

Teemu Rantanen

Talousveden valmistus loma-asunnolle järvi- tai kaivovedestä

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kemiantekniikka
Insinöörityö
28.5.2012

Tekijä(t) Otsikko	Teemu Rantanen Talousveden valmistus loma-asunnolle järvi- tai kaivovedestä
Sivumäärä Aika	48 sivua + 9 liitettä 28.5.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kemiantekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Prosessitekniikka
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Marja-Terttu Huttu Laboratorioinsinööri Marjut Kulmala
<p>Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella Karjalohjalla sijaitsevaan loma-asuntoon vedenotto ja vedenpuhdistus talousvedeksi. Vesi otettaisiin joko järvestä tai lähdepohjaisesta kaivannosta, joka tontilla jo sijaitsee. Kummankin vesipisteen laadut selvitetään vesianalysein.</p> <p>Työssä perehdytään myös erilaisiin veden puhdistusmenetelmiin sekä tehdään kustannusvertailua järviveden puhdistamiseen ja kaivon kunnostamiseen soveltuvien ratkaisujen välillä. Näiden pohjalta ratkaistaan loma-asunnon tuleva vedenottoaika.</p> <p>Insinööriyössä käydään läpi myös yleisesti veteen liuenneita epäpuhtauksia ja muita haitta-aineita ja selvitetään, mitä kyseessä olevien vesipisteiden epäpuhtaudet ovat ja miten ne saadaan poistettua, jotta vesi kelpaisi talousvedeksi. Mikäli vesi otettaisiin järvestä, tulisi putkistoon liittää vielä vedenpuhdistusjärjestelmä.</p> <p>Vesianalyyseistä selvisi, että järvi- ja kaivovesinäytteissä esiintyi bakteereita ja liikaa mangaania. Kaivovedessä oli myös liikaa rautaa ja alhainen pH. Todettiin, että kaivon kunnostamisella voitaisiin saada tarpeeksi puhdasta vettä ilman vedenpuhdistuslaitteistoa ja järvi-vedenkin puhdistus olisi järkevä vaihtoehto, koska vesi on todella puhdasta.</p> <p>Vesianalyysituloksien pohjalta suunnitellaan myös kaivo- ja järvivedelle vaihtoehtoisia vedenpuhdistuslaitteistoja. Laitteistoa hankkiessa kannattaa ehdottomasti olla yhteydessä laitetoimittajiin, jotka osaavat auttaa oikeiden laitteiden valinnassa.</p>	
Avainsanat	talousvesi, järvivesi, kaivovesi, vedenpuhdistus, desinfiointi

Author(s) Title Number of Pages Date	Teemu Rantanen Producing household water from lake or well water for a vacation homeboth 48 pages + 9 appendices 28 May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Chemical Engineering
Specialisation option	Process Engineering
Instructor(s)	Marja-Terttu Huttu Principal Lecturer Marjut Kulmala Laboratory Engineer
<p>The purpose of this engineering project was to design the extraction and purification of household water for a vacation home that is located at Karjalohja. Water could be taken either from the lake or from the spring-based trench that is already in the property. The quality of both water supplies would be analyzed.</p> <p>This project also explored different water purifying methods and made costs comparisons between purifying lake water and reconditioning the well. The location of the water extraction point would be decided on the basis of these facts.</p> <p>In this engineering project water pollutants and contaminants were studied and analyzed to determine what these pollutants and contaminants were and how they could be purified so that the water could be used as household water. If water would be taken from the lake, a water purifying system should also be attached to the piping.</p> <p>The results of the water analyses showed that both well and lake water samples contained too much bacteria and manganese. There were also too much iron in the well water and too low pH. It was established that reconditioning of the well could be enough to get household water without any water purifying equipment. Purifying lake water for household use would be a reasonable alternative because the water is very pure.</p> <p>On the basis of the water analyses, alternative water purifying equipments to a well and lake water is also being planned. When choosing the equipment, it is advisable to contact the product suppliers, who can help in the selection of the right equipment.</p>	
Keywords	household water, lake water, well water, water treatment, disinfection

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Talousvesi	2
2.1	Talousveden laatuvaatimukset	2
2.2	Yksittäisten kotitalouksien talousveden valmistus	4
3	Talousveden ominaisuuksia ja haitta-aineita	5
3.1	Taudinaiheuttajat	5
3.2	Kloridi	6
3.3	Sameus	6
3.4	Väri	6
3.5	Haju	6
3.6	pH	7
3.7	Sähkönjohtavuus	7
3.8	Veden kemiallinen hapen kulutus	7
3.9	Kovuus	7
3.10	Sulfaatti	8
3.11	Nitraatti ja nitriitti	8
3.12	Fluoridi	9
3.13	Metallit	9
3.13.1	Rauta	9
3.13.2	Mangaani	9
3.13.3	Alumiini	10
4	Talousveden puhdistusmenetelmät	10
4.1	Raudan ja mangaanin poisto ioninvaihdolla ja suodattamalla	10
4.2	Ilmastus	11
4.3	Aktiivihiihiadsorptio	11
4.4	Kovuuden poisto	12
4.5	Typpiyhdisteiden poisto	12
4.6	Maun, värin, hajun ja taudinaiheuttajien poisto	12

4.7	Veden desinfiointi	12
4.7.1	Klooraus	12
4.7.2	UV-desinfiointi	13
4.7.3	Otsonointi	13
4.8	Käänteisosmoosi	13
5	Kaivovesi	14
5.1	Kaivovesi ja sen laatu	14
5.2	Kaivoveden tutkiminen	15
5.3	Yksityisten kaivojen veden käsittely	15
5.4	Kaivoveden likaantuminen	15
6	Kaivot	16
6.1	Rengaskaivo	16
6.2	Porakaivo	18
6.3	Siiviläputkikaivo	19
6.4	Lähdekaivo	20
6.5	Kaivon paikka	21
7	Näytteenotto ja vesianalyysimenetelmät	22
7.1	Näytekaivo ja -järvi	22
7.2	Näytteiden otto ja esikäsittely	23
7.3	Analyysimenetelmät	23
7.3.1	Veden kemiallinen hapen kulutus	23
7.3.2	Raudan ja mangaanin määrittäminen	24
7.3.3	Veden kalsiumin ja magnesiumin määrittäminen	25
7.3.4	Sameus, pH, väri ja haju	26
7.3.5	Johtokyky	26
7.3.6	Veden anionit ionikromatografilla	26
7.3.7	Mikrobiologiset määritykset	27
8	Vesianalyysien tulokset	29
8.1	Kemiallinen hapen kulutus (COD_{Mn})	29
8.2	Raudan ja mangaanin pitoisuudet	30

8.3	Kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet	30
8.4	Sameus, pH, väri ja haju	31
8.5	Johtokyky	31
8.6	Ionikromatografian analyysitulokset	31
8.7	Mikrobiologisten määritysten tulokset	31
9	Vedenkäsittelylaitteistot	32
9.1	Kaivoveden käsittelylaitteistot	32
9.1.1	Laitteisto 1: WellZone O ₃	33
9.1.2	Laitteisto 2: Wetec Ozone G3	34
9.1.3	Laitteisto 3: WRF 20" ja Watts Purifier2	34
9.2	Järviveden käsittelylaitteistot	35
9.2.1	Laitteisto 1: Watman IX 8 ja Watts WP2-BVC	35
9.2.2	Laitteisto 2: Viking Filter	36
9.2.3	Laitteisto 3: Pieni saaristolaispaketti	36
10	Vesipumppu ja putkisto	37
11	Johtopäätökset	38
12	Yhteenveto	39
	Lähteet	40

Liite 1: MetropoliLabin mikrobiologiset tulokset

Liite 2: Kalsiumin määrittäminen

Liite 3: Magnesium määrittäminen

Liite 4: Raudan määrittäminen

Liite 5: Mangaanin määrittäminen

Liite 6: Kemiallinen hapenkulutus

Liite 7: Kaivoveden ionikromatogrammi

Liite 8: Järviveden ionikromatogrammi

Liite 9: Asemapiirros loma-asunnolta

1 Johdanto

Ihminen kuluttaa keskimäärin 100 – 200 l vettä päivässä. Jos asunto ei kuulu vesihuoltolaitoksen toiminta-alueeseen, pitää vesi hankkia itse. Vaihtoehtoina ovat joko kaivon rakentaminen tai pinta- eli järviveden puhdistaminen. Maassamme on n. 600 000 kotitaloutta, jotka ottavat vetensä kaivosta. [8]

Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella Karjalohjalla sijaitsevaan loma-asuntoon vedenotto ja vedenpuhdistus talousvedeksi. Vesi otettaisiin joko järvestä tai kaivosta, joka tontilla jo sijaitsee. Selvitettäisiin vesianalyysien kummankin vesipisteen laadut.

Työssä perehdytään myös erilaisiin veden puhdistusmenetelmiin sekä tehdään kustannusvertailua järviveden puhdistamisen ja kaivon kunnostamisen välillä. Näiden pohjalta ratkaistaisiin tuleva vedenottopaikka loma-asuntoon.

Työssä käydään läpi myös veteen liuenneita epäpuhtauksia ja muita haitta-aineita ja selvitetään, mitä aineita vesistä löytyy ja miten ne saadaan poistettua, jotta vesi kelpaisi talousvedeksi. Mikäli vesi otettaisiin järvestä, tulisi putkistoon liittää vielä vedenpuhdistusjärjestelmä.

2 Talousvesi

Suomessa talousvettä valmistavat vesilaitokset. Raakavesi otetaan joko pinta-, pohja- tai tekopohjavedestä. Pintaveden osuus vesilaitosten toimittamasta vedestä on nykyään noin 39 % ja pohjaveden osuus noin 61 %. Vesilaitoksen vedenpuhdistusprosessi riippuu pitkälti raakaveden laadusta. Pintavedestä valmistettu vesi desinfioidaan aina ennen jakeluverkkoon pumppaamista. Puhdistusprosessi pintavedelle voi olla hyvinkin monivaiheinen, ja se toteutetaan yleensä hyvin isoissa vesilaitoksissa. Nykyään pintavedenpuhdistus lähtee liikkeelle tekopohjaveden valmistuksesta, jolloin järvi- tai jokivedestä tehdään puolittain puhdistettua vettä esim. rantaimetyksen tai harjusuodatuksen avulla. Tämän jälkeen niin kutsuttu tekopohjavesi johdetaan vesilaitoksille, joissa lopullinen raakaveden puhdistus tapahtuu. Järvi- ja jokivesiä johdetaan vesilaitoksille myös sellaisenaan puhdistettavaksi. [8; 13]

Pohja- tai tekopohjavesiä ei välttämättä edes desinfioida, mutta niiden happamuutta tai kovuutta voidaan säädellä. Mikäli pohjavesissä havaitaan mikrobiologisia ongelmia, on laitoksilla kuitenkin oltava valmius klooridesinfiointiin aloittamiseen. Mikrobiologisten ongelmien ollessa yleisiä voidaan pohjavesipumppaamoon ottaa käyttöön UV-desinfiointi. [8; 13]

2.1 Talousveden laatuvaatimukset

Talousveden on täytettävä sille asetetut terveysperusteiset laatuvaatimukset ja laatusuosituksukset (asetus 461/2000). Talousvesi on vettä, joka on tarkoitettu juomavedeksi, ruuan valmistukseen tai muuhun kotitalouskäyttöön riippumatta siitä, toimitetaanko vesi vesijakeluverkon kautta, säiliöissä, tankeissa tai pulloissa. Laatua koskevasta lainsäädännöstä vastaa Sosiaali- ja terveysministeriö. Terveysviranomaiset taas valvovat talousveden laatua säännöllisesti. [8; 14]

Talousvedestä ei saa löytyä pieneliöitä, loisia tai mitään aineita pitoisuuksina tai määrinä, joista saattaa olla vaaraa ihmisen terveydelle. Talousvesi ei myöskään saa aiheuttaa haitallisia saostumia eikä syöpymisiä vesijohtoihin tai vedenkäyttölaitteisiin, ja sen tulee olla

muutenkin käyttötarkoitukseensa soveltuvaa. Seuraavista taulukoista 1 ja 2 nähdään veden laatuvaatimuksia, enimmäispitoisuuksia ja tavoitearvoja. [8; 14]

Taulukko 1. *Veden laatuvaatimukset. (15)*

	Enimmäispitoisuus
Escherichia coli	0 pmy/100ml
Enterokokit	0 pmy/100ml
Nitraatti (NO ₃ ⁻)	50 mg/l
Nitriitti (NO ₂ ⁻)	0,5 mg/l
Fluoridi	1,5 mg/l

Taulukko 2. *Veden enimmäispitoisuuksia ja tavoitearvoja. (15)*

	Enimmäispitoisuus
Alumiini	200 µg/l
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,50 mg/l
Kloridi	250 mg/l
Mangaani	50 µg/l
Rauta	200 µg/l
Sulfaatti	250 mg/l
Natrium	200 mg/l
COD _{Mn}	5,0 mg/l
	Tavoitetaso
Clostridium perfringens (mukaanlukien itiöt)	0 pmy/100 ml
Koliformiset bakteerit	0 pmy/100 ml
pH	6,5 - 9,5
Sähkönjohtavuus	alle 2 500 µS/cm
Sameus	1 NTU
Väri	5
Haju ja maku	ei vierasta hajua/makua

2.2 Yksittäisten kotitalouksien talousveden valmistus

Suomessa suurin osa kesämökeistä rakennetaan kunnallistekniikan ulkopuolisille alueille. Joskus myös omakotitalot, maatilat ja vesiosuuskunnat joutuvat itse hankkimaan talousvedensä. Kaivojen lukumäärä nouseekin 300 000 yksityiseen kaivoon. Suomen pohjavettä on yleensä pidetty hyvälaatuisena. Tosiasia kuitenkin on, että kaivot, joiden vesi on laadultaan moitteetonta, ovat todella harvassa. Kaivovesien laatua heikentäviä tekijöitä on monia, yleisimpinä rauta, mangaani, happamuus ja humus. Viime aikoina on kiinnitetty entistä enemmän huomiota korkeisiin nitraatti-, arseeni-, fluoridi- ja radonpitoisuuksiin. [17]

Järviveden käyttöä talousvetenä voidaan myös pitää hyvänä vaihtoehtona, mikäli järvi ei sisällä paljon humusta eikä vedenottopaikalla ole leväongelmaa. Tosin järvi tulee aina puhdistaa, joten vedenpuhdistusjärjestelmän tilan tarve tulee ottaa huomioon varsinkin kesämökeissä, joissa ei välttämättä ole tarpeeksi tilaa laitteistolle. [17]

Vedestä teetetään vesianalyysi, jonka pohjalta voidaan suunnitella vedenpuhdistusjärjestelmä, jos sellainen tarvitaan. Omakotitaloihin ja kesämökeille tulee yleensä vähän erilaiset vedenpuhdistuslaitteet riippuen siitä, minkä kokoisia ne ovat ja tarvitsevatko laitteet sähköä toimiakseen. Joka tapauksessa laitteistoon on tutustuttava huolellisesti ja muistettava, ettei halvin vaihtoehto ole välttämättä vuosien saatossa kannattavin. [17]

3 Talousveden ominaisuuksia ja haitta-aineita

Talousvedellä on monia eri ominaisuuksia, joita tutkimalla saadaan selville veden laatu. Vesi sisältää usein eri metalleja ja bakteereita, jotka saattavat aiheuttaa myös terveyshaittoja.

