

Tämä on rinnakkaistallenne. Sen viitetiedot saattavat erota alkuperäisestä /

This is a self-archived version of the original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Version: publisher's version

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä: /

To cite this article please use the original version:

Juntunen, Petri 2024. Vesijohtoverkostojen jatkuvatoimiset vedenlaatusensorit. Vesitalous 65 (3), 18-20.

# Vesijohtoverkoston jatkuvat toimiset vedenlaatusensorit

Tässä artikkelissa on esitetty yhteenveto SWIM-projektin vesijohtoverkoston jatkuvat toimisia vedenlaatusensoreita käsittelevästä osuudesta. SWIM-projektin yhtenä tavoitteena oli tutkia vesijohtoverkoston asennettavien jatkuvat toimisten vedenlaatusensoreiden käyttökelpoisuutta sekä pilot-ympäristössä että todellisissa verkosto-olosuhteissa. Hankkeen päätoteuttajia olivat VTT, Savonia AMK sekä Finnish Water Forum. Projekti oli osa Business Finlandin laajempaa ”Nokia Veturi”-projektia. Hankkeessa oli mukana myös vesialan ja tietotekniikan yrityksiä, vesilaitoksia sekä VVY. Hankkeen pääasiallisena tavoitteena oli kehittää älykkäitä ratkaisuja vesilaitosten kulutuksen ja veden laadun sekä turvallisuuden ja omaisuuden hallintaan. Hankkeen pitkän aikavälin tavoitteena oli tarjota maailmanlaajuisesti kilpailukykyinen kokonaisvaltainen ratkaisu skaalautuvaan, digitaaliseen ja tehokkaaseen toimintaan vesilaitoksille ja vesi-intensiiviselle teollisuudelle. Kattavampi raportti tullaan julkaisemaan kevään 2024 aikana Kuopio Water Clusterin kotisivuilta ([www.kuopiowatercluster.fi](http://www.kuopiowatercluster.fi)).



PETRI JUNTUNEN  
Erityisasiantuntija  
TK-toiminta, Vesiturvallisuus  
Ympäristötieteiden opetus-  
ja tutkimusyksikkö  
Savonia ammattikorkeakoulu  
[petri.juntunen@savonia.fi](mailto:petri.juntunen@savonia.fi)

Projekti jakaantui kolmeen vaiheeseen. Työn ensimmäisessä vaiheessa laadittiin esiselvitys markkinoilla olevista vedenlaadun sensoreista. Esiselvitysvaiheessa myös kilpailutettiin ja hankittiin testattavat sensorit. Toisessa vaiheessa toteutettiin vedenlaatusensoreiden testaus ja pilotointi. Testaus toteutettiin Savonia AMK:n pilottilaboratoriossa. Kolmannessa vaiheessa sensoreita testattiin myös oikeassa verkostoympäristössä.

Jatkuvat toimisen mittauksen lisäarvo perinteisiin näytteenotto- ja laboratoripohjaisiin analyysiin verrattuna on, että ne pystyvät havaitsemaan erityisesti nopeita reaaliaikaisia vedenlaadun vaihteluita. Lähtökohtaisesti kuitenkin jatkuvat toimiset mittaukset täydentävät, eivät korvaa, näytteenottoon perustuvia mittauksia.

Sensoreiden toiminta voi perustua esimerkiksi *optiseen* mittaukseen, kuten sirontaan (sameus), absorbanssiin (väriluku, UV-absorbanssi,) tai esim. taitekertoimen mittaukseen. Lisäksi optisesta datasta voidaan myös mallintaa laborato-

riossa mitattavia suureita (esim. orgaaninen kokonaishiili). *Partikkelimittarit* mittaavat vedessä suspendoituneiden hiukkasten määrää ja kokojakautamaa. Lisäksi osa laitteista pystyy myös jakamaan partikkelit eri luokkiin niiden muodon perusteella. *Virtaussytopmetria* on menetelmä, joka perustuu solujen ja hiukkasten mittaamiseen virtauksessa, jopa bakteerilajien tunnistaminen on mahdollista.

