

Vuokko Häkkinen

**SAVIARONKANKAAN POHJAVEDEN PUHDISTUS BIOLOGISELLA MENETEL-  
MÄLLÄ**

# **SAVIARONKANKAAN POHJAVEDEN PUHDISTUS BIOLOGISELLA MENETEL- MÄLLÄ**

Vuokko Häkkinen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Water and Environmental Management  
(ylempi AMK)  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Degree Programme in Water and Environmental Management, tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto

---

Tekijä: Vuokko Häkkinen

Opinnäytetyön nimi: Saviaronkankaan pohjaveden puhdistus biologisella menetelmällä

Työn ohjaaja: Mohamed Asheesh

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 40 +7 liitettä

---

Oulun Vesi liikelaitoksen Saviaronkankaan vedenkäsittelylaitokselle on tulossa lähivuosina saneeraus, jolloin uusitaan prosessi ja laitoksen rakenteet. Saviaron laitokselle on aiemmin tehty prosessivaihtoehtojen kartoitus, jossa selvitettiin Saviaronkankaan vedenkäsittelylaitoksen tilannetta ja tulevaa saneerausta.

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia uuden kehitetyn vedenkäsittelymenetelmän sopivuus Saviaronkankaan pohjaveden puhdistukseen. Menetelmä on kehitetty humuspitoisille pohjavesille, jotka sisältävät myös rautaa ja mangaania. Saviaronkankaan pohjavesilaitoksen saneeraustarpeen vuoksi haluttiin tutkia, soveltuuko uusi kehitetty biologinen menetelmä Saviaronkankaan pohjaveden käsittelyyn. Saviaron vähähappisessa raakapohjavedessä on korkeat rauta-, mangaani- ja humuspitoisuudet.

Menetelmän soveltuvuutta testattiin pilottilaitteiston avulla. Työ tehtiin yhteistyössä Allwatec Oy:n kanssa. Pilottilaitteisto pystytettiin Saviaron vedenpuhdistamolle, jossa tutkittiin uuden menetelmän toimivuus avo- ja painesuodatuslaitteistossa. Vedenlaatua tutkittiin kenttämittareilla ja laboratorionäytteillä. Näytteet tutkittiin pääosin Oulun Veden omavalvontalaboratoriossa, ja osa analyyseistä tilattiin ulkopuolisesta laboratorionäytteistä. Huuhteluvesien määrää seurattiin virtausmittareilla. Tulosten käsittelyssä hyödynnettiin Allwatec Oy:n tuottamaa tietoa pilottilaitoksen ajoista. Tuloksia verrattiin Oulun Veden keräämään tietoon nykyisestä laitoksesta vuosien ajalta.

Oletuksena oli saada tuotettua sosiaali- ja terveysministeriön laatuvaatimukset ja -tavoitteet täyttävää talousvettä ja saada pienennettyä huuhteluvesi- ja kemikaalimäärää. Tuotetun veden laatua verrattiin nykyisiin Saviarossa käytössä olevaan puhdistusmenetelmään. Uuden menetelmän vähäisen käyttökokemuksen vuoksi haluttiin selvittää puhdistusprosessiin osallistuva mikrobisto. Vertailua tehtiin myös huuhteluvesien laadulle ja määrille sekä käytettyjen kemikaalien määrille.

Uudella menetelmällä saatiin hyvin poistettua humusta, rautaa ja mangaania Saviaronkankaan pohjavedestä. Huomionarvoista oli se, että tuotettu vesi oli puhtaampaa kuin nykyisen prosessin vesi väriluvun ja sameuden perusteella. Kokeiden perusteella näyttää siltä, että Allwatec Oy:n kehittämä menetelmä on hyvä vaihtoehto Saviaron saneerausta suunniteltaessa. Oulun Vesi hyödyntää työn tuloksia Saviaron laitoksen kehittämisessä. Menetelmän mahdollisen käyttöönoton yhteydessä tulisi tarkastella vielä erityyppisen veden laadun vaikutusta verkostossa jo olemassa olevan biofilmin toimintaan. Verkostoon johdettavan veden laadun muuttuessa on oletettavaa, että kokonaispesäkeluku voi hetkellisesti kohota verkostonäytepisteissä. Käyttöönoton yhteydessä tulee miettiä tarkoin omavalvonnan näytteenotto ja ylimääräinen verkoston huuhtelutarve.

---

Asiasanat: Oulun Vesi, pohjavesi, vedenpuhdistus, Allwatec Oy, Rauta, Mangaani

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Master Degree Programme in Water and Environmental Management

---

Author: Vuokko Häkkinen

Title of thesis: Groundwater Purification in Saviaronkangas by Biological Method

Supervisor: Mohamed Asheesh

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 40 + 7 appendices

---

The objective of the work was to investigate the suitability of the newly developed water treatment method for the treatment of groundwater in Saviaronkangas. The method has been developed for organic compound containing groundwaters, which also contains iron and manganese. Due to the need to renewate the Saviaronkangas groundwater plant, it was wanted to investigate whether the new developed biological method is suitable for treating Saviaronkangas groundwater. Saviaro's groundwater has high concentrations of iron, manganese and organic compounds, as well as a low oxygen content.

The suitability of the method was tested using pilot equipment. The work was done in cooperation with Allwatec Oy. The assumption was to produce domestic water that met the quality requirements and targets of the Ministry of Social Affairs and Health and to obtain a reduced amount of rinsing water and chemicals. The quality of the water produced was compared with the purification method currently used in Saviaro. A comparison was also made with the quality and quantities of rinsing water and the quantities of chemicals used.

Significant results have been obtained with the new method at removing organic compounds, iron and manganese from the groundwater of Saviaronkangas. It was noteworthy that the water produced was cleaner than the water of the current process in terms of color number and turbidity. Based on the tests, it seems that the method developed by Allwatec Oy is a viable option when planning the renovation of Saviaro.

In connection with the possible introduction of the method, the effect of different types of water quality on the operation of the biofilm already existing in the network should be considered. As the quality of the water supplied to the network changes, it is assumed that the total number of colonies may increase momentarily at the network sampling points. During commissioning, careful consideration should be given to self-monitoring sampling and the need for additional network flushing.

Oulun Vesi utilizes the results of the work in the development of the Saviaro plant. In connection with the possible introduction of the method, the effect of different types of water quality on the operation of the biofilm already existing in the network should be considered. As the quality of the water supplied to the network changes, it is assumed that the total colony count may momentarily increase at the network sampling points. When commissioning, careful consideration should be given to self-monitoring sampling and the need for additional network flushing.

---

Keywords: Oulun Vesi, ground water, water purification, Allwatec Oy, iron, manganese,

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	VEDENPUHDISTUKSEN TEORIAA.....	8
2.1	Talovesiasetuksen laatuvaatimukset ja -tavoitteet.....	8
2.1.1	Rauta .....	9
2.1.2	Mangaani .....	9
2.1.3	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC).....	10
2.2	Raudan ja mangaanin poisto.....	10
2.3	Uusi biologinen menetelmä raudan ja humuksen poistoon .....	11
3	SAVIARON NYKYINEN PUHDISTUSPROSESSI .....	13
3.1	Nykyinen prosessi .....	13
3.2	Raakaveden laatu ja ottoluvat .....	14
3.3	Nykyisen prosessin toimivuus ja tulokset .....	15
4	BIOLOGISEN RAUDAN- HUMUKSEN JA MANGAANINPOISTON KOKEET.....	16
4.1	Pilottilaitoksen prosessi .....	16
4.2	Pilottilaitoksen mitoitussajot .....	17
4.2.1	Suodatin I pH:n kuormituskokeet .....	17
4.2.2	Hiekkasuodattimen padotuskoe, rautakuorma .....	17
4.2.3	Kalkkikivisuodattimen testaus .....	18
4.3	Huuhteluvesimäärä .....	18
4.4	Huuhteluvesien laskeutus- ja saostuskoe.....	18
4.5	Painesuodatuskoe.....	19
5	VEDENLAADUN SEURANTA .....	21
5.1.1	pH, hiilidioksidi ja alkaliniteetti.....	22
5.1.2	Absorbanssi, Abs .....	22
5.1.3	Total organic carbon (orgaanisen hiilen kokonaismäärä), TOC .....	23
5.1.4	Rauta, Fe .....	23
5.1.5	Mangaani, Mn .....	23
5.1.6	Sulfaatti ja kloridi, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ja Cl <sup>-</sup> .....	23
5.1.7	Veden kemiallinen hapenkulutus, COD <sub>Mn</sub> .....	24
5.1.8	Piioksidi (Silika), SiO <sub>2</sub> .....	24
5.1.9	Next-Generation Sequencing, NGS .....	24

6	TULOKSET.....	25
6.1	Kemikaalit.....	25
6.2	Huuhteluvesi.....	25
6.3	Veden laatu .....	30
6.4	Bakteerikartoitus.....	35
6.5	Käytettävyys.....	36
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	37
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	41

# 1 JOHDANTO

Oulun Haukiputaalla Takkurannassa sijaitsee Oulun Vesi liikelaitoksen Saviaron vedenkäsittelylaitos, jossa käsitellään Saviaronkankaalla muodostuvaa pohjavettä. Laitoksen saneeraustarpeen vuoksi Pöyry on tehnyt vedenkäsittelylaitokselle prosessivaihtoehtojen kartoituksen vuonna 2018. Laitoksella on tarve myös rakenteiden kunnostukseen. (1, s. 4.)

Saviaron raakapohjavesi sisältää paljon rautaa, mangaania ja orgaanista ainesta ja vain vähän happea, joten veden laatu aiheuttaa haasteita käsittelyprosessin valintaan. Nykyinen prosessi on huonosti automatisoitavissa, mikä sitoo työvoimaa. Käytännössä se tarkoittaa, että päivystäjä käy viikonloppuisinkin tekemässä hiekkojen huuhtelut manuaalisesti. Myös prosessikemikaalien laimennokset joudutaan tekemään käsin. Nykyinen prosessi toimii panosprosessilla eikä ole siten koko vuorokautta käytössä. Tuotetun veden rautapitoisuutta joudutaan seuraamaan veden käsittelylaitoksella lähes päivittäin kenttämittarilla. Käytössä olevan prosessin tilalle halutaan saneerata nykyaikaisempi vedenkäsittelymenetelmä, joka on automatisoitavissa. Tulevan saneerauksen jälkeen hiekkojen huuhteluedet johdetaan edelleen laskeutusaltaan kautta läheiseen Lahdenojaan.

Tässä opinnäytetyössä testataan pilottilaitoksen avulla, soveltuuko uusi raudan ja humuksen poistoon kehitetty menetelmä Saviaron raakapohjaveden käsittelyyn. Raakaveden ottomäärää on tarkoitus nostaa tulevan saneerauksen yhteydessä Pohjois-Suomen vesioikeuden päätöksen mukaiselle määrälle eli 2 500 m<sup>3</sup>/d. (2; 3.)

## 2 VEDENPUHDISTUKSEN TEORIAA

### 2.1 Talusvesiasetuksen laatuvaatimukset ja -tavoitteet

Talousvedessä ei saa olla pieneliöitä tai loisia taikka mitään aineita sellaisina määrinä tai pitoisuuksina, joista voi aiheutua terveyshaittaa ihmisille. Talusveden on täytettävä sosiaali- ja terveysministeriön asettamat laatuvaatimukset. (4.)

Talusveden on oltava myös muuten käyttötarkoitukseensa soveltuvaa. Se ei saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai haitallisten saostumien syntymistä vedenjakeluverkostossa, kiinteistön vesilaitteistossa eikä vedenkäyttölaitteissa. Käyttökelpoisuuteen perustuvista talusveden laatuvaatimuksesta säädetään talusvesiasetuksessa. (4.) Veden laadun vaikutusta metallien korroosioon voidaan arvioida syövyttävyysindeksin avulla. Kloridit ja sulfaattit kiihdyttävät korroosiota, joten niitä tulisi olla vedessä mahdollisimman vähän. Korroosivaikutuksen pienentämiseksi alkaliteetin tulisi olla sitä suurempi, mitä korkeammat sulfaatti- ja kloridipitoisuudet vedessä ovat. KAAVA 1 esittelee KAAVA 1 syövyttävyysindeksin laskukaavan. (5.)

$$\frac{\text{Alkaliteetti } \text{mmol/l}}{\frac{\text{Sulfaatti } \text{mg/l}}{48} + \frac{\text{Kloridi } \text{mg/l}}{35,5}} \geq 1,5$$

KAAVA 1. Syövyttävyysindeksi (5)

Talusvesiasetuksessa määrätään vettä toimittava laitos varmistamaan vedenkäsittelyn asianmukaisuus ja veden laatu koko tuotantoketjussa. Talusvesiasetuksessa kerrotaan vedenlaadun muuttujien enimmäisarvot ja niiden perusteet. Raudan laatuvaatimus on <200 µg/l ja mangaanin <50 µg/l, orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC) arvoksi on annettu *ei epätavallisia muuttujia*. (4; 5.)



### 2.1.1 Rauta

Suomen pohjavesissä rautaa esiintyy luontaisesti. Jakeluverkostossa talousveteen sitä voi liueta myös jakelukulusteiden ja -verkon materiaaleista. Rauta voi saostua jo hyvin pieninä määrinä ja aiheuttaa teknistä ja esteettistä haittaa saostumien lähtiessä liikkeelle. Suuret rautapitoisuudet aiheuttavat ruosteen makua veteen, kerrostumia vesikalusteisiin ja pyykin tahrautumista. (5.)

Suurina pitoisuuksina juomaveden rauta aiheuttaa ruoansulatuskanavan ärsytystä, mutta veden nauttiminen ei ole silloin enää mahdollista sen ulkonäön ja maun vuoksi. Raudan laatuavoite <200 µg/l on asetettu sen teknisten ja esteettisten haittojen vuoksi. (5.)

### 2.1.2 Mangaani

Pohjavesissä mangaani esiintyy yleensä raudan kanssa. Maa- ja kallioperästä johtuen pitoisuudet voivat luonnostaan olla suuria. Mangaani on neurotoksinen metalli, joka uusien tutkimustulosten mukaan on haitallinen erityisesti lapsille. Yhteys lasten oppimis- ja käyttäytymishäiriöihin ja jopa alempaan älykkyydosamäärään on todettu, kun juomaveden mangaanipitoisuus on ollut suurempi kuin 100 µg/l. Suuri mangaanipitoisuus saattaa olla haitallinen myös aikuisille. (5.)

Mangaani aiheuttaa veteen epämiellyttävää makua sekä pyykin värjäytymiä ja kerrostumia vesikalusteisiin. Jo pienet pitoisuudet aiheuttavat kerrostumien syntymistä. Liikkeelle lähteneet kerrostumat tahraavat voimakkaasti. Saostumia voidaan puhdistaa verkostosta verkostoa huuhtelemalla. (5.)

Esteettisten ja teknisten seikkojen vuoksi mangaanin laatuavoitteeksi on asetettu enintään 50 µg/l. Laatuavoitteen enimmäismäärää noudattamalla saadaan suoja myös terveyshaitoilta. Maailman terveysjärjestö on antanut terveysperusteisen enimmäisarvon 400 µg/l, jolloin vettä ei tulisi käyttää talousvetenä ilman mangaanin poistoa. (5.)

Käytännössä tuotetun veden rauta- ja mangaanipitoisuuksien tulisi olla asetettuja arvoja paljon pienemmät verkoston sakkautumien vuoksi. Raudan tavoitearvo tulisi olla 10–20 µg/l ja mangaanin <5 µg/l. (6.)

### 2.1.3 Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)

Orgaanisen hiilen määrä kuvaa veden sisältämää orgaanisen aineksen määrää hiilipitoisuutena. TOC-pitoisuus ei riipu hapettuvuudesta, joten se antaa oikeamman kuvan veden orgaanisen aineen määrästä kuin  $\text{KMnO}_4$ -luku. Biologisesti hajoava orgaaninen aine ohjaa osaltaan bakteerien kasvua verkostossa. Biologinen toiminta pienentää TOC-arvoa, nostaa kokonaispesäkelukua ja aiheuttaa hajua- ja makuhaittoja. (5.)

Talousvesiasetuksessa TOC-arvo sisältyy laatuavoitteisiin ja sitä on seurattava, jos laitos toimittaa vettä yli 10 000 m<sup>3</sup>/vrk. Toimenpiteisiin on ryhdyttävä, jos TOC-pitoisuudessa tapahtuu epätavallinen muutos. Orgaanisen hiilen kokonaismäärälle ei ole annettu enimmäismäärää. Pitoisuutta on pienennettävä, jos siitä aiheutuu välillistä haittaa. (5.)

## 2.2 Raudan ja mangaanin poisto

Rauta ja mangaani voidaan poistaa erilaisilla menetelmillä. Saostamalla, adsorptiolla, ionin vaihdolla tai biologisesti. Vedenkäsittelymenetelmät perustuvat näihin tai näiden yhdistelmään. Saostumista tapahtuu raudan tai mangaanin hapettua sekä kylläisessä liuoksessa. Liuenneen raudan liukoisuus pienenee, kun pH nousee yli kymmeneen, jolloin se saostuu. Kalkkikivisuodatuksessa pH:n nousu vähentää liukoisuutta, ja rauta saadaan saostumaan. Rauta voidaan saostaa myös hapettamalla se kahden arvoisesta raudasta kolmenarvoiseksi. Saostamisen ensimmäinen vaihe on saada mangaani ja rauta hapettumaan liukenemattomaan muotoon. Mangaani saostuu samalla tavalla. Se muodostaa mangaanidioksidia, jonka liukoisuus on nolla, kun pH nousee yli kuuden. Rauta- ja mangaanisakka poistetaan vedestä sedimentaatiolla ja suodattamalla. Rauta ja mangaani voidaan poistaa myös pinnoilla oleviin oksideihin. Oksidien on oltava hapettuneina, jotta sorptio tapahtuu. Tässä tilanteessa raudan ja mangaanin poisto on nopeaa. Tilan ylläpitämiseksi voidaan käyttää mm. permanganaattia. Oksidien muodostuminen hiekan tai antrasiitin pinnalle voi kestää viikkoja. Adsorptiokyky riippuu oksidikerroksen paksuudesta ja hapettuvuudesta. (7, s. s.117–118, 123–124; 8, s.281.)

