

Dnro V/33102/2020

6.10.2020

# Talousvesiasetuksen soveltamisohje

Osa III

Enimmäisarvojen perusteet



**Valvira**

Sosiaali- ja terveysalan  
lupa- ja valvontavirasto

# Sisällys

1. Enimmäisarvojen perusteet .....	5
2. Mikrobiologiset muuttujat .....	6
2.1. Laatuvaatimukset.....	6
2.1.1. Enterokokit.....	6
2.1.2. Escherichia coli (E. coli) .....	7
2.1.3. Pesäkkeiden lukumäärä (heterotrofinen pesäkeluku 22 °C ja 37 °C).....	8
2.1.4. Pseudomonas aeruginosa, (P. aeruginosa).....	9
2.2. Laatuvaatimukset .....	9
2.2.1. Clostridium perfringens.....	9
2.2.2. Koliformiset bakteerit .....	10
2.2.3. Pesäkkeiden lukumäärä (heterotrofinen pesäkeluku 22 °C) .....	11
3. Kemialliset muuttujat.....	13
3.1. Selvittämismahdollisuudet .....	13
3.2. Laatuvaatimukset.....	14
3.2.1. Akryyliamidi .....	14
3.2.2. Antimoni, Sb .....	14
3.2.3. Arseeni, As .....	14
3.2.4. Bentseeni.....	15
3.2.5. Bentso(a)pyreeni .....	15
3.2.6. Boori, B.....	15
3.2.7. Bromaatti .....	15
3.2.8. 1,2-dikloorietaani .....	16
3.2.9. Elohopea, Hg.....	16
3.2.10. Epikloorihydrini.....	17
3.2.11. Fluoridi, F <sup>-</sup> .....	17
3.2.12. Kadmium, Cd .....	18
3.2.13. Kromi, Cr.....	18
3.2.14. Kupari, Cu.....	19
3.2.15. Lyijy, Pb .....	20

3.2.16.	Nikkeli, Ni	20
3.2.17.	Nitraatti, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21
3.2.18.	Nitriitti, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	21
3.2.19.	pH	22
3.2.20.	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) mukaan lukien bentso(a)pyreeni	22
3.2.21.	Seleeni, Se	23
3.2.22.	Syanidit, CN <sup>-</sup>	23
3.2.23.	Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni	23
3.2.24.	Torjunta-aineet	24
3.2.25.	Trihalometaanit (THM)	25
3.2.26.	Uraani, U	25
3.2.27.	Vinyylikloridi	26
3.3.	Laatutavoitteet	27
3.3.1.	Alumiini, Al	27
3.3.2.	Ammonium, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	27
3.3.3.	Haju ja maku	28
3.3.4.	Hapettuvuus	28
3.3.5.	Kloridi, Cl <sup>-</sup>	29
3.3.6.	Mangaani, Mn	30
3.3.7.	Natrium, Na	31
3.3.8.	Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC, total organic carbon)	32
3.3.9.	pH	32
3.3.10.	Rauta, Fe	33
3.3.11.	Sähkönjohtavuus	34
3.3.12.	Sameus	34
3.3.13.	Sulfaatti, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	35
3.3.14.	Väri	35
4.	Radioaktiivisuus	35
4.1.	Aktiivisuus	36
4.2.	Efektiiäinen annos	36
4.3.	Radon, Rn-222	36
4.4.	Tritium, H-3	38
4.5.	Uraani, U-234 ja U-238	38
4.6.	Radium, Iyijy ja polonium, Ra-226, Ra-228, Pb-210 ja Po-210	39
4.7.	Viitteellinen annos	40

4.7.1. Viitteellisen annoksen laskeminen.....	41
5. Omavalvontaan soveltuvat muuttujat.....	44
5.1. Mikrobiologiset muuttujat.....	44
5.1.1. Hidaskasvuisten heterotrofisten bakteerien määrittäminen.....	45
5.2. Aktiivisen kloorin kokonaismäärä, Cl <sub>2</sub> .....	45
5.3. Alkaliteetti.....	46
5.4. AOX.....	47
5.5. Kalsium, Ca.....	47
5.6. Kloorifenolit.....	48
5.7. Kokonaiskovuus.....	49
5.8. Lämpötila.....	49
5.9. Magnesium, Mg.....	50
5.10. VOC (Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, volatile organic compounds).....	51
6. Veden syövyttävyyden arviointi.....	51

## 1. Enimmäisarvojen perusteet

Todennäköisin talousvedestä aiheutuva terveyshaitta syntyy silloin, kun ihmisen ja tasalämpöisten eläinten suolistoperäisiä mikrobeja (bakteerit, virukset, alkueläimet) pääsee talousveteen. Mahdollisia veden välityksellä leviäviä taudinaiheuttajia on olemassa useita kymmeniä. Koska kaikkien taudinaiheuttajien etsiminen talousvedestä ei ole mahdollista eikä järkevää, talousveden mikrobiologisten laatuvaatimusten täyttymisen valvonta perustuu suolistoperäistä saastumista osoittavien indikaattoribakteerien käyttöön. Indikaattoribakteerien esiintyminen vedessä on osoitus suolistoperäisestä saastumisesta, jolloin on olemassa riski myös taudinaiheuttajien esiintymiselle.

Suomessa kemiallisista aineista lipeä ja kaukolämpövesi ovat aiheuttaneet äkillisiä talousvesivälitteisiä epidemioita. Talousveden sisältämät kemialliset aineet eivät yleensä aiheuta nopeasti ilmeneviä laajamittaisia epidemioita vastaavalla tavalla kuin taudinaiheuttajamikrobit, mutta jatkuva, pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa terveyshaittoja. Eri aineiden päivittäinen kokonaissaanti koostuu juomaveden, ruuan ja hengitysilman mukana saatavasta kokonaismäärästä. Talousveden laatuvaatimukset on asetettu arvioidun päivittäisen kokonaissaannin perusteella siten, että päivittäinen kokonaissaanti ei ylitä terveydelle haitallista määrää pitkälläkään aikavälillä. Laskelmissa oletetaan, että ihminen juo tai saa ruuan mukana 2 l talousvettä elimistöönsä vuorokaudessa. Syöpävaarallisten aineiden osalta laatuvaatimukset perustuvat matemaattiseen riskitarkasteluun, joka on johdettu luotettavien eläinkokeiden aineistosta tai epidemiologisista tutkimuksista.

Ihmiselle turvallista talousveden laatua määriteltäessä lähtökohtana on, että talousveden käyttö tavanomaisina määrinä ei aiheuta haittaa terveydelle. Talousvedessä esiintyvien, ihmisille haitallisten aineiden, enimmäisarvot asetetaan tällä perusteella. Nämä pitoisuudet eivät kuitenkaan ole veden käsittelyn tavoittepitoisuuksia vaan talousvedessä näiden aineiden määrän tulisi olla niin vähäinen kuin on yleensä mahdollista. Talousvesiasetuksella on saatettu kansallisesti voimaan Euroopan unionin neuvoston direktiivi (98/83/EY) ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta eli juomavesidirektiivi ja Neuvoston direktiivi 2013/51/EURATOM. Näillä direktiiveillä säädetään talousvedessä esiintyvien aineiden enimmäisarvoista. Kansallisin perustein talousvesiasetukseen on lisätty enimmäisarvo uraanille. Laatuvaatimusten ja -tavoitteiden enimmäisarvot on esitetty talousvesiasetuksen liitteessä 1.

[Valviran Talousvesi – verkkosivulla](#) julkaistaan vuosittain THL:n laatima yhteenveto talousveden laadusta ja valvonnasta sellaisilla vedenjakelualueilla, joille toimitetaan talousvettä yli 1000 m<sup>3</sup> päivässä tai vähintään 5000 henkilön tarpeisiin. Yhteenvedot perustuvat viranomaisvalvonnan tuloksiin. THL on koonnut yhteenvedot valvontatutkimusten tuloksista vuosilta 2008 ja 2010 myös em. koluokkaa pienemmiltä vedenjakelualueilta.

## 2. Mikrobiologiset muuttujat

### 2.1. Laatuvaatimukset

#### 2.1.1. Enterokokit

**Laatuvaatimus: 0 pmy/100 ml, (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö), pulloissa tai säiliöissä toimitettava vesi 0 pmy/250 ml**

Enterokokit ovat osa *Streptococcus* sukua ja aiemmin niistä käytettiin nimityksiä fekaaliset streptokokit tai fekaaliset enterokokit. Vaikka sana enterokokki viittaa suolistoon, kuuluu tähän sukuun myös muissa ympäristöissä kuin suolistossa lisääntyviä lajeja. Määrittäessä pyritään saamaan esiin ne lajit, jotka ovat pääosin suolistossa lisääntyviä ja muuttujan nimenä käytetään selvyuden vuoksi tarkennettua termiä ”suolistoperäiset enterokokit”. Talousvesiasetuksessa enterokokit kuuluvat laatuvaatimukseen ja niitä on tarkkailtava jaksottaisessa seurannassa. Enterokokkien tutkimustiheyttä voidaan harventaa talousvesiasetuksen mukaisesti toteutetun riskinarvioinnin perusteella.

Suolistoperäisiä enterokokkeja ei esiinny hyvälaatuisessa ja käyttäjilleen turvalisessa talousvedessä. Laatuvaatimuksesta poikkeavia määriä suolistoperäisiä enterokokkeja voidaan havaita talousveden saastumistilanteissa, jolloin välittömät toimenpiteet ovat tarpeen esiintymisen syyn ja laajuuden selvittämiseksi sekä veden käyttäjiä uhkaavien terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat tilanteesta tiedottaminen, kehoitus veden keittämisestä, pikainen desinfioinnin käynnistäminen tai tehostaminen sekä verkoston puhdistaminen huuhtelun ja tarpeen vaatiessa tehokloorauksen (> 5 mg/l klooria) avulla.

