

Kärkölän vedenottamoiden kehittäminen

Kirkonkylän ja Hiidenmäen pohjavedenottamot

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2023

Maria Kakko

Tiivistelmä

Tekijä Maria Kakko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 35	Valmistumisaika 2023
Työn nimi Kärkölän vedenottamoiden kehittäminen Kirkonkylän ja Hiidenmäen pohjavedenottamot		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikka		
Toimeksiantajaorganisaatio Kärkölän kunta		
Tiivistelmä <p>Työssä selvitettiin Kärkölän kunnan pohjavedenottamoiden nykytila ja pohdittiin mahdollisia keinoja kehittää toimintaa varautumisnäkökulmasta. Työn tarkoitus oli saada aikaan epävirallinen dokumentti Kärkölän kunnan päätöksenteon avuksi. Työn aikana käytettiin kirjallisia lähteitä, kuten oppikirjoja, verkkojulkaisuja ja Kärkölän kunnan omia tilastoja. Lisäksi apuna oli muutamien asiantuntijoiden ja laitoshenkilökunnan haastattelut.</p> <p>Suomessa vesihuollon järjestäminen ja kehittäminen on kuntien vastuulla. Talousve- teen liittyvät lait ja asetukset olivat oleellinen osa varautumista ja riskienhallintaa, ja siksi niiden ottaminen huomioon oli tärkeää. Selvitystyön avulla löytyi useita syitä ja toimia, joilla Kärkölän kunnan vedentuotannon riskejä voitaisiin pienentää. Tärkeimpiä toimia oli Kirkonkylän vedenottamon laitusrakennuksen ja prosessilaitteiden uusiminen ja vedenotto-kaivon suojaaminen. Työn aikana selvitettiin myös mitä kaikkia lupia ja suunnitelmia kunnan täytyy hakea ja päivittää, jos vedenottamo uusitaan. Niitä löytyi useita, esim. riskienhallintasuunnitelma ja erityistilannesuunnitelma.</p>		
Asiasanat pohjavesi, vedenkäsittely, varautuminen, talousvesi.		

Abstract

Author	Type of Publication	Published
Maria Kakko	Thesis, UAS	2023
	Number of Pages	
	35	
Title of Publication		
Development plan of groundwater facilities for Kärkölä Kirkonkylä and Hiidenmäki groundwater abstraction facilities		
Degree, Field of Study		
Engineer (UAS), Energy- and Environmental Engineering		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)		
Municipality of Kärkölä		
Abstract		
<p>The text describes a study conducted on the current state of groundwater abstraction facilities in the municipality of Kärkölä and explores possible ways to improve operations from a preparedness perspective. The purpose of the work was to create an informal document to assist Kärkölä municipality's decision-making. The study utilized written sources such as textbooks, online publications, and Kärkölä municipality's own statistics. Interviews with several experts and facility personnel were also conducted. In Finland, the responsibility for organizing and developing water supply lies with municipalities. Laws and regulations related to drinking water were essential aspects of preparedness and risk management, making it crucial to consider them. The investigation identified several reasons and ways to reduce the risks of water production in Kärkölä municipality. Key actions included the renovation of the Kirkonkylä water abstraction facility building and process equipment, as well as the protection of the water abstraction well. The process of obtaining various permits and updating plans required by the municipality when renewing a water abstraction facility was also examined. Several such plans were identified.</p>		
Keywords		
groundwater, water treatment, preparedness, drinking water.		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Vesivarannot.....	3
2.1	Globaalit vesivarannot	3
2.2	Suomen vesivarannot	3
2.3	Kärkölän vesivarannot	4
2.4	Pohjaveden muodostuminen	5
2.5	Pohjaveden pilaantuminen.....	6
3	Ilmastonmuutos ja vesihuolto.....	7
4	Talousveden lainsäädäntö	8
5	Talousveden valmistus	10
5.1	Talousveden laatu	10
5.2	Vesilaitos	11
5.3	Vedenpuhdistuksen yksikköprosessit Kärkölässä	11
5.3.1	Alkalointi	12
5.3.2	Desinfointi	13
5.3.3	Hiekkasuodatus	14
5.3.4	Ilmastus	14
5.4	Vesilaitoksen suunnittelu	14
6	Kärkölän vedenottamoiden kehittäminen	17
6.1	Yleistilanne Kärkölässä.....	17
6.2	Kirkonkylä.....	18
6.3	Hiidenmäki ja mangaanin poisto	19
7	Menetelmät.....	21
8	Vedenottamoiden kehittäminen.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
8.1	Laitosten kehittäminen	22
8.2	Tarvittavat luvat	25
9	Yhteenvedo ja pohdinta	27
	Lähteet	28

1 Johdanto

Vesihuolto on elintärkeä yhdyskunnan palvelu, jolla on välitön merkitys ihmisille terveydellisenä tekijänä. Kaupungeissa vesihuoltoa ei huomata ennen kuin vedensaannissa ilmenee määrällisiä tai laadullisia puutteita tai kun vedenpaine laskee alle totutun painetason. Vesilaitos alkaa siitä, kun raakavesi ensimmäisen kerran poistetaan luonnonympäristöstään. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 15-27.) Juomavettä on pyritty puhdistamaan jo antiikin Roomassa ja on olemassa teoria, jonka mukaan Rooman imperiumi luhistui vesijohdoissa käytetyn lyijyn aiheuttaman lyijymyrkytyksen takia (Isoaho, 2006). Suomessa ensimmäinen yleinen vesilaitos aloitti vuonna 1876 Helsingissä Vantaanjoen rannalla. Talousveden terveydellinen laadunvalvonta aloitettiin kuitenkin vasta 1960-luvulla. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 15-27.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Kärkölän kunnan pohjavedenottamoiden kehitystarpeita erityisesti varautumisnäkökulmasta. Kärkölä on alle 5000 asukkaan kunta Päijät-Hämeen maakunnassa, naapureinaan Mäntsälä, Hollola, Orimattila ja Hausjärvi. Kärkölän kunnalla on kolme pohjavedenottamoa, ylävesisäiliö (Kuva 1) ja vuonna 1977 rakennettu jätevedenpuhdistamo. Jätevedenpuhdistamo lopettaa toimintansa, kunhan siirtoviemäri Hollolan kautta Ali-Juhakkalan vedenpuhdistamolle (Lahti Aqua Oy) valmistuu. (Kärkölän kunta.)



Kuva 1. Ylävesisäiliö.

Tämä selvitys koskee pohjavedenottamoiden kuntoa. Selvityksen ulkopuolelle jää verkoston kunto ja ylävesisäiliöön liittyvät asiat, sekä jätevedenpuhdistus kokonaisuudessaan.

Tavoitteena tuottaa Kärkölen kunnalle dokumentti, joka auttaa tulevaisuuden päätöksenteossa. Tässä opinnäytetyössä käsitellään vesivarantoja, pohjavettä, talousveteen liittyvää lainsäädäntöä, talousveden valmistusta, ilmastonmuutoksen vaikutuksia talousveden valmistukseen ja lopuksi Kärkölen kunnan vedenottamoiden kehitysehdotuksia. Lähteinä on käytetty mm. Suomen lainsäädäntöä, VVY:n eli Vesilaitosyhdistyksen julkaisuja, ja Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y.:n vesihuollon käsikirjoja (Osat 1 ja 2), asiantuntijoiden haastatteluja ja Kärkölen kunnan omia tilastoja.

2 Vesivarannot

2.1 Globaalit vesivarannot

Maapallon vesivarat ovat jatkuvassa kierrossa ilmakehän, merten, maaperän ja kaikkien kasvien ja eliöiden välillä. Ilmiö tunnetaan maapallon hydrologisena kiertona, jota ylläpitää auringon energia ja painovoima. Suurin osa vesivaroista eli noin 97,5 % on suolaista ja sijaitsee valtamerissä, loput 2,5 % on makeaa vettä. Makean veden varoista jää jäätiköihin sitoutuneen veden jälkeen ihmisen käytettäväksi noin 1 %. Ihminen kuluttaa noin 70 % makeasta vedestä maataloudessa, noin 20 % teollisuudessa ja noin 10 % kotitalouksissa. (Karttunen & Tuhkanen 2003, 71-74; Keskitalo 2017, 9-10.)

Vesi aiheuttaa eri alueilla erilaisia ongelmia. Joitakin alueita kiusaa kuivuus, kun taas toisaalla vaivaa tulvat. Liikakäyttö, saastuminen ja ilmastonmuutos aiheuttavat hyödynnettävien vesivarantojen heikkenemistä, jota voidaan pitää ihmiskunnan yhtenä pahimmista uhista. Ihmisten hyödynnettäväksi kelpaavan veden vähäisyyden helpottamiseksi on kehitetty paljon eri tekniikoita, kuten esimerkiksi talousveden puhdistus, jätevedenpuhdistus ja tekopohjaveden valmistus. Näiden menetelmien hyödyntäminen vaatii kuitenkin yleensä kehittyneitä tekniikkoja, eivätkä ne siksi pysty kuin lievittämään turvallisen ja riittävän veden saatavuutta, joka on pahin kehittyvissä maissa. (Keskitalo 2017, 15-16.) Puhtaan veden merkitys on tunnustettu myös kansainvälisissä yhteisöissä. YK:n kestävän kehityksen tavoitteet hyväksyttiin vuonna 2015 ja ne sisältävät tavoitteen varmistaa puhtaan veden ja turvallisten sanitation (SDG 6) saannin kaikille. Tällä hetkellä jopa 663 miljoonaa ihmistä joutuu elämään ilman kunnollista juomaveden lähdettä. (Suomen YK-LIITTO.)

2.2 Suomen vesivarannot

Suomen ympäristökeskuksen (2022) mukaan Suomen noin 5000 pohjavesialuetta on jaettu käytön ja merkityksen mukaisesti. Pohjavesialue on sellainen pohjavesimuodostuma, josta on mahdollista ottaa merkittäviä määriä pohjavettä tai jolla on huomattava merkitys ekosysteemille. Pohjavesialueet täytyy huomioida maankäytön suunnittelussa ja rakentamisessa. Suomessa kaikilla pohjavesialueilla arvioidaan syntyvän yli 5 miljoonaa kuutiometriä pohjavettä vuorokaudessa. Pohjavettä sekä tekopohjavettä kulutetaan noin 0,7 miljoonaa kuutiometriä vuorokaudessa, eli vesivarannot ovat runsaat. Pohjavesivarojen lisäksi Suomessa on runsaasti pieniä ja matalia järviä, noin 57 000 yli hehtaarin kokoista järveä ja tätä pienempiä järviä tai lampia jopa 300 000. Suomen järvien yhteenlaskettu vesitilavuus on noin 235 kuutiokilometriä, jonka määrä vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Vesienhoitolain (1299/2004) mukainen pohjavesialueiden jaottelu toimii sen mukaan,

kuinka hyvin ne soveltuvat vedenhankintaan. Sekä niiden mahdollisen suojelutarpeen mukaan. Ensimmäiseen (1-luokka) kuuluvat vedenhankintaa varten tärkeät alueet, joiden vettä käytetään tai on tarkoitus käyttää yhdyskunnan vedenhankintaan taikka talousvedenä enemmän kuin keskimäärin 10 m³/d tai yli 50 ihmisen tarpeisiin. Toiseen luokkaan (2-luokka) kuuluvat muut vedenhankintaan soveltuvat pohjavesialueet, jotka antoisuuden ja muiden ominaisuuksien perusteella soveltuvat 1 kohdassa tarkoitettuun käyttöön. Viimeinen luokka on E-luokka johon kuuluvat pohjavesialueet, joiden pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemi on suoraan riippuvainen. (Suomen ympäristökeskus 2022.)

