

Juhani Seppänen

**Hyxo Oy Talvivaaran vesilaitoksen käyttöönotto, toiminnan seuraukset ja optimointi**

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Syksy 2009



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

|   |   |
|---|---|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala  | Koulutusohjelma<br>Kone ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  |
| Tekijä(t)<br>Juhani Seppänen  |   |
| Työn nimi<br>Hyxo Oy Talvivaaran vesilaitoksen käyttöönotto, toiminnan seurauksen ja optimointi   |   |
| Vaihtoehtoiset ammattiopinnot<br>Kunnossapito<br>Nc-tekniikka   | Ohjaaja(t)<br>Mikko Heikkinen, Lehtori<br><br>Toimeksiantaja<br>Teemu Saukkonen Hyxo Oy   |
| Aika<br>9.4.2009  | Sivumäärä ja liitteet<br>61+9   |
| <p>Tämä insinööri työ tehtiin Hyxo Oy konserniin kuuluvalla Vodapro Oy:lle syksyn 2008 ja kevättalven 2009 aikana. Vodapro toimitti Talvivaaran kaivokselle täysin automatisoidun vesilaitoksen. Toimitukseen kuului laitteiden asentaminen, käyttöönotto sekä laitteiden optimointi</p> <p>Työn tarkoituksena on selvittää uuden vesilaitoksen käyttöönottoa ja optimointia sekä analysoida optimoinnin onnistumista. Optimoinnin aikana Talvivaaran laboratorio otti eri veden laaduista näytteitä, joista tehtiin johtopäätöksiä jatkettaessa optimointia.</p> <p>Työstä teki haastavan muuttuvat olosuhteet, kuten vesilaitokselle tulevan raakaveden muuttuva lämpötila ja tehtaan rakennusvaiheesta johtuvat muutokset. Myös käytettävien kemikaalien laadussa havaittiin poikkeuksia.</p> <p>Laitoksen ja laitteiden käyttöönotossa sekä optimoinnissa onnistuttiin muilta osin, poikkeuksena talousveden mangaanin määrä vedessä oli liian suuri. Mangaanin pienentämiseksi on tulossa muutos laitoksen toimintaperiaatteeseen.</p> |   |
| Kieli   | Suomi   |
| Asiasanat   | Hyxo, Vodapro, Talvivaara, Vesilaitos, Vedenkäsittelylaitteet   |
| Säilytyspaikka  | <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta<br><input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto |

|  |  |
|--|--|
| School<br>School of Engineering  | Degree Programme<br>Mechanical and Production Engineering  |
| Author(s)<br>Juhani Seppänen   |  |
| Title<br>The Commissioning and Optimization of Talvivaara Waterworks   |  |
| Optional Professional Studies<br>Maintenance<br>NC Technology  | Instructor(s)<br>Mr. Mikko Heikkinen, Lecturer   |
|  | Commissioned by<br>Mr. Teemu Saukkonen   |
| Date   | Total Number of Pages and Appendices<br>61 plus 9 appendices   |
| <p>This Bachelor's thesis was made for Vodapro Oy that is a subsidiary of Hyxo Oy. This thesis was made during the autumn 2008 and winter/spring 2009. Vodapro supplies the mining facility of Talvivaara with to fully automated waterworks including the installation, commissioning and optimization of the equipment.</p> <p>The aim of the thesis was to examine the commissioning and optimization of the waterworks and to analyse the success of the optimization. During the optimization the laboratory of Talvivaara took samples from different water filtration qualities, which led to conclusions when to continue the optimization.</p> <p>What made the thesis challenging were the varied conditions such as the varied temperature of the undressed water and the changes from the constructions of the factory. It was also discovered that there were exceptions within the used chemicals.</p> <p>The commissioning and optimization of the equipment was a success even if the amount of manganese in the drinking water was too large. There will be a change in the operating principle of the plant considering the amount of manganese.</p> |  |
| Language of Thesis   | Finnish  |
| Keywords   | Hyxo, Vodapro, Talvivaara, Waterworks, Waterworks equipment  |
| Deposited at   | <input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences<br><input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences |

## ALKUSANAT

Tämä insinöörityö tuli minulle kuin luonnollisena jatkumona työharjoitteluni päätteeksi. Esitän kiitokseni Hyxo Oy:lle sekä Vodapro Oy:lle, jotka mahdollistivat suorittaa työharjoittelun ja insinöörityön mielenkiintoisessa sekä haasteellisessa projektissa, joka täytti kaikki odotukseni. Kiitän myös työharjoitteluni, ja insinöörityöni ohjaajaa Teemu Saukkosta, sekä vesilaitoksen projektipäällikkö Juha Nissistä. Kiitän lisäksi kaikkia projektissa mukana olleita ja siihen liittyviä henkilöitä, jotka ovat olleet tukena tätä työtä tehdessä. Erikoiskiitokseni esitän myös avopuolisolleni Sanna Pölläselä tukemisestani.

Työssä tutustutaan vedenkäsittelylaitoksen käyttöönottoon ja optimointiin, sekä käydään läpi millaisia laitteita laitokselle asennetaan. Lisäksi tutustutaan käyttöönoton sekä optimoinnin tarkoituksiin oikean veden laadun saavuttamiseksi.

# SISÄLLYS

|  |    |
|--|----|
| 1 JOHDANTO   | 1  |
| 2 VESI   | 2  |
| 2.1 Ominaisuudet ja kiderakenne                      | 2  |
| 2.2 Veden tiheys                                     | 3  |
| 2.3 Veden viskositeetti                              | 3  |
| 2.4 Vesihöyryn paine                                 | 4  |
| 3 TALVIVAARAN VESILAITOSPROJEKTI                     | 5  |
| 3.1 Vesilaitoksen käyttämä raakavesi                 | 6  |
| 3.2 Vesilaitoksen toimintakuvaus                     | 7  |
| 3.3 Jätevesien käsittely                             | 11 |
| 3.4 Takuuarvot                                       | 13 |
| 4 VEDEN VALMISTUKSEEN KÄYTETTÄVÄT LAITTEET           | 15 |
| 4.1 Kemiallisesti puhdistettu vesi                   | 15 |
| 4.1.1 Dynasand–hiekkasuodatin                        | 15 |
| 4.1.2 Johnson Lamella–selkeytin                      | 19 |
| 4.2 Suolattoman veden valmistus                      | 20 |
| 4.2.1 Aktiivihilisuodatus                            | 21 |
| 4.2.2 Käänteisosmoosi                                | 22 |
| 4.2.3 Sekaioninvaihdin                               | 23 |
| 4.3 Talousvesi                                       | 25 |
| 4.4 Kemikaalit                                       | 26 |
| 4.4.1 Polyalumiinikloridi Pax-18                     | 27 |
| 4.4.2 Natriumhydroksidi (NaOH)                       | 28 |
| 4.4.3 Vetyperoksidi (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) | 28 |
| 4.4.4 Biosidi  | 29 |
| 4.4.5 Rikkihappo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>      | 29 |
| 4.4.6 Natriumhypokloriitti NaClO                     | 30 |
| 4.4.7 Hapenpoistokemikaali                           | 30 |
| 4.5 Instrumentit                                     | 30 |
| 4.5.1 Uvas   | 30 |

|  |    |
|--|----|
| 4.5.2 PH-mittaus   | 31 |
| 4.5.3 Sameuden mittaus                                       | 32 |
| 4.5.4 Sähkönjohtokyky.                                       | 33 |
| 4.5.5 Magneettiset virtausmittaukset                         | 34 |
| 4.5.6 Rotametri  | 34 |
| 4.5.7 Pinnan mittaus ultraäänimenetelmällä                   | 35 |
| <br>   |    |
| 5 MUUT VEDEN KÄSITTELYYN LIITYVÄT LAITTEET                   | 37 |
| 5.1 Jäähdytystornit  | 37 |
| 5.2 Syöttövesijärjestelmä                                    | 38 |
| 5.3 Säiliöt  | 38 |
| 5.4 Pumput   | 38 |
| <br>   |    |
| 6 AUTOMAATIO   | 40 |
| <br>   |    |
| 7 PROJEKTIN ETENEMINEN                                       | 42 |
| <br>   |    |
| 8 KÄYTTÖÖNOTTO   | 45 |
| 8.1 Kemiallisesti puhdistetun veden laitteiston käyttöönotto | 45 |
| 8.2 Suolattoman veden laitteiston käyttöönotto               | 48 |
| <br>   |    |
| 9 VESILAITOKSEN OPTIMOINTI                                   | 51 |
| 9.1 Kemiallisesti puhdistetun veden laitteiston optimointi   | 51 |
| 9.2 Suolattoman veden laitteiden optimointi                  | 54 |
| <br>   |    |
| 10 NÄYTTÖENOTTO  | 58 |
| <br>   |    |
| 11 POHDINTAA TYÖN ONNISTUMISESTA                             | 59 |
| <br>   |    |
| 12 YHTEENVETO  | 61 |
| <br>   |    |
| LÄHTEET  | 62 |
| <br>   |    |
| LIITTEET   |    |

## 1 JOHDANTO

Tämä työ tehtiin vedenkäsittelyn alalla toimivalle Hyxo Oy:lle sekä Hyxo Oy osakeyhtiöön kuuluvalla Vodapro Oy:lle. Hyxo Oy konsernin pääkonttori sijaitsee Keravalla ja se on perustettu vuonna 1968. Hyxo Oy on veden käsittelyyn erikoistunut yritys joka suunnittelee, valmistaa, asentaa, huoltaa ja toimittaa vedenkäsittelylaitteita ja – laitoksia aina teollisuuden prosessiveden käsittelystä kunnalliseen juomaveteen ja jäteveden käsittelyyn.

Hyxo Oy:llä on useita läheisiä yrityksiä, jotka kaikki liittyvät osaltaan vedenkäsittelyyn, kattilalaitoksiin, instrumentteihin tai mittauksiin ja yrityksellä on toimintaa Suomen lisäksi myös ulkomailla kuten Venäjällä ja Tanskassa. Vodapro on yksi Hyxo Oy:n tytäryhtiöistä, se on erikoistunut juomaveden suodatukseen, jäteveden puhdistukseen ja teollisuuden prosessiveden käsittelyyn.

Vodapro toimitti Talvivaaran kaivokselle vesilaitoksen turn-key-toimituksena. Se toimii täysin automaattisesti, ja toiminnan valvominen tapahtuu Talvivaaran keskusvalvomosta. Vesilaitos käyttää Kolmisopen järvestä pumpattua vettä. Suodatuksen ensimmäinen vaihe on hiekkasuodatus, jossa kemiallisen saostuksen avulla suodatetaan kemiallisesti puhdistettua vettä.

Kemiallisesti puhdistettua vettä käytetään prosesseihin ja lisäksi siitä suodatetaan aktiivihii-lisuodatuksen kautta käänteisosmoositekniikalla ja sekaioninvaihdolla suolatonta eli de-mineralisoitua vettä. Kemiallisesti puhdistettu vesi toimii myös talousveden suodatuksen raa-ka-aineena. Talousvesi kaivoksen työntekijöiden käyttöön suodatetaan aktiivihii-lisuodattimil-la ja uv-desinfiointilla.

Toimitettavat laitteistot sekä niiden ohjaus tapahtuu pääohjausjärjestelmän ohjaamana auto-maattisesti ja se käyttää avukseen antureita, joiden avulla mitataan veden laatua ja virtaus-määriä.

Insinööriyön tarkoituksena on selvittää uuden vesilaitoksen laitteiston käyttöönottoa ja sen optimointia sekä tutkia sen onnistumista.

## 2 VESI

Vesi ( $H_2O$ ) on yleisemmin nesteenä tunnettu aine joka esiintyy myös kiinteänä jäänä sekä kaasuna. Se on ainoa aine, joka voi esiintyä luonnonoloissa kaikissa kolmessa olomuodossa. Vesi on ihmisille sekä eläimille elintärkeää ja kaiken elämän ehto.

Veden sisältämät niin fysikaaliset kuin kemiallisetkin epäpuhtaudet muuttavat veden fysikaalisia ominaisuuksia puhtaaseen veteen verrattuna. Liuenneet aineet, kuten erilaiset suolat, vaikuttavat tiheyteen, sähkönjohtokykyyn, jäätymispisteeseen ja viskositeettiin. Fysikaaliset epäpuhtaudet, kuten kiinteät hiukkaset, vaikuttavat tiheyteen ja useimmiten erittäin selvästi valonläpäisykykyyn. [ 1, s. 33.]

### 2.1 Ominaisuudet ja kiderakenne

Puhuttaessa vedestä ei yleensä puhuta vedestä sinänsä vaan orgaanisten ja epäorgaanisten yhdisteiden laimeista vesiliuoksista. Veden monet fysikaaliset ominaisuudet riippuvat lämpötilasta. Erityisen selvä rajakohta on veden jäätyminen. [2, s. 195.]

Vesimolekyylä koostuu happiatomista ja kahdesta vetyatomista. Veden moolimassa on 18 g/mol. Veden muodostumislämpö on -286 kJ/mol. Kun se muodostuu vedystä ja hapesta, vapautuu lämpöä eksotermisessä reaktiossa. Vesimolekyylä on stabiilimpi kuin lähtöaineensa. [2, s. 196.]

Happi elektronegatiivisempänä atomina vetää molekyylissä kovalenttisen sidoksen elektroneja enemmän puoleensa, mikä johtaa negatiivisen osittaisvarauksen syntymiseen molekyylin hapenpuoleiseen päähän. Molekyylin toinen pää taas on positiivisesti varautunut. Vesi on siis voimakkaasti di-polaarinen yhdiste eli molekyylin molempien päiden sähköinen varaus on erilaiset. [2, s. 196.]



## 2.2 Veden tiheys

Veden moolimassa on siis  $18 \text{ cm}^3$   $0 \text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa, ja tilavuus lisääntyy  $8,3 \%$  veden muuttuessa jääksi ( $19,5 \text{ cm}^3/\text{mol}$ ). Tämä johtuu säännöllisten vetysidosten aiheuttamasta avoimesta rakenteesta jäässä. Jää kelluu siis nesteen pinnalla estäen esimerkiksi vesistön jäätyminen umpeen. [2, s. 197.]

Veden tiheys muuttuu erittäin vähän paineen kasvaessa. Tilavuuden suhteellinen vähennys on lähes lineaarinen ja arvoltaan  $5 \cdot 10^{-5}$  paineen lisäystä  $0,1 \text{ MPa}$  kohti. Kokoonpuristuvuuden vähäistä merkitystä kuvaa se, että  $10\,000$  metrin syvyydessä meren pohjassa eli  $100 \text{ MPa}$ :n paineessa veden tiheys on  $1,05 \text{ kg}/\text{dm}^3$  [2, s. 198.]

Liuenneet suolat lisäävät veden tiheyttä suorassa suhteessa konsentraatioon. Makeiden sisävesien suolapitoisuus on niin vähäistä, että sen aiheuttamalla tiheyden lisäyksellä ei ole merkitystä. Suomen rannikon meriveden tiheys on  $+ 4 \text{ }^\circ\text{C}$  lämpötilassa, mikä on noin  $1,0028 \text{ kg}/\text{dm}^3$ . [2, s. 198.]

## 2.3 Veden viskositeetti

Vedellä on kyky vastustaa muodonmuutoksia. Tätä ominaisuutta kutsutaan viskositeetiksi. Se ilmoitetaan joko absoluuttisena eli dynaamisena viskositeettina  $\eta$ , yksikkönä ( $\text{Ns}/\text{m}^2$ ) tai kinemaattisena viskositeettina ( $\nu = \eta/\rho$ ), yksikkönä ( $\text{m}^2/\text{s}$ ). Viskositeetti on erittäin riippuvainen lämpötilasta. Viskositeetti riippuu myös suolapitoisuudesta, vaikka vaikutus ei luonnonvesissä esiintyvien pitoisuuksien alueella ole suuri. Veden viskositeetti on jokseenkin riippumaton paineesta käytännössä esiintyvien paineiden alueella. Vedenkäsittelytekniikassa suodatus-, laskeutus- ja flotaatioprosessien tehokkuus riippuu viskositeetista ja siten veden lämpötilasta. Viskositeetti vaikuttaa myös veden virratessa syntyvän virtausvastuksen suuruuteen sekä putkissa että avouomissa. [1, s. 35–37.]

## 2.4 Vesihöyryn paine

Vesihöyryä syntyy aina veden tai jään ollessa kosketuksessa ilmaan. Veden tai jään pinnan yläpuolella olevaan tilaan siirtyy jatkuvasti vesimolekyylejä, ja siitä puolestaan palaa yhtä jatkuvasti molekyylejä takaisin veteen tai jäähän. Kun tila on vesihöyryn kyllästämä, on lähteviä ja palaavia molekyylejä yhtä paljon. Jos tila on suljettu, aiheutuu siinä kyllästetystä vesihöyrystä paine, joka riippuu ainoastaan lämpötilasta. [1, s. 39.]

Vesihöyryn paine ilmoitetaan tavallisesti paineen yksikkönä, useimmiten kPa. Vesihöyryn paine on riippumaton siitä, onko höyry sekoittuneena johonkin toiseen kaasuun, esimerkiksi ilmaan. Tällöin kaasuseoksen kokonaispaineesta on kyllästyneen vesihöyryn paineen suuruinen osuus vedestä johtuvaa, jos kysymys on kyllästystilanteesta. [1, s. 39.]

### 3 TALVIVAARAN VESILAITOSPROJEKTI

Talvivaaran kaivos käyttää vettä erilaisiin tarpeisiinsa. Biokasaliuotuksen lisäksi Talvivaara käyttää kemiallisesti suodatettua ja suolatonta vettä mm. jäähdytykseen, energian siirtoon, lämpövoimalan kaukolämpöön, vetytehtaalalle, talousvedeksi, jne. Liitteenä 1 on Talvivaaran kartta josta selviää vesilaitoksen sijainti. Vesilaitoksen numero on tehdasalueella 603.

Vodapro Oy toimitti Talvivaaran kaivokselle automatisoidun vedenkäsittelylaitoksen. Tarvitavat vesilaadut olivat kemiallisesti puhdistettu vesi, demineralisoitu vesi sekä talousvesi. Lisäksi tuli lauhdeiden käsittelyyn jäähdytystornit jäähdyttämään prosesseissa kuumennettua vettä

Toimitus sisälsi myös syöttövesisäiliön, johon lauhdeet tehtaan alueelta virtaa, ja siitä edelleen vetenä uudelleenkiertoon. Kemiallisesti puhdistettua vettä on mahdollista suodattaa maksimissaan 160 kuutiometriä tunnissa. Demineralisoitua eli suolatonta vettä enintään 20 kuutiometriä tunnissa ja talousvettä maksimissaan 15 kuutiometriä tunnissa. Vesilaitoksen toimintaa ohjaa pääohjausjärjestelmä käyttäen instrumenttien ja antureiden välittämää tietoa. Laitoksen toimintaa voidaan muuttaa vesilaitokselta kuvan 1 ohjauspaneelilta. Valvonnan ja perusohjauksen voi suorittaa Talvivaaran keskusvalvomosta. Liitteenä 2 on layout vesilaitoksesta.



Kuva 1. Vesilaitoksen ohjauskeskus.

