



TERVEYDEN JA  
HYVINVOINNIN LAITOS

Päivi Meriläinen  
Jani Salminen  
Ritva Britschgi  
Taina Nystén  
Tarja Pitkänen

# Esiselvitys yhdyskuntien ja ruoantuotannon veden käytön riskien hallinnasta ja mahdollisuuksista

TYÖPAPERI

Työpaperi 32/2017

Päivi Meriläinen, Jani Salminen, Ritva Britschgi, Taina Nystén, Tarja Pitkänen

# Esiselvitys yhdyskuntien ja ruoantuotannon veden käytön riskien hallinnasta ja mahdollisuuksista



TERVEYDEN JA  
HYVINVOINNIN LAITOS

© Kirjoittajat ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

ISBN 978-952-302-911-8

ISSN 2323-363X

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-911-8>

Helsinki 2017

# Sisältö

Lukijalle .....	5
Tiivistelmä .....	6
Sammandrag .....	7
Abstract .....	8
1 Johdanto .....	9
2 Veden käytön nykytila Suomessa .....	11
2.1 Kotimainen veden käyttö ja vesistökuormitus .....	11
2.2 Vesivarantojen turvallisuuden varmistaminen .....	14
2.3 Alkutuotanto ja elintarviketeollisuus veden käyttäjänä .....	15
3 Suomen vesien kontaminantit .....	17
3.1 Haitalliset aineet ja mikrobit pinta- ja pohjavedessä .....	17
3.2 Vesijärjestelmien kemikaalit ja mikrobit .....	18
3.3 Veden kontaminanttien ympäristö- ja terveysvaikutukset .....	20
4 Talousvedeen liittyvien riskien arviointi ja niiden hallinta vesihuoltolaitoksilla ja elintarviketeollisuudessa .....	23
4.1 Vesihuoltolaitosten tarkkailun ja riskinhallintasuunnitelmien ja elintarvikeyritysten omavalvonnan sekä viranomaisvalvonnan väliset suhteet .....	23
5 Vesi ja vesiekosysteemit kiertotaloudessa .....	25
5.1 Vesi ja vesiekosysteemit kiertotaloudessa .....	25
5.2 Liiketoimintamahdollisuudet vesiviisaassa kiertotaloudessa – esimerkkeinä vesihuolto ja kalankasvatus .....	26
6 Vesihuoltolaitosten ja elintarvikeyritysten rajapinta .....	28
6.1 Haastattelututkimuksen toteutus .....	28
6.2 Haastattelututkimuksessa esille nousseet teemat .....	29
6.2.1 Nykytilanne – elintarviketeollisuuden ja vesihuoltolaitosten rajapinta .....	29
Omavalvonta elintarviketeollisuudessa ja vesihuoltolaitoksilla .....	29
Mikrobiologiset riskit .....	29
Fysikaalis-kemialliset riskit .....	29
Elintarviketeollisuus .....	30
Vesihuoltolaitokset ja vesijohtoverkoston materiaalit .....	30
6.2.2 Tulevaisuuden kehityssuuntia .....	31
Talousvesisäädösten muutos .....	31
Ilmastonmuutos .....	32
Verkostosaneeraukset ja kuntaliitokset .....	32
Muut ongelmakohdat .....	33
Korkealuokkainen vesi kilpailuvaltina ja mainetekijänä .....	33

Jätevesien puhdistaminen ja aineiden talteenotto.....	33
Vesien kierrättäminen ja uudelleenkäyttö.....	34
7 Vesisektorin tulevaisuudennäkymät ja tietopuutteet.....	35
7.1 Vesien käyttö ja kuormitus.....	35
7.1.1 Vesistökuormituksen tilinpidon laadinta.....	35
7.1.2 Vesiekosysteemien tuottamat palvelut näkyväksi osaksi kansantalouden tilinpitoa.....	36
7.2 Vesihuoltolaitosten ja elintarviketeollisuuden rajapinta.....	36
7.2.1 Valvonta elintarviketeollisuudessa ja vesihuoltolaitoksilla.....	36
7.2.2 Mikrobiologiset ja fysikaalis-kemialliset riskit.....	36
7.2.3 Korkealaatuisen raaka- ja talousveden arvostus ja siihen kohdistuvat riskit.....	37
7.3 Kiertotalous.....	37
7.3.1 Veden kierrättäminen ja uudelleenkäyttö.....	37
7.3.2 Aineiden poistamisesta niiden talteenottoon ja kierrätykseen.....	37
7.3.3 Vesi ja vesiniukkuus kansainvälistyvässä kaupassa.....	38
7.4 Tulevaisuuden kehityssuuntia vesisektorilla.....	38
7.4.1 Talousvedeen liittyvän sääntelyn muutokset.....	38
7.4.2 Vesijohtoverkoston materiaalit.....	39
7.4.3 Verkostosaneeraukset.....	39
7.4.4 Ilmastonmuutos.....	39
8 Suositukset jatkotoimenpiteiksi.....	41
Lähteet.....	42

# Lukijalle

Talousveden käyttö elintarviketeollisuudessa on merkittävää ja elintarviketeollisuus on pitkälti riippuvainen mikrobiologisilta ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan korkealaatuisesta talousvedestä raaka-aineenaan. Esiselvitys yhdyskuntien ja ruoantuotannon veden käytön riskien hallinnasta ja mahdollisuuksista (EsiBiovesi) toteutettiin aikavälillä joulukuu 2016 - syyskuu 2017. Hankkeen toteuttivat maa- ja metsätalousministeriön (MMM) rahoittamana Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) ja Suomen ympäristökeskus (SYKE). Hankkeessa tarkasteltiin talousveden tuotannon ja elintarviketeollisuuden rajapintaa. Muu vettä intensiivisesti käyttävä teollisuus rajattiin hankkeen ulkopuolelle. Hanke liittyy tavoitteeseen selvittää kansallisen vesistrategian painopisteet ja tietopuutteet.

EsiBiovesi-hankkeen tavoitteet nivoutuvat kiertotalouden ja sinisen biotalouden edistämistavoitteisiin. Sinisen biotalouden mahdollisuudet perustuvat Suomen runsaisiin vesivaroihin, korkeaan tekniseen osaamiseen ja monialaisten haasteiden ratkaisukykyyn. Tärkeimpiä sinisen biotalouden osa-alueita ovat vesiliiketoiminta, energian tuotanto, kalatalous, ravinteiden kierrätys ja teolliset jätevedet. Biotalousella ja vedellä on useita kytköksiä, jotka liittyvät esimerkiksi aineiden ja energian talteenottoon erityyppisistä vesistä ja veden kierrättämiseen tai uudelleenkäyttöön. Globaalin vedentarpeen kasvaessa myös vesiympäristöön liittyvät haasteet lisääntyvät. Suomen runsaiden vesivarojen ansiosta täällä ei ole vielä valmistauduttu kovin painokkaasti ratkaisemaan vesiniukkuuteen liittyviä ongelmia. Asia on kuitenkin tullut ajankohtaiseksi yhtäältä veden määrään ja laatuun liittyvistä turvallisuussyistä ilmaston muuttuessa ja toisaalta vesiniukkuuteen vastaamiseen liittyvien puhtaan teknologian ja kiertotalouden mahdollisuuksien ansiosta. Lisäksi Suomessa kuunnellaan tarkasti niitä veden uudelleenkäytön edistämiseen liittyviä politiikkatoimia, jotka ovat nousseet esille Euroopan komission kiertotalous-, vesi- ja elintarvikestrategioissa.

Hallitusohjelman tavoite on, että Suomi on 2025 bio- ja kiertotalouden sekä puhtaiden teknologioiden mallimaa. Veden määrä, laatu ja uudelleenkäyttö sekä siihen liittyvät turvallisuus- ja terveystieteelliset sekä liiketoimintamahdollisuudet ovat Suomen kiertotaloustoimenpiteissä keskeisessä asemassa.

EsiBiovesi-hankkeen tavoitteena oli kartoittaa yhdyskuntien tarpeisiin ja ruoantuotantoon käytettävän veden riskien hallintamenetelmien kattavuus ja mahdolliset tietotarpeet sekä selvittää, mitä riskejä liittyy haitallisten aineiden esiintymiseen ruoantuotantoon käytettävässä talousvedessä. Lisäksi tavoitteena oli selvittää vesiin liittyviä bio- ja kiertotalouden ratkaisujen mahdollisuuksia ja uhkia sekä arvioida niihin liittyviä liiketoimintamahdollisuuksia. Esiselvityksen tarkoituksena on toimia pohjana suunniteltaessa laajempia hankekokonaisuuksia, esimerkiksi VN-TEAS -hanketta tai strategista tutkimushanketta.

EsiBiovesi-hankkeen toteuttamisessa pyrittiin kokonaisvaltaiseen lähestymistapaan, koska jo lainsäädännöllisesti vesi kuuluu monelle hallinnonalalle. Juomaveden laadusta ja turvallisuudesta vastaa sosiaali- ja terveysministeriö (STM), rakennetusta ympäristöstä ja vesien suojelusta ympäristöministeriö (YM). Vesitalous sekä vesihuollon yleinen ohjaus, kehittäminen ja edistäminen sekä elintarviketeollisuuslaitosten vesi kuuluvat maa- ja metsätalousministeriön (MMM) vastuualaan, työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) ja MMM vastaavat yhdessä vesiteknologian vientiponnisteluista. Hankkeessa hyödynnettiin olemassa olevia aineistoja ja verkostoja ja haastateltiin keskeisten sidosryhmien edustajia. Tässä esitettävä esiselvitysraportti laadittiin muodostetun hankkeen toteuttajaverkoston yhteistyönä.

Kirjoittajat kiittävät kaikkia tähän työhön ja haastatteluihin osallistuneita. Hankkeen ohjausryhmän jäseniä olivat Minna Huttunen ja Ville Keskisarja maa- ja metsätalousministeriöstä, Saara Bäck ja Juhani Gustavfson ympäristöministeriöstä, Sari Tasa työ- ja elinkeinoministeriöstä ja Jarkko Rapala ja Raili Venäläinen sosiaali- ja terveysministeriöstä.

## Tiivistelmä

Päivi Meriläinen, Jani Salminen, Ritva Britschgi, Taina Nystén, Tarja Pitkänen. Esiselvitys yhdyskuntien ja ruoantuotannon veden käytön riskien hallinnasta ja mahdollisuuksista. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL). Työpaperi 32/2017. 46 sivua. Helsinki 2017.

ISBN 978-952-302-911-8 (verkkojulkaisu)

Vesihuoltolaitokset tuottavat ja jakelevat talousvettä paitsi kotitalouksille niin myös alkutuotannon, teollisuuden, palvelualan yritysten ja julkisen sektorin tarpeisiin. Talousveden käyttötarkoituksesta riippuen sekä veden käyttöön liittyvät riskit ja riskien hallintavaihtoehdot ovat erilaisia. Kiertotaloudessa veden sisältämät aineet ja energia otetaan talteen niiden palauttamiseksi käyttöön. Veden käytön tehokkuutta parannetaan hukkaa vähentämällä ja käytössä ollutta vettä käytetään uudelleen toisessa tarkoituksessa. Kiertotalouden veteen liittyvät ratkaisut sisältävät myös mikrobiologisia ja kemiallisia riskejä, jotka tulee tunnistaa, arvioida ja hallita.

Tässä esiselvityksessä tarkasteltiin talousveden kemiallisia ja mikrobiologisia riskejä erityisesti sitä tuottavien vesihuoltolaitosten ja talousvettä käyttävän elintarviketeollisuuden näkökulmista. Puhdas vesi on tärkeä tuotannontekijä ruoantuotannon eri vaiheissa ja siksi elintarviketuotannossa käytettävään talousveteen kohdistuvilla mikrobiologisilla ja haitallisiin aineisiin liittyvillä riskeillä on suuri merkitys. Työssä arvioitiin talousveden laatuun kohdistuvia riskejä talousveden elinkaaren eri vaiheissa (raakavesilähteet, valmistus, jakelu ja käyttö elintarviketeollisuudessa). Lisäksi arvioitiin nykyisten riskinhallintatyökalujen riittävyttä, kuinka hyvin riskinhallintaa toteutetaan ja arvioitiin kuinka talousveteen liittyvään lainsäädännön muutokset vaikuttavat riskien hallintaan. Selvityksen aikana tunnistettiin tulevaisuuden kehityssuuntia vesisektorilla. Talousveteen liittyvät säädosmuutokset tuovat uudistuksia, vesijohtojen materiaalikysymykset kaipaavat lisää tutkimusta ja jakeluverkostojen saneerausvelka ja ilmastonmuutos tuovat mukanaan lisähaasteita riskinhallintaan.

Hankkeen yhteydessä toteutettiin haastattelututkimus, jossa kerättiin näkemyksiä edellä mainituista riskeistä ja niiden hallinnasta nykytilanteesta ja tulevaisuudessa. Haastateltavat edustivat elintarviketeollisuudelle vettä toimittavia vesihuoltolaitoksia ja elintarviketeollisuuden eri sektoreita. Haastattelututkimuksessa ilmeni, että vesihuoltolaitosten ja elintarviketeollisuuden rajapinta toimii pääosin hyvin ja kehitys on ollut myönteistä viime vuosina. Toisaalta korkealaatuista talousvettä pidetään elintarvikealalla jopa liian itsestään selvänä asiana. Vesien kierrätysmahdollisuudet elintarvikelaitosten sisäisissä prosesseissa nähtiin rajallisina, koska veden laatuun liittyviä riskejä on tällöin vaikea hallita. Veden uudelleenkäyttö on toistaiseksi lähes olematonta Suomessa. Kalankasvatus on harvoja toimialoja, joilla toisten tuotantolaitosten käyttämiä vesiä käytetään jo paikoin uudelleen.

Hankkeen keskeisenä tavoitteena oli nykytila-arvion lisäksi tuottaa perusteltuja näkemyksiä tietotarpeista, joita liittyy kansallisen vesistrategian toteuttamiseen. Tässä raportissa esitetään yhteensä 12 vesivaroihin ja vesien käyttöön liittyvää toimenpide-ehdotusta, joista neljä pääkohtaa ovat seuraavat: 1) *Vesivarojen turvaaminen*: Tehostetaan toimia, joilla kotimaisten vesivarantojen hyvä laatu ja määrä voidaan turvata. Ennakointia ovat riittävät tutkimukset vedenhankinta-alueella, kattava seuranta sekä yhteistyö eri toimijoiden välillä; 2) *Veden arvostus*: Tehdään konkreettista yhteistyötä tutkimuslaitosten, yliopistojen, elinkeinoelämän ja vesialan toimijoiden kesken, jotta kotimaisen korkealaatuisen veden merkitys raaka-aineena osataan huomioida nykyistä paremmin. Tavoitteena on lisätä puhtaiden pinta- ja pohjavesien ja korkealaatuisen talousveden arvostusta ja lisätä yritysten ja kuluttajien edellytyksiä tunnistaa hankintojensa merkitystä vesien määrään ja laatuun Suomessa ja ulkomailla; 3) *Vesitilinpito*: Jatketaan vesiin, vesien ekosysteemeihin ja vesistökuormitukseen liittyvän tilinpidon kokoamista. Tavoitteena on lisätä veden näkymistä osana kansantalouden toimintaa ja sen arvonalisäystä sekä osana aineistoja, joita käytetään päätöksenteon pohjana; 4) *Kiertotalous*: Panostetaan tarkasteluihin, joilla parannetaan edellytyksiä vesien kannalta kestävä kiertotalouden ratkaisujen syntyyn ja valtavirtaistumiseen. Tämä edellyttää sekä teknologista tutkimus- ja kehitystyötä että ohjauskeinoihin liittyviä tarkasteluita ja avauksia. Tavoitteena on tukea Suomen pyrkimyksiä nousta kestävä kiertotalouden mallimaaksi.

Avainsanat: Vesihuolto, veden laatu, haitta-aineet, riskinarviointi, elintarviketeollisuus, kiertotalous, sininen bionalous

## Sammandrag

Päivi Meriläinen, Jani Salminen, Ritva Britschgi, Taina Nystén, Tarja Pitkänen. Förstudie om samhällets och livsmedelsproduktionens vattenförbrukning – riskhantering och möjligheter. Institutet för hälsa och välfärd (THL). Diskussionsunderlag 32/2017. 46 sidor. Helsingfors 2017.

ISBN 978-952-302-911-8 (webbpublikation)

Vattentjänstverken producerar och distribuerar hushållsvatten till hushåll, men även till primärproduktionen, industrin, företag i servicebranschen och den offentliga sektorn. Beroende på vad hushållsvattnet ska användas till varierar riskerna i samband med vattenförbrukningen och alternativen till riskhantering. I en cirkulär ekonomi tillvaratas ämnena och energin i vattnet för att återanvändas. Vattenförbrukningen effektiviseras genom att spillet minskas och förbrukat vatten återanvänds i ett annat syfte. Vattenlösningarna i en cirkulär ekonomi innebär mikrobiologiska och kemiska risker, som måste identifieras, bedömas och hanteras.

I denna förstudie undersöktes de kemiska och mikrobiologiska riskerna med hushållsvatten i synnerhet för vattentjänstverken som producerar hushållsvatten och livsmedelsindustrin som använder hushållsvatten. Rent vatten är en viktig produktionsfaktor inom livsmedelsproduktionen. Därför har riskerna som rör mikrobiologi och skadliga ämnen i hushållsvattnet som används inom livsmedelsproduktionen stor betydelse. I studien bedömdes de risker som påverkade hushållsvattnets kvalitet under olika skeden i vattnets produktionsperiod (råvattenkällor, tillverkning, distribution och användning inom livsmedelsindustrin). Därtill bedömdes tillräckligheten och realiseringsnivån för de befintliga verktygen för riskhantering samt betydelsen av en lagändring beträffande hushållsvatten. De framtida utvecklingstrenderna i vattensektorn som kunde identifieras under studiens gång omfattade reformer till följd av lagstiftningsändringar gällande hushållsvatten, frågor om materialet i vattenledningar samt de utmaningar som distributionsnätens saneringsskuld och klimatförändringen för med sig.

I samband med projektet genomfördes en intervjustudie, där man samlade in åsikter om tidigare nämnda risker och om hur de hanteras idag och i framtiden. De intervjuade personerna representerade vattentjänstverken som levererar vatten till livsmedelsindustrin och olika sektorer inom livsmedelsindustrin. Av intervjustudien framgick att kontaktytan mellan vattentjänstverken och livsmedelsindustrin oftast fungerar bra och att utvecklingen har varit positiv de senaste åren. Å andra sidan betraktas hushållsvatten av hög kvalitet som en alltför självklar sak inom livsmedelsbranschen. Möjligheterna att återanvända vattnet i livsmedelsindustrins interna processer ansågs vara begränsade, eftersom det då är svårt att hantera riskerna som rör vattenkvaliteten. Än så länge är återanvändningen av vatten nästan obefintlig i Finland. Fiskodling är en av få branscher där vatten som använts av andra produktionsanläggningar återanvänds på andra håll.

Projektets främsta syfte var förutom att göra en nulägesbedömning att få fram motiverade åsikter om informationsbehoven, vilka kan nyttjas i arbetet med att ta fram en nationell vattenstrategi. I den här rapporten presenteras tolv åtgärdsförslag om vattenresurserna och vattenförbrukningen. Fyra av huvudpunkterna är följande: 1) Säkrandet av vattenresurserna: Åtgärder som säkrar god kvalitet och kvantitet gällande de inhemska vattenresurserna effektiviseras. Beräkningarna kan göras genom tillräckliga undersökningar i vattenförsörjningsområdet, heltäckande uppföljning och samarbete mellan olika aktörer; 2) Värderingen av vattnet: Forskningsinstitut, universitet, näringslivet och aktörer inom vattenbranschen utför konkret samarbete så att man bättre förstår att uppmärksamma vilken betydelse inhemskt vatten av hög kvalitet har som råvara. Syftet är att öka värderingen av rent råvatten och hushållsvatten av hög kvalitet samt att öka företagets och konsumenternas förutsättningar att identifiera hur deras inköp påverkar vattenkvantiteten och vattenkvaliteten i Finland och i utlandet; 3) Vattenkonton: Arbetet med att upprätta konton över vattnen, vattnekosystemen och belastningen på vattendrag fortsätter. Syftet är att synliggöra vattnet som en värdeökande samhällsekonomisk faktor och som en faktor i beslutsunderlag; 4) Cirkulär ekonomi: Det satsas på undersökningar som förbättrar förutsättningarna för att skapa och integrera lösningar som innebär en hållbar cirkulär ekonomi för vattendragen. Detta kräver såväl teknisk forskning och utveckling som styrmedelsrelaterade undersökningar och initiativ. Syftet är att stödja Finlands ambition att bli en föregångare inom hållbar cirkulär ekonomi.

Nyckelord: Vattenförsörjning, vattenkvalitet, skadliga ämnen, riskbedömning, livsmedelsindustri, cirkulär ekonomi, blå bioekonomi



## Abstract

Päivi Meriläinen, Jani Salminen, Ritva Britschgi, Taina Nystén, Tarja Pitkänen. Preliminary survey of risk management and opportunities associated with water use in communities and food production. National Institute for Health and Welfare (THL). Discussion Paper 32/2017. 46 pages. Helsinki 2017. ISBN 978-952-302-911-8 (online publication)

Water supply services produce and distribute domestic water not only to households, but also for the needs of primary production, industry, service sector companies and the public sector. Depending on the purpose of use of domestic water, both the risks associated with the use of water and risk management options are different. In the circular economy, the substances and energy contained in water are recovered to return them to use. The efficiency of water use is improved by means of reducing leakage and re-using used water for other purposes. In the circular economy, the solutions related to water also contain microbiological and chemical risks, which must be identified, assessed and managed.

This preliminary survey examined the chemical and microbiological risks of domestic water particularly from the viewpoints of water supply services producing it and food industry using it. Clean water is an important production factor in the various phases of food production and, therefore, the microbiological risks and risks associated with other harmful substances the domestic water used for food production is exposed to are of great importance. The survey evaluated the risks the quality of domestic water is exposed to in different stages of its life cycle (raw water sources, production, distribution and use in the food industry). In addition, it also assessed the sufficiency of the current risk management tools and their standard of implementation, and evaluated the meaning of the changes in the legislation related to domestic water. The future development trends in the water sector identified during the survey included the reforms generated by the regulative changes related to domestic water, the material questions related to water pipes, and the challenges brought about by climate change and the renovation debt of distribution networks.

In connection with the project, an interview survey collecting views on the above-mentioned risks and their management under the current circumstances and the future was also conducted. Those interviewed represented water suppliers to the food industry and various food industry sectors. The interview survey showed that the interface between water supply services and the food industry mostly functioned well, and that the development in this respect has been favourable over the past few years. On the other hand, the food industry took the availability of high-quality domestic water too much for granted. The possibilities to recirculate water in in-house processes within the food industry installations were considered limited, since, in such a case, the risks related to water quality would be difficult to manage. The re-use of water is practically non-existent in Finland for the time being. Fish farming is one of the few sectors, where waters used by other production facilities are already re-used in some cases.

In addition to assessing the current state within the sector, another key objective of the project was to produce justified views on the information needs related to the implementation of the national water strategy. This report proposes a total of 12 measures related to water resources and use of water. Their four main points are the following: 1) Securing the water resources: Intensifying the measures by which the good quality and quantity of domestic water resources can be secured. Foresight measures include sufficient research on the water supply area, comprehensive monitoring and cooperation between various operators; 2) Respect of water: Engaging in concrete cooperation with research institutes, universities, the business sector and water sector operators to ensure that the importance of high-quality water of domestic origin as raw material can be taken into account better than it currently is. The aim is to increase the respect for clean natural waters and high-quality domestic water, and to increase the chances of companies and consumers to identify the meaning of their acquisitions for the quantity and quality of water in Finland and foreign countries; 3) Water accounting: Continuing the compilation of accounting data related to waters, water ecosystems and emissions into water systems. The target is to increase the visibility of water as part of the operation of the national economy and its added value, and as part of the material used as a basis for decision-making; 4) Circular economy: Investing in surveys aimed at improving the conditions for creating and mainstreaming sustainable circular economy solutions with regard to waters. This calls for both technological R&D and reviews and initiatives related to steering methods. The aim is to support Finland's endeavours to become a forerunner in the circular economy.