Suomen noin 5000 pohjavesialueesta noin joka kolmas sijaitsee Lapin ELY-keskuksen alueella. Vähiten pohjavesialueita on rannikkoalueilla. (Suomen ympäristökeskus 2022.) Suomessa noin 75 % käytettävästä talousvedestä on pohjavettä tai tekopohjavettä, ja loput 25 % pintavedestä käsiteltyä talousvettä (Vesilaitosyhdistys VVY).

2.3 Kärkölen vesivarannot

Kärkölen kunnan alueella on vedenhankintaan neljä tärkeää 1-luokan pohjavesialuetta ja yksi 2-luokan vedenhankintakäyttöön soveltuva pohjavesialue, jotka näkyvät kuvassa (Kuva 2). Yhtään E-luokiteltua pohjavesialuetta ei ole. (Hämeen ELY-keskus 2021.) Kärkölen Vesi vastaa talousveden jakelusta Kärkölen kunnan alueella. Vesijohtoverkon piirissä on noin 3300 asukasta ja verkostoon pumpatun veden määrä on ollut vuonna 2022 noin 620 m³/d. Kärkölen Vedellä on käytössä kolme pohjavedenottamo, jotka ovat Korinlähde, Hiidenmäki ja Kirkonkylä. (Kärkölen kunta.)

Kärkölen vesilaitoksen dokumenteista selviää, että Korinlähde on käyttöönotettu toukokuussa 2010 ja toimii päävedenottamona. Se sijaitsee 1-luokan pohjavesialueella, ja vedenottoluvan mukaisesti siitä saa ottaa vettä enintään 1000 m³/d kuukausikeskiarvona laskettuna. Pohjaveden laatu on korinlähteen kaivoista vuoden 2022 yhteistarkkailuohjelman tuloksien mukaan happipitoista. Rauta- (Fe) ja mangaanipitoisuudet (Mn) ovat alle laboratorion määrittämissä rajan (Mn < 3 µg/l , Fe < 15 µg/l). Toukokuun 2022 näytteessä kaivosta 2 todettiin kohonnut pesäkeluvun arvo ja kolimuotoisia bakteereja 1 mpn/100 ml (most probable number MPN), mutta muilta osin pohjaveden laatu täyttää talousveden laatuvaatimukset ja -tavoitteet.

Hiidenmäen vedenottamo sijaitsee 1-luokan pohjavesialueella (Järvelä B), siltä saa vedenottoluvan mukaisesti ottaa enintään 1000 m³/d kuukausikeskiarvona laskettuna. Hiidenmäen pohjavedenlaatu on niukkahappista ja kohonneet mangaanipitoisuudet ovat sille tyypillisiä. Muuten pohjavesi on ominaisuuksiltaan hyvälaatuista ja täyttää talousveden laatuvaatimukset ja -tavoitteet. (Kärkölen kunta.)

Kirkonkylän vedenottamo sijaitsee Supinmäki-Myllykylä 1-luokan pohjavesialueella. Pohjavedet purkautuvat luonnostaan alueen lähteiltä, jonne on rakennettu Kirkonkylän vedenottamo. Kirkonkylän vedenottamolta saa vedenottoluvan mukaisesti ottaa korkeintaan 650 m³/d vuosikeskiarvona laskettuna. Pohjaveden laatu Kirkonkylän kaivoissa on happipitoista, eikä siinä esiinny rautaa tai mangaania, muutenkin se täyttää ominaisuuksiltaan talousveden laatuvaatimukset ja -tavoitteet. Vedenottamolla on nitraattipitoisuus koholla (16 mg/l), mutta se alittaa kuitenkin laatuvaatimusten mukaisen enimmäispitoisuuden (50 mg/l). (Kärkölän kunta.)



Kuva 2. Kärkölän pohjavesialueet (Maanmittauslaitos).

2.4 Pohjaveden muodostuminen

Pohjavettä syntyy silloin, kun sade- tai sulamisvedet imeytyvät maakerrosten lävitse tai kallioperän ruhjeisiin. Yleensä voidaan ajatella, että veden laatu paranee suotautuessa. Veden hyvät liuottavat ominaisuudet voivat myös liottaa maaperästä laatua heikentäviä aineita, kuten arseenia tai fluoria pohjaveteen. Pohjavedestä puhuessa käytetään yleensä termejä sadanta, valunta, haihdunta ja imeytyminen. Yhdessä ne muodostavat veden jatkuvan kierron maapallon vesikehässä. Pohjavesivyöhyke eli akviferi rajautuu pohjave-

den pinnan ja vettä läpäisemättömän kerroksen väliin. Vesi kyllästää maaperän, kuten hiekan ja soran huokoset sekä kallioperän raot. Yleensä Suomessa pohjaveden pinta on 2–4 metrin syvyydessä maanpinnasta, mutta harjualueilla se saattaa olla jopa 30 metrin syvyydessä. Pohjaveden antoisuutta voidaan parantaa tekopohjaveden muodostamisella eli imeyttämällä pintavettä maaperään esimerkiksi sadetuksen avulla. (Isomäki, Valve, Kivimäki & Lahti 2006, 7-9.)

2.5 Pohjaveden pilaantuminen

Suomen vesilaitosyhdistys ry:n (2018, 12-15) mukaan pohjaveden pilaantuminen on aina ihmisen vaikutuksen aiheuttamaa. Vaikka se on pintavettä paremmin suojattuna maan alla, sitä kuitenkin uhkaavat monet ihmisen toiminnot, kuten esimerkiksi maaperään vahingossa tai tahallisesti joutuneet kemikaalit, jätevedet tai huoltamoiden öljysäiliöt. Pintavettä voi pilata myös maatalouden tai liikenteen päästöt. Erityisen riskialttiita alueita ovat sellaiset, joissa sora- ja hiekkamaa läpäisee veden lisäksi hyvin haitta-aineita ja sellaiset, joissa pohjaveden ja maanpinnan välillä on lyhyt etäisyys. Pohjaveden suojaamisessa riskien ennakointi ja varautuminen ovat ensisijaisen tärkeitä. Pohjaveden laatutarkkailua tehdään vedenottoaivoista tehtyjen näytteiden avulla. Pohjavesiä suojellaan esimerkiksi pohjavesien suojelusuunnitelman avulla. Siitä löytyy mm. tiedot kyseistä pohjavesialuetta koskevista riskeistä ja niihin varautumisesta.

Pohjavettä suojellaan Suomessa usean lain voimin. Niitä ovat muun muassa ympäristönsuojelulaki (527/2014), joka sisältää pohjaveden pilaamiskiellon 17 § ja maaperän pilaamiskiellon 16 §. (Ympäristöministeriö.)

3 Ilmastonmuutos ja vesihuolto

Meriläinen, Lanki, Miettinen, Hokajärvi, Simola, Tiittanen ja Yli-Tuomi (2019, 3-5) kertovat raportissaan, että toimivan vesihuollon edellytys on riittävä määrä laadukasta raakavettä. Ilmastonmuutos tulee todennäköisesti vaikuttamaan tulevaisuudessa sekä veden määrään että laatuun. Ilmastopaneelin raportin mukaan ilmastonmuutos vaikuttaa Suomessa vesihuoltoon monin tavoin. Sateiden lisääntyminen lisää ravinne- ja mikrobihuhtoumia, rankkasateet ja tulvat edistävät epäpuhtauksien imeytymistä pohjaveteen tai aiheuttavat ongelmia jätevesilaitoksille. Kuivuus voi lisätä epäpuhtauksia vedessä ja pienentää vesivarjoja. Lämpötilan nousu taas lisää sinilevöbakteerien määrää lämmittämällä pintavesiä, ja lisää mikrobien kasvua vesijärjestelmissä. Ilmastonmuutoksen aiheuttamat lisääntyneet myrskyt saattavat puolestaan aiheuttaa sähkökatkoja ja rankkasateita ja näin lisää vesihuollon toimintahäiriöitä. Tulevaisuudessa täytyy raportin mukaan ottaa huomioon muuttuvat olosuhteet vesistöissä ja hulevesien määrissä, sekä äärimmäisten sääolosuhteiden aiheuttamat riskit.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen vuonna 2018 talousvettä tuottaville vesihuoltolaitoksille teettämän kyselyn mukaan tulva, rankkasateet ja pitkät sateiset jaksot aiheuttivat eniten ongelmia raakaveden mikrobiologisessa laadussa viimeisen kymmenen vuoden aikana (2008-2018). Vedentuotantoon tai -jakeluun vaikuttavien sääilmiöiden osalta pohjavesilaitoksien vastauksissa korostuivat sähkönsaannin ongelmat. Niitä aiheuttivat eniten myrskytuuli, ukkonen, tulvat ja suuri lumimäärä tai tykkylumi. Vedenjakeluun koettiin vaikuttavan eniten routa ja myrskytuuli. Hellejaksot ja pitkittynyt kuivuus ei kuitenkaan aiheuttanut ongelmia veden saatavuudessa kuin noin 5 % vastanneiden mukaan vuosien 2008-2018 välillä. (Meriläinen ym. 2019, 9-10.)

Meriläisen ym. (2019, 33-34) selvityksen mukaan tärkeimmät keinot sopeutua ilmastonmuutokseen ovat vedenottoaivojen oikeanlainen sijoittaminen ja rakentaminen niin, ettei tulvivat valumavedet tai pintavesi pääse pilaamaan kaivoa. Vesimuodostumien antoisuuden määrittäminen kuivien kausien aikana, viemäriverkostojen mitoituksen tarkastaminen, varavoiman saatavuuden varmistaminen sähkökatkojen varalta ja jätevesipumppaamojen sijoittaminen pohjavesialueiden ulkopuolelle olivat myös tärkeitä keinoja. Vesihuoltolaitosten on taattava lainsäädännön (763/1994) vaatimuksesta turvallinen talousvesi, ja sen takia ilmastonmuutoksen tuomat muutokset on otettava huomioon vesihuoltolaitosten toiminnassa ja suunnittelussa.

4 Talousveden lainsäädäntö

Suomessa kaiken lainsäädännön ja julkisen vallan käytön perustana on perustuslaki (731/1999). Suomea sitoo myös useat kansainväliset sopimukset, kuten YK:n ihmisoikeussopimukset, joista varhaisimmat Suomi on ratifioinut 1976. Esimerkiksi TSS-sopimus, eli taloudellisten, sosiaalisten ja sivistyksellisten oikeuksien sopimus takaa oikeuden mm. sosiaaliturvaan, riittävään elintasoon, terveyteen ja hyvinvointiin, ja riittävään ravinnonsaantiin. (Suomen YK-liitto, 2023.) Näihin voidaan vuoden 2010 järjestetyn YK:n ihmisoikeusneuvoston yleiskokouksen mukaan lukea kuuluvan myös oikeus veteen ja viemärointiin osana ihmisarvoista elämää. (YK:n alueellinen tiedotuskeskus 2010).