### 3.1 Vesilaitoksen käyttämä raakavesi

Talvivaaraan raakavesi otetaan Kolmisoppijärvestä ja mahdollisesti tarvittava lisävesi Nuasjärvestä. Veden tarve on enintään 4000 m<sup>3</sup>/h [3, s. 27]. Veden pumppaus kaivokselle toteutetaan Hovinlahden länsirannan pumppaamolla [3, s. 47]. Mahdollinen lisävesi Nuasjärvestä otetaan Petäjäniemen pumppaamolta [3, s. 51]. Raakavesi johdetaan putkistoja pitkin tehtaalle ja vesi varastoidaan ylävesialtaaseen. Altaasta vesi haaroitetaan vesilaitokselle ja muihin kaivoksen tarpeisiin.

Koska vesi otetaan järvestä, se on pintavettä. Pintavesi sisältää aina humusta jolla tarkoitetaan vedessä esiintyviä orgaanisia aineita ja hiukkasia, joita ovat eläinplankton, kasviplankton, bakteerit, kuolleet orgaaniset hiukkaset. Humuksessa esiintyy myös viruksia, rasvahappoja, hiilihydraatteja, proteiineja jne. Humuksella on hyvin monimutkainen kemiallinen rakenne ja

se muuttuu jatkuvasti. Humukseen on havaittu sitoutuneena metalleja kuten rautaa, alumiinia, kuparia, nikkeliä, sinkkiä, kalsiumia, magnesiumia, natriumia, kaliumia. [4.]

### 3.2 Vesilaitoksen toimintakuvaus

Vesilaitokselle pumpataan raakavettä, josta suodatetaan vettä. Raakaveden annostellaan polyalumiinikloridia (pax-18), natriumhydroksidia (lipeä) ja vetyperoksidia ( $H_2O_2$ ). Kemikaalin syötön jälkeen vesi läpäisee Dynasand–hiekkasuodattimet johon humus ja liat tarttuvat. Suotimien jälkeen on vielä lipeän annostelu, jolla voidaan nostaa kemiallisesti puhdistetun veden pH:ta. Kuvassa 2 on kemiallisesti puhdistetun veden suodatusprosessi.

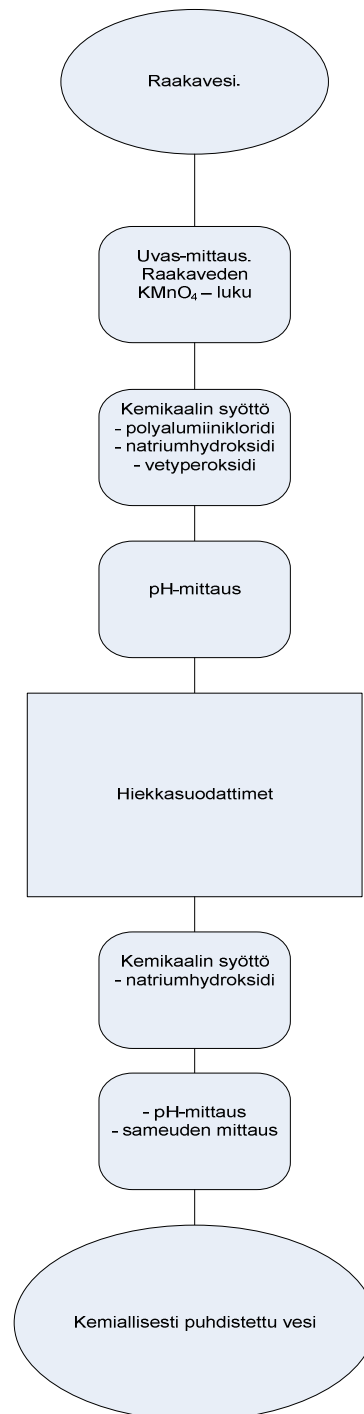
Kemiallisesti puhdistetun veden virtausmäärää ohjataan säiliön pinnan mukaan. Pintasäätö voidaan asettaa 0-100 % välille. Pintasäätö ohjaa virtauksen määrää hiekkasuodattimien läpi ja pyrkii virtausmäärää ohjaamalla pitämään säiliön pinnan halutussa arvossa. Tämä tasapainottaa veden kulutusta ja suodatuksen tuottoa. Hiekkasuodatus toimii parhaiten, kun suodatus on jatkuvaa. Kemiallisesti puhdistetun veden säiliön tilavuus on  $300m^3$  jolla tasataan kulutushuippuja.

Hiekkasuodattimissa minimivirtaus on mitoitettu neljällä suodattimella  $5 m^3/h$ . Minimivirtaus johtuu Dynasand–hiekkasuodattimien käyttämästä vedestä hiekanpesurissa, jossa erotetaan hiekasta siihen tarttuneet liat ja humus. Hiekanpesussa käytetty vesi virtaa Lamellaselkeyttimelle.

Mitoitusvirtaus  $120 m^3/h$  ja maksimivirtaus rajoittuu määrään  $146 m^3/h$ , joka on suodattimien maksimivirtaus. Mikäli veden kulutus on vähäistä, säiliön täytyessä virtaus loppuu ja hiekkasuodattimet menevät odotustilaan. Säiliön tyhjentyessä asetettuun alarajaan, raakaveden virtaus suodattimien läpi ja kemikaalien annostelu käynnistyvät jolloin säiliö alkaa täyttyä uudelleen, pintasäädön ohjaamana.

Optimitilanne olisi sellainen, että veden kulutus ja suodatus olisi tasapainossa keskenään ja virtaus suodattimien läpi jatkuvaa. Hiekkasuodattimet ovat jatkuvatoimisia ja veden laatu pysyy parempana ilman pysähtelemistä. Katkon jälkeen menee aina aikaa, jolloin saavutetaan

hyvä veden laatu. Pidemmissä katkoissa esimerkiksi viikon katkon aikana voi bakteerikasvutukkia hiekkapatjan.



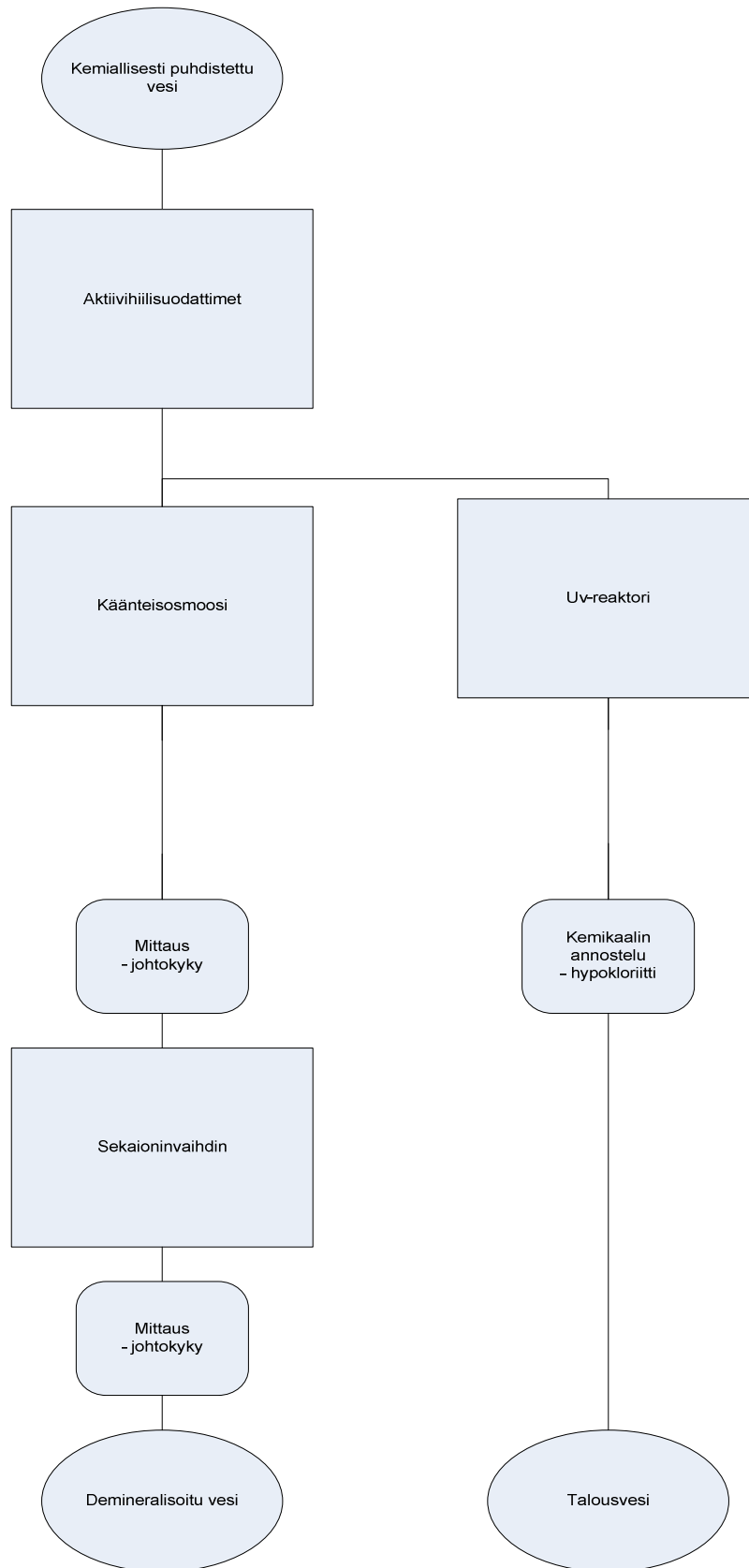
Kuva 2. Kemiallisesti puhdistetun veden suodatusprosessi.

Demineralisoitu vesi on erikoispuhdasta, suolatonta vettä, joka suodatetaan käänteisosmoositekniikalla ja ioninvaihdolla kemiallisesti puhdistetusta vedestä. Vedestä suodatuvat kiintoaineet, humus sekä 98 – 99,5 % suolapitoisuudesta pois. Kalvosuodatus alentaa veden sähkönjohtokyvyn noin kolmeen  $\mu\text{S}$ . Demineralisoidun veden laitteistoihin kuuluvat aktiivihiihisuodattimet, käänteisosmoosikoneikon kaksi yksikköä ja kaksi kappaletta sekaioninvaihtimia. Kuvassa 3 on Demineralisoidun veden ja talousveden vesien virtauskaaviot.

Demineralisoidun veden valmistuksen käynnistää demineralisoidun vesisäiliön alaraja. Vesi pumpataan kemiallisesti puhdistetun veden säiliöstä aktiivihiihisuodattimien läpi käänteisosmoosille, jossa erilliset paineenkorotuspumpit nostavat paineen lähelle 20 Baria, jolloin vesi saadaan läpäisemään käänteisosmoosin kalvot. Käänteisosmoosin jälkeen suodatettu vesi saapuu sekaioninvaihtimille, jossa ionin vaihdon avulla sähkönjohtokyky alenee alle  $0,1 \mu\text{S}$ .

Demineralisoidun veden säiliön täyttymisnopeus määräytyy käänteisosmoosin kalvojen puhtaudesta, tulevan veden lämpötilasta ja käänteisosmoosille tulevasta paineesta. Käänteisosmoosin yhden yksikön maksimivirtaus on  $10,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Talousvesi suodatetaan kemiallisesti puhdistetusta vedestä aktiivihiihisuodattimien läpi, jonka jälkeen vesi läpäisee uv-reaktorin joka tuhoaa vedessä olevat alkueläimet kuten amebat, mikrobit ja estäen niiden lisääntymisen. Veteen annostellaan uv-reaktorin jälkeen natriumhypokloriittia  $\text{NaClO}$ . Natriumhypokloriitti desinfioi vettä myös pidempiaikaisesti, varastoidessa vettä talousvesisäiliössä. Talousveden suodatusta ohjaa päälle talousvesisäiliön ala- ja ylärajat.



Kuva 3. Demineralisoidun ja talousveden valmistusprosessi.

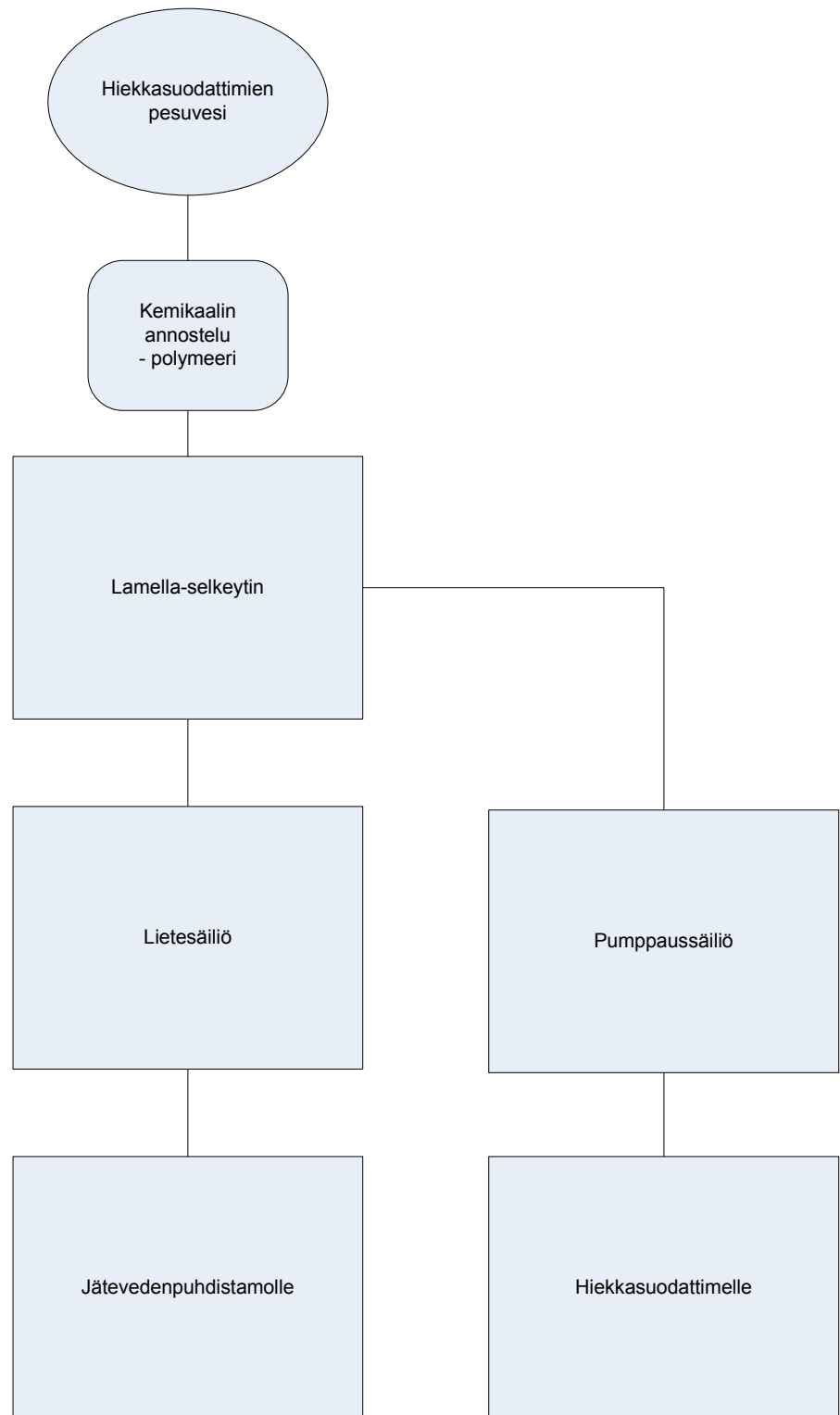


### 3.3 Jätevesien käsittely

Hiekkasuodattimet tuottavat hiekanpuhdistuksessa vettä, johon on sitoutunut kemikaaleja, likapartikkeleja, humusta ja muita veden epäpuhtauksia. Pesuveden määrä on noin 5 m<sup>3</sup>/h yhdellä suodattimella eli pesuveden virtaus on neljällä hiekkasuodattimelta noin 20 kuutiota tunnissa. Kuvassa 4 on kuvattu pesuveden käsittelyn prosessi.

Hiekkasuodattimilta tuleva pesuvesi vaatii käsittelyn, jotta takuuarvoissa luvattua 1,5 m<sup>3</sup>/h lietteen virtausta jätevedenpuhdistamolle ei ylitetä. Pesuvedeen lisätään tarvittaessa polymeeriä joka sitoo likahiukkasia yhteen, ja tekee niistä suurempia flokkeja. Tämä tehostaa likapartikkeleiden laskeutumista selkeyttimen pohjalle, johon epäpuhtaudet muodostuvat lietteeksi. Liette pumpataan jätevedenpuhdistamolle.

Selkeytyksellä tarkoitetaan vedessä olevan kiintoaineksen tai nestemäisen partikkelin poistamista painovoimaa tai keskipakovoimaa hyväksikäyttäen. Poistettavien hiukkasten koko vaihtelee tällöin silmin havaittavista lähelle kolloidishiukkasten kokoa. Selkeyttämällä erotettavat hiukkaset voivat olla joko vedessä luonnostaan esiintyviä, tai veden aikaisemmin käsittelyvaiheessa kemiallisin tai biologisin menetelmin aikaansaatuja. [5, s. 77.]



Kuva 4. Pesuvesien käsittelyprosessi.

### 3.4 Takuuarvot

Hyxo Oy ja Talvivaara Projekti sopivat laitosta suunnitelluista takuuarvoista, jotka tulee täyttyä laitosta luovutettaessa. Sopimuksen takuuarvot eivät ole voimassa, mikäli tulevan veden arvot ovat suuremmat kuin 20 % arvoista, jotka Talvivaara ilmoitti tarjouspyynnöissään. Kemiallisesti puhdistetun veden takuuarvot ovat liitteenä 3 ja demineralisoidun veden takuuarvot liitteenä 4.

Taulukosta 1 selviää Dynasand—hiekkasuodattimien minimi-, mitoitus- ja maksimivirtaukset. Toimitus sisälsi 4 kappaletta hiekkasuodattimia. Sopimuksessa oli lisäksi optio laajennukselle. Tässä tapauksessa suodattimien määrä olisi mahdollista kasvattaa enintään kahdeksaan suodattimeen.

Taulukko 1. Virtaamat Dynasand–hiekkasuodattimilla.

| Dynasand<br>kpl | Minimivirtaus<br>m <sup>3</sup> /h | Mitoitusvirtaus<br>m <sup>3</sup> /h | Maksimivirtaus<br>m <sup>3</sup> /h |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 4               | 5 (Tulevan veden määrä 20)         | 120                                  | 146                                 |
| 6               | 5 (Tulevan veden määrä 30)         | 180                                  | 220                                 |
| 8               | 5 (Tulevan veden määrä 40)         | 240                                  | 300                                 |

#### Demineralisoidun veden virtaamat

- minimivirtaama 8 m<sup>3</sup>/h suodatettua vettä.
- mitoitusvirtaama 10 m<sup>3</sup>/h suodatettua vettä.
- maksimivirtaama 10,5 m<sup>3</sup>/h suodatettua vettä.

### Kemikaalien kulutusarvot

Kemikaalien kulutusarvoista oli annettu takuu, mikä ei saa ylittyä. Taulukosta 2 ja 3 käy ilmi polyalumiinikloridin (pax), natriumhydroksidin (NaOH) eli lipeän ja vetyperoksidin ( $H_2O_2$ ) kulutukset 60 m<sup>3</sup>/h:n ja 150 m<sup>3</sup>/h:n raakaveden virtaamalla. Taulukossa 2 raakaveden  $KMn_4O$ -luku noin 40 mg/l. ja taulukossa 3  $KMn_4O$ -luku noin 120 mg/l. [6].