Pulloissa tai säiliöissä toimitettavassa talousvedessä ei saa olla enterokokkeja 250 ml:ssa. Pakattuja vesiä valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Sen 10 §:n mukaan pakatun talousveden on pakkaus- ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologille laadulle asetetut vaatimukset.

Suolistoperäisten enterokokkien määrittämistä käytetään yleisesti veden suolistoperäisen saastumisen indikaattorina. Suolistoperäisiä enterokokkeja esiintyy ihmisten ja tasalämpöisten eläinten ulosteissa. Joitakin enterokokkiryhmän lajeja on tavattu myös maaperässä ja pintavesissä. Talousvesiasetuksen mukaisessa SFS-EN ISO 7899-2 määrittämenetelmässä käytetään sappi-eskuliini-atsidivarmistustestiä suolistoperäisiin enterokokkeihin kuulumattomien bakteereiden erottelun vuoksi. Suolistoperäisiä enterokokkilajeja, joita menetelmällä voidaan havaita ja laskea, ovat *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *E. durans* ja *E. hirae*.

Enterokokit säilyvät vesiympäristöissä melko hyvin ja ne myös sietävät ympäristöolosuhteiden aiheuttamaa stressiä elinkykyisinä jonkun verran paremmin kuin toinen suolistoperäisen saastumisen indikaattoribakteeri *E. coli*. Ihmisen ulosteessa enterokokkeja on yleensä vähemmän kuin *E. coli*-bakteereja. Tietävästi eläinten ulosteessa enterokokkeja on suhteessa *E. coli*-bakteereja enemmän. Suolistoperäisiä enterokokkeja esiintyy runsaasti jätevesissä sekä jätevesien tai ulosteiden saastuttamissa vesissä. Runsaat enterokokkilöydökset yhdessä *E. coli*-bakteerilöydösten kanssa viittaavat yleensä tuoreeseen, todennäköisesti jäteveden aiheuttamaan saastumiseen. Jos enterokokkeja on paljon enemmän kuin *E. coli*-bakteereja, voi kyseessä olla eläinperäinen tai jo aikaisemmin tapahtunut saastuminen.

### 2.1.2. Escherichia coli (E. coli)

**Laatuvaatimus: 0 pmy/100 ml, (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö), pulloissa tai säiliöissä toimitettava vesi 0 pmy/250 ml**

*E. coli*-bakteeri kuuluu lämpökestoisten koliformisten bakteerien ryhmään. *E. coli*-bakteeri ilmentää tuoretta suolistoperäistä saastumista ja on peräisin lähes yksinomaan ihmisten tai tasalämpöisten eläinten ulosteesta. Laatuvaatimus edellyttää, että talousvedessä ei ole *E. coli*-bakteereita 100 ml:ssa. Talousvesiasetuksessa *E. coli* kuuluu laatuvaatimukseen ja sitä on seurattava jatkuvassa valvonnassa. *E. coli*-bakteerin tutkimustiheyttä ei voida harventaa toteutetun riskinarvioinnin perusteella.

Pulloissa tai säiliöissä toimitettavassa talousvedessä ei saa esiintyä *E. coli*-bakteereja 250 ml:ssa. Pakattuja vesiä valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Sen 10 §:n mukaan pakatun talousveden on pakkaushetkellä ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologiselle laadulle asetetut vaatimukset.

*E. coli*-bakteeria käytetään laajalti vesiympäristöjen ja talousveden suolistoperäisen saastumisen osoittajana, vaikka se on enterisiä viruksia ja alkueläimiä herkempi ympäristöolosuhteiden aiheuttamalle stressille ja desinfioinnille.

Talousvedessä *E. coli* -bakteeria on ainoastaan saastumistilanteissa, jolloin välittömät toimenpiteet ovat tarpeen esiintymisen syyn ja laajuuden selvittämiseksi sekä veden käyttäjiä uhkaavien terveyshaittojen ehkäisemiseksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat tilanteesta tiedottaminen, kehoitus veden keittämisestä, pikainen desinfioinnin käynnistäminen tai tehostaminen sekä verkoston puhdistaminen huuhtelun ja tarpeen vaatiessa tehokloorauksen (> 5 mg/l klooria) avulla.

*E. coli* -bakteeria pidetään parhaana käytettävissä olevana suolistoperäisen saastumisen indikaattorimikrobina eikä *E. coli* -bakteeri nykytietämyksen mukaan merkittävässä määrin lisääntynyt muissa ympäristöissä kuin suolistossa. Sen sijaan muut koliformiset bakteerit (esim. *Citrobacter*-, *Klebsiella*- tai *Enterobacter*-sukujen edustajat) saattavat lisääntyä ympäristössä, kuten esim. maaperässä, pintavesissä sekä teollisuuden ja asutuksen jätevesissä. Tämän takia terveystarpeiden ilmentämiseksi *E. coli* -bakteerin tunnistus ja erottelu muista koliformisista bakteereista on tärkeää. Ajantasaisilla  $\beta$ -D-glukuronidaasi-reaktion (MUG) perustuvilla standardimenetelmillä SFS-EN ISO 9308-1 ja SFS-EN ISO 9308-2 lajintunnistus voidaan tehdä nopeasti ja luotettavasti ilman lisävarmistustestejä. Sen sijaan menetelmää SFS 3016 käytettäessä on erikseen testattava ennen *E. coli* -bakteerituloksen varmistumista, tuottaako bakteeri tryptofaanista indolia 44,5 °C lämpötilassa.

Jotkut *E. coli* -bakteerit voivat itsekin toimia suolistoinfektioiden taudinaiheuttajina ja eri maissa on raportoitu enterohemorragiseen *E. coli* -bakteeriin (EHEC O157:H7) liittyneitä talousvesivälitteisiä epidemioita.

### **2.1.3. Pesäkkeiden lukumäärä (heterotrofinen pesäkeluku 22 °C ja 37 °C)**

**Laatuvaatimus: pulloissa tai säiliöissä toimitettava vesi 22 °C 100 pmy/ml ja 37 °C 20 pmy/ml**

Pesäkkeiden lukumäärän (heterotrofisen pesäkeluvun) määrittämisessä arvioidaan vedessä olevien elävien aerobisten, heterotrofisten bakteerien sekä hiivojen ja homeiden lukumäärä. Menetelmällä ei saada esille kaikkia vedessä olevia mikrobeja, vaan tietyllä yleisalustalla tietyissä viljelyolosuhteissa pesäkkeitä muodostavien mikrobien määrä. Talousvesiasetuksen laatuvaatimuksena oleva pesäkkeiden lukumäärä on määritettävä pulloissa ja säiliöissä toimitettavasta vedestä standardin SFS-EN ISO 6222 mukaisesti (tryptoni-hiivauute agar) kahdessa eri lämpötilassa: 22 ± 2 ja 36 ± 2 °C.

Pakattu vesiä valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Sen 10 §:n mukaan pakatun talousveden on pakkaushetkellä ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologiselle laadulle asetetut vaatimukset lukuun ottamatta markkinoinnin



aikaista kokonaispesäkelukua, jolle on annettu asetuksessa (166/2010) ohjearvoksi 50 000 pmy/ml.

#### **2.1.4. Pseudomonas aeruginosa, (P. aeruginosa)**

##### **Laatuvaatimus: pulloissa tai säiliöissä toimitettava vesi 0 pmy/250 ml**

*Pseudomonas aeruginosa* on ympäristön bakteeri, joka pystyy kasvamaan vedessä ja voi aiheuttaa iho-, haava-, korva-, silmä-, virtsatie-, suolisto- ja hengitystieinfektioita lähinnä vastustuskyvyltään heikentyneille ihmisille. Pulloissa tai säiliöissä toimitettavassa talousvedessä ei saa olla *Pseudomonas aeruginosa* -bakteereja 250 ml:ssa. Talousvesiasetuksen mukaisessa SFS-EN ISO 16266 määritysmenetyksessä käytetään setrimidiä sisältävää kasvualustaa ja varmistustestejä *Pseudomonas aeruginosa* -bakteereiden havaitsemiseksi.

Pakattuja vesiä valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Sen 10 §:n mukaan pakatun talousveden on pakkaushetkellä ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologiselle laadulle asetetut vaatimukset.

## **2.2. Laatuvaatimukset**

### **2.2.1. Clostridium perfringens**

#### **Laatuvaatimus: 0 pmy/100 ml (mukaanlukien itiöt), (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö)**

*Clostridium perfringens* -bakteeri kuuluu sulfiitteja pelkistävien klostridien ryhmään. *C. perfringens* -bakteerin esiintymistä vedessä pidetään merkinä suolistoperäisestä saastumisesta, sillä sitä on ihmisten ja tasalämpöisten eläinten suolistossa ja ulosteissa yleisesti, vaikkakin pienempinä lukumäärinä kuin *E. coli* -bakteeria ja suolistoperäisiä enterokokkeja. *C. perfringens* on anaerobinen bakteeri, joka kesto muodossaan esiintyy itiöinä. Bakteerin itiöt ovat kooltaan melko pieniä, kestävät hyvin desinfiointia ja saattavat säilyä pitkiäkin aikoja vedessä. Itiöt voivat säilyä vedessä ja maaperässä jopa huomattavasti kauemmin kuin osa varsinaisista taudinaiheuttajista.

*C. perfringens* -bakteeria on tutkittava jaksottaisen seurannan viranomaisvalvonnassa silloin, kun talousveden lähteenä käytettävä raakavesi on pintavettä tai pintavesi voi vaikuttaa pohjaveden laatuun. Tekopohjaveden muodostaminen on tulkittu vedeksi, johon pintavesi vaikuttaa. Rantaimetyymistä pidetään yhtenä tekopohjaveden muodostamistapana. Talousvesiasetuksen mukaan *C. perfringens* -bakteeria tai sen itiöitä ei saa esiintyä 100 ml:n näytteessä.