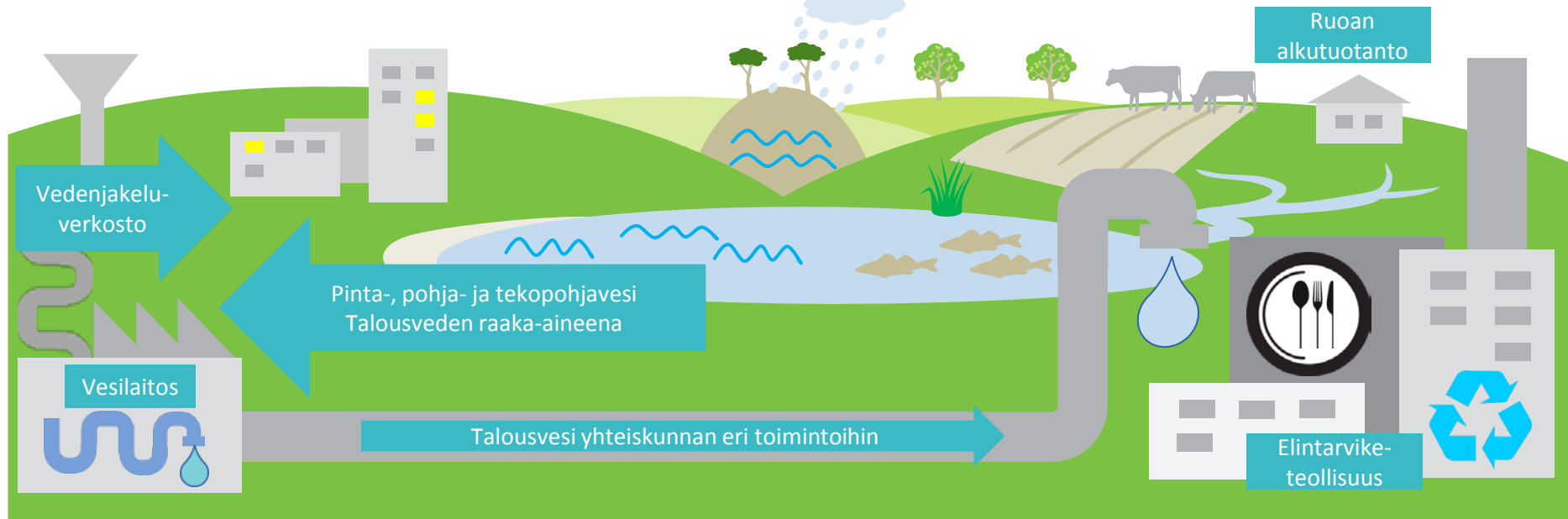
Key words: Water supply, water quality, harmful substances, risk assessment, food industry, circular economy, blue bioeconomy

# 1 Johdanto

Vesi on elämälle välttämätöntä ja veden laatu vaikuttaa suoraan terveyteemme. Vesihuoltolaitokset puhdistavat raakavetenä käyttämästään pinta- ja pohjavedestä talousvettä, joka toimitetaan vesijohtoverkostossa vedenkäyttäjille, kuten kotitalouksiin ja elintarviketeollisuuden tuotantolaitoksiin. Veden sisältämät mikrobit ja kemikaalit voivat aiheuttaa terveysriskejä juomaveden kuluttajille tai haitata teollisuuden prosesseja. Myös vesijohtoverkoston materiaalit vaikuttavat käyttäjän saaman veden laatuun.

Talousveden laatua valvotaan terveydensuojelulain (763/1994) ja talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annettujen sosiaali- ja terveysministeriön asetusten (1352/2015 ja 401/2001) mukaisesti. Valvonta kattaa keskeiset, terveydelle haitalliset vedenlaatutekijät, mutta valvonnan ulkopuolelle saattaa jäädä mikrobeja tai haitallisia aineita, joiden määräistä ja alueellisesta vaihtelusta Suomessa ei ole tietoa. Talousveden valvonta muuttuu riskiperusteiseksi lokakuussa v. 2017, jolloin ihmisten käyttöön tarkoitettun veden laadusta annetun EU:n Neuvoston direktiivin (98/83/EY; juomavesidirektiivi) liitteiden muutos on saatettava kansallisesti voimaan. Euroopan komissio valmistelee juomavesidirektiivin kokonaisuudistamista päätavoitteenaan riskiperusteisuuden tuominen talousveden laadunvalvonnan lähtökohdaksi. Riskiperusteisten valvontatutkimuksien lisäksi valvontaan tulee myös jatkossa sisältymään tärkeimpien veden laatuparametrien testausta, joka vaaditaan tehtäväksi kaikista talousveden tuotanto- ja jakelujärjestelmistä.

Euroopan komission kiertotaloustiedonannossa (Euroopan komissio 2015) kiinnitetään huomiota veden tehokkaampaan käyttöön ja kierrätykseen. Vesivarojen kestävä käyttö ja riittävän ruoantuotannon turvaamiseksi sekä ravinteiden kierrätyksen tehostamiseksi veden kierrätyksen ja turvallisen uudelleen käytön edellytysten selvittämistä tulee jatkaa myös Suomessa. Sinisen biotalouden mahdollisuudet perustuvat Suomen runsaasti vesivaroihin, korkeaan tekniseen osaamiseen ja monialaisten haasteiden ratkaisukykyyn. Veden riittävyys, kierrätyksen ja kestävä käyttö sekä aineiden talteenottoon jätevesistä liittyy myös globaalisti teknologia- ja osaamistarpeita, johon Suomen osaamisella tulisi voida vastata. Tärkeimpiä sinisen biotalouden osa-alueita ovat vesiliiketoiminta, energian tuotanto, kalatalous, ravinteiden kierrätys ja teollisuuden päästöjen vähentäminen. Globaalin vedentarpeen kasvaessa makeiden vesivarojen riittävyys ja laatuun, vesiympäristöön ja veden välityksellä myös ihmisten terveyteen kohdistuu entistä enemmän haasteita. Tätä nykyä Suomessa kohdennetaan veteen liittyviä toimenpiteitä erityisesti vesien suojeluun, vesitehokkuuteen ja veden säästämiseen. Elintarviketeollisuuden käyttämän veden laatu sekä vesiteknologiaviennin mahdollisuudet ovat vähäisemmällä huomiolla. Talousvettä toimittavien laitosten ja elintarviketeollisuuden rajapinta kaipaa selvennystä ja käytännön ohjeistusta esimerkiksi siitä, mitä otetaan huomioon vesihuoltolaitoksien riskien arvioinnissa ja hallinnassa (Water Safety Plan, WSP) ja mitä elintarvikeyrityksen riskienhallintamenettelyssä (Hazard Analysis and Critical Control Points, HACCP) niissä tapauksissa, kun vesihuoltolaitoksen asiakkaana on elintarvikehuoneisto. Yhteistyötä suunniteltaessa voidaan hyödyntää maa- ja metsätalousministeriön vuonna 2014 julkaisemaa opasta Elintarviketeollisuus vesihuoltolaitoksen asiakkaana. Oppaaseen on koottu suuntaviivat vesihuoltolaitoksen ja elintarvikeyrityksen välisen asiakassuhteen järjestämiseksi. Siinä korostetaan aktiivisen yhteistyön ja asiakassuhteen erityispiirteitä huomioivan vesihuoltosopimuksen laatimisen tärkeyttä (MMM 2014). Kuvassa 1. esitetään tässä raportissa käsiteltävä talousveden kulku raakavedestä elintarviketeollisuuden tuotantolaitokselle saakka.



Kuva 1. EsiBiovesi-hankkeessa tarkasteltava kokonaiskuva: veden kulku aina raakavedestä elintarviketeollisuuteen.

## 2 Veden käytön nykytila Suomessa

### 2.1 Kotimainen veden käyttö ja vesistökuormitus

Kansallisen vesistrategian laadinta edellyttää kattavia ja riittävän tarkkoja tietoja vesien käytön ja kuormituksen nykytilasta. Tämä tarkoittaa vesitilinpitoa, joka sisältää tiedot sekä vesien virroista että niiden varannoista. Vesien virroilla tarkoitetaan ekosysteemistä teknosysteemiin otettua vettä, veden virtoja teknosysteemin sisällä ja ekosysteemiin palautettua vettä ja siihen käytön aikana liuenneita aineita ja energiaa. Tämän lisäksi vesiekosysteemit tuottavat lukuisia palveluita in situ eli paikan päällä. Tällöin vettä ei oteta vaan käytetään sen alkuperäisellä paikalla. Vesiekosysteemejä tällä tavoin hyödyntäviä ihmisten toimintoja ovat muun muassa kalatalous sisältäen sekä kalastuksen että vesiviljelyn, vesivoiman tuotanto, vesiliikenne ja vesien virkistyskäyttö. Laimentamisen ohella vesiekosysteemit myös voivat muuttaa teknosysteemistä ekosysteemiin palautettujen vesivirtojen sisältämiä aineita tai niiden määriä uuteen muotoon, joka voi olla alkuperäistä haitattomampi tai haitallisempi. Sadanta osana veden hydrologista kiertoa tuottaa merkittäviä ekosysteemipalveluita. Viljelykasvien ja metsien kasvuunsa tarvitseman veden tarpeen osalta suomalainen maatalous ja metsätalous toimivat hyvin pitkästi sadeveden varassa.

Suomen vesivarojen määrä ja laatu tunnetaan varsin hyvin. Suomen maa-alueen kokonaispinta-alasta (303 912,28 km<sup>2</sup> vuonna 2016) 11,4 prosenttia eli 34 536,44 km<sup>2</sup> on vesialueita (Maanmittauslaitos 2017). Järvien keskisyyvyys on hieman alle 7 metriä (Kettunen ym. 2008). Käyttämällä näitä kahta lukua vesistöjen vesitilavuuden laskemiseen saadaan makean pintaveden varannoksi Suomessa noin 235 miljardia kuutiota (km<sup>3</sup>). Luokiteltuja pohjavesialueita on Suomen maapinta-alasta noin 4 prosenttia. Niillä arvioidaan muodostuvan pohjavettä 5,4 milj. m<sup>3</sup> vuorokaudessa eli 2,0 miljardia kuutiota vuodessa (Britschgi ym. 2009). Salminen ym. (2017) julkaisivat Suomen 150 kansantalouden eri sektoria kattavan tarkan vesitilinpidon teknosysteemiin otetun veden määrästä vuonna 2010. Suomen kansantaloudessa veden käytön kannalta merkittävimmät toimialat 26 toimialan jaottelulla on esitetty kuvassa 2. Energiahuollon, kemianteollisuuden, öljynjalostuksen sekä massa- ja paperiteollisuuden tarvitseman jäähdytysveden määrä on merkittävästi suurempi kuin muu vedenkäyttö yhteensä. Jäähdytysveden kemiallinen laatu ei merkittävästi muutu sen käytön aikana ja ympäristöön palautetun lauhdeveden mahdolliset vaikutukset liittyvät sen sisältämään lämpökuormaan.

#### Vesitilinpito

Ympäristötilinpito on systemaattinen kuvaus ympäristön ja talouden välisestä suhteesta. Ympäristötilinpitoa voi käyttää tietolähteenä ympäristö- ja talouspolitiikassa, ympäristötutkimuksessa sekä ympäristön ja makrotaloudellisen kehityksen vertailussa. Sitä voi käyttää myös kestävä kehityksen indikaattorien lähteenä (Tilastokeskus 2017). Vesitilinpito on osa ympäristötilinpitoa ja työkalu, jolla tuotetaan kattava kuva veden käytöstä ja kuormituksesta kansantaloudessa. Vesitilinpito on osa ympäristötilinpitoa ja laajemmin tarkasteltuna osa kansantalouden tilinpitoa. Vesitilinpito kytkee veden käytön ja kuormituksen osaksi kansantalouden kokonaisuutta, joka sisältää eri toimialoilla syntyvän tuotannon arvon ja määrän, työllisyyden, kotimaisen kuluksen, viennin ja tuonnin. Vesitilinpidon toteutus noudattaa siis samaa toimialalähtöistä lähestymistapaa kuin kansantalouden muu, esimerkiksi tuotantoon ja työllisyyteen liittyvä tilinpito. Vesitilinpito on siis keskeinen edellytys veden kansantaloudellisen merkityksen ja arvon tarkasteluun. Vesitilinpito jaetaan eri osa-alueisiin. Ympäristöstä talouteen fyysisesti otetun veden tilinpito kuvaa toimialojen käyttämän veden määrää. Tämä vesi voi olla niiden itsensä suoraan ympäristöstä ottamaa tai vesihuoltolaitoksen niille toimittamaa vettä. Tämä vesitilinpidon osa-alue kuvaa siis veden virtaa ympäristöstä talouteen ja talouden sisällä. Taloudesta takaisin ympäristöön johdetun veden määriä kuvataan erillisellä tilinpidolla. Tämä tilinpito sisältää tiedot johdetuista volyymeistä talouden sisällä (jäteveden tuottajilta sen käsittelijöille) ja taloudesta ympäristöön sekä tiedot ympäristöön johdettujen vesien sisältämästä kuormituksesta. Kuormituksen yksi osa muodostuu kun otettu vesi palautetaan laadultaan muuttuneena vesistöihin ja toinen osa ihmistoimintojen aiheuttamasta, valumavesien mukana vesistöihin päätyvästä kuormituksesta ja kolmas osa ilmaperäisestä vesistökuormituksesta.

<sup>1</sup>teknosysteemillä tarkoitetaan ihmisen rakentamaa, teknologian muodostamaa systeemiä

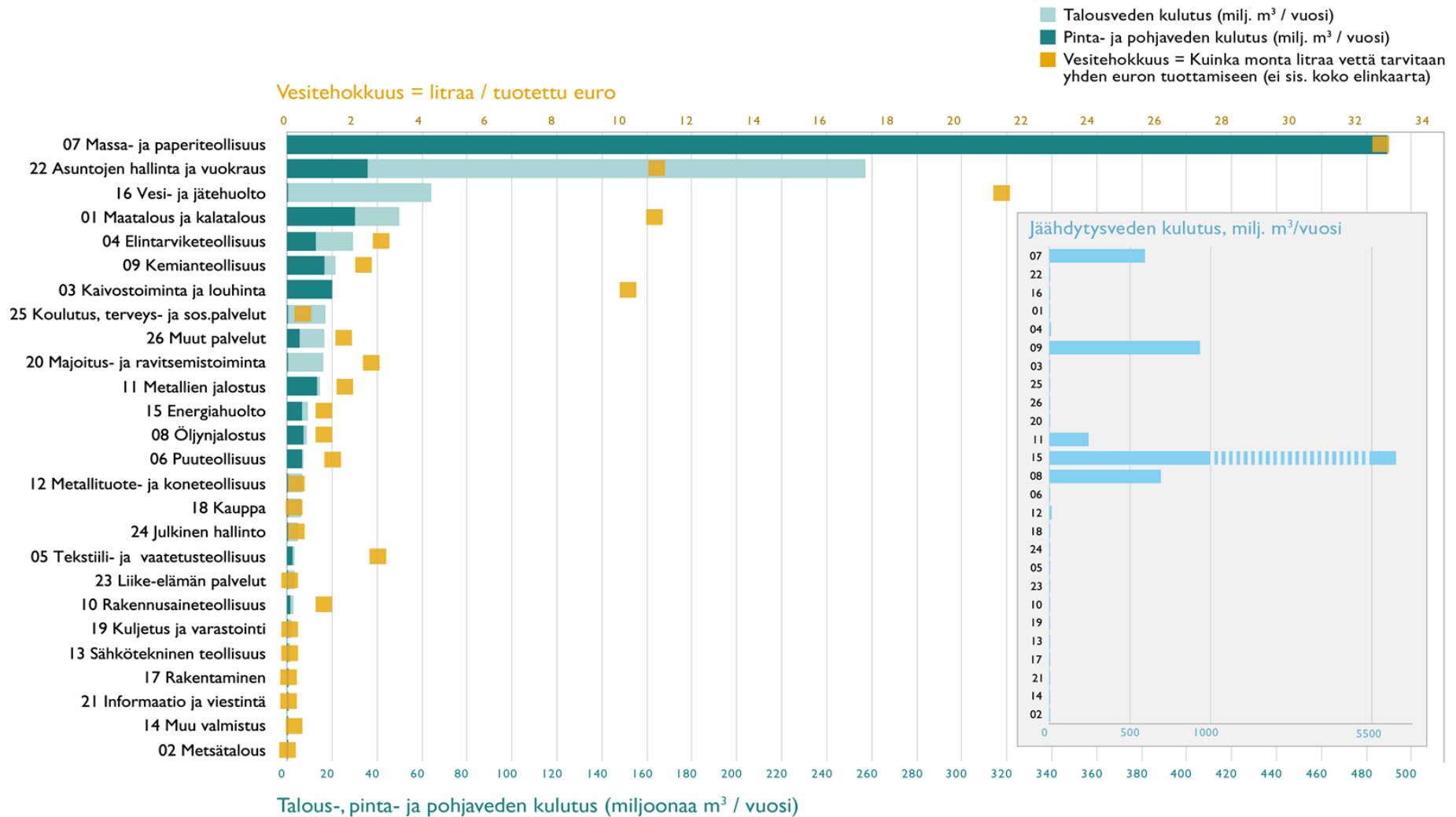
Vesitilinpidoon kolmas elementti on vesiekosysteemitilinpito, jolla tarkoitetaan vesiekosysteemien ja veteen liittyvien muiden ekosysteemien (esimerkiksi pohjaveden tuottamat palvelut) tuottamien erilaisten palveluiden kytkemistä osaksi kansantalouden tilinpitoa. Näitä palveluita ovat muun muassa puhtaan veden tuotanto, haitallisten aineiden luontainen puhdistaminen, veden virkistyskäyttö, vesivoima ja -liikenne. Tähän tilinpiin liittyy myös vesistöjen ja pohjavesien määrällisen ja laadullisen tilan arviointi. Vesi- ja veteen liittyvien ekosysteemipalveluiden tilinpito on edellytys niiden kansantaloudellisen merkityksen ja arvon tarkastelulle. Ekosysteemitilinpito mahdollistaa myös niiden hyötyjen ja haittojen keskinäisen tarkastelun, joita ekosysteemeihin kohdistuvilla ihmistoimilla ja toimenpiteillä on. Toistaiseksi Tilastokeskuksen ympäristötilinpiin (Tilastokeskus 2017) kuuluvat energian käyttö, kasvihuonekaasupäästöt, ympäristönsuojelumenot, luonnonvarojen kokonaiskäyttö (pl. vesi) ja jätteiden tuotanto. Salmisen ym. (2017) laatima vesitilinpito, joka kattaa talouteen otetun pinta- ja pohjaveden, täydentää tätä ympäristötilinpiin.

YK on laatinut systemaattisia ohjeistuksia vesi- ja ekosysteemitilinpidoon laatimiseen. Näitä ovat SEEA-water (YK 2012), SEEA-CF (YK ym. 2014a) ja SEEA-EEA (YK ym. 2014b; YK ym. 2017).

Kun toimialalla käytetyn veden määrä suhteutetaan sillä syntyneen tuotannon arvoon saadaan laskettua toimialan vesitehokkuusluku ( $m^3/eur$ ) (Kuva 2). Tämä mahdollistaa yhtäältä toimialojen vesitehokkuuksien vertailun sekä vesitehokkuuden kehittymisen seurannan. Vesitehokkuus voi parantua ajan myötä joko tuotannon arvon noustessa tai tuotantoon käytetyn veden määrän vähentyessä esimerkiksi vesikiertoja sulkemalla, vesitehokkaampia laitteita käyttämällä tai veden hukkaa ja vuotoja vähentämällä. Kansallisen vesistrategian laadinnassa on perusteltua huomioida etenkin ne toimenpiteet, joilla vesi-intensiivisten toimialojen vesitehokkuutta voidaan parantaa Suomessa tai maailmalla (teknologia- ja osaamisvienti).

Vesitilinpidoon mukaan makeaa pintavettä otetaan vuosittain noin 2,7 miljardia kuutiota eli noin 1,4 prosenttia varannon määrästä. Vedenhankinnan kannalta tärkeiksi tai siihen soveltuviksi luokitelluilta pohjavesialueilta käyttöön otetun pohjaveden vuotuinen tilavuus on vesitilinpidoon (Salminen ym. 2017) mukaan noin 0,2 miljardia  $m^3/a$  eli noin 10 % vuotuisesta tärkeillä tai vedenhankintaan soveltuvaksi luokitelluilla pohjavesialueilla syntyvästä määrästä. Tämän lisäksi pohjavettä muodostuu ja sitä otetaan edellä mainittujen pohjavesialueiden ulkopuolella. Varannon määrän luotettava arviointi on vaikeaa, eikä tietoja ole siltä osin olemassa. Vesitilinpidoon mukaan arviolta noin 60 miljoonaa kuutiota pohjavettä otetaan luokiteltujen pohjavesialueiden ulkopuolelta.

Tuoreimmat arviot Suomen pinta-, rannikko- ja pohjavesien tilasta sekä pohjavesien riskialueista ovat vuodelta 2013 (SYKE 2015, SYKE 2017a). Näiden arvioiden mukaan Suomen järvien ja jokivesien pinta-alasta 85 % ja 65 %, mainitussa järjestyksessä, on hyvässä tai erinomaisessa tilassa. Rannikkovesistä vain 25 % on hyvässä tai erinomaisessa tilassa, niiden pinta-alasta suurimman osan tila on tyydyttävä tai huono (SYKE 2015). Suurin ongelma on rehevöityminen. Suomessa on noin 3 800 vedenhankintaa varten tärkeää ja siihen soveltuvaa pohjavesialuetta, joista suurin osa on tilaltaan hyviä. Riskialueeksi nimettyjä pohjavesialueita on noin 350 (YM 2013).



Kuva 2. Talousveden, muun pinta- ja pohjaveden sekä jäähdytysveden käyttö Suomen kansantaloudessa 26 toimialalle jaoteltuna sekä näiden toimialojen vesitehokkuus vuonna 2010 (Salminen ym. 2017). Jäähdytysvedestä noin 80 % on peräisin merestä, 20 % järvistä ja joista ja alle 0,1 % pohjavedestä.

## 2.2 Vesivarantojen turvallisuuden varmistaminen

Pohja- ja pintavesien hyvän tilan turvaamiseksi tehdään vesienhoitoalueittain suunniteltavaa vesienhoitotyötä. Koko EU:n tasolla on tavoite saavuttaa vesien hyvä tila viimeistään vuoteen 2027 mennessä. Samalla vesien tila ei saa myöskään heiketä. Valtioneuvosto on hyväksynyt vesienhoitosuunnitelmat vuosiksi 2016-2021 joulukuussa 2015. Vesihuollon suuntaviivat 2020-luvulle -selvityksessä yhdeksi tulevaisuuden haasteeksi nostetaan valuma-aluepohjaisen ajattelun vahvistaminen suunnittelussa ja palveluiden tuottamisessa (Sifverberg 2017). Valuma-aluepohjainen suunnittelu vahvistaa raakavesilähteiden suojelua ja kohdentaa jätevedenpuhdistuksen tehostamiseksi tehtäviä investointeja vesistöjen kannalta kriittisiin kohteisiin.