Taulukko 2. Raakaveden kaliumpermanganaatti eli  $KMn_4O$ -luku noin 40 mg/l.

|  |                        |                        |
|--|------------------------|------------------------|
| Raakaveden virtaama                        | 60 m <sup>3</sup> /h   | 150 m <sup>3</sup> /h  |
| Polyalumiinikloridin kulutus               | 1,9 m <sup>3</sup> /kk | 4,8 m <sup>3</sup> /kk |
| NaOH kulutus 100 %                         | 0,6 m <sup>3</sup> /kk | 1,6 m <sup>3</sup> /kk |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> kulutus 50 % | 0,1 m <sup>3</sup> /kk | 0,3 m <sup>3</sup> /kk |

Taulukko 3. Raakaveden kaliumpermanganaatti eli  $KMn_4O$ -luku noin 120 mg/l.

|  |                        |                         |
|--|------------------------|-------------------------|
| Raakaveden virtaama                        | 60 m <sup>3</sup> /h   | 150 m <sup>3</sup> /h   |
| Polyalumiinikloridin kulutus               | 5,4 m <sup>3</sup> /kk | 13,6 m <sup>3</sup> /kk |
| NaOH kulutus 100 %                         | 1,8 m <sup>3</sup> /kk | 4,5 m <sup>3</sup> /kk  |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> kulutus 50 % | 0,1 m <sup>3</sup> /kk | 0,3 m <sup>3</sup> /kk  |

### Liete

Lamellasta viemäriin menevän lietteen määrä on noin 1,5 m<sup>3</sup>/h

## 4 VEDEN VALMISTUKSEEN KÄYTETTÄVÄT LAITTEET

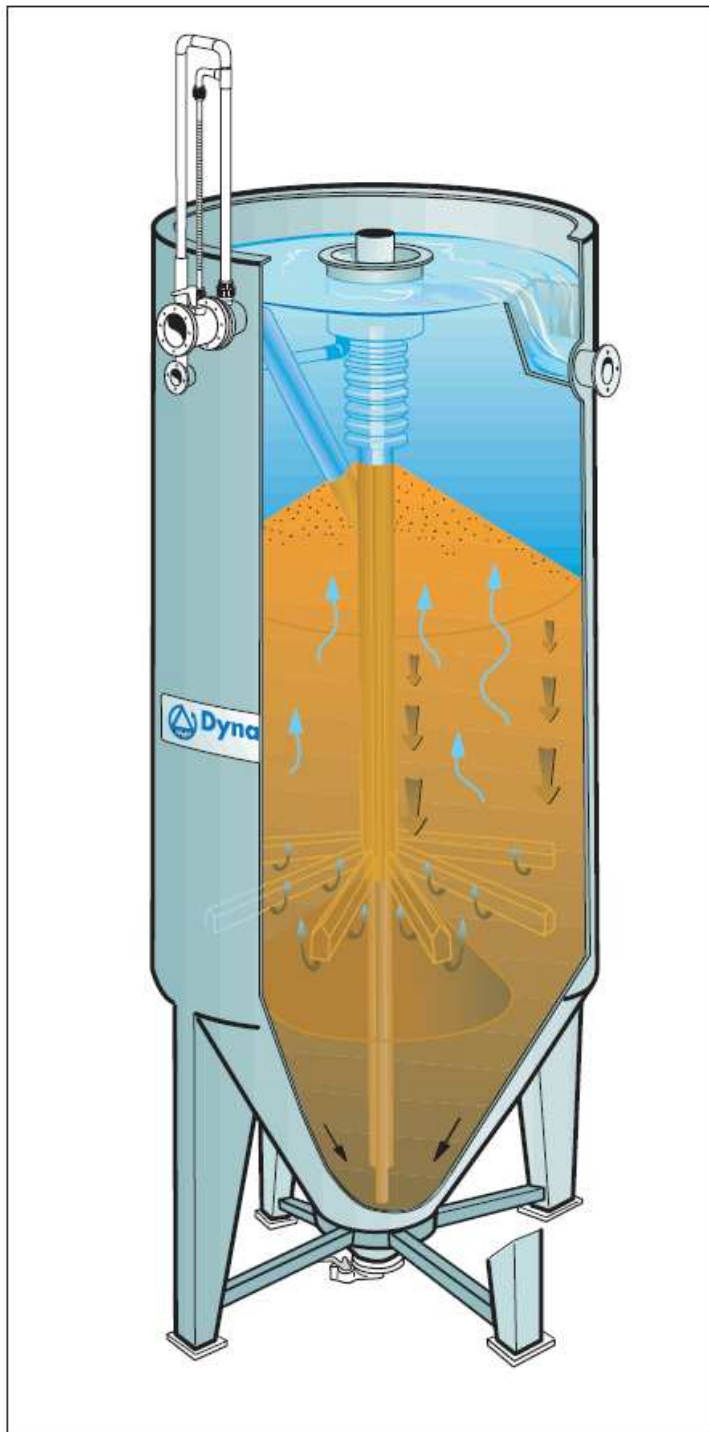
Talvivaaran vesilaitokselle tuleva vesi eli raakavesi otetaan Kolmisopen järvestä, josta vesi pumpataan 500 µm suodattimen läpi ylavesialtaaseen. Ylavesiallas sijaitsee kaivosalueella korkeimmassa kohdassa ja korkeuseron avulla vesi virtaa omalla paineella vesilaitokselle. Raakavesi jaetaan vesilaitoksella suodatukseen ja palovesipumpuille. Jätevesilaitokselle johdettavaa lietettä vesilaitos tuottaa 1,5 m<sup>3</sup>/h.

### 4.1 Kemiallisesti puhdistettu vesi

Kemiallisesti puhdistettu vesi on vettä, jonka suodatusta tehostetaan kemikaaleilla. Kemiallisen saostuksen aiheuttaman partikkelien koon kasvattamisen eli flokkauksen tarkoitus on tehostaa suodatustapahtumaa. Vedestä on poistettu suurimpia epäpuhtauksia ja humusta. Vesi soveltuu käytettäväksi prosesseissa, joissa tarvitaan suodatettua vettä, mutta sen sähköjohtokyky voi olla korkea ja suolapitoisuus on normaalilla tasolla.

#### 4.1.1 Dynasand–hiekkasuodatin

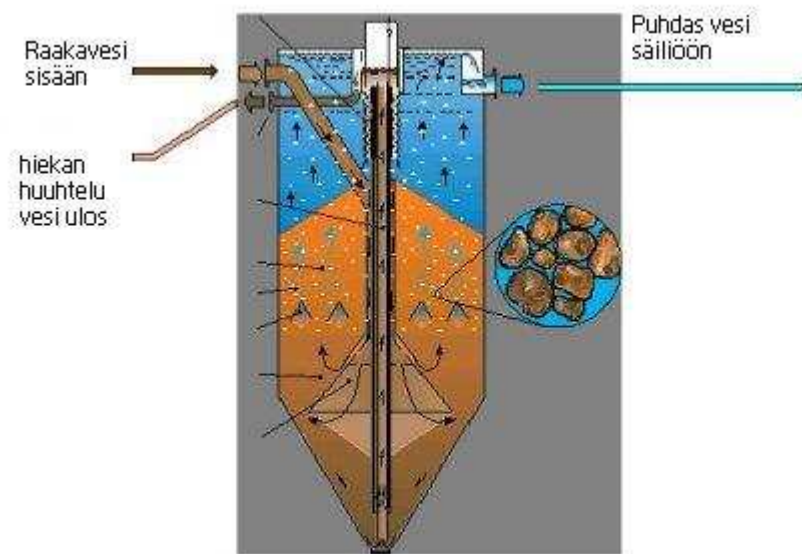
Dynasand on suodatin, jonka toimintaperiaate perustuu veden virtaukseen hiekan läpi ja jatkuvatomiseen hiekan puhdistukseen veden suodatuksen aikana. Vesi nousee ylöspäin ja hiekka valuu alaspäin, koska sitä nostetaan mammutpumpulla hiekanpesuriin ja hiekka palaa hiekkapatjan päälle. Tämä on jatkuva kierto ja näin hiekkaa puhdistetaan suodatuksen aikana. Dynasand–hiekkasuodattimien erotusaste on 20 µm. (Kuva 5)



Kuva 5 Dynasand—hiekkasuodatin. [7.]

Talvivaaraan toimitetut neljä suodatinta ovat mallia Dynasand DS5000AD-STD. Suodattimen korkeus lattiapinnasta hoitotasolle on 6618 mm ja halkaisija 2500 mm. Suodatin on lie-riön mallinen ja siinä on kartiomainen pohja. Materiaalina on ruostumaton teräs EN1.4301.

Suodattimessa on noin 15,7 m<sup>3</sup> puhdistettua hiekkaa, raekooltaan 0,9–1,2 mm joka muodostaa suodattimessa noin 2,5 metriä korkean hiekkapatjan. Tuleva vesi eli raakavesi ohjataan suodattimen pohjalle syöttöjakajaan, josta se nousee ylöspäin hiekkapatjan läpi (kuva 6). Veden noustessa ylöspäin hiekkapatjan läpi, epäpuhtaudet tarttuvat hiekkaan ja suodatettu vesi nousee hiekkapatjan päälle suodattimen yläosaan. Puhdas vesi poistuu suodattimesta yläosassa olevan suodosyhteen kautta kemiallisesti puhdistetun veden säiliöön. [6.] [8.]



Kuva 6. Veden virtaus Dynasand—hiekkasuodattimessa.

Suodattimen pohjalla on mammutpumppu, joka nostaa koko ajan hiekkaa pohjalta ylös hiekanpesurin kautta ja palauttaa hiekan puhdistettuna takaisin kiertoön hiekkapatjan päälle. [6.] [8.] Tämä mahdollistaa suodattimen jatkuvan toiminnan ilman katkoksia.

Mammutpumpun muodostaa veteen upotettu nousuputki, jonka alapäähän johdetaan paineilmaa. Ilmakuplien ja veden seos nousuputkessa on ympäröivää vettä keveämpää, mistä johtuen seos alkaa virrata ylöspäin ja uutta ilman ja veden seosta muodostuu putken alapäässä jatkuvasti. [5, s. 32–33.]

Hiekanpesu alkaa jo mammutpumpulla, jossa voimakas sekoitus irrottaa lietehiukkaset hiekkarakeista. Karkeapuhdistettu hiekka pääsee vapaasti valumaan mammutpumpun yläpään aukosta pesulabyrinttiin, jossa hiekan hienopesu tapahtuu. Suodostilassa virtaa pieni vesimäärä labyrintissä ylöspäin poistuen suodattimesta pesuvesipoiston kautta. Samalla se vie

mennessään vastaan valuvassa hiekassa olevat jäännösepäpuhtaudet. Lietehiukkasia raskaammat hiekkarakeet laskeutuvat hiekkapatjalle, joka on jatkuvassa liikkeessä alaspäin kohti suodattimen kartiopohjaa. [6.] [8.]

Dynasandin hiekka on erikoispuhdistettua hiekkaa, jonka laatuvaatimuksen on täytettävä taulukon 4 arvot. [9.]

Taulukko 4. Dynasand–hiekkasuodattimen hiekan laatuvaatimukset.

|                                      |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| Fraktio                              | 0,9–1,2 mm        |
| Tehokas raekoko, d10                 | 0,9±0,05 mm       |
| Enintään 1 % rakeista suurempi, kuin | 1,4 mm            |
| Enintään 1 % rakeista pienempi, kuin | 0,7 mm            |
| Eroluku d60/d10                      | Enintään 1,5      |
| Suolahappoliukoisuus                 | Enintään 1 %      |
| Rautapitoisuus                       | Enintään 0,1 %    |
| Humuspitoisuus                       | Enintään 1 g/L Pt |

Hiekan tulee olla luonnonhiekkaa (ei mursketta) pyörivine jyvineen ja koostua kvartsista sekä maasälvästä. Hiekassa ei saa olla savea, eloperäistä ainetta tai kiillettä. Luvulla d10 tarkoitetaan seulaverkon reikähalkaisijaa, jonka 10 % hiekasta läpäisee. Luvulla d60/d10 tarkoitetaan 60 %:n läpäisyhalkaisijaa jaettuna 10 % läpäisyhalkaisijalla. [9.]

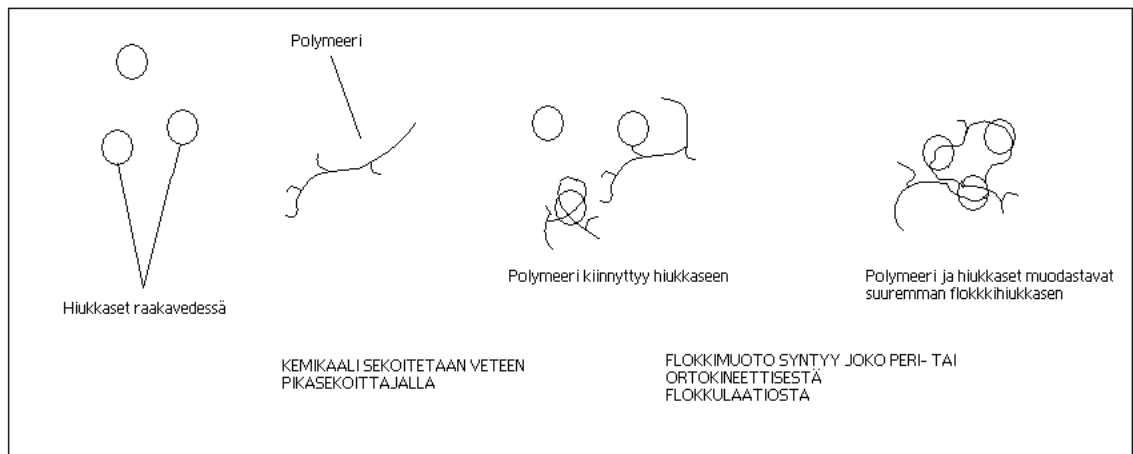
Dynasand–hiekkasuodattimet erottavat vedestä yli 20 µm likahiukkaset. alle 20 µm hiukkasten poistamiseksi veteen annostellaan saostuskemikaalia, jolloin hiukkaset tarttuvat toisiinsa kiinni ja kasvavat suuremmiksi likahiukkasiksi (flokki). Tämä tehostaa suodattimen suodatusta.



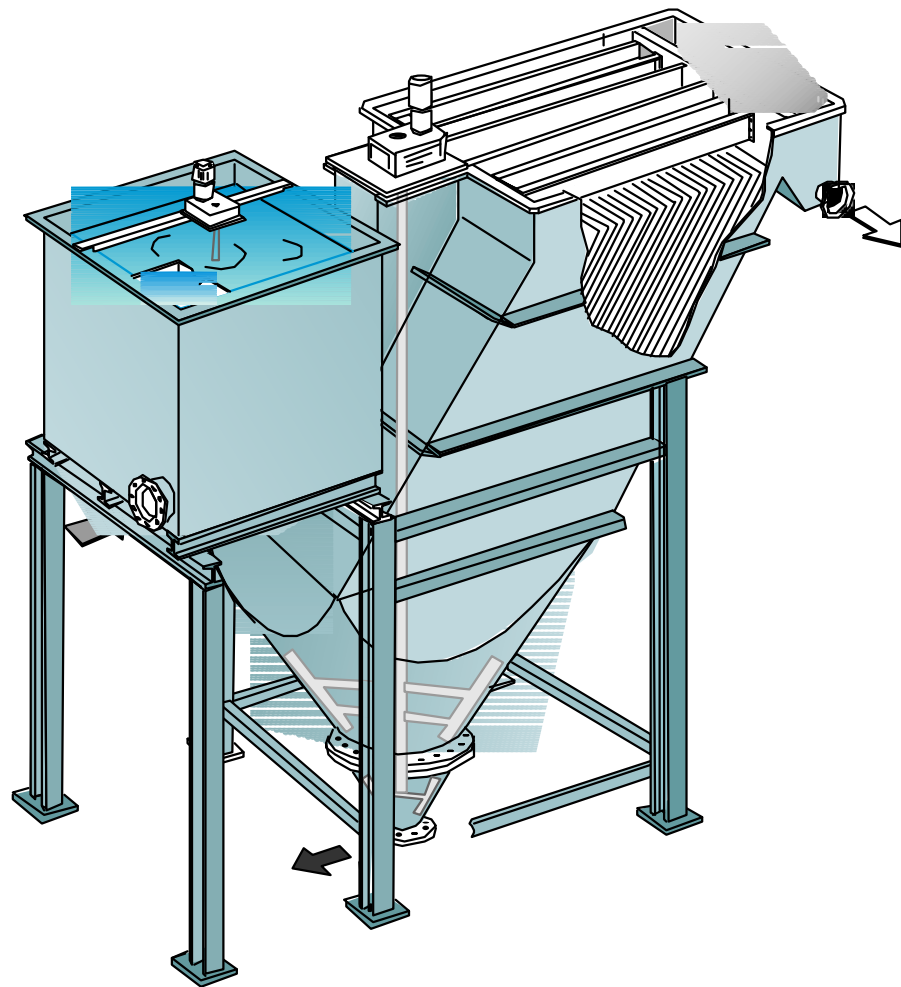
#### 4.1.2 Johnson Lamella–selkeytin

Dynasand–hiekkasuodattimilta saapuva hiekanpesuvesi virtaa Johnson Lamella – selkeyttimelle (Kuva 8). Tämän tehtävä on erottaa kiintoaineet nesteestä ja pienentää jäteveden puhdistamolle menevän veden määrää. Selkeyttimessä hiekanpesuvedestä epäpuhtaudet valuvat selkeyttimen pohjalle ja selkeytetty vesi eli kirkaste palautuu pumppaussäiliöön josta sitä pumpataan uudelleen hiekkasuodattimelle.

Laskeutumisen tehostumiseksi veteen annostellaan polymeeriä, joka kiinnittyy kuvan 7 mukaisesti vedessä oleviin epäpuhtauksiin ja sitoo niitä yhteen muodostuen suuremmiksi flokkeiksi (kuva 7). Flokkauksella saadaan huomattavasti pienennettyä suodattimen pinta-alaa. Tämän jälkeen pesuvesi saavuttaa selkeytysosan, jossa likapartikkelit valuvat lamelleja pitkin alaspäin, kertyen pohjalle lietteeksi. Pohjan tyhjennysyhteestä liete pumpataan ruuvipumppujen kautta lietesäilöön. Suurin osa pesuvedestä nousee ylijuoksun kautta ja palaa kirkasteena takaisin kiertoon pumppaussäiliön kautta Dynasand–hiekkasuodattimille. [6.]



Kuva 7. Polymeeri sitoo hiukkasia suuremmiksi flokkeiksi ja parantaa flokkautumista. Kuva pohjautuu Erkki Karttusen kuvaan [5, s. 136].



BE TekniINFO AB

Kuva 8. Johnson Lamella–selkeytin. [7.]

#### 4.2 Suolattoman veden valmistus

Demineralisoidun veden valmistus tapahtuu käänteisosmoositekniikalla kemiallisesti puhdistetusta vedestä. Kemiallisesti puhdistettu vesi suodatetaan aktiivihiihisuodattimilla ennen käänteisosmoosia. Aktiivihiihisuodattimia on kaksi kappaletta, joilla alennetaan kemiallisesti puhdistetun veden orgaanista kuormaa sekä puhdistetaan vettä mekaanisesti. Viimeisenä vaiheena ovat sekaioninvaihtimet tehostamassa sähkönjohtokyvyn alenemista.