Toinen tärkeä sensoriryhmä ovat vesiliuoksen *sähköiseen potentiaalieroon* perustuvat mittarit (pH, ORP eli hapetus-pelkistyspotentiaali). Vesilaitoksella veteen annostellun kloorin pitoisuutta (koko-naiskloori, vapaa kloori) seurataan myös yleisesti verkostoissa. *Johtokykyyn* perustuvat mittarit korreloivat veden sähköä johtavien mineraaliaineen kanssa.

Markkinoilla on myös *mikrobien aktiivisuuteen perustuvia*, esim. bioluminenssiin perustuvia sensoreita. Mikrobien mittausten menetelmät vaativat tällä hetkellä erityislaitteita, reagensseja ja -asiantuntemusta. Niiden käyttöönotto vesihuollossa edellyttää huolellista suunnittelua ja testausta.

## Mihin jatkuvatoimisia mittareita voidaan hyödyntää?

Jatkuvatoimista vedenlaatudataa voidaan hyödyntää vesilaitoksen toiminnassa esimerkiksi:

- päätöksenteon tukena
  - Tunnuslukujen kerääminen ja tilastoiminen vedenlaatudatasta esimerkiksi omaisuudenhallintaa tai riskinarviointia ajatellen ja niiden vertaaminen esim. asiakaspalautteeseen.
  - Pitkän aikavälin muutokset (esim. sameuden muutokset verkoston huuhteluvälin arvioinnissa)
  - Jatkuvatoimista laatudataa on mahdollista yhdistää myös hydrauliseen dataan tai mallinnusdataan (vedenlaatumallit, laatudatan hyödyntäminen mallien validoinnissa).
- tilannekuvan luomisessa
  - Kun sensoreiden tuottama data yhdistetään on-line tyyppisesti toimivaan pilvipalveluun, tämä mahdollistaa verkoston operointiin, reaaliaikaisen tilannekuvan muodostamisen tai mahdollisesti erilaisten häiriötilanteiden havaitsemiseen (**kuva 1**).
- Vedenlaadun seurantarjestelmät.
  - Tässä järjestelmässä vedenlaatusensorit olisi edelleen yhdistetty yhdeksi jatkuvan online-vedenlaadun seurantarjestelmäksi, joka yhdistää ja käsittelee sensoreiden tuottamaa dataa esimerkiksi koneoppimisen avulla.
  - Tavoitteena esim. Early warning- eli ”ennakkovaroitus” -tyyppisen indikaation tuottaminen.
  - Tällä hetkellä edellä mainitut järjestelmät ovat vielä kehitysvaiheessa, ja edellyttävät suuria datamassoja ja koneoppimiseen tai vastaavaan menetelmään perustuvia järjestelmiä.
- Vedenlaatu tiedon jakaminen kuluttajille
  - Jatkuvatoimisilla laatumittauksilla voidaan täydentää kuluttajille tarkoitettua viranomaisnäytteillä tuotettua vedenlaatu tiedoa.



## Projektin sisältö

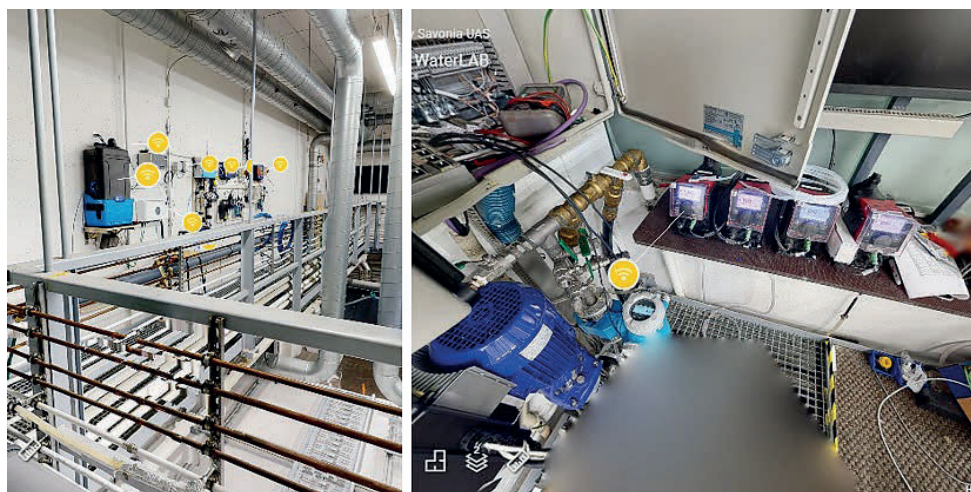
Tässä artikkelissa on esitetty yleisellä tasolla projektin sisältö, sekä yhteenveto projektissa opituista keskeisistä asioista. Valitut laitteet ja valintaperusteet, pilotointivaiheen koejärjestelyt, tutkimusmenetelmät sekä tulokset on esitetty hankkeen loppuraportissa.