Toiminnanharjoittajien lakisäätteiset velvoitetarkkailut ovat tärkeä osa pinta- ja pohjavesien seuranta ja vesivarantojen turvallisuuden varmistamista. Ympäristönsuojelulakiin (YSL 527/2014 6 §) sisältyy ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaa toimintaa harjoittavan selvilläolovelvollisuus toimintansa ympäristövaikutuksista kuten toiminnan pinta- ja pohjavesille aiheuttamista riskeistä. Eri lainsäädännön mukaisesti lupiin sisältyy myös velvoitetarkkailua. Tarkkailuvelvoitetta määrätään ympäristönsuojelu- ja vesilakiin (VL 587/2011) sekä myös maa-aineslakiin (MAL 555/1981) perustuen. Ympäristöluvuissa tarkkailuun kuuluu hankkeen toiminnan käyttö- ja päästötarkkailu sekä vaikutusten tarkkailu, vesiluvissa hankkeen toteutuksen ja vaikutusten tarkkailu (Hentilä ym. 2016). Myös maa-aineslain mukaisesti lupiin sisältyvät yleensä sekä pohjavedenpinnan että laadun tarkkailut. Yhdyskuntien vedenhankinta perustuu Suomessa pääosin pohjaveteen ja vain jotkin suurimmat kaupungit käyttävät raakavetenään pintavettä. Haja-asutusalueilla käytetään lähes 100 % pohjavettä (Etelämäki 1999). Raakavesilähteiden vesiturvallisuuden huomioimisessa pohjavesialueet nousevat siten korostetusti esille. Pohjavesialueen vedenlaadun seuranta vedenottamoaa laajemmalla alueella eli vesihuoltolaitosten ennakkoseuranta on erityisen tärkeää alueilla, joilla on todettu olevan pohjavedelle riskiä aiheuttavia toimintoja. Seurannan avulla saadaan tietoa pohjaveden laadusta laajemmalla alueelta kuin vain vedenottamoalueelta ja voidaan riittävän aikaisin ryhtyä toimenpiteisiin, mikäli ottamolta saatavaa pohjavettä uhkaa laadun heikkeneminen (Suomen Vesiyhdistys 2005).

Pohjavesialueen yhteistarkkailussa alueen toimijat, kuten kunta, vesihuoltolaitokset ja yritykset, selvittävät yhdessä pohjaveden laatua. Yhteistarkkailulla saadaan kokonaiskuva pohjavesialueen tilasta ja vedenlaadussa tapahtuvista muutoksista. Usein yhteistarkkailulla saadaan myös kustannussäästöjä tarkkailuvelvoitteiden toteutukseen, koska tarkkailussa voidaan mm. hyödyntää samoja pohjaveden tarkkailuputkia (Nummela 2017; Kivimäki ym. 2016).

Pohjaveden pilaamiskieltoa (YSL 527/2014, 17 §) täydentää kaksi Suomessa käytössä olevaa lakeihin pohjautuvaa pohjaveden suojelumenetelmää. Vesilain (VL 587/2011) mukaan voidaan pohjavedenottamon ympärille määrätä suoja-alue. Lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (VMJL 1263/2014) perustuu mahdollisuus laatia pohjavesialueelle suojelusuunnitelma. Nykyisin yleisin pohjaveden suojelun hallinnan työväline on pohjavesialueen suojelusuunnitelma.

Pohjavesialueen suojelusuunnitelma on selvitys ja ohje, jota sovelletaan maankäytön suunnittelussa ja viranomaisvalvonnassa. Suojelusuunnitelmalla ei ole itsenäisiä oikeusvaikutuksia (mm. Rintala ym. 2007). Suojelusuunnitelmaan sisällytetään tarpeen mukaan seuraavat tiedot (VMJL 10 e §):

- alueen pohjavesiolosuhteet, pohjaveden tila sekä nykyinen ja suunniteltu maankäyttö
- alueella sijaitsevat vedenottamot ja alueen pohjaveden merkitys vedenhankinnan kannalta
- vedenottamoiden suoja-alueita koskevat vesilain 4 luvun 11 §:n mukaiset päätökset ja arvio päätöksen tarkistamistarpeesta tai tarpeesta hakea suoja-alueen määräämistä
- pohjaveden pilaantumisen vaaraa aiheuttavat toiminnot ja arvio toimenpiteistä pilaantumisen vaaran vähentämiseksi
- muut pohjavesien suojelun kannalta merkitykselliset seikat.

Suojelusuunnitelmalla on yhteys WSP-suunnitteluun, jonka työkalua suositellaan käytettäväksi myös pohjavesialueen suojelusuunnitelman riskinarvioinnissa (Britschgi & Rintala 2016). WSP-työkalussa on mm. koottu valmiiksi tyypillisiä vaaran aiheuttajia ja niihin liittyviä terveysvaaroja.

Suojelusuunnitelma laaditaan koko pohjavesialueelle, jolla sijaitsevilla vedenottamoilla voi olla myös vesilain mukaisia suoja-alueita. Suoja-alueet käsittävät yleensä vedenottamon lähiympäristön ja palvelevat pääsääntöisesti yhdyskuntien vedenottoa ja muita laajoja vedenottohankkeita. Vedenottoluvassa tai erikseen voidaan määrätä pohjavedenottamon ympärillä oleva alue suoja-alueeksi (VL 4:11.1 ja 2). Edellytyksenä on, että alueen käyttöä on tarpeen rajoittaa veden laadun tai pohjavesiesiintymän antoisuuden turvaamiseksi (Britschgi & Rintala 2016).

Pohjavesialueen suojelusuunnitelmassa ja talousveden riskienhallintajärjestelmän WSP-mallissa käsitellään pohjavesialueen osalta osin samoja asioita. WSP-mallissa ovat tiedot pohjaveden muodostumisalueen ja pohjavedenottamon veden laadulle vaaraa aiheuttavista toiminnoista, niiden aiheuttamista vaaroista pohjaveden laadulle sekä esimerkkikeinoja riskin vähentämiseksi ja poistamiseksi. Verkkopohjainen WSP-työkalu on maksutta vesihuoltolaitosten ja viranomaisten käytettävissä. Tällä hetkellä useimmille vedenhankintakäytössä olevista pohjavesialueista on laadittu suojele-suunnitelma, mutta WSP-malli on käytössä vasta muutamilla vesihuoltolaitoksilla (Britschgi & Rintala 2016).

Pohjavesialueet ovat Suomessa usein hyvin monimuotoisia viimeisen jääkauden aikana syntyneitä hiekka- ja soramuodostumia. Vettä hyvin johtavien hiekka- ja sorakerrosten seassa voi olla myös pohjaveden virtausta estäviä savi- ja silttikerroksia. Myös kallionpinnan muodot muodostumien alla ovat hyvin vaihtelevia, joten maanpinnalta katsottuna muodostuman todellista rakennetta ei voida nähdä. Pohjavesialueen rakenneselvityksellä saadaan pinnan alla piilossa olevaa tietoa pohjavesialueen geologisesta rakenteesta ja hydrogeologiasta. Rakenneselvityksen perustana käytetään painovoimamittauksiin ja kairauksiin pohjautuvaa tutkittavan alueen kallionpintamallia (Hanski ym. 2010). Lisätutkimuksien kautta pohjavesialueelle voidaan tarvittaessa laatia virtausmalli. Mallintamista voidaan käyttää apuna selvitetessä tai arvioitaessa eri tekijöiden vaikutuksia pohjaveden laadun muutoksiin (Britschgi & Rintala 2016, Seppälä & Tuominen 2005). Näitä tietoja voidaan hyödyntää mm. kaavoituksen tausta-aineistona (Hanski ym. 2010).

### 2.3 Alkutuotanto ja elintarviketeollisuus veden käyttäjänä

Veden tuotantoprosessi alkaa raakaveden muodostumisalueella ja jatkuu vedenkäsittelyn ja jakelunverkoston kautta käyttäjille (Kuva 3). Elintarviketeollisuus käyttää talousvettä sekä tuotteidensa raaka-aineena että prosessivetenä. Elintarviketeollisuuden osuus kunnallisten vesihuoltolaitosten toimittaman talousveden käytöstä oli vuonna 2010 noin 16,1 miljoonaa kuutiota, mikä kattaa 4,0 % vesihuoltolaitosten kaikkiaan toimittamasta talousvedestä (Salminen ym. 2017). Valtaosa elintarvikeyrityksistä ostaa vetensä paikallisilta vesihuoltolaitoksilta. Suurimmilla vedenkäyttäjillä on myös omia vedenottamoita, joista otettua pohjavettä käytettiin talous-, jäähdytys- tai muuna prosessivetenä yhteensä noin 2,5 miljoonaa kuutiota vuodessa ja pinta- tai murtovettä jäähdytys- tai muuna prosessivetenä noin 5,7 miljoonaa kuutiota vuonna 2010 (Salminen ym. 2017).



Kuva 3. Talousveden tuotanto ja käyttö elintarviketeollisuudessa (mukaeltu Gilbert ym. 2011).



Talousvettä käytetään elintarviketeollisuudessa tuotannossa eri prosesseissa kuten jäädytyksessä ja pesuissa, raaka-aineena tuotteissa, muiden raaka-aineiden tuotannossa sekä saniteettivetenä. Talousveden laatu- tai saatavuushäiriöt voivat aiheuttaa välittömiä ongelmia elintarviketeollisuuden prosesseissa ja johtaa pahimmillaan tuotannon keskeyttämiseen tai laatuvirheisiin, joista osa voi olla jopa terveydelle vaarallisia. Häiriöt talousveden laadussa tai saatavuudessa voivat aiheuttaa ongelmia elintarvikeyritykset prosesseissa, johtaa tuotannon keskeyttämiseen tai jopa laatuvirheisiin, joista osa voi olla terveydelle haitallisia. Elintarviketeollisuutta talousveden käyttäjänä ja siihen liittyviä riskinhallintatoimenpidesuosituksia on kuvattu tarkemmin Gilbertin ym. (2011) raportissa.

Maa- ja metsätalousministeriö kokoamassa oppaassa esitetään suuntaviivat vesihuoltolaitoksen ja elintarvikeyrityksen välisen asiakassuhteen järjestämiseksi (MMM 2014). Koska vesihuoltolaitoksen palvelut ovat usein välttämättömiä elintarvikeyrityksen toiminnalle, on tärkeää huomata että elintarvikeyritysten vesihuollon tarpeet poikkeavat monesti asutuksen tarpeista. Siltikin vesihuollosta sopimiseen tässä yhteydessä on laajalti käytetty asutuksen tarpeisiin laadittuja sopimusmalleja ja näin ollen elintarvikeyrityksen kuin vesihuoltolaitoksen kannalta olennaiset kysymykset ovat saattaneet jäädä liian vähäiselle huomiolle. Oppaan perusteella vesihuoltolaitoksen ja elintarvikeyrityksen välisessä suhteessa tulisi keskittyä erityisesti riskienhallintaan, tiedonjakoon sekä yhteisten käytäntöjen muodostamiseksi. Riskienhallinnan kehittämisen keinoina ovat esimerkiksi yhteisen riskienhallintasuunnitelman laatiminen ja vastuunjaosta sopiminen (MMM 2014).

Myös ruoan alkutuotanto eli elintarviketeollisuuden raaka-aineiden kuten maidon, lihan, kananmunien ja avomaalla ja kasvihuoneissa kasvatettujen kasvien, marjojen ja hedelmien tuotanto on riippuvaista hyvälaatuisesta talousvedestä tai muusta, itse otetusta hyvälaatuisesta pohja- tai pintavedestä. Suomessa raaka-aineiden (maidon, lihan, kananmunien ja vihannesten) tuotanto sijoittuu pääosin haja-asutusalueille. Karjataloudessa vettä saadaan usein omasta kaivosta. Maito- ja lihakarjatiloihin jopa 40-50 % hankkii talousvetensä omasta kaivosta. Pelkästään verkostovettä käyttää vain noin 20-30 % tiloista ja 15-30 % hankkii talousvetensä osin omasta kaivosta ja osin verkostosta (Sorvala ym. 2006). Broileritiloilla verkostoveden käyttö on yleisempää, noin 60 % broileritiloista käyttää yksinomaan verkostovettä. Loput (noin 40 %) tiloista käyttää verkostoveden lisäksi omaa kaivoa talousveden lähteenään (Sorvala ym. 2006).

Kotieläintalouden keskittyminen viimeisimmän 10 vuoden aikana on saattanut muuttaa vedenhankinnan lähteiden jakaumaa, mutta aiheesta ei ole tuoreita arvioita. Karjatalouden sekä ruokakasvien avomaan ja kasvihuonetuotannon käyttämän talousveden tuottajat ovat usein pieniä vesihuoltolaitoksia tai vesiosuuskuntia, jotka on todettu riskialteimmiksi (Isomäki 2006). Laitosten tai osuuskuntien toimittamaa vettä kulutetaan arviolta 25 miljoonaa kuutiota ruoan alkutuotannossa oman vedenhankinnan määrän ollessa noin 15 miljoonaa kuutiota vuodessa (Salminen ym. 2017). Avomaan vihannesten ja marjojen tuotannossa käytettävä kasteluvesi on pääsääntöisesti peräisin läheisistä pintavesilähteistä ja vähemmässä määrin toiminnanharjoittajien omista pohjavesikaivoista. Ostetun talousveden osuus on joitakin prosentteja (Tike 2012).

Kasvihuonetuotannossa vesihuoltolaitosten ja -osuuskuntien osuus on merkittävä; noin 60 prosenttia tuotannossa käytetystä vedestä on ostettua ja noin 40 prosenttia itse otettua vettä (Salminen ym. 2017). Tuotanto on lisäksi varsin keskittynyttä. Noin 60 prosenttia Suomessa tuotetuista tomaateista ja 40 prosenttia kasvihuonekurkuista tuotetaan Närpiön kunnan alueella. Vesivarojen ja talousveden riittävyys saattaa muodostua ainakin ajoittain ongelmaksi vesi-intensiivinen tuotannon keskittymissä, joissa vesivarojen runsas saatavuus ei ole ollut keskeinen toiminnan sijoittumista ohjaava tekijä. Kuivuusjaksot ovat merkittävä riski etenkin puutarhatuotannolle. Esimerkiksi Ahvenanmaalla vesihuolto ja keinokastelua hyödyntävä puutarhatuotanto (40-90 % viljelyalasta), kuten omenoiden ja avomaan vihannesten kasvatusta, riippuvat pääosin matalista ja varsin pienialaisista pintavesilähteistä (ÅMHM 2017). Pienten vesihuoltolaitosten valmius toimia erikoistilanteissa on heikompi kuin suuremmilla laitoksilla. Samoin niiden edellytykset käyttää täysipainoisesti saatavilla olevia riskienhallintatyökaluja ovat rajalliset.

## 3 Suomen vesien kontaminantit

### 3.1 Haitalliset aineet ja mikrobit pinta- ja pohjavedessä

Pinta- ja pohjavesivarantoihin päätyy paikoin suuria kemikaali- ja mikrobipäästöjä yhtäältä teollisuus- ja yhdyskuntajäteveden puhdistamoiden purkuputkista suoraan pintavesiin, ja toisaalta hajakuormituksesta, jota aiheuttavat maatalouden ja haja-asutusalueiden päästöt, kemikaalien kaukokulkeuma ja myös luonnoneläinten ulosteet. Huolimatta tästä kuormituksesta, pinta- ja pohjavesien laatu on Suomessa pääosin erinomainen tai hyvä (SYKE 2015).

ELY-keskukset luokittelevat pintavesien kemiallisen tilan vesienhoidon suunnittelua varten käyttämällä Valtioneuvoston asetuksen 1022/2009 (vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetus) liitteen ympäristölaatuunormeja, joita käytetään mm. ympäristölupamenettelyissä teollisuuslaitosten päästöraja-arvojen mittaamisessa. Ympäristölaatuunormit vedessä tai eliöissä eivät saa ylittyä. Luvanvaraisten toimintojen päästömääräykset asetetaan, paras saatavilla oleva tekniikka (best available technology, BAT) ja mahdollinen sekoittumisvyöhyke huomioon ottaen niin, etteivät ympäristölaatuunormit ylity. Tämä koskee kuitenkin vain lupamenettelyn piiriin kuuluvia toimijoita, kuten teollisuuslaitoksia, eikä tällä voida säädellä muita kuin vaarallisten aineiden piiriin kuuluvia aineita (Karvonen ym. 2012). Pintahuuhtoutumina vesistöihin päätyy mm. torjunta-aineita ja jätevesien mukana kuluttajakemikaaleja sekä lääkeaineita, joiden päästöjä ei tätä nykyä rajoiteta. Osa näistä kemikaaleista, kuten torjunta-aineet (Bassil ym. 2007; Aktar ym. 2009), perfluoratut yhdisteet (Stahl ym. 2011), bromatut palonestoaineet (Darnerud 2003) sekä antibiootit (Park & Choi 2008) ja hormonit (Hernando ym. 2006) voivat olla hyvinkin haitallisia sekä vesieliöille että ihmisille.

Pohjaveden pilaamiskielto on ehdoton: pilaamiseen ei voi saada poikkeuslupia eikä pohjaveden laatua saa vaarantaa. Päästökielto pohjaveteen koskee pohjavedelle tai ihmisen terveydelle vaarallisiksi vahvistettuja aineita sekä aineita, jotka pohjaveteen joutuessaan tekevät vedestä ihmisen käyttöön soveltumatonta (Karvonen ym. 2012). Pohjaveden pilaantuminen kemikaaleilla johtuu yleensä kyseisten aineiden kulkeutumisesta veteen pilaantuneesta maaperästä. Pohjavesiä pilaavat kemikaalit voivat aiheuttaa terveydellistä haittaa ja ovat tyypillisimmin peräisin mm. vanhoilta kaatopaikoilta, huoltoasemilta, sahoilta ja puunkyllästämöiltä, kuivapesuloista, kasvihuoneista, ampuma-alueilta, teiden suolauksesta, kaivostoiminnasta tai kemikaalionnettomuuksista (Molarius & Poussa 2001; Vuorimaa ym. 2007; Tidenberg ym. 2009; THL 2015a). Esimerkiksi torjunta-ainejäämiä löydettiin vuosien 2007–2015 aikana 43 prosentissa tutkituista maa- ja metsätalouden kuormittamista pohjavesialueista, ja ympäristölaatuunormi ylittyi 15 prosentissa näistä pohjavesialueista (Juvonen 2017).

Pintavesissä on hyvin yleisesti ihmisen terveydelle haitallisia mikrobeja, vaikkakin tautia-aiheuttavien mikrobien lukumäärät saattavat olla niin alhaisia, että pintavettä pitäisi juoda merkittäviä määriä, ennen kuin infektion todennäköisyys on suuri (Hokajärvi ym. 2008, Perkola ym. 2015). Suolistoperäiset taudinaiheuttajamikrobit päätyvät vesistöihin tavallisimmin ihmisen toiminnan seurauksena yhdyskuntien tai haja-asutuksen jätevesistä, hulevesien mukana tai karjatalouden hajakuormituksena, mutta myös luonnoneläinten, erityisesti vesilintujen ulosteet ovat merkittävä pintavesissä esiintyvien ulostebakteerien lähde. Mikäli pintavettä käytetään talousveden raakavetenä, on vedenkäsittelyprosessit suunniteltava niin, että ne poistavat vedestä terveydelle haitalliset mikrobit ja takaavat talousveden turvallisuuden.

Pohjaveden laatu on Suomessa yleensä hyvä. Pohjavesiesiintymämme ovat kuitenkin erityisen alttiita vedenlaadun muutoksille, koska ne ovat suhteellisen matalia, pienialaisia ja vettä hyvin johtavia (Suomen Vesiyhdistys 2005). Pohjaveden hyödyntämisen osalta ongelmia ja pilaantumista aiheutuu tyypillisimmin tulvien, rankkasateiden ja lumen sulamisen yhteydessä sekä jätevesien pääsystä vedenottokaivoihin. Syyinä ovat yleensä huonokuntoiset kaivorakenteet (Pitkänen ym. 2011). Vesiepidemioita esiintyy useimmiten rankkasateiden yhteydessä tai keväällä lumien sulaessa maan ollessa vielä roudassa, jolloin pintavaluntaa kaivoihin tapahtuu herkimmin. Suurin osa Suomessa aiheutuneista vesiepidemioista on esiintynyt pienillä, alle 500 käyttäjää palvelevilla vedenottamoilla (Zacheus & Miettinen 2011). Vaikka suurin osa vesiepidemioista on liittynyt yksityiskaivojen tai vesiosuuskuntien pohjavedenottamoiden veden käyttöön, on valtaosa sairastuneista henkilöistä saanut juomaveden kunnallisen vesilaitoksen jakeluverkostosta (THL 2016a; Zacheus

ja Miettinen 2011; Miettinen 2001). Norovirus aiheuttaa suurimman osan vesiepidemioista, toiseksi yleisin epidemioiden aiheuttaja on kampylobakteeri (Pitkänen 2013). Molemmat mikrobit säilyvät pitkiä aikoja luonnossa, kulkeutuvat maaperässä ja vesistöissä hyvin, ja niiden taudinaiheuttamiskyky on suuri (THL 2016a).

Todetut pohjaveden pilaantumistapaukset ovat usein olleet paikallisia, eikä pilaantuminen ole estänyt kokonaan alueen käyttöä talousveden hankintaan. Ihmistoiminnasta peräisin olevien haitta-aineiden aiheuttamia pilaantumistapauksia on toistaiseksi Suomessa todettu muuhun Eurooppaan verrattuna vähän. Geologisista olosuhteista johtuvia, luonnosta peräisin olevien aineiden aiheuttamia laatuongelmia esiintyy lähinnä rannikkoalueilla, missä pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuus voi olla korkea. Myös pohjaveden fluoridipitoisuus rapakivialueilla sekä kallioporakaivojen veden uraani-, radon-, fluoridi- ja arseenipitoisuudet saattavat paikallisesti rajoittaa pohjaveden käyttöä. Malmiesiintymäalueilla pohjavedessä saattaa esiintyä korkeita metallipitoisuuksia, esim. nikkeliä (Gustafsson ym. 2006).

Talousveden pilaantumisen ehkäisyn kannalta rantaimetyslaitokset ovat ongelmallisempia kuin suoria imeytysmenetelmiä (allasimeytys, sadetus) käyttävät tekopohjavesilaitokset. Rantaimetyslaitoksilla, joilla maaperän puhdistuskykyä on kuormitettu pitkäaikaisella ja mahdollisimman tehokkaalla vedenotolla, on usein ongelmia liian korkean rauta- ja orgaanisen hiilen pitoisuuden kanssa tuotettavassa talousvedessä. Raakavedessä esiintyvät taudinaiheuttajabakteerit ja -virukset voivat aiheuttaa ongelmia rantaimetyslaitoksilla, jos imeytettävän pintaveden virtausreitit ja viipymäajat maaperässä muuttuvat tulvakausion tai lisääntyneen vedenoton seurauksena. Äkillinen haitta-ainepäästö pintaveteen tai kausittain esiintyvien sinilevien tuottamat toksinit saattavat olla uhka rantaimetyslaitosten tuottaman talousveden laadulle, koska imeytymistä ei voida keskeyttää nopeasti, kuten helposti voidaan tehdä suoria imeytysmenetelmiä käyttävillä laitoksilla. Sinilevätoksiinit hajoavat hapellisissa olosuhteissa melko nopeasti, mutta hapettomissa olosuhteissa ne voivat säilyä pitkään (Lahti 1997, Lahti 2001).

### 3.2 Vesijärjestelmien kemikaalit ja mikrobit

Talousveden valmistusprosessin syystä tai toisesta läpäisevät raakavedestä peräisin olevat haitalliset mikrobit ja kemikaalit tai talousveden valmistuksessa muodostuvat haitalliset aineet, kuten desinfioinnin sivutuotteet, voivat aiheuttaa terveysriskejä talousveden käyttäjille. Vesilaitokselta lähtevä talousvesi voi viipyä pitkään talousveden jakeluverkostossa, joka myös voi aiheuttaa haitallisia muutoksia talousveden laatuun. Jos verkosto-olosuhteet ovat mikrobien kasvulle suotuisia, talousvesi voi muuttua viimeistään kiinteistöjen vesijärjestelmissä huonolaatuiseksi ja jopa terveydelle haitalliseksi. Silloin esimerkiksi legionellabakteerien kasvu vesijärjestelmissä voi aiheuttaa veden kuluttajille terveysriskin. Legionellaa tavataan myös teollisuuden prosessi- ja jätevesissä sekä jäähdytysjärjestelmissä (WHO 2007).