#### 4.2.1 Aktiivihiihisiuodatus

Kemiallisesti puhdistettua vettä suodatetaan aktiivihiihisiuodatuksella ennen kuin siitä voidaan suodattaa erikoispuhdistettua vettä. (kuva 9). Aktiivihiihisiuodatus toimii ensimmäisenä suodattimena valmistettaessa suolatonta vettä sekä talousvettä. Suodattimet parantavat myös veden hajua ja makua, sekä poistaen orgaanista kuormaa ja epäpuhtauksia [6].

Aktiivihiihisiuodatin Eurowater ACTFB 20 on automaattisella vastavirtahuuhtelulla varustettu suodatin. Maksimisuodatusvirtaus yhdellä suodattimella on 15 m<sup>3</sup>. Talvivaaran vesilaitoksella on kaksi aktiivihiihisiuodatinta. [6.]



Kuva 9. Aktiivihiihisiuodatin toimilaitteventtiileinen. [7.]

#### 4.2.2 Käänteisosmoosi

Käänteisosmoosi eli RO-laite (Reverse Osmosis) on suolattoman veden valmistuksen keskeisin yksikkö, johon pidättyvät vedessä olevat epäorgaaniset suolat 98–99,5 %, orgaaniset aineet, epäpuhtaudet sekä eliöt (Kuva 10).



Kuva 10. Käänteisosmoosiyksiköt. [7.]

Keskimäärin kalvo pidättää yhdisteet, joiden koko on yli 200 atomimassayksikköä. Rokalvon teoreettinen reikäkoko on alle 0,002  $\mu\text{m}$ . Suolanpoisto kalvomembraanin läpi tapahtuu paine-eron avulla ja vesi syötetään kalvoille paineenkorotuspumpuilla. Tuotetun puhtaan veden (permeaatin) johtokyky on alle 3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Käänteisosmoosilaitteelle sisään tulevasta vedestä saadaan tuotevettä (permeaattia) n 75- 80 %. Loput vedestä (konsentraatti), johon suolat ja epäpuhtaudet kertyvät, palautetaan uudelleen kiertoon Dynasand-hiekkasuodattimien raakaveteen. [6.]

Käänteisosmoosin ohjaus tapahtuu demineralisoidun veden säiliön pinnan mukaan. Pintamittauksen alitettua asetetun säiliön alarajan, aktiivihiihluodatuksen pumppu käynnistyy ja aktiivihiihluodatus aloittaa alkuhuuhtelun. Alkuhuuhtelun tarkoituksena on saavuttaa asetettu johtokyvyn raja ennen kuin tuoteventtiili avautuu ja poistaa suodattimiin kertyneitä epäpuhtauksia.

Alkuhuuhtelun päätyttyä paine linjassa nousee ja saavuttaa RO-laitteeseen asetetun minimipainerajan 4 Baria, käänteisosmoosi aloittaa ensin laatuhohtelun jonka tarkoitus on puhdistaa kalvoissa olevia mahdollisia epäpuhtauksia ja saavuttaa asetetun rajan veden sähköjohtokyvylle.

Huuhtelun jatkuttua niin kauan, että johtokyky saavuttaa asetetun rajan, tuoteveden venttiili avautuu ja virtaus sekaioninvaihtimelle alkaa. Vesi varastoidaan demineralisoidun veden säiliöön. Säiliön vedenpinnan saavutettua asetetun rajan, Käänteisosmoosi ja aktiivihiihluodattimet suorittavat loppuhuuhtelun poistaen mahdolliset epäpuhtaudet ja palaa odotus-tilaan.

#### 4.2.3 Sekaioninvaihdin

Demineralisoidun veden valmistuksen viimeisenä vaiheena ovat sekaioninvaihtimet (Kuva 11), joissa käytetään synteettistä raemaista hartsia sitomaan ohivirtaavasta vedestä ionit ja vähentämään sähköjohtokykyä. Vesilaitoksella on 2 kpl Eurowater Eurex 1802-H -sekaioninvaihtimia, ne sisältävät hartsisäiliöt, jotka on täytetty MB-massalla (mixed bed). [6.]

Käänteisosmoosilta tuleva suodatettu vesi läpäisee sekaioninvaihtimet jotka on kytketty sarjaan, eli vesi läpäisee molemmat vaihtimet peräkkäin. Yhden vaihtimen maksimivirtaus on 14 m<sup>3</sup>, ja sarjaan kytketyistä vaihtimista, ionivaihdettavavesi saavuttaa sarjan ensimmäisen vaihtimen. [6.]

Ioninvaihto ei ole rajattomasti jatkuva prosessi, vaan massalla on tietty maksimikapasiteetti tilavuus- tai painoyksikköä kohti, jonka jälkeen se ei kykene pidättämään enempää ioneja. [5, s. 160.]

Hartsin ehtymisen tapahtuessa on sarjaan kytketyistä vaihtimista mahdollisuus poistaa sarjan ensimmäinen vaihdin ja ohjata ionivaihdettava vesi kulkemaan jälkimmäisen vaihtimen kaut-



ta, ja vaihtaa hartsit ehtyneeseen vaihtimeen. Hartsin vaihdon jälkeen ioninvaihdin kytetään sarjassa jälkimmäiseksi. [6.]



Kuva 11. Sekaioninvaihtimet. [7.]

### 4.3 Talousvesi

Talousvettä valmistetaan kemiallisesti puhdistetusta vedestä, joka suodatetaan aktiivihii-lisuodattimilla ja ajetaan uv-laitteen kautta. Talousveden suodatusta ohjataan sen säiliön pin-nan mukaan jolloin alarajan saavuttua, aktiivihii-lisuodattimilta avautuvat venttiilit ja uv-laite käynnistyy (kuva 12).

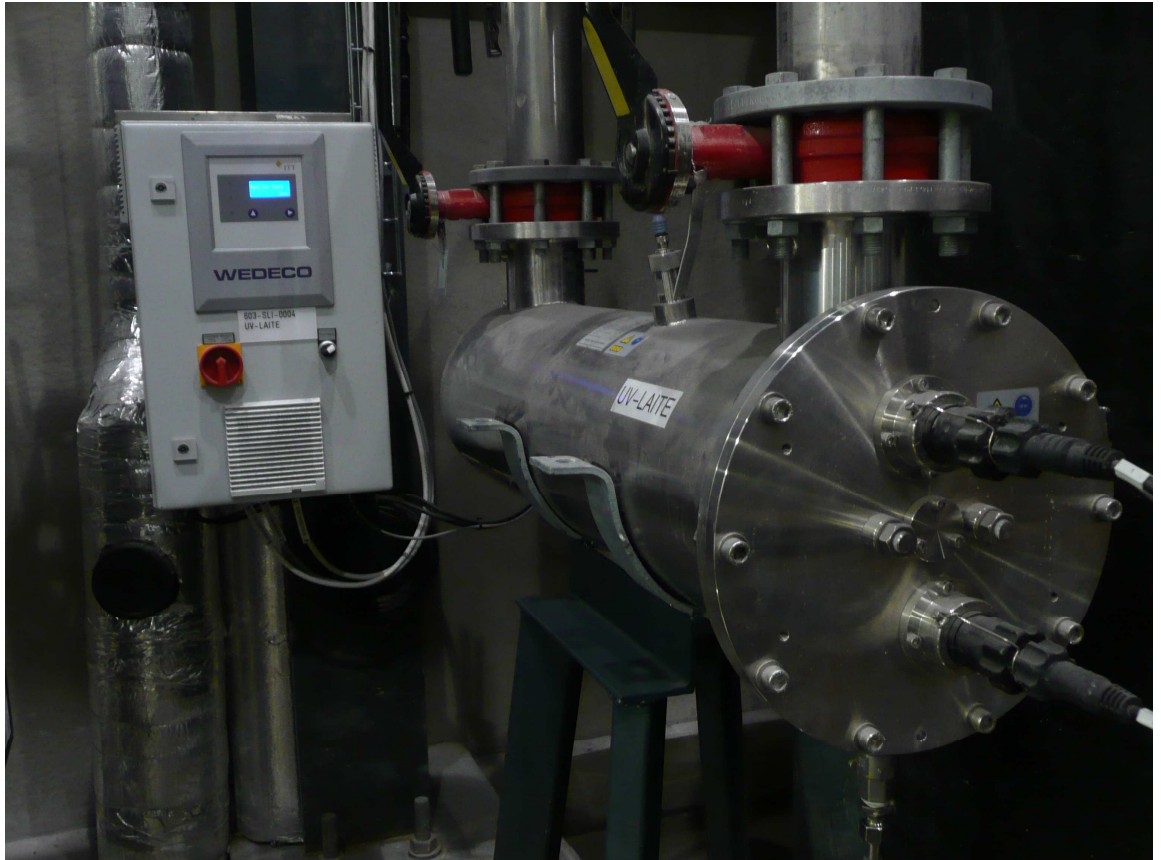
Uv-laitteessa on viive ja talousvesilinjan toimilaitteventtiili ei avaudu, ennen kuin uv-laitteelta on saatu tieto lamppujen tehon ollessa riittävä tuhoamaan eliöt ja estämään niiden lisäänty-misen. [5.]

Talousveteen annostellaan myös hypokloriittia jatkamaan desinfiointia myös pidempään säi-liössä olon ajaksi. Talousvesisäiliö on 40 m<sup>3</sup> säiliö joka on upotettu maahan rakennuksen ulkopuolelle.

Talousveden suodatuksessa desinfiointi on tärkeä käsittelyvaihe, jolla varmistetaan että mikrobiologista kontaminaatiota ei kulkeudu kuluttajalle. [6.] Uv-säteilyä valmistetaan erityisellä elohopeahöyryä sisältävillä lampuilla. Tehokkain mikrobeja tuhoava säteilyvaikutus saavute-taan 254 nm aallonpituudella. [5, s. 159].

Uv-reaktori on mitoitettu annokselle 400 J/m<sup>2</sup> joka on riittävä juomaveden desinfiointiin. Talousveden maksimivirtaus on mitoitettu 15 m<sup>3</sup>/h. Uv-laitteen ultraviolettilamppujen tehoa ja toimintaa tarkkailee intensiteettianturi ja tehon ollessa alhainen, intensiteettianturi aiheut-taa järjestelmään hälytyksen joka estää myös veden virtauksen säiliöön. [6.]

Intensiteettianturin antaessa hälytyksen on tarkastettava lamput, näiden kvartsiputket sekä intensiteettianturin puhtaus ja näiden eheys, ennen kuin talousveden suodattaminen on mahdollista.



Kuva 12. UV-laite. [7.]

#### 4.4 Kemikaalit

Kemiallisesti puhdistetun veden valmistuksessa käytetään erilaisia kemikaaleja, joiden tarkoituksena on veden laadun parantaminen sekä suodatusvaiheen tehostuminen. Kemikaaleja polyalumiinikloridi (pax-18) ja natriumhydroksidi (NaOH) lisätään raakaveteen ennen hiekkasuodatusta jolloin saadaan likapartikkelit kasvamaan suuremmiksi flokeiksi ja näin ollen tarttumaan hiekkaan paremmin. Johnsson Lamella–selkeyttimessä pinta-alan lisäämiseksi käytetään polymeerikemikaalia.

Lipeää pumpataan raakaveteen pH:n muuttamiseksi ennen hiekkasuodatusta sekä saostettuun veteen hiekkasuodatuksen jälkeen. Kemikaalipumput Talvivaaran vesilaitoksella ovat Seran valmistamia, malliltaan C409- pumppuja joissa tuotto on 0-75 l/h. Osassa pumppuista tuotto on 0–12 l/h tai 0–18 l/h.



Pax, lipeä, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sekä hapenpoistokemikaalien kemikaaliasemissa (Kuvassa 13) pumput ovat kahdennettu rinnan, jotta rikkoontumisen tapahtuessa toiminta ei keskeydy. Osa kemikaaliasemista oli ottamatta käyttöön tätä insinööriyötä tehtäessä, ja niiden kemikaalien tehtävänä oli olla niin sanotusti varalla, ja ne voitaisiin ottaa käyttöön tarvittaessa. Näitä kemikaaleja olivat jäähdytystornien täyttölinjaan menevät kemikaalit rikkihappo sekä biosidi sekä Lamellan polymeeri.



Kuva 13. Kemikaaliasema. Lipeän annostelu raakaveteen ja saostettuun veteen. [7.]

#### 4.4.1 Polyalumiinikloridi Pax-18

Polyalumiinikloridi Kemwater Pax-18 on vedenpuhdistuksessa käytettävä nestemäinen saostusaine, joka sisältää aktiivisia moniarvoisia alumiiniyhdisteitä. [10.]

Pax on alumiinipohjainen saostuskemikaali, jonka tarkoituksena on saostaa vedessä olevaa kiintoainetta. Se on hyvin hapan, pH on alle yksi ja sitä annostellaan raakaveteen paremman flokkaantumisen takia. Annostelumäärä on noin 137g / m<sup>3</sup>. [6.]

#### 4.4.2 Natriumhydroksidi (NaOH)

Natriumhydroksidi eli lipeä on natrium ( $\text{Na}^+$ ) ja hydroksidi-ioneista ( $\text{OH}^-$ ) koostuva vahva emäs joka liuetessaan veteen vapauttaa lämpöä eli tapahtuu eksoterminen reaktio. Natriumhydroksidi valmistetaan ruokasuolasta eli natriumkloridista ( $\text{NaCl}$ ) elektrolyyttisesti johtamalla Natriumkloridiliuokseen sähkövirtaa. 50 prosenttisen natriumhydroksidi liuoksen tiheys on  $1,5 \text{ kg/dm}^3$ . [11.]

Natriumhydroksidi annostellaan raakaveteen nostamaan pH-arvoa ja näin neutralisoimaan polyalumiinikloridin aiheuttamaa pH-arvon alenemistä. [6.]

Natriumhydroksidin väkevyys laitokselle tullessa on 50 %. Lipeä laimennetaan vedellä suhteessa 1/10 väkevyyteen. Lipeän laimentaminen on tarpeen pumppujen annostelun vuoksi ja jäähmettymislämpötilan nostamiseksi, koska lipeän väkevyyden ollessa 50 %:n luokkaa, jäähmettymislämpötila on  $+ 12 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 4.4.3 Vetyperoksidi ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )

Vetyperoksidi ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) käytetään rihmabakteerien aiheuttaman pintalietteen torjuntaan ja talousveden orgaanisen aineiden poistoon. Taulukossa 5 on vetyperoksidin kemialliset ja fyysiset arvot.

Taulukko 5 Vetyperoksidin kemialliset ja fysikaaliset arvot [13].

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Ulkomuoto                        | Kirkas, väritön neste |
| Väkevyys p-%                     | 49,5 ± 0,4            |
| Happamuus, pH                    | 1,5–4                 |
| Tiheys, kg/dm <sup>3</sup>       | 1,195                 |
| Viskositeetti, cP (20 °C)        | 1,17                  |
| Fosfaatti, mg PO <sub>4</sub> /l | Max. 500              |

Vetyperoksidi on voimakkaasti hapettava aine ja sen on parantaa vedessä olevien mangaanin ja raudan hapettumista. Vetyperoksidi toimitaan vesilaitokselle 30 litran pienastioissa ja laimennetaan ennen annostelua suhteessa 3/100. [13.]

#### 4.4.4 Biosidi

Biosidin tehtävä on desinfioida jäähdytystorneille menevää vettä. Biosidi on eliöntorjunta-aine joka kemiallisesti tai biologisesti tuhoaa ja torjuu vahingollisia eliöitä.

Vesilaitoksella käytetään jäähdytystorneilla Acticide PT kemikaalia. Se torjuu limanmuodostumista kiertovesijärjestelmässä. [12, s 31].

#### 4.4.5 Rikkihappo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Rikkihappo on tiheä, öljymäinen, hajuton ja syövyttävä neste. Se on voimakkaasti hapan. Rikkihapon toimittaa vesilaitokselle Kemira Oy ja sen väkevyys on 93 %. Rikkihappoa käytetään jäähdytystorneihin virtaavan veden pH:n säätöön ja tuhoamaan bakteereita.

#### 4.4.6 Natriumhypokloriitti NaClO

Natriumhypokloriittia on hyvin emäksinen liuos ja sitä käytetään yleisesti desinfioinnissa ja kemianteollisuudessa. Talousvedeen lisätään pieniä määriä natriumhypokloriittiliuosta jatkaamaan desinfiointia myös säiliössä varastoinnin ajan. Talousvedeen annostellaan 0,1–0,2 mg/l hypokloriittia. Vesilaitoksella käytetään EKA WT Sodium hypokloriittia, väkevyydeltään 10 % liuosta, joka laimennetaan edelleen, ennen annostelua talousvedeen.

#### 4.4.7 Hapenpoistokemikaali

Hapenpoistokemikaalin tarkoitus on suojata kattilalaitosten putkistoja korroosiolta poistamalla happi vedestä.

### 4.5 Instrumentit

Vedenkäsittelyssä käytetään erilaisia instrumentteja veden laadun kuten johtokyvyn, virtausmäärien ja paineen mittaamiseen. Instrumenttien käyttäminen on ehtona tasalaatuiselle vedelle ja automaation toiminnalle. Ne ovat kytketty vesilaitosta ohjaavaan pääohjausjärjestelmään. Instrumentoinnin tehtävänä on mahdollistaa vesilaitoksen automaattinen toiminta. Muun muassa kemikaalien annostelua ohjataan näiden tietojen avulla ja säädetään toimilaitteventtiilien asentoa.

#### 4.5.1 Uvas

Uvas plus SC on Hach Lange:n valmistama jatkuvatoiminen liukoisen orgaanisen aineen (SAC-arvon) analysaattori ja se on varustettu itse puhdistuvalla pyyhkijällä (Kuva 14). Näyte otetaan jatkuvatoimisena ilman reagensseja sekä erillisiä, yksittäisiä näytteenottoja. [14.]

Näyte raakavedestä virtaa anturin läpi jatkuvasti ja anturi mittaa siitä kaliumpermanganaatin eli  $\text{KMnO}_4$ –lukua.



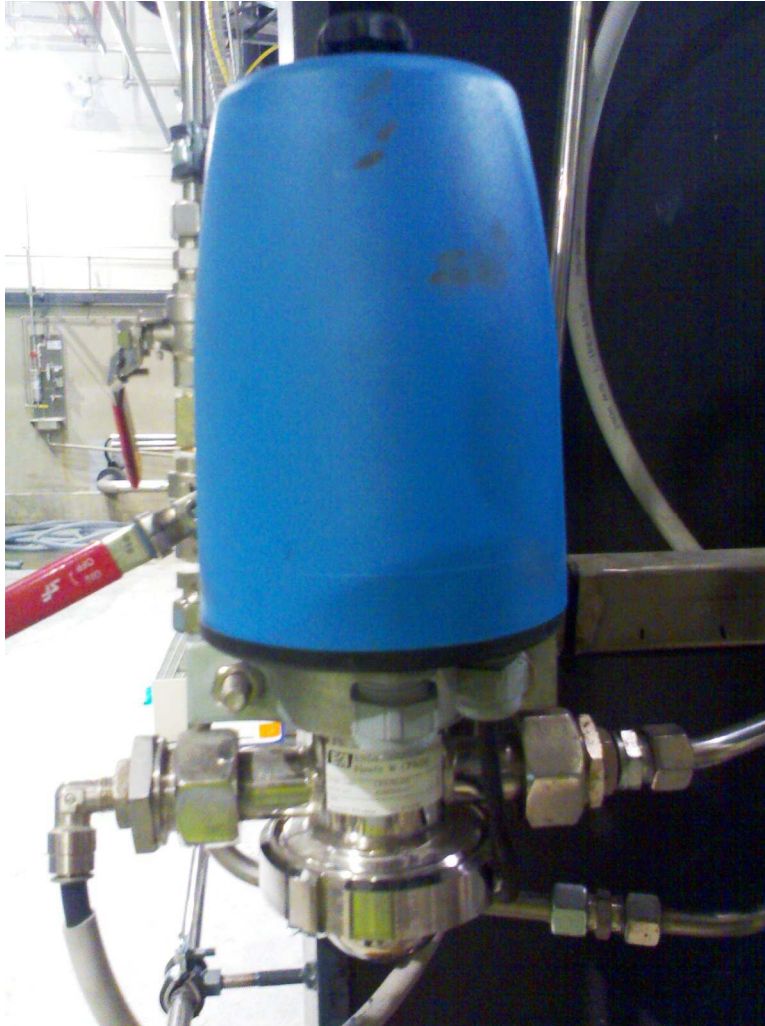
Kuva 14. Uvas-mittaus.