Projekti jakaantui kolmeen osaan:

1. Markkinoilla olevien vedenlaatusensoreiden kartoitus
  - Kirjallisuuskatsaus olemassa olevista laitteista
  - Neuvottelut laitetoimittajien kanssa. Neuvotteluissa kartoitettiin mm. laitteiden hintatasoa, asennettavuutta, laitetukea, varaosapalveluita, huollon toimivuutta jne. Lisäksi laitteiden tuottaman datan siirto ja hallintamahdollisuudet selvitettiin tässä vaiheessa.
  - Kirjalliset tarjouspyynnöt (noin puolelle toimittajista)
2. Hankittujen laitteiden testaus Savonian verkostopilotissa (**kuva 2**). Pilot-jakso kesti n. 7 kk. Testaukseen sisältyi mm. mekaanisia skenaarioita (paineiskut, ilman lisäys verkostoon), kemiallisia (esim. putkistosta irtoavien sakkujen kloorin tai muiden kemikaalien yliannostus) ja mikrobiologisia (esim. pintavesi- ja jätevesikontaminaatio). Koejakson jälkeen verkosto huuhdettiin ja tehtiin tehoklooraus, kuten vastaavasti todellisessa verkostotilanteessakin. Seurantajakson aikana seurattiin erityisesti seuraavia tekijöitä mittalaitteiden toiminnassa:
  - Mittalaitteiden tuottaman datan eroavuudet/samankaltaisuudet ja niiden vertaaminen laboratorioanalyysiin saatuihin tuloksiin; mittaustulosten luotettavuuden arviointi
  - Mittalaitteissatapahtuva mahdollinen ryömintä ja/tai muut poikkeamat/muutokset seurantajakson aikana
  - Kalibrintarpeet ja/tai muut huoltotoimenpiteiden tarpeet seurantajakson aikana
  - Muita mahdollisia mittalaitteiden luotettavuutta kuvaavia tekijöitä.
3. Kenttäkokeet. Pilot kokeiden jälkeen laitteita testattiin oikeissa verkosto-olosuhteissa Kuopion Veden verkostossa noin 6 kk ajan. Kokeiden ensisijaisena tarkoituksena oli testata laitteiden tarkkuutta, toimivuutta ja huollettavuutta käytännön olosuhteissa. Toissijaisena tavoitteena oli selvittää minkälaista informaatiota laitteet tuottavat.



**Kuva 1.** Esimerkki jatkuvatoimisen vedenlaatudatan hyödyntämisestä pilottikohteessa. Kuvassa näkyy runkojohdon sulkemisesta johtuvan väripiikin eteneminen verkostossa. Huomaa piikin pieni korkeus normaaliin vaihteluun verrattuna.



Kuva 2. Yleiskuva Savonian vesijohtoverkostopilotista (WaterLoop).

### Hankkeessa opittuja asioita

Yhteenvedo vedenlaatusensoreiden markkinakatsauksesta on esitetty **taulukossa 1**.