On havaittu, että talousveden pilaantumistilanteissa talousvesiputkien sisäpintojen mikrobikasvu (ns. biofilmi) ja putkistojen saostumat voivat toimia verkostossa haitallisten mikrobien suoja paikkoina ja mikrobit voivat säilyä pitkiä aikoja vedenjakeluverkostojen pinnoille kiinnittyneinä (Kaunisto 2013, Lehtola ym. 2007). Biofilmit ja mikrobien, etenkin homeiden ja aktinomyteettien kasvu voi aiheuttaa talousveteen myös haju- ja makuhaittoja (Korhonen ym. 2006).

Talousvesiverkostojen putkimateriaaleilla voi olla vaikutusta mikrobien kasvukykyyn. Uusissa, muovista tehdyissä verkostoissa on havaittu korkeita mikrobilukuja, mikä voi liittyä putkimateriaaleista liukeneviin mikrobien kasvua edistäviin aineisiin (Komulainen 2014). Verkostojen ylläpitoon ja korjaukseen liittyy sekä materiaali- että hygieniariskejä. Myös (uusien) putkilinjojen rakentamiseen liittyvä puutteellinen asennushygieneia tai putkiin koeponnistusten jälkeen pitkäksi aikaa ennen putkilinjan käyttöönottoa seisomaan jäänyt vesi voivat putkilinjan käyttöönoton jälkeen lisätä veden mikrobilukua (Euroopan työterveys- ja työturvalisuusvirasto 2017).

## Vesiepidemioita aiheuttavat suolistovirukset, esimerkkinä norovirus

Kalikiviruksiin kuuluvat norovirukset voivat aiheuttaa laajan vesiepidemian, jos jätevettä pääsee juomaveden joukkoon tavalla tai toisella joko vedenottamalla tai jakeluverkostossa. Norovirukset säilyvät varsin pitkiä aikoja luonnossa, kulkeutuvat maaperässä ja vesistöissä hyvin, ja niiden taudinaiheuttamiskyky on suuri. Norovirukset kestävät hyvin erilaisia ympäristöolosuhteita ja säilyvät pinnoilla, joten ne aiheuttavat usein myös muita vatsatautiepidemioita, esimerkiksi sairaaloissa, kouluissa, hotelleissa, risteilylaivoissa ja kylpylöissä. Norovirusia erittyy lukumääräisesti paljon infektoituneiden henkilöiden suolistosta ja norovirusinfektio tarttuu helposti henkilöstä toiseen. Taudin itämisaika on 12–48 tuntia. Oireet alkavat äkillisesti. Niitä ovat kouristavat vatsakivut ja pahoinvointi, joita seuraa oksentelu ja ripuli. Oireiden kesto on yleensä 12–72 tuntia (THL 2016c).

Norovirukset aiheuttavat suurimman osan Suomessa todetuista vesiepidemioista. Norovirusten aiheuttamia vesivälitteisiä epidemioita esiintyy nykyään kaikkina vuodenaikoina, vähiten kuitenkin alkutalven aikana (loka-joulukuu) (THL 2016b).

## Suolistoinfektioita aiheuttavat bakteerit, esimerkkinä kampylobakteeri

Kampylobakteerit ovat maailmanlaajuisesti yksi yleisimmistä suolistoinfektioiden aiheuttajista (Pitkänen & Hänninen 2017; THL 2015b). Suuri joukko eläinlajeja, erityisesti siipikarja, linnut, nautakarja ja lampaat kantavat kampylobakteereja osana niiden normaalia suoliston bakteeristoa. Ihmiset voivat saada kampylobakteerinfektion ulosteilla saastuneen ruoan ja veden välityksellä ja kampylobakteerit kiertävät takaisin ympäristöön yhdyskuntien jätevesijärjestelmien kautta. Kampylobakteerilajeista *Campylobacter jejuni* aiheuttaa yli 90 % ihmisten infektiosta ja *Campylobacter coli* noin 5–10 %. Kampylobakteereita esiintyy yleisesti pintavesissä ja jo pieni määrä kampylobakteereja riittää aiheuttamaan infektion. Kampylobakteerit säilyvät varsin hyvin kylmissä ja pimeissä olosuhteissa, mutta esimerkiksi desinfiointimenetelmät tehoavat niihin helposti (Pitkänen & Hänninen 2007).

Kampylobakteeri-infektion yleisimmät oireet ovat ripuli, vatsakivut ja kuume. Taudin itämisaika on keskimäärin kolme päivää. Ripulioireet kestävät yleensä 3–5 päivää, mutta kivut ja vatsan kurina voivat jatkua jopa useita viikkoja. Bakteeria erittyä ulosteeseen noin kolmen viikon ajan. Muutamalle prosentille tartunnan saaneista kehittyy reaktiivinen nivel tulehdus (THL 2015b). Kampylobakteeri on yleinen vesiepidemioiden aiheuttaja niissä vesijärjestelmissä, joihin voi päätyä ihmisten tai eläinten ulosteita ja joissa ei käytetä desinfiointia. Kampylobakteeriepidemioiden esiintyminen ajoittuu yleisimmin loppukesään ja alkusyksyyn, jolloin myös väestössä esiintyy runsaimmin kampylobakteeri-infektioita (THL 2016b).

## Vesijärjestelmissä lisääntyvät mikrobit, esimerkkinä Legionella

Legionellat ovat bakteereja, joita esiintyy pieniä määriä makeissa luonnon vesissä, maaperässä, ja jopa verkostovedessä. Legionellabakteerit voivat lisääntyä vesijärjestelmissä ja kulkeutua aerosolien mukana hengitysilmaan, jolloin ne voivat aiheuttaa ihmiselle infektiotaudin, jotka kutsutaan legionelloosiksi (THL 2016b). Legionellabakteerin kasvuolosuhteet vaativat veden lämpötilaksi 20–45 °C, seisovan tai hitaasti vaihtuvan veden sekä biofilmin, saostumien, sedimentin, liejun, ruosteen tai muun orgaanisen aineen esiintymisen. Kiinteistöjen putkistot ovat hyvä elinympäristö legionellalle. Legionellaa voidaan havaita veden lisäksi suurina pitoisuuksina myös jätevesilietteessä. Myös muut mikrobit voivat säilyä verkostojen pinnoilla. Ilmaston lämpeneminen voi lisätä legionellan esiintyvyyttä verkostovesissä ja kiinteistöissä talousveden lämpötilan nousun vuoksi.

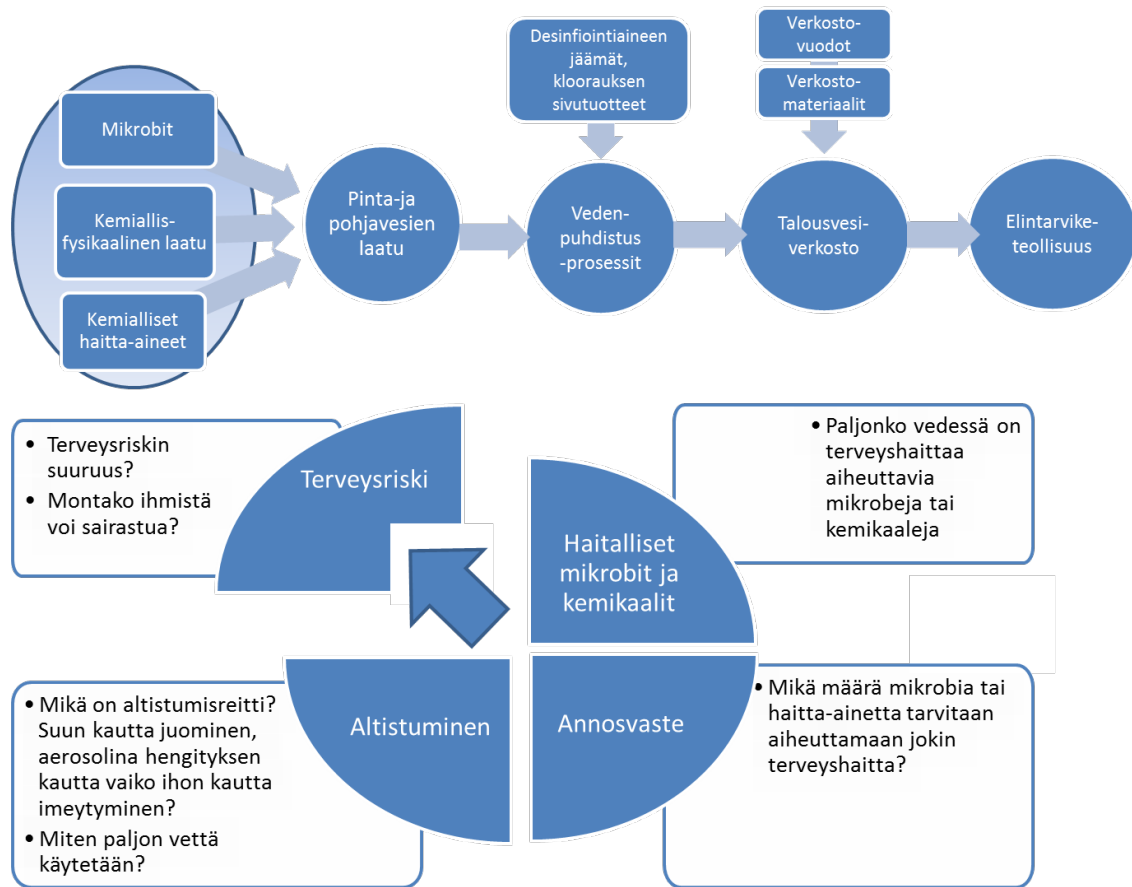
Riskikohderyhmiä ovat erityisesti alun perin heikkokuntoiset, jotka altistuvat kodeissaan tavallisissa askareissaan, matkustajat, jotka altistuvat poikkeuksellisille legionelloja suosiville olosuhteille matkakohteissaan, ja työntekijät, jotka voivat altistua työssään tavallista runsaammin legionelloja sisältäville vesijärjestelmille. Legionellabakteerille altistumisen riskejä hallitaan yleensä yksinkertaisilla toimenpiteillä, jotka estävät bakteerien lisääntymisen järjestelmässä eli välttämällä 20–45 °C lämpötilaa, vähentämällä vesipisaroiden ja aerosoleille altistumista ja joskus käyttämällä biosideja (Jaakola ym. 2017, Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto 2017).

### 3.3 Veden kontaminanttien ympäristö- ja terveysvaikutukset

Pinta- ja pohjavesissä esiintyvät kemialliset ja mikrobiologiset kontaminantit voivat aiheuttaa ihmisille terveyshaittoja mikäli saastunut vesi päätyy juomavedeksi tai ihmiset altistuvat haitallisille kemikaaleille tai mikrobeille muuta kautta (Meriläinen ym. 2016). Veden virkistyskäytön yhteydessä, erityisesti uudessa, ihminen nielee pieniä määriä vettä ja jos vedessä on esimerkiksi norovirusta suuria määriä, on mahdollista saada infektio uinnin yhteydessä. Mikrobit eivät aiheuta ihmiselle terveysriskiä ihoaltistuksen kautta, poikkeuksena haava-, silmä- ja korvatulehduksia aiheuttavat mikrobit. Myöskään kemialliset haitta-aineet eivät tyypillisesti aiheuta ihmisterveydelle haittaa uinnin yhteydessä vähäisen niellyn vesimäärän tai ihoaltistuksen kautta, poikkeuksena sinilevätoksiinit. Pintavesi ei ole juomavettä. Altistuttaessa kemikaaleille tai mikrobeille tautia aiheuttavan aineen tai mikrobin annos on oleellista. Tämä määräytyy sen mukaan, paljonko ko. ainetta on vedessä ja paljonko vettä juodaan (Kuva 4). Myös aiheutuva haitta on aina yhdiste- tai mikrobikohtainen. Kemiallisten haitta-aineiden pitoisuudet ovat tavallisesti vedessä niin matalia, etteivät ne aiheuta välitöntä vaaraa, kun taas mikrobien yhteydessä usein jo melko pienikin mikrobimäärä voi aiheuttaa ripulitaudin. On kuitenkin kemiallisia yhdisteitä, kuten polyaromaattiset hiilivedyt, kloorifenolit ja perfluoratut yhdisteet, jotka voivat aiheuttaa pitkällä aikavälillä tai esim. herkille ihmisryhmille vakavia haittoja, kuten syöpää ja kehityshäiriöitä.

Pinta- ja pohjavesissä esiintyvät haitta-aineet voivat päätyä juomaveteen, mikäli haitta-ainetta sisältävää vettä käytetään talousveden valmistuksen raaka-aineena eikä aine poistu vedestä talousveden valmistusprosessin aikana. Talousveden täytyy täyttää talousvesiasetuksen kemialliset ja mikrobiologiset laatuvaatimukset, eikä talousvedestä saa aiheutua kuluttajalle terveyshaittaa. Talousveden puhdistusprosessit vesilaitoksilla on suunniteltu erityisesti orgaanisen aineksen ja mikrobien poistoon. Tautia-aiheuttavien mikrobien aiheuttamia talousveden laatupoikkeamia havaitaan tyypillisesti vain raakaveden saastumistapausten yhteydessä sellaisilla pohjavedenottoamoilla, joilla ei ole käytössä lainkaan puhdistusprosesseja tai muissa erikoistilanteissa (prosessihäiriöt, inhimilliset virheet vesilaitoksella, vedenjakeluverkoston puutteet ja putkirikot) (Zacheus & Miettinen 2011).

Kemiallisten haitta-aineiden kirjo on laaja eikä kaikkia kemikaaleja voi tarkkailla kattavasti talousvedestä kohtuullisin kustannuksin. Usein kemiallisessa analytiikassa vaaditaan hyvin suurta määritystarkkuutta mikä lisää kustannuksia. Uusia yhdisteitä otetaan käyttöön jatkuvasti teollisuuden kemikaaleina, kotitalouksien käyttäminä kuluttajakemikaaleina ja lääkeaineina. Kemiallisiin haitta-aineisiin liittyvät seuranta- ja laatuvaatimukset eivät useinkaan ole ajantasaisia, sillä lainsäädännölliset ohjeistukset voidaan tehdä vasta yksiselitteisten tutkimustulosten perusteella. Kemikaalilainsäädäntö (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, REACH) on kuvattu Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa 1907/2006 kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista. Yksi REACH-asetuksen tärkeimpiä tavoitteita on varmistaa terveyden- ja ympäristönsuojelun korkea taso, jossa vastuu kemikaalien turvallisuuden todistamisesta on siirtynyt viranomaisilta teollisuudelle.



**Kuva 4. Altistumisreitti raakaveden kautta talousveteen ja elintarvike-teollisuuteen sekä terveystarvikkeen muodostumiseen liittyvät tekijät.**

Osa kemiallisista haitta-aineista aineista päätyy jätevesien mukana ensin ympäristöön ja lopulta jopa takaisin juomavesiin (Perkola 2014). Mm. perfluorattuja yhdisteitä sekä bromattuja palontorjunta-aineita on havaittu jätevesien ja pintavesien lisäksi myös juomavedessä (Vieno 2014, Perkola 2015) ja torjunta-aineita on esiintynyt pohjavedenottamoiden raakavedessä (Vuorimaa ym. 2007; Juvonen ym. 2017). Mikromuovit, joiden ympäristö- ja ihmisvaikutuksista ei ole vielä kattavaa tietoa, ovat viimeisin paljon huomiota saanut haitallinen vierasaine sekä jätevesissä että vesistöissä (Setälä ym. 2017). Talousvesissä havaitut haitta-aineiden pitoisuudet ovat kuitenkin olleet Suomessa toistaiseksi matalia. Maailmalla on kuitenkin viitteitä siitä, että lisääntynyt kemikaalikuorma voi aiheuttaa ihmiselle terveystarvikkeita, mikäli aineelle altistutaan pienemmäsäkin pitoisuudessa, mutta pitkän ajan kuluessa. Esimerkiksi perfluoratut yhdisteet on havaittu pysyviksi ympäristömyrkyiksi, jotka voivat juomaveden kautta aiheuttaa ihmisille vakavia terveyshaittoja (Grandjean & Clapp 2014). Ihmistoiminnasta peräisin olevien haitta-aineiden lisäksi talousvesissä, erityisesti yksityisissä kaivoissa, voi olla myös luontaisesti esiintyviä kemiallisia aineita ja yhdisteitä, joista voi olla terveyshaittaa, kuten mangaani, uraani ja radon (Lahermo ym. 2002; Ahonen 2008; Komulainen 2014).

### **Kuluttajakemikaalit ja lääkeaineet, esimerkkinä perfluoratut yhdisteet**

Perfluorattuja alkylyyhdisteitä (PFAS) käytetään monissa kuluttajatuotteissa, palonestoaineena sekä elektroniikassa. Perfluorialkylylihapot (PFAA) ovat ympäristössä hyvin pysyviä ja niitä löydetään käytännössä kaikkialta ympäristöstä, ihmisistä ja eläimistä, myös kaukana päästölähteistä. Ne kertyvät elimistöön ja ravintoketjussa, ja voivat aiheuttaa haittaa ihmisten terveydelle ja eläimille. PFAA-yhdisteiden epäillään häiritsevän kalojen hormonitoimintaa ja aiheuttavan mm. kehitys-, lisääntymis- ja kasvuhäiriöitä. Yhdisteiden epäillään edesauttavan syöpien syntyä, häiritsevän immuunijärjestelmää, aiheuttavan oppimis- ja käyttäytymishäiriöitä (Mehtonen ym. 2016a; Mehtonen ym. 2016b; SYKE 2016).

### **Luonnossa esiintyvät haitalliset aineet, esimerkkinä mangaani**

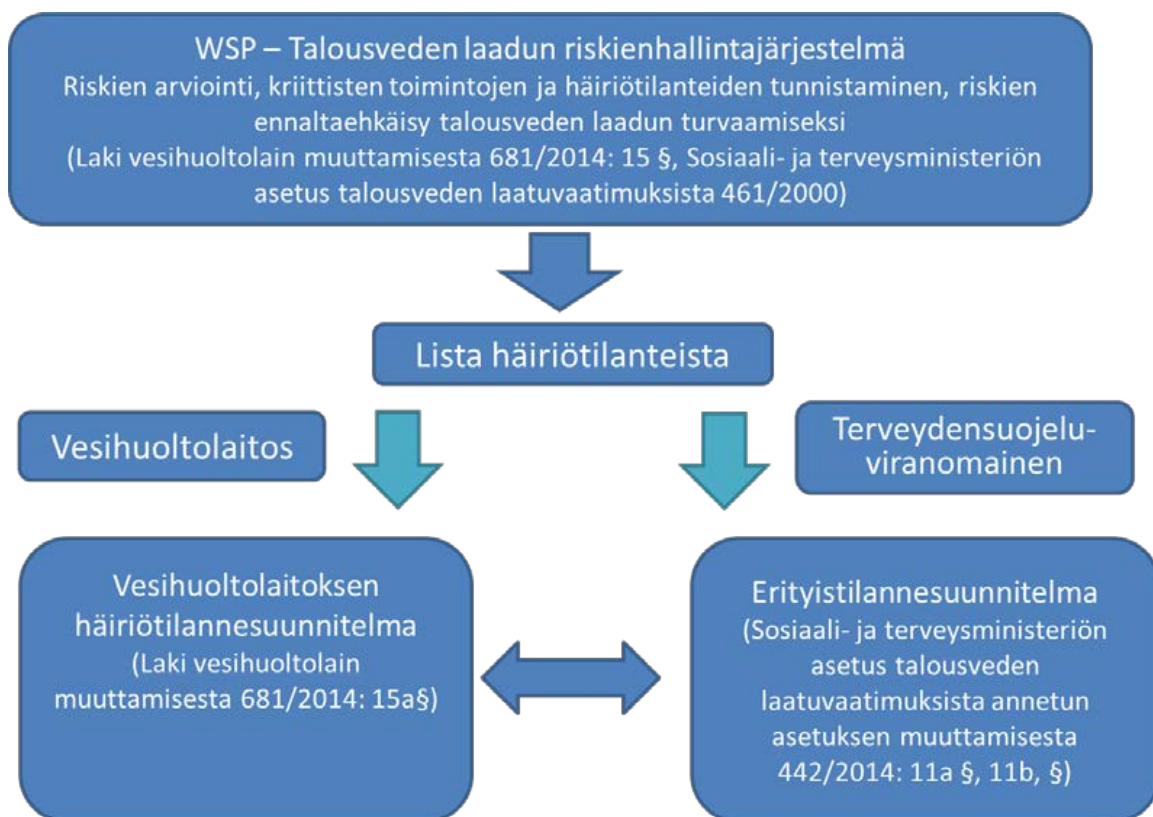
Mangaani on Suomessa yksi tavallisimmista kaivojen juomaveden laatua heikentävä alkuaaine. Suurissa pitoisuuksissa se värjää vettä ja vesikalusteita (musta, harmaa väri), aiheuttaa tunkkaista hajua ja pahaa makua vedessä ja saattaa saostua vesiputkiin. Mangaania on tähän saakka pidetty lähinnä esteettisenä haittana, ei terveysriskinä vedessä, mutta tutkimukset ovat antaneet viitteitä, että suuret juomaveden mangaanin pitoisuudet ovat yhteydessä lasten oppimis- ja käyttäytymishäiriöihin, hienomotoriseen kömpelyyteen ja alentuneeseen älykkyysosamäärään. Vesilaitosten jakamalle vedelle on voimassa laatusuositus, 50 µg/l mangaania, yksityiskaivoille 100 µg/l. Nämä suositukset suojaavat myös terveysvaikutuksilta (Komulainen 2014; WHO 2011).

## 4 Talousvedeen liittyvien riskien arviointi ja niiden hallinta vesihuoltolaitoksilla ja elintarvike-teollisuudessa

### 4.1 Vesihuoltolaitosten tarkkailun ja riskinhallintasuunnitelmien ja elintarvikeyritysten omavalvonnan sekä viranomaisvalvonnan väliset suhteet

Sosiaali- ja terveysministeriö vastaa talousveden laatuvaatimuksiin ja valvontaan liittyvästä lainsäädännön valmistelusta Suomessa. Talousveden laatuvaatimukset perustuvat koko EU:n kattavaan direktiiviin ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta (juomavesidirektiivi 98/83/EY). Valvira ohjaa kuntien terveydensuojeluviranomaisia talousveden laatua ja valvontaa koskevissa asioissa (STM 2017a).

Vesihuoltolaitoksille soveltuva kokonaisvaltainen ja systemaattinen riskienhallintamenetelmä on WHO:n kehittämä ”Water Safety Plan” (WSP). Turvallisen talousveden takaamiseksi sosiaali- ja terveysministeriön johdolla on Suomessakin laadittu WSP -toimenpideohjelma ja -työkalu (Kuva 5). Tarkoituksena on tunnistaa koko talousvedentuotannon toimintaympäristöön ja vedentuotantoketjuun liittyvät riskit ja hallita riskejä talousveden laadun turvaamiseksi. Toimenpideohjelma ja työkalu on laadittu yhteistyössä muiden ministeriöiden, niiden hallinnonalojen sekä vesihuoltolaitosten ja järjestöjen kanssa (STM 2017b).