Määrityksen tavoitteena on varmistaa talousveden puhdistus- ja desinfiointikäsitteilyjen riittävä tehokkuus. Tämän vuoksi *C. perfringens* voidaan määrittää vaatimusten täyttymiskohdan sijasta vedenkäsittelylaitokselta lähtevästä vedestä tai vedenjakeluverkostosta. *C. perfringens* -bakteerin tutkimustiheyttä voidaan harventaa talousvesiasetuksen mukaisesti toteutetun riskinarvioinnin perusteella.

*C. perfringens* -bakteerin esiintyminen talousvedessä aiheuttaa välittömästi lisäselvityksen esiintymisen syyn selvittämiseksi ja poistamiseksi esimerkiksi verkostoa huuhtelemalla ja/tai desinfioimalla, tarpeen vaatiessa tehokloorauksen (> 5 mg/l klooria) avulla. Vedenkäsittelyprosessien tehostamista on harkittava, jos talousvedessä havaitaan *C. perfringens* -bakteeria.

*C. perfringens* -bakteerin määrittämisessä käytetään standardimenetelmää SFS-EN ISO 14189. Menetelmässä määritetään yhtä aikaa ilman vesinäytteen kuumakäsittelyä sekä vegetatiiviset solut että itiöt. Alustavat *C. perfringens* -pesäkkeet varmistetaan hapan-fosfataasitestillä.

### 2.2.2. Koliformiset bakteerit

**Laatutavoite: 0 pmy/100 ml, (pmy = pesäkettä muodostava yksikkö), pulloissa tai säiliöissä toimitettava vesi 0 pmy/250 ml**

Koliformisilla bakteereilla tarkoitetaan fakultatiivisesti anaerobisia, gram-negatiivisia, oksidaasi-negatiivisia, itiöitä muodostamattomia sauvabakteereita, joista käytetään joskus termiä ”kolimuotoiset bakteerit”. Koliformisten bakteereiden ryhmään sisältyvät bakteerilajit ovat riippuvaisia käytettävästä määrittämenetelmästä, joista ajantasaisten SFS-EN ISO 9308-1 ja SFS-EN ISO 9308-2 standardimenetelmien erottelu perustuu  $\beta$ -galaktosidaasireaktioon (ONPG), kun taas vaihtoehtoisena menetelmänä hyväksytyssä SFS 3016 menetelmässä erottelu perustuu hapon ja kaasun tuottoon laktoosista. Yleisimpinä koliformisina bakteereina voidaan mainita *Escherichia*-, *Citrobacter*-, *Enterobacter*-, *Klebsiella*-, *Serratia*-, ja *Rahnella* -sukujen lajit. Koliformisten bakteereiden määrittäystä käytetään yleisesti talousveden mikrobiologisen laadun testaamisessa.

Koliformiset bakteerit, *E. coli* -bakteeria lukuun ottamatta, saattavat olla peräisin muualtakin kuin ihmisten ja tasalämpöisten eläinten ulosteista kuten esimerkiksi kasveista, maasta tai teollisuusjätevesistä. Tämän vuoksi koliformisten bakteerien esiintymistä ei voida pitää suolistoperäisen saastumisen osoituksena. Koliformisten bakteerien esiintyminen ilmentää veden yleistä mikrobiologista laatua ja voi olla osoitus esimerkiksi ympäristöperäisestä likaantumuksesta tai veden huonosta vaihtuvuudesta.

Hyvässä talousvedessä ei ole osoitettavissa koliformisia bakteereita 100 ml:n näytteissä. Jos talousvedessä todetaan koliformisia bakteereita, syynä voi olla riittämätön vedenkäsittely, vedenottamalla tai verkostossa tapahtunut saastuminen esimerkiksi pintavesivalumiin seurauksena tai bakteereiden lisääntyminen verkostossa ja vesisäiliöissä.

Talousvesiasetuksessa koliformisille bakteereille on asetettu laatutavoite ja niitä on seurattava jatkuvassa valvonnassa. Koliformisten bakteerien tutkimustiheyttä ei voida harventaa toteutetun riskinarvioinnin perusteella. Koliformisten bakteerien esiintyminen talousvedessä aiheuttaa välittömästi lisäselvityksen esiintymisen syyn selvittämiseksi ja poistamiseksi esimerkiksi verkostoa huuhtelemalla ja/tai desinfioimalla. Vesilaitoksen on harkittava vedenkäsittelyn tehostamista, jos koliformisia bakteereja esiintyy talousvedessä toistuvasti.

Pulloissa tai säiliöissä toimitettavassa talousvedessä ei saa olla koliformisia bakteereita 250 ml:ssa. Pakattuja vesiä valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Sen 10 §:n mukaan pakatun talousveden on pakkaushetkellä ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologiselle laadulle asetetut vaatimukset.

### **2.2.3. Pesäkkeiden lukumäärä (heterotrofinen pesäkeluku 22 °C)**

#### **Laatutavoite: Ei epätavallisia muutoksia**

Pesäkkeiden lukumäärän (heterotrofisen pesäkeluvun) määrittämisessä arvioidaan vedessä olevien elävien aerobisten, heterotrofisten bakteereiden sekä hiivojen ja homeiden lukumäärä. Määrittämällä talousvedestä pesäkkeiden lukumäärä voidaan tarkkailla vesilaitoksen toimintaa kuten esimerkiksi desinfioinnin tehokkuutta ja veden laadun muuttumista vesijohtoverkossa. Menetelmällä ei saada esille kaikkia vedessä olevia mikrobeja, vaan tietyllä yleisalustalla tietyissä viljelyolosuhteissa (22 °C) pesäkkeitä muodostavien mikrobien määrä. Tämä mikrobimäärä on vain murto-osa veden todellisesta kokonaismikrobimäärästä.

Pesäkkeiden lukumäärälle on asetettu laatutavoite, jonka mukaan talousveden pesäkeluvussa ei saa olla havaittavissa epätavallisia muutoksia. Pesäkelukua on seurattava jatkuvassa valvonnassa. Tutkimustiheyttä voidaan harventaa talousvesiasetuksen mukaisesti toteutetun riskinarvioinnin perusteella.

Pesäkelukuun vaikuttavat muun muassa raakaveden laatu, mikrobeille käyttökelpoisten ravinteiden määrä (mm. fosfori, orgaaninen aines), vedenkäsittely, verkoston rakenne ja kunto, desinfiointiaineiden määrä, veden lämpötila ja viipymä. Pesäkkeiden lukumäärä talousvedessä standardin SFS-EN ISO 6222

mukaisesti määritettynä (tryptoni-hiivauute agarilla 22 °C:ssa) pysyy tavallisesti kussakin näytepisteessä sille ominaisella tasolla. Jos pesäkeluvussa havaitaan epätavallinen muutos verrattuna aikaisempiin tuloksiin, on selvitettävä tarkemmin jakeluverkoston tilannetta ja tarvittaessa huuhdeltava verkostoa sekä mahdollisesti lisättävä desinfiointiaineen pitoisuutta vedessä. Omavalvonnassa pesäkeluku määritetään usein kasvattamalla mikrobit R2A-alustalla (ks. kappale 5.1.1.).

### 3. Kemialliset muuttajat

Talousvesiasetuksen liitteessä I esitetyt kemialliset laatuvaatimukset noudattavat juomavesidirektiivissä esitettyjä laatuvaatimuksia. Juomavesidirektiivi mahdollistaa lisävaatimusten antamisen sellaisille kansallisesti merkittävälle vedenlaatumuuttujille, joilla on merkitystä ihmisten terveydelle. Talousvesiasetuksessa on asetettu kansallinen laatuvaatimus uraanille. Riskinarvioinnin perusteella mitä tahansa tarpeellisia muuttujia terveystaitan ennaltaehkäisemiseksi voidaan lisätä viranomaisvalvontaan tai omavalvontaan.

Juomavesidirektiivin kemiallisten aineiden terveystaiten enimmäispitoisuuksien lähtökohtana on käytetty [WHO:n enimmäissuosituspitoisuuksia juomavedelle](#). Syöpävaarallisten aineiden suhteen on sovellettu hyväksyttävän riskin tasoa 10-6 (yhden syöpätapauksen lisäys miljoonaa ihmistä kohti 70 vuoden aikana), kun yleensä WHO:n enimmäispitoisuussuositukset perustuvat riskitasoon 10-5. Desinfiointin sivutuotteiden kohdalla on päädytty näiden riskitasojen väliltä oleviin enimmäispitoisuussuosituksiin, jotta ei vaarannettaisi desinfiointin riittävyttä. Myös joidenkin muiden kuin syöpävaarallisten aineiden enimmäisarvot ovat tiukemmat kuin WHO:n enimmäissuosituspitoisuudet, koska veden osuudeksi suurimmasta hyväksyttävästä päiväsaannista on valittu pienempi määrä.

Allergisten oireiden esiintyminen on otettu huomioon WHO:n talousveden aiheuttamien terveydellisten haittojen arvioinnissa ensimmäisen kerran vuonna 1993. Silloin asetettiin nikkeliille enimmäissuosituspitoisuus, joka perustuu nikkelin allergisoivaan ominaisuuteen.

#### 3.1. Selvittämismahdollisuudet

1 milligramma litrassa (mg/l)	= 0,001 g/l
1 mikrogramma litrassa (µg/l)	= 0,000001 g/l
1 nanogramma litrassa (ng/l)	= 0,000000001 g/l
1 pikogramma (pg)	= 0,000000000001 g/l
1m <sup>3</sup> /h	= 1000 l/h
1 l/h	= 16,7 ml/min
1 %	= 10 000 ppm (miljoonasosa)
ppm (massasta)	= 1 mg/kg

## 3.2. Laatuvaatimukset

### 3.2.1. Akryyliamidi

Akryyliamidi esiintyy epäpuhtautena muun muassa polyakryyliamidipohjaisissa flokkauksen apuaineissa (polymeereissä). Sitä voi joutua talousveteen myös muun muassa polyakryyliamidia sisältävistä injektointimassoista. Akryyliamidi liukenee hyvin veteen. Ympäristöön joutuessaan se on altis biologiselle hajoiselle eikä siten merkittävästi biokonsentroidu.