3.1 Taudinaiheuttajat

Juomaveden välityksellä leviäviä terveyshaittoja aiheuttavat bakteerit, sienet, virukset ja parasiitit eli loiset. Veden välityksellä leviävät taudit ovat lähes aina äkillisiä suolistotulehduksia. [11]

Koliformisten bakteerien esiintyminen vesilaitoksen jakamassa vedessä kertoo vedenkäsittelyn, varsinkin desinfioinnin puutteellisuudesta, vesijohtoverkon tai vedenottamon saastumisesta tai bakteerien lisääntymisestä verkostossa. Kotitalouksien kaivoissa koliformisten bakteerien esiintyminen on usein osoituksena pintavesien pääsystä kaivoon. Koliformiset bakteerit voivat olla peräisin myös kasveista, maasta tai teollisuusjätevesistä. Ne ovat merkki puutteista kaivon rakenteissa, mistä on ollut seurauksena pintavesien ja lian pääsy kaivoon. Talousvedessä ei saa esiintyä koliformisia bakteereja 100 ml:n vesinäytteessä. [15]

Escherichia coli eli *E. coli* -bakteerien esiintyminen vedessä on osoitus ulosteperäisestä saastumisesta. Vesi tulee tällöin puhdistaa ja desinfioida sekä estää uudelleen saastuminen esim. kaivon kunnostus- tai tiivistystoimilla. *E. coli* aiheuttaa mm. ripulia. Talousvedessä ei saa esiintyä *E. coli* -bakteereja 100 ml:n vesinäytteessä. [15]

Muita bakteereja ovat vielä kampylobakteeri, salmonella ja vibrot. Vibroihiin kuuluu esim. *Vibrio Cholerae*, joka aiheuttaa koleraa. Suomen korkeasta hygieniatasosta johtuen se on meillä kuitenkin erittäin harvinainen. [15]

Virukset saastuttavat vettä joko jätevesien tai eläinten ulostusten välityksellä. Yleisin virus on Norwalk-virus, jonka oireina ovat ripuli, vatsakivut, oksentelu ja kuume. [15]

3.2 Kloridi

Kloridit esiintyvät vedessä pääasiallisesti natriumkloridina. Suuri kloridipitoisuus aiheutuu yleensä merivedestä, mutta voi saada alkunsa myös maaperän suolakerrostumisista. Joskus teollisuus tai tiesuola saattavat nostaa kaivojen kloridipitoisuutta. Makua aiheutuu veteen jo pitoisuuksissa 200-300 mg/l. Lisäksi kloridit aiheuttavat putkistojen ja niihin liittyvien laitteiden syöpymistä. Korroosiovaikutukset lisääntyvät jo pitoisuuksissa 10 mg/l. [15]

3.3 Sameus

Veden sameuden perusteella voidaan karkeasti päätellä veden puhdistuksen tarpeellisuus. Samea vesi, joka sisältää roskia ja pieniä vesieläimiä, on eräs kaivon pääsevän pintaveden merkki. Veden sameutta voivat aiheuttaa myös mm. alumiini, sinkki, rauta ja mangaani. [15]

3.4 Väri

Hyvä vesi on väritöntä ja kirkasta. Mm. rauta ja mangaani aiheuttavat veteen värillisyyttä. Kun kuparipitoiseen veteen lisätään pesuainetta, voi vesi värjäytyä sinivihreäksi. Kun veden väri on 40-50 mg Pt/l, on ryhdyttävä puhdistustoimenpiteisiin. [15]

3.5 Haju

Hyvässä juoma- ja talousvedessä ei esiinny vierasta hajua. Hajuvirhettä voivat aiheuttaa mm. raakaveden sisältämät orgaaniset aineet, levät, homeet ja sädesienet sekä teollisuusjätevedet. Korkea ammoniumpitoisuus aiheuttaa veteen pistävää hajua. Myös vesijohtomateriaalista tai putkistossa elävästä poikkeuksellisen runsaasta bakteerikasvustosta voi veteen joutua hajua aiheuttavia aineita. Hajun tuottajia ovat myös jätevesi- ja valumavesisaastutukset, eliökasvut, mätänemistapahtumat ja -tuotteet. [1, s. 282-284; 15]

3.6 pH

Veden pH kuvaa veden happamuutta tai emäksisyyttä. Talousvedessä siihen vaikuttavat mm. hiilidioksidi, karbonaatit, bikarbonaatit ja lämpötila. Vesijohtomateriaalien kannalta veden pH-arvo on erittäin tärkeä tekijä. Jos vesi on lievästi hapanta, vedenjakelulaitteissa käytetyt materiaalit, kuten valurauta, sinkitetty teräs, kupari, betoni ja asbestisementti useimmiten syöpyvät, ellei vettä ole alkaloitu. Sopivana pH-alueena voidaan pitää 6,5 - 8,8. Korroosion kannalta pH:n tulisi olla mahdollisimman tasainen. Jos pH-arvo on alle 7,0, on mahdollista, että metallien liukeneminen putkista ja maaperästä lisääntyy. [15]

3.7 Sähkönjohtavuus

Veden sähkönjohtokyky kuvaa veteen liuenneiden erilaisten suolojen määrää. Hyvän talousveden sähkönjohtokyky on alle 40 mS/m. [15]

3.8 Veden kemiallinen hapen kulutus

Kemiallisella hapen kulutuksella (Chemical Oxygen Demand, COD) tarkoitetaan kemiallisesti hapettuvien aineiden määrää vedessä. COD määritetään kaliumpermanganaatin kulutusena happamassa liuoksessa.

Rusehtavien vesien COD-arvo on korkeampi kuin kirkkaiden, mikä johtuu siitä, että ruskean värin aiheuttama humus reagoi kaliumpermanganaatin kanssa. Voidaankin sanoa, että kaliumpermanganaatin kulutus on veden humuksen pitoisuuden mitta. [15]

3.9 Kovuus

Veden kokonaiskovuudella tarkoitetaan veteen liuenneiden kalsium- ja magnesiumionien määrää. Veden kovuuden mukaan vesi voidaan jakaa eri luokkiin seuraavasti: erittäin pehmeä (0-0,378 mmol/l), pehmeä (0,378-0,882 mmol/l), keskikova (0,882-1,764 mmol/l), kova (1,764-3,780 mmol/l), hyvin kova (yli 3,780 mmol/l). [15]

Kovuus vaikuttaa haitallisesti useimmissa veden käyttötarkoituksissa. Kovuus synnyttää höyrykattiloihin ja lämpimän käyttöveden kehittimiin kerrostumia, ns. kattilakiveä. Kerrostumat huonontavat lämmönsiirtoa lämpimän veden kehittimissä. Pesussa kovuus ilmenee taas pesuaineen kasvaneena kulutuksena ja pesutuloksen huononemisenä, mistä on seurauksena kankaiden normaalia suurempi kuluminen. Myös synteettisten pesuaineiden teho pienenee keskikovissa ja kovissa vesissä. [15]

3.10 Sulfaatti

Rannikkoseutuja lukuun ottamatta Suomen vesien sulfaattipitoisuus on alhainen. Se on kuitenkin nousemassa happamien sateiden takia. Pintavesikäsittelyssä käytetty alumiinisulfaatti lisää veden sulfaattipitoisuutta 20-50 mg/l. Suuret sulfaattipitoisuudet vedessä lisäävät sen korroosiovaikutuksia. [15]

3.11 Nitraatti ja nitriitti

Nitraattia (NO_3^-) esiintyy maaperässä ja vedessä vaihtelevia määriä. Nitraatit ovat helposti veteen liukenevia, minkä vuoksi maaperän nitraattipitoisuus vaikuttaa suoraan vesivarojen nitraattipitoisuuteen. Nitraattien runsas esiintyminen johtuu usein lannoitteiden pääsystä kaivoon. [15]

Nitriitti (NO_2^-) on typen epäorgaaninen yhdiste, jonka pitoisuudet luonnonvesissä ovat pieniä. Runsas nitriittien esiintyminen viittaa jätevesipäästöihin tai myrkyvaikutuksiin. [8]

3.12 Fluoridi

Fluoria pidetään ihmiselle välttämättömänä hivenaineena. Liiallinen fluoridin saanti aiheuttaa hammaskiilteen muodostumishäiriön, hammasfluoroosin. Munuaissairaille saattaa fluorin sisältävästä vedestä aiheutua enemmän haittoja kuin muille. Veden fluoripitoisuus ei vaikuta sen hajuun, makuun tai väriin. Fluorin poisto vedestä on teknisesti vaikeaa. [15]

3.13 Metallit

3.13.1 Rauta

Rautaa voi esiintyä pohjavesissä ja humukseen sitoutuneena pintavesissä. Sitä voi myös liueta jakeluverkon ja -laitteiden materiaaleista (valurauta, galvanoitu teräs). Joissakin olosuhteissa vedenjakelulaitteisiin voi syntyä mikrobikasvusto, joka sitoo itseensä vedessä olevaa rautaa. Tällöin veden hyvin pienistäkin rautamääristä voi syntyä saostumia, jotka paineenvaihtelujen vaikutuksesta liikkeelle lähtiessään aiheuttavat veden laatuvirheitä. [1. s.191-193; 15]

Raudan aiheuttamat haitat talousvedessä ovat teknisiä ja esteettisiä: rauta synnyttää ruostekerrostumia saniteetti- ja talouskalusteisiin ja ruostetahroja pesuvaatteisiin ja aiheuttaa veteen ruosteisen maun. Keskimäärin jo 0,05 mg/l voi synnyttää rautasaostumia. Jos rautapitoisuus on yli 1 mg/l, esiintyy vedessä jo makuvirhettä ja mahdollisesti punertavaa sakkaa. Rauta ruostuttaa mm. putkistoa ja astioita. [1. s.191-193; 15]

3.13.2 Mangaani

Mangaania esiintyy pohja- ja pintavesissä melko yleisesti. Pohjavesissä sitä esiintyy samanaikaisesti raudan kanssa. Mangaani aiheuttaa veteen ja siitä valmistettuihin juomiin makua. Se muodostaa mustia kerrostumia saniteetti- ja talouskalusteisiin sekä tahraa pyykkiä. Jo hyvin pienetkin mangaanipitoisuudet (0,2 mg/l) voivat synnyttää kerrostumia vedenjakelulaitteisiin, ja ns. mangaanibakteerit edesauttavat näiden saostumien synnyssä. Ajoittain liikkeelle lähtevät saostumat voivat esiintyä nokimaisina hiutaleina tai rasvamaisina muodostumina, joiden tahraava vaikutus on hyvin voimakas. [1. s.191-193; 15]

3.13.3 Alumiini

Alumiinia esiintyy pinta- ja pohjavesissä pieniä määriä, alle 0,1 mg/l, mutta alunasavimailta tulevissa vesissä voi alumiinia olla enemmän. Vesistöjen ja maaperän happamoituminen lisää alumiinin liukenemista maaperästä, mikä näkyy matalien kaivojen alumiinipitoisuuden nousuna. Alumiini muodostaa fluorin kanssa vaikeasti erotettavan kompleksiyhdisteen. Jos

maaperässä on fluoria, on siellä myös alumiinia. Alumiini ei ole ihmiselle välttämätön hivenaine. Alumiinin saanti ruoka-aineista on Suomessa keskimäärin 6,7 mg/päivä, josta alle 5 % tulee juomavedestä. Pintaveden puhdistuksessa alumiinisuolaa käytetään saostusreagenssina, jolloin alumiinipitoisuus kuvaa vedenkäsittelyn onnistumista. [15]

4 Talousveden puhdistusmenetelmät

4.1 Raudan ja mangaanin poisto ioninvaihdolla ja suodattamalla

Rauta ja mangaani poistetaan vedestä yleensä ioninvaihtimella tai saostamalla ja suodattamalla, muitakin vaihtoehtoja on. Mangaanin poistaminen on vaikeampaa kuin raudan, mikä johtuu mangaanin vaikeammasta hapettumisesta. [8]

Ioninvaihto perustuu jatkuvaan ei-toivottujen ionien muuttamiseen toivotuiksi ioneiksi kiinteän faasin eli ioninvaihtohartsin ja nestefaasin välillä. Ioninvaihto tapahtuu ioninvaihtohartseissa, joissa sidotaan tietyt ionimuotoiset yhdisteet orgaaniseen ioninvaihtohartsiin. Poistettavat ionit vaihtuvat haitattomampiin ioneihin, ja näin ioninvaihtohartsilla saadaan poistettua rauta ja mangaani. Ioninvaihdossa raudan on oltava pelkistyneessä muodossa, koska hapettunut rauta tukkii ioninvaihtomassan. [8]

Saostaminen ja suodattaminen alkavat raudan ja mangaanin hapettamisella. Rauta voidaan hapettaa kahden arvoisesta kolmen arvoiseksi ilmastamalla, jolloin se saostuu rautahydrosidiksi. Saostuma voidaan suodattaa. Mangaani muuttuu hapettuessaan mangaanioksidiksi ja sen hapettamiseen vaaditaan yleensä kemikaaleja, kuten kaliumpermanganaatti, kloori tai vetyperoksidi. [8]

4.2 Ilmastus

Ilmastamisen tarkoituksena on hapettaa vettä. Ilmastuksessa vesimassan alaosiin syötetään ilmastimella ilmaa, jonka kuplista liukenee happea veteen. Ilmastuksella poistetaan

esim. radon, joka on radioaktiivisista haitoista yleisin. Tehokkaalla ilmastuksella radonista saadaan poistettua 99,9 %. [8]

Ilmastinlaitteet jaetaan kahteen ryhmään: jatkuviin tai jaksoittain toimiviin laitteisiin. Yksittäistalouksiin valitaan yleensä jaksoittain toimiva ilmastin, mutta niiden haittapuolena on, että ne vaativat suuremman ilmastussäiliön. Jatkuvatoimisilla laitteilla vedenkäytön on oltava tasaisempaa, joten pienempi säiliö riittää. Jatkuvatoimisia laitteita käytetäänkin suuremmissa laitoksissa. [8]

4.3 Aktiivihiiliadsorptio

Aktiivihiilisuodatinta käytetään epäpuhtauksien poistoon vedestä ja menetelmä perustuu hiilen kykyyn adsorboida vedestä molekyylejä. Aktiivihiilellä on erittäin korkea huokoisuus, mikä mahdollistaa pientenkin hiukkasten sitoutumisen rakenteeseen. [25]