- Testatut laitteet toimivat testijakson ajan ilman suurempia käyttökatkoja
- Laitteiden hankintakanavat ja ”laitetuki” ovat vielä kirjavia. Kaikille laitteille ei ole esimerkiksi maahantuojaa. Tästä syystä laitteita hankittaessa on erityisen tärkeää varmistaa, että laitteille on saatavissa riittävää tuotetukea.
- Datan siirto oli yleensä toteutettu laitevalmistajan omaan pilvipalveluun, mutta tiedonsiirtoa tästä eteenpäin ei ollut kuvattu kunnolla tai se puuttui kokonaan.
- On tärkeää varmistaa ennen laitteen hankkimista, että laitteiden ylläpito ja huolto onnistuu joko vesilaitokselta itseltään tai ulkopuolisena palveluna.
- Laitteiden huoltoon ja ylläpitoon tulisi olla riittävästi resursseja. Kokemuksemme mukaan sensoreiden likaantumisherkkyys vaihtelee veden laadun ja asennuspaikan mukaan. Tässä projektissa laitteiden huoltoväliksi arvioitiin 3–4 kk, mutta sopiva huoltoväli tulisi varmistaa koeajoilla asennuskohteessa. Erityisesti optisissa mittareissa havaittiin jonkin verran likaantumista ennen huoltovälin täyttymistä, mikä havaittiin mittauksen ryömimisestä.
- Lisäksi laitteille tarjottava paikallinen huolto- ja varaosapalvelu on vielä vaillinaista. Tämä kannattaa huomioida laitteiden ylläpidossa; esim. tärkeimmät varaosat (esim. sensorit) kannattaa hankkia omaan varastoon.

- Verkostossa tehdyn koejakson aikana havaittiin kohtuullisen selviä ja nopeita veden laadun muutoksia ilman, että verkostossa olisi tapahtunut häiriöitä. Tämä on tärkeää ottaa huomioon tulosten tulkinnassa; on hyvin tärkeä tuntee verkoston normaalit vaihtelut
- Kun vesilaitoksen operointitavat olivat tiedossa, laatu-data data oli kohtuullisen helposti tulkittavissa ja data käyttäytyi loogisesti verrattuna verkostossa tapahtuneisiin veden laadun muutoksiin
- Erilaisia johdannaissuureita mittaavien mittareiden osalta datan tulkinta oli hankalaa ja datasta ei ollut mahdollista tehdä merkittäviä tulkintoja. Mittari havaitsee kyllä muutoksia, mutta sillä ei ole esim. raja-arvoa, jonka jälkeen tilannetta voidaan tulkita kontaminaatioksi.
- Tällä hetkellä markkinoilta löytyvät sensorit ovat toimintaperiaatteeltaan pääasiassa fysikaalis-kemiallisia (johtokyky, pH), optisia (sameus, partikkelit, virtausytometria) tai mikrobien aktiivisuuteen perustuvia (colilert)
- Perinteiset fysikaalis-kemialliset mittaukset toimivat edelleen luotettavimmin ja tuottavat hyödyllisintä informaatiota. Valittaessa mitattavia parametreja, kannattaa valita toisaalta luotettavia mittauksia ja toisaalta mittauksia, joiden tuottama informaatio täydentää parhaiten muita mittauksia. Suositeltavaa voisi olla mitata esim. 2–4 eri parametria kuten johtokykyä, sameutta ja kokonaisklooria. 💧

Taulukko 1. Erilaisia sensorityyppejä.

Kategoria	Laitteen nimi	Hinta	mitä mittaa
Multiparametrisensorit	Pipescan, Prominent	5–15 k€	fys-kem. parametrit
Partikkelimittaukset	Uponor, Pamas	10–15 k€	partikkelit
Mikrobien aktiivisuuteen perustuvat sensorit*	BactControl, EZ-ATP, Colifast, Colilert, Microtox LX	30 –60 k€	mikrobit
Virtausytometriaan perustuvat sensorit	Bactosense, Colisense	n. 50 k€	mikrobit
Muut	Aquamonitrix	n. 30 k€	NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>

\* esim. fluoresenssi