Suomessa tärkeimmät vesihuoltoa ohjaavat lait ovat vesihuoltolaki (119/2001) ja vesilaki (587/2011). Vesilaista löytyy määräykset mm. vesivarojen käyttöön ja hoitoon, kun taas vesihuoltolaki ohjaa eri toimijoiden tehtäviä ja vastuita vesihuollon järjestämisestä. Talousveden laatuvaatimuksista ja valvonnasta vastaa Suomessa sosiaali- ja terveysministeriö, jota taas ohjaa EU:n juomavesidirektiivi. Juomavesidirektiivi, eli direktiivi ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta (Neuvoston direktiivi 98/83/EY), määrittelee vesihuollon tehtäväksi korkealaatuisen ja turvallisen talousveden toimittamisen ihmisille.

Terveydensuojelulaki (763/1994) tähtää terveyden ylläpitämiseen ja edistämiseen, sekä terveyshaittojen ennaltaehkäisyyn, vähentämiseen ja poistamiseen elinympäristöissä. Terveydensuojelulaki sisältää määräykset viranomaisten vastuista ja tehtävistä, niiden lisäksi on kokonainen luku pyhitetty talousvedelle ja lämpimälle käyttövedelle (5 luku). Terveydensuojeluasetuksesta (1280/1994) selviää talousvettä toimittavan laitoksen toimintaa koskevia määräyksiä.

Talousvesiasetus eli terveydensuojelulain nojalla sosiaali- ja terveysministeriön laatima asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta (1352/2015) on yksityiskohtaisempi ohjeistus talousveden laatuvaatimista ja -vaatimuksista. Se sisältää pykälät muun muassa talousveden käsittelystä ja siihen käytettävistä kemikaaleista ja desinfioinnista, sekä säännöllisen viranomaisvalvonnan järjestämisestä ja häiriötilanteisiin varautumisen suunnittelun sisällöstä. Talousvesiasetukseen sisältyy kolme liitettä, liite 1 sisältää taulukoituna talousveden laatuvaatimukset ja -tavoitteet, kuten mikrobiologiset ja kemialliset laatuvaatimukset, liite 2 koskee talousveden valvontatutkimuksia, ja liite 3 määrittymenetelmiä. Talousvesiasetusta sovelletaan talousveteen, jota toimitetaan vedenjakelualueelle tai otetaan vedenkäyttäjän omilla laitteilla kotitalouksien käyttöön vuosikeskiarvona vähintään 10 m³/d tai vähintään 50 henkilön tarpeisiin. Asetus koskee myös pullotettua vettä ja muuta vedenottajan omilla laitteilla julkiseen tai kaupalliseen käyttöön tulevaa talousvettä (Talousvesiasetus 1§ ja 2§).

Hulevesistä löytyy määräyksiä maankäyttö- ja rakennuslaista (132/1999), vedenhankinnan turvaamisesta valmiuslaista (1552/2011), ja ympäristönsuojelulaista (527/2014) ympäristöluvista ja ympäristön pilaantumisen tai sen vaaran torjunnasta. Vesienhoitolaki (1299/2004) eli laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä tähtää siihen, että Suomen pinta- ja pohjavesien tila on vähintään hyvä, eikä tilanne ainakaan heikkene. Laki jakaa Suomen seitsemään vesienhoitoalueeseen, joille laaditaan omat vesienhoitosuunnitelmat, ja niiden vastaavana viranomaisena toimii ELY-keskukset.

Suunnitelmallisuus ja varautuminen ovat tärkeitä vesihuollon turvaamiseksi, ja vesihuoltolaitoksilta edellytetään monia erilaisia suunnitelmia vesihuoltopalveluiden varmistamiseksi. Varautumissuunnitelma on kuntien vesihuoltolaitoksia koskeva normaaliolojen häiriötilanteita ja valmiuslaissa (1552/2011) tarkoitettuja poikkeustilanteita varten tehty suunnitelma. Se sisältää suunnitteluvälitteet ja riskiarvioinnin, haittojen ennaltaehkäisyä ja niiden vaikutusten vähentämisen, sekä toimenpiteet erityistilanteissa. Valtion viranomaisten, valtion liikelaitosten ja kuntien laatima valmiussuunnitelma on normaaliolojen häiriötilanteiden, suuronnettomuuksien ja poikkeusolojen varautumisen avuksi laadittu suunnitelma, ja se tähtää toiminnan etukäteisvalmisteluihin ja tehtävien mahdollisimman hyvään ja sujuvaan toteuttamiseen (valmiuslaki 1552/2011). Kunnan terveydensuojeluviranomainen laatii ja pitää ajan tasalla erityistilannesuunnitelmaa talousveden laadun turvaamiseksi, ja se on osa kunnan valmius- ja varotoimenpiteitä. Se tehdään yhteistyössä terveydensuojeluviranomaisten ja vesihuoltolaitoksen kanssa (Talousvesiasetus 1352/2015). Pohjavesialueen suojelusuunnitelma pyrkii turvaamaan pohjavesivarojen säilymistä käyttökelpoisena yhteensovitettuna maankäytön tarpeisiin. Se sisältää alueen hydrogeologisten ominaisuuksien ja riskitekijöiden selvityksen, sekä toimenpidesuosittelun laatimisen. Kunnan terveydensuojeluviranomaisen velvollisuuksiin kuuluu myös häiriötilannesuunnitelman laatiminen ja päivittäminen. Sen tavoitteena on talousveden laadun turvaaminen ja se on osa terveydensuojelulaissa tarkoitettua varautumista yhdessä muiden viranomaisten ja vesilaitoksen kanssa. Häiriötilannesuunnitelma ohjaa nimensä mukaisesti konkreettisesti sen, mitä talousvedenlaadun kannalta oleellisissa, ennalta tunnistetuissa häiriötilanteissa eri toimijoiden tehtävät. Lisäksi turvallisen talousveden takaamiseksi on olemassa talousveden toimenpideohjelma eli Water Safety Plan (WSP). Se pohjautuu Maailman terveysjärjestön (WHO) suositteluun malliin, ja sen tarkoituksena on tunnistaa koko vedentuotannon ja vedentuotantoketjuun sisältyvät riskit ja hallita niitä talousveden laadun turvaamiseksi. (Meriläinen ym. 2019, 20.)

5 Talousveden valmistus

5.1 Talousveden laatu

Valviran mukaan talousvettä on vesi, jota käytetään kotitalouksissa juomavetenä, pesuvedenä ja muihin kotitaloustarpeisiin. Talousvedeksi luokitellaan myös esimerkiksi elintarvikkeiden valmistukseen käytettävä vesi. Talousveden täytyy olla terveydelle haitatonta ja soveltua käyttötarkoitukseensa. Laadun turvaamisen on perustuttava varautumiseen ja riskienhallintaan. Talousveden valvontaa hoitaa kunnan terveydensuojeluviranomainen, ja laadun heikkenemisen syyt etsitään yhdessä vettä valmistavan laitoksen kanssa omaavonnan avulla. (Valvira, 2023.)

Kujala-Rädyn, Mattilan ja Santalan (2008, 36-40) mukaan talousveteen päässeet taudinaiheuttajabakteerit vaikuttavat veden hygieeniseen laatuun. Erilaisia veden laatua heikentäviä bakteereita on lukuisia, joten niiden tutkimuksen avuksi on valittu ns. indikaattoribakteerit. Indikaattoribakteereita hyödynnetään koska niitä esiintyy yleensä runsaasti silloin, kun taudinaiheuttajabakteereita on pienikin määrä. Lisäksi indikaattoribakteerien löytämiseen kehitetyt menetelmät ovat melko yksinkertaisia ja edullisia, toisin kuin taudinaiheuttajabakteereita varten kehitetyt menetelmät. Näitä indikaattoribakteereja ovat mm. E. coli, koliformiset bakteerit ja suolistoperäiset enterokokit. E. colin löytyminen vedestä on merkki ulosteperäisestä saastumisesta, joten vettä ei voi käyttää. Koliformiset bakteerit kertovat yleensä siitä, että pintavettä on päässyt talousveden sekaan esimerkiksi vedenottoaivon huonon rakenteen takia. Koliformisia bakteereita voi olla myös kasveissa, maaperässä tai teollisuusjätevesissä, mutta E.coli:a on vain ihmisten tai eläinten ulosteessa. Muita tautia aiheuttavia bakteereita ovat suolistoperäiset enterokokit, fekaaliset streptokokit, kampylobakteerit sekä EHEC (Enterohemorraginen Escherichia coli -bakteeri) ja salmonella. Tautia voivat aiheuttaa myös norovirukset, alkueläimet ja home- ja sädesienet.

Fysikaalis-kemiallisia laatutekijöitä ovat esimerkiksi rauta, mangaani, typpiyhdisteet, kloridi, fluoridi, sekä pH, väri, haju, sameus, kovuus sekä lämpötila. Raudan ja mangaanin veteen aiheuttamat ongelmat eivät ole terveydelle haitallisia, vaan ennemminkin teknisesti ongelmia. Ne voivat aiheuttaa sivumakua tai -hajua, värjätä kaakeleita tai pyykkiä, tai aiheuttaa tukoksia vesiputkissa. (Kujala-Räty ym. 2008, 36-40.)

Typpiyhdisteitä esiintyy yleensä hyvin vähän Suomen kallioperässä. Mahdollinen nitraattipitoisuuden kohoaminen johtuu yleensä jätevesistä tai nitraattipitoisten lannoitteiden käytöstä. Myös orgaanisen aineksen hajoaminen maaperässä voi aiheuttaa nitraattipitoisuuden nousua. Samoin kuin typpiyhdisteet myös kloridipitoisuus on Suomessa yleensä pieni (alle 4 mg/l). Useimmiten kloridipitoisuuksia nostaa merivesi, tiesuolaus tai jätevedet. Klo-

ridi voi aiheuttaa vedenjakelulaitteiden syöpymistä ja muuttaa veden makua. Fluoridia esiintyy rapakivialueilla Kaakkois-Suomessa ja Lounais-Suomessa. Vaikka se on ihmiselle välttämätön, voi fluoridi kuitenkin suurina pitoisuuksina aiheuttaa ongelmia hammaskiillelle ja luustolle. (Kujala-Räty ym. 2008, 36-40.)