Kansainvälisen syöväntutkimuslaitoksen (IARC) arvion mukaan akryyliamidi on mahdollisesti karsinogeeninen ihmisille.

Talousvedelle asetettu enimmäisarvo 0,10 µg/l lasketaan polymeerin an-nostelumäärän perusteella tuntemalla polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmäislään irtoava tai liukeneva akryyliamidimäärä. Jos akryyliamidipitoisuus mitataan vedestä, enimmäisarvona pidetään WHO:n terveysperusteista enimmäispitoisuussuositusta, joka on akryyliamidille 0,50 µg/l.

### 3.2.2. Antimoni, Sb

Antimonia esiintyy luonnonvesissä yleensä hyvin vähäisiä määriä. Talousveteen sitä saattaa joutua kiinteistöjen putkistojen juotosaineena käytetystä antimonitina seoksesta. Havaitut pitoisuudet talousvedessä ovat olleet yleensä alle 4 µg/l.

Antimonin aiheuttamat terveysvaikutukset ovat epäselvät. Eläinkokeiden perusteella antimonin terveysperusteiseksi enimmäisarvoksi on asetettu 5,0 µg/l. Terveydelle haitallinen altistuminen talousveden kautta on epätodennäköistä.

### 3.2.3. Arseeni, As

Arseenin pitoisuus talousvedessä on Suomessa yleensä selvästi alle 1 µg/l. Tosin tiettyjen geologisten alueiden porakaivovesissä on todettu jopa 100 – 2000 µg/l:n arseenipitoisuuksia. Riskialueista on olemassa tietoa muun muassa Geologian tutkimuskeskuksessa.

Monet arseeniyhdisteet ovat epäorgaanisia ja vesiliukoisia. Luonnosta peräisin olevan arseenin lisäksi arseenia voi joutua vesiin myös eräistä puunkyllästysaineista, jalostettaessa kuparia sulfidimalmeista sekä fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksena. Arseenin poistamiseksi on viime vuosina kehitelty kiinteistökohtaisia vedenkäsittelylaitteita.

Arseeni on karsinogeeninen aine. Pitkäaikainen arseenialtistuminen lisää todennäköisyyttä sairastua virtsarakon syöpään. Arseeni aiheuttaa myös iho-, maksa- ja keuhkosityöpää. Arseeni vaikuttaa haitallisesti myös verisuonistoon, aiheuttaa pigmenttimuutoksia ihosta ja on perifeerisille hermoille neurotoksista.

Arseenin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedelle on 10 µg/l.

#### **3.2.4. Bentseeni**

Bentseeni on karsinogeeni, jota käytetään teollisuudessa liuottimena ja raaka-aineena. Bentseeniä on myös polttoaineissa (benssiinissä). Bentseeni on erittäin haihtuva yhdiste, jota kulkeutuu muun muassa polttoaineen tankkauksessa hengityksen välityksellä ihmiskehoon. Maaperässä bentseeni hajoaa biologisesti ainoastaan aerobisissa olosuhteissa. Se osa bentseenistä, joka ei ehdi haihtumaan, kulkeutuu maaperässä nopeasti ja saattaa siten saastuttaa pohjaveden. Bentseeniä voi joutua veteen erilaisten polttoaine- ja kemikaalivuotojen seurauksena sekä jossain määrin myös ilmalaskeumana.

Bentseenin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 1 µg/l.

#### **3.2.5. Bentso(a)pyreeni**

Bentso(a)pyreeniä on käsitelty kappaleessa 3.2.20 polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen yhteydessä.

#### **3.2.6. Boori, B**

Boori esiintyy mineraalikerrostumissa ja luonnonvesissä natrium- ja kalsiumbooraattina. Booria käytetään eräissä pesuaineissa ja teollisuusprosesseissa, minkä seurauksena raakaveteen voi joutua booria teollisuuden ja kotitalouksien jätevesien mukana. Raakavesien booripitoisuuksista on vain vähän tietoa, mutta pitoisuudet useimmissa tutkimuksissa ovat olleet alle 0,03 mg/l.

Boori aiheuttaa suurina annoksina ja pitkäaikaisena altistumisena ruuansulatuskanavan häiriöitä. Ihminen saa normaalin ruokavalion mukana noin 1 - 5 mg booria päivässä.

Boorin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedelle on 1,0 mg/l.

#### **3.2.7. Bromaatti**

Luonnontilaisissa vesissä ei esiinny bromaattia. Talousveteen sitä voi muodostua bromidipitoisia vesiä otsonoitaessa. Otsonoinnissa syntyvä bromaattimäärä

riippuu useista tekijöistä kuten esimerkiksi veden bromidipitoisuudesta, orgaanisen aineksen määrästä, pH:sta ja otsoniannoksesta. Alhainen orgaanisen aineksen määrä ja korkea pH suosivat bromaatin muodostumista. Bromaatin muodostumisriski on otettava huomioon suunniteltaessa etenkin pohjavesien otsonointia, sillä pohjavesien luonnostaan alhainen orgaanisen aineksen määrä lisää muodostumisriskiä. UV-desinfiointissa ei muodostu bromaattia.

Bromaattia voi muodostua hypokloriittia valmistettaessa, jos raaka-aineissa on bromidia ja olosuhteet, kuten pH, ovat optimaaliset bromaatin muodostumiselle.

Bromaattia epäillään karsinogeeniseksi. WHO:n mukaan riskitasoa 10<sup>-5</sup> (yksi ylimääräinen syöpä sadantuhannen käyttäjän elinikäisessä altistumisessa) vastaava tilapäinen enimmäisarvo on 2,0 µg/l. Koska otsonoinnin hyödyt veden laadulle on katsottu kokonaisuutena suuremmiksi kuin bromaatin muodostumisesta aiheutuvat mahdolliset terveyshaitat, bromaatin terveysperusteiseksi enimmäisarvoksi on kuitenkin asetettu 10 µg/l.

### **3.2.8. 1,2-dikloorietaani**

1,2-dikloorietaania käytetään kemian teollisuudessa raaka-aineena muun muassa vinyylidikloridin valmistuksessa sekä liuottavien ominaisuuksiensa vuoksi puhdistusaineena. 1,2-dikloorietaani on helposti haihtuva ja maahan joutessaan liukenee nopeasti pohjaveteen, jossa sen pitoisuus muuttuu hyvin hitaasti.

1,2-dikloorietaania epäillään ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (IARC 2B). 1,2-dikloorietaanille asetettu enimmäisarvo on 3,0 µg/l. Se vastaa riskitasoa 10<sup>-6</sup> (yksi ylimääräinen syöpä miljoonan käyttäjän elinikäisessä altistumisessa).

### **3.2.9. Elohopea, Hg**

Elohopea on erittäin myrkyllinen raskasmetalli. Luonnonvesissä elohopea on pääasiassa epäorgaanisessa muodossa. Mikrobit voivat muuttaa epäorgaanisen elohopean metyylielohopeaksi, joka rikastuu ravintoketjussa muun muassa kaloihin. Vesiin elohopea voi joutua teollisuuden ilma- ja jätevesipäästöistä, fossiilisten polttoaineiden käytöstä, kaivostoiminnasta ja kaatopaikoilta. Elohopeaa voi tulla myös esimerkiksi tulivuoritoiminnan vaikutuksesta ilman kautta tapahtuvan kaukolaskeuman seurauksena. Ilman kautta leviämisen vuoksi elohopeaa on saastumattomissa luonnonvesissäkin. Maaperän kosteus sekä otolliset hapetus/pelkistysolosuhteet vaikuttavat elohopean huuhtoutumiseen maaperästä. Sekä epäorgaaninen elohopea että orgaaninen metyylielohopea kulkeutuvat orgaaniseen hiileen kiinnittyneinä, joka voi kiihtyä muun muassa ojituksen,



avohakkuun ja vedenpinnankorkeuden säännöstelyn seurauksena. Erityisen suuria huuhtoutumia on mitattu suovaltaisilta valuma-alueilta.

Veden epäorgaanisesta elohopeasta imeytyy elimistöön 15 % tai vähemmän. Epäorgaanisen elohopean haittavaikutukset kohdistuvat erityisesti munuaisiin.

Talous- ja pohjaveden elohopeapitoisuus Suomessa on suuruusluokaltaan pienempi kuin elohopean määritysraja (alle 0,2 µg/l). Näyte otetaan käyttäjän vesihanasta siten, että pitoisuus vastaa viikoittaista keskiarvoa.

Elohopean terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 1,0 µg/l.

### **3.2.10. Epikloorihydriini**

Epikloorihydriiniä käytetään muun muassa epoksihartsien, elastomeerien ja glyseriinin valmistuksen raaka-aineena. Vedenjakelujärjestelmästä epikloorihydriiniä saattaa kulkeutua talousveteen erilaisista apukoagulanteista, epoksinnoitteista ja ioninvaihtomassoista. Epikloorihydriinin puoliintumisaika ympäristössä on pH:sta riippuen muutaman päivän. Epikloorihydriinin esiintymistä talousvedessä hallitaan materiaalivalinnoilla.

Epikloorihydriini imeytyy elimistöön suun, ihon ja hengitysteiden kautta. Se on paikallisesti ärsyttävää. Epikloorihydriini on luokiteltu ihmiselle todennäköisesti karsinogeeniseksi aineeksi (IARC 2A).

Talousvedelle asetettu enimmäisarvo 0,10 µg/l lasketaan arvioidun polymeerimäärän perusteella tuntemalla polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmäislään irtoava tai liukeneva epikloorihydriinin määrä. Jos epikloorihydriinipitoisuus mitataan vedestä, enimmäisarvona pidetään WHO:n terveysperusteista enimmäispitoisuussuosituksista, joka on epikloorihydriinille 0,40 µg/l.