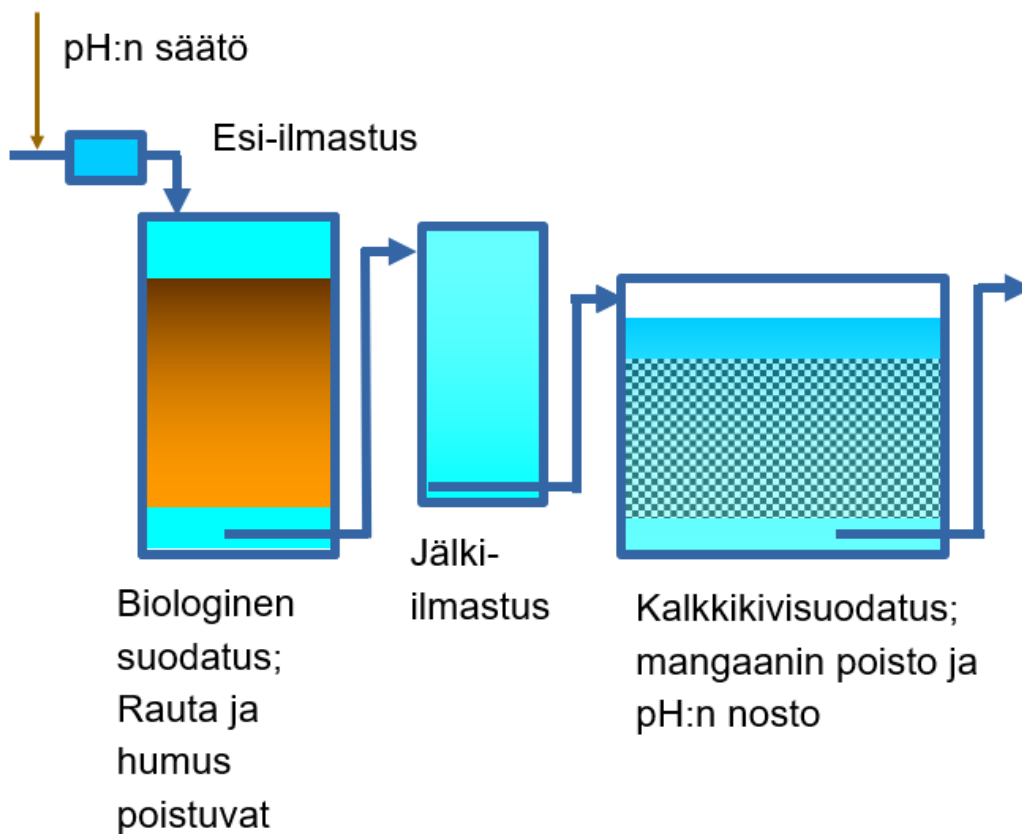
Ioninvaihto on tehokas menetelmä oikeissa olosuhteissa. Pelkistyneissä muodoissa olevat kahdenarvoiset rauta- ja mangaani-ionit saadaan vaihdettua kationinvaihtohartsilla natriumioneihin. Hartsia pitää ladata säännöllisesti suolaliuoksella. Hapettimien läsnä ollessa

ioninvaihtohartsin likaantuu ja toiminta häiriintyy. Jotkut valmistajat suosittelivat menetelmää vesille, joissa on pienet pitoisuudet rautaa ja mangaania. (7, s.124–125.)

Rauta ja mangaani voidaan poistaa myös tiettyjen autotrofisten bakteerien avulla, kuten *Gallionella*, *Crenothrix*, *Leptothrix* ja *Shearotilus*. Mangaanin poistamiseen osallistuvat autotrofiset bakteerit eivät tarvitse hiiltä ravinnonlähteekseen, vaan voivat ottaa energian epäorgaanisten yhdisteiden hapetus- ja pelkistysreaktioista. Bakteerit tarvitsevat happea poistaakseen raudan ja mangaanin tehokkaasti. Ne voivat kuitenkin elää hapen puutteessa. Raudan ja mangaanin poistoon spesifioituneet bakteerit elävät eri redox- ja pH-olosuhteissa, joten optimaaliseen poistoon tarvitaan kaksi erillistä prosessia. Molemmat prosessit tarvitsevat käynnistykseen aikaa, jotta bakteeripopulaatio saavuttaa riittävän tiheyden. Käynnistyessään biologinen raudan ja mangaanin poisto on nopea. Biologinen prosessi kestää lyhyitä pysäytysjaksoja, mutta pidempien pysäytysjaksojen jälkeen se voi vaatia hieman aikaa käynnistykseen ja toimiakseen taas tehokkaasti. Bakteeristö tulisi pitää märkänä, kun biologinen poisto ei ole käytössä, jolloin uudelleen käynnistysaika on lyhyempi. (7, s.125–126.)

### **2.3 Uusi biologinen menetelmä raudan ja humuksen poistoon**

Allwatec Oy on kehittänyt biologisen menetelmän raudan ja humuksen poistoon, jossa aluksi pH lasketaan raudan kemiallisen hapettumisen estämiseksi. Sopiva pH-taso optimoidaan raakaveden laadun perusteella. Happamoitu vesi ilmastetaan kevyesti ennen biologista suodatusta. Suodatus voi tapahtua avo- tai painesuodatuslaitteistossa. Rauta saostuu biologisesti suodattimeen ja sitoo myös humuksen. Raudan hapettuminen suodattimessa laskee pH-arvoa. Optimiolosuhteet tulevan laitoksen mitoittamiseksi haetaan aina pilottikokeilla. Hiekkasuodatuksen jälkeen liika hiilidioksidi poistetaan ilmastuksella ja veden laadun mukaan jälkisuodatus tapahtuu joko kalkkikivi- tai hiekkasuodatuksella. KUVA 1 on esitetty menetelmän prosessikaavio. Painesuodatus on todettu tehokkaammaksi menetelmäksi kuin avosuodatus. Painesuodatuksen vaikutus näkyy etenkin hukkavesien määrän pienentymisenä. Painesuodatusmenetelmä on käytössä Jepuan vedenpuhdistamolla, jossa huuhteluvesimäärä on hiekkasuodattimella 1% ja kokonaisuudessaan n. 2%. (6.)



KUVA 1. Prosessin kuvaus

Menetelmässä ei tarvita saostuskemikaaleja eikä erillistä humuksen poistoa, saostusta ja selkeytystä, jolloin rakentamiskustannukset laskevat 30–50 % ja käyttökustannukset jopa 50 %. Kemialliseen puhdistamiseen verrattuna hukkavesimäärä pienenee 10–15 prosentista 1–2 %:iin. Menetelmällä saadaan puhdistettua raakavesiä, joissa rautapitoisuus on korkea, jopa 20 mg/l ja COD<sub>Mn</sub> 7–9 mg/l (humus). Menetelmällä on saatu puhdistettua vesiä talousvesiasetuksen vaatimalle tasolle, jolloin rautapitoisuus on ollut ≤0,01 mg/l ja COD<sub>Mn</sub> 0,8–10 mg/l. Menetelmällä on tehty suodatuskokeiluja useammalla eri laitoksella avo- ja painesuodatuksella. Menetelmällä on saatu rautakuormaa kasvatettua jopa 9 kg/suodatin m<sup>2</sup>/huhitteluväli, kun kemiallisen suodatuksen rautakuorma on ollut 0,2 kg/m<sup>2</sup> ja perinteisen biologisen suodatuksen 1,0 kg/m<sup>2</sup>. Mangaani on poistettu jälkisuodatuksella. (6; 9.)

### 3 SAVIARON NYKYINEN PUHDISTUSPROSESSI

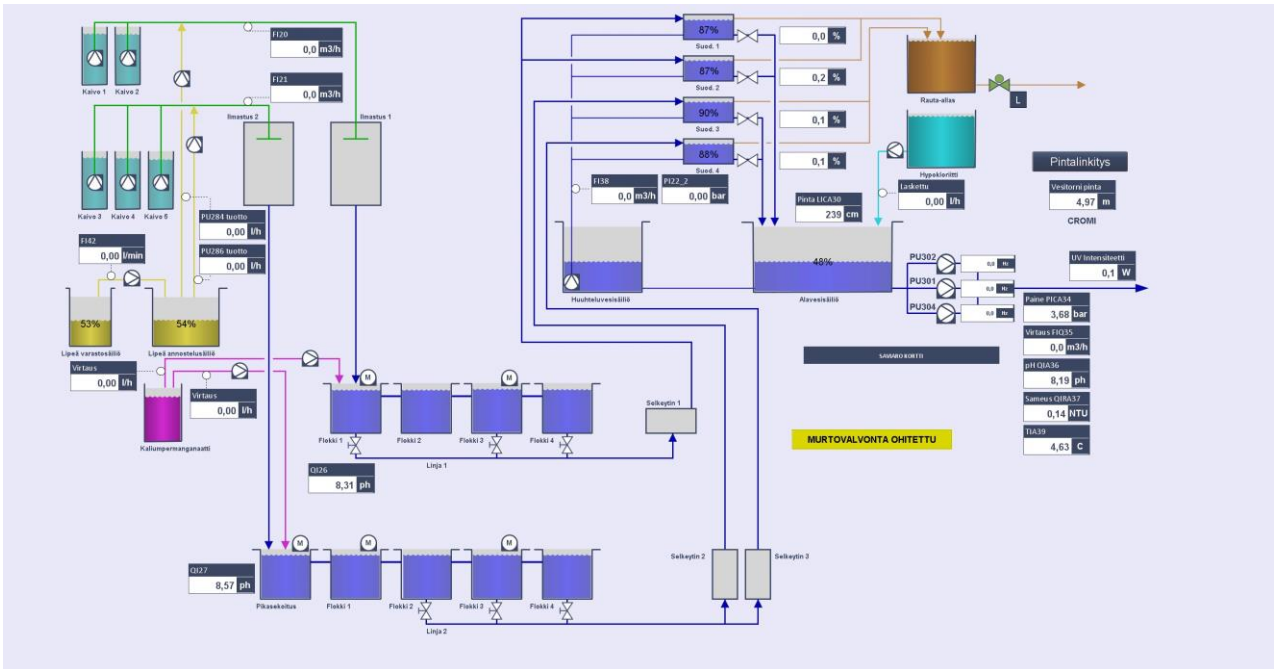
Saviaron vedenkäsittelylaitos on rakennettu 1959, laajennettu 1978 ja saneerattu 2011. Laitokselle vesi otetaan viidestä siiviläputkikaivosta, kahta eri linjaa pitkin. Vettä käsitellään Saviaron laitoksella kulutushuippujen aikaan ja vesitornia täytettäessä. Laitoksella on käytössä panosprosessi eli laitos on käytössä n. 8 h päivässä. Lisäksi Saviaron vettä johdetaan Haukiputaan eteläosan verkostoon. (1, s. 9–10; 3; 10, s. 24; 11.)

Laitos vaatii ikänsä puolensa manuaalista käyttöä, mikä sitoo työvoimaa myös viikonloppuisin. Prosessin toiminnan vuoksi laitosalueella joudutaan varastoimaan ja käsittelemään alkalointi- ja hapetuskemikaaleja, mikä altistaa työntekijät päivittäin kemikaaleille.

#### 3.1 Nykyinen prosessi

Saviaron vedenkäsittelylaitokselle vesi pumpataan kahta linjaa pitkin. KUVA 2. Saviaron nykyisen prosessin kuvaus ( esittelee Saviaron prosessikuvauksen. Linjaan 1 johdetaan vesi kaivoista 1 ja 2, linjaan 2 kaivoista 3, 4 ja 5. Aikaisemmin tehtyjen saneerauksien vuoksi prosessi on jaettu kahdelle eri linjalle, joista tuotettu vesi johdetaan alavesisäiliöön ennen verkostoon jakamista. Laitokselle tuleva raakavesi alkaloidaan lipeällä, ilmastetaan, hapetetaan kaliumpermanganaatilla, johdetaan flokkausaltaisiin, selkeytetään, suodatetaan ja lopuksi UV-desinfioidaan. (11.)

Alkalointiin käytetään 50 % natriumhydroksidia, joka laimennetaan 20-prosenttiseksi käyttöliuokseksi, ennen prosessiin syöttämistä. Alkalointikemikaali syötetään ennen ilmastusta pH:n nostamiseksi. Ilmastuksesta kaivojen 1 ja 2 vesi johdetaan suoraan flokkausaltaisiin, kaivojen 3, 4, ja 5 vesi pikasekoituksen kautta omiin flokkausaltaisiinsa. 1-prosenttinen hapetuskemikaali syötetään linjalla 1 ensimmäiseen flokkausaltaaseen, linjalla 2 pikasekoitukseen. Molemmilla linjoilla on käytössä selkeyttimet, joiden jälkeen vesi suodatetaan hiekkasuodattimilla ja johdetaan alavesisäiliöön. Alavesisäiliölle on valmius natriumhypokloriitin syöttöön ongelmatilanteissa. Vesi UV-desinfioidaan ennen verkostoon johtamista. (10, s. 24; 11.)



KUVA 2. Saviaron nykyisen prosessin kuvaus (11)

Suodattimien huuhteluvesi johdetaan rauta-altaan kautta Lahdenojaan. Altaassa sakka vajoaa pohjalle ja pinnalle jäänyt kirkkaampi kerros johdetaan Lahdenojaan. Sakka poistetaan imuautolla kaksi kertaa viikossa. Suodatinviesien vaikutusta Lahdenojaan seurataan näytteenotolla kaksi kertaa vuodessa

### 3.2 Raakaveden laatu ja ottoluvat

Saviaron raakapohjavedessä on korkeat rauta- ja mangaanipitoisuudet, lisäksi orgaanisen aineksen määrä on suuri ja vesi on vähähappista. Raakapohjaveden laatua tutkittiin kaivokohtaisesti v. 2018, prosessivaihtoehtojen kartoittamisen yhteydessä. Happipitoisuutta on alettu seuramaan tarkemmin vuonna 2020 kenttämittauksilla, jolloin happipitoisuuden on todettu olevan 0,05–0,15 mg/l. (11.) Raakaveden laatua seurataan omavalvontanäytteillä neljä kertaa vuodessa, linja 1 ja linja 2 omina näytteinään. Pohjois-Suomen vesioikeuden päätöksen mukaan vedenottamosta voidaan pumpata vettä 2 500 m<sup>3</sup> /d kuukausikeskiarvona laskettuna (2.). Pumppausmäärä nykyisin on noin 1 300 m<sup>3</sup> /d (3.)

### 3.3 Nykyisen prosessin toimivuus ja tulokset

Vuosina 2013–2020 laitokselta lähtevän veden laatu on täyttänyt sosiaali- ja terveysministeriön asettamat laatuvaatimukset ja -tavoitteet, lukuun ottamatta yksittäisiä ja satunnaisia korkeita rautapitoisuuksia. Hiekkasuodatuksesta otetuissa näytteissä rautapitoisuus on ollut 0,04–0,10 mg/l, TOC 3,4–3,6 mg/l ja sameus 0,10–0,24 FTU. (11.) Huuhteluvesimäärä on ollut n. 10 % (11.) Kaliumpermanganaatin kulutus on ollut n. 1 200 kg/vuosi ja 50 % natriumhydroksidin kulutus n. 37 000 kg/vuosi. Liitteessä 2 on taulukoitu kemikaalimäärät.

## 4 BIOLOGISEN RAUDAN- HUMUKSEN JA MANGAANINPOISTON KOKEET

### 4.1 Pilottilaitoksen prosessi

Pilottilaitos pystytettiin nykyisen laitoksen sisätiloihin (KUVA 3. Avosuodatuslaitteisto). Raakavesi johdettiin pilottilaitokseen linjoja 1 ja 2 pitkin. Rikkihappolaimennos syötettiin virtaamaohjattuna erillisestä astiasta pH:n alentamiseksi raakavesilinjaan ennen ilmastusta. pH:n muutosta seurattiin jatkuvatoimisella pH-mittarilla sekä kenttä- ja laboratoriomittauksin. Avosuodatuksessa lautasilmastuksessa happipitoisuus säädettiin n. 3–5 mg/l:n tasolle. Ilmastuksesta vesi johdettiin hiekkasuodattimelle (HST 400 x 1500, pohjalla karkea hiekka 100 mm ja 0,8–1,2 mm:n hiekkaa 900 mm). Hiekkasuodattimella pyrittiin poistamaan vedestä rauta ja humusaineet ja pienentämään hapettuvuusluku. Hiekkasuodattimen alta vesi johdettiin pohjailmastimelle (HST 400 x 1500), jossa veden happipitoisuus saatiin nousemaan mangaaninpoiston käynnistymiseksi. Ilmastuksesta happipitoinen vesi johdettiin edelleen kalkkikivisuodattimelle (HST 400 x 1500, pohjalla karkea hiekka 100 mm ja 3 mm:n kalkkikiveä 900 mm), jossa saatiin veden pH nousemaan ja mangaanipitoisuus pieneneään.



KUVA 3. Avosuodatuslaitteisto



Pilottilaitoksen asennuksen jälkeen raakaveden virtaus ja hapon syöttö käynnistettiin ja raudan poiston annettiin rauhasa käynnistyä hiekkasuodatuksella, jonka jälkeen aloitettiin mitoitussajot. Menetelmän toimivuutta testattiin puoli vuotta kestävässä avosuodatuskokeessa, jonka jälkeen siirryttiin painesuodatuskokeeseen. Allwatec Oy antoi ohjeistuksen prosessin säätöihin, jotka toteutettiin pilottilaitoksella Oulun Veden henkilökunnan toimesta. Tulosten käsittelyyn ja johtopäätösten tekoon käytettiin Allwatec Oy:n tuottamaa aineistoa kokeen tuloksista, jotka on esitetty liitteessä 1/1–1/8.