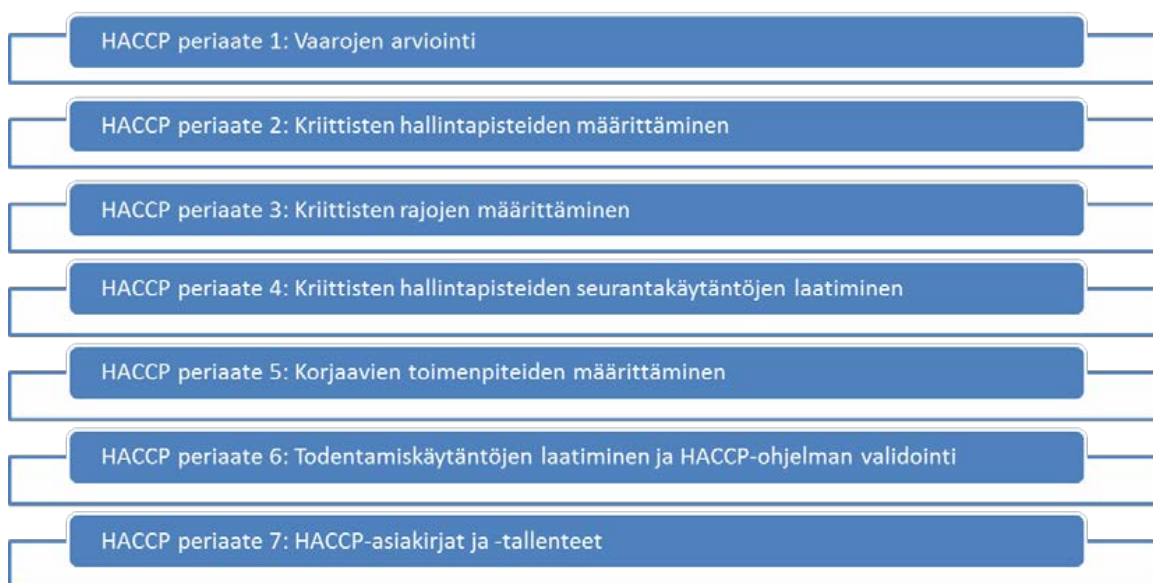


Kuva 5. Vesiturvallisuussuunnitelma (Water Safety Plan, WSP) ja lainsäädäntö Suomessa (Vesihuoltolaki ja STM:n asetus nro on 1352/2015) (Härkki 2015).



Elintarvikehuoneistoilla on oltava toimintansa laadun varmistamiseksi lakisääteiset käytännöt. Kansainvälinen ISO 22000 standardi on pohja elintarviketurvallisuuden sertifioitua hallintajärjestelmää varten. Se sisältää vuorovaikutteisen viestinnän, järjestelmähallinnan ja vaarojen torjunnan, joka tunnetaan yleisemmin nimellä HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) eli vaaran arviointi ja kriittiset valvontapisteet. Elintarvikelain 23/2006 mukaan HACCP:n toteuttaminen on pakollista kaikille elintarvikehuoneistoille ja HACCP:n periaatteet soveltuvat myös veden laadun varmistamiseen (Kuva 6). HACCP toteutuu elintarvikelaissa säädetyn omavalvonnan kautta ja sen periaatteisiin kuuluu tarkasteltavan järjestelmän kuvaus ja sen toiminnan ymmärtäminen, riskien tunnistaminen ja priorisointi sekä riittävien riskienhallintatoimenpiteiden toteuttaminen, jotta riskit saadaan alennettua hyväksyttävälle tasolle. Keskeisinä riskienhallinnan keinoina menetelmään kuuluvat kriittisten valvontapisteiden seuranta ja toimenpiteiden etukäteissuunnittelu havaittujen poikkeamien varalta (Gilbert 2011).

Vedentuotannon ja elintarviketeollisuuden rajapinta kaipaa selvennystä ja käytännön ohjeistusta esimerkiksi siitä, mitä otetaan huomioon vesihuoltolaitoksien riskien arvioinnissa ja hallinnassa (WSP) sekä terveys- ja suojelulain mukaisessa omavalvonnassa ja mitä elintarvikeyrityksen HACCP:ssa niissä tapauksissa, kun vesihuoltolaitoksen asiakkaana on elintarvikehuoneisto. Vesihuoltolaitoksen tulee taata tuottamansa talousveden laatu verkostossa kiinteistöön saakka. Elintarvikehuoneisto taas vastaa käytettävän veden laadusta kiinteistön liitoskohdasta eteenpäin, eli mm. kiinteistön putkisto ja sen vaikutus veden laatuun on elintarvikehuoneiston vastuulla. HACCP:n periaatteiden mukaisesti elintarviketoimijan tulee huomioida omassa HACCP:ssaan myös mahdollisten talousveden laatu- tai toimitushäiriöiden sattuessa mahdolliset riskinhallintatoimet, kuten laaduntarkkailun lisääminen, vaihtoehtoiset vesilähteet tai jopa toiminnan pysäyttäminen.



**Kuva 6. Elintarviketeollisuuden käyttämän HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) eli vaaran arviointi ja kriittiset valvontapisteet periaatteet (Evira 2008).**

## 5 Vesi ja vesiekosysteemit kiertotaloudessa

### 5.1 Vesi ja vesiekosysteemit kiertotaloudessa

Makean veden kulutuksen arvioidaan lisääntyvän 30 prosentilla vuoteen 2030 mennessä 2000-luvun ensimmäisen kymmenyksen kulutukseen verrattuna (YK 2009). Samanaikaisesti veteen liittyvät riskit ovat toistuvasti kolmen vaikutukseltaan merkittävimmän maailmanlaajuisen riskin joukossa yhdessä ilmastonmuutoksen ja luonnon monimuotoisuuden hupenemisen kanssa (Maailman Talousfoorumi 2014, 2015 ja 2016). Kiertotaloudella tarkoitetaan talousjärjestelmää, jossa pyritään huomioimaan sekä maapallon rajallinen kantokyky että taloudellisen toimeliaisuuden edellytykset. Vallitsevasta lineaarisesta taloudesta poiketen kiertotaloudessa käyttöön otetut luonnonvarat pidetään käytössä mahdollisimman pitkään. Kiertotaloudessa pyritään vähentämään luonnonvarojen kestäväntä kulutusta ja ympäristön kuormitusta muun muassa hukkaa vähentämällä sekä hyödykkeiden korjattavuuden, uudelleenkäytön, jakamistalouden, leasing- ja muiden palveluiden ja digitalisaation keinoin.

Vesien ja vesiekosysteemien roolia osana kiertotaloutta ei kuitenkaan ole tunnistettu kiertotalouden keskeisten puolestapuhujien, kuten Ellen MacArthur säätiön parissa (Ellen MacArthur Foundation 2013). Myös Suomessa kestävyystarkasteluiden päähuomio on kohdistunut muiden materiaalivirtojen ja raaka-aineiden ja energian käyttöön sekä niiden tehokkuuden arviointiin ja parantamiseen (Seppälä ym. 2009, Koskela ym. 2013). Veden ja vesiekosysteemien roolin tunnistaminen on kuitenkin edellytys niiden tuottaman lisäarvon, niiden käytön tehokkuuden sekä niihin kohdistuvien haittojen, paineiden ja riskien arvioimiseksi ja hallitsemiseksi.

#### Kohti vesiviisasta kiertotaloutta

Kohti vesiviisasta kiertotaloutta –hankeraportti (Salminen ym. 2017) sisältää synteesin vedestä ja vesiekosysteemeistä kiertotaloudessa ja ”vesiviisaita” kiertotalouden ratkaisuja, joilla veden hukkaa ja vesistöjen kuormittumista voidaan vähentää. Raportti sisältää 150 toimialaa kattavan vesitilinpäivityksen, joka antaa tarkan kuvan ekosysteemistä talouden tarpeisiin otetun veden käytöstä näillä toimialoilla. Työssä on myös tarkennettu vesistöön kohdistuvan fosfori- ja typpikuormituksen jakautumista ja laskettu vuotuiset kuormitukset noin 20 eri toimialalle. Raportissa tarkastellaan vesiviisaan kiertotalouden mahdollisuuksia ja riskejä kahdeksalla veden käytön kannalta keskeisellä toimialalla (maatalous, kalatalous, kaivannaisten otto, elintarviketeollisuus, metsäteollisuus, vesi- ja jätevesihuolto ja kotitaloudet) ja arvioidaan etenkin taloudellisten ohjauskeinojen käytön tarvetta ja mahdollisuuksia vesiviisaan kiertotalouden edelläkävijyyden edistämiseksi. Vesiviisaan kiertotalouden edellytyksiä ja esteitä elintarviketähtäyksessä on tarkasteltu Säkylän Pyhäjärvisuon tapaustarkastelussa.

Kansallinen vesistrategia voisi antaa mahdollisuuden edistää vesiviisaan kiertotalouden ratkaisujen syntyä ja niiden valtavirtaistumista. Tässä luvussa on nostettu esiin kiertotalouden ratkaisuihin liittyviä riskejä ja niiden hallinnan tarvetta.

Ravinteiden kierrätyksessä jätevedestä lannoitevalmisteisiin tulee varmistua kierrätysravinteiden puhtaudesta. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 24/2011 (lannoitevalmisteasetus) on annettu raja-arvoja raskametallipitoisuuksille ja suolistomikrobien lukumäärille lannoitevalmisteissa. Myös jätevedessä esiintyville orgaanisille aineille olisi tarpeen tehdä riskitarkasteluita, joiden pohjalta tulisi tehdä päätöksiä mahdollisten raja-arvojen antamisen tarpeesta ja itse raja-arvoista. Kierrätysravinteiden puhtaudella on merkitystä paitsi ympäristönsuojelun myös itse tuotteiden houkuttelevuuden kannalta. Nykytilanteessa esimerkiksi osa sopimusviljelyehdoista estää kierrätyslannoitteiden käytön pelloilla. Ravinteiden kierrätyksellä ei tässä yhteydessä tarkoiteta lietteen kierrätystä vaan jätevedestä ja jätevesilietteestä erotettujen ravinteiden kierrätystä.

Keskitettyillä yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilla käytettäviä teknologioita ei nyky muodossaan ole suunniteltu useimpien haitallisten aineiden, vaan pääravinteiden, kiintoaineen ja orgaanisen kuorman poistamiseen. Haitallisten aineiden kohdennettu poistaminen teollisuuden ja terveydenhoitolaitosten jätevesistä ennen näiden aineiden laimenemista kunnallisessa jätevesiverkostossa voisi olla kustannustehokas ratkaisu, mutta edellyttää soveltuvien teknologisten ratkaisujen valintaa niistä menetelmistä, jotka soveltuvat juuri kyseessä olevien aineiden poistamiseen jätevesistä. Ravinteiden ja aineiden kierrätyksen näkökulmasta lähellä syntypaikkaa tapahtuvan poistamisen etuna on myös vähäisempi tarve puhdistaa talteen otettuja ja kierrätettäviä ainevirtoja. Lähellä syntypaikkaa tapahtuva haitallisten aineiden poistaminen ei kuitenkaan poistaisi tarvetta puhdistaa edelleen talteen otettuja yhdyskuntajätevesiverkostossa virtaavia ainevirtoja.

Vesihuollon on tunnistettu olevan merkittävä potentiaali osana tulevaisuuden bio- ja kiertotaloutta ja tätä tulisi tukea uudella toimintamalleilla (Sifverberg 2017). Puhdistetun käytetyn veden uudelleenkäyttö on esimerkiksi EU:n komission tunnistama mahdollisuus ja komissio on tunnistanut keskeisiksi uudelleenkäytön tavoiksi puhdistetun veden käytön kasteluvetena tai tekopohjaveden raaka-aineena (Euroopan komissio 2015). Suomen olosuhteissa tällainen uudelleenkäyttö ei ole laajassa mittakaavassa tarkoituksenmukainen vaihtoehto, sillä näihin tarkoituksiin on saatavilla parempilaatuista pintavettä. Puhdistettua yhdyskuntajätevettä syntyy runsaimmin suurissa kaupungeissa, jolloin mahdolliset käyttökohteet olisivat etäällä. Näissä tapauksissa logistisesti tarkasteltuna käytetyn veden kierrättäminen ei liene kustannustehokkuudeltaan houkutteleva vaihtoehto.

Käytettyjen vesien uudelleenkäyttö edellyttää niiden huomattavan hyvää kemiallista ja mikrobiologista laatua ja uusia tarpeeksi tehokkaita puhdistusteknologioita. Uudelleenkäytön mahdollisuudet rajautuvat tällä hetkellä lähinnä lauhdevesiin ja hygieeniseltä laadultaan lähtökohtaisesti parempiin, esimerkiksi elintarviketeollisuudessa syntyviin vesiin. Myös näiden vesien hygieeninen ja kemiallinen laatu on kuitenkin tutkittava ja vettä olisi tarpeen mukaan esikäsiteltävä. Nykyisin käytössä olevilla jäteveden puhdistusteknologioilla esimerkiksi puhdistettujen yhdyskuntajätevesien laatu estää niiden uudelleenkäytön ja jätevesien palauttaminen vesistöön on vallitseva käytäntö ja purkuvesistöihin kohdistuu kemiallista ja mikrobiologista kuormitusta. Vaikka käytettyjen vesien uudelleenkäyttö toisen toiminnanharjoittajan toiminnassa on Suomessa erittäin vähäistä, vesiä kierrätetään tällä hetkellä tuotantolaitosten omilla prosesseissa (ns. suljetut kierrot). Tällä tavoin sisäisesti kierrätetyn veden määrän suora arviointi on nykyisellä tietoaaineistolla mahdotonta. Sen sijaan sisäinen kierrättäminen näkyy välillisesti otetun veden määrän vähenemisenä eli veden käytön tehostumisena ( $m^3$ /tuotettu euro).

## 5.2 Liiketoimintamahdollisuudet vesiviisaassa kiertotaloudessa – esimerkkeinä vesihuolto ja kalankasvatus

Vesivaroihin, veteen ja siihen käytön aikana sitoutuneeseen energiaan ja liuenneisiin aineisiin liittyy moninaisia mahdollisuuksia osana kiertotaloutta. Yhteinen nimittäjä näille on kannattavan liiketoiminnan tekeminen siten, että vesivaroihin ja vesiekosysteemeihin kohdistuvat paineet vähenevät. Paineilla tarkoitetaan sekä määrään (veden otto), laatuun (vesien kuormitus) että pinta- ja pohjavesiekosysteemien säilymiseen kohdistuvia paineita.

Vesihuollon kytkeminen osaksi bio- ja kiertotaloutta, ja tutkimus-, kehitys- ja innovaatio toiminnan sekä osaamisen vahvistaminen on tunnistettu yhdeksi vesihuollon tulevaisuuden haasteeksi. Vesihuollon suuntaviivat 2020-luvulle -selvityksessä todettiin, että näihin haasteisiin voidaan vastata parhaiten uusilla innovaatioilla, joista on jo hyviä esimerkkejä lietepohjaisten kiertotaloustuotteiden kehittämisessä ja jäteveden lämpöenergian hyödyntämisessä energiantuotannossa (Sifverberg 2017).

Vesihuollossa ja jäteveden puhdistamisessa nykyistä, jo sinällään kiertotalouden periaatteiden mukaista toimintaa, jossa asiakas maksaa käyttämästään talousvedestä sekä käyttämänsä veden puhdistamisesta vesihuoltolaitokselle, olisi mahdollista laajentaa. Tämä voisi toteutua esimerkiksi siten, että toiminnanharjoittajan omalla kiinteistöllä tapahtuvasta jätevesien esikäsitteystä tai puhdistuksesta vastaisi jätevesien puhdistamiseen erikoistunut toimija. Tällöin myös teknologista osaamista olisi mahdollisuus hyödyntää nykyistä tehokkaammin. Nykytilanteessa jätevesien puhdistaminen ja siihen liittyvä teknologinen osaaminen on harvoin varsinaiseen toimintaansa keskittyvän, vesistökuormitusta aiheuttavan organisaation ensisijaisia kehittämiskohteita.

Myös vesihuoltolaitosten välillä osaamisen ostaminen palveluna toisi uusia mahdollisuuksia hyödyntää uusinta erikoisosaamista tehokkaammin. Tämä pätee etenkin pieniin vesihuoltolaitoksiin. Mahdollisuuksia piilee etenkin veden hukan vähentämisessä, sekä tähän liittyvässä mittaus-, mallinnus- ja saneerausosaamisessa. Digitaalisuus, sen paikkariippumattomuus (esimerkiksi on-line datan käsittely) sekä nopeat tiedonsiirtoyhteydet antavat tähän edellytyksiä.

Erittäin merkittävä muutos, jonka kiertotalouden periaatteiden toteuttaminen toisi vesialalle, on siirtyminen aineiden poistamisesta niiden talteenottoon kiertoon palauttamista varten. Tällöin keskeiseksi mittariksi muodostuu se, miten paljon aineita ja energiaa on otettu talteen nykyisin vallitsevan ”miten paljon aineita on poistettu” -lähestymistavan asemesta.

*Vesiviljelyssä*, etenkin kalataloudessa, kiertotalouden mahdollisuudet liittyvät kalankasvatusratkaisuihin ja laajemmin, ravinteiden kierron näkökulmasta tarkasteltuna, luonnonkalojen käytön lisäämiseen ihmisravintona sekä niiden jalostusarvon parantamiseen. Tämä tarkoittaa esimerkiksi hoitokalastuksen saaliin käyttämistä ihmisravintona.

Vesiviljelyssä kiertovesilaitoksia on viime aikoina pyritty tuomaan perinteisten läpivirtauslaitosten rinnalle ravinnepestöiltään selvästi alhaisempana tapana kasvattaa kalaa. Laitosten investointi- ja käyttökustannukset ovat perinteistä kalankasvatusta korkeampia, joten niiden nähdään soveltuvan erityisesti arvokkaampien kalalajien kasvatukseen. EsiBiovesi-hankkeen yhteydessä arvioitiin Itä-Suomessa vuonna 2010 toimineiden tai ympäristöluvan saaneiden kiertovesilaitosten, joita oli tuolloin 6 kappaletta (Tuomainen ja Mölsä 2011), tilannetta. Laitoksista puolet oli lakkauttanut toimintansa teknisten ja kannattavuusongelmien vuoksi. Valtakunnallisesti tarkasteltuna kiertovesikasvattamoiden taloudellinen kannattavuus on ollut heikko. Toisaalta toimiala ei ole toistaiseksi tuonut markkinoille kiertovesikasvatettua kalaa, jolloin kuluttajilla olisi mahdollisuus valita tuotantokustannusten vuoksi hinnaltaan korkeampi, mutta selvästi vähemmän ravinnekuormitusta aiheuttava tuote.

Kalankasvatuksen ravinteidenkierrätyksen esimerkkinä voidaan pitää vuonna 2015 Kemiönsaareen valmistunutta Ab Salmonfarm Oy:n kalajauhohoitosta, jossa raaka-aineiden, silakan ja kilohailin, sisältämä dioksiini erotetaan eikä se siten päädy laitoksen lopputuotteena olevaan rehuun. Ellei dioksiiniinpoistoteknologiaa käytetä, Itämeren silakan ja kilohailin edelleen varsin korkeat, poikkeuksia kalan syöntisuositukseen (EVIRA 2010) aiheuttavat dioksiinipitoisuudet päätyisivät rehuun ja sitä kautta elintarvikkeisiin, joiden tuotantoketjussa rehua käytetään. Asia on noussut esille aika ajoin (mm. Broman ym. 2016), ja esimerkiksi kananmunista mitattujen dioksiinipitoisuuksien keskeiseksi syyksi Ruotsissa on todettu kalapohjainen rehuraaka-aine (Stolt 2006). Ab Salmonfarm Oy:n laitos on toimintansa alkuvaiheessa vastaanottanut noin 15 000 tonnia silakkaa ja kilohailia, eli hieman yli 10 % em. kalalajien kokonaissaaliista Suomessa (Ympäristöhallinto 2017; LUKE 2017). Laitos valmistaa kalajauhoa ja -öljyä, jotka toimitetaan jatkojohdynnettäväksi esimerkiksi kalankasvatuksessa käytettävän rehun valmistuksessa. Kalajauhotehtaan vastaanottaman silakka- ja kilohailisaaliin myötä Itämerestä poistuu arviolta 78 tonnia fosforia ja 390 tonnia typpeä. Nämä määrät vastaavat noin 85 ja 45 prosenttia, mainitussa järjestyksessä, kalankasvatuksen aiheuttamasta fosfori- ja typpikuormituksesta Suomessa (Salminen ym. 2017).

## 6 Vesihuoltolaitosten ja elintarvikeyritysten rajapinta

### 6.1 Haastattelututkimuksen toteutus

Vesihuoltolaitosten ja elintarviketeollisuuden toiminnanharjoittajien välistä rajapintaa talousveteen liittyvien asioiden osalta kartoitettiin haastattelututkimuksella. Henkilökohtaiset haastattelut toteutettiin avoimilla kysymyksillä (25 kysymystä) eri aihealueilta: Vesihuolto ja kierrätys, lainsäädäntö, elintarviketeollisuuden vesikysymykset, kiertotalous ja tulevaisuus. Tavoitteena oli selvittää mahdollisia ongelmia nykykäytännössä (Taulukko 1) sekä tuottaa arvio hyvin ja puutteellisesti toimivista käytännöistä. Haastatelluilta kysyttiin myös talousveden laatukriteereistä ja niiden kattavuudesta sekä tulevaisuuden haasteista ja kehityssuunnista (Taulukko 2). Haastateltaviksi valittiin vesihuollon ammattilaisia eri puolilta maata ja otokseen sisällytettiin elintarviketeollisuudelle vettä toimittavia laitoksia, joiden raakavesilähteet olivat keskenään erityyppisiä. Elintarviketeollisuuden toimijoiksi valittiin yrityksiä elintarviketeollisuuden eri sektoreilta (lihan-, maidon-, ja kasvinjalostusteollisuus, eines-, juoma- ja leipomoteollisuus sekä makeisten valmistus). Lisäksi haastateltiin sekä vesi- että elintarvikesektorin viranomaistoimijoita. Luvussa 6.2 esitetyt aiheet ovat haastateltujen esittämiä eikä niitä ole muokattu kirjoittajien toimesta.

**Taulukko 1. Haastatteluissa esille nousseita aiheita vesisektorin ja elintarviketeollisuuden rajapinnan nykytilanteesta.**

Esille noussut teema	Esimerkki
<b>Omavalvonta elintarviketeollisuudessa ja vesihuoltolaitoksilla.</b>	Elintarviketeollisuudessa omavalvonta keskittyy talousveden mikrobiologiseen laatuun, ei haitallisiin aineisiin
<b>Mikrobiologiset riskit</b>	Legionellabakteeri todettiin infektoriskin aiheuttajaksi tietyissä olosuhteissa.
<b>Fysikaalis-kemialliset riskit</b>	Elintarviketeollisuudessa veden sameus ja pH:n vaihtelu ovat isoja riskitekijöitä, jotka voivat pysäyttää tuotannon ja aiheuttaa ongelmia prosesseissa.
<b>Elintarviketeollisuus</b>	Merkittävimmät riskit ja huolenaiheet elintarviketeollisuuden näkökulmasta liittyvät talousveden laatuun ja saatavuuteen etenkin putkirikkojen aiheuttamissa häiriötilanteissa tai onnettomuuksien seurauksena.
<b>Vesihuoltolaitokset ja vesijohtoverkoston materiaalit</b>	Runkovesiputkista liukeneva tert-butyylialkoholi (TBA) on mahdollinen terveysriski etenkin vasta asennettujen putkien osalta. Kiinteistöjen vesijärjestelmissä PEX-putket voivat aiheuttaa maku- ja hajuhaittoja veteen.

## 6.2 Haastattelututkimuksessa esille nousseet teemat

### 6.2.1 Nykytilanne – elintarviketeollisuuden ja vesihuoltolaitosten rajapinta

#### Omavalvonta elintarviketeollisuudessa ja vesihuoltolaitoksilla

Omavalvonta on aina toiminnanharjoittajan omista tarpeista lähtevää ja siihen vaikuttavat laitoksen ominaispiirteet. Sekä vesihuoltolaitokset että elintarviketeollisuuden toimijat tekevät paljon vedenlaadun omavalvontaa. Elintarviketeollisuudessa omavalvonta keskittyy talousveden mikrobiologiseen laadun seurantaan. Sen sijaan haitallisiin aineisiin liittyvää erityistä omavalvontaa ei ole. Elintarvikehuoneistoilla on oltava erikseen näytteenottosuunnitelma. Terveysturvajärjestelmä valvoo elintarvikehuoneistolla käytettävän talousveden laatua. Suurimmat toimijat käyttävät laboratorioanalyysien lisäksi online-mittareita tärkeimpien vedenlaatuparametrien seurantaan. Lisänäytteitä otetaan ja analysoidaan tarpeen mukaan sekä vesihuoltolaitoksilla että elintarviketeollisuudessa. Haastattelujen perusteella ongelmana pidetään laadunvalvontaa pienemmillä talousveden toimittavilla laitoksilla (pienet vesihuoltolaitokset, yksittäiset kaupalliset toimijat, vesiosuuskunnat). Ne eivät tee aina edes lain vaatimaa vähimmäislaadunvalvontaa. Pienten toimijoiden pitäisi tehdä enemmän omavalvontaa ja viranomaisten pitäisi valvoa niiden toimittaman veden laatua tiheämmin vesiturvallisuuden takaamiseksi.