### **3.2.11. Fluoridi, F<sup>-</sup>**

Suomen pohja- ja pintavesissä esiintyy fluorideja yleensä niukasti lukuun ottamatta rapakivialueita (esim. Kymenlaakso), joilla pohjaveden fluoridipitoisuus voi olla useita milligrammoja litrassa. Kohonneita fluoridipitoisuuksia voi olla myös rapakivialueiden ulkopuolella porakaivovesissä.

Fluoridia pidetään ihmiselle välttämättömänä hivenaineena. Pienet pitoisuudet vähentävät hammaskariesta. Liiallinen fluoridin saanti aiheuttaa hammaskiilteen kehityshäiriön, hammasfluoroosin. Tämä on todettavissa, kun juomaveden fluoridipitoisuus hampaiden muodostumisaikana ylittää 1,5 mg/l. Erityisen tärkeätä on, että imeväisikäisten lasten ja odottavien äitien juomaveden fluoridipitoisuus

on pienempi kuin 1,5 mg/l. Runsas fluoridinsaanti aiheuttaa muutoksia myös hohkaluun rakenteessa lisäten luun murtumisherkkyyttä (luu on liian kovaa). Liiallisen fluoridin saannin on todettu lisäävän lonkkamurtumien riskiä vanhalla iällä. Vettä, jonka fluoridipitoisuus on yli 2 mg/l, ei pidä käyttää pysyvästi juomavetenä eikä ruoanlaittoon.

Fluoridin poisto vedestä on teknisesti mahdollista, joskin suhteellisen kallista. Käytännössä usein paras keino vähentää fluoridin saantia talousvedestä on korvata osa vedestä vähän fluoridia sisältävällä vedellä. Myös kiinteistökohtaisia fluoridinpoistolaitteita on olemassa.

Edellä kuvattujen terveysvaikutusten vuoksi talousveden fluoridipitoisuuden terveysperusteinen enimmäisarvo on 1,5 mg/l.

### **3.2.12. Kadmium, Cd**

Luonnontilaisissa vesistöissä kadmiumpitoisuus on yleensä alle 1 µg/l. Suomessa vesijohtoveden kadmiumpitoisuus on keskimäärin alle 0,05 µg/l (alle määräysrajan). Kadmiumia voi joutua vesiin yhdyskunta- ja teollisuusjätevesistä, laskeumasta, lannoitteista tai ohjeiden vastaisesti maanparannukseen käytettävästä jätevesilietteestä sekä metallisista vesikalusteista. Joillakin sinkkimalmialueilla on todettu kohonneita kadmiumpitoisuuksia pohjavesissä. Paikallisesti kohonneita pitoisuuksia on havaittu myös malminjalostusteollisuuden pölypäästöjen seurauksena. Joskus kadmiumin esiintyminen analyysituloksissa saattaa olla peräisin esim. näytteenottovälineiden väriaineista.

Kadmium on elimistöön kertyvä myrkyllinen raskasmetalli. Kadmium rikastuu iän myötä munuaisiin ja sen biologinen puoliintumisaika ihmisen elimistössä on pitkä, 10 - 35 vuotta. Pitkäaikaisaltistuksen vaikutukset kohdistuvat erityisesti munuaisiin, jossa kadmium vaikuttaa haitallisesti munuaisten eritystoimintaan. Pahimmillaan kadmium voi aiheuttaa pysyvän munuaisvaurion. Lisäksi se haurastuttaa luustoa.

Kadmium on luokiteltu ihmiselle todennäköisesti karsinogeeniseksi aineeksi hengitettynä (IARC 2A), mutta suun kautta saatuna sitä ei pidetä karsinogeenisena.

Kadmiumin terveysperusteinen enimmäisarvo on 5,0 µg/l.

### **3.2.13. Kromi, Cr**

Luonnontilaisessa pohjavedessä kromia on erittäin vähän. Kromiyhdisteitä saattaa joutua vesiin muun muassa metalli-, nahka- ja lasiteollisuuden jätevesistä.

Vesijohtoveteen kromia voi liueta kiinteistöjen vesikalusteisiin käytetyistä metalliseoksista tai joistakin vedenkäsittelykemikaaleista.

Kolmiarvoinen kromi on välttämätön ihmiselle. Kuusiarvoinen kromi on sen sijaan karsinogeeninen ja mutageeninen. Se on luokiteltu hengitettynä ihmiselle karsinogeeniseksi (IARC Group 1). Jos vesi desinfioidaan, on kaikki kromi yleensä kuusiarvoisena kromina. Kuusiarvoinen kromi muuttuu mahassa kolmiarvoiseksi ja kromia ei luokitella suun kautta saatuna karsinogeeniseksi. Muusta kuin työperäisestä kromialtistuksesta ei ole osoitettu aiheutuneen terveydellistä haittaa ihmiselle.

Kromin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 50 µg /l.

### **3.2.14. Kupari, Cu**

Kupari on välttämätön hivenaine, jonka keskimääräinen saanti ravinnosta on arviolta 1-3 mg päivässä. Talousveden kupari on pääosin peräisin kiinteistön vedenjakelulaitteiden ja -kalusteiden materiaaleista, joiden valinta on kiinteistön omistajan vastuulla. Vesijohtossa seisoneessa vedessä voi olla kuparia muutamia milligrammoja litrassa, mutta pitoisuus vähenee nopeasti vettä juokсутettaessa. Siksi vesijohtovettä kannattaa juokсутtaa hetki ennen nautittavaksi tarkoitetun veden ottamista. Käyttövetä eli lämmintä vesijohtovettä ei pidä käyttää juomavetenä eikä ruuanlaittoon, sillä suuret kuparipitoisuudet ovat yleisiä käyttövedessä.

Kupari aiheuttaa veteen karvasta makua. Se muodostaa saniteettikalusteisiin vihertäviä tahroja ja kuparipitoisella vedellä pesu voi muuttaa hiukset vihertäviksi. Kupari lisää alumiinia ja sinkkiä sisältävien laitteiden ja kalusteiden korroosiota.

Hyvin kuparipitoinen vesi saattaa juotuna ärsyttää mahaa ja aiheuttaa äkillistä pahoinvointia. Oireita saattaa alkaa ilmetä, kun veden kuparipitoisuus ylittää 2 mg/l.

Viranomaisvalvonnassa tutkitaan kiinteistön verkoston veden kuparipitoisuutta, sillä 1 litran vesinäytteen ottaminen alkaa, kun talousvettä on valutettu 2-5 sekuntia. Toimitetun talousveden kuparipitoisuus saadaan tutkittua, jos talousvettä juokсутetaan ennen näytteenottoa niin kauan, että veden lämpötila on vakiintunut.

Kuparin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 2,0 mg/l.

### 3.2.15. Lyijy, Pb

Lyijy on elimistöön kertyvä myrkyllinen raskasmetalli, joka voi aiheuttaa haitallisia vaikutuksia muun muassa hermostoon ja luustoon. Lyijy on erityisen haitallista lapsille, joille se aiheuttaa oppimis- ja käyttäytymishäiriöitä. Altistumisesta riippuen se saattaa vaikuttaa haitallisesti myös älykkyydosamäärään. Lasten osalta lyijylle ei tiedetä olevan haitatonta altistumistasoa. Haitallisuus lisääntyy veren lyijypitoisuuden kasvaessa. Yli 70 % ihmisen lyijyaltistuksesta tulee ruuasta. Suomalaisten keskimääräiseksi lyijyannokseksi on arvioitu 0,066 mg/vrk. Juomaveden osuuden kokonaissaannista on arvioitu olevan alle 10 %.

Vesilaitosten raakavesinä käytettyjen pintavesien lyijypitoisuuden on todettu olevan yleensä alle määritysrajan 0,5 µg/l ja pohjavesien alle 0,5 - 4 µg/l. Lyijyä saattaa joutua raakaveteen teollisuuden saastutuksen seurauksena. Talousvedeen lyijyä saattaa liueta jakelulaitteiden materiaaleista, jos niissä on käytetty lyijyä sisältäviä metalliseoksia. Useimmista Euroopan maista poiketen Suomessa talousveden lyijypitoisuudet ovat yleensä erittäin pieniä. Muutamissa kaivo- ja vesijohtovesissä on löytynyt 50 µg/l ylittäviä pitoisuuksia.

Viranomaisvalvonnassa tutkitaan kiinteistön verkoston veden lyijypitoisuutta, sillä 1 litran vesinäytteen ottaminen alkaa, kun talousvettä on valutettu 2-5 sekuntia. Toimitetun talousveden lyijypitoisuus saadaan tutkittua, jos talousvettä juoksetaan ennen näytteenottoa niin kauan, että veden lämpötila on vakiintunut.

Lyijyn terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 10 µg/l.

### 3.2.16. Nikkeli, Ni

Nikkeliä on raakavedessä yleensä niukasti. Sitä voi kuitenkin olla pohja- ja porakaivovesissä enimmäisarvoa (20 µg/l) suurempina pitoisuuksina alueilla, joilla maaperässä on nikkelpitoisia mineraaleja. Nikkeliä saattaa joutua vesiin myös teollisuusjätevesien mukana tai sitä voi liueta nikkeliä sisältävistä kiinteistöjen vesikalusteista.

Nikkeli on välttämätön hivenaine. Sen imeytyminen ruuansulatuskanavasta on vähäistä. Nikkeli ei ole suun kautta saatuna kovin haitallista. Nikkeli on erittäin yleinen ihoallergiaoireiden aiheuttaja (napit, vyönsoljet, rihkamakorut), mutta talousvedessä esiintyvänä pitoisuuksina se ei aiheuta nikkelille herkistyneillekään allergiaa ihokosketuksesta. Hengitettynä nikkeliyhdisteet on luokiteltu ihmisille karsinogeenisiksi (IARC Group 1), mutta suun kautta saatuna nikkeliä ei pidetä karsinogeenisena.