5.2 Vesilaitos

Vesilaitosyhdistys ry:n (2018, 2, 20-21) mukaan raakavesi ja talousvedelle annetut laatuvaatimukset määrittelevät vedenpuhdistuksessa käytettävät menetelmät. Pohjavesi voisi olla juomakelpoista sellaisenaan, mutta yleensä se kuitenkin käsitellään ennen verkostoon johtamista. Pohjavesilaitosten prosesseja ovat tavallisesti alkalointi, raudan ja mangaanin poisto ja desinfiointi. Tekopohjavesilaitoksilla prosessi on vastaava, koska maaperässä kulkeutuessaan vesi puhdistuu lähes luonnon pohjaveden kaltaiseksi. Pintaveden kohdalla tilanne on toinen. Tavanomaisesti käytössä on aina monivaiheinen kemiallinen prosessi. Menetelmiin kuuluu välppäys, siivilöinti, saostuskemikaalin annostus ja pH:n säätö, hämmennys ja selkeytys, hiekkasuodatus, otsonointi, aktiivihilisuodatus sekä desinfiointi. Yleensä desinfiointimenetelmiä on käytössä useampi kerralla, jotta varmistutaan desinfiointin tuloksesta.

5.3 Vedenpuhdistuksen yksikköprosessit Kärkölässä

Kärkölän kunnan kolmella pohjavedenottamolla on kaikilla lähes samanlainen puhdistusprosessi. Korinlähteellä on alkalointimenetelmänä kalkkikivisuodatus, kun taas Hiidenmäessä ja Kirkonkylässä on lipeä. Kaikissa on UV-desinfiointi ja valmius tilapäiseen verkoston desinfiointiin natriumhypokloriitilla. Alla oleva taulukko (Taulukko 1.) on mukailtu versio Suomen ympäristökeskuksen ympäristöoppaasta (Isomäki ym. 2006, 29.), ja siinä on esitelty pohjavesilaitosten puhdistukseen käytettyjä yksikköprosesseja.

		Käsittelymenetelmä															
						Adsorptio		Ioninvaihto					Hapetus	Desinfiointi		Alkalointi	
Poistettava aine tai eliö	Talousveden laatuvaatimukset/ tavoitteet, enimmäisarvo ja yksikkö	Hiekkasuodatus	Hidassuodatus	Biosuodatus	VYR	Katalyyttiset massat	Aktiivihili	Anionimassa	Kationimassa	Sekamassa	Ilmastus ^x	Happi (ilma)	Kalium-permanganaatti	Klooraus	UV-säteily	Alkaloivat massat	Lipeä, sooda, kalkki
Mikrobit	0 pmy/100ml														**	**	
Ammonium	alle 0,50 mg/l		**								**						
Haju ja maku	xx		*			*	**				*	*					
Happamuus																**	**
Humus ja väri	xx		*		*	**				**							
Kovuus									**								
Mangaani	alle 50 µg/l	**	**	**	**	**							**				
Nikkeli	20 µg/l								**	**							
Nitriitti, nitraatti	0,10 mg/l , 50 µg/l							**									
Radon	1000 Bq/l						**				**						
Rauta	alle 200 µg/l		**	**	**	**						**	**				
Rikkivety			*			**					*	**					
Torjunta-aineet	0,10 µg/l						**										
Uraani	30 µg/l							**									
**käytetään yleisesti tämän yhdisteen poistamiseksi tai ominaisuuksien parantamiseksi																	
*soveltuu tämän yhdisteen poistamiseksi tai ominaisuuksien parantamiseksi, mutta ei ensisijaisena menetelmänä																	
^x yhdessä suodatuksen kanssa , xx ei epätavallisia muutoksia ja käyttäjien hyväksyttävissä																	

Taulukko 1. Vedenpuhdistuksen yksikköprosesseja (muokattu Isomäki ym. 2006, 29).

5.3.1 Alkalointi

Isomäki ym. (2006, 35) ja Kujala-Räty ym. (2008, 46-47) kertovat, että alkaloinnilla alennetaan veden happamuutta eli nostetaan pH-arvoa. Alkalointi sitoo vedessä olevaa syövyttävää hiilidioksidia ja se estää veden haitallista syövyttävyyttä verkostossa. Alkaloinnilla säädetään veden pH-arvo välille 7,5–8,5. Mitä kovempaa vesi on, sitä lähemmäksi 7,5 pH pyritään saamaan, jotta vältetään kalkin saostuminen lämminvesijärjestelmissä. Alkalointikemikaaleina käytetään lipeää eli natriumhydroksidia (NaOH), soodaa eli natriumkarbonaattia (Na₂CO₃) ja sammutettua kalkkia eli kalsiumhydroksidia (Ca(OH)₂). Lisäksi käytössä on alkaloivia massoja, kalkkikiveä eli kalsiumkarbonaattia (CaCO₃) ja dolomiittia eli kalsium- ja magnesiumkarbonaattia (CaMg(CO₃)₂). Lipeä ja sooda lisätään veteen laimennettuna liuksena käyttäen soveltuvaa pumppua. Kalkki voidaan lisätä kalkkimaitona, jossa kalkkihiukkaset eivät ole kokonaan liuenneina, tai kalkkivetenä. Kalkkivesi on kyllästetty liuos eli siihen ei liukene enää liuotettavaa ainetta. Yleensä pienillä vesilaitoksilla on käytössä lipeä tai sooda, koska kalkkia on hankala käsitellä. Annostusta voi ohjata joko virtaaman perusteella tai säätää se pH-arvon perusteella käyttämällä jatkuvatoimista pH-

mittausta. Varmin lopputulos saadaan, kun kytketään annostelu pumppujen käyntiaikoihin, virtaamamittariin ja lisäksi varmistetaan veden happamuus automaattisella pH-mittauksella.

Alkaloivien massojen käyttö on teknisesti helppoa. On olemassa avoimia ja suljettuja suodattimia, ja virtaussuunta voi olla joko ylhäältä alas tai päinvastoin. Alkalointimassa kuluu käytössä, joten suodattimeen on aika ajoin lisättävä uutta massaa. Vedessä oleva kiintoaine ja rauta voivat tukkia suodattimen. Rauta on poistettava vedestä ensin, ettei se saostu suodattimien pinnalle ja estä sen toimintaa. Alkaloivat massat on huuhdeltava ennen käyttöönottoa, koska yleensä kuljetuksen aikana massa jossain määrin murenee. Pehmeän veden alkalointiin kannattaa käyttää kalsiumpitoisia aineita, jotta veden kovuus lisääntyy samalla. Kovuuden ja pH-arvon liiallinen nostaminen saattaa toisaalta aiheuttaa saostumia lämminvesijärjestelmissä, minkä takia on hyvin tärkeää, että oikea annostus laskeaan tarkasti. Lipeän ja sooda eivät vaikuta kovuuteen, mutta yliannostus on terveydelle vaarallista. (Isomäki ym. 2006, 35; Kujala-Räty ym. 2008, 46-47.)

5.3.2 Desinfiointi

Desinfiointi on haitallisten, tautia aiheuttavien mikrobien eliminointia. Yleensä desinfiointiin käytetään klooria (mm. natriumhypokloriitti) tai UV-käsittelyä. Pintavesilaitoksilla on aina desinfioitava vesi ennen verkostoon johtamista ja se on aiheellista myös tekopohjavesilaitoksilla. Pohjavesilaitoksilla jatkuva desinfiointi on suositeltavaa, tai ainakin desinfioinnin täytyy olla helposti käyttöön otettavissa. (Kujala-Räty ym. 2008, 42-46.)

Isomäki ym. (2006, 30-32) ja Kujala-Räty ym. (2008, 42-26) toteavat, että kloriitin annostelu tapahtuu kalvo- tai mäntäpumpulla. Pumppujen materiaaliksi soveltuu polypropyleeni tai Teflon. Jos kloorin kulutus on vähäistä, kannattaa liuos laimentaa ennen syöttöä esimerkiksi 1 %, jotta annostus saadaan tarkaksi. Kloorin annostus saa olla enintään 5 mg/l, ja sen ylittäminen voi aiheuttaa epämiellyttävää hajua ja makua, sekä ärsytysreaktioita kuluttajille. Jäännösklooripitoisuuden verkoston ääriarvoilla on oltava vähintään 0,05 mg/l. Kloorin pitäisi vaikuttaa vähintään 30 minuuttia ennen ensimmäistä käyttöpistettä, jotta kloorin desinfiointivaikutus on riittävä. Veden pH:n täytyy olla välillä 6,5–7,5, jotta desinfiointi olisi tehokas. Natriumhypokloriitti säilyy parhaiten käyttökelpoisena, kun se varastoidaan viileässä ja pimeässä. Suojarakenteilla on estettävä kemikaalien pääsy maaperään ja pohjaveteen. Natriumhypokloriitti kiteytyy -30°C ja laimeammat liuokset jo pienemmillä pakkasilla, eli varastotila on oltava lämmitetty. Klooraus on ainoa keino varmistaa desinfiointivaikutus myös verkostossa. Jos vedessä huomataan indikaattoribakteereja, voidaan joutua suorittamaan shokkiklooraus. Shokkiklooraus voidaan suorittaa vesisäiliöille, verkostolle tai vedenottokaivoille. Veden klooripitoisuus on oltava 10-50 mg/l ja liuoksen an-

netaan vaikuttaa 1-3 vuorokautta. Vedestä otetaan vielä näytteet desinfiointin onnistumisen varmistamiseksi. UV-desinfiointi tapahtuu säteilyttämällä koko vesimassa ultravioletti-valolla. Oikein hoidettuna ja oikeissa olosuhteissa se on tehokas desinfiointitapa, mutta toisin kuin kloori, se ei suojaa vettä myöhemmin tapahtuvalta likaantumiselta. UV-laitteen ylläpitoon kuuluu käyntilaskurin ja säteilytehon viikoittainen luku. Säteilytehon laskiessa suojaputki on puhdistettava. Laitetta varten on myös pidettävä varaosia varastossa.

5.3.3 Hiekkasuodatus

Hiekkasuodatusta voidaan käyttää ilmastuksen kanssa poistamaan rautaa ja mangaania pohjavesilaitoksilla. Pintavesilaitoksilla on yleensä hiekkasuodatus poistamassa kemiallisen saostuksen ja selkeytyksestä läpi päässet saostumat. Suodatinmalleja on monia. Yksinkertaisin on yksikerroshiekkasuodatin, joka on hiekalla täytetty säiliö tai allas, johon vesi virtaa ylhäältä alas. Hiekkakerros on tyypillisesti 0,5–2 metriä paksu ja raekoko 0,5–1,5 mm. Säiliön tai altaan pohjassa on kantava suutinpohja ja siinä ilmasuuttimet vastavirtapesua varten. Monikerrossuodattimissa materiaalit on järjestetty niin, että kevein aines, kuten antrasiitti on ylimpänä, ja alimpana on hienoin ja raskain aine. Suodattimia ohjataan suodatusnopeuden, painehäviön, huuhteluvälin, huuhtelutavan ja huuhteluveden virtauksen avulla. Yleensä suodattimien toiminta on automaattista. (Isomäki ym. 2006, 38–40; Kujala-Räty ym. 2008, 49–51.)

