaan tutkia, minkälaiset laitteet soveltuvat kyseiseen käyttöön, minkälaiset olosuhteet mittauspisteissä vallitsevat, kuinka kauan mittausajanjaksot kestävät ja kuinka usein laitteiden toimivuutta on mahdollista seurata. Mittauslaitteita on monenlaisia ja niiden ominaisuudet vaihtelevat. Tässä opinnäytetyössä käytetyt YSI-sondit ovat vain yksi esimerkki online-mittauslaitteista.

Online-monitorointi ja -mittaukset eivät myöskään varsinaisesti millään tavoin korvaa perinteistä näytteenottoa. Jotta mittauslaitteiden lähettämää dataa voidaan verrata johonkin, on näytteenotto samoista mittauspisteistä lähes välttämätöntä. Todenmukaisten tulosten saaminen mittauslaitteilla vaatii myös paljon työtä laitteiden huollon ja kalibroinnin osalta.

LÄHTEET

Aarniosalo, Piia, Arola, Johanna, Hannus, Esa, Isotalus, Heikki & Poutiainen, Hannu 2014. OPEN-TIETOJÄRJESTELMÄ. Etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristö-tekniikan koulutusta ja innovaatiotoimintaa. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Tutkimusraportti. Luettu 29.10.2015.

Destia 2014. Tiedote. Destia käynnisti työt valtatie 5 Mikkelin kohta –hankkeella. Julkaistu 15.09.2014. Luettu 10.11.2015.

Etelä-Savon Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2013. Pintavesien tila Etelä-Savossa keskimääräistä parempi (Etelä-Savon ELY-keskus). WWW-dokumentti. <http://www.ely-keskus.fi/web/ely/-/pintavesien-tila-etela-savossa-keskimaaraista-parempi-etela-savon-ely-keskus-#.VfPkTJcYEgi>. Päivitetty 21.5.2013. Luettu 12.9.2015.

Haatainen, Tiina & Mömmö, Markku 2009. Opas monivaikutteisen kosteikon perustajalle Pohjois-Savoon. PDF-dokumentti. http://kosteikko.fi/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Kosteikko-opas_P-Savoon_15122009.pdf. Ei päivitystietoa. Luettu 10.11.2015.

Hell, Kimmo, Inha, Laura & Kettunen, Riitta 2013. Maanteiden hulevesien laatu. Liikennevirasto. Tutkimusraportti. Helsinki. Päivitetty 12/2013. Luettu 27.10.2015.

Hiltunen, Jari, Mikkanen, Pirita, Nikula, Jussi & Vanhanen, Juha 2007. Ympäristömittauksen ja –monitoroinnin arvoketjujen tuotteistaminen. PDF-dokumentti. <http://www.sitra.fi/julkaisut/muut/Ymparistomittaus%20b.pdf?download=Download+pdf>. Luettu 27.10.2015.

Hulevesiopus. Suomen Kuntaliitto, Helsinki 2012. PDF-dokumentti. http://www.jyvaskylanenergia.fi/filebank/993-Hulevesiopus_2012.pdf. Luettu 10.11.2015.

Kotanen, Juho & Manninen, Pertti 2010. Etelä-Savon pintavesien hoidon toimenpideohjelma 2010 – 2015. PDF-dokumentti.

https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/85059/Etela_Savon_ELY-keskuksen_julkaisu_2_2010.pdf?sequence=3. Julkaistu 2/2010. Luettu 26.10.2015.

Muurinen, Niko 2013. Etämonitorointi vesistön tilan seurannassa. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Oravainen, Reijo 1999. Opasvihkonen: vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. PDF-dokumentti. <http://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>. Julkaistu 11.11.1999. Luettu 9.10.2015.

Paikkatietoikkuna. Maanmittauslaitos. WWW-dokumentti. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/etusivu>. Ei päivitystietoa. Luettu 7.10.2015.

SYKE 2014a. Suomen ympäristökeskus. TASO-hanke - Turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojelutason kehittäminen. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/fi-fi/TASOhanke>. Päivitetty 19.12.2014. Luettu 16.12.2015.

SYKE 2014b. Suomen ympäristökeskus. TASO-hanke. Automaattinen veden laadun seuranta. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-fi/TASOhanke/Veden_laadun_seuranta/Automaattinen_veden_laadun_seuranta. Päivitetty 3.6.2014. Luettu 16.12.2015.

SYKE 2015a. Suomen ympäristökeskus. Pintavesien tilan seuranta. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_tilan_seuranta. Päivitetty 30.4.2015. Luettu 8.9.2015.

SYKE 2015b. Suomen ympäristökeskus. Jokien ja järvien vedenlaadun seuranta. WWW-dokumentti. http://www.syke.fi/fi-fi/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Jokien_ja_jarvien_vedenlaadun_seuranta. Päivitetty 24.4.2015. Luettu 3.11.2015.

SYKE 2015c. Suomen ympäristökeskus. Pintavesien luokittelu. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_luokittelu. Päivitetty 22.1.2015. Luettu 14.9.2015.

Suomen ympäristökeskus. Ympäristön seuranta. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ympariston_seuranta. Päivitetty 17.9.2013. Luettu 8.9.2015.

Vesilaitosyhdistys. Hulevedet eivät kuulu jätevesiviemäriin-esite. PDF-dokumentti. http://www.vvy.fi/files/3614/Hulevesi-haitariesite_A4_yleinen_web_250314.pdf. Ei julkaisutietoa. Luettu 14.11.2015.

Vesilaki 587/2011. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Luettu 12.9.2015.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Luettu 8.9.2015.

YSI 6-Series Multiparameter Water Quality Sondes User Manual 2009. YSI inc.

YSI, 2015a. 6920 V2-2 Multi-Parameter Water Quality Sonde. WWW-dokumentti. <https://www.ySI.com/6920-V2-2>. Luettu 14.9.2015.

YSI, 2015b. 6820 V2-1 Multi-Parameter Water Quality Sonde. WWW-dokumentti. <https://www.ySI.com/Product/id-6820/6820-V2-1-Multi-Parameter-Water-Quality-Sonde>. Luettu 14.9.2015.