Viranomaisvalvonnassa tutkitaan kiinteistön verkoston veden nikkelpitoisuutta, sillä 1 litran vesinäytteen ottaminen alkaa, kun talousvettä on valutettu 2-5 sekuntia. Toimitetun talousveden nikkelpitoisuus saadaan tutkittua, jos talousvettä juoksetetaan ennen näytteenottoa niin kauan, että veden lämpötila on vakiintunut.

Nikkelin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 20 µg/l.

### **3.2.17. Nitraatti, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

Nitraattia voi joutua raakavesiin lannoitteista sekä typpeä sisältävien aineiden hajoamisen ja hapettumisen seurauksena. Suomessa raakavetenä käytetyn pinta- ja pohjaveden nitraattipitoisuus on yleensä alle 5 mg/l. Vain joillakin pienehköillä pohjavesilaitoksilla veden nitraattipitoisuus on 20 - 30 mg/l. Haja-asutusalueen yksittäisissä talousvesikaivoissa on todettu satunnaisesti 30 - 100 mg/l nitraattipitoisuuksia. Muualla Euroopassa suuremmat kuin 50 mg/l pitoisuudet ovat yleisiä.

Nitraatin aiheuttamat terveysriskit kohdistuvat imeväisikäisiin lapsiin, joilla nitraatista muodostuva nitriitti voi aiheuttaa häiriöitä veren punasolujen happiainenvaihduntaan, ns. methemoglobinemian. On myös epäilty, että ruuansulatuselimistössä muodostuva nitriitti voisi muodostaa N-nitroso-yhdisteitä, joiden otaksutaan aiheuttavan mahalaukun ja virtsarakon syöpää.

Nitraatin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 50 mg/l (NO<sub>3</sub>-N 11,0 mg/l). Typpenä ilmoitetun nitraattipitoisuuden saa muutettua nitraattipitoisuudeksi kertoimella 4,427.

### **3.2.18. Nitriitti, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**

Nitriittiä muodostuu typpiyhdisteiden (mm. ammoniumin) epätäydellisen hapettumisen seurauksena. Sen esiintyminen talousvedessä on aina merkki bakteeritoiminnasta joko vedenottamossa tai vesijohdoissa. Vesilaitosten jakamassa vedessä nitriittiä todetaan harvoin. Desinfiointi klooriamiinilla lisää nitriitin esiintymisen mahdollisuutta. Nitriittiä voi muodostua myös nitraatin pelkistyessä verkostossa tapahtuvan biologisen toiminnan johdosta.

Nitriitin saanti vesijohtovedestä on hyvin pientä verrattuna saantiin elintarvikkeista. Nitriitin terveysvaikutukset on kuvattu nitraatin yhteydessä.

Nitriitin terveysperusteinen enimmäisarvo käyttäjän hanasta otettavalle talousvedelle on 0,5 mg/l (NO<sub>2</sub>-N 0,15 mg/l). Laitokselta lähtevän talousveden

nitriittipitoisuuden enimmäisarvo on 0,1 mg/l (NO<sub>2</sub>-N 0,03 mg/l). Typpenä ilmoitetun nitriittipitoisuuden saa muutettua nitriittipitoisuudeksi kertoimella 3,285.

### 3.2.19. pH

Jos talousveden pH on enemmän kuin 9,5, vedestä voi aiheutua sen emäksisyyden takia terveyshaittaa. Pienillä lapsilla pH:n muutokset aiheuttavat helpommin haittoja kuin aikuisilla, koska heidän mahahappojen määrä on vähäisempi ja nesteen kulutus painoon nähden suurempi kuin aikuisilla. Terveyshaitat ovat yleensä mahavaivoja, oksentelua ja ripulia. Hyvin emäksinen vesi (pH yli 10,5) voi lisäksi aiheuttaa suun ja nielun limakalvojen kirvelyä. Tällainen vesi voi myös ärsyttää peseydyttäessä silmiä ja ihoa. Silloin kun veden pH-arvo on näin korkea, veden laadun poikkeaminen normaalista havaitaan yleensä veden vaahtoisena ja outona makuna. Väkevä lipeäliuos on syövyttävää ja aiheuttaa ihon ja limakalvojen palovammoja.

Veden pH-arvoa alentaviin toimenpiteisiin on ryhdyttävä välittömästi, jos veden pH on suurempi kuin laatuvaatimus 9,5.

### 3.2.20. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) mukaan lukien bentso(a)pyreeni

Polysykliset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet koostuvat suuresta joukosta aromaattisia yhdisteitä. Niitä syntyy epätäydellisen palamisen sekä biologisen toiminnan seurauksena. Niitä on myös muun muassa kreosottiöljyssä, jota käytetään puutavaran kyllästämiseen sekä vesijohtojen bitumipinnoitteissa. PAH-yhdisteet ovat usein sitoutuneet kiintoaineeseen, minkä vuoksi raakaveden käsittely suodattamalla alentaa veden PAH-yhdisteiden pitoisuutta. Pääosa päivittäisestä PAH-annoksesta saadaan ruuan mukana ja ainoastaan noin 1 % päivittäisannoksesta tulee talousvedestä.

Eryisesti isomolekyyliset PAH-yhdisteet ovat karsinogeenisia. PAH-yhdisteiden joukosta on valittu vertailuaineiksi bentso(b)fluoranteeni, bent-so(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni ja indeno-(1,2,3cd)-pyreeni, joiden yhteispitoisuus talousvedessä on oltava alle 0,1 µg/l.

PAH-yhdisteiden malliaineena terveysriskin arvioinnissa pidetään bentso(a)pyreeniä. Bentso(a)pyreenin enimmäisarvo talousvedessä on 0,010 µg/l. Bentso(a)pyreenin pitoisuus 0,07 µg/l juomavedessä vastaa syöpäriskitasoa 10-5 eli yksi ylimääräinen syöpä sadantuhannen käyttäjän elinikäisessä altistumisessa.

### 3.2.21. Seleen, Se

Suomen maaperässä esiintyy seleeniä poikkeuksellisen niukasti. Seleeniiä pidetään ihmiselle välttämättömänä hivenaineena. Sekä seleenin puute että sen liikasaanti aiheuttavat terveyshaittaa. Suurilla annoksilla seleeni on maksatoksisista ja vaikuttaa hiuksiin (hiusten lähtö) ja kynsiin.

Seleenin terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 10 µg/l.

### 3.2.22. Syanidit, CN<sup>-</sup>

Syanideja ei ole talousvedessä muuten kuin teollisuusjätevesien tai jätteiden aiheuttaman saastumisen yhteydessä. Veden klooraus yli 8,5 pH:ssa muuttaa syanidit vaarattomiksi syanaateiksi.

Syanidi on akuutisti myrkyllinen aine (suuret annokset). Se estää soluhengitystä aiheuttaen hapenpuutteen aivoissa ja siihen liittyviä oireita, ääritapauksessa kuoleman. Tasaisesti pieninä annoksina suun kautta saatuna syanidi ei ole yhtä toksista, koska se metaboloituu tehokkaasti maksassa. Syanidi on haistettavissa karvasmantelin hajuna vedestä, kun sitä on enemmän kuin 170 µg/l.

Syanidien terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 50 µg/l.

### 3.2.23. Tetrakloorieteeni ja trikloorieteeni

Tetrakloorieteeniä (perkloorieteeni) käytetään yleisesti kemiallisissa pesuloissa ja tekstiiliteollisuudessa. Tetrakloorieteeniä on käytetty myös metalliteollisuudessa rasvanpoistamiseen. Tetrakloorieteeni kulkeutuu maaperässä melko hyvin. Vedessä tetrakloorieteeni voi hajota biologisesti anaerobisissa olosuhteissa dikloorieteeniksi, vinyylikloridiksi ja eteeniksi. Suomessa on todettu muutamia tapauksia, joissa pohjavesi on saastunut tetrakloori- ja trikloorieteenillä. Saastuttajaksi on usein epäilty kemiallista pesulaa.

Tetrakloorieteeni vaurioittaa maksaa ja munuaisia ja isoina pitoisuuksina vaikuttaa keskushermoston toimintaan. Tetrakloorieteeni on luokiteltu ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (IARC 2A). Sen on todettu aiheuttaneen maksa- ja munuaiskasvaimia sekä leukemiaa koe-eläimissä.

Trikloorieteeniä (synonyymi trikloorietyleeni) käytetään pääasiassa metalliteollisuudessa rasvanpoistoon. Trikloorieteeniä käytetään myös jonkin verran kemianteollisuuden raaka-aineena sekä kemiallisissa pesuloissa. Trikloorieteeni on tetrakloorieteeniä haihtuvampi ja kulkeutuu maaperässä tätä nopeammin. Vedessä se voi anaerobisissa olosuhteissa hajota muun muassa vinyylikloridiksi.

Pohjavedessä trikloorieteeni hajoaa hyvin hitaasti mikrobitoiminnan vaikutuksesta.

Trikloorieteenin elimistössä muodostamat metaboliitit ovat genotoksisia ja karsinogeenisia. Trikloorieteeni on luokiteltu ihmiselle todennäköisesti karsinogeeniseksi aineeksi (IARC 2A). Trikloorieteeni on aiheuttanut koe-eläimille munuais-, keuhko- ja kiveskasvaimia. Trikloorieteeni on koe-eläimille teratogeenista aiheuttaen epämuodostumia sydämässä. Epidemiologisissa tutkimuksissa tästä on viitteitä myös ihmiselle.

Jos talousvedessä on trikloorieteeniä, sitä voi päätyä elimistöön yhtä paljon hengittämällä ja ihon kautta kuin suun kautta saatuna.

Trikloori- ja tetrakloorieteenipitoisuuden summan terveysperusteinen enimmäisarvo talousvedessä on 10 µg/l.