#### 4.5.2 PH-mittaus

PH, jolla tarkoitetaan vetyionikonsentraation (aktiivisuuden) negatiivista logaritmia, on eräs laajimmin käytetyistä mittauksista vesihuollossa. PH:n lukuarvot ovat 0...14, jossa 0 tarkoittaa happamuutta ja 14 vastaavasti emäksisyyttä. 7 on neutraali arvo.

PH-anturi koostuu kahdesta tai kolmesta elektrodista. PH-herkästä elektrodista eli mittaus-elektrodista, lämpötilan vaikutuksia kompensoivasta elektrodista ja joissakin antureissa vertailuelektrodista. PH-herkkä elektrodi kehittää sähköisen potentiaalin, joka perustuu vetyionin aktiivisuuteen. Vertailuelektrodi välittää yhteyden tutkittavasta nesteestä pH-mittarille ja lämpötilaelektrodi kompensoi lämpötilan vaikutuksen niin, että saatu arvo on vertailukelpoi-

nen standardiolosuhteiden kanssa. Toistaiseksi ei ole pystytty kehittämään täysin huoltova-  
paata pH-anturia. [5, s. 50.] PH-anturin huoltotoimenpiteitä on anturin puhdistus ja tarvitta-  
essa kalibrointi. PH-anturi on asennettu sen omaan suojakoteloon, ja näytevesi virtaa pohjas-  
sa olevan kupin kautta. (Kuva 15).



Kuva 15. PH-anturi ja sen kotelo.

#### 4.5.3 Sameuden mittaus

Sameus on yksinkertainen vedenpuhdistuksen tehokkuuden mittaustapa. Mittausmenetelmä perustuu siihen, että mitataan veden läpi johdetun absorboitumattoman valon osuus. Sameus johtuu vedessä olevista vieraista partikkeleista (sedimenteistä), liettyneistä aineista (suspensioista), liejusta ja mudasta sekä muista määrittelemättömistä epäpuhtauksista. Tämä hei-



kentää valon läpäisyä huomattavasti jota anturi mittaa. Sameuden yksikkönä on Suomessa NTU (Nephelometric Turbidity Unit). [3. s 49]. Kuvassa 16 on ultraturb—sameusmittaus ja SC-100 lähetin.



Kuva 16. Ultraturb—sameudenmittaus ja SC-100 lähetin. [7.]

#### 4.5.4 Sähkönjohtokyky.

Sähkönjohtokyvyn mittaamiseksi käytetään yleensä vaihtovirtaa (60...100 Hz), joka kytetään kahden eristetyn metallielektrodin välille. Jos mitataan jätevesiä tai hyvin syövyttävää vettä, voidaan levyelektrodin asemasta käyttää rengaskeloja, jolloin veteen ei tarvitse laittaa minkäänlaisia elektrodeja. Sähkönjohtokyvyn mittauksessa joudutaan käyttämään lämpötilan korjaustermiä, mikä hoituu tavallisesti automaattisesti. Näiden mittareiden tarkkuus on  $\pm 1$  % koko mittausalueesta laskettuna. [5, s 49.]

Talvivaaran vesilaitoksen sähkönjohtokykyanturit ovat Hach Lange:n valmistamia, tyypiltään 8310 olevia antureita, jotka ovat sijoitettu Demineralisoidun veden suodatuksessa käytettäviin laitteisiin. Käänteisosmoosiyksiköiden molemmissa yksiköissä ja molempien sekaionin-vaihtimien jälkeen, ovat sähkönjohtokykyanturit mittaamassa suodatuksen tehokkuutta.

#### 4.5.5 Magneettiset virtausmittaukset

Putkessa virtaava vesi toimii magneettikentässä liikkuvana johtimena, johon indusoituu virtausnopeuteen verrannollinen jännite. Se mitataan putken seinämiin sijoitetuilla mittauselektrodeilla (Kuva 17). Ulosvedettävät elektrodit tai esim. ultraäänipuhdistus lisävarusteena on suositeltava ratkaisu. Ehdottomana vaatimuksena paineputkissa suoritettaville virtaamamittauksille on se, että mittauksen aikana mittausputkien pitää olla täynnä vettä. Magneettiset virtaamamittarit soveltuvat hyvin myös viemärivedelle, koska tässä menetelmässä mitkään liikkuvat eivät joudu tekemisiin jäteveden kanssa. Magneettisen mittarin tarkkuus on  $\pm 0,5\%$ , jos virtausnopeus on  $1,2 \dots 7,6$  m/s ja  $\pm 2,0\%$ , kun nopeus on  $0,3 \dots 0,6$  m/s. [5, s. 46.]



Kuva 17. Magneettinen virtausmittaus.

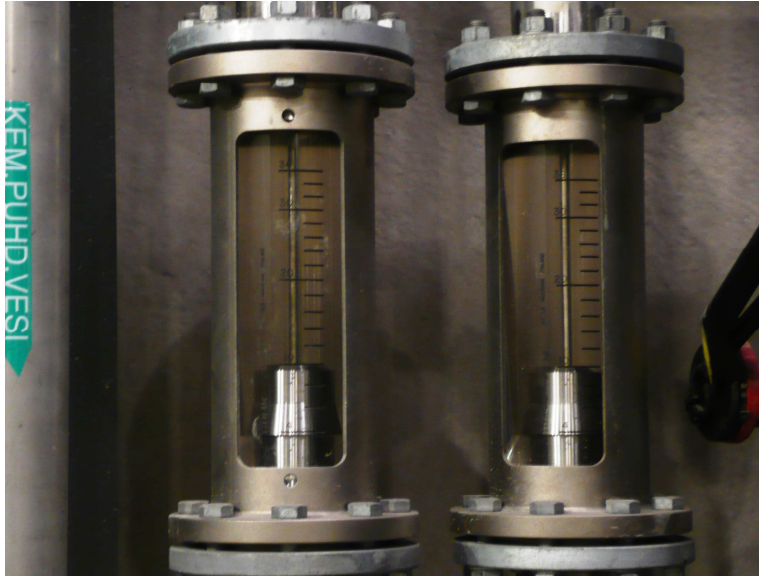
#### 4.5.6 Rotametri

Rotametrin toiminta perustuu uimuriperiaatteeseen. Rotametri on pystysuorassa oleva hiukan kartiomainen, osittain tai kokonaan läpinäkyvä putki (Kuva 18) jossa neste virtaa alhaalta ylöspäin. Uimuri asettuu tasapainoon siihen vaikuttavan painovoiman, nosteen ja virtausvoiman kanssa. [2, s. 172.]

Rotametrin tyypillinen tarkkuus on  $\pm 2\%$  maksimivirtaamasta ja mittausalue on 10:1. Sen suurin etu on se, että sillä voidaan mitata erittäin pieniä virtaamia, jopa noin 1 ml/min suu-



ruinen virtaus on mitattavissa. Haittana ovat mm. sen tarkka asennus (täsmälleen pysty-  
suorassa) ja se on herkkä veden tiheyden vaihtelulle. Maksimikapasiteetti on 20 l/min. [3, s.  
47.]



Kuva 18. Rotametri virtausmittaus aktiivihiihluodattimille. [7.]

#### 4.5.7 Pinnan mittaus ultraäänimenetelmällä

Kuvassa 19 oleva altaan yläpuolella oleva laite lähettää jaksottaisia ultraäänipulsseja, jotka heijastuvat takaisin vedenpinnasta vastaanottimelle. Laite mittaa pulssin kokonaisajan ja muuttaa sen sähköiseksi signaaliksi (4...20 mA), joka voidaan kalibroida suoraan pinnan korkeudeksi. Mittausalue ulottuu 50 millimetristä aina 30 metriin ja mittaustarkkuus on  $\pm 0,1$  % mittausvälistä laskettuna. Koska äänen nopeus kasvaa 0,18 % 1 °C, on mittaustulos lämpökorjattava, mikäli vaaditaan hyvin suurta tarkkuutta. [5, s. 44.]



Kuva 19. Ultraäänellä toimiva pintamittaus. [7.]

## 5 MUUT VEDEN KÄSITTELYYN LIITYVÄT LAITTEET

### 5.1 Jäähdytystornit

Toimitukseen kuului 2 kappaletta jäähdytystorneja SPX Cooling Technologies GmbH, prosessivesien jäähdytykseen (Kuva 20). Jäähdytystornit ovat asennettu 100 m<sup>3</sup>, teräsbetonista valmistetun altaan päälle.

Jäähdytystorneja ohjataan automaatiolla, jos vesi on valmiiksi viileää, prosessivesi ohjataan ohituksen kautta altaaseen ilman, että vesi kiertää jäähdytystornien kautta. Prosessiveden kuumentuessa automaatio ohjaa veden kulkemaan jäähdytystornien kautta ja jäähdytystornien puhaltimen tehoa ohjataan taajuusmuuttajalla asetusarvon mukaisesti.

Suunnittelulämpötilat ovat jäähdytystornille tulevalle vedelle +37 °C ja lähtevälle vedelle +25 °C ja mitoitusvirtaus on 560 m<sup>3</sup>/h (2 x 280 m<sup>3</sup>/h). Optiona on yhden jäähdytystornin laajennusvaraus jolloin mitoitusvirtaus kasvaisi 840 m<sup>3</sup> tunnissa. [6.]



Kuva 20. Jäähdytystornit asennusvaiheessa. [7.]

## 5.2 Syöttövesijärjestelmä

Syöttövesijärjestelmän tehtävänä on tuottaa syöttövedettä lämpövoimakeskukseen sekä Talvivaaran tarvitsemiin prosesseihin. Syöttövesijärjestelmään kuuluu 15 m<sup>3</sup> säiliö syöttövedelle ja siihen kuuluvat syöttövesipumput, lisäveden lämmitys ja syöttö säiliöön sekä syöttövedeen lisättävä hapenpoistokemikaali.

Syöttövesisäiliö toimii säiliönä kuumalle vedelle, josta otetaan vettä Talvivaaran tarpeisiin ja johon palautetaan lauhde. Säiliön valmistaja on Vapor Oy. Säiliön pintaa ohjaa pintasäätö ja lisävesi pumpataan syöttövesisäiliöön demineralisoidun veden säiliöstä ja ennen säiliöön menemistä lisävesi kuumennetaan lämmönvaihtimessa.

## 5.3 Säiliöt

Vesilaitoksella käytetään erilaisia säiliöitä moneen tarkoitukseen. Säiliöiden tehtävänä on tasata kulutushuippuja ja mahdollistaa lyhytaikaiset seisokit laitoksella. Säiliöt toimivat myös varastoina käytettäville kemikaaleille. Kemiallisen puhdistetun veden säiliö on kooltaan 300 m<sup>3</sup> ja demineralisoidun veden säiliö 100 m<sup>3</sup>. Talousvesisäiliö on 40 m<sup>3</sup>. Kemikaalisäiliöt ovat kooltaan 100 litrasta 20 kuutiometriin.

## 5.4 Pumput

Vesilaitos sisältää monia, erilaisia pumppuja. Käytettäviä pumpputyyppejä ovat kalvopumput, ruuvipumput sekä keskipakopumput.

Kalvopumput ovat Seran valmistamia C409 mallia olevia, tuotoiltaan 0–12, 0–18 ja 0–75 l/h pumppaavia kalvopumppuja.

Ruuvipumput ovat Seepex:in valmistamia malliltaan BN 5–6L pumppuja. Nämä ovat sijoitettuna lietteen siirtoon Lamella–selkeyttimeltä lietesäiliöön sekä säiliöstä jätevedenpuhdistamolle siirtäviä pumppuja. Ruuvipumpuille on tyypillistä hyvä siirtokyky kiinteämpääkin ainetta sisältävälle nesteelle kuten lietteelle.

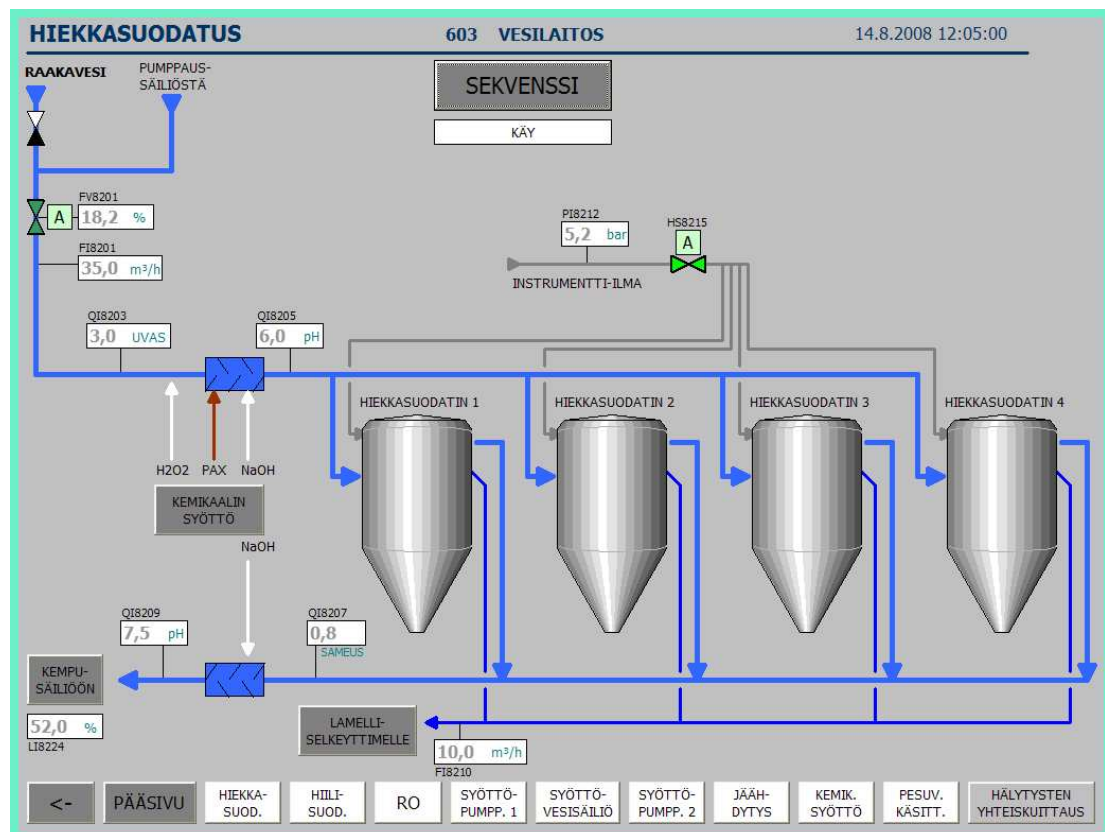
Yleisin pumpputyyppe on kuitenkin keskipakopumppu, Talvivaarassa käytetty valmistaja näillä on Grundfos Oy. Keskipakopumppuja käytetään vesilaitoksella paineenkorotukseen sekä veden liikuttamiseen. Maksimituotot näillä pumpuilla vaihtelevat 15–50 m<sup>3</sup>/h.

## 6 AUTOMAATIO

Talvivaaran vesilaitos käyttää paikallisautomaationa Siemens S7-300–sarjan logiikkaa. Laitoksen ohjaus tapahtuu Siemensin kosketusnäytöltä, joka on kytketty logiikkaan. Kosketusnäytöltä havaitaan kaikki vesilaitoksen hälytykset, mittaukset ja käyntitiedot. [6.]

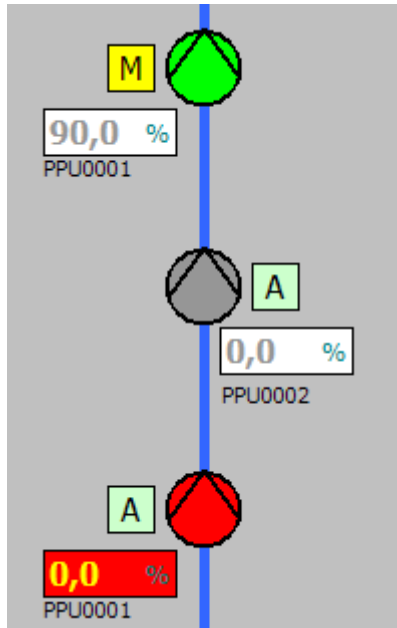
Hälytysten kuittaus ja sekvenssien perusohjausta on mahdollista suorittaa valvomosta käsin, tehtaan pääjärjestelmän kautta. Insta Automation on suorittanut laitteiden asentamiset ja ohjelmien teon. Heillä on mahdollisuus vikatilanteessa etsiä ja korjata niitä etäyhteyden kautta.

Kosketusnäytön pääsivulla on nähtävissä kaikki vesilaitoksen laitteet. Pääsivun alalaidassa on painikkeet, jolla pääsee tarkemmin tarkastelemaan ja muuttamaan asetuksia. Esimerkiksi kuvan 21 näkymästä voidaan muuttaa hiekkasuodattimien läpi virtaavan veden määrää, raaka-veden ja saostetun veden pH-arvoa ja tarkkailla sameutta.



Kuva 21. Kosketusnäytön näkymä hiekkasuodatuksen sekvensseistä. [7.]

Pumppujen moottoreita ohjaa automaatio automaattiasennossa itseksensä antureiden antamien tietojen perusteella. Tarvittaessa kaikkia pumppuja voidaan kuitenkin ohjata käsin. Osa pumppuista on varustettu taajuusmuuttajalla jolla voidaan muuttaa pumpun pumppausmäärää. Osassa pumppuista ei ole taajuusmuuttajaa ja se pumppaa aina täydellä teholla päällä ollessaan. Kuvassa 22 on esimerkkitalanne kuinka pumppuja on mahdollista ohjata joko käsin tai automaatiolla.



Moottori on käsiäjolla.  
Moottori on käynnissä.  
Taajuusmuuttajan lähtö on 90 %.

Moottori on automaattiajolla.  
Moottori on seis.  
Taajuusmuuttajan lähtö on 0,0 %.

Moottori on automaattiajolla.  
Moottorilla on hälytys.  
Taajuusmuuttajan lähtö on 0,0 %.

Kuva 22. Esimerkkitalanne pumppujen ohjauksesta. [6.]

Vesilaitoksen kaikkia pumppuja, moottoreita, toimilaitteventtiileitä ja rajoja voidaan muuttaa, mutta väärinkäytön estämiseksi ja turvallisuussyistä osa toiminnoista on tietyissä tilanteissa kuitenkin lukittuna.



## 7 PROJEKTIN ETENEMINEN

Talvivaaran vedenkäsittelylaitos oli niin sanottu turn-key-toimitus. Tämä tarkoittaa laitteiden toimitusta, asentamista ja käyttöönottoa, jotka suoritettiin Vodapro Oy:n toimesta. Asennus suoritettiin täysin aliurakoitsijoiden suorittamana. Työmaan edistymistä ja muita asioita käytiin läpi viikoittain työmaakokouksissa, joihin osallistui Talvivaaran, Vodapro Oy:n sekä aliurakoitsija Istec Ky:n edustajat.