5.3.4 Ilmastus

Ilmastuksen aikana veteen syötetään ilmaa ja sen tarkoituksena on hapettaa jokin yhdiste (esimerkiksi rauta) tai poistaa vedestä siihen liuenneita aineita. Ilmastus perustuu ilman hajottamiseen pisaroiksi, veden johtamiseen ilmavirtaan, tai vesipatjan kuplittamiseen. Edellä mainittujen lisäksi on käytössä erilaisia valutusmenetelmiä, joissa vesi valutetaan ohuena virtana erilaisia materiaaleja pitkin joko suljetuissa torneissa tai avoimissa altaissa. Kaikki ilmastimet limoittuvat ajan kanssa, mikä tarkoittaa pinnoille muodostuvaa bakteerikasvustoa. Ne vaativat aika ajoin pesua ja tarvittaessa desinfiointin. (Isomäki ym. 2006, 37–38; Kujala-Räty ym. 2008, 47–48.)

5.4 Vesilaitoksen suunnittelu

Vesilaitokseen kuuluu kaikki rakenteet ja laitteet, jotka on tarkoitettu vedenottoon raakavesilähteestä, vedensiirtoon yhdyskunnan alueella, sekä veden siirtoon, käsittelyyn ja jakeluun. Vesilaitos ja samalla sen vastuualue loppuu siinä kohdassa, jossa vesi tulee sen varsinaiselle käyttäjälle. Usein vesilaitokseen kuuluu vielä osa kiinteistöön vievästä tonttijohdosta. Vesilaitos myös omistaa kiinteistön vesimittarin. Vesilaitos saattaa tarvita toimin-

taansa myös erillisiä rakenteita itse vesistöissä, kuten veden säännöstelyyn ja juoksutukseen tarvittavia patoja. (Karttunen 2004, 229–234.) Tässä selvityksessä keskitytään olemassa olevan vedenottoaikan ja siinä sijaitsevan vedenottamon kehittämiseen, joten ohitamme vedenottoaikan, raakavesilähteen valinnan, pumppujen ja verkoston erilaiset mitoituslaskelmat ja ennusteet.

Karttunen (2004, 338–343) kertoo, että vesilaitoksen toimintaa suunniteltaessa on otettava huomioon veden yleiset laatuvaatimukset. Niitä ovat veden terveydellinen vaarattomuus, veden miellyttävä käyttökokemus ja veden tekninen moitteettomuus. Tärkein näistä on veden terveydellinen vaarattomuus. Terveysvaatimuksen takia talousvedenpuhdistus on tärkeässä erityisasemassa. Se on suuren ihmismäärän terveyteen ja hyvinvointiin välillisesti vaikuttava laitos. Veden miellyttävä käyttökokemus syntyy veden väristä, mausta tai hajusta, sekä lämpötilasta. Vaikka nämä ominaisuudet ovat toisarvoisia terveydellisiin vaatimuksiin verrattuna, ne ovat kuitenkin merkityksellisiä veden käyttäjille eli asiakkaille. Veden tekniset laatuvaatimukset tähtäävät putkiston ja laitteiden suojaamiseen. Vesi ei saa syövyttää, tukkia tai muuten vahingoittaa vedenkäyttäjien putkistoja tai laitteita. Samalla suojataan myös vesilaitoksen kalleinta osaa eli verkostoa.

Vesimäärän mitoitukseen itse laitoksessa ja verkostossa käytetään vedenkulutustietoja, kuten keskimääräistä vuorokausikulutusta, suurinta vuorokausikulutusta, huipputuntikulutusta, pienintä tuntikulutusta ja sammutusveden määrää. Käsittelytarve taas riippuu raakaveden ominaisuuksista, ja siitä millaiset tavoitteet puhdistustuloksille asetetaan. Erilaisia yksikköprosesseja on esitelty taulukossa (Taulukko 1.). Vesilaitoshankkeen ympäristövaikutukset on selvitettävä. Vedenpuhdistuslaitoksen suunnitteluun kuuluu monta vaihetta. Ensimmäisessä eli alustavassa suunnitelmassa kootaan hankkeen perustietojen perusteella ensimmäiset laskelmat ja luonnokset, joiden perusteella laaditaan vaihtoehtoisia suunnitelmia. Tämän jälkeen tilaaja valitsee sopivan jatkosuunnitelmavaihtoehdon. Vedenpuhdistuslaitoksen suunnitteluun osallistuu yleensä vesihuoltoinsinöörin lisäksi esimerkiksi kone-, sähkö- ja automaatio suunnittelijat. (Karttunen 2004, 229–234, 269-271, 338-351.)

Terveydensuojelulain (763/1994) mukaan veden käsittelyssä, toimituksessa ja varastoinnissa ei saa käyttää talousveden laatua heikentäviä materiaaleja tai kemikaaleja. EU:n juomavesidirektiivin mukaiset uudet luettelot eli positiivilistat määrittelevät jatkossa vaatimukset juomaveden kanssa kosketuksessa oleville materiaaleille. Siirtymäajan jälkeen vuonna 2030 vain sallittujen materiaalien luettelossa olevat materiaalit ovat hyväksytyjä talousveden kanssa käytettäväksi. (TUKES.)

Talousvedenpuhdistuslaitoksen prosessin pääpiirteiden valinta voidaan tehdä vesianalyysin perusteella. Tarkemmat yksityiskohdat kuten prosessissa käytettävät kemikaalimäärät on ensin selvitettävä laboratorio- ja pilot-kokein ja vielä lopullisesti säädettävä valmiin laitoksen käyttöä ja toimintaa seuraamalla. Laitoksen hydraulikka pyritään aina suunnittelemaan niin, että vesi kulkee painovoimaisesti, mutta hyvin pienillä laitoksilla se ei ole niin tärkeä periaate. Laitoksen suunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon myös rakennus- ja käyttökustannukset, syntyneen jätteen käsittely ja kiertotalouden näkökulmat. (Karttunen 2004, 340; Tantt, 2023.)

6 Kärkölän vedenottamoiden kehittäminen

6.1 Yleistilanne Kärkölässä

Korinlähteen vedenottamo on valmistunut vuonna 2010, eikä siihen kohdistu uudistus- tai korjaustarpeita tällä hetkellä. Käyttötarkkailusuunnitelman mukaisesti vuonna 2022 otetuista laboratorionäytteistä selviää, että Korinlähteen puhdistettu eli lähtevä vesi on talousvesiasetuksen mukaista. Toinen Korinlähteen kahdesta kaivosta on sellaisessa kohdassa, jossa sen laatu saattaa heiketä, jos lähialueella on sulamisvesien aiheuttamaa peltojen tulvimista (Kärkölän kunnan laitosmestari 2023).

Hiidenmäen vedenottamolla on kaksi vedenottoa, joista toisessa on mitattu sille tyyppillisen korkeita mangaaniarvoja, yli 200 µg/l. Toinen kaivo, josta vettä pääasiassa otetaan, on laadultaan hyvä. Laitoksen tilat ovat toimivat ja laitteet asianmukaisessa kunnossa. Kirkonkylän vedenottamon vedenlaatu on talousvesiasetuksen mukainen ja veden käsittelytarve on vähäinen. (Kärkölän kunta.) Kuvassa 3 ja 4 näkyy vedenottamon lipeäsäiliö ja esimerkkejä laitoksen kunnosta.



Kuva 3. Vedenottamon lipeäsäiliö.



Kuva 4. Vedenottamon laitoksen prosessitilat.

6.2 Kirkonkylä

Kirkonkylän vedenottamo kaipaa kokonaisvaltaista uudistusta. Laitoshenkilökunnan mukaan vanha rakennus on purettava ja rakennettava uusi tilalle. Vedenottoaivo tarvitsee suojarakennuksen. Tontti on kooltaan pieni, eikä siihen mahdu rakentamaan uutta rakennusta, kun vanha on vielä pystyssä, eli vanha on purettava ensin. Uusi vedenottamo voisi myötäillä Hiidenmäen vedenottamon pohjaratkaisua, koska puhdistusprosessi on samanlainen. Samankaltaisuus helpottaisi myös henkilökunnan työtä, kun tilat vastaisivat toiminnoiltaan toisiaan.

Kirkonkylän laitosta voisi kehittää maltillisesti parantamalla lipeän valmistuksen turvallisuutta lisäämällä säiliön tilavuuden kokoisen turva-altaan sen alle. Kärkölän kunnan laitostemestarin mukaan mahdollisten sähkökatkojen varalta laitoksella olisi hyvä olla kiinteä varavoimalaite, jonka voisi automatisoida lähtemään päälle tarvittaessa. Näin säästettäisiin se aika, joka kuluu liikuteltavan varavoimakoneen kuljettamiseen häiriötilanteessa. Uuteen laitokseen voisi myös miettiä pienen alavesisäiliön rakentamista, huuhteluvettä ja häiriötilanteita varten. Laitoksen automaatio ja laitokselta lähtevät hälytykset täytyy suunnitella uudelleen. Tämän kokoluokan laitoksen suunnitteluun ja rakentamiseen kuluisi aikaa noin kaksi vuotta (Tanttu 2023).

6.3 Hiidenmäki ja mangaanin poisto

Hiidenmäen ongelmana ovat toisen vedenotto-kaivon suuret mangaanipitoisuudet. Ne ylittävät moninkertaisesti talousvesiasetuksen suositukset, ja sen takia Hiidenmäellä on käytössä vain toinen kaivo vedenottoon. Hiidenmäen tilat ovat niin pienet, ettei sinne mahdu uutta prosessin osaa. Eli sitä varten pitäisi todennäköisesti laajentaa tiloja. Vaihtoehtoja yksikköprosessiksi mangaanin poistoon ovat ilmastus yhdessä suodatuksen kanssa, ioninvaihto ja pohjaveden hapetusmenetelmät. Seppänen (1992) kertoo, että Vyredox on Suomessa 1960-luvulla kehitetty pohjaveden hapetusmenetelmä mangaanin ja raudan poistoon. Siinä kaivon ympärille asetetaan imeytyskaivoja, joiden avulla pumpataan maaperään hapella kyllästettyä vettä. (Mansoor 2012, 14.) Maaperähapetuksen aikana kaivosta pumpattua pohjavettä syötetään takaisin maaperään niin, että mukana on runsaasti happea ns. mikropisaroina. Sen jälkeen maaperän oma biologinen toiminta hoitaa raudan ja mangaanin hajottamisen ja puhdistaa pohjaveden. Menetelmä perustuu pohjaveden ja maaperän sisältämään bakteerikantaan, joka käyttää ravinnokseen poistettavia aineita. Maaperähapetuksen hyviä puolia on vähäinen tilantarve, luonnonmukainen käsittely ilman ylimääräisiä kemikaaleja ja sen on helppo toteutettavuus. Menetelmän huono puoli on se, että toivottua tulosta ei voi varmuudella taata. (Friman 2021, 28–30; Karttunen 2004, 413–414.)

Isomäen ym. (2006, 44) mukaan katalyyttisiksi suodattimiksi kutsutaan suodattimia, joissa on täyteenä erityisillä ominaisuuksilla varustettu katalyyttinen massa. Raudan poistoon käytetään yleensä ilmastusta ja hiekkasuodatusta. Katalyyttisen suodatuksen toiminta voi tapahtua yhdessä yksikössä, eikä se vaadi erillistä ilmastusta. Hapettaminen, saostuminen ja suodattuminen tapahtuu kaikki katalyyttisen massan pinnalla, ja massa voidaan aktivoida joko jatkuvalla kemikaalin annostuksella tai panoksittain. Katalyyttiset massat ovat nopeakäyttöisiä, jopa 20 m/h, ja toimivat teknisesti kuten hiekkasuodattimet. Mangaani hapettuu katalyyttisilla massoilla pH-arvolla 7,8–8,3, kun hiekkasuodattimissa pH:n on oltava 9–11.