Aktiivihiilen valmistusmenetelmillä voidaan vaikuttaa sen ominaisuuksiin. Valmistuskemikaaleilla ja -lämpötilalla vaikutetaan siihen, mitä aineita aktiivihiilellä saadaan poistettua. Aktiivihiili poistaa vedestä hyvin haju- ja makuhaittoja. [25]

Huonona puolena aktiivihiilellä on sen lyhyt käyttöikä muihin menetelmiin verrattuna. Aktiivihiilihuokosten tukkeutuessa täytyy hiili regeneroida. Regenerointi vie aina osan hiilen adsorptiokyvystä ja ei aina ole edes taloudellisesti kannattavaa. [16]

4.4 Kovuuden poisto

Kovuutta voidaan poistaa termisesti eli kuumentamalla vettä kiehumispisteeseen, jolloin haluttu karbonaattikovuus saadaan hajotettua. Kovuutta säädellään myös kemiallisesti esim. vedenpehmennysaineilla. Nämä niin kutsutut kompleksointiaineet sitovat metalli-ionit itseensä, jolloin pesuaineen pesuteho paranee. Pesutehon parantuminen perustuu veden kovuuden alenemiseen, jolloin pesuaine ei muodosta kalkkisaippuaa metalli-ionien kanssa. Kovuutta voidaan pehmentää myös ioninvaihtimilla. [24, 26]

4.5 Typpiyhdisteiden poisto

Nitraatin ja nitriitin poistoon soveltuvat hyvin sekä ioninvaihtimet että käänteisosmoosilaitteet. Käänteisosmoosi on varmin menetelmä, koska sillä saadaan poistettua samalla myös muita haitallisia aineita, kuten torjunta-ainejäämiä. [6, 8]

4.6 Maun, värin, hajun ja taudinaiheuttajien poisto

Humus aiheuttaa veteen hajua, makua ja väriä. Nämä haitat saadaan poistettua aktiivihielessä tai otsonoinnilla. Taudinaiheuttajat saadaan poistettua desinfioidulla, joka tehdään kloorauksella, otsonoinnilla tai UV-desinfioidulla. [14]

4.7 Veden desinfiointi

4.7.1 Klooraus

Klooraus on yleisin desinfiointimenetelmä ja ainoa, jolla voidaan tehokkaasti hillitä mikrobien kasvua vesijohtoverkostossa sekä vähentää veden käyttäjien sairastumisriskiä verkoston saastuessa. [21]

Yleisimmin kloorauksessa lisätään veteen kloorikaasua tai natrium- tai kalsiumhypokloriattia. Lisättävä määrä riippuu halutusta desinfiointitasosta sekä veden kloorin tarpeesta. Veden tehokkaaseen desinfiointiin vaaditaan 20 minuutin reaktioaika ja veden oikea pH-arvo. Mikäli klooria lisätään veteen liikaa, aiheuttaa se siinä haju- ja makuhaittoja. [22]

4.7.2 UV-desinfiointi

Ultraviolettisäteily on laajalti käytetty ja hyväksytty, ympäristöystävällinen ja luotettava desinfiointimenetelmä, jossa ei tarvita mitään kemikaaleja. UV-desinfioidussa vettä säteilytetään ultraviolettilalla. Desinfiointiominaisuus perustuu valokemiallisiin reaktioihin mik-

ro-organismien (esim. bakteerit ja virukset) soluissa, joissa UV-valo absorboituu proteiineihin ja DNA:han estäen solun lisääntymisen. Veden sameus ja väri sekä liian paksu vesikerros häiritsevät puhdistustehokkuutta. [8, 23]

4.7.3 Otsonointi

Otsoni on erittäin voimakas veden desinfiointiaine, jolla on etuna se, ettei ei-toivottuja aineita synny ja otsoni hajoaa itsestään hapeksi. Haittana taas on heikko liukenevuus veteen sekä lyhyt puoliintumisaika. Otsoni on jatkuvasti kasvattanut suosiotaan monissa eri vedenpuhdistussovelluksissa. [22]

4.8 Käänteisosmoosi

Osmoosio on ilmiö, jossa molekyylit pyrkivät siirtymään puoliläpäisevän kalvon läpi väkimmästä pitoisuudesta laimeampaan tasoittaen pitoisuuserot. [5, 23]

Käänteisosmoosiossa (RO, reverse osmosis) tämä ilmiö saadaan paineen avulla tapahtumaan toiseen suuntaan osmoosiin nähden. RO-laitteistossa käytetään usein orgaanisia kalvoja, joiden läpi vesi prässätään ja vesi puhdistuu. Kalvon läpi eivät pääse liuenneiden epäpuhtauksien lisäksi monet epäpuhtaudet, kuten mikrobit, varauksettomat aineet ja kiintoaineet. [5, 23]

5 Kaivovesi

5.1 Kaivovesi ja sen laatu

Kaivovesi on pohjavettä, joka on muodostunut maaperään imeytyneistä sulamis- ja sadevesistä. Suodattuessaan maakerrosten läpi vesi puhdistuu ja siihen liukenee hivenaineita. Pohjaveden pinta noudattaa pitkälti maanpinnan korkokuvaa ja pohjaveden pinta on tavallisesti 2-4 metrissä. Suurin osa Suomen pohjavesivarannoista liittyy huokosiin, karkeareikiisiin sora- ja hiekka-akvifereihin. Akviferi on pohjaveden kyllästämä ja vettä hyvin johtava maa- tai kivilajiyksikkö. [2, s. 38-39, 127-128; 8]

Pohjavesialueita on kartoitettu jo vuodesta 1972 lähtien ja samalla ne on luokiteltu käyttökelppoisuutensa ja suojelutarpeensa mukaan kolmeen luokkaan. Luokka I on veden hankintaa varten tärkeä pohjavesialue, jonka vettä käytetään tai tullaan käyttämään 20-30 vuoden aikana tai muutoin tarvitsemaan vesihuollon erityistilanteissa. Luokka II on alue, joka soveltuu yhteisveden hankintaan, mutta jolle ei toistaiseksi ole osoitettavissa käyttöä yhdyskuntien, haja-asutuksen tai muussa vedenhankinnassa. Luokka III on alue, jonka hyödyntämiskelpoisuuden arviointi vaatii lisätutkimuksia esim. veden laadun tai likaantumisuhan selvittämiseksi. [2, s. 127-128; 38, s. 14-16]

Suomen luonnontilainen pohjavesi on yleensä hyvälaatuista ja raikasta. Laatuun vaikuttavia tekijöitä on monia, kuten ilmasto, sadanta, ihmisen toiminta ja meren läheisyys. Myös geologiset tekijät vaikuttavat veden laatuun: esim. maa- ja kallioperän rakenne, veden läpäisevyys ja kierto sekä pohjaveden hapetus-pelkistysolosuhteet. Pohjaveden alueellisia laatutietoja on selvitetty monin tahoin, ja niistä kannattaakin kysellä ennen kaivon rakentamista. Kysellä voi esim. kunnan terveystarkastajalta. [18, s. 39-41; 8]

5.2 Kaivoveden tutkiminen

Ennen kaivon varsinaista rakentamista voidaan ottaa näyte lähteestä mikäli mahdollista. Hiekka ja sora-alueilla voidaan näyte ottaa havaintoputkesta pumpaamalla. Veden laadun selvitys tapahtuu laboratoriossa. [19]

Rakentamisen jälkeenkin kaivoa on huollettava säännöllisesti ja seurattava vesinäyttein, että kaivovesi täyttää talousvedelle asetetut laatuvaatimukset ja –suositukset, kuten vesijohtoverkoston vesi. Kaivon vedenlaadussa saattaa ilmetä laatuhaittaa kaivon kunnosta ja ympäristöstä riippuen, jolloin vedenlaatua voidaan pyrkiä parantamaan kunnostustoimenpiteillä tai veden käsittelyllä. Kaivon rakentamiseen ja huoltotoimenpiteisiin on saatavissa apua alan urakoitsijoilta. [8]

5.3 Yksityisten kaivojen veden käsittely

Mikäli vesi ei täytä sille annettuja laatuvaatimuksia ja –suosituksia, on yksityisille kaivoille olemassa yksinkertaisia laitteistoja, joilla poistetaan yleensä rautaa ja mangaania sekä vähennetään vapaata hiilidioksidia ja lisätään kovuuutta. [2, s. 137-138]

Yleisimmin laitteet ovat paineellisia, painesäiliön yhteyteen rakennettuja suodatuslaitteita. Suodatussäiliön lisäksi laitteistoon voi kuulua ilmastin tai kemikaalinsyöttölaitteisto. Myös ioninvaihtimia käytetään, ja niillä saadaan poistettua sekä humusta että rautaa ja mangaania. [2, s.137-138]

5.4 Kaivoveden likaantuminen

Kaikki ihmisen toimet, joissa käsitellään, kuljetetaan tai varastoidaan pohjavedelle haitallisia aineita voivat aiheuttaa likaantumisen riskin vedelle. Merkittäviä pohjaveden likaantumisen riskejä ovat esim. teollisuus, lannoitteet, tiet ja jätehuolto. Pohjaveden likaantuessa tilanne on joskus peruuttamaton, mutta joka tapauksessa vaikeasti korjattavissa. [2, s.142-144]

Useimmiten yksityisten kaivojen likaantumisen syynä on kuitenkin se, että pintavedet pääsevät kaivoon. Tämä johtuu usein kaivon huonosta kunnosta. Kansi on huono, renkaat ovat huonossa kunnossa tai niitä ei ole kunnolla tiivistetty. Kaivon huolellinen tiivistäminen ja rakentaminen sekä huoltaminen ovat erittäin tärkeitä asioita kaivon kunnossa pysymisen kannalta. [8]

6 Kaivot

Kaivon rakentamiseen ryhdytään yleensä silloin, kun vedenhankinta jää asukkaiden vastuulle eikä asunto kuulu vesihuoltolaitoksen toiminta-alueeseen. Kaivotyyppejä on monia erilaisia, joten maaperä-, pohjavesi- ja kallioperätutkimuksen jälkeen todetaan, millainen kaivo kannattaa kiinteistölle rakentaa. Vaihtoehtoina ovat rengas-, pora-, siiviläputkikaivo tai lähteeseen rakennettava kaivo. [8; 18, s. 7-8]

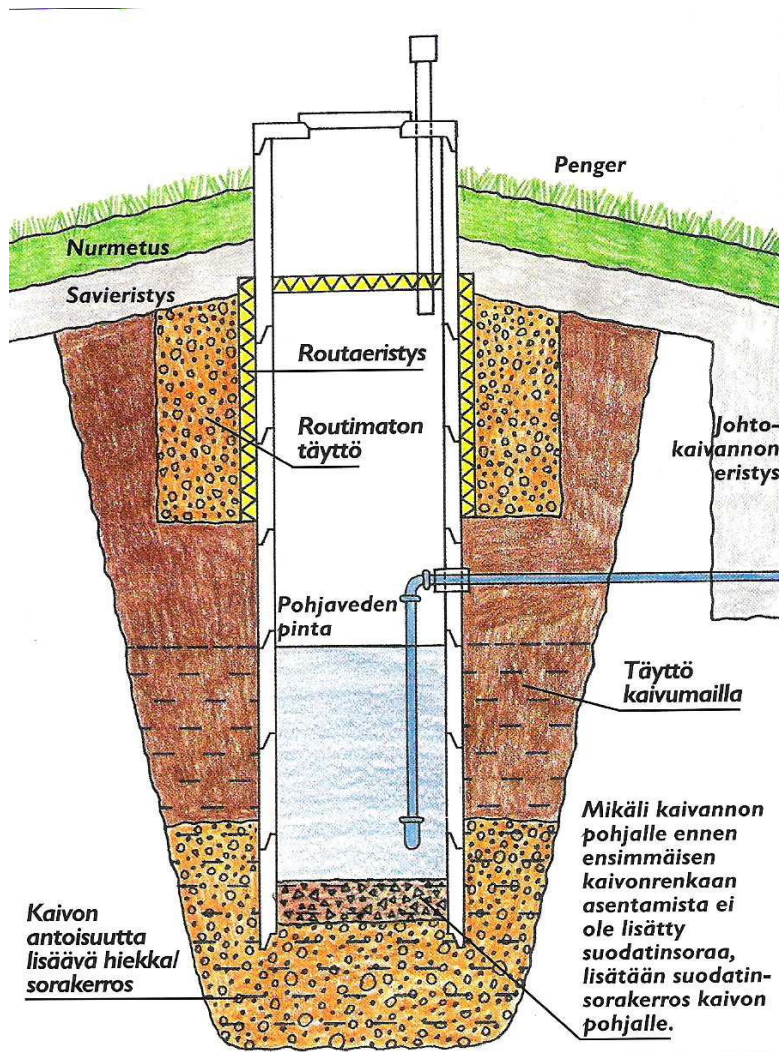
6.1 Rengaskaivo

Rengaskaivo on Suomen yleisin kaivotyyppi, ja niitä on arvioiden mukaan maassamme noin 450 000. Kaivotyyppi soveltuu erityisesti hiekka-, sora- ja moreenialueille, kun pohjavesi on lähellä maanpintaa. Kaivot tehdään yleisesti betonirenkaista, mutta aikaisemmin käytettiin kiviä, jotka aseteltiin kehän muotoon. Kaivojen syvyys vaihtelee parista metristä yli 20:n metriin ja halkaisija metristä viiteen metriin. Puolet kaivoista on kuitenkin alle viiden metrin syvyisiä. Rengaskaivon hinnaksi tulee syvyydestä riippuen 3000 - 5000 euroa (sisältää kaiken). [18, s. 7-8, 67-72]

Kaivon paikan valinnan jälkeen voidaan alkaa rakentaa kaivoa. Mikäli kaivo on alle viisi metriä syvä, voidaan kaivaminen suorittaa traktorilla. Jos kyseessä on syvempi kaivo, joudutaan käyttämään mammutpumppua tai kaivamaan renkaan sisältä kahmarikauhalla. [8; 19]

Kaivon pohjalle laitetaan suodatinsoraa ja usein myös kalkkikiveä, joka nostaa veden emäksisyyttä. Näiden päälle asennetaan kaivorenkaat, joiden saumat pitää tiivistää erittäin tarkasti, jotta vesi tulisi kaivoon pohjan kautta eikä renkaiden välistä. Kaivorenkaiden tulisi kohota noin puolen metrin korkeuteen oletettavasta maanpinnan tasosta. Kaivanto täytetään sopivilla materiaaleilla ja kaivo eristetään routimisen estämiseksi. Katso kaivannon täyttö kuvassa 1. [8; 19]

Lopuksi kaivoon laitetaan kansi, joka voi olla lukollinenkin turvallisuuden takaamiseksi ja ilkvallan estämiseksi. [19]