## **4.2 Pilottilaitoksen mitoitussajot**

Pilottilaitoksella suoritettiin hiekkasuodattimen mitoitussajoja, joilla saatiin testattua hiekkasuodattimen pH:n optimaalinen toiminta-alue, rautakuorma ja maksimivirtaama. Tuloksia tarkasteltiin yhdessä Allwatec Oy:n kanssa, joka laati tuloksista yhteenvedon mahdollista tulevaa mitoitustarvetta varten.

### **4.2.1 Suodatin I pH:n kuormituskokeet**

Hiekkasuodattimen pH-arvoa nostettiin vähentämällä hapon syöttöä. Tarkoitus oli optimoida kemikaalinsyöttö ja optimoida pH-alue siten, että rauta vielä poistuu suodattimella. Kokeen aikana suodattimen toimintaa seurattiin kenttämittauksin ja laboratorioanalyysien. pH kuormituskokeen aikana analysoitiin lisäksi COD<sub>Mn</sub> pH:n ollessa korkeimmillaan ja matalimmillaan, jotta saatiin selville pH:n vaikutus orgaanisen aineksen määrään.

### **4.2.2 Hiekkasuodattimen padotuskoe, rautakuorma**

Padotuskoe suoritettiin nostamalla virtaamaa ja muuttamalla suodatuksen padotusta. Padotuskokeella selvitettiin suodattimen rautakuorma eli rautamäärä joka on kertynyt suodatinneliötä kohti huuhtelujen välillä. Myös maksimivirtaama testattiin, jolloin virtaamaa nostettiin käytetystä 4 l:sta/min 9 l/min:n tasolle. Virtauksen muutos tarkoitti muutosta viipymässä. Muutoksen vaikutusta seurattiin kenttä- ja laboratoriomittauksin.

### **4.2.3 Kalkkikivisuodattimen testaus**

Kalkkikivisuodatinta testattiin pienentämällä virtausta ja muutoksia seurattiin rauta-, mangaani- ja happituloksista. Ennen veden johtamista kalkkikivisuodattimelle tuleva vesi ilmastettiin, jolloin vedestä poistettiin liika hiilidioksidi ja veteen saatiin riittävästi happea mangaanin poistamiseksi kalkkikivisuodatuksessa. Mangaanin poistuminen käynnistyy yleensä muutamassa kuukaudessa, kun oksidikerros on syntynyt kivien pintaan. (6.)

### **4.3 Huuhteluvesimäärä**

Huuhteluvesimääriä seurattiin jokaisen huuhtelun yhteydessä. Tulosten käsittelyssä käytettiin koko pilottilaitteiston käytön aikainen keskiarvo huuhteluvesistä ja laitteiston läpi johdetun veden määrästä, koska eri mitoitusajojen aikainen huuhtelutarve vaihteli. Tulosten tarkastelussa käytettiin koeajon keskiarvoa sekä optimiolosuhteiden huuhteluvesimäärää. Avo- ja painesuodatuksen aikaiset vesimäärät käsiteltiin erillisenä. Mitoitusajoilla haettiin optimaalinen huuhteluväli. Saviaron nykyisen laitoksen huuhteluvesimäärän tiedot saatiin Oulun Vedellä käytössä olevasta Cromi-automaatiojärjestelmästä, josta kriittisesti tarkastellen valittiin vuoden 2020 aikana huuhteluun ja verkostoon johdettujen vesien määrät. Laskuista jätettiin pois tammikuun lukemat, jotka olivat selkeästi virheelliset.

### **4.4 Huuhteluvesien laskeutus- ja saostuskoe**

Hiekkasuodattimen huuhteluvesille tehtiin laskeutuskoe, jossa seurattiin sakan laskeutumista aistinvaraisesti 0,5, 1, 3, 12, 24, 48 ja 72 tunnin kuluessa. Laboratorionäytteet otettiin alkutilanteesta sekä 24, 48 ja 72 tunnin laskeutumisen jälkeen. Näyte otettiin näyteastian päältä kirkkaasta faasista, koska tarkoituksena oli tutkia mahdollisesti tulevaisuudessa Lahdenojaan johdettavan veden laatua.

Hiekkasuodattimen huuhteluedelle tehtiin myös polymeerikoe, jotta saataisiin selville, saadaanko sakka saostumaan ja laskeutumaan nopeammin ja olisiko mahdollista tehostaa huuhteluvesien käsittelyä. Huuhteluedestä tehtiin kiintoaine- ja rauta-analyysit lähtötilanteen selvittämiseksi. Rautapitoisuus määritettiin myös 0,45 µm suodattimella suodatetusta näytteestä, jolloin saatiin selville huuhteluedessä liukoisessa muodossa ollut rauta.

Kokeessa käytettiin Superfloc A-100HMW anionista polymeeriä, josta valmistettiin 0,1 %:n liuos edellisenä päivänä. Huuhteluveden kiintoaineen oletettiin olevan n. 0,5 g/l, polymeeriannostelun oletettiin olevan 2 g/SSkg. Näiden oletusten perustella laskettiin polymeeriannostuksen olevan 10 ml/l. Lisäksi mukaan otettiin kymmenen kertaa pienempi annostus, koska oikeaa annostusta ei tarkalleen tiedetty. Testissä oli siis 3 \* 1,5 l huuhteluvettä, jossa ensimmäiseen ei lisätty polymeeriä, toiseen lisättiin 1,5 ml ja kolmanteen 15 ml.

Kaikista kolmesta polymeerikokeen näytteestä otettiin kuvat 15 min, 30 min, 45 min, 60 ja 75 min ja 120 minuutin jälkeen. Koe lopetettiin 75 min jälkeen, koska erot olivat selvät. Kokeen lopussa otettiin myös näytteet rauta-, kiintoaine ja pH-analyysiin. Tuloksia verrattiin käytössä olevan laitoksen huuhteluviesien analyysituloksiin. Vertailussa käytettiin Saviaron vesistötarkkailutuloksia useamman vuoden ajalta. Vesistötarkkailunäytteidenotto ja analysointi on tilattu palveluntuottajalta. Näytteinä on ollut sakka-altaasta purkuojaan tuleva vesi sekä purkupisteen ylä- ja alapuolelta useampi näytepiste. Vertailussa ei otettu kantaa huuhteluviesien vaikutukseen Lahdenojaan vaan huuhteluviesien laatuun.

#### **4.5 Painesuodatuskoe**

Painesuodatuksella tarkoitetaan veden johtamista umpinaiseen suodattimeen paineenalaisena. Vesi johdetaan esimerkiksi 1 barin paineen alaisena suodatuksen läpi, josta se johdetaan eteenpäin prosessin seuraavaan vaiheeseen. (6.) Painesuodatuskoe tehtiin erillisellä laitteistolla avosuodatuskokeen jälkeen. KUVA 4 on esitetty painesuodatuslaitteisto. Painesuodatinlaitteistolla testattiin suodattimelle kertyvä rauta ja pintakuorma.

Rautakuorman selvityksen jälkeen laskettiin pH:ta eli lisättiin hapon syöttöä, seurattiin laboratorioanalyysien tuloksia ja niiden perusteella valittiin sopivin toiminta-alue ja aloitettiin pintakuormatestit. Pintakuorma testattiin kasvattamalla veden virtaamaa. Suodatinmassan huuhteluväliä seurattiin kokeen aikana.



KUVA 4. Painesuodatuslaitteisto

## 5 VEDENLAADUN SEURANTA

Pilottilaitoksella vedenlaadun seurantaan käytettiin KUVA 5 olevaa kannettavaa kaksikanavaista Hach-mittaria, johon liitettiin pH- ja happianturit.

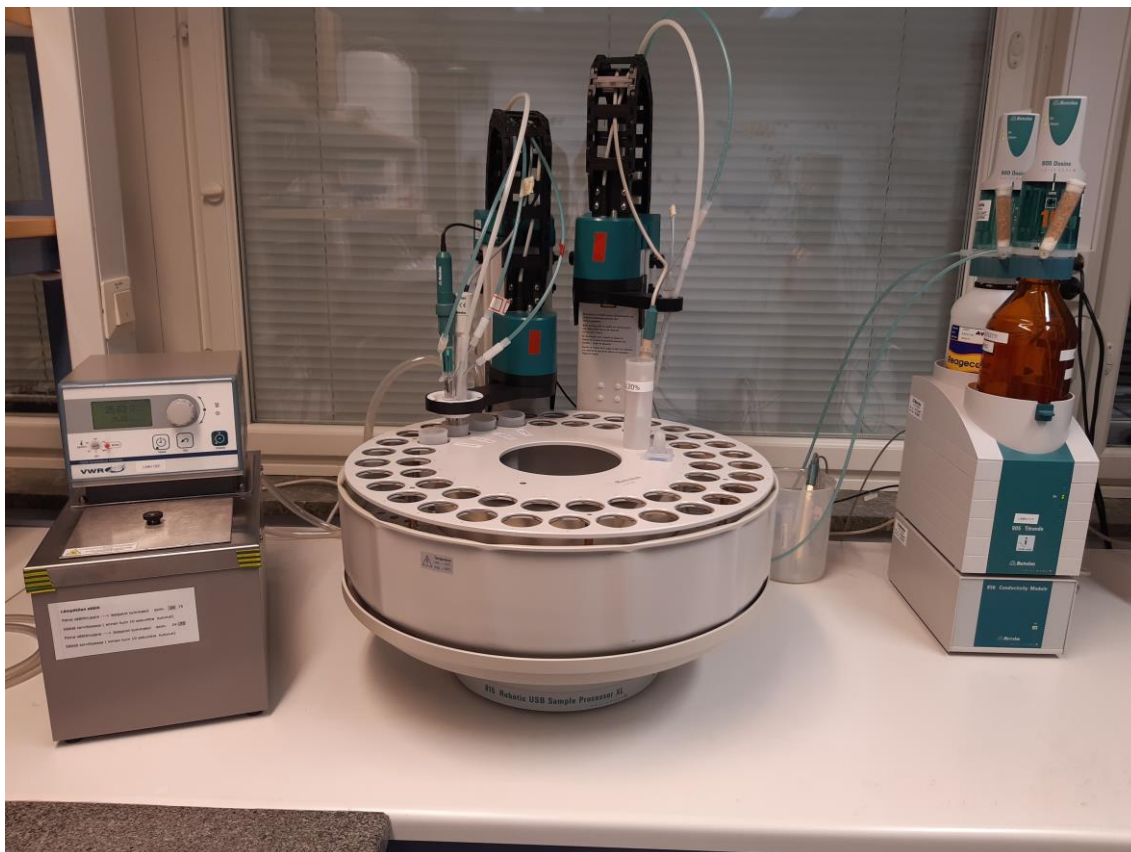


*KUVA 5. Hach-kenttämittari ja happianturi*

Laboratorioanalyseissä hyödynnettiin Oulun Veden omavalvontalaboratorion laitekantaa ja menetelmiä. Normaalseurannan tutkittavina parametreina olivat pH, CO<sub>2</sub>, alkaliniteetti, absorbanssi, TOC, Fe, Mn, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ja Cl<sup>-</sup>. SiO<sub>2</sub> ja COD<sub>Mn</sub> analytiikka ostettiin Eurofins Ahma Oy:lta ja bakteeriyhteisöjen rakenteen selvittämiseksi NGS-analytiikka ja tulosten tulkinta Teollisuuden Vesi Oy:lta. Ennen pilottilaitteiston purkamista otettiin näytteet kakkikivisuodatuksen jälkeen ja Saviaron nykyisen laitoksen verkostoon lähtevästä vedestä. Näytteet analysoitiin laajasti omavalvontalaboratoriossa, ja selvitettiin prosessien vedenlaatueroja. Tuloksia verrattiin sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön talousvesiasetuksen laatuvaatimuksiin ja -tavoitteisiin.

### 5.1.1 pH, hiilidioksidi ja alkaliniteetti

pH-, hiilidioksidi- ja alkaliniteettiarvoja seurattiin kemikaalin syöttömäärän ja prosessin optimoinnin saavuttamiseksi. Analysointiin käytettiin KUVA 6 olevaa Metrohm-monitoimitraattoria.



KUVA 6. Metrohm-titraattori

Näytteet mitattiin analysiputkeen ja termostoititiin vesihauteessa 25 °C:seen ennen analysointia. Laite analysoi näytteet valmiin ohjelman ja luodun sekvenssin perusteella. Analyysimenetelmät perustuivat potentiometriseen titraukseen SFS 3005 -standardiin, veden alkaliteerin ja asiditeetin määrittäminen.

### 5.1.2 Absorbanssi, Abs

Absorbanssi mitattiin jokaisesta prosessin osasta, jotta pystyttiin selvittämään veden puhdistuminen prosessin edetessä. Absorbanssi mitattiin Shimadzu UV-1800 -spektrofotometrillä, aallonpituudella 254 nm. Raakaveden absorbanssilukeman tiedettiin olevan epätarkka vedessä

nopeasti hapettuvan raudan vuoksi, joka vaikutti lopulliseen tulokseen. Absorbanssi pyrittiin mittaamaan heti näytteen saavuttua laboratorioon.

### **5.1.3 Total organic carbon (orgaanisen hiilen kokonaismäärä), TOC**

Veden TOC-tuloksen perusteella voitiin selvittää veden puhdistumista eri prosessin vaiheissa. TOC-tulos kertoo veden orgaanisen hiilen kokonaismäärän. Se ei kerro orgaanisen aineen laatua. Käytetyssä menetelmässä mitattiin kokonaishiilen ja epäorgaanisen hiilen määrät, joiden erotuksena saatiin orgaanisen hiilen määrän. Tulos korreloi vahvasti myös absorbanssituloksen kanssa. Käytetty menetelmä perustui SFS-EN 1484 -standardiin.

### **5.1.4 Rauta, Fe**

Rauta-analyysiin käytettiin spektrofotometrillä Merck 0.0025 - 5.00 mg/l Fe Spectroquant® -menetelmää. Menetelmässä pelkistettiin kolmen arvoinen rauta, joten sillä saatiin määritettyä näytteen kokonaisrautapitoisuus. Veteen liuennut rauta saatiin määritettyä suodattamalla näyte 0,45 µl ruiskusuodattimella.

### **5.1.5 Mangaani, Mn**

Mangaanin määrittäminen tehtiin spektrofotometrisesti Merckin 0.010 - 10.00 mg/l Mn Spectroquant®-menetelmällä. Kaikista näytteistä tehtiin myös värinäyte, joten näytteen oma väri ei aiheuttanut tuloksiin virhettä.

### **5.1.6 Sulfaatti ja kloridi, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ja Cl<sup>-</sup>**

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ja Cl<sup>-</sup>-määrittäykset tehtiin Dionex ICS-5000 -ionikromatografilla. Sulfaattipitoisuuden nousu korreloi suoraan prosessiin syötetyn rikkihapon määrään. Sulfaattimäärän muutoksesta raakaveden ja suodattimen välillä pystyttiin laskemaan tarvittavan rikkihapon määrä laitosmittakaavassa. Kloriditulosta tarvittiin laskettaessa tuotetun veden syövyttävyysindeksiä.

### **5.1.7 Veden kemiallinen hapenkulutus, COD<sub>Mn</sub>**

Veden kemiallinen hapenkulutus kertoo kaliumpermanganaatin orgaanisen aineksen hapetuskyvyn, ja se kuvaa veden orgaanisen aineksen määrän. Kemiallinen hapenkulutus määritettiin avosuodatuslaitteiston pH-kuormituskokeen aikana pH:n ollessa ääripäissään. Analyysipalvelu ostettiin kaupalliselta palveluntuottajalta.

### **5.1.8 Piioksidi (Silika), SiO<sub>2</sub>**

Piioksidi eli silika määritettiin, koska piyhdisteillä on epäilty olevan vaikutusta kupariputkien pistekorroosioon ja niillä on havaittu olevan vaikutusta jo pieninä pitoisuuksina raudanpoiston toimintaan vedenkäsittelyssä. Silikaatit kiinnittyvät rautahydrokseihin ja aiheuttavat negatiivisen varauksen, jolloin kookkaammat rautapartikkelit muuttuvat pieniksi ja helpommin veteen jääviksi partikkeleiksi. Raudan poisto voi siis heikentyä, jos pohjavedessä esiintyy silikaatteja. (12, s. 24).

Talovesiasetuksen mukaan talousvesi ei saa aiheuttaa terveyshaittaa ihmiselle ja sen on oltava myös muuten käyttötarkoitukseensa soveltuvaa. Se ei saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai haitallisten saostumien syntymistä vedenjakeluverkostossa, kiinteistön vesilaitteistossa eikä vedenkäyttölaitteissa. (4.) Suomessa silikaattia ei poisteta juomavedestä, talousveden käsittelyn ensisijainen tavoite on varmistaa sen turvallisuus (12, s.23).

Silikaatti määritettiin raakavedestä, nykyisen prosessin verkostoon johdettavasta vedestä sekä pilottilaitteiston molempien suodattimien jälkeen. Analyysipalvelu ostettiin kaupalliselta palveluntuottajalta. Tuloksia verrattiin toisiinsa sekä kirjallisuudesta löytyviin arvoihin. Tyypillisesti pohjavedet sisältävät silikaattia 10-15 mg/l, mutta korkeitakin pitoisuuksia on mitattu kaivovesistä. Liian pieni silikaattipitoisuus aiheuttaa korroosion kiihtymistä (13, s.73).

### **5.1.9 Next-Generation Sequencing, NGS**

NGS-analytiikalla selvitettiin, mitkä bakteerit osallistuvat prosessissa raudan ja humuksen poistoon. Analytiikka ja raportointi ostettiin Teollisuuden Vesi Oy:lta. Näytteitä otettiin raakavedestä, hiekka- ja kalkkikivimassoista, huuhteluvedestä ja muiden laitosten suodatusmassoilta. Tuloksia verrattiin kirjallisuuden ja muiden laitosten tietoihin.