El-Sheiks, Guirguis ja Abdelrahman (2016, 279–290) vertailevat tutkimuksessaan raudan ja mangaanin poistomenetelmiä pohjavedestä. Menetelminä tutkimuksissa käytettiin hapetusta ilmastuksella, kloorilla, kaliumpermanganaatilla, ja otsonilla, jonka jälkeen vesi vielä suodatettiin. Kaikki tutkitut menetelmät toimivat jossain tapauksissa. Parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui kaliumpermanganaatti, etenkin jos raakavesi sisältää suuria pitoisuuksia mangaania. Annostuksen ollessa puolet teoreettisesti lasketusta annoksesta kaliumpermanganaattia, raudan poistoteho voi olla jopa 100 % ja mangaanin jopa 90 %. Pelkkä ilmastus on tutkimuksen mukaan hyvä vaihtoehto, kun raakavedessä on rautaa ja

vain vähän tai ei ollenkaan mangaania. Kloorin käyttöä ei suositella, koska se vaatii pidemmän reaktioajan, korkeamman pH:n tai korkean klooriannostuksen toimiakseen. Osonointi on tutkimuksen mukaan poistoteholtaan samaa luokkaa kaliumpermanganaatin kanssa, kun pH on yli 9. Menetelmä on kuitenkin kalliimpi kuin muut vaihtoehdot.

Soveltuvan prosessin valintaa varten täytyy tehdä lisäselvityksiä. Ammatilliselta saa tarkemmat laskelmat mitoitukseen, prosessin valintaan ja raakaveden tarkan koostumuksen selvitykseen. (Tanttu 2023.)

7 Menetelmät

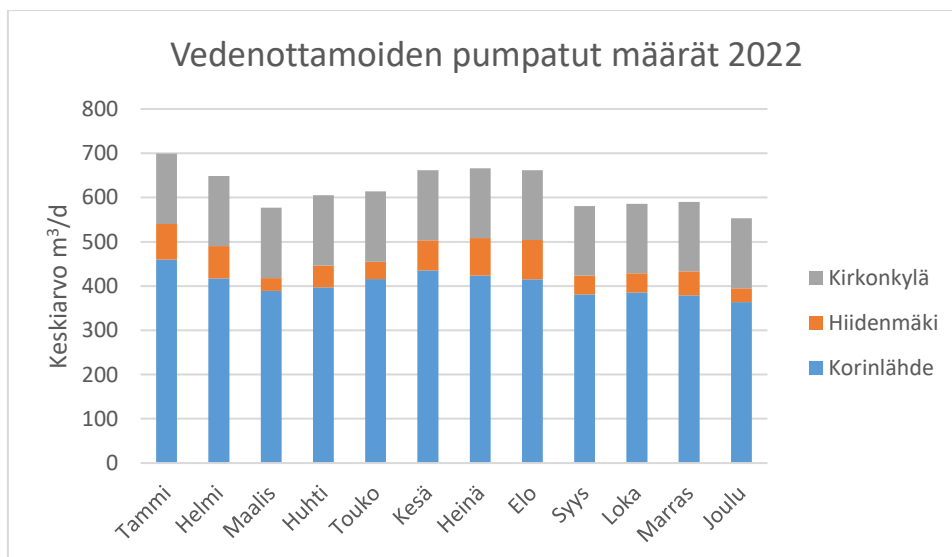
Tässä opinnäytetyössä on käsitelty aihetta kvantitatiivisesta näkökulmasta. Menetelminä on käytetty kirjallisten lähteiden tutkimista ja vertailua, tilastoja ja haastatteluja. Kantitavii- nen tutkimusmenetelmä pyrkii kuvaamaan ja tulkitsemaan ilmiöitä tieteen yleisellä logiikal- la, kuten mahdollisimman tarkkojen mittausmenetelmien, hyvin rajattujen tutkimusaineisto- jen ja tilastotieteen avulla. Kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän tavoitteena on oikeiden johtopäätösten teko. (Tilastokeskus, 2023) Kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen kes- kiössä on taas moninaisesti ilmenevät merkitykset, joita voidaan tutkia lukuisia eri mene- telmiä hyödyntäen. Laadullisella tutkimuksella ei välttämättä ole tarkoitukseen saavuttaa ilmiön tuntemusta kokonaisuudessaan tai syvällisyydessään. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Haastattelut toteutettiin puhelimesta tai MS Teams-palvelun avulla ja haastattelutyypinä käytettiin avointa haastattelumenetelmää. Avoimen haastattelun synonyymina voidaan käyttää mm. strukturoimatonta haastattelua. Sen olennaisena piirteenä voidaan pitää sen väljää formaattia ja keskustelunomaisuutta. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.) Tämä menetelmä sopii mielestäni tilanteeseen hyvin, koska haastateltavat toimivat erilai- sissa rooleissa, kuten viranomaisen tai prosessilaitteita myyvän asiantuntijan. Siksi vas- tauksiakin täytyy mielestäni tulkita eri näkökulmista. Muita tässä työssä käytettyjä mene- telmiä ovat kirjallisuusselvitykset ja tilastojen tarkastelu.

8 Kehittämisen toteutus

8.1 Laitosten kehittäminen

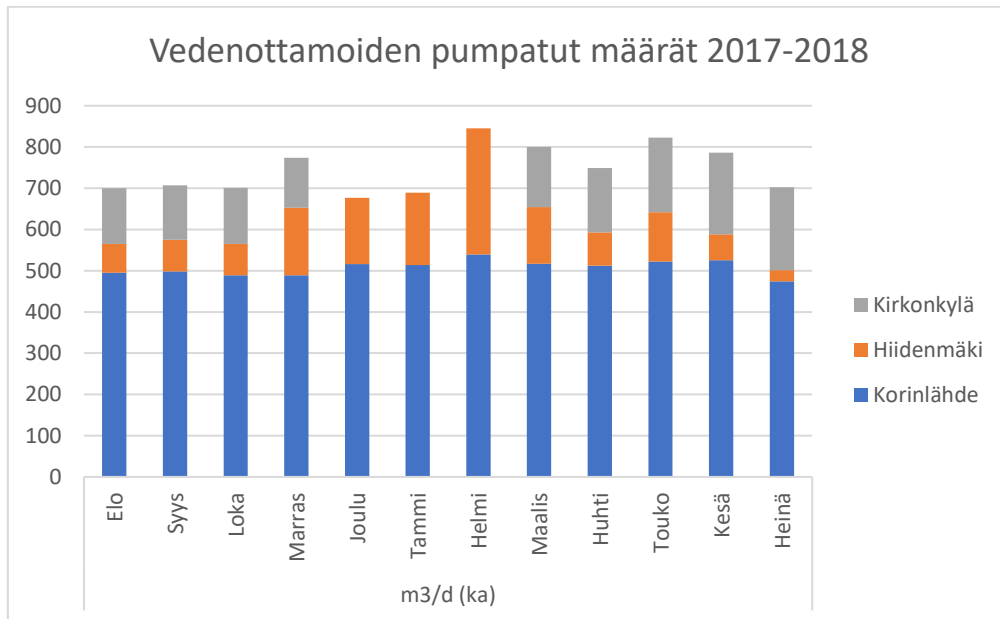
Kärkölän kunnan vedenottamot riittävät tällä hetkellä turvaamaan kunnan vedenkulutuksen. Kuitenkin erilaiset häiriötilanteet kuten sähkökatkot, sulamis- ja sadevesien aiheuttamat tulvat tai laitteiden rikkoutumiset voivat häiritä veden riittävyttä. Kuviossa 1. on esitetty Kärkölän vedenottamoiden tuottamat vesimäärät vuodelta 2022. Korinlähde tuottaa tällä hetkellä suurimman osan vedestä noin 405 m³/d ja Kirkonkylä vakiintuneen määrän noin 157 m³/d. Hiidenmäki seuraa ylävesisäiliön pintaa ja toimii suuren kulutuksen hetkinä tai kun ylävesisäiliön pinta laskee tarpeeksi. Jos Korinlähteen vedenottamon tuotanto jostain syystä estyisi, olisi toisten vedenottamoiden toimittava moitteetta ja isommalla teholla kuin normaalisti. Tällä hetkellä Kirkonkylän laitoksen huono kunto on sen suurin ongelma. Laitoksen ainoa jatkuvatoiminen desinfiointimenetelmä eli UV-desinfiointi on haavoittuvaisessa asemassa, koska laitteen iän takia siihen on hankala saada varaosia. Muita ongelmia ovat kiinteän varavoiman puuttuminen ja laitoksen kaukovalvonta. Hiidenmäen laitos toimii muuten hyvin, mutta toinen vedenottoaivo on käyttämättä sen korkean mangaanipitoisuuden takia. Kunnan laitostestarin mukaan on myös selvittämättä, toimiiko Korinlähteen painepiiriin kuuluva Sirkkovierun paineenkorotusasema ongelmitta, jos Korinlähteen tuotanto on alhaalla. Jos Sirkkovieru ei toimi, niin Korinlähteen painepiirin alueelle ei saada talousvettä.



Kuvio 1. Kärkölän vedenottamoiden tuottama talousvesi 2022.

Kärkölän vesilaitoksen WSP-toimenpideohjelmaan (Water safety plan) on merkitty Kirkonkylän rakennuksen, putkiston ja tekniikan saneerausarviointi tulevaisuuden tavoitteeksi.

Talusveden laadun ja riittävyyden kannalta olisi tärkeää, että päävedenottamoa tukevat laitokset olisivat hyvässä kunnossa. Sen takia Kirkonkylän vedenottamon uusiminen olisi erinomainen keino parantaa mahdollisiin häiriötilanteisiin varautumista. Laitos on ollut Kärkölen vesilaitoksen historian aikana muutamia kertoja kokonaan poissa käytöstä, esimerkiksi talvella 2017–2018 (Kuvio 2). Tästä voisi päätellä, että myös Kirkonkylän mahdollisen uusimisen aikana, voitaisiin talusvesi tuottaa Korinlähteen ja Hiidenmäen vedenottamoilla.



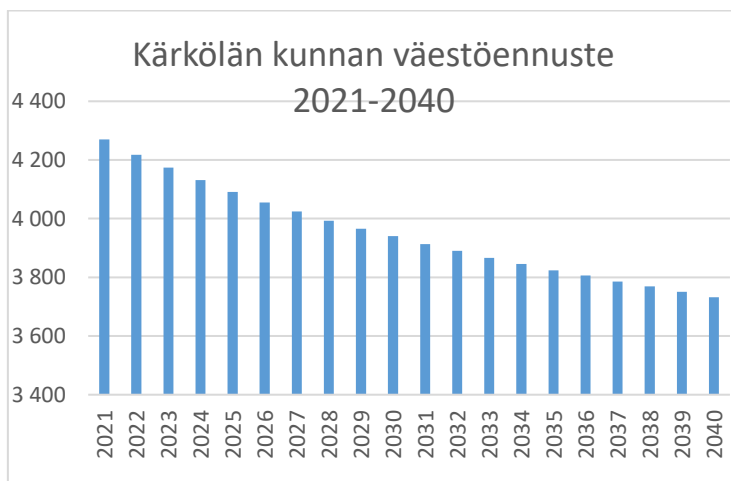
Kuvio 2. Kärkölen vedenottamoiden tuottama talusvesi 2017–2018.