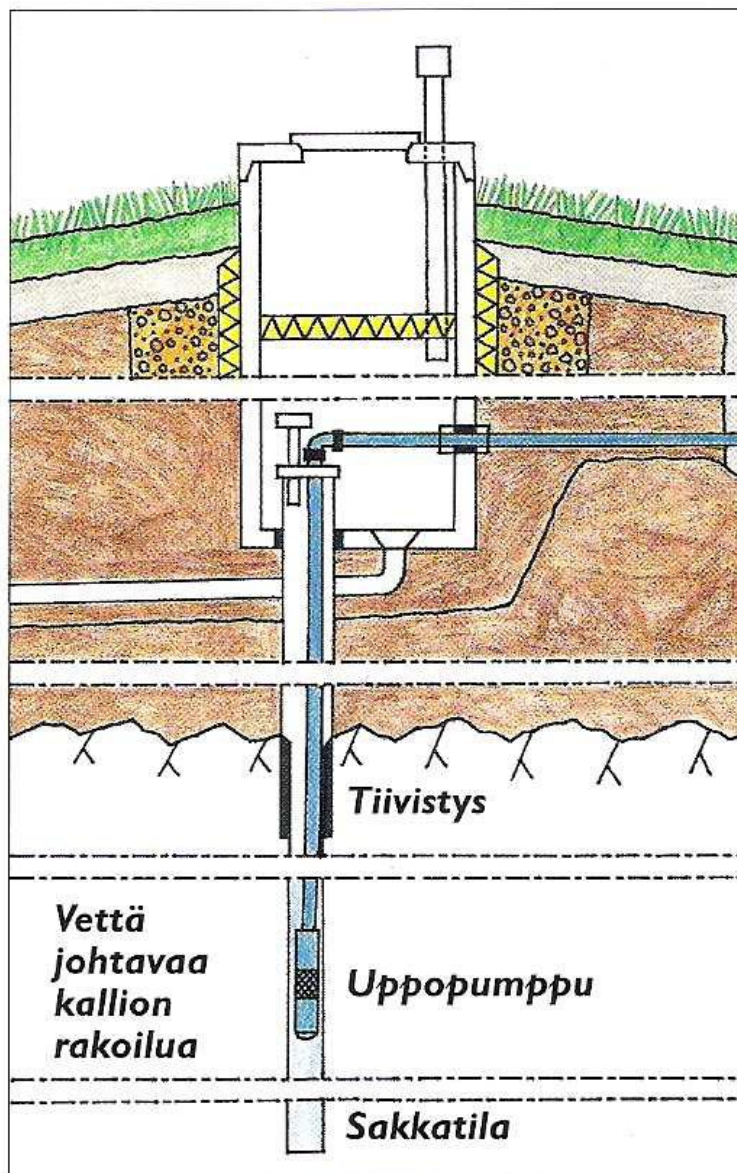
Kuva 1. Rengaskaivon eristys ja täyttö. (37)

6.2 Porakaivo

Porakaivot rakennetaan kalliioon poraamalla, jopa sadan metrin syvyyteen. Halkaisija kaivoilla on yleensä 130 - 150 mm. Rakentamisen ongelmina ovat heikko tietämys veden laadusta ja kaivon antoisuudesta. Kaivon rakentajat kuitenkin antavat yleensä vesitakuun, mikä tarkoittaa sitä, että rakennuskustannuksia ei tarvitse maksaa, mikäli vettä ei saada kaivosta riittävästi vesipaineaukaisun jälkeen. Vesipaineaukaisussa porattuun reikään pumpataan vettä kovalla paineella tarkoituksena laajentaa kalliosta olevia ruhjeita, jotta vesi pääsisi paremmin kaivoon. Vesipaineaukaisu kuitenkin lisää jonkin verran kustannuk-

sia. Porakaivo maksaa syvyydestä riippuen 7000 – 14 000 euroa. Kuvassa 2 on piirros porakaivosta. [8; 19]

Kallioporakaivojen laatu vaihtelee suuresti, ja kaivovesissä havaitaan usein kohonneita rauta- ja fluoridipitoisuuksia sekä arseenia ja syöpää aiheuttavaa radonia. Liian korkea kloridipitoisuus kaivossa voi jopa pilata koko kaivon. [19]

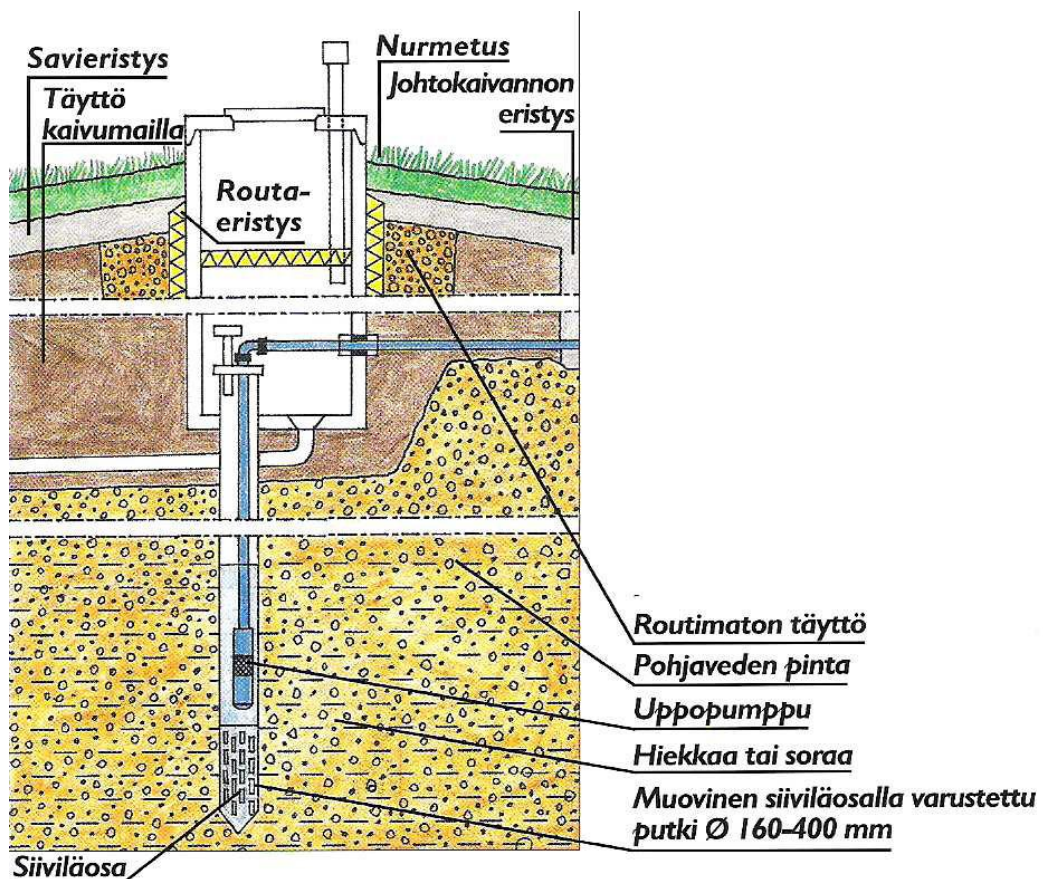


Kuva 2. Porakaivo. (37)

6.3 Siiviläputkikaivo

Siiviläputkikaivot rakennetaan yleensä laajojen ja syvien pohjavesivarantojen hyödyntämiseksi, joten putkikaivoa rakennetaan harvoin yksityisen maanomistajan talousvesikaivoksi. Siiviläputkikaivot soveltuvat ainoastaan hiekka- ja sora-alueille. [8; 19]

Kaivon läpimitta on yleensä 400 mm, kun taas talouskäyttöön paremmin soveltuvat kaivot ovat 200 mm halkaisijaltaan. Kaivo muodostuu muovista rakennetusta nousuputkesta, jonka päähän tulee parin metrin mittainen siiviläosa. Siiviläosan oikea rakomitoitus on tärkeä, jottei hienoainesta ajaudu kaivoon, mistä voi olla seurauksena kaivon tukkeutuminen. Syvyydeltään siiviläputkikaivot ovat parista metristä aina 50 metriin saakka. Kuvassa 3 on siiviläputkikaivo. [8; 19]



Kuva 3. Siiviläputkikaivon rakenne ja eristys. (37)

6.4 Lähdekaivo

Lähdekaivoja on monia erilaisia, ja ne poikkeavat muista edellä mainituista kaivoista siten, että lähde ei ulotu syvälle maahan vaan hyödyntää pohjaveden luontaista ylivuotoa. [8; 19]

Lähdekaivo voidaan toteuttaa vain kattamalla lähteensilmäke, jotta eläimet ja roskat eivät pääsisi veteen, tai upottamalla lähteeseen rengaskaivon renkaita siten, että lähteensilmä on jäänyt kaivon sisäpuolelle (kuva 4). Lähteeseen johtuva vesi voidaan ottaa käyttöön myös rakentamalla lähteen yläpuolelle rengas- tai siiviläputkikaivo. [8; 19]

Nykyään rakentaminen luonnontilaiseen lähteeseen on kielletty, koska ne kuuluvat lainsäädännön suojelun piiriin. [8; 19]

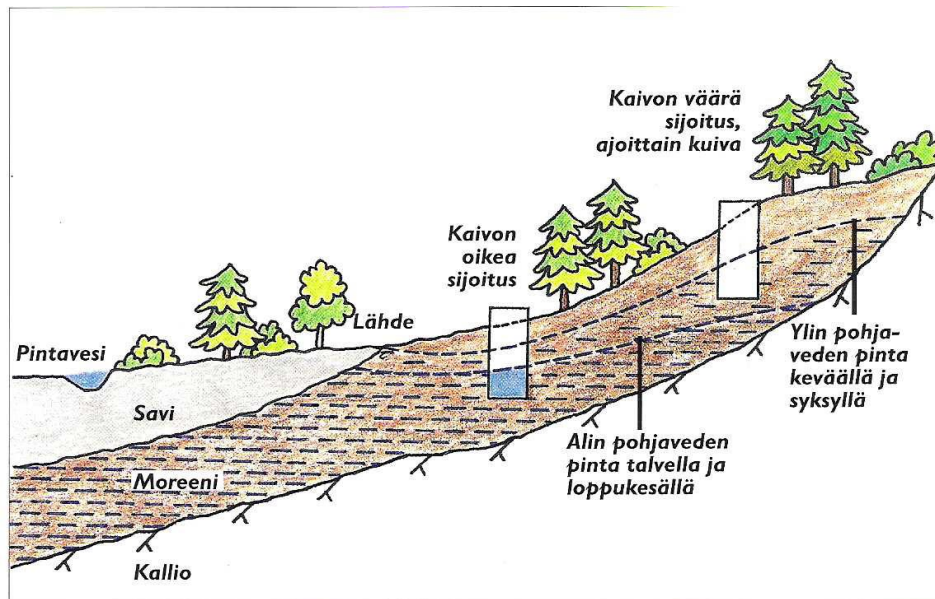


Kuva 4. Lähdekaivo. (37)

6.5 Kaivon paikka

Ennen kuin kaivoa ryhdytään rakentamaan, pitää sille valita hyvä paikka ja päättää, millaisen kaivon rakentaa. Paikan valintaan vaikuttavat monet seikat, kuten alueen pohjavesi-

olosuhteet, maaston ja kallioperän ominaisuudet sekä muiden vedenlaatua heikentävien tekijöiden esim. teiden sijainnit. Pohjavesitutkimukset tulisivat tehdä mahdollisimman kuivana aikana ja varmistua siitä, ettei pohjaveden pinta laske kaivossa liian alas. Porakaivoa tehtäessä on tärkeää, ettei kaivoa porata täysin ehjään kallioperään. Kuvassa 5 on esitetty rengaskaivon oikea sijoitus. [8; 18, s. 80-81



Kuva 5. Kaivon paikan oikea valinta. (37)

Hyvää vedenottoa paikkaa voi etsiä myös kauempaa omasta tontista ja tehdä yhteistyötä vaikka naapurin kanssa, jolloin myös kustannukset jakautuvat talouksien kesken. [18, s. 33]

Varsinaisen kaivon paikan tutkimuksen tekee yleensä oman alansa ammattilainen tai kaviourakoitsija. Tutkimus on jaettu yhdeksään osaan. Tietojen pohjalta päätetään, mikä kaivon paikka ja syvyys tulee olemaan. [18, s. 33-35]

7 Näytteenotto ja vesianalyysimenetelmät

7.1 Näytekaivo ja -järvi

Loma-asunnolla sijaitseva kaivo on vanha kaivanto (kuva 6), jonka ohitse virtaa lähde. Veden virtausta ja vaihduntaa on vaikea arvioida, koska kaivanto on sen verran iso. Kaivo ei ole erityisen hyvin tehty ja suojattu, joten se pitäisi täysin kunnostaa joko rengas- tai lähdekaivoksi. Kaivossa on puukehys ja puukansi, jotka ovat jo alkaneet lahota.



Kuva 6. Loma-asunnon kaivo Karjalohjalla.

Järvi nimeltä Iso-Suonia sijaitsee Karjalohjalla Uudenmaan maakunnassa Salpausselän pohjoispuolella. Seudulla on paljon harjuja, järviä ja mäkiä. Iso-Suoniaakin ympäröivät korkeat harjut ja mäntymetsät. Järvi on karu, melko syvä ja pinta-alaltaan n. 300 hehtaaria. Vesi on myös puhtaan näköistä ja hajuista sekä erittäin kirkasta. Alueella ei ole teollisuutta, asutusta, maanviljelyä tai muutenkaan järveä saastuttavia tekijöitä. Mökkejäkään ei alueella ole kuin parisenkymmentä.

7.2 Näytteiden otto ja esikäsittely

Kemiallisia määryksiä varten vesinäytteet otettiin 500 ml:n muovipulloihin, joita keitettiin etukäteen 30 minuuttia kiehuvaassa vedessä. Korkit suljettiin huolellisesti varoen osumasta pullojen tai korkkien sisäpintoihin. Sekä järvestä että kaivosta näytteet otettiin suoraan vedestä upottamalla pullo alassuin noin 20 cm syvyyteen ja täytettiin pintaan asti. Heti näytteiden oton jälkeen tehtiin osa määryksistä, kuten pH ja johtokyky, minkä jälkeen loput näytteet kestävästiin 5 M rikkihapolla. [20]

Mikrobiologisia määryksiä varten vesinäytteet otettiin steriloituihin 200 ja 500 ml:n lasipulloihin. Yksi 500 ml:n lasipullo lähetettiin Metropolilabiin, jossa siitä määritettiin koliformiset bakteerit ja *Escherichia coli*. 200 ml:n vesinäytteistä tehtiin mikrobiologiset määrykset Myyrmäessä Metropolian kemianlaboratoriossa.