### 3.2.24. Torjunta-aineet

Torjunta-aineita esiintyy pintavesissä muun muassa pelloilta, puutarhoilta ja rannansilta huuhtoutuneina. Torjunta-aineita saattaa esiintyä pohjavesissä paitsi normaalin käytön myös väärän varastoinnin ja pakkausten hävittämisen johdosta. Suomen vesissä todetut torjunta-ainepitoisuudet ovat eräitä yksittäisiä kaivoja lukuun ottamatta olleet hyvin pieniä (ks. [Torjunta-aineiden esiintyminen pohjavedessä](#)). Muualla Euroopassa torjunta-aineita esiintyy pohjavedessä varsin yleisesti.

Torjunta-aineet koostuvat hyvin laajasta joukosta aineita, joiden terveydelliset haittavaikutukset ovat hyvin erilaisia. Myös torjunta-aineiden hajoamistuotteet saattavat olla terveydelle haitallisia. Enimmäisarvo torjunta-aineiden ja niiden metabolia-, hajoamis- ja reaktiotuotteiden kokonaismäärälle on 0,5 µg/l. Yksittäisen torjunta-aineen enimmäisarvo on 0,10 µg/l lukuun ottamatta aldrinia, dieldriinia, heptaklooria ja heptaklooriepoksidia, joiden enimmäisarvo on 0,030 µg/l. Nämä enimmäisarvot on asetettu geneeriseltä pohjalta, suojelemaan torjunta-aineilta yleisellä tasolla. Yksittäisten torjunta-aineiden toksisuus vaihtelee ja haitallinen pitoisuus sen mukaisesti. Torjunta-ainekohtaisia terveysperusteisia enimmäissuosituspitoisuuksia terveyshaitan arviointiin on muun muassa WHO:n juomaveden laatusuosituksissa ([Guidelines for drinking water quality](#)) ja niihin liittyvissä ainekohtaisissa taustadokumenteissa (Background documents). Viranomaisvalvonnalla pitää tutkia vähintään niitä torjunta-aineita, joita valvonnan kohteena olevan vedenjakelualueen vedessä todennäköisesti on (ks. Soveltamisohjeen osa II, Taulukko 3).



Torjunta-aine dalaponi on kemiallisesti sama yhdiste kuin klooridesinfiointin sivutuotteena syntyvä 2,2-diklooripropaanihappo. Jos talousvedestä löydetään dalaponia torjunta-aineita tutkittaessa, on selvitetävä, onko kyseessä desinfiointin sivutuote vai raakaveteen liuennut torjunta-aine. Klooridesinfiointin sivutuotteille ei sovelleta torjunta-aineiden enimmäisarvoa. USA:n EPA:n (United States Environmental Protection Agency) antama terveysperusteinen enimmäisarvo dalaponille on 200 µg/l.

### **3.2.25. Trihalometaanit (THM)**

Trihalometaaneja (kloroformi, bromidikloorimetaani, dibromikloorimetaani, bromoformi) syntyy desinfiotaessa humuspitoista talousvettä vapaalla kloorilla. Myös muut kloorin käyttömuodot, kuten klooriamiini ja klooridioksidi aiheuttavat trihalometaanien muodostumista, joskin pienemmässä määrin kuin vapaa kloori. Yleisin klooratun veden trihalometaani on kloroformi. Desinfiointissa syntyvään trihalometaanien määrään ja niiden suhteellisiin osuuksiin vaikuttavat keskeisesti desinfioitavan veden orgaanisten aineiden ja bromin pitoisuus. Haitallisten yhdisteiden muodostumista voidaan tehokkaimmin pienentää vähentämällä veden orgaanisen aineksen pitoisuutta sopivalla esikäsittelyllä ennen desinfiointia.

Suuri trihalometaanipitoisuus indikoi myös muiden halogenoitujen orgaanisten yhdisteiden olemassaoloa eikä näiden yhdisteiden terveysvaikutuksia tunneta tarkkaan. Tästä syystä trihalometaanipitoisuuden tulisi talousvedessä olla niin pieni kuin käytännössä on mahdollista ilman, että veden mikrobiologinen laatu missään olosuhteissa vaarantuu.

Kloroformi on vedestä helposti haihtuvaa ja sille altistutaan talousvedestä myös hengitysilman kautta esimerkiksi suihkussa. Kloroformi läpäisee myös ihon kohdalaisen hyvin. Trihalometaaneista kloroformi ja bromidikloorimetaani on luokiteltu ihmiselle mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi aineeksi (IARC 2B). Kloroformi aiheuttaa koe-eläimissä maksa- ja munuaiskasvaimia, bromidikloorimetaani maksa- ja munuaiskasvaimia sekä kasvaimia suolistossa. Trihalometaaneja kokonaisuudessaan on epäilty yhdeksi ryhmäksi kemiallisia aineita, jotka lisäävät kloorattuun juomaveteen liittyvää kohonnutta syöpäriskiä ihmiselle.

Trihalometaanien summan enimmäisarvo on 100 µg/l.

### **3.2.26. Uraani, U**

Luonnon uraani on tavanomainen alkuaine kallioperässä ja sitä on erityisesti graniitissa. Uraanin pitoisuus kallioperässä kuitenkin vaihtelee alueittain ja

pohjavedessä pitoisuudet voivat olla hyvinkin erilaisia (ks. [Porakaivoveden radon- ja uraanikartasto](#), STUK). Uraania esiintyy erityisesti porakaivojen vesissä. Luonnon uraani koostuu isotoopeista 238U (99 %), 235U (0.7 %) ja 234U (0.005 %). Luonnon uraani on radioaktiivista, mutta sen haitallisuus talousvedessä terveyden kannalta perustuu sen kemialliseen toksisuuteen. Suurilla pitoisuuksilla uraani on haitallinen myös radioaktiivisena aineena.

Uraani on munuaistoksista. Uraani vaikuttaa munuaisten eritystoimintaan lisäten ionien (kalsium, fosfaatti) ja pienten proteiinien erittymistä virtsaan. Suurilla annoksilla uraani aiheuttaa pysyvän munuaisvaurion. Uraani kertyy luuhun ja vaikuttaa luun koostumukseen. Uraanialtistuksen on todettu olevan yhteydessä myös koholla olevaan verenpaineeseen.

Uraanin enimmäisarvo talousvedessä on 30 µg/l.

### **3.2.27. Vinyylikloridi**

Vinyylikloridia käytetään pääasiassa polyvinyylikloridin (PVC) valmistuksen raaka-aineena. Sitä käytetään jonkin verran myös muiden tuotteiden valmistuksessa. Maaperään joutuessaan se kulkeutuu nopeasti pohjaveeseen. Pohjavedessä vinyylikloridi voi säilyä vuosia. Vinyylikloridia voi joutua pohjaveeseen myös veden sisältämän trikloorieteenin tai tetrakloorieteenin hajoamisen sivutuotteena. Vinyylikloridi on helposti ilmaan haihtuvaa ja sille altistutaan merkittävästi hengitysteitse.

Vinyylikloridia esiintyy epäpuhtautena polyvinyylikloridissa. Asianmukaisesti testatut PVC-putket ovat kuitenkin turvallisia. Talousvedelle asetettu enimmäisarvo 0,50 µg/l lasketaan polymeerin annostelumäärän perusteella tuntemalla polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoava tai liukeneva vinyylikloridimäärä. Vinyylikloridipitoisuus on määritettävä talousvedestä, jos siinä on todettu tri- tai tetrakloorieteeniä. Jos vinyylikloridipitoisuus mitataan vedestä, enimmäisarvona pidetään WHO:n terveysperusteista enimmäispitoisuussuositusta, joka on vinyylikloridille 0,30 µg/l.

Vinyylikloridi on luokiteltu ihmiselle karsinogeeniseksi aineeksi (IARC Group 1) ja se on genotoksinen karsinogeeni. Se aiheuttaa ihmiselle maksakasvaimia. Koe-eläimillä kasvaimia on havaittu myös monissa muissa elimissä.

Vinyylikloridin terveysperusteinen enimmäisarvo 0,50 µg/l on asetettu riskitasolla 10-5 (yksi ylimääräinen syöpä 100 000 käyttäjän elinikäisessä altistumisessa).

### 3.3. Laatutavoitteet

#### 3.3.1. Alumiini, Al

Alumiinia esiintyy pinta- ja pohjavesissä yleensä verraten pieniä määriä, alle 0,1 mg/l. Poikkeuksena ovat ns. alunasavimailta tulevat vedet, joissa pitoisuudet voivat olla milligrammoja litrassa. Vesistöjen ja maaperän happamoituminen lisää alumiinin liukenemista maaperästä, mikä voidaan havaita matalien kaivojen veden alumiinipitoisuuden kasvuna. Alumiini muodostaa fluorin kanssa vaikeasti erotettavissa olevan kompleksiyhdisteen, mistä seuraa usein se, että fluoripitoisuuden ollessa suuri myös alumiinipitoisuus on suuri.

Alumiinin ei tiedetä olevan ihmiselle välttämätön hivenaine. Alumiinin saanti ruoka-aineista on Suomessa keskimäärin 6,7 mg päivässä. Alumiiniset keittoasiat voivat lisätä saantia useilla milligrammoilla ja alumiinia sisältävien lääkkeiden käyttö kymmenillä, jopa sadoilla milligrammoilla. Vedestä saadun alumiinin osuus on yleensä selvästi alle 5 % kokonaissaannista. Juomaveden alumiinilla epäillään olevan yhteys eräisiin neurologisiin häiriöihin, mutta pitävää tutkimusnäyttöä asiasta ei ole. Alumiini on neurotoksista aivoissa.

Pintaveden saostusprosessista veteen jäljelle jäävän alumiinin pitoisuus kuvaa veden käsittelyn onnistumista. Korkea alumiinin jäännöspitoisuus lisää kupariputkien pistekorrosiota ja voi muodostaa saostumia putkistossa.

Alumiinin laatutavoite talousvedelle on enintään 200 µg/l.