Laitteiden asennus alkoi 21.4.2008. Työmaalla oli rakennuksen pohja valettu sekä teräspilarit pystyssä. Muuten rakennus oli keskeneräinen. Tuolloin saapui työmaalle ensimmäiset laitteet, jolloin työmaalle saapui jäähdytystornit, Dynasand–hiekkasuodattimet ja Lamella–selkeytin. Suurimmat laitteet asennettiin ensimmäisenä heti, kun rakennuksen pohja oli vasta valettu. Osa laitteista varastoitiin mahdollisuuksien mukaan työmaalle, Talvivaaran varastoon sekä joitakin tavaroita jouduttiin varastoimaan ulkosäilytykseen.

Ensimmäisenä oli asennettu Dynasand–hiekkasuodattimet sekä selkeytin paikoilleen ja asetettu vaakaan. Putkistojen valmistus alkoi heti tämän jälkeen, miten se rakennuksen valmistamisen myötä oli mahdollista.

Kemiallisesti puhdistetun veden laitteiston valmistuttua päälaitteiden osalta, aliurakoitsija aloitti demineralisoidun veden laitteiston asennuksen asentamalla aktiivihiekkasuodattimet sekä käänteisosmoosin.

Syöttövesisäiliön ja sen putkistojen asentaminen oli mahdollista aloittaa, kun taso säiliön alle oli valmistunut.

Kemiallisen veden laitteet saatiin käyttöön kesäkuussa, jolloin hiekan huuhtelu päästiin aloittamaan ja heti huuhtelun jälkeen otettiin käyttöön saostuskemikaalien polyalumiinikloridin ja lipeän annostelu raakaveteen. Vesi ajettiin tässä vaiheessa säiliön kautta tyhjennysyhteen kautta ulos ja kemikaalien annostelua säädettiin veden laadun parantamiseksi. (Kuva 23).





Kuva 23. Dynasand—hiekkasuodattimet ja vieressä lamella asennettuina. [7.]

Demineralisoidun veden laitteet saatiin otettua käyttöön heinäkuussa, jolloin aktiivihiekkasuodattimien ja käänteisosmoosin läpi ajettiin vettä. Aktiivihiekkasuodattimien automaatio puuttui vielä tuossa vaiheessa ja niitä jouduttiin ohjaamaan käsin. Käänteisosmoosi toimi myös manuaalisesti ja sekaioninvaihtimet ohitettiin niiden hartsien puuttumisen takia.

Jäähdytystornien altaan valmistuksen ja valun valmistuttua nostettiin nosturilla paikoilleen (Kuva 24). Jäähdytystornit olivat kasattu pääosin puhaltimet mukaan lukien maassa ollessaan ja lopullinen varustelu tapahtui tornien ollessa paikoillaan. Torneihin asennettiin kaiteet ja puhaltimien virrat sekä automaatio. Tornit otettiin käyttöön 1.7.2008 jolloin vettä pystyi ajamaan tornin kautta altaaseen ja altaasta takaisin kierto.



Kuva 24. Jäähdytystornit asennusvaiheessa. [7.]

Syöttövesijärjestelmä otettiin käyttöön syyskuussa, jolloin vettä voitiin ajaa väliaikaiselle lämpölaitokselle ja ottaa lauheteita vastaan säiliöön. Hoitotasot olivat puutteelliset ja ne asennettiin jälkikäteen.

Talousveden laitteistot ja putkistot valmistuivat samaan aikaan kuin demineralisoidun veden laitteistot. Talousvettä ei kuitenkaan voitu ajaa säiliöön sen puuttumisen takia. Talousvesisäiliön prioriteetti ei ollut tärkeä ja sen valmistumista pystyttiin lykkäämään kiireisempien asioiden takia.

Alun perin uv-reaktorin kautta piti kulkea käänteisosmoosille ja talousvedeksi tarkoitettu vesi. Järjestelmässä tehtiin syksyn aikana kuitenkin putkistomuutos ja käänteisosmoosille tuleva vesi muutettiin otettavaksi ennen uv-reaktoria, ja näin saatiin pienennettyä uv-laitteiston kautta kulkevaa virtausta.

## 8 KÄYTTÖÖNOTTO

Käyttöönotto tapahtui työmaan edistyessä ja valmistumisen myötä mahdollisuuksien mukaan. Kaikki toimitukseen sisältyvät pumput ja sähkötyöt tarkastettiin asennustarkastusten puitteissa.

### 8.1 Kemiallisesti puhdistetun veden laitteiston käyttöönotto

Dynasand–hiekkasuodattimen käyttöönotto voitiin aloittaa kun asennus, jälkivalut ja putki-työt sekä hoitotasot olivat valmiit. Aluksi suodattimen sisäosat tarkastettiin silmämääräisesti, ettei ylimääräistä tavaraa ollut päässyt rakennusvaiheessa tai kuljetusvaiheessa hiekkasuodattimen sisällä.

Suodattimeen asennettiin suodattimien mukana tulleet pvc-muovinen paine-eron mittauslasi ja ilmanpoistoputki sekä paineilman palloventtiilit jotka mahdollistivat paine-eron mittaamisen ja mammutpumpujen toiminnan pysäyttämisen manuaalisesti. Mittalasin avulla voidaan tarkkailla paine-eroa mammutpumpun toiminnassa sekä tunnistaa mahdollinen tukos pumpulla.

Paineilmaletkut yhdistettiin pneumatiikkaohjauskeskukselta (Kuva 25) palloventtiileihin ja niistä suodattimen mammutpumpulle. Pneumatiikkakeskus sisältyi toimitukseen ja se sisälsi magneettisen venttiilin ja 6 kappaletta ilmamäärän virtausmittauksia. Yhdellä pneumatiikkakeskuksella voidaan ohjata kuuden Dynasand–hiekkasuodattimen mammutpumpua. Magneettiventtiili mahdollistaa automaation suorittaa avaus ja sulkutoiminto mammutpumpujen ohjaukseen.





Kuva 25. Dynasandin pneumiikkaohjauskeskus. [7.]

Seuraava vaihe oli täyttää suodattimet hiekalla. Ennen hiekan täyttämistä suodattimien venttiileillä varustetut pohjalaihat asennettiin suodattimiin. Ohjekirjan mukaan tuli täyttää suodattimeen vettä kartion reunaan asti. Tämän tarkoitus oli suojata pohjalla olevia osia paineilmalta puhallettavalta hiekalta, ja täyttää paremmin suodattimen ohjaukskartion alla oleva tyhjä tila [6].

Dynasand–hiekkasuodattimeen oli tilattu erikoispuhdistettua hiekkaa yhteensä 92 000kg. Hiekka toimitettiin säiliöautolla, ja suodattimiin hiekan täyttäminen tapahtui paineilman avulla. Puhalluksen yhteydessä hiekkaa kasteltiin vedellä pölyämisen estämiseksi. Hiekan oikea määrä oli hiekkapatjan päältä suodattimen yläreunaan mitattuna  $1800\text{mm} \pm 30\text{mm}$  [6].

Hiekan täyttämisen jälkeen aloitettiin hiekan huuhtelu. Suodattimiin avattiin veden virtaus ja kytkettiin paineilma pneumiikkaohjauskeskukselle. Pneumiikkakeskukselle tuleva ilmanpaine asetettiin 4 Bariin. Hiekkasuodattimien palloventtiilit avattiin ja säädettiin ilma kaikille

hiekkasuodattimille virtausmittarien mukaan 100 l/min, jolloin mammutpumput alkoivat nostaa hiekkaa suodattimen pohjalta ylös ja hiekankierto alkoi.

Hiekankierto hiekkasuodattimista tarkastettiin mittaustangon ja sekuntikellon avulla. Hiekankierron mittaus tapahtuu upottamalla mittaustanko hiekkapatjaan 10 – 20 cm syvyyteen. Mittaustangon etäisyys suodattimen ulkoreunasta tulee olla noin 10 cm. Mittaustangon annetaan upota hiekan mukana noin 2 minuuttia ja sen jälkeen mitataan aika, kauanko kestää mittaustangon laskeutua 30 millimetriä. Tämä toistetaan neljästä kohti joka suodattimesta jotta varmistutaan hiekan tasaisesta kiertämisestä. Aikojen pitää olla aika samanlaiset eri kohdista mitattuna. Hiekan kierto lasketaan seuraavalla kaavalla.

$$\frac{\text{mittausmatka}(mm)}{\text{mittausaika}(sek)} \cdot 60\text{sekunttia} = \text{laskeutimise nopeus}\left(\frac{mm}{min}\right)$$

Mittatangon laskeutumiseen kului 30 millimetrin matkalla 3 minuuttia 25 sekuntia. Sekunneiksi muutettuna 205 sekuntia.

$$\frac{30mm}{205\text{sekunttia}} \cdot 60\text{sekunnttia} = 8,78 \approx 8,8 \frac{mm}{min}$$

Hiekankierto oli siis 8,8 mm / min

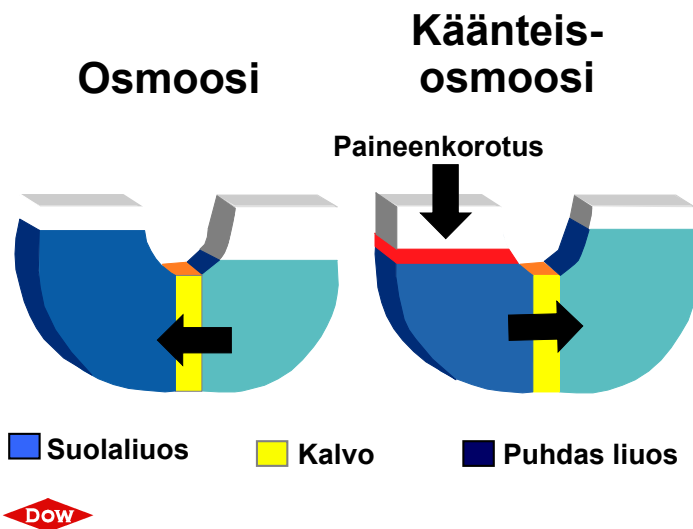
Ohjekirjan mukaan nopeuden tulisi olla 5 – 8 mm / min välillä, mutta huuhtelun nopeuttamiseksi hiekan annettiin kiertyä nopeammin. Huuhtelua jatkettiin kolme päivää, jonka jälkeen raakaveden aloitettiin annostella kemikaalia, polyalumiinikloridia sekä natriumhydroksidia. Kemikaalin annostelulla haluttiin tehostaa veden laadun parantamista, koska huuhtelua suoritettaessa ei vettä saatu aivan kirkkaaksi. Saostuskemikaali polyalumiinikloridi sitoo liקהiukkasten kokoa suuremmiksi flokeiksi ja suodattimen hiekan kyky poistaa likapartikkeleita tehostui huomattavasti. Kemikaalien annostelu auttoi, veden laatu parani heti ja suodosvesi kirkastui.

Optimoinnin myöhemmässä vaiheessa testattiin erilaisia kemikaalin annostelusuhteita sekä muuttaa hiekankiertoa hitaampaan ja nopeampaan kiertoon, jolloin veden sameus vaihteli huomattavasti ja laatu huononi.

Lamellan käyttöönotossa tarkastettiin Lamellan pikasekoittimen, hämmentimen sekä kaapimen moottorien pyörimissuunnat sekä liitettiin polymeeri-kemikaalin letku kemikaalipumpulta lamellalle. Käyttöönotossa testattiin lietesäiliölle sekä jätevedenpuhdistamolle menevän lietteen ruuvipumput. Lamella oli näin käyttökunnossa ja Dynasand–hiekkasuodattimelta tuleva pesuvesi voitiin ajaa Lamella–selkeytimeen.

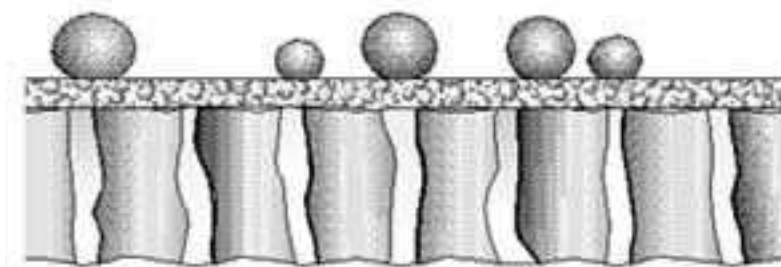
## 8.2 Suolattoman veden laitteiston käyttöönotto

Käänteisosmoosi eli Ro-yksikkö (Reverse osmosis) perustuu orgaanisiin kalvoihin (membraani), jotka läpäisevät heikosti pieniä ioneja eikä ollenkaan orgaanisia molekyylejä ja kohtalaisen hyvin vesimolekyylejä. Käänteisosmoosin nimitys tulee siitä, että puhdasta vettä syntyy vain paineessa, joka on suurempi kuin konsentraatin ja puhtaan veden välinen osmoottinen paine. [15] (Kuva 26).



Kuva 26. Käänteisosmoosi [7.]

Käänteisosmoosisin toiminta perustuu kalvorakenteeseen jossa molekyylin mittakaavassa olevat reiät päästävät veden läpi, ja estävät suolojen ja orgaanisten molekyylien läpipääsyn (Kuva 27). [15.]



Kuva 27. Kalvo estää suolojen ja orgaanisten molekyylien läpipääsyn [15].

Käänteisosmoosi toimitettiin ilman kalvomembraaneja, esisuodattimia ja 3-tieventiileitä. Käänteisosmoosissa on kaksi erillistä yksikköä, jotka toimivat täysin toisistaan riippumatta. Yksikkö muodostuu esisuodattimesta, paineenkorotuspumpusta ja putkista, joiden sisälle asennetaan kalvomembraanit. Yksikössä on käsiventtiileitä tulo, tuoteveden lähtöpuolella ja yksikön ilmausventtiileitä. Lisäksi ovat toimilaitteventtiilit tulo, tuoteveden lähtöpuolella ja laatuhuuhtelun linjassa. Yksikössä on paineanturi mittaamassa tulevan veden paineen ja painemittarit paine-eron mittaamista varten ennen esisuodatinta, esisuodattimen jälkeen, ennen kalvomembraaneja ja näiden jälkeen.

Yksikkö tuottaa puhdasta tuotevettä (permeaattia) maksimissaan 10,5 m<sup>3</sup>/h. Lisäksi käänteisosmoosiyksikkö ottaa vettä huuhtelua varten 3 m<sup>3</sup>/h. Veden suodatuksen aikana osa vedestä käytetään kalvojen huuhteluun ja huuhtelu on jatkuvaa suodatuksen aikana. Paineenkorotuspumpun tehtävänä on nostaa riittävä paine, jolloin vain vesimolekyylit läpäisevät kalvon ja epäpuhtaudet rikastuvat huuhteluveteen.

Nämä virtaavat pumppaussäiliön kautta uudelleen hiekkasuodatuksen. Käänteisosmoosin käyttöönotossa asennettiin 3-tieventtiilit paine-eromittausta varten, patruunasuodattimet sekä kalvomembraanit. Kalvoja käänteisosmoosiin Eurowater model Ro03-9 menee kohti 9 kpl yksikköön.

Kalvojen asennusten jälkeen on suoritettava ilmaus avaamalla paineenkorotuspumppujen, putkien näytehanat sekä pesua varten olevat venttiilit. Käänteisosmooseja ajettiin alun automaation puuttumisen takia käsiohjauksella.

Sekaioninvaihtimien käyttöönotto oli yksinkertainen operaatio. Vaihtimien putkityöt oli valmistanut aliurakoitsija, eivätkä ne sisällä mitään tekniikkaa, niinpä ainoa käyttöönoton vaihe oli syötättää ejektorilla hartsi vaihtimiin. Hartsi oli Dowex:in MB-50 ja sitä syötettiin yhteen

sekaionivaihtimeen 775 litraa. Sekaioninvaihtimien jälkeen mitataan veden johtokykyä johon asennettiin anturit tätä varten. Ilmauksen jälkeen vaihtimet olivat valmiita käyttöön.

Uv-laitteen käyttöönotossa tarkastettiin kvartsiputkien ehjyys ja asennettiin ultraviolettilamppu. Uv-laitteeseen suoritettiin veden täyttö ja ilmaus ennen kuin testattiin lamppujen toimintaa.



## 9 VESILAITOKSEN OPTIMOINTI

Vesilaitoksen optimoinnin tarkoitus on saattaa toimituksen sisältämät laitteet tuottamaan korkealaatuista vettä asiakkaan prosesseihin ja talousvettä sosiaali- ja terveysministeriön määrittelemälle päätökselle talousveden laatuvaatimuksen STM 74/94 tasolle. [Liite 5]

Kemiallisesti puhdistetun veden optimoinnissa kemikaalin ansiosta tapahtuvan saostuksen aikaansaaminen on tärkeä veden laadun onnistumisessa. Kemiallisen veden laatu vaikuttaa välittömästi myös muiden laitoksessa suodatettavien vesien laatuun koska kemiallisesti puhdistetusta vedestä suodatetaan demineralisoitu vesi ja talousvesi.

Veden lämpötila nousi yhdeksi keskeisimmäksi asiaksi, koska veteen annosteltujen kemikaalien reaktiot olivat tehottomia talven kylmänä aikana. Raakavesi lämmitetään lämmönvaihtimilla jotka toimivat Talvivaaran tehtaan tuottamalla lämmöllä. Talvella kuitenkin esiintyi veden viilenemistä plus viiteen asteeseen. Tämä aiheutti kemiallisesti puhdistetun veden sameutumista kemikaalien tehottoman reaktion takia.

Vesilaitoksen optimointi aloitettiin heti, kun laitteistoja oli asennettu ja otettu käyttöön. Kemikaalin oikeat määrät olivat hyvin tärkeät optimoinnin vaikutuksiin. Optimointi oli mahdollista suorittaa kemiallisesti puhdistettuun veteen sekä demineralisoituun veteen. Talousveden optimointiin ei voitu suoranaisesti vaikuttaa, koska kemiallisesti puhdistetun veden laatu, ratkaisi hyvin pitkälti talousveden laadun.

### 9.1 Kemiallisesti puhdistetun veden laitteiston optimointi

Kemiallisesti puhdistetun veden optimoinnin tarkoituksena on saattaa raakaveteen annosteltava polyalumiinikloridin ja lipeän suhde oikeaksi, jotta Dynasand–hiekkasuodattimilta saatava kemiallisesti puhdistettu vesi on tasalaatuista, kirkasta vettä, jonka sameus on alle 1 NTU.

Dynasand–hiekkasuodattimille annosteltavat kemikaalit annostellaan automation ohjaamana kemikaaliasemilta. Polyalumiinikloridin (pax) annostelua ohjaa raakaveden virtausmäärä sekä kaliumpermanganaatti-luku eli  $\text{KMnO}_4$ -luku. Pax on hyvin hapan kemikaali, pH on noin yk-

si. Happamuuden saattamiseksi normaalin neutraaliin arvoon, raakaveden annostellaan myös natriumhydroksidia eli lipeää (NaOH). Lipeän annostelua ohjaa pax:in annostelumäärä sekä kemikaalien annostelun jälkeen mitattava veden happamuus.