## 6 TULOKSET

### 6.1 Kemikaalit

Pilottilaitoksen tulosten perusteella avosuodatuslaitteistolla rikkihapon kulutus olisi n. 14 500 kg/vuosi ja painesuodatusjärjestelmällä n. 5 000 kg/vuosi. Nykyisellä laitoksella kemikaaleja kuluu n. 38 000 kg/vuosi. Määrät on esitetty liitteessä 2.

### 6.2 Huuhteluvesi

Huuhteluvesimäärien vertailun helpottamiseksi laskettiin huuhteluvesien määrä suhteessa tuotettuun veteen koko pilottilaitoksen käytön ajalta ja verrattiin lukuja toisiinsa. Pilottilaitoksissa saatiin huuhteluvesimääriä huomattavasti pienemmiksi kuin nykyisessä laitoksessa, kuten TAULUKKO 1. Huuhteluvesien määrät suhteessa tuotettuun veteen koko kokeen aikana on esitetty. Matalimmillaan huuhteluvesimäärät olivat avosuodatuksessa 3,5 % ja painesuodatuksessa jopa 0,8 % . Huuhteluvesimäärät on esitetty liitteissä 3 ja 4.

*TAULUKKO 1. Huuhteluvesien määrät suhteessa tuotettuun veteen koko kokeen aikana*

	Huuhteluvesi %
Nykyinen	9,8
Pilottilaitos, avosuodatus	5,7
Pilottilaitos, painesuodatus	1,8

Huuhteluvedestä otettiin näyte ja vedenlaatua kirkaasta faasista seurattiin näytteenottohetkestä alkaen seuraavan kolmen päivän ajan. Analysoitu näyte kuvasti Lahdenojaan johdettavan veden laatua. KUVA 7 voidaan nähdä, että huuhteluveden rauta- ja kiintoainepitoisuudet laskivat päivien aikana selvästi. TAULUKKO 2 selviää, että rauta ja kiintoainepitoisuudet olivat pienimillään kahden päivän kuluttua näytteenotosta. Kolmannen päivän pieni nousu tuloksissa voi johtua analyysiin otetun näytemateriaalin vähäisestä määrästä, jolloin analyysiin saattoi päätyä jo laskeutunutta

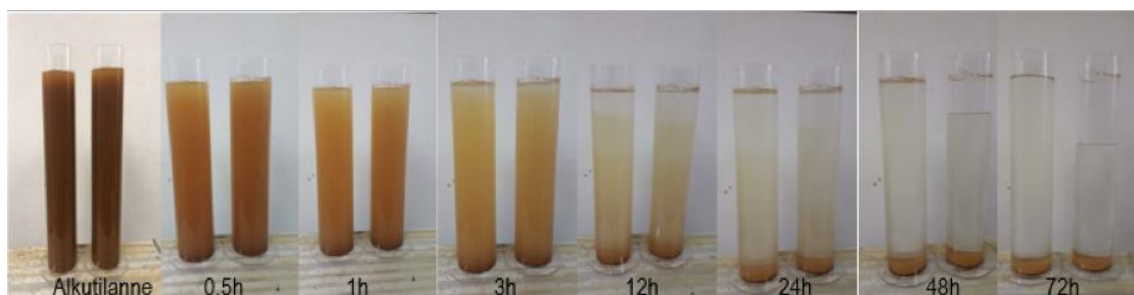
hienojakoista ainesta. TOC-tuloksiin näytteen laskeutus ei vaikuttanut, joten voitiin ajatella orgaanisen aineksen olevan liukoista, ei sakkain sitoutuneena. Myös KUVA 8 voi havaita sakan laskeutumisen. Rauta- ja kiintoainepitoisuudet laskivat laskeutuksella alle prosenttiin lähtötilanteeseen verrattuna.



KUVA 7. Huuhteluvesien laskeutuskoe ilman polymeeria

TAULUKKO 2. Huuhteluvesien laskeutuskokeen analyysitulokset

Näyte	Pvä	pH	Kiintoaine, mg/l	TOC, mg/l	Fe, mg/l
20.10.2020	0	6,0	1300	3,7	620
21.10.2020	1	6,3	10	2,9	5,5
22.10.2020	2	6,3	6,5	3,0	2,9
23.10.2020	3	6,3	9,0		4,5



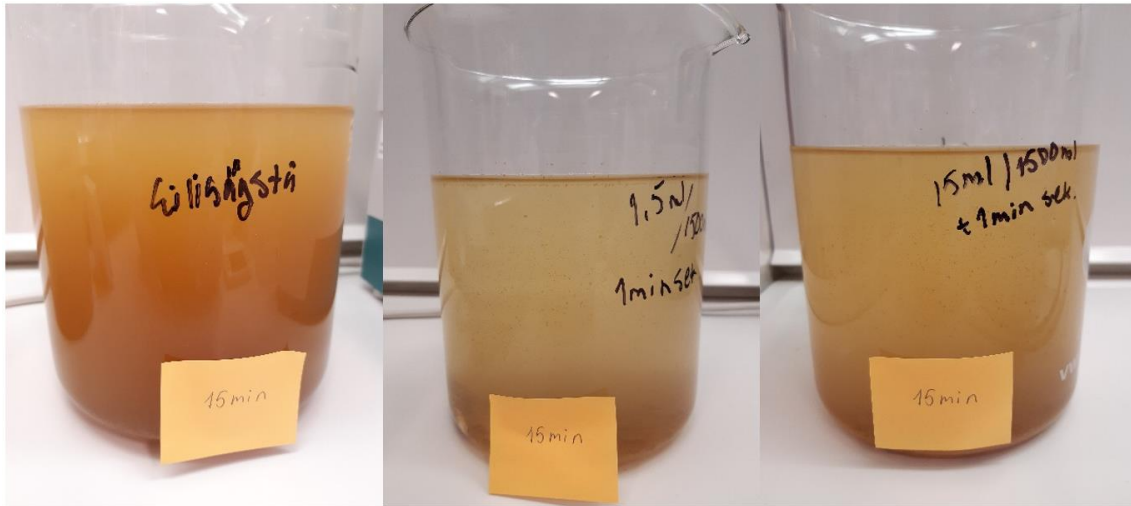
KUVA 8. Huuhteluvesien laskeutuskokeen aistinvarainen arviointi

Huuhteluveden polymeerikokeiden alkutilanteessa selvitettiin liukaisen raudan osuus suodattamalla näyte 0,45 µm ruiskusuodattimella ja analysoimalla suodatettu näyte. Tulokseksi saatiin 0,05 mg/l. Saman näytteen suodattamattoman näytteen rautapitoisuus oli 100 mg/l, joten voitiin todeta että huuhteluveden rauta oli pääasiassa saostuneena. Polymeerikokeessa rauta ja kiintoainelaskut laskeutuivat nopeasti ja tehokkaammin, kuten voidaan TAULUKKO 3 todeta. Rauta- ja kiintoainepitoisuudet laskivat selvästi polymeeria käytettäessä.

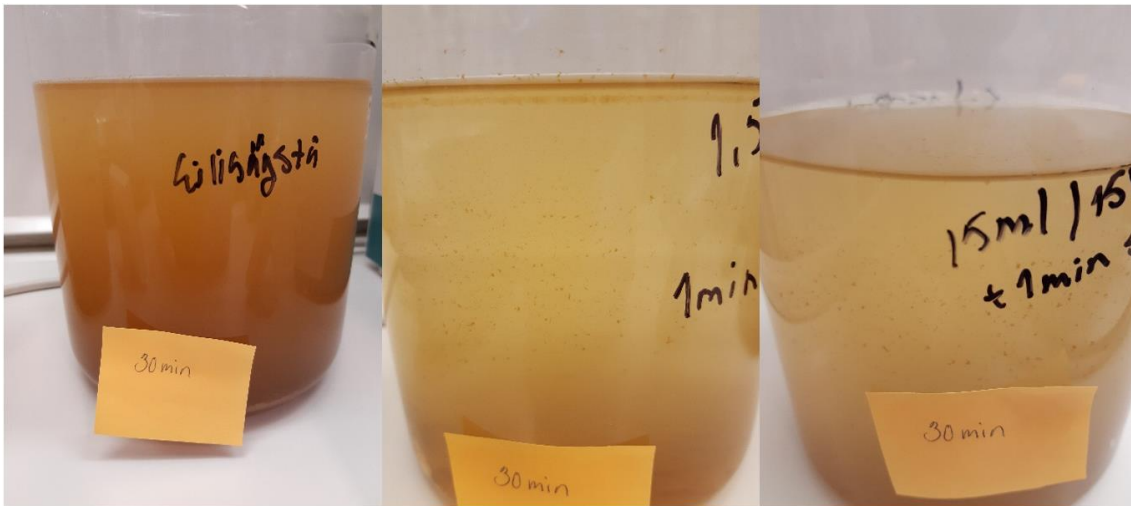
TAULUKKO 3. Huuhteluviesien polymeerikokeiden analyysitulokset

	pH	Kiintoaine, mg/l	Fe, mg/l
Alkutilanne		210	100
Huuhteluvesi, ei lisäystä	6,4	73	35
Huuhteluvesi 1 500 ml + 1,5 ml liuosta	6,4	13	7,8
Huuhteluvesi 1 500 ml + 15ml liuosta	6,4	24	1,1

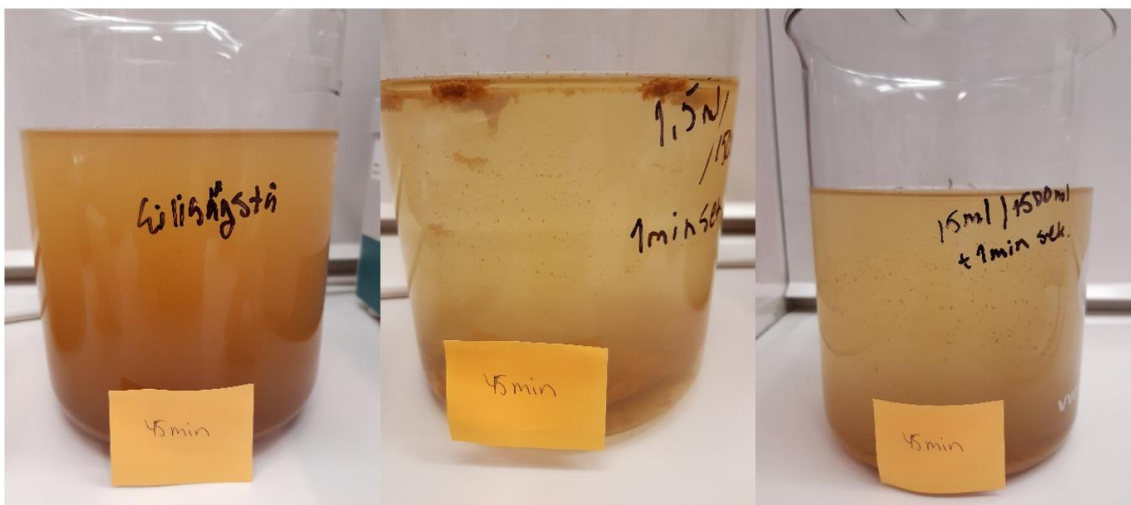
Kokeen loppupuolella huomattiin, että polymeerilisäysnäytteissä sakka alkoi nousemaan pintaan, tämä johtui todennäköisesti näytteestä vapautuvista kaasukuplista, kuten kuvista voidaan havaita. KUVA 9. Polymeerikoe 15 minuutin laskeutus KUVA 10. Polymeerikoe 30 minuutin laskeutus KUVA 11. Polymeerikoe 45 minuutin laskeutus KUVA 12. Polymeerikoe 60 minuutin laskeutus 13 ja KUVA 14. Polymeerikoe 120 minuutin laskeutus on esitetty polymeerikokeen näytteet eri laskeutusajoissa.



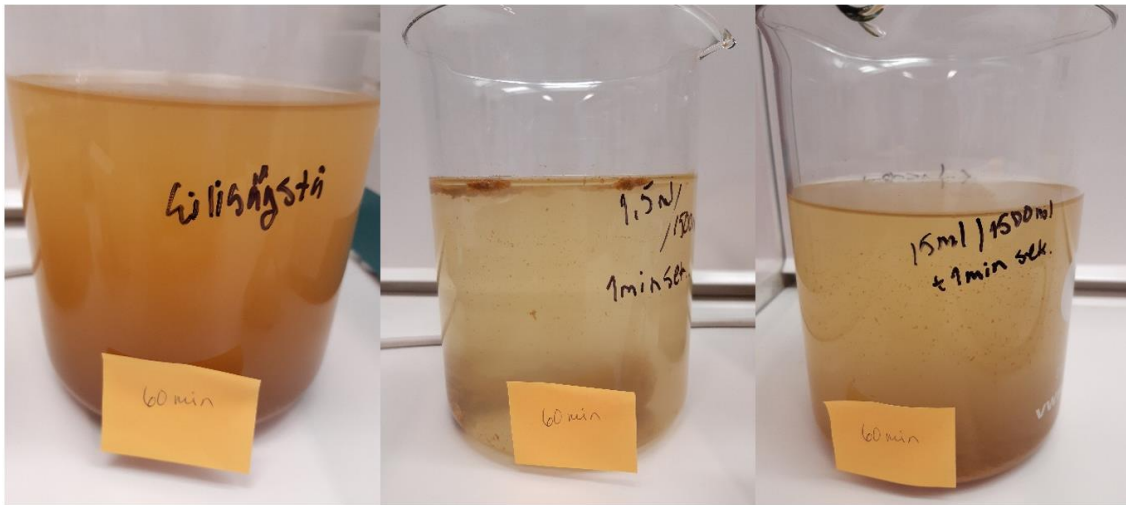
KUVA 9. Polymeerikoe 15 minuutin laskeutus



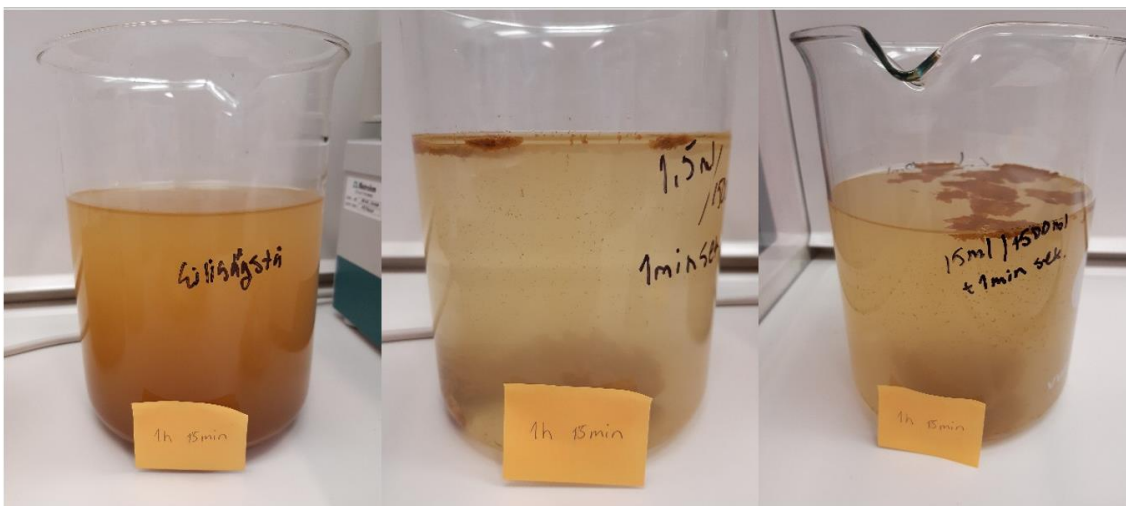
KUVA 10. Polymeerikoe 30 minuutin laskeutus



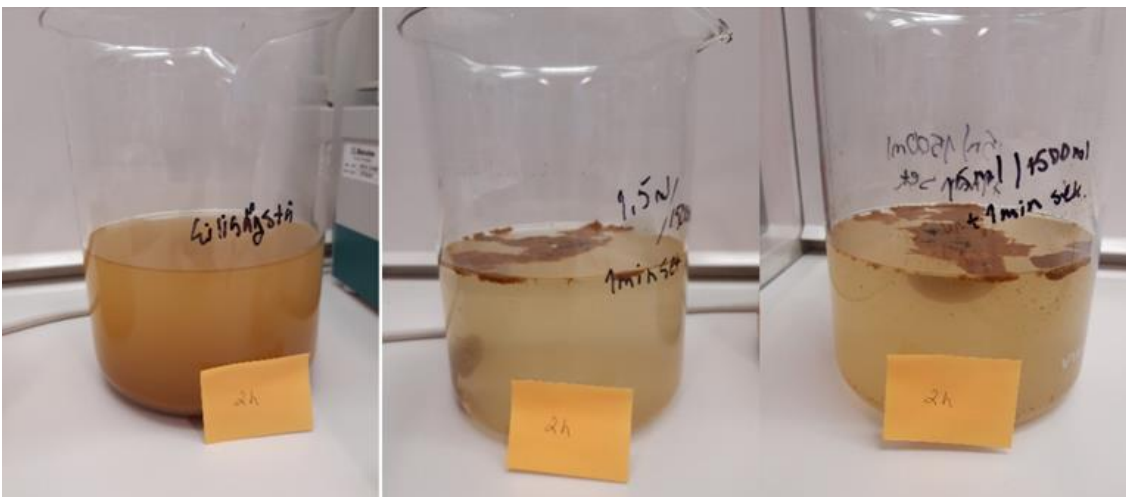
KUVA 11. Polymeerikoe 45 minuutin laskeutus



KUVA 12. Polymeerikoe 60 minuutin laskeutus



KUVA 13.. Polymeerikoe 75 minuutin laskeutus



KUVA 14. Polymeerikoe 120 minuutin laskeutus

Nykyisen laitoksen huuhteluvesien laatua arvioitiin Lahdenojan vesistötarkkailutulosten pohjalta. Tuloksista valittiin näytepiste, joka parhaiten edustaa sakka-altaassa olevaa veden laatua purkuhetkellä. TAULUKKO 4 on esitetty yhteenveto tuloksista.