Kirkonkylän uuden laitoksen olisi hyvä olla tarpeeksi iso, jotta sinne mahtuisi kunnolliset prosessi-, varasto- ja sosiaalilitat. Laitoshenkilökunta on myös toivonut Kirkonkylän vedenottokaivolle parempaa suojarakennusta. Myös Päijät-Hämeen ympäristöterveyden valvojan tarkastajan mielestä, kaivon suojarakennuksista on hyvää kokemusta ja se vähentää kaivon kohdistuvia riskejä (Pyykölä 2023).

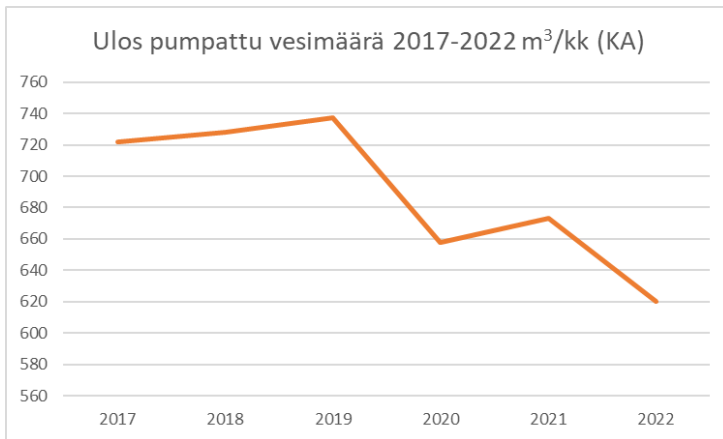
Kemikaalisäiliöiden toimitukseen olisi hyvä olla erillinen ulko-ovi kemikaalien varastohuoneeseen, ja piha-alue suunniteltu niin, että siinä mahtuu purkamaan kemikaalikuorman ilman ylimääräisiä riskejä. Piha-alueen suunnittelussa olisi lisäksi hyvä ottaa huomioon viettosuunta niin, että mahdolliset pintavedet valuvat pois päin vedenottokaivosta ja laitoksen mahdollisesta alavesisäiliöstä. Lisäksi kulkuyhteyksien riittävyys rakennusvaiheen materiaali- ja laitekuljetusten osalta on hyvä ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Laitoksen turvallisuutta suunniteltaessa pitäisi huomioida kameravalvonnan ja murtohälytysten riittävä taso. Myös työturvallisuuteen liittyvät asiat, kuten silmähuuhtelupiste, hätäsuih-

ku, valaistus, ilmanvaihto ja kemikaalien turva-altaat ovat tärkeitä osia suunnittelussa. (Pihamaa 2023; Pyykölä 2023.)

Tilastokeskuksen vuosille 2019–2040 tekemän väestöennusteen mukaan väestökato on voimakkainta pienissä alle 5000 asukkaan kunnissa, joihin Kärkölä myös kuuluu (Kuntaliitto 2019). Alla olevista kuvioista näkee Kärkölään asukasluvun ennusteen vuoteen 2040 asti (Kuvio 3) ja Kärkölään kunnan vedentuotannon kehityksen viimeisen kuuden vuoden ajalta (Kuvio 4). Tilastokeskuksen mukaan tällä hetkellä meneillään oleva kehityskulku vahvistuu entisestään tulevaisuudessa. (Kuntaliitto 2019.) Edellä mainittujen perusteella voisi päätellä, että vedenkulutus ei tule merkittävästi lisääntymään lähitulevaisuudessa, ellei paikkakunnalle tule paljon uutta teollisuutta. Pihamaa (2023) kuitenkin huomauttaa, että pienten paikkakuntien väestöennusteisiin ei kannata luottaa liikaa. Edellä mainittujen vuoksi olisi-kin hyvä selvittää onko Hiidenmäen vedenottamorakennuksen laajentaminen ja prosessin uusiminen veden riittävyden kannalta tarpeellista. Toisaalta kokonaan uuden vedenottamon rakentaminen on aikaa vievä ja joskus jopa mahdoton tehtävä, eli nykyisistä vedenottoista kannattaisi pitää hyvää huolta ja kunnostaa niitä tarpeen tullen (Pihamaa 2023). Jos Kirkonkylän vedenottamolla päästäisiin uudelleenrakennuksen jälkeen lähemmäs lupaehtojen maksimia eli 650 m³/d, kattaisi se yksinäänkin suuren osan Kärkölään talousveden kulutuksesta, kun esimerkiksi vuonna 2022 koko vuoden keskiarvokulutus oli 620 m³/d.



Kuvio 3. Tilastokeskuksen väestöennuste 2021–2040 (Kärkölään kunta).



Kuvio 4 Kärkölän vedentuotanto 2017–2022.

8.2 Tarvittavat luvat

Vesilain (587/2011) kolmannen luvun 2 §:n mukaan vesitaloushankkeella on aina oltava lupaviranomaisen lupa, jos se voi muuttaa pohjaveden määrää ja muutos aiheuttaa 2 §:n mukaisia seurauksia. Vesilain (587/2011) 2 §:n mukaan *lupa tarvitaan myös luvan saaneen vesitaloushankkeen muuttamiseen, jos muutos loukkaa 1–3 momentissa tarkoitettuna tavalla yleisiä tai yksityisiä etuja*. Kärkölän kunnalla on Länsi-Suomen vesioikeuden vuonna 1978 myöntämä lupa pohjavedenottoon Kirkonkylän pohjavedenottamosta. Luvan mukaan vettä saa ottaa 650 m³/d. Hämeen ELY-keskuksen pohjavesiasiantuntijan mukaan, edellä mainittu yleisten tai yksityisten etujen loukkaus, voisi tulla kyseeseen rakennettaessa kokonaan uusi vedenottokaivo tai halutaan ottaa vettä nykyistä lupaa enemmän. Pelkkien laitteiden tai rakenteiden uusiminen eivät siis edellyttäisi vesilain mukaista lupaa. Tehtävistä kunnostustöistä ja vedenottomäärän muutoksista on kuitenkin hyvä ilmoittaa Hämeen ELY-keskukseen ja Etelä-Savon ELY-keskukseen. Lisäksi jos vedenottomäärä kasvaa merkittävästi, voi olla tarpeen tihentää pohjavesialueelle tehtävää pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailua. (Korhonen 2023.)

Vesihuoltolain (119/2001) ensimmäisen luvun 4 § määrittelee lain mukaiset valvontaviranomaiset, joita ovat ELY-keskukset ja kunnan terveydensuojelu- ja ympäristönsuojeluviranomaiset. Näiden viranomaisten tehtäviin kuuluu tarvittaessa osallistua vedentuotantoketjun riskienhallintaan tarvittavien ympäristötietojen kokoamiseen ja riskienhallinnan tunnistamiseen. Pohjavedenottamon ja talousveden käsittelyn uudistamiseen vaaditaan vesilaitokselta usean suunnitelman tai ohjelman päivittämistä ja tarkastamista. Näitä ovat oma-valvontasuunnitelma ja riskienhallintasuunnitelma, vesihuoltolain nojalla tehtävä häiriötillannesuunnitelma sekä talousvesiasetuksen (1352/2015) 6 §:n mukainen valvontatutkimusohjelma.

Terveydensuojelulain (763/1994) 5 luvun 19 a §:n mukaan talousvettä toimittavan laitoksen on pidettävä ajan tasalla riskienhallintasuunnitelma. Riskienhallintasuunnitelma laaditaan yhteistyössä vesihuoltolain 4 §:ssä mainittujen valvovien viranomaisten kanssa, sekä muiden riskienhallinnan kannalta oleellisten viranomaisten ja sidosryhmien kanssa. Terveydensuojelulain (763/1994) 5 luvun 18 §:n mukaan talousvettä toimittavan laitoksen on haettava kunnan terveydensuojeluviranomaiselta hyväksyntää vedenkäsittelyn laajentamiseen tai sen olennaiseen muuttamiseen. Terveydensuojeluviranomainen arvioi onko kyseessä oleellinen muutos. Muutosta ei saa tehdä ennen kuin hakemus on hyväksytty ja hakemus on tehtävä viimeistään 30 vuorokautta ennen toiminnan muuttamista.

Vuonna 2023 tammikuussa voimaan on tullut Valtioneuvoston asetus talousveden tuotantoketjun riskienhallinnasta ja omavalvonnasta (7/2023). Asetuksen 3 § sisältää vaatimukset riskienhallintasuunnitelman sisällöstä ja tietojen ajan tasalla pitämisestä. Jos tiedot eivät ole muuttuneet, täytyy suunnitelma kuitenkin tarkastaa vähintään kerran kuudessa vuodessa. Riskienhallintasuunnitelman päivittämisen yhteydessä on tarkistettava myös omavalvontasuunnitelma (7 §). Omavalvontasuunnitelman tarkoitus ja sisältö on kerrottu asetuksen 6 §:ssä. Valviran mukaan talousvettä toimittavan laitoksen riskienhallintasuunnitelma voidaan toteuttaa verkkopohjaisella WSP-työkalulla.

Talousvesiasetuksen (1352/2015, 8 §, 13 §) mukaan vedenjakelualuekohtaisen valvontatutkimusohjelman ja erityistilannesuunnitelman tiedot on pidettävä ajan tasalla ja on tarkistettava aina, kun sitä tietojen muuttumisen takia on pidettävä tarpeellisena. Valvontatutkimusohjelmasta tiedotetaan aluehallintovirastolle ja ELY-keskukselle. Tarkistettaessa valvontatutkimusohjelmaa kunnan terveydensuojeluviranomaisen on tarvittaessa pyydettävä lausunto aluehallintovirastolta ja ELY:ltä.

Hämeen ympäristöterveyden valvojan tarkastajan mukaan laitoksen uudistamista suunniteltaessa kannattaa tehdä tiivistä ennakkoyhteistyötä valvojan viranomaisen ja pelastuslaitoksen kanssa, jotta suunnitteluprosessi edistyy sujuvasti. Viranomainen saattaa esimerkiksi pyytää lisäselvityksiä ja antaa parannusehdotuksia jo ennen suunnitelmien virallista hyväksyntää, jolloin hakijalla on mahdollisuus täydentää hakemustaan puutuvilla tiedoilla. (Pyykölä 2023.)

9 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän työn tavoitteena oli tarkastella Kärkölän kunnan vedenottamoiden nykytilaa ja pohdita keinoja, joilla niiden toimintaa voisi kehittää varautumisnäkökulmasta. Suomessa vesihuoltolaitoksilta edellytetään kattavaa riskienhallintaa ja varautumista poikkeus- ja häiriötilanteisiin, eikä talousveden laadun heikkeneminen ole hyväksyttävää. Tämän takia vesihuoltolaitokset joutuvat väkisinkin ottamaan huomioon esimerkiksi ilmastonmuutoksen ja turvallisuustilanteiden tuomat muutokset, sekä normaalit laitoksen ylläpitoon ja kunnostukseen liittyvät asiat.