#### Mikrobiologiset riskit

Elintarviketeollisuuden toiminnanharjoittajat ovat varautuneet veden mikrobiologisen laadun heikkenemiseen valmiudella pysäyttää oma toimintansa välittömästi ongelmatilanteissa ja aloittaa samalla oman tuotantonsa tarkkailu.

Vesiepidemioita aiheuttavien suolistomikrobien lisäksi legionella todettiin riskiksi talousvedessä, sillä sitä on aina verkostovedessä. Legionella voi kiinnittyä biofilmiin niissä kiinteistöjen putkistoissa, joissa on pienempi virtaus. Veden kierrättäminen ja energiansäästötoimet lisäävät legionellan kasvumahdollisuuksia. Legionellariskikohteita ovat mm. teollisuus, harmaa-vesijärjestelmät, keinokastelu, jäähdytysjärjestelmät ja lieteperäiset multatuotteet. Veden kierrättämiseen liittyvä legionella tuskin on riski elintarvikkeiden kautta, mutta elintarvikelaitosten työntekijät voivat altistua sille.

#### Fysikaalis-kemialliset riskit

Elintarviketeollisuudessa veden sameus on iso riskitekijä, joka aiheuttaa tarpeen pysäyttää tuotanto ja käynnistää talousveden laaduntarkkailu, kunnes tilanne selviää. Samoin pH:n vaihtelu voi aiheuttaa ongelmia prosesseissa ja esimerkiksi leipomoilla; hiivat saattavat olla herkkiä neutraalista poikkeaville pH-arvoille. Kemiallisten riskien osalta ongelmana ovat tietyillä alueilla raakaveden sisältämät torjunta- ja kasvinsuojeluaineet sekä esimerkiksi kloorifenolit. Talousveden korkeat klooripitoisuudet voivat vaikuttaa lopputuotteeseen niin että toiminta täytyy pysäyttää välittömästi. Vesihuoltolaitokset ovat kuitenkin velvollisia takaamaan jakamansa talousveden mikrobiologisen laadun, joten ajoittaisia korkeampia klooripitoisuuksia ei voida täysin välttää.

Vesihuoltolaitoksilla raakaveden korkeat rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat yleinen ongelma. Talousveden hankintaan käytetyillä pohjavesialueilla sijaitsevat (entiset) teollisuus- ja huoltamoalueet sekä lukuisat muut riskitoiminnot voivat heikentää raakaveden laatua ja näillä alueilla raakaveden laadun heikkenemisen riski on suurempi kuin alueilla, joilla riskitoimintoja ei ole. Kaikkia riskikohteita ja päästölähteitä ei ole välttämättä vielä tunnistettu eikä niiden seuranta ole jatkuvaa. Esimerkiksi ei ole välttämättä tiedossa, kulkeutuuko öljyllä pilaantuneesta maaperästä öljyhiilivetyjä pohjaveteen ja tätä kautta talousveteen. Lainsäädännön velvoittamana ei välttämättä seurata juuri niitä aineita, mitkä voivat olla mahdollinen terveystarve, esimerkiksi perfluorattuja yhdisteitä ei tarvitse seurata tällä hetkellä lainkaan.

## Elintarviketeollisuus

Toiminnanharjoittajilla ei ole ollut erityisiä huolia, jotka liittyvät veden kemialliseen tai mikrobiologiseen laatuun normaalitilanteessa. Vesihuoltolain muutoksen myötä elintarvikealan toiminnanharjoittajat eivät toimialan mukaan enää ole aiemmissa määrin vesihuoltolaitosten palvelutoiminnan ytimessä. Pääosin yhteistyö sujuu kuitenkin hyvin, vaikka paikkakuntakohtaiset erot voivat olla merkittäviä. Alueilla, joilla talousveden valmistukseen tarvittavasta hyvälaatuisesta raakavedestä on niukkuutta, veden toimittaminen elintarviketeollisuuteen on ainakin ajoittain ongelma.

Elintarviketoimijoilla on usein lisäpuhdistusprosesseja, kuten suodatusta, tislausta, raudan ja mangaanin poistoa tai UV-käsittelyä veden laadun varmistamiseksi ja parantamiseksi. Toisinaan toiminnanharjoittajat toivovat, että toimitettu vesi täyttäisi korkeammat laatuvaatimukset, jolloin edellä mainittuja lisäkäsittelyitä ei tarvittaisi. Jossain tapauksissa vesihuoltolaitokset voivat vastata elintarvikeyrityksien toiveisiin helposti, joten avoin viestintä veden ostajan ja myyjän välillä on tärkeää. Vesihuoltolaitosten lähtökohtana on kuitenkin toimittaa talousveden laatuvaatimukset täyttävää vettä kaikille asiakkaille, joten merkittäviä muutoksia tai investointeja vaativat lisäkäsittelyt lienee tarkoituksenmukaisempaa hoitaa veden käyttäjän toimesta. Mikäli toimitetun talousveden laatuvaatimukset ovat talousvesiasetusta tiukempia, elintarviketeollisuuden toiminnanharjoittajalla on laatusopimus vesihuoltolaitoksen kanssa.

Osa toiminnanharjoittajista on investoinut lyhytaikaiseen välivarastointikapasiteettiin tasaisen talousveden saannin varmistamiseksi. Keskeinen syy tällaisiin investointitarpeisiin on vedenkulutuksen suuri vuorokaudensisäinen vaihtelu tuotannossa ja vesihuoltolaitoksen rajallinen kyky toimittaa vettä tällaisten kulutus- huippujen aikana.

Merkittävimmät riskit ja huolenaiheet elintarviketeollisuuden näkökulmasta liittyvät talousveden laatuun ja saatavuuteen etenkin putkirikkojen aiheuttamissa häiriötilanteissa. Lisäksi toimijoiden mielestä muita ongelmatilanteita ovat onnettomuudet. Keskeisenä riskinhallintakeinona painotettiin näihin tilanteisiin liittyvän tiedottamisen nopeutta. Haastateltujen elintarviketeollisuuden edustajien mukaan vesihuoltolaitosten häiriötilanneviestintä on parantunut viime vuosina. Haastatteluissa muistutettiin myös toiminnanharjoittajan omasta vastuusta sen suhteen, että vesihuoltolaitoksella on ajantasaiset tiedot yhteyshenkilöistä häiriötilanteiden varalta. Häiriötilanteissa tehtäville muutoksille on oltava aina suunnitelma sen suhteen otetaanko vesi muualta tai tehdäänkö sille itse käsittelyjä. Osa elintarviketeollisuudesta näkee merkittävänä riskinä kuivuuden aiheuttamat ongelmat veden riittävydessä, joka voi vaikuttaa elintarvikelaitoksen sijoituspaikkaan uusia investointeja tehtäessä.

Häiriötilanteissa elintarviketeollisuuden toiminnanharjoittajalla on oltava kloorausvalmius osana sen omavalvontasuunnitelmaa. Elintarviketeollisuus luottaa pitkälti verkostoveden hyvään laatuun. Toiminnanharjoittajilla on myös omaa laadunvalvontaa, joka kohdistuu veden mikrobiologiseen laatuun. Haitta-aineisiin liittyvää kemiallisen laadun erityistä valvontaa haastatelluilla toiminnanharjoittajilla ei ole.

Kiinteistön putkistojen kunto ja niiden vaikutus talousveden laatuun on aina kiinteistön omistajan tai haltijan vastuulla. Vastuu talousveden laadusta on sen toimittajalla kiinteistölle saakka. Elintarvikelainsäädäntö määrää tuotteen mikrobiologisen ja kemiallisen laadun kriteerit. Pakatulla vedellä on samat kriteerit, ainoastaan luontaisen kivennäisveden kemialliset kriteerit poikkeavat hieman tiettyjen kivennäisaineiden osalta.

### Vesihuoltolaitokset ja vesijohtoverkoston materiaalit

Vesihuoltolaitosten vedenkäsittelyprosessin tuottamia desinfioidun sivutuotteita ei pidetä enää suurena riskinä pienten pitoisuuksien vuoksi. Sen sijaan PEX-putkista liukeneva tert-butyylialkoholi (TBA) on mahdollinen terveysriski etenkin vasta asennettujen putkien osalta, sillä kemikaalin liukoisuus on suurempi uusista putkista. Kiinteistöjen vesiputkissa PEX-putket voivat aiheuttaa maku- ja hajuhaittoja veteen. Talousveden kanssa kosketuksissa olevien materiaalien tuotehyväksynnässä harkitaan säädettäväksi raja-arvo TBA:lle. Tonttivesijohtojen materiaalien osalta ei tiedetä, miten kauan niistä voi liueta kemikaaleja veteen. Legionella mainitaan olevan yksi merkittävä riskitekijä kiinteistöjen putkistoissa.

## 6.2.2 Tulevaisuuden kehityssuuntia

**Taulukko 2. EsiBiovesi-hankkeen haastatteluissa esille nousseita tulevaisuuden kehityssuuntia**

Esille nousut teema	Esimerkkejä
<b>Talousvesisäädösten muutos</b>	EU:n juomavesidirektiivin valvontaa koskevien liitteiden pitkään vireillä ollut uudistus on valmistunut Euroopan komissiossa, muutos riskiperusteisen valvonnan suuntaan.
<b>Ilmastonmuutos</b>	Veden riittävyys ja laadun heikkeneminen ilmastonmuutoksen johdosta huolestuttaa. Rankkasateet aiheuttavat orgaanisen aineen lisäkuormitusta vesistöihin, samoin jäteveden puhdistamoiden tulvimisen ja ohijuoksutuksen yhteydessä myös jätevesien mikrobit sekä orgaaniset ja epäorgaaniset haitalliset aineet ravinteiden lisäksi pääsevät hallitsemattomina ympäristöön.
<b>Verkostosaneeraukset ja kuntaliitokset</b>	Vesihuoltolaitokset ovat suuren saneerausurakan edessä verkostojen kunnon ylläpitämiseksi. Kuntien välillä olevat siirtolinjat ovat vanhoja ja saneerauksen tarpeessa.
<b>Muut ongelmakohdat</b>	Ammattitaidon säilyttäminen, osaava suunnittelu osana vesihuoltolaitososaamista ja johtamista ovat tulevaisuuden huoli. Muita tulevaisuuden ongelmakohtia ovat uudet epäpuhtaudet vesistöissä: lääkeaineet, mikromuovit.
<b>Korkealuokkainen vesi kilpailuvalttina ja mainetekijänä</b>	Elintarviketeollisuudessa korkealaatuista vettä tai kestävää veden käyttöä ei osata hyödyntää markkinoinnissa ja viestinnässä riittävästi
<b>Jätevesien puhdistaminen ja aineiden talteenotto</b>	Ongelmana rasvaa sisältävien jätevesien puhdistamisessa on tiedon hajanaisuus ja vaikea saatavuus.
<b>Vesien kierrättäminen ja uudelleenkäyttö</b>	Kierrätettävän veden tulisi täyttää korkeat laatuvaatimukset ja riskit esimerkiksi erilaisten haitallisten aineiden ja hygieenisen laadun osalta ovat korkeita.

## Talousvesisäädösten muutos

EU:n juomavesidirektiivin 98/83/EY valvontaa koskevia liitteitä uudistettiin vuonna 2015. Uudistus mahdollistaa vedentuotantoketjulle toteutetun riskinarvioinnin hyödyntämisen talousveden laadun seurannassa. Nämä direktiivin liitteiden määräykset on saatettava kansallisesti voimaan viimeistään lokakuussa 2017. Suomessa määräykset tulevat sisältymään talousvesiasetusta 1352/2015 koskevaan muutokseen. Muutoksen myötä myös Valviran ylläpitämä talousvesiasetuksen soveltamisohje tullaan päivittämään. Talousveden valvonnan on jatkossa perustuttava riskinarviointiin. Suomessa muutos ei ole niin dramaattinen kuin osassa muita EU:n jäsenmaita, sillä jo nykyinen talousvesiasetus korostaa riskiperusteisuutta. Ongelmana on ollut toteutus ja pitäytyminen talousvesiasetuksen haitta-ainelistassa riskiperusteisuuden sijaan.



Talousvesiasetuksen laatuvaatimusten ohella talousveden toimittajan tulee varmistaa, että toimitetussa vedessä ei ole mitään, mikä aiheuttaa terveyshaittaa. Talousvesiasetuksen ainelistojen ohella voidaan käyttää WHO:n ainelistoja ja raja-arvoja, muiden valtioiden, kuten Yhdysvaltojen tai Australian ainelistoja ja raja-arvoja tai tietoja tieteellisestä kirjallisuudesta, mainitussa järjestyksessä. Riskinarvioinnin pätevyys arvioi kunnan terveydensuojeluviranomainen tukenaan WSP:n riskinhallintatyökalu ja Valviran antama, jatkossa verkkosivuilta saatava ohjeistus. Vesivarojen riittävyyden osalta WSP-ohjeistusta voidaan täydentää. Täydentäminen kuuluu MMM:n hallinnonalan vastuulle.

Tiukentuva lainsäädäntö koettiin vesisektorin toimijoilla tulevaisuuden haasteeksi tiukentuvien laatuvaatimusten vuoksi. Erityisesti jos jätevesille tulee tulevaisuudessa hygienisointivaatimus, tulee se kuluttajien maksettavaksi. Myös WSP:n kautta tuleva riskinarviointi koettiin haasteena.

WSP:n kehittäjien keskuudessa koettiin, että nykyinen lainsäädäntö tukee hyvin WSP-työtä ja on hyvä, ettei vesihuoltolaitoksia ole lainsäädännön suosituksista huolimatta pakotettu tekemään WSP:tä tietyllä kaavalla. WSP tulee vielä kehittymään enemmän seurantavelvollisuuden suuntaan, eli jatkossa voidaan joko karsia tai lisätä seurantanäytteiden määrää tarpeen mukaan. Selvityksien tulee kuitenkin olla riittäviä. Tällä hetkellä WSP:stä todettiin puuttuvan energiaa, tietoturvaan ja talouteen liittyvät osiot.

Koko juomavesidirektiivin uudistaminen on myös ollut esillä Euroopan komission ja jäsenmaiden kesken käydyissä neuvotteluissa. Siihen liittyen Maailman terveysjärjestön (WHO) on kuluvan vuoden aikana määrää toimittaa Euroopan komissiolle ehdotuksensa talousveden laadun seurantaan liittyvien haitta-aineiden raja-arvoiksi. Myös juomavesidirektiivin uudistamiskeskusteluissa riskiperusteisuus on ollut vahvasti esillä.

## Ilmastonmuutos

Monet toimijat kokivat ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset säässä ja vedenlaadussa tulevaisuuden haasteena. Talvimyrskyt ja niiden aiheuttamat sähkökatkot voivat vaikuttaa vedenjakeluun, ja sähkönsaanti tulee varmistaa jakelualueella. Samoin pitkäjakoiset rankkasateet vaikuttavat pintavesien laatuun, joka taas voi vaikuttaa raakaveden laatuun ja sitä kautta tuoda paineita puhdistusprosessien toimivuudelle haastavammassa tilanteissa. Pitkät rankkasade- ja kuivuusjaksot ovat jo nyt ongelmana tietyin paikoin Suomessa.

Pintavesilaitoksilla ilmastonmuutos tuo erityisesti rankkasateiden ja tulvakausten aikaan orgaanisen aineen lisäkuormitusta raakaveteen (luonnollinen kuormitus, maankäytön muutokset, ojitukset, suot). Lisäksi jäteveden puhdistamoiden tulvimisen ja ohijuoksutuksen yhteydessä myös orgaaniset ja epäorgaaniset haitalliset aineet ravinteiden lisäksi pääsevät hallitsemattomina ympäristöön. Ravinteiden huuhtoutuessa vesistöihin myös sinileväkukinnot voivat lisääntyä. Pohjavesiä uhkaavat taas kuivuusjaksot, rankkasateet, tulvat ja sään ääri-ilmiöt. Ilmastonmuutoksen tuomat haasteet täytyisi tunnistaa alueittain ja niihin tulee varautua oikein huomioiden mm. pohjavesien korkeus, veden riittävyys, varavesilähteet ja hapeton pohjavesi. Ilmaston lämpeneminen voi myös lisätä sienitauteja ja tuhoeläimiä, jolloin torjunta-aineiden käyttö ja tätä kautta niiden valunta vesistöihin voi lisääntyä.

Globaali vesi- ja pakolaistilanne voi heijastua myös Suomeen välillisesti. Globaali liikkuvuus ja pakolaisvirrat voivat lisätä esimerkiksi trooppisten tautia-aiheuttavien mikrobin esiintyvyyttä jätevesissä. Lisäksi vesien välityksellä leviävien tautien esiintymisalueet voivat muuttua ilmastonmuutoksen myötä.

## Verkostosaneeraukset ja kuntaliitokset

Vesihuoltolaitokset ovat Suomessa suuren saneerausurakan edessä verkostojen ylläpitämiseksi käyttökuntoisina. Isommat vesihuoltolaitokset voivat laittaa merkittävän osan saneerausinvestoinneista verkoston ylläpitoon ja verkoston vuotovesiä seurataan tarkkaan, mutta pienemmillä vesihuoltolaitoksilla tämä on varmasti iso tulevaisuuden haaste. Kuntien välillä olevien siirtolinjojen tiedetään olevan vanhoja ja saneerauksen tarpeessa monin paikoin. Lisäksi tulevaisuuden haasteina mainittiin kuntaliitokset ja tämän myötä isompiin yksiköihin siirtyminen. Haja-asutusalueiden vesihuolto tunnistettiin myös yhtenä tulevaisuuden haasteena, samoin pienet vesiosuuskunnat ja yksityiskaivot ja niiden ongelmatilanteiden ratkominen.

Yhdeksi kriittisimmäksi kohdaksi mainittiin kiinteistö ja sen putket, sillä vedenlaatuun vaikuttaa huomattavasti se, mitä kiinteistön vesilaitteistoissa tapahtuu silloin, kun veden vaihtuvuus on vähäistä. Vuotovesien korjaustilanteen todettiin olevan riskitilanne, silloin verkostoon voi päästä mikrobeja maaperästä.

## Muut ongelmakohdat

Veden riittävyys koettiin myös haasteena. Erityisesti vedenottoon liittyvien lupa-asioiden määräaikaisuuden koettiin hankaloittavan pitkän tähtäimen suunnittelua sekä aiheuttavan mahdollisia tarpeettomia investointeja. Kuntien täytyisi huomioida pohjavesialueiden suojelua paremmin. Ammattitaidon säilyttäminen, osaava suunnittelu osana vesilaitososaamista ja johtamista ovat yksi tulevaisuuden huoli. Täydennyskoulutukselle olisi tarvetta, samoin substanssikoulutukselle vesipuolella. Muita tulevaisuuden ongelmakohtia mainittiin olevan: tekniikka, riskinarviointi, riskihallinta, WSP, uudet epäpuhtaudet vesistöissä (lääkeaineet, mikromuovit).

## Korkealuokkainen vesi kilpailuvalttina ja mainetekijänä

Elintarviketeollisuudessa korkealaatuista vettä tai kestäväää veden käyttöä ei osata hyödyntää markkinoinnissa ja viestinnässä riittävästi. Keskeinen syy on puhtaan veden ja hyvälaatuisten talousveden pitäminen itsestäänselvytyksenä. Veden tuotantoon ja elintarviketeollisuuteen liittyvät vastuullisuusasiat ovat selkeästi näkyvillä jo nyt ja oletettavasti niiden merkitys kilpailuvalttina tulee kasvamaan. Veden käytön merkittävä vähentäminen nähtiin mahdolliseksi myös Suomessa, mutta sen täytyisi tapahtua taloudellisen edun kautta. On myös huomioitava, että esimerkiksi ruuan alkutuotanto voi olla vettä eniten käyttävä osuus, johon elintarviketeollisuus ei voi aina vaikuttaa suoraan.

Elintarviketoimijoiden keskuudessa todettiin, että Suomessa on hyvälaatuista pohjavettä, mitä ei ole toistaiseksi osattu markkinoida viennin suhteen tarpeeksi. Ulkomailta lapsille sopivalla kivennäisvedellä on tarkat suositukset, jotka alittuvat suomalaisessa luontaisessa kivennäisvedessä; tämä voisi olla kilpailuvaltti. Suomen maaperästä saadun veden saattaminen markkinoille luontaisena kivennäisvetenä edellyttää, että Elintarviketurvallisuusvirasto on tunnustanut veden luontaiseksi kivennäisvedeksi. Tunnustamisen edellytyksenä on, että vesi täyttää Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2009/54/EY asetetut vaatimukset (Direktiivin täytäntöönpano asetuksella MMMa 166/2010). Suomalainen luontainen kivennäisvesi täyttää lapsille suunnatun kivennäisveden kriteerit Keski-Euroopassa.

## Jätevesien puhdistaminen ja aineiden talteenotto

Toiminnanharjoittajan näkökulmasta ongelmana on tiedon hajanaisuus ja vaikea saatavuus. Esimerkiksi rasvapitoisten jätevesien esikäsitteilyyn (rasvanpoisto) ei ole saatavilla tutkittua ja koostettua tietoa eri tilanteisiin (rasvatyyppit ja niiden seokset) soveltuvista menetelmistä. Myöskään konsulteilla tai viranomaisilla ei ole käsitystä toimivista menetelmistä. Koostejulkaisut tai uuden tiedon tuottaminen ja talteenottomenetelmien kehittäminen palvelisi toimialaa tai toimialoja, ei vain yksittäisiä yrityksiä.

Vesihuoltolaitoksilla kierrätetään jo paljon, erityisesti jätevedenpuhdistamoilla. Lietteestä otetaan talteen energiaa (mädättämällä) ja lietteelle pyritään löytämään sijoituspaikka esimerkiksi lannoitteena tai maanparannusaineena. Jätevesien varsinaista kierrättämistä talousveden tuotannon raaka-aineeksi ei nähdä Suomessa mielekkäänä, sillä se vaatisi suuria kustannuksia, jotta terveysriskit pystyttäisiin poistamaan sekä kaksivesijärjestelmän, jonka hinnaksi arvioitiin satoja miljoonia euroja. Täten kustannukset ylittäisivät hyödyt reilusti. Lietteiden kierrättäminen voi lisätä myös legionellalle altistumisen riskiä.

Elintarviketeollisuuden toimijoilla veden kierrätys on pääasiassa pesuvesien kierrätyksestä. Kierrätykseen liittyy aina terveysperäisiä riskejä ja ne on oltava hyvin hallinnassa. Kiertojen sulkemisella täytyisi olla jokin eteenpäin vievä tarve. Lisäksi riskien hallinta sekä laadunseuraaminen vaatisivat tarkat suunnitelmat. Jätevesiä todettiin olevan hyvin erilaisia, toisia voidaan hyödyntää ja kierrättää helpommin. Jätevesien kierrättäminen vaatii kuitenkin aina erillisen sivuvirran, mikä lisää investointeja. Jäteveden määrää voitaneen vähentää yksittäistapauksissa.

Tulevaisuudessa keskeisiä haasteita ovat tuotantolaitosten yksikkökoon kasvaessa 1) tuotantolaitoksen optimointi vedenkäytön suhteen ja 2) tuotantolaitoksen sijoittaminen paikkaan, jossa on tarpeeksi vettä prosesseihin ja toisaalta sopiva vesistö, minne jätevedet voidaan johtaa. Vaikka jäteveden kierrätykseen elintarviketeollisuudessa ei koettu tarvetta Suomessa pääasiassa siihen liittyvien riskien vuoksi, lietteen hyötykäyttö ja jätevesien määrän vähentäminen todettiin järkeviksi toimiksi. Vesivirtojen hallintaa voisi tehdä nykyistä tehokkaammin, jolloin saataisiin erotettua tiettyjä prosessivesiä hyötykäyttöä varten.