TAULUKKO 4. Nykyisen laitoksen purkuojaan johdettavien huuhteluvesien laatu

Näytteenotto pvm                    22.7.2021   4.5.2021   21.4.2020   31.7.2018.   22.5.2018   11.5.2016   27.7.2015

pH	8,04	8,08	7,94	7,9	7,8	7,5	7,9
Sähkönjohtavuus, mS/m	24	24	24	8,7	26	22	8,7
Happi, liuennyt, mg/l	15	16	13	<0,20	22,1	13,7	<0,20
Happi, kyllästysaste	120	130		<1	172	105	<1
CODMn, mg O2/l	1,6	14	12	NA	9	23	NA
Rauta, µg/l	66000	400000	320000	560000	500000	440000	560000
Mangaani, µg/l	7200	32000	28000	4600	53000	36000	4600

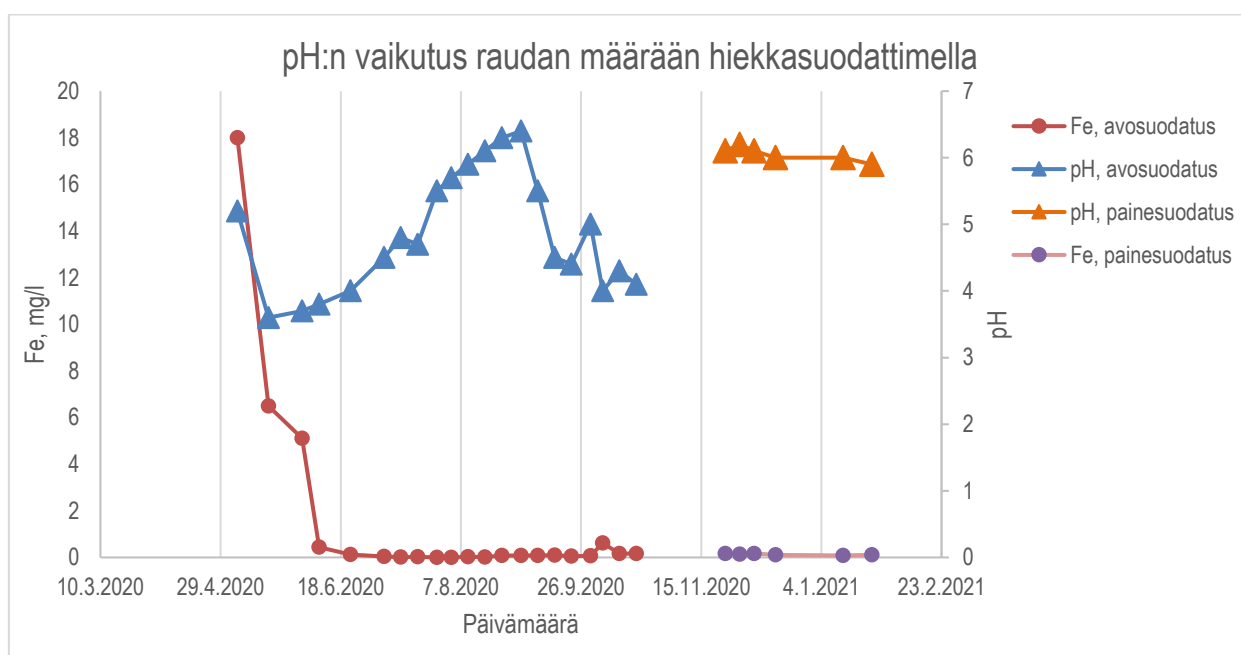
Rautatulosten perusteella voidaan arvioida, että nykyisen laitoksen huuhteluvedet johdetaan Lahdenojaan jonkin verran sakkaisena. Verratessa vesistötarkkailun tuloksia pilottilaitoksen

huuhteluvesien tuloksiin voidaan arvioida, että uudella menetelmällä olisi mahdollista saada vesistöön johdettava vesi puhtaammaksi ennen purkua lähiojaan.

### 6.3 Veden laatu

Veden analyysitulokset on esitetty liitteissä 5/1–5/5. Raudan poistuminen käynnistyi hiekkasuodattimella ja saavutti tavoitetasonsa n. kahden kuukauden kuluttua aloituksesta johtuen pH:n alkusäädön hakemisesta. Optimi-pH-arvon saavuttamisen jälkeen raudan poistuminen voi käynnistyä jopa kuukaudessa. Rautapitoisuus hiekkasuodattimen jälkeisessä näytteessä pysyi pääsääntöisesti sosiaali- ja terveysministeriön asettamassa laatutavoitteessa, joka on raudalle <0,2 mg/l. Yhden näytteen rautapitoisuus avosuodatuskokeen loppupuolella oli yli tavoiterajan. Ylitys todennäköisesti johtui edellisviikkojen mitoitussajoihin liittyvästä virtaaman nostosta.

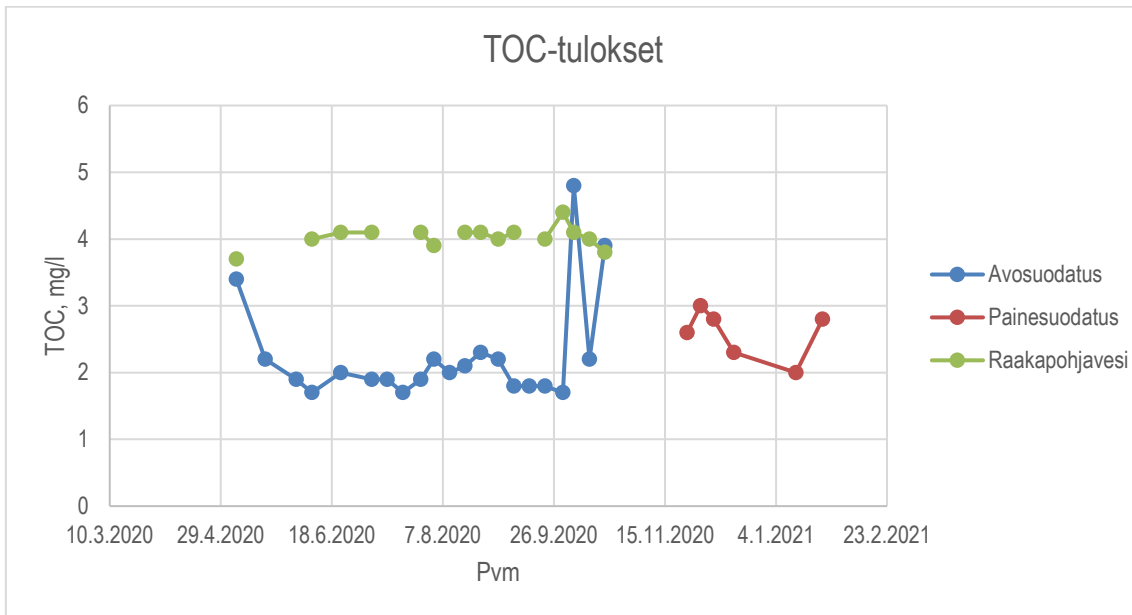
Painesuodatuslaitteistolla saatiin rauta poistumaan vähemmällä kemikaalin syötöllä kuin avosuodatuslaitteistolla, jolloin veden pH-taso jäi korkeammaksi. KUVA 15 esittelee pH:n vaikutusta rautapitoisuuteen.



KUVA 15. Avo- ja painesuodatuslaitteistojen pH- ja rautatulokset

KUVA 16 kertoo orgaanisen aineksen määrän raakapohjavedestä ja hiekkasuodattimen jälkeen otetuista näytteistä. Raakavedestä mitattu TOC-pitoisuus vaihteli välillä 3,7–4,4 mg/l, joten avosuodatuslaitteiston hiekkasuodattimella TOC-pitoisuus saatiin lähes puolitettua.

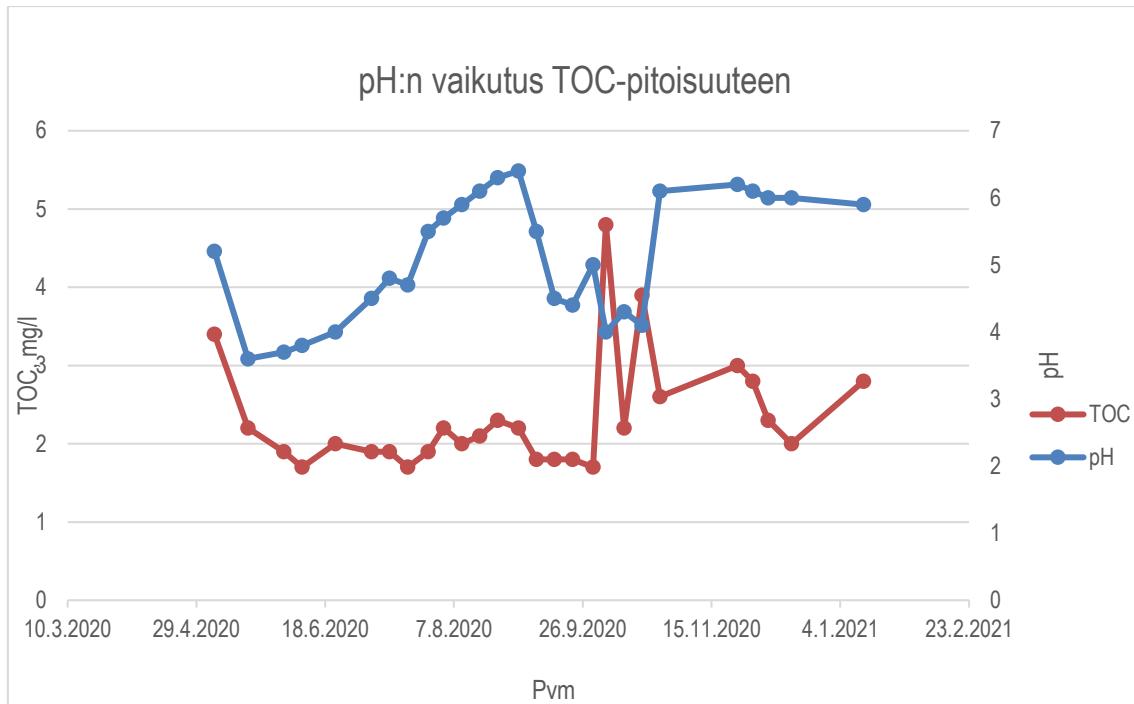
Avosuodatuslaitteiston loppuajan korkeammat lukemat selittyvät kalkkikivisuodattimeen kohdistuvan mitoitussajon virtaamamuutoksella. Painesuodatuslaitteistolla saatiin orgaanisen aineen määrä pienemmäksi. Tulostaso jäi tosin hieman korkeammaksi kuin avosuodatuslaitteistolla. Kokonaisorgaanisen hiilen määrä sisältyy sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön laatutavoitteisiin, eikä sille ole annettu enimmäisarvoa. Laatutavoitteeksi on annettu ei epätavallisia muutoksia.



KUVA 16. Orgaanisen aineen määrä hiekkasuodattimen jälkeen

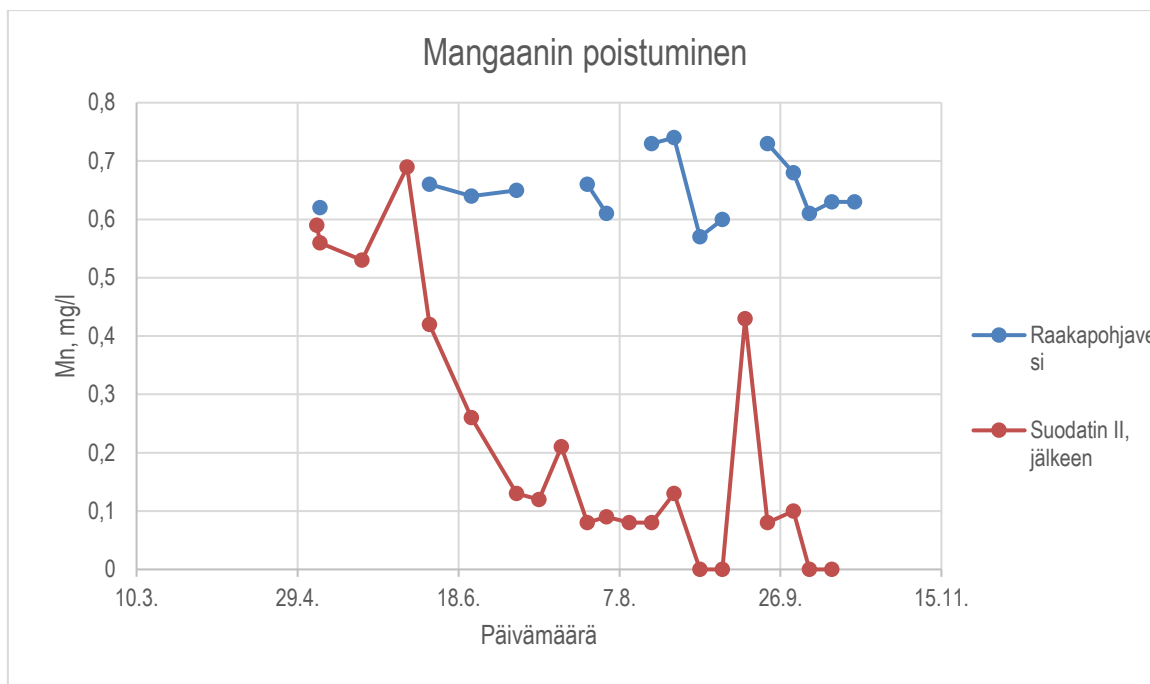
KUVA 17. pH:n vaikutus TOC-pitoisuuteen voidaan havaita hapon syötön vaikutus TOC-pitoisuuteen hiekkasuodattimen jälkeen. Kuvassa on esitetty sekä avo- että painesuodatusjärjestelmien tulokset. TOC-pitoisuus alkoi laskemaan heti, kun haponsyöttö käynnistettiin. Kuvasta nähdään, että orgaaninen aines poistui, vaikka hapon syöttöä vähennettiin mitoitussajojen aikana. Kuvasta voidaan todeta myös koeajon loppupuolella käynnistetyn painesuodatusjärjestelmän humuksen poiston toiminta korkeammassa pH:ssa. Toisin sanoen painesuodatusjärjestelmä toimii vähemmällä hapon syötöllä myös humuksen suhteen.





KUVA 17. pH:n vaikutus TOC-pitoisuuteen

Mangaanin poiston käynnistymiseen meni enemmän aikaa, kuten KUVA 18 voidaan havaita. Kokeen aikana saatiin sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetuksen mangaanin laatuvaoriteen täyttäviä tuloksia. Laatuvaorite mangaanille on <0,05 mg/l. Kuvaajasta näkee selvästi maksimivirtaamatestin vaikutuksen veden mangaanipitoisuuteen, jolloin virtaama nostettiin normaalista 4 l/min tasolta 9 l/min. Mangaanipitoisuus nousi testin vuoksi 0,43 mg/l. Pilottilaitteiston mangaanipoiostokyky ei siis kestänyt virtaaman merkittävää nostamista kun viipymä pieneni. Virtaaman palautus normaaliksi laski mangaanipitoisuuden tavoiteltavalle tasolle.



KUVA 18. Mangaanipitoisuus tuotetussa vedessä

Veden  $COD_{Mn}$ -tulosten perustella voidaan sanoa, että kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrä tuotetussa vedessä oli pienempi pH-kuormituskokeen aikana molemmissa pH-alueen ääripäissä kuin käytössä olevassa prosessissa. Taulukossa 5 on esitetty  $COD_{Mn}$ -tulokset. Allwatec Oy:n menetelmällä verkostoon lähtevässä vedessä ei ole niin paljon kemiallisesti hapetettavissa olevaa orgaanista ainesta kuin nykyisin käytössä olevassa laitoksessa. Myös TOC-tulosten mukaan orgaanisen aineksen määrä laskee prosessin eri vaiheissa ja on pienempi. Analyysitulokset on esitetty liitteessä 5/1–5/5.

TAULUKKO 5.  $COD_{Mn}$  tulokset

Pvm	Pilot, laitokselle tuleva	Nykyinen laitos			Koelaitos			
		Selkeytetty	suodatettu	Lähtevä	Pilot, suod1 päältä	Pilot, suod1 alta	Pilot, suod2 päältä	Pilot, suod2 alta
24.8.2020	4.1.1900	2,3	2,0	1,9	4,4	1,4	1,6	0,99
8.9.2020	5.1.1900				5,1	0,72	0,59	0,59

Piiksidia eli silikaa mitattiin raakavedestä 24 mg/l, suodattimien jälkeen 21 mg/l ja nykyisen prosessiin verkostoon johdettavasta vedestä 20 mg/l. Tutkimustodistus on liitteenä 6/1–6/2. Kirjallisuuden antamaan arvoon verrattuna määrä on hieman korkeahko, mutta muihin mitattuihin parametreihin verrattuna voidaan todeta, että mitattu määrä ei vielä vaikuta raudan poistoon.

Silikaa itsessään ei pyritä poistamaan prosessissa, eikä sille ole annettu talousvesiasetuksessa raja-arvoa. Verkostokorroosion vaikutuksen arviointia ei tässä työssä tehty.