Kemiallisesti puhdistetun veden virtaus ja kemikaalien annostelu toimii automaatiolla automaattisesti. Automaation keskus mittaa antureilta tietoja ja säättää kemikaalien annostelun tämän mukaan. Raakavedestä mitataan kaliumpermanganaatti luku  $\text{KMnO}_4$  Uvasmittauksella, tämä säättää pax:in annostelua raakaveden virtausmäärän lisäksi. Optimoinnin alkuvaiheessa jouduttiin ohittamaan uvas-anturi, koska vesilaitokselle tulevan raakaveden laatu vaihteli hyvin paljon ja sisälsi humusta. Syynä oli Kolmisopen vedenottamon lähettyvilä tehtävät ruoppaustyöt.

Automaatiolle on määritelty happamuuden pH arvo, jonka automaatio pyrkii pitämään. Arvo on muutettavissa parhaan suodatustuloksen saamiseksi. Optimoinnin alussa pH-arvo asetettiin arvoon 6.4 ja hiekankierto asetettiin hiekkasuodattimien paineilmaohjauskaapilta suodattimille 1 ja 2 arvoon 80 litraa minuutissa ja suodattimille 3 ja 4 ilmanvirtaus 100 litraa minuutissa. Ilmamäärät olivat testausmielessä asetettu eri arvoihin jotta optimoinnin hiekankieronnopeus kävisi paremmin ilmi.

Polyalumiinikloridin annostelu oli säädetty määrään 10  $\mu\text{l}$  pax:ia litraa vettä kohti eli 10 ml kuutiota kohden. Lipeän väkevyys on 50 %:n vesilaitokselle tuotaessa ja se laimennettiin päiväsailiöön suhteella 150 litraa lipeää ja 700 litraa vettä. Lipeän annostelu määrä oli 13,5  $\mu\text{l}$  litraan vettä eli 13,5 ml kuutiota kohti. Veden pH-arvo liikkui 6,1 ja 6,9 välillä ja sameus oli yli 5,5 NTU mutta jäännösalmiinin pitoisuus oli korkea.

Veden kirkkauden perusteella optimoinnissa löytyi arvot joissa veden kirkkaus saatiin arvoon 0,4 – 0,7. Kemikaalien syöttömäärät olivat polyalumiinikloridilla 7  $\mu\text{l}$  litraa kohti ja lipeällä 16  $\mu\text{l}$  litraa kohti raakavettä. Veden pH oli 5,9. Optimointi oli hyvin pitkäjänteistä työtä, optimointi alkoi syyskuun puolivälissä ja veden laadun saattaminen tasalaatuiseksi ja kirkkaaksi saavutettiin marraskuun puolivälissä. Optimoinnin aikana koettiin vaikeuksia pystyä luottamaan antureiden antamiin arvoihin ja jouduttiin tekemään antureiden näyteputkiin muutoksia sekä huolehtimaan pH-antureiden puhtaudesta. Humus ja kemikaalit tarttuivat herkästi pH-antureiden pintaan ja aiheuttivat virheellistä lukua (Kuva 28).



Kuva 28. PH-anturi, johon likaa on tarttunut kiinni.

Optimoinnissa löydettiin raja milloin liiallisen kemikaalin annostelu tukki mammutpumput suodattimilta. Mammut-pumppujen tukkeentuminen johtui liiallisesta polyalumiinikloridin annostelusta ja näiden tukoksien poistaminen vaati pumppujen ilmakierron nostamista. Kerran pumppujen poistopäät vaativat irrotuksen jotta hiekankierto saatiin alkamaan tukkeutumisen jälkeen.

Lipeän syöttöä ohjaa virtauksen lisäksi veden pH-arvo. Pax-kemikaalin määrä vaikutti hyvin paljon veden laatuun ja jäännösalmiiniipitoisuuteen. Liian suuri pax-kemikaalin annostelu aiheutti kuitenkin tukkeutumista mammut-pumpussa ja hiekan kierron loppumista, tämän takia oli oltava tarkka, ettei pax:ia syötetä liikaa.

Ultraturb-sameusmittaus ohjasi optimoinnin onnistumista. Optimoinnin alussa pax-kemikaalia syötettiin liikaa, joka aiheutti mammut-pumpun tukkeutumisia. Hiekan kiertoa kokeiltiin muuttaa muuttamalla ilmanvirtausta, oikea arvo löytyi noin ilmanvirtauksen ollessa 50–55% kohdalla.

Oikeaa pH arvoa haettiin 5 - 7 pH väliltä ja optimi löydettiin pH-arvon ollessa 5,9. Ongelmaksi muodostui pH mittauksen väärin näyttäminen joka aiheutui raakavedessä olevien kiintoaineiden pääsemisestä pH anturiin, ja anturia joutui välillä puhdistamaan.

Veden optimoinnin suurimman ongelman aiheutti jäännösalmiinin määrä sekä liiallinen mangaanin määrä talousvedessä.

## 9.2 Suolattoman veden laitteiden optimointi

Suolattoman veden eli demineralisoidun veden suodatus tapahtuu pumppaamalla kemiallisesti puhdistetun veden säiliöstä vettä aktiivihiiisuodattimien kautta käänteisosmoosiyksiköille, jossa paineenkorotuspumpuilla nostetaan riittävä paine.

Optimointi riippui hyvin paljon kemiallisen veden laadusta ja käänteisosmoosin toimintaan pystyttiin vaikuttamaan hyvin vähän. Käänteisosmoosissa ja sekaioninvaihtimissa olevista johtokykyantureista voitiin tarkkailla johtokykyä sekä demineralisoidun veden säiliön täyttöputken virtausmittauksesta tarkkailla tuoteveden virtausmäärää. Nämä olivat keino seurata veden suodatuksen toimivuutta.

Kemiallisesti puhdistetun veden huono laatu tukki nopeasti myös käänteisosmoosin esisuodattimet jotka jouduttiin vaihtamaan paine-eron kasvaessa kahteen Bariin.

Kalvot likaantuivat nopeimmillaan viikossa. Kalvojen huuhtelu ei yksin riittänyt pitämään kalvojen pintoja puhtaana vaan kalvot tarvitsivat pesun. Kalvojen pesu on operaatio joka suoritetaan silloin, kun paine-ero ennen kalvoja, ja niiden jälkeen, on noussut kahdeksaan Bariin. Kalvojen pesu tapahtuu liittämällä kuvassa 29 oleva käänteisosmoosin pesuyksikkö. Se koostuu 300 litran vesisäiliöstä, joka on varustettu lämpövastuksella ja sekoittimella. Lisäksi pesuyksikössä on pumppu, jolla pesuvesiliuos pumpataan säiliöstä käänteisosmoosille.

Pesuyksikön säiliö täytetään demineralisoidulla vedellä ja siihen annosteltiin emäksistä kalvojenpesuainetta. Oikea pesuaineenmäärä oli silloin, kun pesuliuoksen pH oli 12. Veden annettiin lämmitä säiliössä noin + 40 asteeseen. Pesuvesiliuos pumpattiin pesuyksikön pumpulla käänteisosmoosin tulopuolelle, ennen paineenkorotuspumppua sijaitsevaan venttiiliin. Likainen vesi käänteisosmoosilta liitettiin letkuilla tuoteveden ja huuhteluveden venttiileistä pesuyksikön säiliöön.

Pesun alkaessa pestävä yksikkö kytkettiin turvallisuussyistä seis-tilaan ja muutettiin toimilaitteventtiileiden tila automaattisesta manuaaliseen. Paineenkorotuspumppu kytkettiin päävirta-kytkimestä 0-tilaan. Huuhteluveden linjan käsiventtiili suljettiin koska tällä estetään pesuvesiliuoksen pääsy pumppaussäiliöön ja siitä uudelleenkiertoon. Kytkeytyneiden pesuvesiletkujen käsiventtiilit avattiin.

Veden lämmitessä tarvittavaan lämpötilaan, pumppu käynnistettiin ja lämmitetty pesuvesiliuos alkoi kiertämään käänteisosmoosissa. Samalla likainen vesi käänteisosmoosin kalvoilta virtasi pesuyksikön säiliöön. Pesun aikana tarkkailtiin liuoksen pH:ta ja lisättiin emäksistä kalvojen pesuainetta liuoksen laimentuessa käänteisosmoosissa olevan veden kanssa. Pesuliuoksen annetaan kiertää noin puoli tuntia jonka jälkeen pumppu sammutettiin ja annettiin liuoksen liottaa kalvoja puoli tuntia. Tätä toistettiin kolme kertaa. Lopuksi emäksinen pesuliuos ajettiin erillisiin konttisäiliöihin.

Pesun toinen vaihe on muuten samanlainen, mutta pesuliuos valmistettiin demineralisoidusta vedestä ja happamasta kalvojen pesuaineesta. Pesuaineen oikea määrä oli se, kun pH oli lähelle yksi. Liuoksen annettiin lämmitä noin + 40 asteeseen. Hapan pesu syrjäyttää emäksisen pesuaineen ja neutralisoi käänteisosmoosissa olevaa pH:ta. Pesun jatkuessa 30 minuuttia suljettiin pumppu ja pidettiin 30 minuutin tauko. Tätä toistettiin kolme kertaa.

Hapan pesuliuos poistettiin käänteisosmoosista samoihin säiliöihin, mihin oli ajettu emäksistä pesuliuosta. Tämän tarkoitus oli neutralisoida pesuaineet keskenään ja saavuttaa liuokselle neutraali arvo, jolloin se annettiin virrata jätevedenpuhdistamolle.

Lopuksi pesuyksikönsäiliöön ajettiin demineralisoitua vettä jolla huuhdeltiin pesuyksikkö ja samalla käänteisosmoosin kalvot tulivat huuhdelluksi puhtaalla vedellä. Pesu oli valmis kun tuoteveden ja huuhteluveden letkuista mitatun näytteen pH oli lähelle neutraalia, ja käänteisosmoosin venttiilit voitiin avata ja jatkaa huuhtelua sen raakavedellä ja tyhjennys voisi tapahtua pumppaussäiliöön. Pesuvesiliuokset pumpattiin jätevedenpuhdistamolle pieninä määrinä kerrallaan, lamellan lietteen yhteydessä.



Kuva 29. Käänteisosmoosin kalvojen pesuysikkö. [7.]

Kalvoja jouduttiin pesemään useampaan kertaan. Syynä oli välillä vaivannut huono kemiallisesti puhdistetun veden laatu. Käänteisosmoosin tuottama tuoteveden määrä pieneni nopeasti veden jäähtyessä. Veden lämpötila, joka oli laskenut talven tullessa noin 3-5 asteeseen, aiheutti veteen hiilidioksidin liukenemista. Veden lämpötilan ollessa noin alhainen, käänteisosmoosi tarvitsee yli 20 Barin paineen ennen kalvoja, jotta vesi läpäisee kalvon viskositeetin kasvaessa. Tämän takia käänteisosmoosin tulopainetta jouduttiin nostamaan 8 Bariin. Tämän seurauksena käänteisosmoosin tuotto saatiin kasvamaan, mutta vain lyhyeksi aikaa.

Lämpötilaongelma korjaantui kun raakavettä alettiin ajaa ennen hiekkasuodatusta lämmönvaihtimien kautta. Tulevan veden lämpötila nousi noin 11 °C asteeseen. Tämä paransi kemiallisesti puhdistetun veden laatua ja myös käänteisosmoosissa veden läpäisyä kalvoista.

Pesun vaikutuksen jäädessä lähes olemattomaksi, päätettiin vaihtaa käänteisosmoosinkalvot. Käänteisosmoosin kalvojen vaihtojen tapahtuu kuin pesun alkuvaiheessa, asettamalla käänteisosmoosiyksikkö seis-tilaan ja sulkemalla venttiilit. Yksikön rejektipuolelta irrotetaan rejektin virtausmittaus ja poistetaan putkien laipat. Vastakkaiselta puolelta laipoista irrotettiin huuhtelulinjojen putket, joista kalvot voitiin työntää pois putkista. Uudet kalvot asennettiin vanhojen tilalle. Kalvoissa olevat kumiset tiivisterenkaat rasvattiin silikonittomalla vaseliinilla, joka noudettiin apteekista. Laipat ja virtausmittaukset asennettiin ja yksikköön suoritettiin ilmanpoisto, jonka jälkeen yksikkö voitiin koekäyttää.

Yksittäistä syytä tukkeutumiselle oli vaikea sanoa, syynä epäiltiin kemiallisen veden huonoa laatua, veden lämpötilaa ja veden humuspitoisuutta tai mangaanipitoisuutta. Kemiallisesti puhdistetun veden laadun parantuessa ja veden lämpötilan saavuttaessa sovitun 11 asteen lämpötilan, kalvot pysyivät puhtaina ja tuotto pysyi sovitussa 10 kuutiometrissä tunnissa.

## 10 NÄYTTEENOTTO

Näytteenotto suoritettiin käyttöönoton ja optimoinnin aikana Vodapro Oy:n pH-mittarilla, johtokykyttämittarilla sekä alumiininmittauslaitteella (Kuva 30). Lisäksi Talvivaaran laboratorio alkoi ottamaan optimoinnin aikana näytteitä, joiden avulla optimoinnin tuloksia saatiin tarkemmin selville. Tuloksien mukaan optimoinnissa tehtiin hienosäätöä laitteistolle.

Talousveden tarkasti Kainuun Elintarvike- ja Ympäristölaboratorio jolta saatiin tutkimustodistus talousveden laadusta [Liite 6]. Tutkimustodistuksen mukaan mangaanin arvo oli 390 µg/l, kun suositusarvo oli 50 µg/l. Mangaani aiheuttaa veteen epämiellyttävää makua ja hajua. Lisäksi näyteveden väriluku 15 mg/l joka oli enimmäisarvo talousvedelle. Tämä oli laatusuositukseen nähden korkea kun laatusuositus on 5 mg/l. Väriluvun kasvuun vaikuttaa raudan ja/tai mangaanin korkea määrä. [Liite 6.]



Kuva 30. Hyxo Oy:n jäännösalumiinin mittauslaite. [7.]



## 11 POHDINTAA TYÖN ONNISTUMISESTA

Vesilaitoksen käyttöönotossa ja optimoinnissa onnistuttiin muilta osin hyvin, paitsi mangaanin määrä talousvedessä jäi korkeaksi. Tästä teki mielenkiintoisen se, että kemiallisesti puhdistetun veden mangaanin määrä on säiliöstä otetussa näytteessä pienempi, kuin talousvesinäytteestä mitattu. Mangaanin määrä siis lisääntyy veden virratessa aktiivihiihen ja uv-laitteen sekä hypokloriitin annostelun aikana.

Syy pääteltiin olevan aktiivihiihisiuotimien hiilissä jotka ovat voineet kyllästyä huonolaatuisen veden virratessa aktiivihiihen läpi ja näin ollen luovuttaa veden virratessa siihen metalleja, kuten mangaania. Mangaanin poistamiseksi on jo tehty ratkaisu, jossa aktiivihiihisiuodattimet muutetaan painehiekkasuodattimiksi. Suodattimien rungot säilyvät paikoillaan mutta suodattimista poistetaan aktiivihiihet ja tilalle laitetaan neljää eri karkeusluokan puhdistettua hiekkaa. Päälimmäiseksi asennetaan mangaani-oksidi kiveä.

Aktiivihiihisiuodattimien muutos tulee kuitenkin niin myöhään keväällä, että sen vaikutus tuloksiin ja mangaanin määrään en ehdi tässä insinööriyössä tutkia, työn palautuksen takia.

Raakaveden laadun vaihtelu on saatava pysymään tasaisena. Tämän mahdollistaa vain veden tasaisen lämpötila sovitussa 11 asteen lämpötilassa. Lämpötila on tarkka optimoinnin onnistumisessa koska kemikaali ei reagoi oikein alemmissa lämpötiloissa ja pahimmillaan natriumhydroksidi voi kiteytyä joutuessaan kylmään noin +viisi °C asteiseen veteen. Talvivaaran vetylaitos toimii veden lämmönvaihtimille lämmöntuottajana, ja sen seisokki aiheuttaa raakaveden jäähtymistä. Seisokit vaikeuttavat myös optimoinnin onnistumista, koska seisokin aikana veden kulutus pienenee ja vesilaitteiden suodatukseen tulee katkoksia.

Käyttöönoton aikana voitiin ajaa vettä myös viemäriin, kun haettiin oikeita asetuksia ja mahdollisimman hyvää laatua. Laitos otettiin kuitenkin asiakkaan pyynnöstä kohtalaisen nopeasti käyttöön ja tämä vaikeutti optimointia, koska säiliöissä piti olla mahdollisimman hyvälaatuisia vettä saatavilla. Tämä hidasti työn edistymistä, koska sitä jouduttiin tekemään hienosäädöllä, eikä suuria muutoksia kemikaalien annostelussa uskaltanut tehdä.

Ongelmia aiheutti myös raakaveden pH-mittaus, johon keräytyi likaa ja vaati puhdistusta silloin tällöin. PH-anturi jonka pintaan oli tarttunut likaa, näytti virheellistä lukemaa. Virhettä saattoi olla jopa 2 pH. Ratkaisua tähän mietittiin, ja vastaus voisi olla anturin suurempi kup-

pi, varustettuna tyhjennyksellä, jolloin tyhjennys olisi helpompaa ja tyhjentämisen tarve harvemmin. Anturi vaati muutaman kerran myös perusteellista puhdistusta, jonka takia anturi tuli irrottaa sekä puhdistaa anturin pintaan kiinnittyneestä liasta ja kemikaalijäämistä.

Käänteisosmoosin ongelma oli kalvojen nopea tukkeutuminen varsin nopeasti kemiallisen puhdistetun veden ollessa kylmää. Kalvoja pestiin pesurilla muutamia kertoja. Pesu auttaa alentamaan demineralisoidun veden johtokykyä ja kasvattamaan virtausta, mutta kun pesut osoittautuivat tehoiltaan vaatimattomaksi, kalvot pitää vaihtaa.

Talousvedessä ongelmaksi koitui liian suuri mangaanin määrä, jota yritettiin pienentää nostamalla pH-arvoa ylemmäksi. Ratkaisua ongelmaan ei kuitenkaan löytynyt tästä. Seuraavan vaiheena päädyttiin tekemään aktiivihilien vaihto painehiekkasuodattimiksi jonka pääteltiin toimivan tämän tyyppiselle raakavedelle paremmin.

Saostetun veden pH-mittaus antaa myös väärää lukemaa. Anturia yritettiin kalibroida useampaan kertaan ja myös vaihtamalla anturi, mutta lopullinen varmuus syystä on vielä epäselvää.

Veden valmistuksen aikana Talvivaaran laboratorio otti kaikista vesilaitoksella tuotettavasta vedenlaaduista sekä käsitellyistä vesistä näytteet, jonka perusteella myös optimointia ohjattiin. Talousveden suodatukselta suurimman ongelman muodosti mangaani, jonka saaminen takuuarvoja vastaaviin lukemiin tuotti ongelmia.

Kirjoittaessani insinööriyötäni, aika alkaa loppua koska kirjallinen osio pitää palauttaa, eikä vesilaitos ole vielä valmistunut. Tästä syystä muutostöiden aiheuttamia näytteitä ei ole saatu.

## 12 YHTEENVETO

Vodapro Oy:n toimitti täysin automaattisesti toimivan vesilaitoksen Talvivaaran kaivokselle. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, kuinka uuden vedenkäsittelylaitoksen käyttöönotto ja laitteiston optimointi tapahtuu. Optimoinnin onnistuminen selviää suoraan Talvivaaran laboratoriosta saaduilla veden laadun tuloksilla. Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut myös laatuvaatimukset juoma- ja talousvedelle, jotka on täytyttävä.