7.3 Analyysimenetelmät

Veden tutkimuksia tehdessä on pyrittävä käyttämään CEN/ISO-standardien mukaisia määrysmenetelmiä tai sellaisia menetelmiä, jotka ovat luotettavuudeltaan yhtä hyviä. [14]

7.3.1 Veden kemiallinen hapen kulutus

Tässä työssä kemiallinen hapen kulutus määritettiin Suomen standardisoimisliiton laatiman SFS 3036 -standardin mukaan, hapettamalla näytettä kaliumpermanganaatilla. Menetelmää käytetään, kun vedet sisältävät melko vähän orgaanisia aineita. [8; 16]

Kestävöityä kaivo- ja järvinäytettä ravistettiin ja otettiin kummastakin 10 ml näytettä koeputkeen. Kolmanteen koeputkeen tuli nollanäyte, joka oli deionisoitua vettä. Koeputkiin lisättiin tarvittavat reagenssit ja asetettiin pullot kiehuvaan veteen 20 minuutiksi. Tämän jälkeen putket jäähdytettiin nopeasti huoneen lämpöiseksi asettamalla ne kylmään veteen. [8; 16]

Jäähtymisen jälkeen putkiin lisättiin kaliumjodidia ja tärkkelystä. Liuokset muuttuivat tummansinisiksi, ja liuoksia titrattiin natriumtiosulfaattiliuoksella niin kauan, kunnes sininen väri hävisi. [8; 16]

Näytteiden kemiallinen hapen kulutus laskettiin kaavalla:

$$\text{COD}_{Mn} = (V_2 - V_1) \cdot c \cdot 800 \cdot f, \quad (1)$$

jossa

COD_{Mn} = näytteen kemiallinen hapen kulutus (mg/l)

V_1 = näytteen titraukseen kulunut natriumtiosulfaattiliuoksen tilavuus (ml)

V_2 = nollanäytteen titraukseen kulunut natriumtiosulfaattiliuoksen tilavuus (ml)

c = natriumtiosulfaattiliuoksen konsentraatio (mol/l)

f = laimennuskerroin; laimennetun näytteen tilavuus jaettuna laimentamattoman näytteen tilavuudella

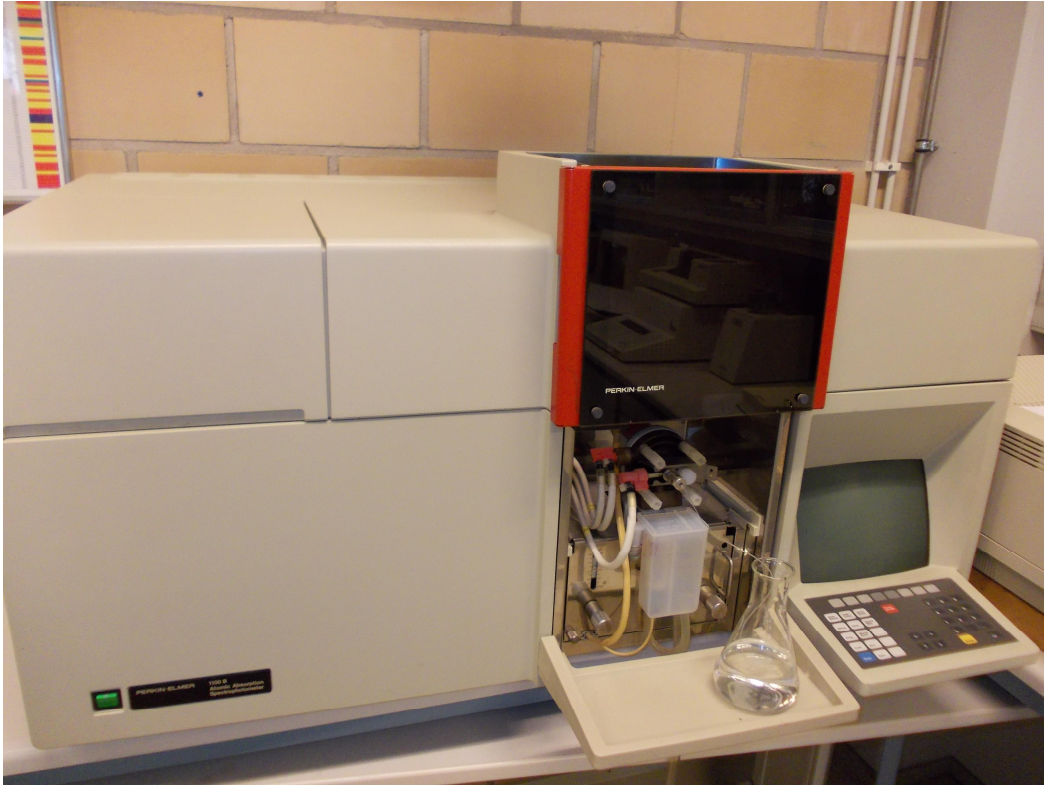
Kerroin 800 tulee kaavaan seuraavasti: puolet hapen (O) moolimassasta milligrammoiksi muutettuna jaettuna näytetilavuudella.

7.3.2 Raudan ja mangaanin määrittäminen

Näytteiden rautapitoisuuden määrittäminen suoritettiin Perkin Elmer 1100 B AAS -laitteella (kuvasessa 7). Atomiabsorptiospektrofotometriä käytetään yleisesti liuosten metallipitoisuuksia mitattaessa. Laitteessa oli käytössä ilma-asetyleeniliikki. Määrittämistä varten valmistettiin 100 ml:n mittapulloihin kuusi standardiliuosta, joiden rautapitoisuudet tiedetään. Liuokset valmistettiin rautapitoisuudeltaan 1000 mg/l perusliuoksesta, josta saatiin laimentamalla 0,5, 1, 2, 3, 4 ja 5 mg/l liuokset. AAS:llä ajettiin ensin standardiliuokset ja sen jälkeen vesinäytteet. Standardiliuosten absorbansseja verrattiin vesinäytteiden absorbansseihin ja siten saatiin selville näytteiden rautapitoisuudet.

Mangaanin määrittäminen tehtiin myös AAS:lla. Tätä määrittämistä varten valmistettiin eri mangaanipitoisuuden omaavat standardiliuokset. Liuoksia oli neljä ja pitoisuudet olivat 0,2;

0,6; 1,0 ja 1,5 mg/l. Vesinäytteiden mangaanin määrittäminen suoritettiin aivan kuten raudan määrittämisessä.



Kuva 7. Liekkiatomiabsorptiospektrometri Metropolian laboratoriossa.

7.3.3 Veden kalsiumin ja magnesiumin määrittäminen

Veden kovuuden määrittäminen tapahtui AAS:illa. Kalsiumin määrittämisessä tehtiin kuusi standardia, jotka sisälsivät kalsiumia 0,5; 1, 2, 3, 4 ja 5 mg/l. Magnesiumia varten tehtiin viisi standardia, 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 ja 0,6 mg/l. Ajettiin standardisuorat molemmille aineille, minkä jälkeen syötettiin laitteeseen järvi- ja kaivosvesinäytteet. Absorbanssien avulla saatiin veden kovuuden aiheuttajien pitoisuudet selville.

7.3.4 Sameus, pH, väri ja haju

Sameus mitataan sameusmittarilla, joka kalibroidaan esim. 1000 NTU, 10 NTU ja 0,2 NTU liuosten avulla ennen näytteiden mittausta. Näyte kaadetaan korkilliseen lasipulloon ja pullo asetetaan laitteeseen, jonka näytöltä voi lukea sameusluvun. Kemianlaboratoriossa ei kuitenkaan ollut laitteistoa käytössä, joten veden sameus jäi mittaamatta. Vesinäytteiden väri katsottiin kuitenkin silmämääräisesti mittalasin läpi ja todettiin veden olevan erittäin kirkasta. Vierasta hajua ei esiintynyt haistettaessa.

pH mitattiin nopeasti näytteen oton jälkeen laboratoriossa olevalla Mettler Toledo-pH-mittarilla. Ensin mittari kalibroitiin, jonka jälkeen elektrodi asetettiin näyteliuokseen. Tulos luettiin suoraan mittarin näytöltä.

7.3.5 Johtokyky

Johtokyky mitattiin samalla mittarilla kuin pH. Elektrodi asetettiin näytteeseen ja tulos luettiin suoraan mittarin näytöltä.

7.3.6 Veden anionit ionikromatografilla

Vesinäytteiden sisältämät anionit määritettiin IC-ionikromatografilla Metrohm 761 compact (kuvassa 8). Anionieluettina käytettiin $\text{Na}_2\text{CO}_3 / \text{NaHCO}_3$ -liuosta. Yhdellä analyysikerralla saatiin seuraavat anionit: kloridi, fluoridi, nitriitti, nitraatti, sulfaatti ja fosfaatti.

Ennen kuin näytteet syötettiin ionikromatografiin, jouduttiin vesinäytteet imemään muoviruiskuun suodattimen lävitse, jotta mittausta häiritsevät molekyylit ja ionit jäivät suodattimeen. Tämän jälkeen näyte ruiskutettiin IC-laitteeseen ja odotettiin n. 15 minuuttia. Lopulta tietokone tulosti kromatogrammin, jossa eri anionit näkyivät piikkeinä.



Kuva 8. Ionikromatografi Metropolian kemianlaboratoriossa.

7.3.7 Mikrobiologiset määritykset

Mikrobiologisista määrityksistä tein itse koliformisten- ja lämpökestoisten koliformisten bakteerien sekä *Escherichia colin* määritykset. Metropolilabissa tehtiin vielä varmuuden vuoksi koliformiset bakteerit ja *E. coli*.

Koliformisten bakteerien määrittäminen tehtiin menetelmällä NO. 44 6th ed. 2004. Työssä tehtiin ensimmäiseksi bakteerien kasvualustat petrimaljoihin. Tämän jälkeen järvi- ja kaivosvesi-

näytteistä tehtiin rinnakkaislaimennokset seuraavasti: otettiin aluksi vesinäytteistä 10 ml:n nollanäytteet koeputkiin, joista otettiin taas 1 ml seuraaviin koeputkiin ja lisättiin 9 ml tislattua vettä. Sitten sekoitettiin hyvin ja niistä otettiin taas 1 ml sekoitettua liuosta seuraavaan koeputkeen, johon taas lisättiin 9 ml tislattua vettä. Tehtiin yhteensä kolme laimennosta nollaliuoksesta. [27]

Kasvualustoihin tipetoitiin koeputkista aina 1 ml näytettä ja kaadettiin päälle pieni kerros VRBA:ta. Sitten sekoitettiin varovasti ja laitettiin maljat inkuboitumaan eli hautumaan vuorokaudeksi 37 °C:seen. Seuraavana päivänä katsottiin näkykö maljoissa bakteerisiintymiä. [27]

Lämpökestoisten koliformibakteerien ja *E. coli*n määrittäminen tehtiin menetelmällä NO 125, 4th ed. 2005. Rinnakkaisista vesinäytteistä tipetoitiin taas 1 ml näytettä kasvualustalle ja tehtiin samat toimenpiteet kuin edellä, mutta tällä kertaa maljat laitettiin inkuboitumaan vuorokaudeksi 44 °C:seen. [28]

Seuraavana päivänä maljat tutkittiin ja kaivoveden nollanäytteessä olevista pesäkkeistä siirrostettiin muutamia pesäkkeitä lämpökestoisten bakteerien ja *E. coli*n varmennusta varten. Pesäkkeet siirrostettiin koeputkiin, joissa oli durhamputki. Putket siirrettiin inkuboitumaan 44 °C:seen vuorokaudeksi. Seuraavana päivänä tutkittiin varmennuskokeet. Tuloksen ollessa positiivinen durham-putkiin olisi pitänyt muodostua kaasua, mutta näin ei kuitenkaan tapahtunut. [28]

8 Vesianalyysien tulokset

Vesinäytteiden kemiallisten analyysien tulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. *Vesinäytteiden kemiallisten analyysien tulokset.*

	Järvivesi	Kaivosvesi
pH	7,674	5,471
johtokyky (mS/m)	28,3	42
Ca ²⁺ (mg/l)	0,763	0,547
Mg ²⁺ (mg/l)	0,432	0,494
rauta (mg/l)	0,118	0,499
Mn ²⁺ (mg/l)	0,087	0,093
COD -luku (mg/l)	8,8	10,4
väri	kirkas	kirkas
haju	ei hajua	ei hajua
fluoridi (mg/l)	0,027	-
kloridi (mg/l)	1,673	0,043
nitraatti (mg/l)	0,027	-
sulfaatti (mg/l)	2,148	0,093
nitriitti (mg/l)		0,033

8.1 Kemiallinen hapen kulutus (COD_{Mn})

Työ toistettiin kaksi kertaa ja tiosulfaatin kulutuksesta otettiin keskiarvo, jonka avulla laskettiin kemiallinen hapen kulutus vesinäytteille. Natriumtiosulfaatin kulutus oli järvivesinäytteelle 1,1 ja 1,3 ml, kun taas kaivovedelle kulutukset olivat 1,0 ja 1,0 ml (liite 6).

Laskettu COD_{Mn} kaivosvesinäytteelle:

$$\text{COD}_{\text{Mn}} = (2,2 - 1,0)\text{ml} \cdot 0,01 \text{ mol/l} \cdot 800 \cdot 1 = 9,6 \text{ mg/l} \quad (1)$$

Järvivesinäytteen hapenkulutus oli vastaavasti 8,0 mg/l.

COD_{Mn}-arvot ylittivät sallitun raja-arvon, joka on 5 mg/l (taulukko 2). On kuitenkin syytä muistaa, että COD_{Mn}-arvon ollessa alle 10 mg/l ei ole vielä kysymys huomattavasta humuspitoisuudesta. Yleensä arvot ovat vesissämme 10 - 20 mg/l. Kummatkin vedet kelpaavat hyvin raakavedeksi. [8]

8.2 Raudan ja mangaanin pitoisuudet

Raudan ja mangaanin pitoisuudet määritettiin AAS-laitteella, menetelmät löytyivät laitteen mukana tulleesta käsikirjassa. Rautaa määritettäessä aallonpituudeksi valittiin 248,3 nm. Mangaania määritettäessä aallonpituus oli 279,5 nm.

Laitte antoi rautapitoisuudeksi kaivovesinäytteelle 0,50 mg/l ja järvivedelle 0,12 mg/l. Mangaanipitoisuudet olivat kaivovedelle 0,093 mg/l ja järvivedelle 0,087 (liitteet 4 ja 5).

Taulukosta 2 nähdään, että kaivovedessä oli liikaa rautaa ja mangaanipitoisuudet ylittävät sallitun rajan sekä kaivo- että järvivedessä.

8.3 Kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet

Kuten edellä, myös kalsiumin ja magnesiumin määritysmenetelmät löytyivät laitteen käsikirjasta. Kalsium määritettiin aallonpituudella 422,6 nm ja magnesium aallonpituudella 285,2 nm.