Tuotetun veden syövyttävyyssindeksin laskentaan käytettiin tuotetun veden alkaliniteetti-, sulfaatti- ja kloridiarvoja. Kloridipitoisuus pysyi samana koko koeajon ajan, sulfaattipitoisuus muuttui sen mukaan, paljonko rikkihappoa syötettiin. Alkaliniteetitulos muuttui ilmastuksen säätämisen, kalkkikiven lisäyksen ja kalkin luontaisen kulumisen mukaan. Syövyttävyyssindeksi tulisi olla  $\geq 1,5$ . Pilottilaitoksen mitoitusajojen aikana siihen ei päästy. Analyysitulokset ovat esitetty liitteessä 5/5.

Koeajojen valmistuttua analysoitiin nykyisestä prosessista verkostoon johdettavaa ja pilottilaitoksella tuotettua vettä. Tulosten perusteella voidaan todeta, että uudella menetelmällä saadaan tuotettua tiettyjen mitattujen parametrien perusteella jopa parempilaatua vettä kuin nykyprosessilla. Suurimmat erot tulosten välillä oli TOC-, natrium ja värituloksissa. TOC-tulos oli 1,7 mg/l pilottilaitoksella ja 3,1 mg/l verkostoon johdettavassa vedessä. Veden väri haluttiin mitata, koska se kuuluu laitoksen omavalvonta-analytiikkaan ja kokemuksesta tiedettiin, että Saviaron verkostovesien väriluku on ollut korkeampi kuin muilla alueilla. Väriluvuissa oli selvä ero, pilottilaitoksella  $<2$  mg/l Pt ja 7 mg/l verkostoon johdettavassa vedessä. Natrium mitattiin, koska oltiin huomattu Saviaron lähtevän veden muista laitoksista poikkeava natriumtaso. Natriumin korkea määrä johtuu prosessiin syötettävästä natriumhydroksidista. Pilottilaitteistolla tuotetun veden natriumpitoisuus oli 7,9 mg/l ja käytössä olevalla prosessilla tuotetun veden natriumpitoisuus oli 29,6 mg/l, joten ero oli selvä. Tutkimusselostus on liitteessä 7/1–7/2.

#### 6.4 Bakterikartoitus

Bakterikartoituksen näytteistä ei havaittu ihmiselle haitallisia bakteereja. Saviaron raakavedessä bakteritasot olivat matalat ja mikrobisto edusti pääosin tunnistamattomia bakteereja. Raudan hapettajien osuus oli  $<10$  %. Kylmää sietävä raudan ja rikin hapettaja *Gallionellaceae* oli edustettuna 6 % osuudella. Allwatec Oy:n toisen pilottilaitoksen raakavedestä tulokset olivat samansuuntaiset. Hiekkanäytteestä löydettiin odotetusti korkeat pitoisuudet raudanhapettajabakteereja. Voidaan ajatella, että bakteristo rikastuu hiekkasuodattimelle raakavedestä. Hiekkanäytteistä havaittiin mainittavina osuuksina *Gallionellaceae* 62 %, *Methylococcaceae* 8 % ja *Polaromonas aquatica* 5 %. Näistä raudanhapettajien osuus on n. 70 %. *Methylococcaceae*en raudan ja rikin hapetuskykyä ei ole osoitettu, mutta voidaan olettaa sen

osallistuvan raudanhapetukseen, koska se on rikastunut hiekalle. Raakavedessä sitä ei havaittu, koska määrä raakavedessä on niin pieni. Saviaron huuhteluviedestä löydettiin *Gallionellaceae* 55 %, *Chitinophagaceae* 2 %, luokittelematon aktinobakteeri 1 % ja *nitrospiraceae* 2 %, joista raudan hapettajia n. 60 %. Myös kalkkikivimassasta löydettiin raudanhapettajia 50-60%:n osuudella *Gallionellaceae* 51%, *Chitinophagaceae* 13% ja *Polaromonas aquatica* 5% (14; 15).

Saviaron pilottilaitoksen näytteiden raudanhapettajien bakteeritasot olivat korkeampia kuin Allwatec Oy:n toisen pilottilaitoksen ja Oulun Veden toisen pohjavesilaitoksen bakteeritasot, joten hiekkasuodattimella voidaan todeta olevan toivottua mikrobiologista toimintaa. Lisäksi tärkeänä tietona saatiin, että ihmiselle haitallisia bakteereja ei löydetty.

## 6.5 Käytettävyys

Koeajon alussa tuotti haastetta happolaimennoksen tasalaatuinen valmistaminen ja hapon syötön optimointi. Veden puskurointikyky oli vähäinen pH:n ollessa matala, jolloin pienikin muutos syötettävässä happokonsentraatiossa aiheutti muutoksen hiekkasuodattimen pH-arvoon sekä raudan poistumiseen. Ongelma saatiin poistettua, kun kiinnitettiin huomiota happolaimennoksen valmistamiseen ja pH-mittauksen automatisointiin, jolloin päästiin ongelmaan kiinni heti. Menetelmän ja laitteiston käytettävyys oli hyvä. Menetelmä oli varmatoiminen ja helppohoitoinen. Painesuodatuslaitteiston käytettävyyttä pidettiin parempana kuin avosuodatuslaitteiston. Kokonaisuudessaan pilottilaitteisto oli positiivinen kokemus.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli selvittää, soveltuuko pilottilaitoksen menetelmä Saviaronkankaan raakaveden puhdistamiseen. Päämääränä oli saada tuotettua talousvesiasetuksen kriteerit täyttävää talousvettä. Lisäksi työssä käsiteltiin kemikaalimääriä, huuhteluvesien määrää ja laatua. Yksi työn osa-alue oli selvittää puhdistusprosessiin osallistuva mikrobisto. Tulosten tarkastelussa ja vertailussa hyödynnettiin nykyisen vedenottamon tietoja.

Työn tulokset olivat kaiken kaikkiaan hyviä. Tuotettu vesi täytti sosiaali- ja terveysministeriön laatimat talousvesiasetuksen vaatimukset ja tavoitteet tutkittujen parametrien perusteella. Menetelmällä saatiin hyvin poistettua rauta ja mangaani raakavedestä. Myös orgaanisen aineksen määrä laski. Bakterikartoituksen tuloksena voitiin todeta odotetusti, että raudanhapettajabakteereita löytyy runsaasti suodattimilta, eikä haitallisia bakteereja havaittu. On todettu, että varsinaisen vesilaitoksen prosessin toimivuus on parempi kuin pilottikokeissa, kun käytetään samaa prosessia.

Avo- ja painesuodatuskokeiden lopputulos oli odotusten mukainen. Molemmat menetelmät toimivat. Lisäksi painesuodatuksella saadaan tilankäyttöä tehostettua ja kemikaalin syöttöä pienemmäksi avosuodatuksen verrattuna. Käyttökokemusten mukaan painesuodatus on myös käyttäjäystävällisempi. Huuhteluvesimäärät saatiin jopa kymmenen kertaa pienemmäksi nykyiseen laitokseen verrattuna. Huuhteluvesien laatu pysyi hyvänä ajatellen huuhteluvesien Lahdenojaan purkamista jatkossakin.

Jos Saviaron vedenottamo saneerataan tämän opinnäytetyön mukaiselle menetelmälle, olisi hyvä huomioida tuotetun veden hieman erilaisen laadun vaikutus verkostoon. Verkostossa oleva biofilmi ja bakteerikanta saattavat reagoida veden laadun muutokseen kohonneena pesäkelukumääränä, mutta kokemusperäisenä tietona sen voidaan olettaa olevan väliaikainen ja ohimenevä laatupoikkeama. Muutostilannetta olisi hyvä seurata tiheällä valvonnalla yhteistyössä valvojan viranomaisen kanssa. Myös verkostosakkojen irtoaminen voi aiheuttaa tilapäistä ja ohimenevää muutosta vedenlaatuun.

Ennen saneerausta tulisi myös miettiä veden tuotannon ongelmatilanteiden aikainen vedenjakelu, jotta muut käytettävissä olevat laitokset pystyvät vastaamaan mahdollisesta lisävedentuotannosta

ja jakelusta. Alueelle voidaan tarvittaessa johtaa kanta-Oulun puolelta Hintan pintavesilaitoksella tuotettua vettä, mutta erilaisen vedenlaadun vuoksi verkostossa saattaa ilmetä hetkittäisiä laatueroja. Lisäksi Hintan vedenpuhdistamo odottaa myöskin saneerausta ja kapasiteetin lisäystä. Selvitettäväksi jää Onkamon vedenottamon raakavedenoton pumppausmäärien lisäys ja vedenjakelu Haukiputaan eteläosan alueelle.

## LÄHTEET

1. Pöyry. 2018. Saviaron pohjavesilaitoksen prosessivaihtoehtojen kartoitus. Sisäinen lähde.
2. Pohjois-Suomen vesioikeuden päätös 152/75/D-9b/I, annettu 7.4.1976
3. Komulainen, Ville 2020. Käyttömestari. Oulun Vesi liikelaitos. Haastattelu 21.9.2020.
4. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 683/2017. Hakupäivä 27.10.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170683>
5. Valvira 2020. Talouvesiasetuksen soveltamisohje. Osa III. Enimmäisarvojen perusteet. Hakupäivä 27.10.2021. [https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen\\_soveltamisohje\\_osa\\_3.pdf/b9faedd0-cd83-fd94-09e2-452e7e7ee123](https://www.valvira.fi/documents/14444/6739502/Talousvesiasetuksen_soveltamisohje_osa_3.pdf/b9faedd0-cd83-fd94-09e2-452e7e7ee123)
6. Tolonen, Timo. 2022. Toimitusjohtaja. Allwatec Oy. Haastattelu 14.1.2022.
7. Odell, Lee H. 2010. Treatment Technologies For Groundwater. Denver: American Water Works Association c2010. Hakupäivä 28.10.2021. Ebook Central Academic Complete. Vaatii käyttöoikeuden.
8. Pizzi, Nicholas G. 2010. Denver, Colo. : American Water Works Association c2010. Water treatment. 4th edition. Hakupäivä 29.10.2021. Ebook Central Academic Complete. Vaatii käyttöoikeuden.
9. Tolonen, Timo. 2021. Prosessikaavio kuva. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 20.9.2021. Vastaanottaja: Vuokko Häkkinen.
10. Oulun Vesi liikelaitos. 2019. Talousveden valvontatutkimusohjelma 2019-2023. Sisäinen lähde.
11. Oulun Vesi liikelaitoksen Cromi-automaatiojärjestelmä 2021. Sisäinen lähde.
12. Kaunisto, Tuija, Latva, Matti, Pelto-Huikko, Aino & Salonen, Noora 2020.. Kiinteistöjen kupariputkien korroosio, Kirjallisuusselvitys. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 62. Vesilaitosyhdistys. Hakupäivä 27.10.2021. [https://www.vvy.fi/site/assets/files/5264/kiinteistojen\\_kupariputkien\\_korroosio\\_kirjallisuusselvitys.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/5264/kiinteistojen_kupariputkien_korroosio_kirjallisuusselvitys.pdf)
13. Kekki, Tomi K. – Kaunisto, Tuija – Keinänen-Toivola, Minna M. - Luntamo, Marja. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttö Suomessa. Vesi-instituutin julkaisuja 3. Vesi-Instituutti. Hakupäivä 27.10.2021 <https://www.samk.fi/wp-content/uploads/2016/06/Vesijohtomateriaalien-vauriot-ja-k%C3%A4ytt%C3%B6ik%C3%A4-Suomessa.pdf>

14. Kettunen, Anu 2021. Tutkimusjohtaja. Teollisuuden Vesi Oy. Haastattelu 21.2.2021.
15. Kettunen, Anu. 2020. Oulun Veden ja Allwatecin näytteiden bakteeriyhteisöjen rakenne. Teollisuuden Vesi Oy. Sisäinen lähde.



## LIITTEET

Allwatec Oy raportti 23.4.-19.10.2020 liite 1

Kemikaalien kulutus liite 2

Huuhteluvesimäärät avosuodatus liite 3

Huuhteluvesimäärät painesuodatus liite 4

Analyysitulokset liite 5

Tutkimustodistus piioksidi liite 6

Tutkimusselostus liite 7

## Oulun Vesi

### Biologisen raudanpoiston kokeet Saviaron laitoksella 23.4.- 19.10.2020

#### Koelaitos

##### Ilmastus

- happi tasolle 5 mg/l
- suodatuksen jälkeen 3,5 mg/l

##### Suodatus 1

- halkaisija 400 mm, korkeus 1500 mm
- pinta-ala 0,126 m<sup>2</sup>
- hiekkaa, raekoko 0,8-1,2 mm n. 900 mm ja alla hiekkaa raekoko 3-5 mm 100 mm

##### Ilmastus

- tavoitteena liian hiilidioksidin poisto

##### Kalkkikivisuodatus

- kalkkikivi raekoko 3 mm, n. 900 mm
- halkaisija 400 mm, korkeus 1500 mm
- pinta-ala 0,126 m<sup>2</sup>
- kalkin tilavuus 0,113 m<sup>3</sup>

Koelaitos oli joka päivä noin kaksi tuntia pysähdyksissä

##### Happoliuos

- Rikkihappo on 35 %, tiheys 1,267 => pitoisuus 440 g/l,
- josta laimennus 1:30 eli happoa 1 l ja vettä 29 l => pitoisuus 14,8 g/l

#### Yleistä vesianalyyseistä

##### Sulfaatti

- raakavesi 26 mg/l
- suodatettu 56 mg/l
- erotus 30 mg/l

Mitattu hapon annostus n. 27 g/m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, annostuksessa huomioitu 2 tunnin pysähdys joka päivä. Sulfaattipitoisuuden nousu ja rikkihapon annostus vastaavat hyvin toisiaan.

##### Happipitoisuudet keskimäärin:

- ennen suodatus 1:tä 6,0 mg/l
- jälkeen 3,5 mg/l
- hapenkulutus suod 1 2,5 mg/l
- Ilmastus 2:n jälkeen 11,6 mg/l
- suodatus 2:n jälkeen 10,9 mg/l

##### Raakavesi

- rautapitoisuus 18,4 mg/l
- teoreettinen hapentarve 2,6 mg/l

2(8)



PUHTAASTI PUTKESSA  
Jorma Pääkkönen, Timo Tolonen

26.11.2020

- muu hapenkulutus 0,1 mg/l => ei muuta happea kuluttavaa

**Epäorgaanisen hiilen määrä (TIC) ja sen muutokset**

Alkaliteetti vastaa yleensä riittävällä tarkkuudella bikarbonaattipitoisuutta pH-alueella 4,5 – 8,3. Happoa annosteltaessa bikarbonaatista tulee hiilidioksidiä. Täten rikkihappoannostus ei muuta epäorgaanisen hiilen (TIC) määrää.

Taulukko 1. TIC-arvot prosessissa

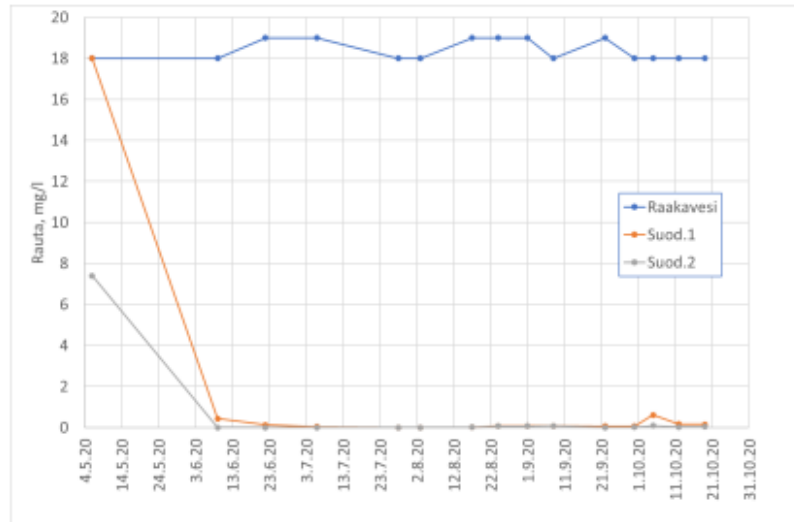
	CO <sub>2</sub> mg/l	Alk. mmol/l	TIC mmol/l
Raakavesi	38,9	1,00	1,88
Suod 1 tuleva	49,8	0,47	1,60
Suod 1 lähtevä	36,3	0,10	0,93
Ilmastettu	14,1	0,12	0,44
Suod 2 lähtevä	2,2	0,87	0,92

Alkaliteetin muutos suodatin 1:ssä (0,37 mmol/l) aiheutuu raudan hapettumisesta. Teoriassa 1 mmol/l rautaa kuluttaa alhaisessa pH:ssa alkaliteettia 2 mmol/l. Tällä perusteella alkaliteetin muutoksen olisi pitänyt olla 0,66 mmol/l. Suuri ero mittaustuloksen ja teoreettisen arvon välillä ei ole tiedossa. Saattaa olla, että rauta häiritsee joko alkaliteetin tai hiilidioksidin määrittämistä.

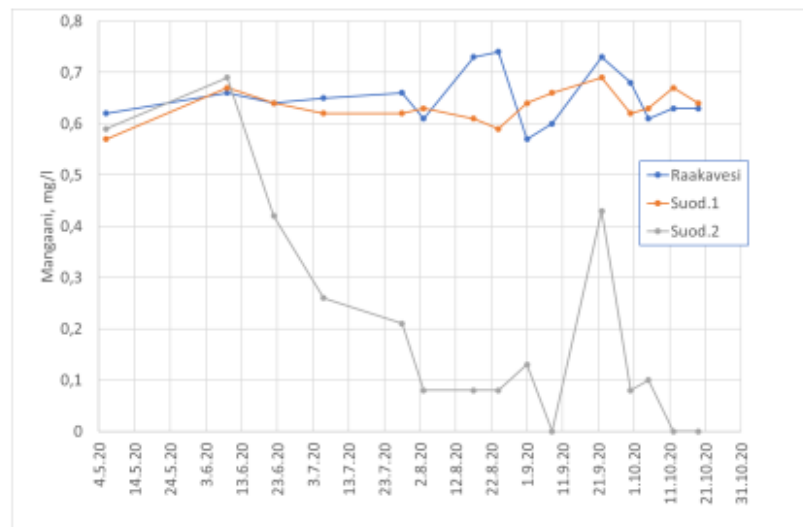
Ennen kalkkikivisuodatusta oleva ilmastus poisti n. 60 % hiilidioksidista. Teoriassa kalkkikivisuodatuksessa neutraloitunut hiilidioksidi nostaisi alkaliteetin  $(14,1-2,2)/22 + 0,12 = 0,66$  mmol/l. Teoreettisesti oikeampi ilmastetun veden hiilidioksidipitoisuus olisi 19 mg/l.