Insinööriytyöni aloitettiin perehtymällä laitteistoihin työharjoittelun ohessa. Opin tuntemaan laitteistoa asennusten yhteydessä koska suoritimme aliurakoitsijoille asennusvalvontaa. Käyttöönoton voidaan sanoa alkaneen lähes heti, kun aloitin työharjoittelun. Käyttöönotossa Dynasand–hiekkasuodattimet täytettiin hiekalla ja hiekanhuuhtelun jälkeen vettä suodatettiin lähes päivittäin. Optimointia suoritettiin annostelemalla saostuskemikaaleja polyalumiinikloridia sekä natriumhydroksidia. Hiekkasuodattimien kemikaalien annostelumäärät olivat selvittävää hyvin tarkasti. Demineralisoidun veden suodatuslaitteiden optimointi oli vähäistä, koska valmistus perustuu kalvosuodatukseen ja ioninvaihtoon.

Optimoinnin onnistumisessa saatiin tietoa Talvivaaran laboratoriosta, joka otti näytteitä laitteiston toiminnasta päivittäin. Tuloksia tutkimalla tehtiin johtopäätöksiä, miten optimointia tulisi jatkaa. Talousveden mangaanin määrän ollessa jatkuvasti yli sallitun, päädyttiin vaihtaa aktiivihiekkasuodattimet painehiekkasuodattimiksi.

Tätä insinööriytyötä kirjoittaessani vesilaitoksen luovutus on vielä tekemättä ja aktiivihiekkasuodattimien muutostyö kesken. Ajan loppumisen takia tämän insinööriytyön optimointiin ei saada kaikkia vastauksia, kuten saadaanko mangaanin määrä sallittuun arvoon. Toivon kuitenkin lukijalle olevan hyötyä tästä insinööriytyöstä.

## LÄHTEET

1. RIL 124 Vesihuolto. Kajosaari Eero.
2. RIL 124 Vesihuolto 1. Karttunen Erkki.
3. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=65786&lan=fi>[www-dokumentti] luettu 19.3.2009
4. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11693&lan=fi>[www-dokumentti] Luettu 28.3.2009
5. RIL 124 Vesihuolto 2. Karttunen Erkki.
6. Hyxo Oy:ltä saatu materiaali. Vesilaitoksen toimintakuvaus. Saukkonen Teemu
7. Hyxo Oy:n kuvamateriaali
8. <http://www.vodapro.fi/tuotteet/dynasand-hiekkasuodatin/toimintaperiaate/> [www-dokumentti] (Luettu 19.11.2008)
9. Hyxo Oy:ltä saatu materiaali. Hiekan erittely.
10. [http://www.kemira.com/regions/finland/SiteCollectionDocuments/Ratkaisut\\_ja\\_tuotteet/KW%20tuotteet/PAX18.pdf](http://www.kemira.com/regions/finland/SiteCollectionDocuments/Ratkaisut_ja_tuotteet/KW%20tuotteet/PAX18.pdf) [www-dokumentti] (Luettu 27.12.2008)
11. <http://wapedia.mobi/fi/Natriumhydroksidi?t=2.#2>
12. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=94061>
13. [http://www.kemira.com/SiteCollectionDocuments/Solutions\\_Products/KW%20tuotteet/Vetyperoksidi.pdf](http://www.kemira.com/SiteCollectionDocuments/Solutions_Products/KW%20tuotteet/Vetyperoksidi.pdf)
14. <http://www.hyxo.fi/fi/tuotteet/g/mittaus-ja-saeaeoet/prosessianalysaattorit/138/uvax-plus-sc>
15. <http://www.wakkanet.fi/~timvih/vesiluento/puhdistus2.html>

## LIITTEIDEN LUETTELO

LIITE 1. KARTTA TALVIVAARAN KAIVOKSEN ALUEESTA.

LIITE 2. LAYOUT TALVIVAARAN VESILAITOKSESTA.

LIITE 3. TAKUUARVOT KEMIALLISTESTI PUHDISTETULLE VEDELLE.

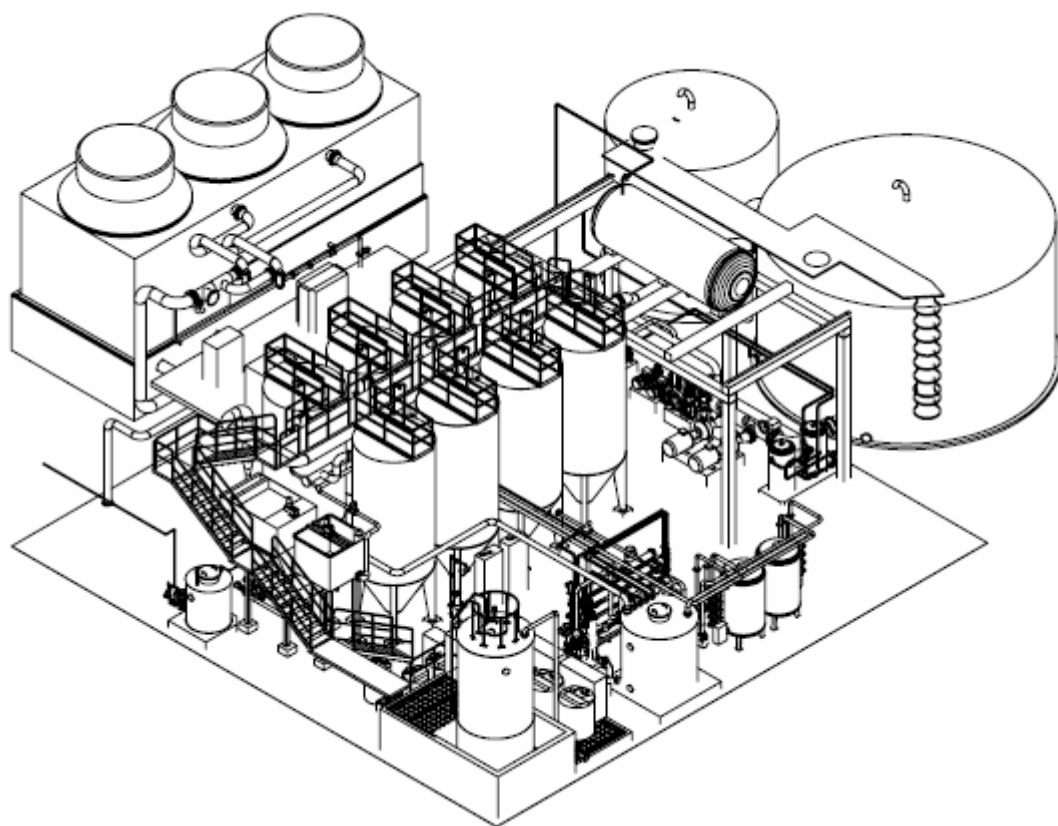
LIITE 4. TAKUUARVOT SUOLATTOMALLE VEDELLE.

LIITE 5. SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN ASETTAMAT LAATUVAATIMUKSET TALOUS- JA JUOMAVEDELLE.

LIITE 6. TUTKIMUSTODISTUS TALOUSVEDELLE



LAYOUT TALVIVAARAN VESILATTOKSESTA.



## TAKUUARVOT KEMIALLISESTI PUHDISTETULLE VEDELLE

| Parameter          |                               | Unit   | Value  |
|--------------------|-------------------------------|--------|--------|
| Total hardness     |                               | °dH    | < 2    |
| pH                 |                               |        | 7-8,5  |
| Alkalinity         |                               | mmol/l | < 0,5  |
| p-value            |                               | mval/l | 0      |
| m-value            |                               | mval/l | < 0,5  |
| Carbonate hardness |                               | °dH    | < 2    |
| Suspended solids   |                               | mg/l   | < 10   |
| copper             | Cu                            | mg/l   | < 0,1  |
| Chloride           | Cl                            | mg/l   | < 20   |
| sulfate            | SO <sub>4</sub>               | mg/l   | < 30   |
| Silica             | SiO <sub>2</sub>              | mg/l   | < 10   |
| Ammonia            | NH <sub>3</sub>               | mg/l   | < 0,1  |
| Iron               | Fe                            | mg/l   | < 0,2  |
| Manganese          | Mn                            | mg/l   | < 0,05 |
| Phosphate          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | mg/l   | < 0,1  |
| Nitrate            | NO <sub>3</sub>               | mg/l   | < 1    |
| Sulfide            | S                             | mg/l   | < 0,1  |
| Free Carbonic acid | CO <sub>2</sub>               | mg/l   | < 1    |
| Oil, grease        |                               | mg/l   | absent |
| Conductivity       |                               | µS/cm  | < 200  |



## TAKUUARVOT SUOLATTOMALLE VEDELLE

| Parameter              |                  | Unit       | Value   |
|------------------------|------------------|------------|---------|
| pH                     |                  |            | 6-8     |
| Total hardness         |                  | mval/l     | < 0,01  |
| Ca + Mg                |                  | mmol/l     | < 0,005 |
| Total dissolved solids |                  | mg/l       | < 0,1   |
| Conductivity           |                  | $\mu$ S/cm | < 1     |
| Copper                 | Cu               | mg/l       | < 0,005 |
| Permanganate number    |                  | mg/l       | < 0,5   |
| Silica                 | SiO <sub>2</sub> | mg/l       | < 0,02  |
| Nitrate                | NO <sub>3</sub>  | mg/l       | < 0,02  |
| Sulphur compounds      |                  | mg/l       | absent  |
| Free carbonic acid     | CO <sub>2</sub>  | mg/l       | < 1     |
| Chlorides              | Cl               | mg/l       | < 0,005 |
| Dissolved oxygen       | O <sub>2</sub>   | mg/l       | < 15    |
| Oil, grease            |                  | mg/l       | absent  |

SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖN ASETTAMAT LAATUVAATIMUKSET TA-  
LOUS- JA JUOMAVEDELLE

|                                       |   |             |                |
|---------------------------------------|---|-------------|----------------|
| Ihmisen terveyteen vaikuttavat aineet | Enimmäisarvoja talous- ja juomave-<br>dessä |             | kaivo-vedessä  |
|                                       | STM 74/94                                   | EU:n normi  | STM 935/94     |
| Mikrobiologiset vaatimukset:          |   |             |                |
| Koliformiset bakteerit                | 1 kpl/100 ml                                | Ei lainkaan | 100 kpl/100 ml |
| Escheria coli (44 °C, 24 h)           | 1 kpl/100 ml                                | Ei lainkaan | 1 kpl/100 ml   |
| Fekaaliset streptokokit (37 °C, 48 h) | 1 kpl/100 ml                                |             |                |
| Kemialliset vaatimukset:              |   |             |                |
| Fluori                                | 1,5 (*)                                     | 1,5         |                |
| Nitraatti                             | 25  |             |                |
| Arsenikki                             | 0,01  | 0,050       | 0,01           |
| Kadmium                               | 0,005                                       | 0,005       | 0,005          |
| Lyijy                                 | 0,01  | 0,050       | 0,01           |
| Kloroformi                            | 0,2 (*)                                     |             |                |

|   |                             |            |                    |
|---|-----------------------------|------------|--------------------|
| Elohopea  | 0,001                       | 0,001      |                    |
| Mineraaliöljyt  | 0,05                        |            | 0,1                |
| Syanidi   | 0,05                        | 0,050      | 0,05               |
| Pestidit (torjunta-aineet)                            | 0,0005                      |            |                    |
| Veden esteettisiin ominaisuuksiin vaikuttavat aineet: |                             |            |                    |
| Alumiini (aiheuttaa samentumaa)                       | 0,2                         | 0,2        | 0,2                |
| Kloridi (...suolaista makua)                          | 100                         |            | 100                |
| KMnO <sub>4</sub> -luku (...bakteerikasvua)           | 12                          |            | 20                 |
| Kupari (...turkoosin värin)                           | 1,0                         | 3,0        | 1,0                |
| Mangaani (...mustan värin)                            | 0,05                        | 0,05       | 0,2                |
| Rauta (...punaruskean värin)                          | 0,2                         | 0,2        | 0,5                |
| Sameus  | 4 FTU                       |            | < 5                |
| Väri  | 15 mg/1 Pt                  | 20 mg/1 Pt | < 20               |
| Haju ja maku  | Ei vierasta hajua tai makua |            | Ei hajua tai makua |
| Radioaktiiviset aineet                                |                             |            |                    |

|   |           |     |          |
|---|-----------|-----|----------|
| Radon-222   |           |     | 300 Bq/l |
| Vesijohtoputken korroosioon vaikuttavat aineet:   |           |     |          |
| Kloridi (lisää korroosiota)   | 100       |     |          |
| Sulfaatti (lisää korroosiota)   | 150       | 250 |          |
| Kalsium (suuri pitoisuus vähentää korroosiota)  | 100       |     |          |
| PH (tällä välillä korrosio on pienimmillään)  | 6,5 – 9,5 | 9,5 |          |
| Taulukosta puuttuu osa EU:n vedenlaatumormeista.<br>*) Noin 1 mg/l – pitoisuuksissa fluori on hyödyksi hampaille. |           |     |          |
| ***) Syntyy veden desinfioinnissa (kloorauksessa)   |           |     |          |

## TUTKIMUSTODISTUS TALOUSVEDELLE.



KAINUUN ELINTARVIKE- JA  
YMPÄRISTÖLABORATORIO

TUTKIMUSTODISTUS Sivu: 1(2)

Päivä: 09.12.08

## Tilaaaja:

Talvivaaran kaivososakeyhtiö  
Laboratorio

Lahnasjärventie 73  
88120 TUHKAKYLÄ



Näyte: pintavesi  
Näyttenumero: 2008-05660-01  
Tilausnumero: -  
Näytteenottopaikka: Talvivaara, vesilaitos  
Näytteenottaja: -  
Tutkimuksen syy: koekäyttö  
Lisä tiedot: Näytteenottaja: Mirja Korhonen.  
Vesilaitoksen koeikäyttö. Näyte otettu näytehanasta.

Näytteenottopvm: 04.12.08 klo: 09:15  
Saapumisvnm: 04.12.08 klo: 13:10  
Tutk. aloittamisvnm: 04.12.08

Ve sijoitovesi desinfioitu hypokloriitilla.  
Käsittelyt: kemiallinen puhdistus + aktiivihiili + UV.

Koeikäyttöä tutkitaan vesilaitoksen laitteistojen soveltuvuutta talousveden valmistukseen pintavedestä.

| Tutkimus                                    | Tulos       | Epäv. | Yksikkö   | Menetelmä              |
|---|-------------|-------|-----------|------------------------|
| Maku (25 °C)                                | ei huom     |       |           | STMa 461/00 sov.opas   |
| Haju (25 °C)                                | ei huom     |       |           | STMa 461/00 sov.opas   |
| Koliformiset bakteerit (37°C)               | n. <1       |       | pmy/100ml | * SFS 3016/01          |
| Escherichia coli                            | n. <1       |       | pmy/100ml | * SFS 3016/01          |
| Suolistoperäiset enterokokit                | <1          |       | pmy/100ml | * SFS-EN ISO 7899-2/00 |
| Alkaliniteetti                              | 0,10 ± 0,01 |       | mmol/l    | * KV 2/87              |
| Ammonium, NH <sub>4</sub>                   | 0,08 ± 0,01 |       | mg/l      | * SFS 3032/76          |
| Kaliumpermanganaattiluku, KMnO <sub>4</sub> | 17 ± 1,40   |       | mg/l      | * SFS 3036/81          |
| Kokonaiskovuus                              | 0,15 ± 0,01 |       | mmol/l    | * SFS 3003/87          |
| Mangaani, Mn                                | 390 ± 39,0  |       | ug/l      | * SFS 3033/76          |
| Nitraatti, NO <sub>3</sub>                  | <1          |       | mg/l      | * KV 25                |
| Nitriitti, NO <sub>2</sub>                  | <0,01       |       | mg/l      | * SFS 3029/76          |
| pH (25 °C)                                  | 6,7 ± 0,2   |       |           | * SFS 3021/79 mod.     |
| Rauta, Fe                                   | 75 ± 11,0   |       | ug/l      | * SFS 3028/76          |
| Sameus                                      | 0,89 ± 0,17 |       | FTU       | * SFS-EN ISO 7027/00   |
| Sähkönjohtavuus(25°C)                       | 101 ± 4,5   |       | uS/cm     | * SFS-EN 27888/94      |
| Väri luku                                   | 15 ± 2,5    |       | mg/l Pt   | * SFS-EN ISO 7887/95   |

\*) Merkityt menetelmät sisältyvät akkreditoinnin pätevyysalueeseen. Akkreditointi ei koske lausuntoa.  
n.) arvio tuloksesta

## Analyysikommentit

Maku (25 °C) ei vierasta makua  
Haju (25 °C) ei vierasta hajua

Laboratorio on Mittatekniikan keskuksen akkreditoima (FINAS akkreditointi T140)

Asiakirjan osittainen kopioiminen kielletty. Testausulos koskee vain tutkittua näytettä.

Kainuun elintarvike- ja ympäristölaboratorio

Tehdaskatu 11

87100 KAJAANI, FINLAND

Puhelin (08) 61552835 tai (08) 61552575

Fax (08) 61567401

**Lausunto**

Näytevesi täyttää talousvedelle asetetut mikrobiologiset ja kemialliset laatuvaatimukset sekä laatusuositukset muilta tutkituilta osiltaan paitsi mangaanipitoisuuden osalta.

Näyteveden mangaanipitoisuus ylittää suositusarvon 50 µg/l.

Liiallinen mangaani aiheuttaa veteen ja siitä valmistettuihin juomiin epämiellyttävää makua ja hajua. Se muodostaa mustia kerrostumia saniteetti- ja talouskalusteisiin sekä tahraa pyykkiä. WHO:n esittämä terveysperusteinen ohjearvo on 0,5 mg/l = 500 µg/l.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 461/00 mukaan talousveden värin on oltava käyttäjien hyväksyttävissä eikä värissä saa olla epätavallisia muutoksia. Näyteveden väriluku 15 mg/l Pt on melko korkea verrattuna esimerkiksi yksityistalouksien kaivovesien laatusuositukseen korkeintaan 5 mg/l Pt nähden. Veden väri johtuu yleisesti värillisistä eloperäisistä yhdisteistä kuten humuksesta. Myös metallit, kuten rauta ja mangaani, aiheuttavat veden väriluvun kasvua. Väriluvulla ei ole suoraa yhteyttä talousveden terveydellisiin vaikutuksiin.

Ve sijohtoveden syövyttävyyden vähentämiseksi esitetään mm. alkaliteetiksi yli 0,6 mmol/l (Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000).

Laatuvaatimukset ja -suositukset: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/00.

Näytevesi on erittäin pehmeää (0,84 °dH).

Mikrobiologisista tutkimuksista vastaa laboratorioeläinlääkäri

Kaisu Jousjärvi, puh. (08) 6156 7407. Fysikaalis-kemiallisista tutkimuksista vastaa kemisti Anja Meriläinen, puh. (08) 6155 2839.

---

Kemisti Anja Meriläinen

**Tiedoksi**

Lähetetty sähköpostilla mia.nygard@talvivaara.com

---

Laboratorio on Mittatekniikan keskuksen akkreditoima (FINAS akkreditointi T140)

Asiakirjan osittainen kopioiminen kielletty. Testausulos koskee vain tutkittua näytettä.

Kainuun elintarvike- ja ympäristölaboratorio

Tehdaskatu 11

87100 KAJAANI, FINLAND

Puhelin (08) 61552835 tai (08) 61552575

Fax (08) 61567401

---