Kalsiumpitoisuudet olivat kaivovedelle 0,55 mg/l ja järvivedelle 0,76 mg/l. Magnesiumpitoisuudet olivat kaivovedelle 0,49 mg/l ja järvivedelle 0,43 mg/l (liitteet 2 ja 3). Kummatkin vedet ovat pehmeitä.

8.4 Sameus, pH, väri ja haju

Sameutta ei saatu mitattua. pH mitattiin Mettler Toledo –mittarilla. Järviveden pH oli 7,7 ja kaivoveden 5,5. pH-arvo kaivovedelle on aivan liian alhainen (taulukko 2), minkä seurauksena putkisto syöpyy helposti. Ratkaisuna tähän voisi olla kaivon pohjalle laitettu kalkkikivi tai vedenpuhdistuslaitteisto, joka nostaa pH-arvoa. [8] Kaikki vesinäytteet olivat hajuttomia ja kirkkaita.

8.5 Johtokyky

Johtokyky mitattiin Mettler Toledo –mittarilla. Järviveden johtokyky oli 28 mS/m ja kaivoveden 42 mS/m. Johtokyvyt olivat erittäin suuria, mutta kuitenkin sallituissa rajoissa (taulukko 2). Esimerkiksi Päijänteessä sähkönjohtavuus on n. 7 mS/m luokkaa. [8]

8.6 Ionikromatografian analyysitulokset

IC -laitteella ajettiin vesinäytteiden anionipitoisuudet. Yhdellä ajolla pystyttiin näytteestä määrittämään kloridi, fluoridi, nitriitti, nitraatti, sulfaatti ja fosfaatti. Anionipitoisuudet kaivovedelle olivat: kloridi 0,043 mg/l; nitriitti 0,033 mg/l; sulfaatti 0,093 mg/l. Järviveden anionipitoisuuksiksi saatiin: fluoridi 0,027 mg/l; kloridi 1,7 mg/l; nitraatti 0,027 mg/l; sulfaatti 2,1 mg/l. (Ionikromatogrammit ovat liitteinä 7 ja 8)

8.7 Mikrobiologisten määritysten tulokset

MetropoliLab teki määritykset koliformisille bakteereille ja *Escherichia colille*. Koliformiset bakteerit kaivovedelle olivat 48 mpn/100 ml ja järvivedelle 21 mpn/100 ml (katso liite 1). Mpn-menetelmää käytetään bakteerien lukumäärä selvittämiseen, lyhennelmä tarkoittaa todennäköisintä lukumäärää (most probable number). *E. coli* arvo oli kaivovedelle <1 mpn/100 ml ja järvivedelle 1 mpn/100 ml (tulokset näkyvät liitteessä 1). [39]

Itse en löytänyt yhtään pesäkettä kokonaiskoliformisten bakteerien määrittämisessä. Lämpökestoisten koliformibakteerien määrittämisessä löysin kaivoveden nollanäytteistä 13 ja 17 mahdollista pesäkettä. *E. coli* bakteeri varmennettiin vielä siirtämällä näistä nollanäytteistä muutama pesäke koeputkiin, joiden sisällä oli durhamputket. Mikäli tulos olisi ollut positiivinen niin *E. coli* bakteerit olisi pitänyt muodostaa kaasua durhamputkiin. Kaasua ei kuitenkaan muodostunut, joten tulos oli negatiivinen. [28]

9 Vedenkäsittelylaitteistot

Laitteistoa suunniteltaessa on hyvä kiinnittää erityistä huomiota siihen, kuinka paljon puhdistettua vettä tarvitaan vuorokaudessa. Omakotitalouksissa vedentarve on vähän alle 200 l vettä/henkilö. Loma-asunnossa veden tarve on yleensä kuitenkin vähäisempi eikä veden käyttö ole niin säännöllistä. Silloin esim. automaattinen vastavirtahuuhtelu on ratkaisuna huonohko, joten laitteisto pitää valita erilaiseksi kuin omakotitaloissa. [17]

Mökeissä laitteiston koko aiheuttaa omat ongelmansa, koska tilaa ei ole ylimäärin käytettävissä. Silloin laitteet ovatkin pienempiä ja usein lämpöeristettyjä eivätkä tarvitse välttämättä edes sähköä toimiakseen. Vähäinen huollon tarve on myös tärkeää. Loma-asunnoille onkin suunniteltu omat vedenkäsittelylaitteistot. Laitteistojen, kuten pumpun tarvitessa lämpöisen tilan, onnistuu se esimerkiksi piharakennuksella, johon hankitaan pakkasvahti. Pakkasvahti menee päälle, kun asetettu lämpötilaraja lähenee, ja pitää tilan lämpöisenä. [17; 35]

Veden laadun tulee olla aina mahdollisimman hyvä, joten vesianalyysien pohjalta valitaan kulloiseenkin tapaukseen sopivat puhdistuslaitteistot. [17]

9.1 Kaivoveden käsittelylaitteistot

Mikäli kaivon kunnostamisen tai uuden rengaskaivon rakentamisen jälkeen vesi ei täyty sille asetettuja laatusuosituksia ja -vaatimuksia, pitää kaivovesi käsitellä ennen kuin sitä

voi käyttää talousvetenä. Tällä hetkellä vedessä ovat ongelmana liian matala pH, raudan ja mangaanin korkea pitoisuus sekä bakteerit.

Seuraavaksi esitellyt laitteistot ovat esimerkkejä monista eri vaihtoehtoisista vedenpuhdistuslaitteistoista. Kaksi ensimmäistä vaihtoehtoa ovat aika kalliita, mutta hyvin toimivia helppohuoltoisia ja -käyttöisiä laitteita. Halvemmalla pääsee, kun asentaa vain raudan ja mangaanin suodattimen ja desinfiointilaitteen, joita on todella paljon markkinoilla. Kannattaakin kilpailuttaa ja vertailla eri valmistajien tarjoamia tuotteita ennen kuin lopulta valitsee itselleen sopivan laitteiston. Monet valmistajat myös tarjoavat kulloiseenkin tilanteeseen räätälöityjä ratkaisuja, kunhan heille vain lähettää vesianalyysien tulokset. Näin saadaan aina parhaat mahdolliset laitteet kulloiseenkin tilanteeseen.

9.1.1 Laitteisto 1: WellZone O₃

WellZone O₃ on kaivon sisään asennettava vedenkäsittelylaitteisto, jonka puhdistus perustuu veden otsonointiin. Otsoni tuotetaan ultraviolettivalon avulla. Laitte pystyy puhdistamaan suurenkin vesimäärän bakteereista, radon- ja rikkivetykaasuista, levästä ja sienitiöistä sekä raudasta ja mangaanista. Koska vesi puhdistetaan jo kaivossa, pumpun ja putkiston ikä pitenee, kun rauta ei pääse saostumaan putkistoon eikä painesäiliöön. Menetelmä säätää itse myös pH:n sopivaksi. [31]

Laitteistossa kaksi pääosaa, otsonigeneraattori ja otsonielementti, joka asennetaan kaivonpohjalle vähintään 15 cm etäisyydelle pohjasta. Otsonigeneraattori voidaan asentaa kaivon esim. ylimmän kaivorenkään kohdalle. Generaattorin voi myös asentaa muualle kuitenkin maksimissaan 50 metrin etäisyydelle kaivosta. [31]

Generaattori sisältää UV-lampun ja ilmapuhaltimen. UV-lamppu tulee vaihtaa 16-32 kk väliajoin. Vaihtoväli riippuu veden laadusta. [31]

Otsonielementti sisältää esisuodattimen ja otsonisuuttimen, jotka puhdistetaan säännöllisesti. Ensimmäinen puhdistus tulisi suorittaa 15-30 vrk:n kuluttua käyttöönotosta. Tämän

jälkeen esisuodatin puhdistetaan 60-90 vrk:n välein. Laitteisto on helppo asentaa ja puhdistaa itse. Hintaa laitteistolla on 1700 €. [31]

WellZone O₃ -avokaivojärjestelmän toimitus sisältää seuraavat osat:

- Otsonigeneraattori (440 x 650 x 100 mm; 8,0 kg)
- Otsonointielementti (Φ 250 mm, korkeus 500 mm)
- 15 m vinyyliletkaa (kiiltävä otsoninsyöttöletku)
- 3 m neopreeniletkaa (matta otsoninsyöttöletku)
- 3 m ruostumatonta teräsketjua
- 2 kpl letkuliitintä
- Nippusiteitä

9.1.2 Laitteisto 2: Wetec Ozone G3

Wetec Ozone G3 voidaan myös asentaa kaivon sisään. Puhdistus perustuu veden otsonointiin ja otsoni tuotetaan koronalevyjen avulla. Laite pystyy puhdistamaan suurenkin vesimäärän bakteereista, radon- ja rikkivetykaasuista, levästä ja sieni-itiöistä sekä raudasta ja mangaanista. [32]

Laite on helppo asentaa, ja laitetoimituksessa on kaikki tarvikkeet mukana. Koronalevyllä tuotettu otsoni on tehokkaampi veden puhdistaja kuin UV-valolla tuotettu. Laite on lähes huoltovapaa ja sen mitat ovat 320x300x180 mm. Hinta on 1245 €. [32]

9.1.3 Laitteisto 3: WRF 20" ja Watts Purifier2

Esisuodatin W-RF 20" on raudan ja mangaanin poistosuodatin. Yksi patruuna riittää n. 5000 litran veden suodatukseen. Hintaa suodattimella on 240 €. Esisuodatuksen jälkeen vesi pitää vielä desinfioida, mistä huolehtii Wattsin Purifier2-suodatin. Ensimmäisessä vaiheessa laite suodattaa myös epäpuhtauksia, kuten hiekan, mudan ja ruosteen. Toisessa vaiheessa veden desinfiointi tapahtuu aktiivihiihilsuodatuksella. Käyttöpaine on maksimissaan 6 bar. Suodattimien kapasiteetti on 7500 l ja vaihtoväli 6 kk. Laite on helppo asentaa ja toimii vedenpaineella. Laitteen mitat ovat 320x290x120 mm ja hinta on 304 €. [6; 32]

9.2 Järviveden käsittelylaitteistot

Karjalohjalla sijaitseva Iso-Suonian vesi on erittäin puhdasta, jotkin arvot ovat jopa parempia kuin kaivoveden. Ongelmana ovat liian korkea mangaanipitoisuus ja bakteerit. Vedenpuhdistuslaitteistona voidaan hyvin käyttää esim. mangaanin suodatukseen tai ionienvaihtoon perustuvia puhdistuslaitteita, minkä jälkeen vesi vielä desinfioidaan.

Imuputken päähän tulee asentaa jonkinlainen ritilä tai suodatin, jotta lika ja roskat eivät pääse pumppuun ja putkistoon. Valitsin kaikkiin vaihtoehtolaitteistoihin HOH-järvivesisuodattimen, joka on edullinen sekä helppo asentaa ja puhdistaa. Suodatin ei saa koskettaa pohjamutia, ja se voidaan asentaa poijusta veteen roikkumaan, mieluiten vähintään 3 metrin syvyyteen. Kapasiteetti on 40 l/min ja hinta 100 €. [33]

9.2.1 Laitteisto 1: Watman IX 8 ja Watts WP2-BVC

Mangaanin, raudan, kovuuden ja humuksen poistoon sopii Watman IX 8 -suodatin. Suodattimen sisällä kalsium- ja magnesiumionit vaihdetaan ioninvaihdolla natriumiksi. Samalla menetelmällä saadaan poistettua myös liuennutta rautaa ja mangaania. Laitteisto pitää välillä elvyttää, joka tapahtuu huuhtelemalla massa ruokasuolaliuoksella ja tämän jälkeen massasta irtoavat epäpuhtaudet huuhdotaan viemäriin.

Laitteen tuotto on 10 l/min, mitat Φ 203 mm ja korkeus 1320 mm ja maksimikäyttöpaine 8,6 bar. Laite asennetaan lämpimään tilaan, vähintään +5 °C:seen. Laitteen hinta on 1 415 €. [5]

Bakteerien poistoon sopii Watts WP2-BVC-aktiivihiihliisuodatin, joka poistaa bakteerien lisäksi klooria, hajua ja parantaa veden makua. Maksimikäyttöpaine on 7 bar ja minimilämpötila 5 °C. Laite on todella edullinen, vain 100 €. [6]

9.2.2 Laitteisto 2: Viking Filter

Barock Oy:n laite Viking Filter -patruunasuodatin poistaa mangaanin ja raudan vedestä. Suodatin koostuu kahdesta ruostumattomasta teräksestä valmistetusta terässäiliöstä ja sen sisällä olevasta suodatinpatruunasta, joka on helposti vaihdettavissa. Patruuna sisältää modifioitua aktiivihiltaa ja huokoisia mikrokuituja. Laitteen sisällä on myös katalyyttisesti aktiivisia nano-kokoisia hopeoituja hiutaleita, jotka tuhoavat bakteereita. Laitteen tuotto on max. 40 l/min, enimmäiskäyttöpaine 6,5 bar ja mitat ovat Φ 180 mm ja korkeus 585 mm. Hinta on 200 €. [31]

9.2.3 Laitteisto 3: Pieni saaristolaispaketti

Kalliimpi vaihtoehto puhdistuslaitteistolle on JohnSellin pieni saaristolaispaketti, jonka sisältö on seuraava:

- Suolanpoistolaitteisto Rolux 120 l/h
- Puskurisäiliö 300 l, jossa pintakytkin
- Mineraalisuodatin pH-säätöä varten
- Jakelupumppu Grundfos MQ-45
- Esisuodatinyksikkö ja suodattimet
- Letkut (Φ 12 mm)
- Merivesipumppu

Laitteiston kaikki puhdistusvaiheet ovat automaattisia ja kapasiteetti voi vaihdella 120 – 225 l/h. Puhdistus perustuu käänteisosmoosiin, joka on ilman kemikaaleja toimiva, ympäristöystävällinen menetelmä. Veden laatua tarkkailee jatkuvasti automaattinen tarkistusmittaus. Laitteen ollessa käyttämättä se aktivoituu puhdistustilaan. [34]

Huollontarve on vähäinen. Tarvittaessa puhdistetaan esisuodatin tai kalvo. Hienosuodatin voidaan vaihtaa esim. vuoden välein. Laite vaatii vähintään +5 °C käyttölämpötilan. [34]

Asennuksessa letkut liitetään sisään tulevalle ja ulosmenevälle vedelle sekä puskuritankille. Laite on valmistettu muovista ja ruostumattomasta teräksestä. Laitteisto vaatii asennustilaa n. 2000 x 2000 mm. Pienen saaristolaispaketin hinta on 9300 €. [34]