## Vesien kierrättäminen ja uudelleenkäyttö

Veden kierrättämisen mahdollisuuteen suhtaudutaan periaatteessa positiivisesti, mutta siihen liittyvien riskien vuoksi kuitenkin kriittisesti. Kierrätettävän veden tulisi täyttää korkeat laatuvaatimukset ja riskit, esimerkiksi erilaisten haitallisten aineiden (lääkeaineet mukaan lukien) ja mikrobiologisen laadun osalta (virukset mukaan lukien) nähdään korkeina. Puhdistetun jäteveden hyödyntämistä tekopohjaveden raaka-aineena tai kasteluvetenä ei nähdä haitallisiin aineisiin ja mikrobiologiseen laatuun liittyvien riskien vuoksi realistisena vaihtoehtona, vaikka niitä ei täysin torjuta tulevaisuuden mahdollisuuksina.

## 7 Vesisektorin tulevaisuudennäkymät ja tietopuutteet

EsiBiovesi-hanke ja sen puitteissa tehdyt haastattelut keskittyivät neljään teemaan: vesien käytön ja kuormituksen nykytila, elintarviketeollisuuden ja vesihuollon rajapinta, kiertotalouden mahdollisuudet ja riskit vesien käytön ja kuormituksen näkökulmasta ja tulevaisuuden kehityssuunnat vesisektorilla. Tämä luku sisältää koosteen näihin teemoihin liittyvistä keskeisistä tietopuutteista perusteluineen (Taulukko 3).

**Taulukko 3. EsiBiovesi-hankkeen teemoihin liittyvät keskeisimmät tietopuutteet.**

Teema	Keskeisimmät tietopuutteet
Vesien käyttö ja kuormitus	Vesistökuormituksen tilinpidon laadinta Vesiekosysteemien tuottamat palvelut näkyväksi osaksi kansantalouden tilinpitoa Vesihuoltolaitosten ja elintarviketeollisuuden rajapinta
Vesihuoltolaitosten ja elintarviketeollisuuden rajapinta	Omavalvonta elintarviketeollisuudessa ja vesihuoltolaitoksilla Korkealaatuisen raaka- ja talousveden arvostus ja siihen kohdistuvat riskit
Kiertotalous	Veden kierrättäminen ja uudelleenkäyttö Aineiden poistamisesta niiden talteenottoon ja kierrätykseen Vesi ja vesiniukkuus kansainvälistyvässä kaupassa
Tulevaisuuden kehityssuuntia vesisektorilla	Talousvedeen liittyvän sääntelyn muutokset Vesijohtoverkoston materiaalit Verkostosaneeraukset Ilmastonmuutos

### 7.1 Vesien käyttö ja kuormitus

#### 7.1.1 Vesistökuormituksen tilinpidon laadinta

Vesitilinpidon laatimisen yhteydessä vesistökuormituksen tilinpitoa pääravinteiden typen ja fosforin osalta tarkennettiin jonkin verran (Salminen ym. 2017). Merkittävimmät tietopuutteet liittyvät kuitenkin edelleen vesistökuormituksen jakautumiseen eri toimialoille. Otetulle vedelle toteutettua vesitilinpitoa tulisi täydentää kuormitustilinpidolla ensimmäisessä vaiheessa pääravinteiden ja myöhemmin myös valittujen haitallisten aineiden osalta toimialoittain jaoteltuna (150 toimialaa). Asialla on erityistä merkitystä ohjauskeinojen vaikuttavuuden ja ympäristönsuojelutoimien tehokkuuden ja kohdentamisen arvioinnissa. Esimerkiksi Tilastokeskuksen keräämää tietoa toimialoilla käytetyistä ympäristönsuojelumenoista voitaisiin verrata vesistökuormituksen suuruuteen vastaavilla toimialoilla. Toisekseen vesistökuormituksen tilinpito mahdollistaisi toimialojen kuormituksen kvantitatiivisen vertailun sekä toimialakohtaisen ajallisen kehityksen seurannan. Vesistökuormitustilinpito on välttämätön edellytys myös kestäviä kulutusvalintoja tukevan viestinnän luomiselle.

### 7.1.2 Vesiekosysteemien tuottamat palvelut näkyväksi osaksi kansantalouden tilinpitoa

Toinen merkittävä tietopuute kansallisen vesistrategien laatimisen näkökulmasta on pinta- ja pohjavesiekosysteemien tuottamien palveluiden puuttuminen kansantalouden tilinpidosta. Vesiekosysteemien tuottamat palvelut ja niiden euromääräinen arvo eivät näy tilinpidossa kuten eivät myöskään haitat, jotka kohdistuvat näihin ekosysteemeihin vähentäen niiden tuottamaa arvoa tai niiden kykyä tuottaa arvoa. Käytännössä tästä seuraa, ettei puhtaiden vesien arvo ja merkitys ole arvioitavissa päätöksenteossa ja siihen liittyvissä taloudellisissa laskelmissa. Ekosysteemipalveluiden sisällyttäminen osaksi kansantalouden kirjanpitoa on pitemmän tähtäimen tavoite, jolla ne tehdään myös näkyväksi osaksi talousjärjestelmää ja päätöksenteon pohjaa.

## 7.2 Vesihuoltolaitosten ja elintarviketeollisuuden rajapinta

### 7.2.1 Valvonta elintarviketeollisuudessa ja vesihuoltolaitoksilla

Heikentynyt vedenlaatu aiheuttaa terveysriskin veden kuluttajille ja voi haitata elintarviketeollisuuden prosesseja. Riski vedenlaadun heikkenemiseen tai sen havaitsematta jäämiseen on suurin pienillä vesihuoltolaitoksilla, joissa vedenlaatua tutkitaan vain harvoin. Vesihuoltolaitosten ja elintarviketeollisuuden tekemä omavalvonta on yksi tärkeimmistä tekijöistä vesivälitteisten riskien hallitsemiseksi. Lainsäädäntö edellyttää vedenlaadun viranomaisvalvontaa sitä harvemmin, mitä pienempi talousvettä toimittava laitos on kyseessä. Pienillä vesihuoltolaitoksilla on usein myös rajalliset tai jopa puutteelliset resurssit tehdä lainsäädännön vaatimusten lisäksi omavalvontaa. Siksi onkin aiheellista pohtia erilaisia keinoja ja kannusteita, joilla omavalvonnan riittävä määrä saadaan toteutettua talousveden laadun turvaamiseksi.

Vedentuotannon ja elintarviketeollisuuden rajapinta kaipaa selvennystä ja käytännön ohjeistusta esimerkiksi siitä, mitä otetaan huomioon vesihuoltolaitoksien riskien arvioinnissa ja hallinnassa (WSP) sekä terveydensuojelulain mukaisessa omavalvonnassa ja mitä elintarvikeyrityksen HACCP:ssa niissä tapauksissa, kun vesihuoltolaitoksen asiakkaana on elintarvikehuoneisto.

### 7.2.2 Mikrobiologiset ja fysikaalis-kemialliset riskit

Veden tuotantoon ja kierrätykseen liittyvät mikrobiologiset sekä fysikaalis-kemialliset riskit ovat tärkeässä asemassa terveyttä uhkaavissa tilanteissa, sillä veden kierrätyksen suurin huolenaihe on ihmisten terveyden turvaaminen takaamalla riittävä hygieeninen taso riippuen vedenkäytön kohteesta. Kiertotalouteen liittyvien riittävän kattavien riskienhallintamenetelmien kehittäminen ja niiden käyttöönoton tehostaminen on tarpeen. Esimerkiksi legionellan torjunnassa on tärkeää tunnistaa riskitilanteet ja kohteet paremmin sekä löytää ja ottaa käyttöön tarvittavat riskinhallintatoimet.

Elintarviketeollisuuden käyttöön tulevan talousveden omavalvonta ja erityisesti reaaliaikaisten mittareiden käyttöönotto voi säästää monelta riskitilanteelta, kun vedenlaadun vaihtelu voidaan havaita reaaliajassa ja täten säätää omia prosesseja tarvittavaan suuntaan. On line-mittareita käytetään nykyisin pääasiassa sameuden ja pH:n seurantaan. Esiselvityksen aikana tunnistettiin monia talousveden kemiallisia haitta-aineita (rauta, mangaani, kloori ja desinfiointin sivutuotteet), jotka voivat haitata elintarviketeollisuuden prosesseja. Vesihuoltolaitosten tulevaisuuden mahdollisuudet ja keinot huomioida esimerkiksi jäännöskloorille ja desinfiointin sivutuotteille herkän elintarviketeollisuuden tarpeet nousivat esille haastatteluisissa. Lisäksi uutta tietoa ja ratkaisuja kaivataan (pysyvien) haitallisten aineiden seurannan järjestämiseksi.

### 7.2.3 Korkealaatuisen raaka- ja talousveden arvostus ja siihen kohdistuvat riskit

Suomalaisessa yhteiskunnassa, elintarviketeollisuus ja kuluttaja mukaan lukien, runsaita vesivaroja ja hyvälaatuisia talousvettä pidetään itsestäänselvyytinä. Haasteena on saada lisättyä yritysten, kuntien ja maakuntien ymmärrystä korkealaatuisen veden arvosta osana tuotantoketjua ja korkealuokkaisten tuotteiden mahdollistajana. Yrityksissä käytettävän raaka- ja talousveden laatuun liittyvän auditointityön suunnitteluun ja toteutukseen voitaisiin tuottaa aineistoa tutkimuslaitosten, yliopistojen, vesialan toimijoiden ja elinkeinoelämän yhteistyönä. Veden sisällyttäminen erilaisiin jalanjälki- ja panos-tuotos –tarkasteluihin olisi omiaan lisäämään sekä yritysten, kuluttajien että päätöksentekijöiden ymmärrystä siitä, että Suomen olosuhteissa hyödykkeitä voidaan tuottaa vesivarojen määrän kannalta kestävästi. Etenkin kun näihin tarkasteluihin liittyy kansainvälinen kauppa eli tuontituotteet ja yritysten raaka-aineiden ja puolivalmisteiden hankintaketjut, raaka- ja talousvesien tarkastelu voisi olla osana tehtävää selvitystyötä. Tämä edesauttaisi myös yrityksiä tekemään vesien kannalta kestäviä ratkaisuja toiminnassaan ja hankinnoissaan sekä huomioimaan kotimaisen hyvälaatuisen veden arvon ja merkityksen.

Sellaisten hyvien käytäntöjen kehittäminen ja kokoaminen yleisesti saataville, joilla vesihuoltolaitokset ovat kyenneet huomioimaan elinkeinoelämän erityistarpeet, edesauttaisi vesihuoltolaitosten ja elinkeinoelämän yhteistyötä. Tiedon ja ohjeistuksen tuottaminen maakunnille vesiturvallisuuden huomioimisesta maankäytön suunnittelussa tukisi maakuntien tulevaa roolia vesihuollon edistäjänä. Kampanjoita, joissa raaka- tai talousvesien kemiallista ja mikrobiologista laatua seurataan maakuntatasolla, voitaisiin tuoda aktiivisesti esille. Tällaiset kampanjat toisivat kaivattua tietoa paitsi vesien laadusta myös mahdollisuuden nostaa esille puhtaiden vesien arvoa ja saatavuutta.

## 7.3 Kiertotalous

### 7.3.1 Veden kierrättäminen ja uudelleenkäyttö

Sipilän hallitusohjelman tavoite on, että Suomi on 2025 bio- ja kiertotalouden sekä puhtaiden teknologioiden edelläkävijä. Vesien kierrättämisen merkitystä tulisi tarvittaessa arvioida merkittävälle vedenkäyttäjille, kuten teollisuuslaitoksille, kohdennetuilla kyselyillä. Vesien uudelleenkäyttö Suomessa on melko vähäistä oletettavasti vesivarojen runsauden takia. Haastatteluissa esiin tuodut näkemykset kemiallisista ja mikrobiologisista riskeistä veden uudelleenkäytön yhteydessä ovat yhteneviä tieteellisen komitean (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks) lausunnon (SCHEER 2017) kanssa, joka koskee luonnosvaiheessa olevaa ehdotusta veden uudelleenkäytön vähimmäiskriteereiksi kasteluvetenä tai tekopohjaveden raaka-aineena (JRC 2016). Kiertotalouden tavoitteeseen liittyen olisi kuitenkin perusteltua arvioida mahdollisuuksia ja edellytyksiä veden uudelleenkäyttöön Suomen olosuhteissa sekä tällaisen uudelleenkäytön tarkoituksenmukaisuutta ja kokonaiskestävyyttä. Parhaimmillaan uudelleenkäytön mahdollisuuksiin tarttuminen voisi edesauttaa cleantech-osaamisen kehittymistä ja siihen liittyvien kotimarkkinareferenssien syntyä.

### 7.3.2 Aineiden poistamisesta niiden talteenottoon ja kierrätykseen

Taloustalouden uudistaminen vallitsevasta lineaarisesta mallista kohti kiertotaloutta tarkoittaa suurta ajattelutavan muutosta myös vesisektorilla. Aineiden talteenotto niiden palauttamiseksi kiertoon on merkittävä muutos vallitsevaan toimintatapaan, jossa korostetaan aineiden poistamista. Kiertoon palautettavien aineiden tulee kuitenkin olla riittävän puhtaita, jolloin ne eivät aiheuta ympäristön pilaantumisen tai terveysriskiä ja jolloin niiden käyttö saavuttaa myös yleisen hyväksynnän. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi panostukset teknologiseen kehitykseen ovat tarpeen. Tämän lisäksi myös olemassa olevista tekniikoista tarvittaisiin koostettua tietoa toiminnanharjoittajien käyttöön. Esimerkiksi käynnissä oleva Suomen ympäristökeskuksen koordinoima EPIC-hanke tutkii lääkeaineiden päästölähteitä, vaikutuksia sekä eri puhdistusmenetelmien toimivuutta (SYKE 2017b).

Aiempi tutkimus on antanut viitteitä siitä, että vesien kannalta kestävä kiertotalouden valtavirtaistuminen edellyttää todennäköisesti myös taloudellisten ohjauskeinojen nykyistä rohkeampaa käyttöä (Salminen ym. 2017). Kiertotalouden ratkaisujen eli aineiden ja energian talteenoton, veden hukkaa vähentävien, vesitehokkuutta parantavien ja käytetyn veden uudelleenkäyttöä edistävien teknologioiden ja osaamisen synnyn ja valtavirtaistumisen merkittävä hidaste on neitseellisten raaka-aineiden alhainen hinta ja se, etteivät tuotannon ulkoisvaikutukset, kuten ympäristökuormitus, usein sisälly tuotteiden hintoihin. Osittain tähän ongelmaan saatettaisiin löytää ratkaisuja toiminnanharjoittajien omien tuotestrategioiden kautta (esimerkiksi tämän raportin luvussa 5.2 käsitelty kiertovesikasvatetun kalan lanseeraaminen). Kiertotalouden mallimaan aseman saavuttaminen sekä maailmanlaajuisiin makean veden laatuun ja määrään liittyviin kysymyksiin vastaaminen näyttäisi kuitenkin vaativan myös laajempaa ohjauskeinojen tarkastelua.

### 7.3.3 Vesi ja vesiniukkuus kansainvälistyvässä kaupassa

Kansallisen vesistrategian laadinnassa on useita merkittäviä kansainvälisiä ulottuvuuksia. Esimerkkejä niistä ovat muun muassa 1) kansainvälisen kaupan voimistuminen yhdistettynä puhtaan makean veden varantojen epätasaiseen jakautumiseen globaalisti, 2) tarve löytää cleantech-ratkaisuja ja veteen liittyvää osaamista alueille, joilla puhtaan makean veden niukkuus on voimistuva ongelma, 3) tiedon tuottaminen suomalaisille kuluttajille ”vesiviisaista” kulutusvalinnoista sekä 4) kotimaisten, esimerkiksi elintarvikealan yritysten ymmärryksen lisääminen korkealaatuisen veden arvosta osana tuotantoketjua ja korkealuokkaisten tuotteiden ja kilpailukyvyn mahdollistajana. Maailmanlaajuisesti tarkasteltuna puhtaan makean veden saatavuuteen liittyvillä kysymyksillä, ruoantuotannolla ja ilmastomuutoksen aiheuttamilla ongelmilla on useita yhtymäkohtia. Tähän kokonaisuuteen liittyvissä tutkimuskysymyksissä tulisi painottaa kansainvälistä yhteistyötä muun muassa kansainvälisen kaupan virtoja (monialue-panos-tuotos-mallit) tutkivien ryhmien ja tutkijayhteisöjen kanssa. Monialue-panos-tuotos-mallit ovat työkaluja, joilla esimerkiksi Suomeen tuotujen tuotteiden ympäristövaikutuksia valmistusmaissa arvioidaan. Näitä työkaluja kehitetään tutkijoiden kansainvälisenä yhteistyönä. Panos-tuotos-mallinnus tarjoaa kiinnostavia mahdollisuuksia myös ruokahävikin merkityksen systemaattiseen arviointiin kansantaloudessa. Edellä mainitut monialuemallinnuksen työkalut mahdollistavat ruokahävikkiin liittyvän erottelun kotimaassa tuotettujen ja esimerkiksi vesiniukoilla alueilla tuotettujen elintarvikkeiden välille.

## 7.4 Tulevaisuuden kehityssuuntia vesisektorilla

### 7.4.1 Talousvedeen liittyvän sääntelyn muutokset

Suomessa toimeenpanevaa talousvesiasetusta ollaan uudistamassa. Uusitut juomavesidirektiivin liitteet korostavat entistä enemmän riskiperusteisuutta, ja tämä lähestymistapa on jo mukana Suomessa voimassa olevassa talousvesiasetuksessa. Riskiperusteista lähestymistapaa ei vielä täysimääräisesti toteuteta vesihuoltolaitoksilla. WSP:n edellyttää laitospäätöksistä riskinarviointia, jonka laatimiseksi tarvitaan taustatietoa muun muassa raakavesilähteitä kuormittavista toiminnoista, niihin liittyvistä riskeistä sekä niistä riskeistä, joita liittyy jo lakaneisiin toimintoihin raakavesilähteen ympäristössä. Laitospäätöksen riskinarvion tulee tuottaa lista niistä mikrobiologisista, kemiallisista tai fysikaalisista parametreista, joita kyseisellä laitoksella seurataan. Talousvesilainsäädännön määräaika-arviointien ja uudistamisen yhteydessä tulisi tarkastella, onko tarpeen ja mahdollista antaa viitearvoja mahdollisille uusille todennetusti terveyshaittoja aiheuttaville aineille. Talousveden laadunvalvonnan riskiperusteisuuden lähtökohtana on, että tarpeen mukaan talousveden laatua voidaan arvioida ja ryhtyä tarvittaessa laitospäätöksiin toimenpiteisiin riittävään laadun takaamiseksi myös sellaisten aineiden osalta, joille ei lainsäädännössä ole asetettu seurantavelvoitetta tai raja-arvoja. Raakaveden määrällisten riskien arviointi ja hallinta saattaa edellyttää tarkempia selvityksiä sekä vedenhankintaan käytettävällä alueella että valmiissa talousvedessä.

#### 7.4.2 Vesijohtoverkoston materiaalit

Vesijohtoverkoston uudet materiaalit ja niiden vaikutukset talousveden laatuun ja turvallisuuteen, ja kiinteistökohtaisten putkistojen materiaalit ovat olleet usein julkisen keskustelun aiheena. Tutkimustietoa materiaalien vaikutuksista vedenlaatuun on olemassa, mutta se on hajanaista ja siten huonosti toimijoiden saatavilla. Näin ollen tarvitaan kansallisen tason synteesi vesijohtoverkoston materiaalien vaikutuksista talousveden laatuun sekä käytettyjen materiaalien ja työn toteutuksen hyväksyntämenettelyistä ja hyväksytyistä tuotteista. Mahdollisia uusia käytäntöjä ja ohjauskeinoja ovat esimerkiksi CE-merkintävaatimus ja vesijohtoverkostokelpoisuuden osoittamisvaatimus osana rakennusvalvontaa (Kaunisto 2013). Niiden soveltuvuutta tulisi arvioida.

#### 7.4.3 Verkostosaneeraukset

Vesihuoltolaitosten yksi suurimmista haasteista tällä hetkellä on korjausvelka liittyen verkostojen saneeraukseen ja ylläpitohuoltoon. Erityisen suuria paineita kohdistuu pienille vesihuoltolaitoksille, joilla verkostojen pituus suhteessa liittyjämääriin ja kulutukseen on suuri. Keskimäärin tuotetusta talousvedestä vuotaa hukkaan verkostoissa noin 15 %. Vertailukohtana tälle voidaan mainita esimerkki Tanskassa käytettävästä verkostohävikkiin liittyvästä sakosta: jos hävikkiä on yli 10 % tuotetusta vedestä, vesihuoltolaitos joutuu itse maksamaan veron ilman että laitos voivöyryttää sitä asiakkailleen. Vuotovesien määrän vähentäminen ja saneeraustoimenpiteiden kohdistaminen on mahdollista toteuttaa kustannustehokkaasti (Salminen ym. 2017). Jätevesiverkostoon ja -verkostosta vuotavien vesien määrä on talousvesiverkoston vuotomäärää suurempi. Jätevedenpuhdistamoiden kautta kulkeva virtaama on yli 40 % suurempi kuin asiakkaille toimitetun talousveden määrä (Salminen ym. 2017). Vuotojen lisäksi eroa selittää sekaviemärointi eli hulevesien johtaminen puhdistamolle johtavaan viemäriin. Katkon (2013) mukaan vesihuollon saneerausvelka on kasvanut 2,5-kertaiseksi nykyiseen saneerausmäärään verrattuna. Jopa 6 prosenttia vesijohtoverkostosta ja 12 prosenttia viemäriverkostosta on erittäin huonossa kunnossa (Katko 2013). Tavoitteeksi tulisi asettaa veden hukan vähentämiseen ja verkostosaneeraukseen liittyvien toimiviksi havaittujen ratkaisujen nykyistä laajempi hyödyntäminen. Tutkimustietoa tarvittaisiin niistä esteistä, edellytyksistä ja ohjauskeinoista, jotka ovat oleellisia tilanteen parantamisen kannalta.

#### 7.4.4 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos aiheuttaa paineita vesihuollolle hydrologisten olosuhteiden muuttumisen kautta ja sääääri-ilmiöiden (tulvat ja kuivuus) yleistymisen myötä. Ääri-ilmiöihin liittyviä riskejä ja vaikutuksia voidaan arvioida tunnettuja poikkeusjaksoja tarkastelemalla (Veijalainen 2017). Vuosien 2002–2003 poikkeuksellinen kuivuuskausi aiheutti ongelmia pienillä pohjavesimuodostumilla sijaitsevilla pohjavedenottamoilla. Kuivuuden takia pohjavedenottamoiden vedenpinnat laskivat jopa 1–5 metriä pitkäaikaiseen keskiarvoon verrattuna. Myös pohjaveden laadussa ilmeni ongelmia, pääsääntöisesti fysikaalis-kemiallisia muutoksia. Eniten laatuongelmia ilmeni Lounais-Suomessa, jossa ongelmat olivat lähinnä rauta- ja mangaanipitoisuuksien kohoamista vähähappisissa olosuhteissa. Veden mikrobiologisen laadun heikkenemistä esiintyi vain pienillä pohjavesilaitoksilla (Arosilta & Liponkoski 2004; Pitkänen ym. 2011; Vienonen ym. 2012).

Yksi parhaista keinoista varautua ilmastonmuutoksen lisäämiin tulviin ja kuivuuteen ovat alueelliset tarkastelut, ilmiöiden vaikutuksista varoittaminen sekä tehokas tietojen jakaminen ja tietojen saatavuuden



parantaminen. Suomalaisella vesisektorilla on hyvät mahdollisuudet olla mukana kehittämässä ja toteuttamassa ratkaisuja globaaliin vesiongelmaan ja viedä veteen liittyvää osaamista erityisesti niille alueille, joilla puhtaan makean veden niukkuus on voimistuva ongelma. Esimerkkinä voidaan mainita hydrologisiin järjestelmiin liittyvän osaamisen vienti.