COD<sub>Mn</sub> poistuu hyvin, kuten seuraava taulukko osoittaa.

Pvm	Tuleva	Suod1 päältä	Suod1 alta	Suod2 päältä	Suod 2 alta
24.8.2020	4,1	4,4	1,4	1,6	0,99
8.9.2020	5,1	5,1	0,72	0,59	0,59

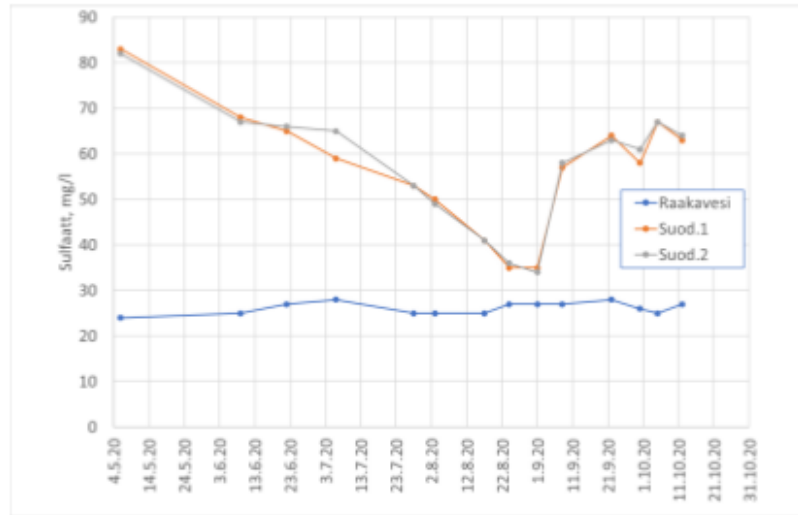


Kuva 1. Rautapitoisuudet

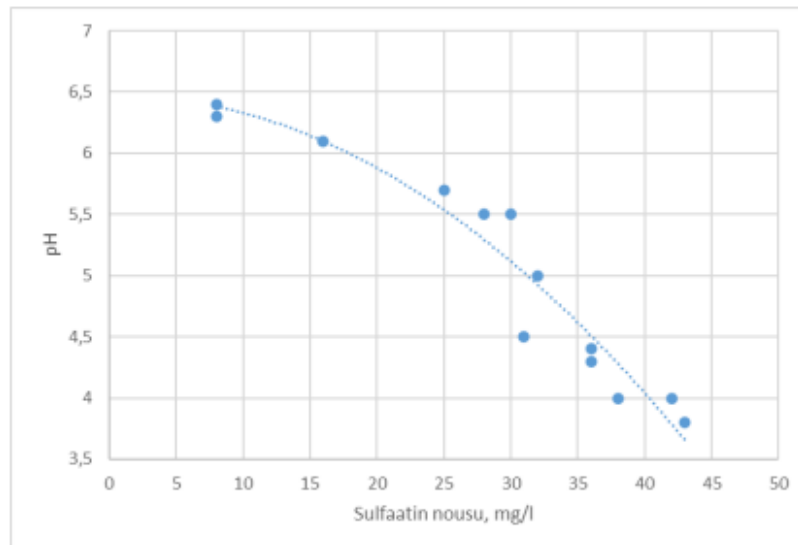


Kuva 2. Mangaanipitoisuudet

Mangaaninpoisto alkoi käynnistyä noin kuukauden kuluttua, kun kalkkikivisuodatuksen pH oli saatu nousemaan riittävästi. 22.9.20 mangaanipitoisuus oli korkea, syynä oli sekä lyhyempi viipymä että alhaisempi pH (7,4). Mangaanipitoisuus oli alle määrittäysrajan, kun pH oli n. 8.

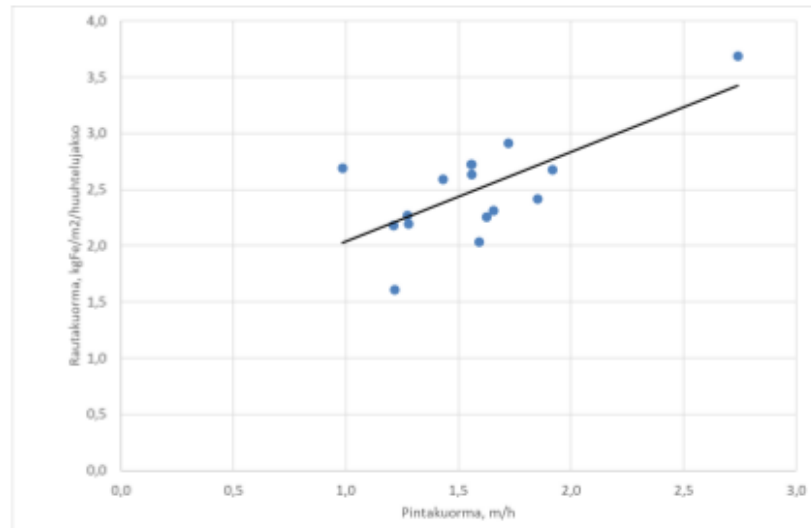


Kuva 3. Sulfaattipitoisuudet



Kuva 4. Suodatun veden pH ja sulfaattipitoisuuden riippuvuus

Kuva 4:ssä sulfaattipitoisuuden nousu tarkoittaa raakaveden ja ensimmäisen suodatuksen erotusta. pH on sitä alhaisempi mitä suurempi hapon syöttö on. Sulfaattipitoisuuden noususta saadaan rikkihapon annostusmäärä kertomalla luvulla 1,02.



Kuva 5. Huuhtelun välisen rautakuorman ja pintakuorman välinen riippuvuus

Rautakuorma osoittaa sitä, kuinka paljon rautaa suodatinneliötä kohti on kertynyt huuhtelujen välillä. Todellinen pintakuorma on hieman suurempi, koska joka päivä laitos on pysähdyksissä kaksi tuntia. Virtaaman (ja siis myös suodattimen pintakuorman) kasvaessa huuhteluväli lyhenee, mutta vähemmän kuin virtaaman kasvu edellyttäisi.

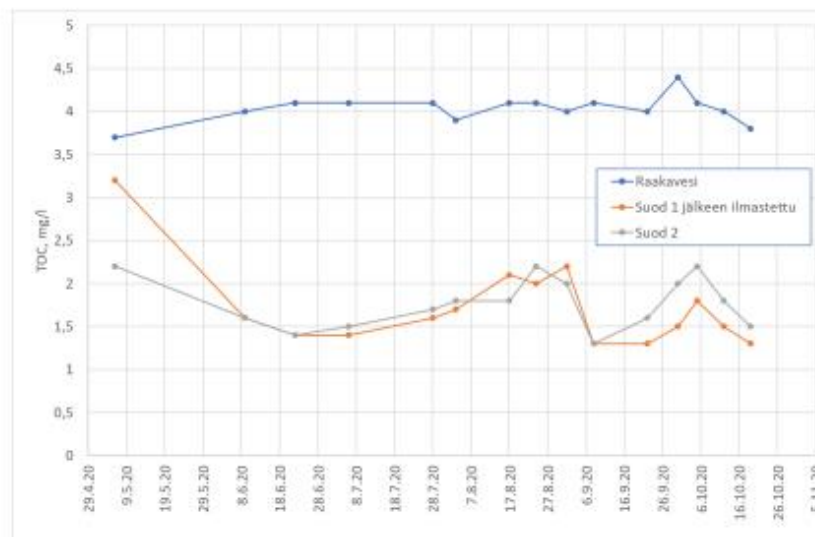
Sallittava rautakuorma oli epätavallisen suuri, noin 2,5 – 3 kgFe/m<sup>2</sup>. Tavallisesti biologisessa raudanpoistossa rautakuorma on pienempi (n, 1 kgFe/m<sup>2</sup>). Kemiallisessa raudanpoistossa vastaavasti noin 0,2 kgFe/m<sup>2</sup>.

6(8)

26.11.2020

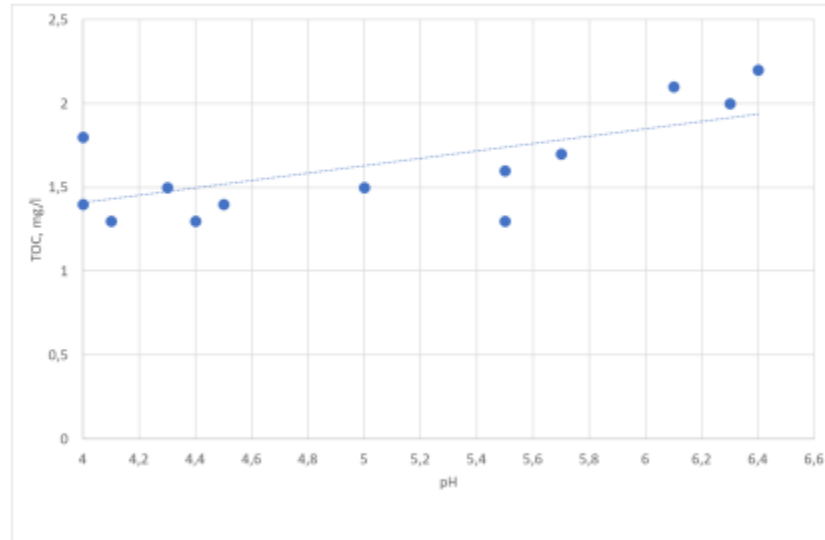


Kuva 6. Sulfaattipitoisuudet ja suodatetun veden pH



Kuva 7. TOC

Kuvassa raudanpoistosuodattimelta lähtevän sijaan on käytetty sitä seuraavaa ilmastusta, koska jostakin syystä nämä näyttivät luotettavammilta.



Kuva 8, Suodatin 1:n jälkeisen veden TOC:n riippuvuus pH-arvosta

Kuten kuva 8 osoittaa, alemmalla pH-arvolla TOC saadaan pienemmäksi. Kuitenkin jos pH on alle 6, vaikutus on melko pieni.

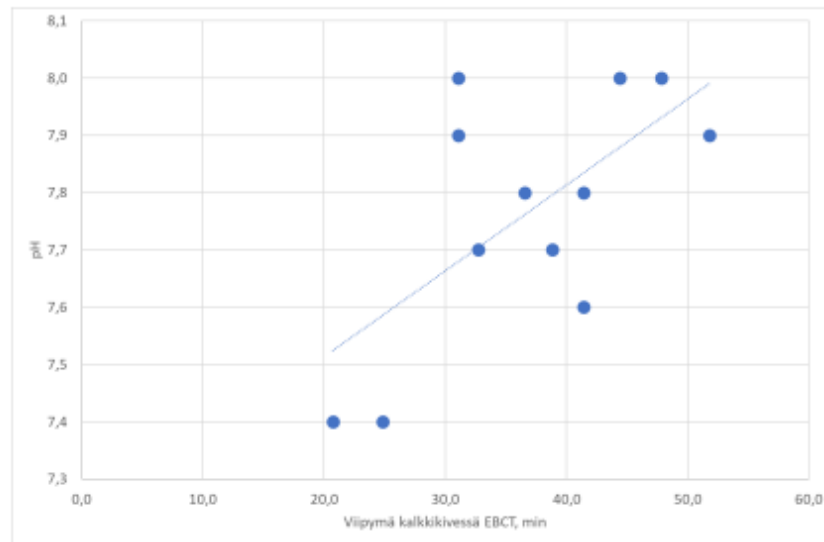
#### Kalkkikivisuodatus

Kalkkikivisuodatuksen johdettavan veden tulee olla laadultaan sellaista, että käsitellyn veden pH on riittävän korkea mangaaninpoiston kannalta. Toisaalta veden alkaliteetti ei saa olla liian alhainen (tulisi olla n. 0,7 mmol/l tai korkeampi. Sopiva pH on n. 8 – 8,5.

Veden pH nousee enintään kalkki-hiilihappotasapainon mukaiseen arvoon. Tähän vaikuttaa raakaveden hiilidioksidi- ja kalsiumpitoisuus sekä alkaliteetti. Ilman merkittävää hiilidioksidin poistoa ei pH nouse riittävästi.

Myös viipymä kalkkikivessä on merkittävä. Seuraavassa kuvassa viipymän (EBCT = kalkkikivi-kerroksen tilavuuden perusteella laskettu) ja pH:n välinen riippuvuus.





Kuva 9. Viipymän ja pH:n välinen riippuvuus

Ongelmana usein on, että hiilidioksidi helposti haihtuvana karkaa ennen määrittystä. Hiilidioksidin karkaamista voi arvioida vedenlaadun muutoksista esim. näytteet 8.9.2020:

Ennen

CO <sub>2</sub>	9,2 mg/l
Alkaliteetti	0,12 mmol/l

Jälkeen

CO <sub>2</sub>	0,9 mg/l
Alkaliteetti	0,70 mmol/l

Neutraloituneen hiilidioksidin määrä =  $22 \cdot (0,70 - 0,12) = 12,8 \text{ mg/l}$

Teoreettinen ennen CO<sub>2</sub> =  $12,8 + 0,9 = 13,7 \text{ mg/l}$

Hiilidioksidista siis oli hävinnyt ennen määrittystä n. 30 %.







## ANALYYSITULOKSET

## LIITE 5/1

PVM	Raakapohjavesi												
	pH	CO <sub>2</sub> mg/l	alkalini- teetti mmol/l	Abs 1/m	TOC mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	<sup>1)</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	<sup>1)</sup> Cl <sup>-</sup> mg/l	#) redox mV	#) O <sub>2</sub> mg/l	#) pH	#) lämpö- tila °C
5.5.2020	6,6												
6.5.2020	6,7	41	1,0	34,8	3,7	18	0,62	24	9,9	**	0,12	6,37	4,7
19.5.2020													
2.6.2020													
9.6.2020	6,7	39	1,0	41,2	4,0	18	0,66	25	9,7				
22.6.2020	6,6	39	1,0	69,8	4,1	19	0,64	27	9,4				
6.7.2020	6,6	41	1	32,6	4,1	19	0,65	28	9,4				
13.7.2020													
20.7.2020													
28.7.2020	6,6	39	0,96	35,2	4,1	18	0,66	25	10				
3.8.2020	6,7	40	1,0	28,5	3,9	18	0,61	25	9,5				
10.8.2020													
17.8.2020	6,7	39	0,96	47,9	4,1	19	0,73	25	9,4				
24.8.2020	6,5	38	0,89	22,2	4,1	19	0,74	27	9,3				
1.9.2020	6,6	37	0,95	32,6	4,0	19	0,57	27	9,5				
8.9.2020	6,7	41	1,0	35,3	4,1	18	0,60	27	9,5				
15.9.2020													
22.9.2020	6,6	41	0,99	39	4,0	19	0,73	28	9,6				
30.9.2020	6,4	32	0,74	50,9	4,4	18	0,68	26	9,5				
5.10.2020	6,6	38	0,94	36,3	4,1	18	0,61	25	9,9				
12.10.2020	6,6	39	0,96	30,4	4,0	18	0,63	27	9,6				
19.10.2020	6,6	39	0,96	38,7	3,8	18	0,63						
26.10.2020	AVOSUODATUS PURETTU POIS												
25.11.2020													
1.12.2020													
7.12.2020													
16.12.2020													
13.1.2021													
25.1.2021													

## ANALYYSITULOKSET

## LIITE 5/2

Suodatin I, ennen													
PVM	pH	CO <sub>2</sub> mg/l	alkalini- teetti mmol/l	Abs 1/m	TOC mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	<sup>*)</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	<sup>*)</sup> Cl <sup>-</sup> mg/l	#) redox mV	#) O <sub>2</sub> mg/l	#) pH	#) lämpö- tila °C
5.5.2020	5,4												
6.5.2020	5,0	62	<0,02	10,4	3,7	17	0,58	83	10	261,7	4,17	4,67	5,1
19.5.2020	4,7	57	<0,02	10,0	3,9	17	0,52	81	9,9	275	5,08	4,60	
2.6.2020	4,7	58	<0,02	10,1	4,4	16	0,49	80	10		6,34	4,94	
9.6.2020	6,0	55	0,26	12,9	4,1	18	0,59	73	9,7			4,44	5,78
22.6.2020	6,1	57	0,38	16,4	4,2	19	0,60	69	9,4		5,60	6,30	
6.7.2020	6,3	51	0,54	17,7	4,3	18	0,66	61	9,4		4,75	6,05	
13.7.2020	6,2	58	0,47	14,5	4,2	19	0,65	68	9,4		5,05	5,92	
20.7.2020	6,2	54	0,41	12,9	3,7	18	0,54	61	11		5,05	5,90	
28.7.2020	6,4	48	0,58	18,8	4,3	18	0,66	54	10		5,6	6,15	
3.8.2020	6,5	48	0,70	17,4	3,8	18	0,73	49	9,6		3,8	6,26	
10.8.2020	6,5	43	0,64	15,2	4,6	17	0,64	48	9,5		5,55	6,45	
17.8.2020	6,5	40	0,73	42,8	4,0	18	0,75	37	9,5		5,69	6,48	
24.8.2020	6,5	43	0,83	15,7	4,2	18	0,69	36	9,3			6,79	
1.9.2020	6,5	37	0,79	31,4	4,1	18	0,65	35	9,4			6,74	
8.9.2020	6,2	54	0,48	15,5	3,8	18	0,65	67	9,3			6,03	
15.9.2020	6,0	55	0,3	13,3	4,4	18	0,71	74	9,8			5,90	
22.9.2020	6,3	56	0,47	13,9	3,8	19	0,64	66	9,6		4,70	5,80	
30.9.2020	6,0	49	0,23	13,7	5,2	17	0,59	74	9,4				
5.10.2020	5,7	55	0,14	11,0	4,8	19	0,61	78	9,9			5,30	
12.10.2020	6,1	49	0,32	12,5	4,0	17	0,63	70	9,6			5,91	
19.10.2020	6,5	43	0,66	22,1	3,8	16	0,67						
26.10.2020	AVOSUODATUS PURETTU POIS												
25.11.2020													
1.12.2020													
7.12.2020													
16.12.2020													
13.1.2021													