10 Vesipumppu ja putkisto

Valittava vesipumppu voi olla joko elektroninen vesiautomaatti tai painesäiliöllinen vesiautomaatti. Elektroniset automaattit eivät tarvitse erillistä paisuntasäiliötä toimiakseen. Pumppu käynnistyy, kun vesipiste avataan, ja sammuu parin sekunnin kuluttua, kun vesipiste suljetaan. Elektroniset pumput on varustettu kuivakäyntisuojuilla ja elektronisella painekeytkimellä. Painesäiliöllisistä pumpuista esim. Nocchin Inox- ja Superinox-vesiautomaattit ovat täydellisiä vesiöitä, joissa on itseimevä Jetinox-keskipakopumppu, valmis sähköjohdotus pistokkeelle ja esipaineistettu kalvopaisuntasäiliö. Ne ovat myös tehtaalla testattuja eli heti valmiita käyttöön. [29]

Pumppu pitää sijoittaa tilaan, jossa se ei talvella jäädy. Tämä aiheuttaa Karjalohjan loma-asunnolla ongelman: korkeuseroa rannasta loma-asuntoon on 13 m, joten pumpulle pitäisi rakentaa erillinen pumppuhuone rinteeseen. Talveksi pumppuhuoneeseen voisi esim. asettaa pumpulle pakkasvahdin, joka lämmittää tilaa, kun lämpötila laskee. Kustannukset kuitenkin nousevat. Pumpusta johdetaan järveen imuputki, jonka päähän asennetaan valinnanvarainen suodatin. Imuputken tulee olla ehdottoman tiivis, jotta pumppu ei ime ilmaa. Mikäli pumppu ja putkisto ovat ympärivuotisessa käytössä, pitää imusuotimen sisään asentaa pakkasvahti ja imuputki suojata jään hankaukselta. Putkiston pitää pysyä myös jäätymättä, ja nykyään onkin lämpöeristekaapeleita (putki kulkee lämpöeristekaapelin keskellä), jotka kestävät kovia pakkasia. Lämpöeristekaapeli voi olla itsesäätyvä tai säädettävä. Muun muassa Uponor myy itse säätyvää kaapelia hintaan 37,52 €/m. Karjalohjalla rannasta mökille on n. 40 metriä, joten hintaa putkelle tulisi n. 1500 €. Lämpöeristekaapelit ovat helppoja asentaa, eikä niitä tarvitse kaivaa kovin syväälle. Liitteessä 9 on esitetty loma-asunnon asemapiirros. [7; 30]

Karjalohjalle voitaisiin valita järiveden pumppaamiseen esimerkiksi Jetinox inox 60-50 -pumppu, joka soveltuu hyvin mökeille talousveden pumppaamiseen. Maksiminostokorkeus on 50 m, käyttöpaine max. 6 bar, imukorkeus 8 m ja tuotto 60 l/min. Pumppu maksaa 210 €. Rengaskaivopakettiin kuuluu yleensä pumppu mukaan, joten sitä ei tarvitse itse ostaa. Jos pumppu joudutaan itse hankkimaan, tulee kysymykseen joko uppopumppu tai imevä pumppu. [29]

11 Johtopäätökset

Talousveden saaminen loma-asuntoon onnistuu helposti joko puhdistamalla järvivettä, tekemällä tontille rengaskaivo tai uudistamalla jo valmis kaivanto lähdekaivoksi, mikäli veden virtaus on riittävä. Ongelmaksi sekä kaivo- että järvisedessä osoittautui mangaanin liian korkea pitoisuus ja bakteerit. Kaivovedessä oli myös liikaa rautaa ja alhainen pH.

Järven vesi on jo valmiiksi niin puhdasta, että sitä voisi juoda melkein sellaisenaan. Pääasia vedenpuhdistuksen kannalta on, ettei vedenotto paikalla ole sinilevää. Vedenkäsittely voidaan todennäköisesti toteuttaa melko pienin kustannuksin. Suurin osa kustannuksista tulee pakkasen kestävä putken vetämisestä loma-asuntoon, joka sijaitsee 40 metrin päästä rannasta. Mikäli mökkiä käytetään vain lämpimään aikaan, kuten nykyään, kustannukset halpenevat vielä huomattavasti. Vaihtoehtolaitteistoa 2 käyttämällä kokonaiskustannukset tulisivat olemaan n. 2560 €. Kokonaisuuteen sisältyy HOH-suodatin, putkisto, pumppu, lämmin tila (esim. Wood-Group-pihavarasto ja siihen pakkasvahti [35; 36]) ja Viking Filter -suodatin (100+1500+210+850+200 €).

Nykyiseen loma-asunnon kaivantoon ei mielestäni kannata hankkia vedenkäsittelylaitteistoa. Kaivanto kannattaisi ensiksi tyhjentää ja sen jälkeen tehdä rengaskaivo sen tilalle. Tämän jälkeen otettaisiin vesinäytteet ja tutkittaisiin tilannetta uusien analyysitulosten jälkeen. Rengaskaivo maksaa töineen kaikkineen syvyydestä riippuen maksimissaan 5000 €. [8]

Lähdekaivon tekeminen, vaikka muutamalla kaivonrenkaalla, tulee kysymykseen siinä tapauksessa, että veden virtaus lähteessä on riittävä. Kustannuksiltaan tämä olisi selvästi edullisin vaihtoehto. Betonisia kaivonrenkaita saa 115 €/kpl, ja muut tarvittavat osat ja putket maksavat muutamia satoja euroja. [8]

Vedenpuhdistuslaitteiston valinnassa on oltava huolellinen ja muistettava, että aina ei halvin vaihtoehto ole välttämättä paras. Laitteentoimittajan kanssa on hyvä käydä tarkasti läpi vesianalysit sekä laitteiston hankinta- ja huoltokustannukset, jotka riippuvat pitkälti veden kulutuksen määrästä ja laadusta.

Veden laatua on syytä tarkkailla tietyin väliajoin, suositus on kolmen vuoden välein. Tietysti, jos epäillään veden saastuneen, kuten pintavesien päästessä kaivoon, pitää vesianalyytit tehdä uudestaan ja toimia aina niiden pohjalta.

Halvin vaihtoehto olisi siis lähdekaivon rakentaminen, ja se on hyvä vaihtoehto, mikäli vettä tulee kaivoon riittävästi. Järvessä vettä kuitenkin riittäisi aina ja järviveden puhdistuslaitteistoon kannattaisi satsata kerralla kunnolla, että saisi tarvittaessa vettä, vaikka vuoden ympäri ja riittoisuus olisi taattu.

12 Yhteenveto

Iso-Suonian vesi on niin puhdasta jo valmiiksi, että talousveden valmistaminen järven vedestä vedenpuhdistuslaitteiston avulla on erittäin hyvä vaihtoehto. Kannattaakin ottaa yhteyttä laitetoimittajiin ja käydä heidän kanssaan läpi vesianalyytit, vedentarve ja muut laitteistoa koskevat asiat, esim. korkeuserot järven ja asunnon välillä. Näiden pohjalta räätälöidään tilanteeseen sopivat vedenpuhdistuslaitteistot.

Kaivannon muuttaminen rengaskaivoksi maksaa 3000 - 5000 €, ja koska kaivannon lähellä virtaa lähde, on hyvin todennäköistä, että siinä tulisi olemaan vettä riittävästi jopa kuivina-kin kausina.

Lähdekaivo olisi halvin vaihtoehto, mutta pitää muistaa, että yksinkertaiset lähdekaivot ovat herkkiä ympäristössä tapahtuville muutoksille, kuten saastumiselle ja ilkvallalle. Nykyisin laki kieltää kaivon rakentamisen suoraan luonnontilaiseen lähteeseen. Lähteen käyttöönottoa suunniteltaessa pitääkin ottaa yhteyttä alueelliseen ELYyn.

Lähteet

1. N.F.Gray. Drinking water quality- problems and solutions. Second edition, United Kingdom at the university press, Cabridge, 2008
2. Korkka-Niemi, K. & Salonen, V-P. Maanalaiset vedet – pohjavesigeologian perusteet. Turku: Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskus, 1996.
3. Kuusisto, E. & Mälkki, E. RIL 141 Yleinen vesitekniikka-hydrologia. II painos. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto r.y., 1982
4. Kemira. About drinking water. Kemira Kemwater, Helsingborg, Sweden, 2003
5. Watman-vedenkäsittelylaitteet. www.watman.fi. Luettu 10.2.2012
6. Watts-vedenkäsittely. www.watts.com. Luettu 10.2.2012
7. Uponor, kotisivu. [Www.uponor.fi](http://www.uponor.fi). Luettu.11.2.2012
8. Valtion ympäristöhallinnon verkkosivu. www.ymparisto.fi. Luettu 10.2.2012
9. Mitä vesianalyysit kertovat. WWW-dokumentti. <http://www.krni.net/ownwater/fin/vesianalyysi.html>. Luettu 15.2.2012
10. Vesikirja. Insinööritoimisto Kaiko Oy, Kaikki vedestä. 1988
11. Insinööritoimisto Alveus ky, kotisivu. <http://www.alveus.fi/nitraatti.htm>. Luettu 9.2.2012
12. Jalovesi, kotisivu. [Www.jalovesi.fi](http://www.jalovesi.fi). Luettu 25.2.2012
13. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/talousvesi/. Luettu 18.3.2012
14. FINLEX terveydensuojelulaki (763/1994) 21 §, kotisivu. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>. Luettu 20.3.2012
15. Kiiminginvesi. Vedenlaatuvaatimukset. <http://www.kiiminginvesi.fi/index.php?460>. Luettu 15.3.2012
16. Opetushallitus. Laboratorioanalyysit. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/index.html>. Luettu 10.4.2012

17. Akva Filter Oy, kotisivu. http://www.akvafilter.fi/site/?page_id=42. Luettu 5.4.2012
18. Hatva Tuomo, Lapinlampi Toivo & Vienonen Sanna. Kaivon paikka. Ympäristöopas. Edita Prima Oy, Helsinki 2008.
19. Valonia. Varsinais-Suomen kestävän kehityksen ja Energia asioiden palvelukeskus. <http://www.valonia.fi/public/default.aspx?nodeid=14225&culture=fi-FI&contentlan=1>. Luettu 2.4.2012
20. Nablabs, kotisivu. http://www.nablabs.fi/data/liitteet/142027=naytteenotto-ohje_pilaantuneet_maat_17.5.2006.pdf. Luettu 5.4.2012
21. Vesilaitosyhdistys VVY, kotisivu. http://www.vvy.fi/index.phtml?150_m=370&s=107. Luettu 6.4.2012
22. Prominent Finland, veden desinfiointi. <http://www.prominent.fi/Sovellukset/Desinfiointi.aspx>. Luettu 15.3.2012
23. Hyxo Oy, kotisivu. <http://www.hyxo.com/>. Luettu 10.4.2012
24. Virtuaaliyliopisto, kotisivu. http://virtuaaliyliopisto.jyu.fi/oppi/ako/Sanasto/document.2007-04-24.1027628888/document_view/#Ohimenev%C3%A4. Luettu 10.3.2012
25. Matti Pulkkinen: Aktiivihiihen aktivointi, regenerointi ja käyttö. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24820/Matti_Pulkkinen.pdf?sequence=1. Luettu 20.3.2012
26. Tuomas Ojanperä: Helsingin energian kaukolämmön lisäveden tuotanto- ja syöttökäsiteetti. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29431/helsingi.pdf?sequence=1>. Luettu 18.3.2012
27. Nordic committee on food analysis. Coliform bacteria. No.44 6th ed. 2004.
28. Nordic committee on food analysis. Thermotolerant coliform bacteria and Escherichia coli. Enumeration in food and feed. No 125, 4th ed. 2005.
29. Noramaa Oy, kotisivu. <http://www.noramaa.fi>. Luettu 24.4.2012
30. Valveensähkökone etusivu. <http://www.valveensahkokone.fi>. Luettu 24.4.2012
31. Oy Barock Ltd, kotisivu. http://www.barock.fi/Esitteet/Asennus%20ja%20huolto_Wellzone_avokaivo.pdf. Luettu 15.5.2012

32. Wetec Finland Oy, kotisivu. <http://www.wetec.fi/>. Luettu 16.5.2012
33. Hoh Separtec Oy, kotisivu. <http://www.hoh.fi>. Luettu 17.5.2012
34. JohnSell, kotisivu. <http://www.johnsell.fi>. Luettu 17.5.2012
35. PSKT verkkokauppa, kotisivu. <http://kauppa.pkst.fi>. Luettu 18.5.2012
36. Wood-Group, kotisivu. <http://www.wood-group.fi/tuotesivut/mara.htm>. Luettu 18.5.2012
37. Hakusanat rengaskaivo ja porakaivo, kuvahaku. <http://www.google.fi>. Luettu 19.5.2012
38. Antikainen Merja, Britschgi Ritva Ekholm-Peltonen Maria. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Ympäristöopas. Edita Prima Oy, Helsinki 2009.
39. Hakonen Virpi: Monipaikkaisen minifermentorin validointi mikrobiologisiin määrittäyksiin. Insinöörityö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31406/Hakonen_Virpi_valmis.pdf?sequence=1. Luettu 22.5.2012

Liite 1: Metropolilab:n mikrobiologiset tulokset



TESTAUSSELOSTE 2011-18829
Vesi

1(1)
15.12.2011

Tilaja

Rantanen Teemu

Lainkaarentie 21 B
00690 HELSINKI



Näytetiedot	Näyte	Vesinäyte		
	Näyte otettu	14.12.2011	Kellonaika	10.00
	Vastaanotettu	14.12.2011	Kellonaika	12.10
	Tutkimus alkoi	14.12.2011	Näytteenoton syy	Tilaustutkimus
	Ottopiste	Karjalohja		
	Näytteen ottaja	Tilaja		

Analyysi	Menetelmä	18829-1	18829-2	Yksikkö
Koliformiset bakteerit	* Colilert Quanti Tray	48	21	mpn/ 100 ml
Escherichia coli	* Colilert Quanti Tray	<1	1	mpn/ 100 ml

*=näyte tutkittu akkreditoitulla menetelmällä

Yhteyshenkilö Klemettilä-Kirjavainen Eeva, 010 3913 410

Kalso Seija
toimitusjohtaja

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Postiosoite
PL 550
00099 HELSINGIN KAUPUNKI
metropolilab@hel.fi