Suomen ilmastopaneelin (Meriläinen ym. 2019) raportin mukaan ilmastonmuutos tulee voimistamaan sään aiheuttamia ongelmia, kuten rankkasateita, tulvia, myrskytuulia, sähkökatkoja ja kuivuusjaksoja. Näihin ongelmiin kuntien on varauduttava erilaisien suunnitelmien avulla. Kärkölän kunnalla on kolme vedenottamo ja talousveden riittävyys on normaalitilanteessa turvattu. Häiriö- tai epidemiatilanteessa päävedenottamon puuttuminen käytöstä aiheuttaisi kahdelle muulle laitokselle tuotantopaineita. Veden riittämättömyyden riski kasvaa, jos epidemiatilanteessa Kirkonkylän vedenottamolla tapahtuu laiterikko tai vedenotto-kaivon pilaantuminen.

Kärkölässä häiriötilanteisiin varautumista voisi parantaa monin toimin, niistä ensimmäiseksi olisi hyvä suunnitella ja rakentaa uusi pohjavedenottamo Kirkonkylään. Kirkonkylän vedenottamon rakennuksesta täytyy ensin tilata suunnitelmat ja piirustukset, ja hakea tarvittavat purku- ja rakennusluvut kunnan rakennusvalvonnasta. Vedenpuhdistusprosessia varten täytyy tilata suunnitelmat asiantuntijalta, joka selvittää sopivan prosessin ja laskee mitoituksen. Samalla kun itse laitos uudistetaan, olisi hyvä myös suojata vedenotto-kaivo paremmin, esimerkiksi rakentamalla sille lämmitetty suojarakennus. Kun vedenottamo kunnostetaan tarkoittaa se, että aikaisemmat lakiin perustuvat varautumis- ja riskienhallintasuunnitelmat täytyy tarkistaa ja tuoda ajan tasalle. Niiden tekemiseen kannattaa palkata asiantuntija ja varata runsaasti aikaa. Lisäksi Hiidenmäen vedenottamon prosessin kehittämistä voisi suunnitella tarkemmin tulevaisuudessa.

Lähteet

- El-Sheikh, M., Guirguis, H.S. & Abdelrahman, A. 2016. A Comparative study of methods used for Fe and Mn oxidation and removal from groundwater. Viitattu 23.20.2023. Saatavissa [\(PDF\) A comparative study of methods used for Fe and Mn oxidation and removal from groundwater \(researchgate.net\)](#)
- Friman, T. 2021. Maaperähapetus – ympäristöystävällinen ja edullinen menetelmä kaivoveden laadun parantamiseen. Vesitalous. Nro 3/2021. Viitattu 4.12.2023. Saatavissa [VT1903.indd \(vesitalous.fi\)](#)
- Hämeen ELY-keskus. 2021. Kärkölen pohjavesialueiden luokitukset ja rajaukset on tarkistettu. Viitattu 20.11.2023. Saatavissa [Kärkölen pohjavesialueiden luokitukset ja rajaukset on tarkistettu | Hämeen ELY-keskus \(sttinfo.fi\)](#)
- Isoaho, M. 2006. Lyijymyrkytys rappeutti Rooman valtakunnan. Kaleva. Viitattu 19.11.2023. Saatavissa [Lyijymyrkytys rappeutti Rooman valtakunnan | Kaleva](#)
- Isomäki, E., Valve, M., Kivimäki, A-L. & Lahti, K. 2006. Pienten pohjavesilaitosten ylläpito ja valvonta. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 22.11.2023. Saatavissa [PIPOT raportti lopullinen.indd \(helsinki.fi\)](#)
- Kakko, M. 2023. Kirkonkylän laitoksen prosessitilat. Viitattu 28.11.2023. Ei saatavissa.
- Kakko, M. 2023. Kirkonkylän vedenottamon lipeäsäiliö. Viitattu 28.11.2023. Ei saatavissa.
- Kakko, M. 2023. Ylävesisäiliö. Viitattu 28.11.2023. Ei saatavissa.
- Karttunen, E. & Tuhkanen, T. 2003. RIL 124-1 Vesihuolto I. Ensimmäinen painos. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.
- Karttunen, E., Tuhkanen, T. & Kiuru, H. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Ensimmäinen painos. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.
- Keskitalo, J. 2017. Rajaton vesi, rajalliset vesivarat. Helsinki: Gaudeamus Oy.
- Korhonen, T. 2023. Pohjavesiasiantuntija, Hämeen ELY-keskus. Haastattelu 3.10.2023.
- Kujala-Räty, K., Mattila, H. & Santala, E. 2008. Haja-asutusalueen vesihuolto. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Kunta-liitto. Väestöennuste 2019-2040: Väestökato on voimakkainta pienissä kunnissa. 2019. Viitattu 20.11.2023. Saatavissa [Väestöennuste 2019-2040: Väestökato on voimakkainta pienissä kunnissa | Kuntaliitto.fi](#)

Kärkölen kunta. 2017-2018. Kärkölen vedenottamoiden tuottama talousvesi 2017-2018. Tiedosto. Ei saatavissa.

Kärkölen kunta. 2017-2022. Kärkölen vedentuotanto 2017-2022. Tiedosto. Ei saatavissa.

Kärkölen kunta. 2022. Kärkölen vedenottamoiden tuottama talousvesi 2022. Tiedosto. Ei saatavissa.

Kärkölen kunta. 2022. Kärkölen vesivarannot. Pohjavesien suojelusuunnitelma. Ei saatavissa.

Laitosmestari. 2023. Kärkölen kunta. Haastattelu 3.10.2023.

Maanmittauslaitos. 2023. Kärkölen pohjavesialueet. Viitattu 21.11.2023. Saatavissa https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?zoomLevel=5&coord=407717.17183990515_6749426.676149709&mapLayers=801+100+default,167+100+GE.Pohjavesialuerajat,1237+100+default&uuid=90246d84-3958-fd8c-cb2c-2510cccca1d3&noSavedState=true&showIntro=false

Mansoor, A. 2012. Iron and Manganese removal from groundwater. Viitattu 20.11.2023. Saatavissa [AHMAD 2012 Iron and Manganese Removal from Groundwater.pdf \(sswm.info\)](#)

Meriläinen, P., Lanki, T., Miettinen, I., Hokajärvi, A-M., Simola, A., Tiittanen, P. & Yli-Tuomi, T. 2019. Suomen ilmastopaneeli. Ilmastomuutos ja vesihuolto – varautuminen ja terveysvaikutukset. Viitattu 20.11.2023. Saatavissa [Ilmastomuutos ja vesihuolto \(ilmastopaneeli.fi\)](#)

Pihamaa, S. 2023. Suunnitteluinsinööri, Lahti Aqua Oy. Haastattelu 23.11.2023.

Pyykölä, J. 2023. Terveysturvallisuussuunnitteluinsinööri, Päijät-Hämeen hyvinvointikuntayhtymä. Viitattu 27.11.2027 [Haastattelu 2023]

Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. Avoin haastattelu. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. [KvaliMOTV - 6.3.1 Avoin haastattelu \(tuni.fi\)](#)

Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. Mitä laadullinen tutkimus on: lyhyt oppimäärä. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 21.11.2023. Saatavissa [KvaliMOTV - 1.2 Mitä laadullinen tutkimus on: lyhyt oppimäärä \(tuni.fi\)](#)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta sekä rakennusten vesilaitteistojen riskienhallinnasta 1352/2015. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa [Sosiaali- ja terveysministeriön asetus... 1352/2015 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

Suomen Vesilaitosyhdistys ry. 2018. Vesilaitostekniikka ja hygienia. 5. painos. Helsinki: Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Suomen YK-liitto. Puhdas vesi ja sanitaatio. Viitattu 20.11.2023. Saatavissa [Puhdas vesi ja sanitaatio | Suomen YK-liitto \(ykliitto.fi\)](#)

Suomen YK-liitto. TSS-sopimus. Viitattu 31.10.2023. Saatavissa [TSS-sopimus | Suomen YK-liitto \(ykliitto.fi\)](#)

Suomen ympäristökeskus. 2022. Kuinka paljon järvissä on vettä? Viitattu 20.11.2023. Saatavissa [Kuinka paljon järvissä on vettä? | Vesi.fi](#)

Suomen ympäristökeskus. 2022. Pohjavesialueet. Viitattu 20.11.2023. Saatavissa [Pohjavesialueet | Vesi.fi](#)

Tanttu, P. 2023. Myynti ja huolto, Teoteam Oy. Haastattelu 30.10.2023.

Terveysturvallisuuslaki 763/1994. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa [Terveysturvallisuuslaki 763/1994 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX®](#)

Tilastokeskuksen tietokanta. Viitattu 10.11.2023. Saatavissa [Väestönmuutokset muuttujina Alue, Tiedot ja Vuosi. PxWeb \(stat.fi\)](#)

Tilastokeskus. Kvantitatiivinen tutkimus. Viitattu 21.11.2023. Saatavissa [Kvantitatiivinen tutkimus | Käsitteet | Tilastokeskus \(stat.fi\)](#)

Tukes. EU:n juomavesidirektiivin uudet vaatimukset juomaveden kanssa kosketuksiin tuleville materiaaleille. Viitattu 17.11.2023. Saatavissa [EU:n juomavesidirektiivin uudet vaatimukset juomaveden kanssa kosketuksiin tuleville materiaaleille | Turvallisuus- ja kemikaalivirasto \(Tukes\)](#)

Valtioneuvoston asetus talousveden tuotantoketjun riskienhallinnasta ja omavalvonnasta 7/2023. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa [Valtioneuvoston asetus talousveden tuotantoketjun... 7/2023 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#)

Valvira. Talousveden riskienhallintasuunnitelma. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa [Talousveden riskienhallintasuunnitelma | Valvira](#)

Valvira. Talousvesi ja lämmin käyttövesi. Viitattu 25.10.2023. Saatavissa [Talousvesi | Valvira](#)

Vesihuoltolaki 119/2001. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa [Vesihuoltolaki 119/2001 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX®](#)

Vesilaitosyhdistys. Ammattiasiaa talousvedestä. Viitattu 20.11.2023. Saatavissa [Vesilaitosyhdistys - Ammattiasiaa talousvedestä \(vvy.fi\)](#)

Vesilaki 587/2011. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa [Vesilaki 587/2011 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX®](#)

Yhdistyneiden kansakuntien alueellinen tiedotuskeskus. YK: päätös oikeudesta veteen ja viemärointiin laillisesti sitova. 2010. Viitattu 31.10.2023. Saatavissa [YK: päätös oikeudesta veteen ja viemärointiin laillisesti sitova - YK:n alueellinen tiedotuskeskus - Finnish \(unric.org\)](#)

Ympäristöministeriö. Pohjavedet. Viitattu 27.11.2023. Saatavissa [Pohjavedet - Ympäristöministeriö](#)