## 8 Suositukset jatkotoimenpiteiksi

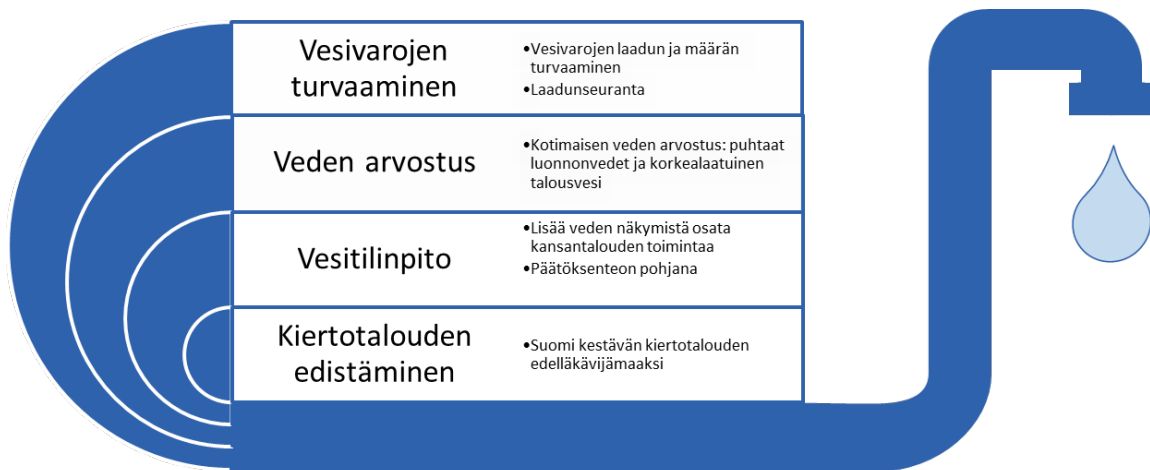
EsiBiovesi-hankkeessa laaditun esiselvityksen perusteella seuraavat teemat tunnistettiin pääkohdiksi tuleville toimenpiteille kansallisen vesistrategian painopisteitä ja tietopuutteita selvitettäessä. Pääkohdat liittyvät tässä esiselvityksessä yhdyskuntien ja ruoantuotannon veden käytön riskien hallintaan ja mahdollisuuksiin (Kuva 7).

**1. Vesivarojen turvaaminen:** Tehostetaan toimia, joilla kotimaisten vesivarantojen hyvä laatu ja määrä voidaan turvata. Ennakointia ovat riittävät tutkimukset vedenhankinta-alueella, kattava seuranta sekä yhteistyö eri toimijoiden välillä. Riskinarvioinnin merkitys tulee jatkossa kasvamaan entisestään. Riskinhallintakeinojen avulla turvataan kotimaisten vesivarojen laatu ja määrä myös tulevaisuudessa. Olennaisessa roolissa on myös kuntien ja maakuntien maankäytön suunnittelu.

**2. Veden arvostus:** Tehdään konkreettista yhteistyötä tutkimuslaitosten, yliopistojen, elinkeinoelämän ja vesialantoimijoiden kesken, jotta kotimaisen korkealaatuisen veden merkitys raaka-aineena osataan huomioida nykyistä paremmin. Tavoitteena on lisätä puhtaiden pinta- ja pohjavesien ja korkealaatuisen talousveden arvostusta ja lisätä yritysten ja kuluttajien edellytyksiä tunnistaa hankintojensa merkitystä vesien määrään ja laatuun Suomessa ja ulkomailla.

**3. Vesitilinpito:** Jatketaan vesiin, vesiekosysteemeihin ja vesistökuormitukseen liittyvän tilinpidon kokoomista. Tavoitteena on lisätä veden näkymistä osana kansantalouden toimintaa ja sen arvonlisäystä sekä osana aineistoja, joita käytetään päätöksenteon pohjana.

**4. Kiertotalouden edistäminen:** Panostetaan tarkasteluihin, joilla parannetaan edellytyksiä vesien kannalta kestäväen kiertotalouden ratkaisujen syntyyn ja valtavirtaistumiseen. Tämä edellyttää sekä teknologista tutkimus- ja kehitystyötä että ohjauskeinoihin liittyviä tarkasteluja ja rohkeita avauksia. Tavoitteena on tukea Suomen pyrkimyksiä nousta kestäväen kiertotalouden mallimaaksi.



Kuva 7. EsiBiovesi-hankkeessa tunnistetut pääkohdat

## Lähteet

- Ahonen, M. ym. (2008). Suomalaisen talousveden laatu raakavedestä kuluttajan hanaan vuosina 1999–2007 . Vesi-Instituutin julkaisuja 4.
- Aktar, M. W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12.
- Arosilta, A & Liponkoski, M. 2004. Kuntien ja vesihuoltolaitosten toiminta poikkeuksellisen kuivuuden 2002-2003 aikana –kyselyn tulokset. Liite 9. Teoksessa: Silander, J. & Järvinen E. A. (toim.) 2004. Vuosien 2002– 2003 poikkeuksellisen kuivuuden vaikutukset. Suomen ympäristö 731. ISBN 952-11-1841-5.
- Bassil, K.L., Vakil, C. , Sanborn, M., Cole, D.C., Kaur, J.S., Kerr , K.J. (2007) Cancer health effects of pesticides. *Canadian Family Physician* Oct 2007, 53 (10) 1704-1711.
- Britschgi, R., Antikainen, M., Ekholm-Peltonen, M., Hyvärinen, V., Nylander, E., Siiro, P. ja Suomela, T. (2009). Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Ympäristöopas 2009. ISBN (nid.) 978-952-11-3374-9, ISBN (PDF) 978-952-11-3375-6.
- Britschgi & Rintala (2016). Pohjavesialueet – määrittäminen, luokitus ja suojelusuunnitelmat. Ohjeluonnos <http://bit.ly/2fle95T>
- Darnerud P. (2003) Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife.. *Environ Int.* 2003 Sep;29(6):841-53.
- Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira) (2008) HACCP-JÄRJESTELMÄ, periaatteet ja soveltaminen (Eviran ohje 10002/2). [https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/lomakkeet-ja-ohjeet/omavalvonta/eviran\\_ohje\\_10002\\_haccp.pdf](https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/lomakkeet-ja-ohjeet/omavalvonta/eviran_ohje_10002_haccp.pdf)
- Ellen MacArthur Foundation (2013) Towards the circular economy.
- Etelämäki, Lauri (1999) Veden käyttö Suomessa. Suomen ympäristö 305. <http://hdl.handle.net/10138/40281>
- Euroopan Komissio (2015) Komission tiedontanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan Talous- ja sosiaalikomitealle ja Alueiden komitealle. Kierto kuntoon - Kiertotaloutta koskeva EU:n toimintasuunnitelma.
- Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto (2017) Legionella ja legionelloosi: Euroopan toimintaperiaatteet ja hyvät käytännöt. <https://osha.europa.eu/fi/tools-and-publications/publications/factsheets/100>
- Elintarvikevirasto (2010) Vaihdellessa kalaa kaksi kertaa viikossa. Esite.
- Gilbert, Ylva, Lehti, Riikka, Saario, Mari (2011) Vesihuoltolaitosten ja elintarvikeyritysten yhteistyön kehittäminen riskienhallinnassa. Gaia Consulting Oy. [https://www.vvy.fi/files/1444/Loppuraportti-Vesihuoltolaitosten\\_ja\\_elintarvikeyritysten\\_riskienhallinnan\\_yhteistyon\\_kehittaminen.pdf](https://www.vvy.fi/files/1444/Loppuraportti-Vesihuoltolaitosten_ja_elintarvikeyritysten_riskienhallinnan_yhteistyon_kehittaminen.pdf)
- Grandjean, P., & Clapp, R. (2014). Changing Interpretation of Human Health Risks from Perfluorinated Compounds. *Public Health Reports*, 129(6), 482–485.
- Gustafsson J., Kinnunen T., Kivimäki A-L. & Suomela T. (2006) Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 – Taustaselvitys – Osa V – Pohjavesien suojelu. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2006. ISBN (nid.) 952-11-2511-X, ISBN (PDF) 952-11-2512-8.
- Hanski, M. (toim.), Britschgi, R., Friman, T., Leino, J., Mäkinen, M., Palmu, J-P., Poutiainen, J., Pullola, T., Päätalo, P., Siiro, P. & Vänskä, M. 2010. Selvitys pohjavesialueiden rajaamisen menettelystä. Ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, Hämeen elikeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Suomen ympäristö 7/2010. ISBN 978-952-11-3738-9 (nid.), ISBN 978-952-11-3739-6 (PDF).
- Hentilä, H., Muhonen, M., Hellsten, S. ja Karjalainen, S.M. (2016) Pinta- ja pohjavesien vaikutustarkkailujen kehittäminen – kyselytutkimuksen tulokset - Hanke vesistöjen velvoitetarkkailujen kehittämisestä (OHKE). Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 80/2016. ISBN (PDF) 978-952-314-499-6.

- Hokajärvi, Anna-Maria, Pitkänen, Tarja, Torvinen, Eila, Miettinen, Ilkka T (2008) Suolistoperäisten taudinaiheuttajamikrobien esiintyminen luonnonvesissä Kirjallisuuskatsaus terveysriskeistä ja niiden suuruuteen vaikuttavista tekijöistä. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B 1/2008.
- Isomäki, Eija (2006): Pienet pohjavesilaitokset Suomessa. Vesitalous-lehti 47: 3, s. 11-15
- Jaakola S. ym. (2017). Tartuntataudit Suomessa 2016. 5/2017.  
<http://www.julkari.fi/handle/10024/135229>
- Joint Research Center (2016) Development of minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge. Draft V. 3.2. Joulukuu 2016.
- Juvonen, J., Hentilä, H. ja Aroviita, J. (2017). Maa- ja metsätalouden kuormittamien pohjavesien MaaMet-seuranta - Torjunta-aineet ja ravinteet 2007–2015. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2017. ISBN 978-952-11-4697-8 (PDF), ISBN 978-952-11-4698-5 (nid.)
- Karvonen, Airi, Taina, Tuire, Gustafsson, Juhani, Mannio, Jaakko, Mehtonen, Jukka, Nystén, Taina, Ruoppa, Marja, Sainio, Sainio, Siimes, Katri, Silvo, Silvo, Tuominen Sirkku, Verta, Matti, Vuori, Kari-Matti ja Äystö, Lauri (2012) Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen. Ympäristöministeriön raportteja 15 | 2012.
- Katko, Tapio S. (2013): Hanaa! – Suomen vesihuolto – kehitys ja yhteiskunnallinen merkitys. Vesilaitosyhdistys. 501 s.
- Kettunen, I., Mäkelä, A., Heinonen, P. (2008) Vesistötietoa näytteenottajille. Ympäristöopas. ISBN 978-952-11-3238-4.
- Kivimäki, A-L., Lindholm, J., Loikkanen, H., Nummela, K., Ahonen, J., Backman, B., Kaipainen, T., Luoma, S., Pullinen, A., Kiirikki, M. ja Laukkanen, A. (2016) Pohjavesien yhteistarkkailun kehittäminen – Vuosiraportti 2016. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry, raportti 23/2016.
- Kløve, B., Lund Kvitsand, H.M., Pitkänen, T., Gunnarsdottir, M.J., Gaut, S., Gardarsson, S.M., Rossi, P.M., Miettinen, I. (2017) Groundwater and Microbial Pollution: Overview of groundwater sources and water supply systems in the Finland, Norway and Iceland. Invited review. Hydrology Journal.
- Komulainen, H. (2014). Juomaveden mangaaniin liittyy terveysriski (pdf 545kt). Ympäristö ja terveys 2, 20-24.
- Komulainen, H. Muovisten vesijohtojen maku- ja hajuhaitat. Opasnet. [fi.opasnet.org/fi/PEX](http://fi.opasnet.org/fi/PEX). Viitattu 25.09.2017.
- Korhonen, L.K.; Malaska, K.; Lignell, P.; Kärkkäinen, H.; Rintala, A.; Nevalainen, A.; Miettinen, L.T. (2006) Aktinomykeettien ja homeiden esiintyminen verkostovedessä. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B15 / 2006; ISSN 0359-3576. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-740-665-7>.
- Koskela, S., Mäenpää, I., Mattila, T., Seppälä, J., Saikku, L., Korhonen, M-R., Suorsa, M., Österlund, H. & Hippinen, I. (2013). Suomen talouden materiaalivirrat vuonna 2008 ja resurssitehokkuuden tehostamisen vaikutukset vuoteen 2030. Ympäristöministeriön raportteja 26/2013.
- Lahermo, P. ym. (2002). Tuhat kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaaliskemiallinen laatu vuonna 1999 (pdf 5870 kt). Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 155.
- Lahti, K. (1997) Cyanobacterial Hepatotoxins and Drinking Water Supplies: Aspects of Monitoring and Potential Health Risks. Finnish Environment Institute, 40 s. ISBN 9521109602, 9789521109607
- Lahti, K., Rapala J., Kivimäki A-L., Kukkonen J., Niemelä M., Sivonen K. (2001) Occurrence of microcystins in raw water sources and treated drinking water of Finnish waterworks. Water Science Technology 2001;43(12):225-8.
- Lehtola, M. J., Torvinen, E., Kusnetsov, J., Pitkänen, T., Maunula, L., von Bonsdorff, C.-H., Martikainen, P. J., Wilks, S. A., Keevil, C. W. and Miettinen, I. T. (2007) Survival of Mycobacterium avium, Legionella pneumophila, Escherichia coli, and caliciviruses in drinking water-associated biofilms grown under high-shear turbulent flow. Appl. Environ. Microbiol. 73(9), 2854-2859.

- Luonnonvarakeskus (2017) Luken tilastopalvelut, Kala ja riista, Rakenne ja tuotanto –tilastot. stat.luke.fi
- Maa- ja metsätalousministeriö (MMM) (2014): Elintarviketeollisuus vesihuoltolaitoksen asiakkaana. Opas yhteistyön järjestämiseen. Maa- ja metsätalousministeriö 7/2014.
- Meriläinen P, Hokajärvi, A-M, Pitkänen, T, Miettinen, I, Juntunen, J, Huttula, T, Simola, A., Honkatukia, J. (2016) Talousveden mikrobiologisten ja kemiallisten saasteiden kokonaisriskinarviointi – kulkeutuminen, terveys ja talous. Vesitalous 4.
- Miettinen I, Zacheus O, von Bonsdorff C, Vartiainen T (2001): Waterborne epidemics in Finland in 1998-1999. *Water Sci Technol.* 43(12): 67-71.
- Molarius, R & Poussa, L., 2001. Merkittävät pohjaveden pilaantumistapaukset Suomessa 1975-2000. Suomen ympäristö, ympäristönsuojelu nro 550/2001
- Nummela, K. (2017) Lohjan pohjavesien yhteistarkkailu vuonna 2016. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, julkaisu 277/2017.
- Park S, Choi, K (2008) Hazard assessment of commonly used agricultural antibiotics on aquatic ecosystems. *Ecotoxicology* (2008) 17: 526. doi:10.1007/s10646-008-0209-x
- Perkola, Noora (2014) Fate of artificial sweeteners and perfluoroalkyl acids in aquatic environment. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta, ympäristötieteiden laitos. Väitöskirja.
- Perkola N, Pitkänen T, Juntunen J, Kauppinen A, Tuominen S, Kusnetsov J, Nysten T, Hokajärvi A-M, Rosendahl K, Meriläinen P, Huttula T, Happonen M and Miettinen IT. (2015) Kuluttajakemikaalit ja mikrobit Kokemäenjoen vesistössä. *Ympäristö ja Terveys-lehti.* 2015;3,46:50-55.
- Pitkänen, T. (2013) Review of *Campylobacter* spp. in drinking and environmental waters. Invited review. *Journal of Microbiological Methods.* 95(1): 39-47.
- Pitkänen, T. & Hänninen, M-L. 2017. Members of the family Campylobacteraceae: *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*. In: J.B. Rose and B. Jiménez-Cisneros, (eds) *Global Water Pathogens Project.* <http://www.waterpathogens.org> (A. Pruden, N. Ashbolt and J. Miller (eds) Part 3 Bacteria) <http://www.waterpathogens.org/book/campylobacter> Michigan State University, E. Lansing, MI, UNESCO.
- Pitkänen, T., Karinen, P., Miettinen, I.T., Lettojärvi, H., Heikkilä, A., Maunula, R., Aula, V., Kuronen, H., Nousiainen, L-L., Pelkonen, S. and Heironen-Tanski, H. (2011) Microbial contamination of groundwater at small community water supplies in Finland. *AMBIO* 40 (4), 377-390. DOI: 10.1007/s13280-010-0102-8.
- Rintala, J., Hyvärinen, V., Illmer, K., Nylander, E., Pulkkinen, P., Rantala, P. & Siiro, P. 2007. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat osana vesienhoidon järjestämistä – taustaselvitys. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2007. 62 s. ISBN 978-952-11-2621-5.
- Salminen, Jani, Tikkanen, Sarianne, Koskiahho, Jari (toim.) (2017) Kohti vesiviisasta kiertotaloutta. Loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16/2017.
- SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks) (2017) Scientific advice 16 on Proposed EU minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and 17 aquifer recharge, 9 June 2017. [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/experts/declarations/scheer\\_wg\\_en](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/experts/declarations/scheer_wg_en).
- Seppälä J., Mäenpää, I., Koskela, S., Mattila T., Nissinen, A., Katajajuuri, J.-M., Härmä, T., Korhonen M.-R., Saarinen, M., Virtanen Y. (2009) Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009. ISBN 978-952-11-3460-9
- Seppälä, M & Tuominen S. (2005). Pohjaveden virtauksen mallintaminen. Ympäristöopas 121. ISBN 952-11-2015
- Setälä, Outi, Fjäder, Päivi, Hakala, Olli, Kautto, Petrus, Lehtiniemi, Maiju, Raitanen, Elina, Sillanpää, Markus, Talvitie, Julia, Äystö, Lauri (2017) Mikromuovit riski ympäristölle. SYKE policy brief – Näkökulmia ympäristöpolitiikkaan 21.3.2017. <http://hdl.handle.net/10138/177566>

- Silfverberg, Paul (2017) Vesihuollon suuntaviivat 2020-luvulle. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 44, Suomen Vesilaitosyhdistys ry.
- Sosiaali- ja terveysministeriö (STM) (2017a) Talousvesi <http://stm.fi/talousvesi>
- Sosiaali- ja terveysministeriö (STM) (2017b) Talousveden toimenpideohjelma - Water Safety Plan. <http://stm.fi/talousveden-toimenpideohjelma>.
- Suomen Vesiyhdistys ry (2005) Pohjavesitutkimusopas - käytännön ohjeita. Helsinki. Vesiyhdistys ry:n julkaisu nro 3. 194 s. ISBN 952-9606-73-7, ISSN 0782-9612.
- Suomen ympäristökeskus (SYKE) (2015) Pintavesien ekologinen tila. Julkaisu 10.12.2015. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BDC6B11EF-B56A-4367-8C7E-40FD165F05B3%7D/114200>
- Suomen ympäristökeskus (2017a) Pohjavesien määrällinen ja kemiallinen tila. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pohjavesien\\_tila](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pohjavesien_tila)
- Suomen ympäristökeskus (SYKE) (2017b) Lääkejämiä sisältävän jäteveden puhdistuksen tehostaminen päästölähteillä ja lääkejätteen tehokkaampi käsittely (EPIC). <http://www.syke.fi/hankkeet/epic>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) (2015a) Pohjaveden pilaantumisen lähteet ja vettä pilaavat aineet. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi/kaivovesi/pilaantuneesta-maasta-kaivoveteen-paatyvat-kemialliset-aineet/pohjaveden-pilaantumisen-lahteet-ja-vetta-pilaavat-aineet>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) (2015b) Kampylobakteeri. <https://www.thl.fi/fi/web/infektiotaudit/taudit-ja-mikrobit/bakteeritaudit/kampylobakteeri>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) (2016a) Taustatietoa vesiepidemioista. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/vesiepidemiat/taustatietoa>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) (2016b) Legionella. <https://www.thl.fi/web/infektiotaudit/taudit-ja-mikrobit/bakteeritaudit/legionella>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) (2016c) Norovirus. <https://www.thl.fi/fi/web/infektiotaudit/taudit-ja-mikrobit/virus-taudit/norovirus>
- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) (2017) Talousveden laadunvalvonta. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/talousvesi/talousveden-laadunvalvonta>
- Tidenberg, S., Taipale, T. ja Gustafsson, J. (2009). MTBE ja TAME pohjavesiriskinä Suomessa. Suomen ympäristö 29/2009. ISBN 978-952-11-3536-1 (nid.), ISBN 978-952-11-3537-8 (PDF).
- Vieno, Niina (2014) Haitalliset aineet jätevedenpuhdistamoilla -hankkeen loppuraportti. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 34, Helsinki.
- Vienonen, S., Rintala, J., Orvomaa, M., Santala, E. ja Maunula, M. 2012. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa. Suomen ympäristö 24 / 2012. ISBN 978-952-11-4045-7 (nid.), ISBN 978-952-11-4046-4 (PDF).
- Vuorimaa, P., Kontro, M., Rapala, J. ja Gustafsson, J. (2007). Torjunta-aineiden esiintyminen pohjavedessä. Loppuraportti. Suomen ympäristö 42/2007. ISBN 978-952-11-2914-8 (nid.), ISBN 978-952-11-2915-5 (PDF).
- World Health Organization (WHO) (2007) Legionella and the prevention of legionellosis. World Health Organization
- World Health Organization (WHO) (2011). Manganese in drinking water (pdf 224 kt). Background document for development of WHO guidelines for drinking- water quality
- World Health Organization (WHO) (2012) Pharmaceuticals in drinking-water. World Health Organization. [https://www.vvy.fi/files/2575/WHO\\_pharmaceuticals\\_in\\_drinking\\_water.pdf](https://www.vvy.fi/files/2575/WHO_pharmaceuticals_in_drinking_water.pdf)
- Yhdistyneet kansakunnat (YK) (2012) SEEA-Water: System of Environmental-Economic Accounting for Water. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division.

Yhdistyneet kansakunnat (YK) (2014a), Yhdistyneiden kansakuntien maatalous- ja elintarvikejärjestö (FAO), Kansainvälinen valuuttarahasto (IMF), Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (OECD) ja Maailmanpankki (S014a) System of Environmental-Economic Accounting 2012—Central Framework. United Nations and European Union, New York.

Yhdistyneet kansakunnat (YK), Euroopan Unioni, YK:n maatalous- ja elintarvikejärjestö (FAO), Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (OECD) ja Maailmanpankki (2014b) System of Environmental-Economic Accounting 2012—Experimental Ecosystem Accounting. United Nations and European Union, New York.

Yhdistyneiden kansakuntien ympäristöohjelma (UNEP), Yhdistyneiden kansakuntien Tilastojaoesto, Convention on Biological Diversity (CBD) (2017) United Nations Environment Programme, United Nations Statistics Division, Convention on Biological Diversity, 2017. SEEA Experimental Ecosystem Accounting: Technical Recommendations. Consultation Draft - V4.1: 6 March 2017.

Ympäristöministeriö (YM) (2013). Tiedote 18.6.2013, Riskialttiiden pohjavesialueiden määrä kasvanut selvästi. [http://www.ymp.fi/fi-FI/Luonto/Riskialttiiden\\_pohjavesialueiden\\_maara\\_k%2816833%29](http://www.ymp.fi/fi-FI/Luonto/Riskialttiiden_pohjavesialueiden_maara_k%2816833%29)

Ympäristönsuojelulaki (YSL) (2014). 527/2014

Zacheus, O. & Miettinen, I. T. 2011. Increased information on waterborne outbreaks through efficient notification system enforces actions towards safe drinking water. *Journal of Water and Health*, 9, 763-772.