Käyntiosoite
Viikinkaari 4
Helsinki 79
http://www.metropolilab.fi

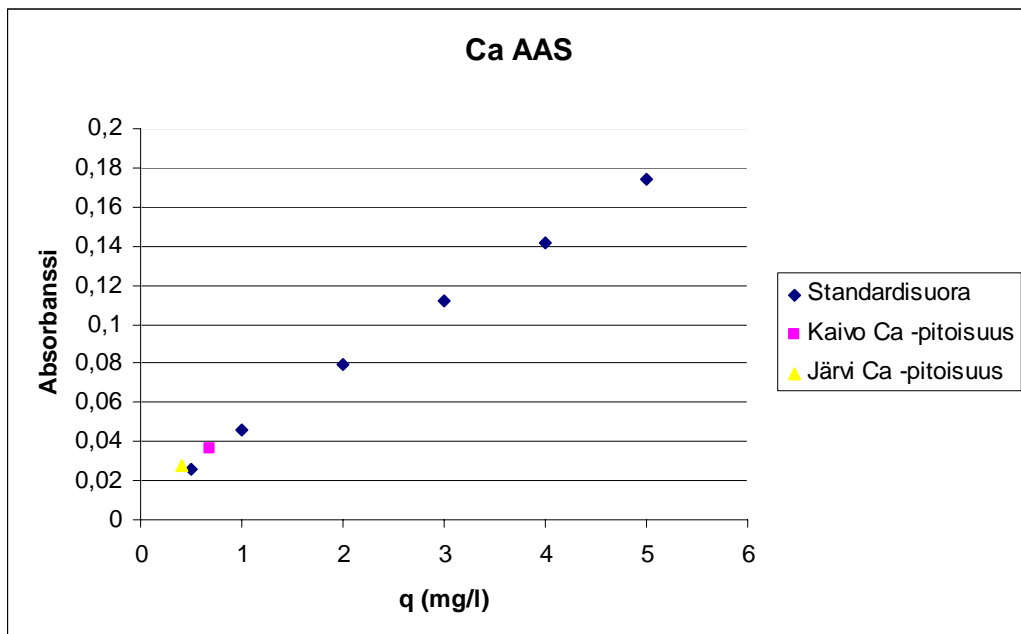
Puhelin
+358 9 310 31602

Faksi
+358 9 310 31626

Y-tunnus
2340056-8
Aiv. Nro
FI23400568

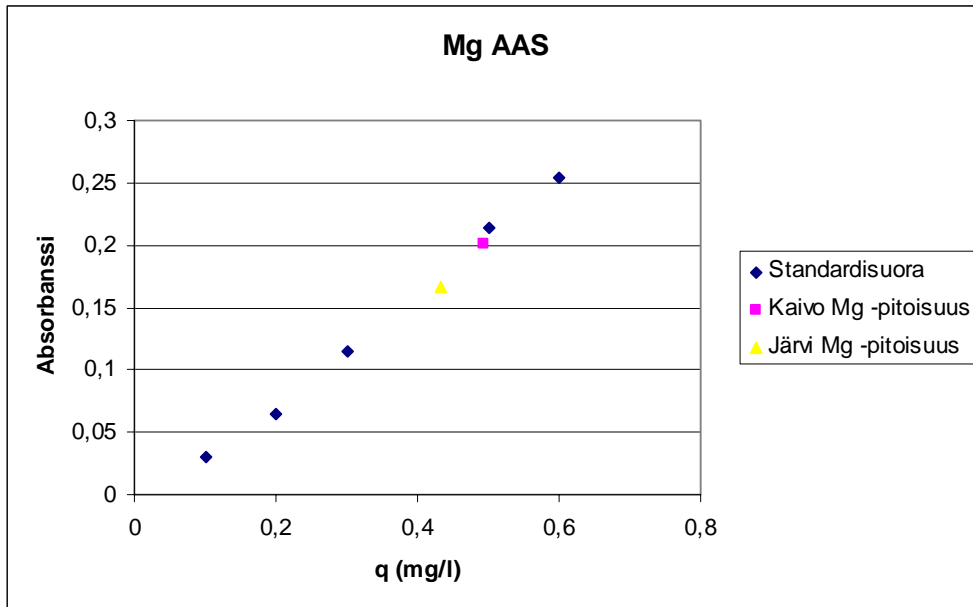
Liite 2: Kalsiumin määrittäminen

Ca	AAS	wave	422,6 nm	slit	0,7 nm			
	q (mg/l)		0,5	1	2	3	4	5
	A		0,026	0,046	0,079	0,112	0,142	0,174
kaivo	g (mg/l)		0,693					
	A		0,036					
järvi	g (mg/l)		0,407					
	A		0,028					



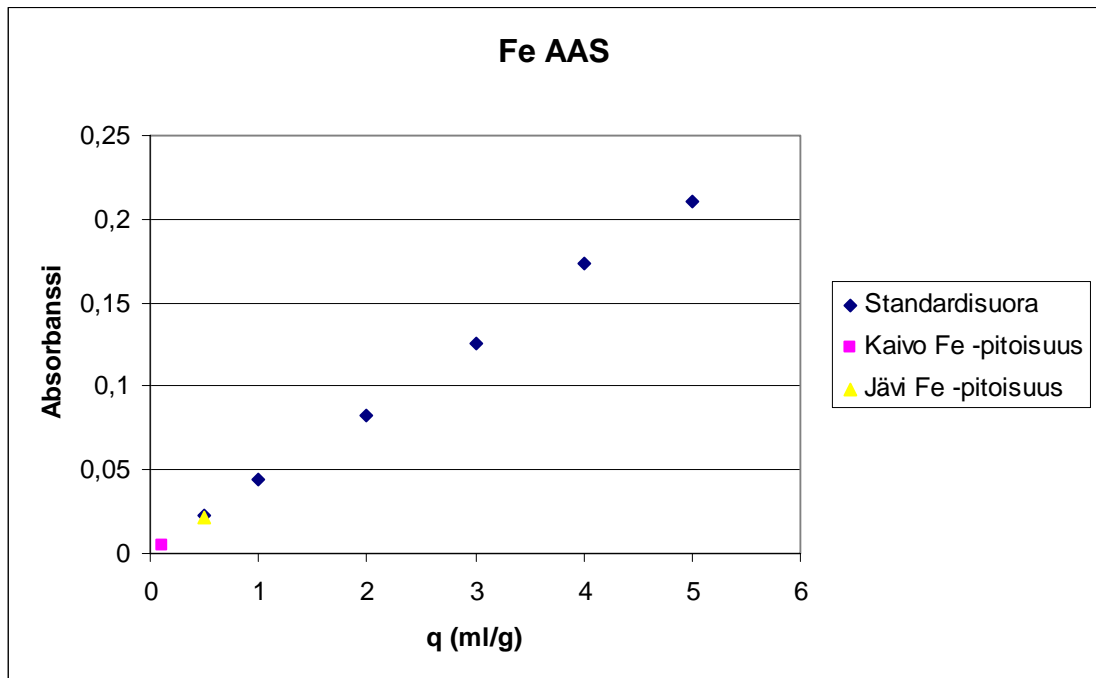
Liite 3: Magnesium määrittäminen

Mg	AAS					
	wave	285,2 nm	slit		0,7 nm	
	q (mg/l)	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6
	A	0,03	0,065	0,115	0,214	0,254
kaivo	g (mg/l)	0,494				
	A	0,201				
järvi	g (mg/l)	0,432				
	A	0,167				



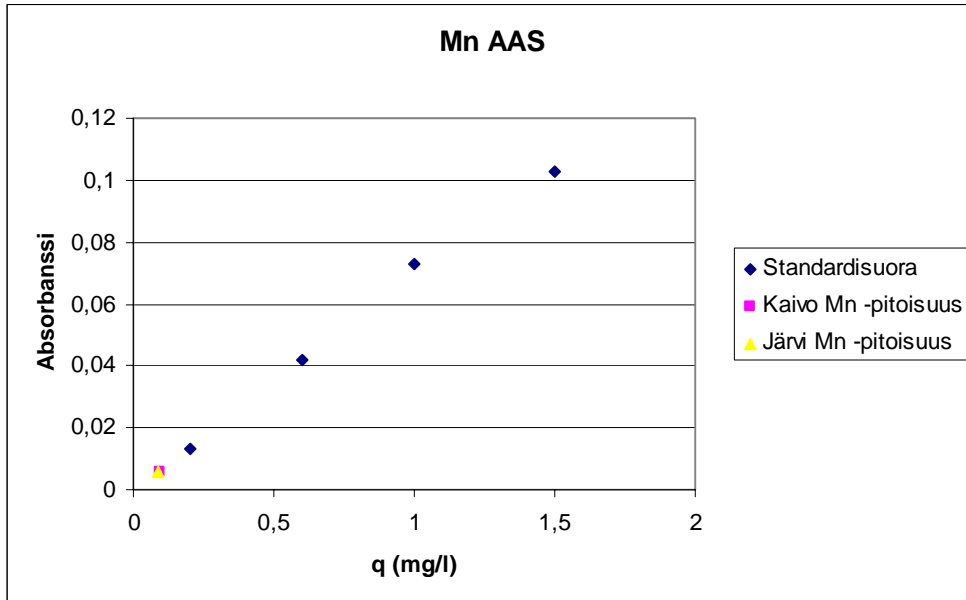
Liite 4: Raudan määrittäminen

Fe		AAS					
	wave	248,3 nm		slit		0,2 nm	
	q (mg/l)	0,5	1	2	3	4	5
	A	0,023	0,044	0,082	0,126	0,173	0,211
kaivo	g (mg/l)	0,118					
	A	0,005					
järvi	g (mg/l)	0,499					
	A	0,022					



Liite 5: Mangaanin määrittäminen

Mn		AAS			
	wave	279,5 nm		slit	0,2 nm
	q (mg/l)	0,2	0,6	1	1,5
	A	0,013	0,042	0,073	0,103
kaivo	g (mg/l)	0,093			
	A	0,006			
järvi	g (mg/l)	0,087			
	A	0,006			



Liite 6: Kemiallinen hapenkulutus

Kemiallinen hapenkulutus

	Kaivo	Järvi	Nollanäyte
Natriumtiosulfaatin kulutukset (ml)	1,0	1,1	2,2
	1,0	1,3	
COD -luku (mg/l)	9,6	8,0	-

Liite 7: Kaivoveden ionikromatogrammi

Report date: 07/11/2011 15:29:16
 Printed by:

Ident: Kaivovesi Isosuonia
 Analysis from: 07/11/2011 13:24:02
 File: vb071324.chw
 Modified: Manual peaks
 Method: Vihdinprojekti.mtw
 Run operator:
 Analysis number: 3882

Last save: 07/11/2011 11:39:00
 Last save: 04/11/2011 09:06:44

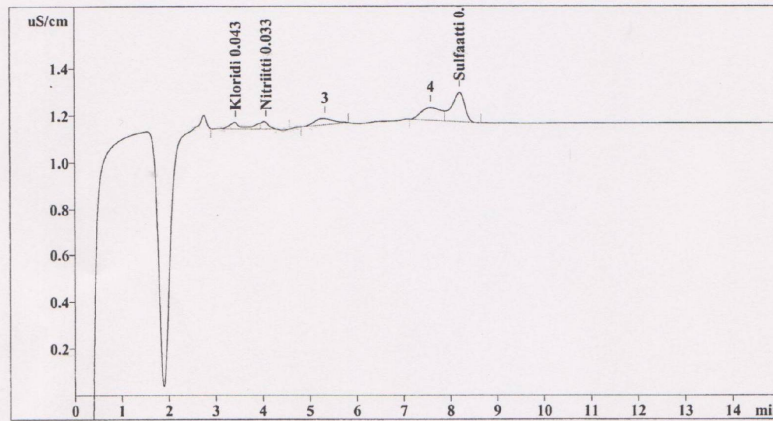
SAMPLE: Teemu Rantanen

Vial number: 1
 Volume: 1.0 µl
 Dilution: 1.00
 Amount: 1.0000

COLUMN:
 Size: 2.0 x 60 mm
 Number:
 Part.size: 5.0 µm

ELUENT: 1mmol NaHCO₃; 3,2mmol Na₂CO₃

Flow: 0.70 mL/min
 Temperature: 20.0°C
 Pressure: 6.1 MPa



Quantitation method: Custom

No	Retention min	Height uS/cm	Area uS/cm*sec	Conc. mg/l	Name
1	3.43	0.03	0.635	0.043	Kloridi
2	4.08	0.03	0.283	0.033	Nitriitti
3	5.33	0.03	0.761	0.000	
4	7.58	0.05	1.594	0.000	
5	8.20	0.12	2.375	0.093	Sulfaatti
5	15.01	0.26	5.647	0.169	

This report has been created by IC Net

Liite 8: Järviveden ionikromatogrammi

Report date: 07/11/2011 13:22:27
 Printed by:

Ident: Järvivesi Isosuonio2
 Analysis from: 07/11/2011 12:32:41
 File: vb071232.chw
 Modified! Manual peaks! Last save: 07/11/2011 10:47:38
 Method: Vihdinprojekti.mtw Last save: 04/11/2011 09:06:44
 Run operator:
 Analysis number: 3881

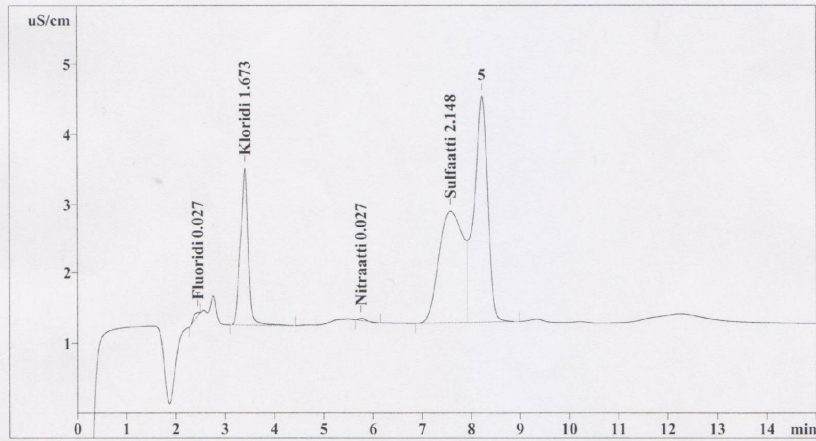
SAMPLE: Teemu Rantanen

Vial number: 1
 Volume: 1.0 µl
 Dilution: 1.00
 Amount: 1.0000

COLUMN:
 Size: 2.0 x 60 mm
 Number:
 Part.size: 5.0 µm

ELUENT: 1mmol NaHCO₃; 3,2mmol Na₂CO₃

Flow: 0.70 mL/min
 Temperature: 20.0°C
 Pressure: 6.0 MPa



Quantitation method: Custom

No	Retention min	Height uS/cm	Area uS/cm*sec	Conc. mg/l	Name
1	2.44	0.05	0.527	0.027	Fluoridi
2	3.41	2.27	24.502	1.673	Kloridi
3	5.75	0.03	0.210	0.027	Nitraatti
4	7.58	1.61	54.732	2.148	Sulfaatti
5	8.23	3.24	62.529	45.666	Fosfaatti
5	15.01	7.20	142.501	49.542	

This report has been created by IC Net

Liite 9: Asemapiirros loma-asunnolta

ASEMAPIIRROS 1:500