## ANALYYSITULOKSET

## LIITE 5/3

Suodatin I, jälkeen													
PVM	pH	CO <sub>2</sub> mg/l	alkalini- teetti mmol/l	Abs 1/m	TOC mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	<sup>1)</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	<sup>1)</sup> Cl <sup>-</sup> mg/l	#) redox mV	#) O <sub>2</sub> mg/l	#) pH	#) lämpö- tila °C
5.5.2020													
6.5.2020	5,2	58	0,03	10,5	3,4	18	0,57	83	10	** n. 270	4,30	5,17	5,1
19.5.2020	3,6	51	<0,02	10,7	2,2	6,5	0,54	79	10	477	3,92	3,83	
2.6.2020	3,7	47	<0,02	8,7	1,9	5,1	0,53	73	9,9		2,12	4,10	
9.6.2020	3,8	45	<0,02	2,7	1,7	0,44	0,67	68	9,8		2,42	4,20	
22.6.2020	4,0	40	<0,02	2,2	2,0	0,13	0,64	65	9,7		1,40	4,55	
6.7.2020	4,5	34	<0,02	1,7	1,9	0,04	0,62	59	9,8		4,01	5,03	
13.7.2020	4,8	37	<0,02	1,8	1,9	0,02	0,67	61	9,6		3,04	4,97	
20.7.2020	4,7	39	<0,02	1,7	1,7	0,03	0,59	56	11		3,08	4,90	
28.7.2020	5,5	33	0,09	2,0	1,9	ei tod.	0,62	53	10		4,03	5,42	
3.8.2020	5,7	35	0,16	2,1	2,2	<0,02	0,63	50	9,6		1,54	5,86	
10.8.2020	5,9	29	0,22	2,3	2,0	0,03	0,61	46	9,6		4,15	6,06	
17.8.2020	6,1	31	0,32	2,4	2,1	0,02	0,61	41	9,4		4,34	6,22	
24.8.2020	6,3	26	0,43	3,0	2,3	0,08	0,59	35	9,4			6,51	
1.9.2020	6,4	23	0,51	3,0	2,2	0,08	0,64	35	9,4			6,71	
8.9.2020	5,5	34	0,09	1,9	1,8	0,08	0,66	57	9,6			5,62	
15.9.2020	4,5	36	<0,02	1,7	1,8	0,10	0,66	61	10			5,16	
22.9.2020	4,4	39	<0,02	1,7	1,8	0,06	0,69	64	9,6		4,3	4,70	
30.9.2020	5,0	27	<0,02	1,9	1,7	0,07	0,62	58	9,6		4,85	5,30	
5.10.2020	4,0	40	<0,02	3,6	4,8	0,62	0,63	67	10		3,13	4,10	
12.10.2020	4,3	37	<0,02	2,2	2,2	0,17	0,67	63	9,7			4,42	
19.10.2020	4,1	42	<0,02	2,0	3,9	0,16	0,64						
26.10.2020	AVOSUODATUS PURETTU POIS												
25.11.2020	6,1	30	0,41	2,4	2,6	0,06	0,62	38	9,7				
1.12.2020	6,2	30	0,42	2,5	3,0	0,05	0,64	37	9,7				
7.12.2020	6,1	32	0,42	2,5	2,8	0,06	0,56	34	9,5				
16.12.2020	6,0	34	0,34	2,2	2,3	0,04	0,62						
13.1.2021	6,0	33	0,33	2,2	2,0	0,03	0,63						
25.1.2021	5,9	40	0,27	2,2	2,8	0,04	0,64						

## ANALYYSITULOKSET

## LIITE 5/4

Ilmastus, jälkeen													
PVM	pH	CO <sub>2</sub> mg/l	alkalini- teetti mmol/l	Abs 1/m	TOC mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	<sup>*)</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	<sup>*)</sup> Cl <sup>-</sup> mg/l	#) redox mV	#) O <sub>2</sub> mg/l	#) pH	#) lämpö- tila °C
5.5.2020													
6.5.2020	5,5	37	0,03	13,6	3,2	17	0,57	82	10	246,4	11,91	5,54	5,5
19.5.2020	3,6	30	<0,02	9,7	1,6	6,0	0,55	77	10	486	12,15	3,74	
2.6.2020	3,7	28	<0,02	13,6	1,6	5,0	0,54	72	10		12,52	3,92	
9.6.2020	3,8	19	<0,02	2,3	1,6	0,48	0,64	68	9,7			12,11	4,3
22.6.2020	4,0	9,6	<0,02	2,3	1,4	0,24	0,64	64	9,5		12,70	4,40	
6.7.2020	4,7	6,0	<0,02	1,8	1,4	0,05	0,68	62	9,4		12,55	6,06	
13.7.2020	5,3	5,1	<0,02	1,9	1,3	0,03	0,67	61	9,5		12,95	6,04	
20.7.2020	5,1	8,9	<0,02	1,8	1,3	0,03	0,58	56	11		12,47	5,00	
28.7.2020	5,8	17	0,1	2,2	1,6	<0,02	0,62	53	10		11,08	6,05	
3.8.2020	6,1	16	0,17	2,2	1,7	<0,02	0,62	49	9,7		10,75	6,58	
10.8.2020	6,2	15	0,23	2,4	1,6	0,03	0,62	45	9,7		10,65	7,00	
17.8.2020	6,4	15	0,32	2,5	2,1	0,03	0,62	41	9,6		10,5	6,80	
24.8.2020	6,7	11	0,46	3,0	2,0	0,08	0,62	35	9,7		9,88	6,70	
1.9.2020	6,7	12	0,51	3,2	2,2	0,15	0,63	34	9,6			6,56	
8.9.2020	6,1	9,4	0,12	2,2	1,3	0,17	0,70	57	9,5		11,40	6,90	
15.9.2020	4,4	14	<0,02	2,0	1,4	0,42	0,68	64	9,7			5,10	
22.9.2020	4,4	20	<0,02	1,8	1,3	0,06	0,67	63	9,7		9,3		
30.9.2020	5,6	7,2	0,02	2,0	1,5	0,04	0,67	60	9,3		11,45		
5.10.2020	4,1	14	<0,02	3,5	1,8	0,49	0,65	65	9,8		11,10		
12.10.2020	4,6	9,3	<0,02	2,5	1,5	0,68	0,69	63	9,6		11,23		
19.10.2020	4,2	9,3	<0,02	2,1	1,3	0,16	0,66						
26.10.2020	AVOSUODATUS PURETTU POIS												
25.11.2020													
1.12.2020													
7.12.2020													
16.12.2020													
13.1.2021													
25.1.2021													



## ANALYYSITULOKSET

## LIITE 5/5

Suodatin II, jälkeen														Syövyttävyyss- indeksi
PVM	pH	CO <sub>2</sub> mg/l	alkalini- teetti mmol/l	Abs 1/m	TOC mg/l	Fe mg/l	Mn mg/l	<sup>*)</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	<sup>*)</sup> Cl <sup>-</sup> mg/l	#) redox mV	#) O <sub>2</sub> mg/l	#) pH	#) lämpö- tila °C	
5.5.2020														
6.5.2020	6,6	18	0,36	9,4	2,2	7,4	0,59	82	10	**n. 190	10,51	6,07	5,8	0,2
19.5.2020	7,0	6,2	0,57	1,8	1,4	ei tod.	0,56	70	10	343	11,60	6,30		0,3
2.6.2020	7,0	6,3	0,53	1,7	1,5	ei tod.	0,53	64	10		11,24	6,46		0,3
9.6.2020	7,4	3,1	0,68	1,4	1,6	ei tod.	0,69	67	9,8		12,2	6,59		0,4
22.6.2020	8,0	0,8	0,47	1,9	1,4	<0,02	0,42	66	9,4		12,95	6,70		0,3
6.7.2020	7,9	1,0	0,55	1,7	1,5	<0,02	0,26	65	9,1		12,26	6,90		0,3
13.7.2020	7,8	0,7	0,45	1,7	1,4	<0,02	0,13	62	9,4		12,64	6,80		0,3
20.7.2020	8,0	0,9	0,53	1,6	1,3	ei tod.	0,12	56	11		12,25	7,50		0,4
28.7.2020	7,4	5,1	1,0	2,1	1,7	ei tod.	0,21	53	10		10,66	6,88		0,7
3.8.2020	7,7	2,8	1,1	2,1	1,8	<0,02	0,08	49	9,7		9,47	7,05		0,9
10.8.2020	7,5	3,6	1,1	2,2	1,8	0,03	0,09	46	9,7		10,2	7,60		0,9
17.8.2020	7,6	3,4	1,2	2,3	1,8	0,02	0,08	41	9,6		9,62	7,55		1,1
24.8.2020	7,8	2,0	1,2	2,8	2,2	0,06	0,08	36	9,6		8,86	7,30		1,2
1.9.2020	7,8	2,1	1,3	3,1	2,0	0,07	0,13	34	9,6			7,20		1,3
8.9.2020	8,0	0,9	0,70	2,0	1,3	0,08	<0,02	58	9,3		10,04	7,42		0,5
15.9.2020	7,8	1,3	0,73	1,6	1,5	<0,02	<0,02	65	9,6					0,4
22.9.2020	7,4	4,8	0,95	1,5	1,6	<0,02	0,43	63	9,7		9,7	7,60		0,6
30.9.2020	7,9	1,1	0,74	1,9	2,0	0,02	0,08	61	9,3		10,45	8,00		0,5
5.10.2020	7,7	2,1	1,0	2,7	2,2	0,09	0,10	67	9,7		6,25	7,45		0,6
12.10.2020	8,0	0,7	0,65	2,0	1,8	0,03	ei tod.	64	9,6		10,6	7,31		0,4
19.10.2020	8,1	0,6	0,62	2,1	1,5	0,04	ei tod.							#JAKO/0!
26.10.2020	AVOSUODATUS PURETTU POIS													
25.11.2020														#JAKO/0!
1.12.2020														#JAKO/0!
7.12.2020														#JAKO/0!
16.12.2020														#JAKO/0!
13.1.2021														#JAKO/0!
25.1.2021														#JAKO/0!



Tutkimustodistus Päivämäärä AR-20-YS-013006-01 02.11.2020

Sivu 1/2

Tutkimusno EUAB31-00016611  
Asiakasno YS0001227

Oulun kaupunki Oulun Vesi liikelaitos

Kasarmintie 29  
90230 OULU  
FINLAND

#### Tilauksen kuvaus

Oulun Vesi, silikaattinäytteet 26.10.2020

Näyttenumero	749-2020-00027052	749-2020-00027053	749-2020-00027054	749-2020-00027055		
Näytteen nimi	Hakipudas, Saviaro pilot, raakavesi	Hakipudas, Saviaro lähteva	Hakipudas, Saviaro pilot, suod 1 jälkeen	Hakipudas, Saviaro pilot, suod 2 jälkeen		
Näytteen kuvaus						
Matriisi	Raakavesinäyte	Pohjavesi	Pohjavesi	Pohjavesi		
Näytteenottopäivä	26.10.2020	26.10.2020	26.10.2020	26.10.2020		
Vastaanottopäivä	26.10.2020	26.10.2020	26.10.2020	26.10.2020		
Analysointi aloitettu	26.10.2020	26.10.2020	26.10.2020	26.10.2020		
Näytteenottaja	Asiakas Vuokko Häkkinen	Asiakas Vuokko Häkkinen	Asiakas Vuokko Häkkinen	Asiakas Vuokko Häkkinen		
Analyytit	Testikoodi	Yksikkö	Tulokset	Tulokset	Tulokset	Tulokset
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>						
Piidioksidi (SiO <sub>2</sub> ) *	RZD35	mg/l	24	20	21	21

\*Menetelmä on akkreditoitu.

#### ALLEKIRJOITUS

02.11.2020

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.



Sivu 2/2  
 Tutkimustodistus AR-20.YS-013006-01  
 Päivämäärä 02.11.2020

**Menetelmätiedot**

Testikoodi	Parametrin nimi	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäjä	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>						
RZD35	Piidioksidi (SiO <sub>2</sub> )	0,20mg/l(<0,20mg/l) 10%(>0,20mg/l)	0,05	Kyllä	Sis. men. EF2087, perustuu ISO 15923-1:2013, Spektrofotometri (DA)	RZ
<b>Laboratorio</b>						
RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)		SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T039			

Jakelu :

**Huomautukset**

Tutkimustodistuksen osittainen kopioiminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.



**OMAVALVONNAN  
TUTKIMUSSELOSTUS  
Haukipudas**

Näyttenro: avosuod 261020

Sivu: 1/2

Oulu 29.10.2020

Näytteenottaja Vuokko Häkkinen  
Näyte pvm 26.10.2020

Määrittys	Laatu-vaatimus	Laatu-tavoite	Saviaro, lähtävä UV desinfioitu	Pilot suodatin 2 jälkeen, ei desinfiointia			
<b>Mikrobiologiset analyysit</b>							
Enterokokit, MPN/100ml	0/100 ml						
Escherichia coli, MPN/100ml	0/100 ml						
Kokonaispesäkeluku (+22 °C <sub>24h</sub> ), pmy/ml		ei epätavallisia muutoksia					
Kokonaispesäkeluku (+37 °C <sub>24h</sub> ), pmy/ml							
Koliformiset bakteerit, MPN/100 ml		0/100 ml					
<b>Fysikaalis-kemialliset ja aistinvaraiset analyysit</b>							
<b>Syövyttävyyteen vaikuttavat muuttajat</b>							
Kloridi, mg/l		<25 (+250*)					
pH	≤9,5	6,5-9,5	8,1	8,0			
Sulfaatti, mg/l		<150(+250*)					
Sähkönjohtavuus, mS/m		<25 (+250*)	24,3	25,9			
<b>Muuttajat, joihin vedenkäsitely voi vaikuttaa merkittävästi</b>							
Alkaliteetti, mmol/l			1,5	1,1			
Hilidioksidi, mg/l			0,9	0,7			
Kokonaiskovuus, mmol/l			0,44	1,00			
Ca, mg/l			10,2	30,3			
Mg, mg/l			5,3	5,9			
Kokonaisorgaaninen hiili, TOC, mg/l		ei epätavallisia muutoksia	3,1	1,7			
Mangaani, mg/l		<0,05	ei tod.	ei tod.			
Na, mg/l			29,6	7,9			
Rauta, mg/l		<0,2	0,07	0,03			
<b>Laadun yleisindikaattorit</b>							
Haju ja maku, 20 °C		ei epätavallisia muutoksia	ei/-	ei/-			
Näytteenotolämpötila, °C		<20					
Sameus, FTU		ei epätavallisia muutoksia	0,27	0,34			
Väri			7	<2			
Ulkonäkö			kirjas	kirjas			
muutoksia			13	13	0	0	0

**Muuta:** Haukiputaan Saviaron pohjaveden sähkönjohtavuus on luontaisesti korkeammalla tasolla.

\*) Arvo on asetettu veteen aiheutuvan maun ehkäisemiseksi. Vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi tulisi kloridipitoisuuden olla alle 25mg/l, sulfaattipitoisuuden alle 150mg/l ja sähkönjohtavuuden alle 25mS/m.

**Kyllästysindeksi Langlier Saviaro LÄ 32°C, Pilot suod 2 jälkeen 39 °C**

Vuokko Häkkinen  
laboratorioanalyytikko,

vesisu/0011117

Näytteenottaja	Vuokko Häkkinen					
Näyte pvm	28.10.2020					
Määrittys	Laatu- vaatimus	Laatu- tavoite	Saviaro, raakapohja- vesi, linja 1 ja 2	Pilot Saviaro, suodatin 1, ennen	Pilot Saviaro, suodatin 1, jälkeen	Ilmastuksen jälkeen
<b>Mikrobiologiset analyysit</b>						
Enterokokit, MPN/100ml						
Escherichia coli, MPN/100ml						
Kokonaispesäkeluku (+22 °C <sub>24h</sub> ), pmy/ml						
Kokonaispesäkeluku (+37 °C <sub>24h</sub> ), pmy/ml						
Koliformiset bakteerit, MPN/100 ml						
<b>Fysikaalis-kemialliset ja aistinvaraiset analyysit</b>						
Alkaliteetti, mmol/l			0,92	0,60	0,12	0,12
Hiilidioksidi, mg/l			37	34	33	5,8
Kokonaiskovuus, mmol/l			0,49			
Ca, mg/l			10,8	10,9	11,5	11,6
Mg, mg/l			5,3	5,4	5,5	5,5
Kokonaisorgaaninen hiili, TOC, mg/l			3,6	3,2	2,1	1,6
Mangaani, mg/l			0,61	0,59	0,61	0,62
Na, mg/l			8,0	7,9	7,9	7,8
Näytteenotolämpötilä, °C						
pH			6,6	6,5	5,6	6,4
Rauta, mg/l			18	16	0,06	0,14
Sameus, FTU					0,75	0,94
Sähkönjohtavuus, mS/m			18,3	18,8	0,75	17,4
Väri			390	197	<2	<2
määrittäjä			12	11	12	12
määrittäjä yhteensä						0
määrittäjät edellisistä						47
						47

Vuokko Häkkinen  
laboratorioanalytiikko,  
[...]

versio/w0011127