#### 3.3.2. Ammonium, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Ammoniumia joutuu vesiin typpipitoisten orgaanisten aineiden hajoamistuotteena, lannoitteista sekä teollisuuden ja asutuksen jätevesien mukana. Sitä on myös luontaisesti eräillä pohjavesialueilla. Klooriamiinidesinfointia käytettäessä ammoniumia lisätään veteen kloorin sitomiseksi. Vesilaitoksen jakamassa vedessä ammoniumia on useimmiten alle määritysrajan.

Ammoniumsuolojen myrkyllisyys on erittäin vähäinen ja niitä saadaan ravinnosta jopa satakertaisia määriä veteen verrattuna. Ammoniumin merkitys veden terveydelliselle laadulle perustuu sen reagointiin desinfiointiaineena käytetyn kloorin kanssa, joka heikentää desinfiointitehoa. Lisäksi ammonium voi hapettua käsittelyn aikana tai vesijohtoverkossa nitraatiksi ja nitriitiksi. Ammonium aiheuttaa suurina pitoisuuksina veteen pistävää hajua tai makua.

Ammoniumin laatutavoite talousvedelle on enintään 0,5 mg/l (0,4 mg/l NH<sub>4</sub>-N). Typpenä ilmoitetun ammoniumpitoisuuden saa muutettua ammoniumpitoisuudeksi kertoimella 1,288.

### 3.3.3. Haju ja maku

Veden haju ja maku ovat veden laadun yleisindikaattoreita. Haju ja maku sisältyvät laatutavoitteisiin ja niiden edellytetään olevan käyttäjän hyväksyttävissä. Jos haju tai maku poikkeaa tavanomaisesta, on selvitettävä, mistä muutos johtuu ja aiheutuuko terveyshaittaa. Hajussa tai maussa tapahtuva muutos saattaa olla osoitus veden terveydellistä laatua uhkaavasta häiriöstä. Etenkin jäteveden hajuun viittaavat havainnot on tarkistettava.

Talousveden voidaan katsoa olevan hajun ja maun osalta käyttötarkoitukseen soveltuvaa, jos käyttäjät sen hyväksyvät. Hajua ja makua voi tulla veteen talousveden seisoessa ja lämmitessä kiinteistön putkissa. Myös joistakin materiaaleista on havaittu aiheutuvan hajua ja makua veteen. Klooridesinfiointia käyttävän laitoksen vedessä lievää kloorin hajua ja makua ei katsota laatuvirheeksi.

Haju ja maku määritetään asetuksen mukaan jatkuvassa valvonnassa. Haju tulisi määrittää aina myös näytteenoton yhteydessä, koska ominaisuudet saattavat muuttua säilytyksen ja kuljetuksen aikana. Hajun ja maun tutkimista on kuvattu standardissa SFS-EN 1622, annex C. Laboratorion testausseleosteessa kerrotaan, onko haju tai maku tavanomainen vai poikkeava. Jos veden haju tai maku on poikkeava, niitä kuvaillaan lisämääreillä.

### 3.3.4. Hapettuvuus

Hapettuvuus (CODMn) perustuu kaliumpermanganaatin kykyyn hapettaa orgaanista ainesta ja sillä mitataankin talousveden orgaanisen aineksen määrää. Tulos ilmoitetaan happiekvivalentteina (mg O<sub>2</sub> /l) eli kuinka paljon happea kuluisi, jos hapetus tapahtuisi kaliumpermanganaatin sijaan hapella. Käytännössä hapettuvuus saadaan jakamalla kaliumpermanganaatin kulutus (eli KMnO<sub>4</sub>-luku) luvulla 3,95. Hapettuvuus on siten toinen tapa ilmoittaa kaliumpermanganaatin kulutuksen (KMnO<sub>4</sub>-luvun) tulos, sillä menetelmällisesti kyse on samasta analyysistä. Osa orgaanisesta aineksesta ei hapetu kaliumpermanganaatilla. Toisaalta kaliumpermanganaatti hapettaa myös pelkistyneitä epäorgaanisia aineita (esim. kaksisarvoinen rauta).

Suomen vedenhankintakäytössä olevien pintavesien KMnO<sub>4</sub>-luku on yleensä 20 – 50 mg/l (CODMn ~ 5 - 13 mg O<sub>2</sub> /l) ja se johtuu pääosin luonnon humuksesta. Saastumattomien pohjavesien KMnO<sub>4</sub>-luku on yleensä 1 - 5 mg/l

(CODMn alle 1,3 mg O<sub>2</sub> /l), ellei maaperässä ole liukenevaa humusta, joka nostaa KMnO<sub>4</sub>-lukua.

Veden humus ei ole sellaisenaan terveydelle haitallista, mutta se aiheuttaa veden väriä ja mutamaista makua sekä keitettäessä saostumia. Välillisesti humus voi heikentää veden terveydellistä laatua kuluttamalla desinfiointikemikaalia hapettumiseen, jolloin desinfiointiteho heikkenee. Mikrobin jälkikasvu vesijohtoverkossa on sitä tavallisempaa, mitä korkeampi verkostoon johdettavan veden KMnO<sub>4</sub>-luku on. KMnO<sub>4</sub>-lukua parempia mittareita mikrobin kasvuun ovat AOC (assimiloituva orgaaninen hiili) ja BDOC (liunneen orgaanisen hiilen biologinen hajoavuus).

Orgaanisten aineiden kokonaismäärä vaikuttaa ratkaisevasti veden desinfiointissa syntyvien ei-toivottujen sivutuotteiden määrään, joiden haitallisuus terveydelle on osoitettu. Käsitellyn pintaveden korkea KMnO<sub>4</sub>-luku ilmaisee samalla puutteita vedenkäsittelymenetelmässä tai prosessin toimivuudessa.

Hapettavuuden (CODMn –O<sub>2</sub>) laatutavoite talousvedelle on 5,0 mg/l. Hapettavuuden sijasta voidaan määrittää orgaaninen kokonaishiili (TOC), josta on kerrottu kappaleessa 3.3.8.

Pienessä talousvesiasetuksessa (401/2001) kaliumpermanganaattiluvun laatutavoite on 20 mg/l (CODMn –O<sub>2</sub> 5 mg/l). Välillisten vaikutusten vähentämiseksi tulee kuitenkin tavoitella arvoa < 8 mg/l (CODMn <2 mg/l). Kaliumpermanganaattiluvun määrittäminen voidaan valvontatutkimuksissa korvata orgaanisen kokonaishiilen määrittämisellä (TOC).

### **3.3.5. Kloridi, Cl<sup>-</sup>**

Klorideja on makeissa pintavesissä yleensä alle 10 mg/l, ellei niissä ole kloridipitoisten jätevesien tai maantiesuolauksen vaikutusta. Pohjavesissä klorideja esiintyy vanhoilla merenpohja-alueilla tai jätevesien ja tiesuolauksen vaikutuksen seurauksena, jolloin pitoisuudet voivat olla kymmeniä tai satoja milligrammoja litrassa.

Kloridien päivittäisen saannin ravinnosta arvioidaan olevan 6 000 - 12 000 mg riippuen ruokasuolan käyttömäärästä. Juomavedestä saatava määrä on yleensä alle 100 mg. Klorideilla ei tiedetä olevan haitallisia terveysvaikutuksia, mutta ne aiheuttavat makua veteen 200 - 300 mg/l pitoisuuksina. Kloridi lisää veden korroosiovaikutusta, jos pitoisuus on kymmeniä milligrammoja litrassa.

Kloridin laatutavoite talousvedelle on enintään 250 mg/l, mikä perustuu arvioituun makukynnykseen. Korroosio-ongelmien välttämiseksi on kuitenkin pyrittävä

selvästi pienempään kloridipitoisuuteen. Kloridipitoisuuden tulisi olla vähemmän kuin 25 mg/l, elleivät veden muut ominaisuudet vähennä kloridin haitallista vaikutusta. Talousveden korroosio-ominaisuuksia on käsitelty tarkemmin kappaleessa 6.

### 3.3.6. Mangaani, Mn

Mangaania voi olla pohjavesissä luonnostaan suuria pitoisuuksia, mikä johtuu maa- ja kallioperästä. Myös pintavesien pitoisuudet ovat toisinaan suuria. Pohjavesissä mangaania on usein samanaikaisesti raudan kanssa. Mangaanin poisto vedenkäsittelyssä on vaikeampaa kuin raudan poisto. Siksi raudan- ja mangaaninpoistokäsittelyä käyttävien vesilaitosten jakamassa vedessä on usein mangaanin aiheuttamia laatuvirheitä.

Mangaani on neurotoksinen metalli. Sitä on pidetty juomavedessä saatuna vain vähän toksisena, mutta uudet tutkimustulokset viittaavat siihen, että se on haitallista erityisesti lapsille. Juomaveden mangaanin on esitetty olevan yhteydessä lasten oppimis- ja käyttäytymishäiriöihin, jopa alempaan älykkyysosamäärään (lyijyn kaltainen vaikutus). Yhteys näihin haittoihin on todettu, kun juomaveden mangaanipitoisuus on ollut suurempi kuin 100 µg/l. Juomaveden mangaani saattaa olla haitallista myös aikuisille, mutta suuremmilla pitoisuuksilla kuin niillä, joista otaksutaan aiheutuvan terveystahetta lapsille.

Liiallinen mangaani aiheuttaa veteen ja siitä valmistettuihin juomiin epämiellyttävää makua, kerrostumia saniteetti- ja talouskalusteisiin sekä pyykin tahraantumista. Jo hyvin pienetkin veden mangaanipitoisuudet (20 µg/l) voivat synnyttää kerrostumia vedenjakelulaitteisiin ja ns. mangaanibakteerit edesauttavat näiden saostumien synnyssä. Ajoittain liikkeelle lähtevät saostumat voivat esiintyä noki-maisina hiutaleina tai rasvamaaisina muodostumina, joiden tahraava vaikutus on hyvin voimakas. Löysiä saostumia on poistettava määrävälein verkostosta esimerkiksi verkostohuuhteluilla. Mangaanisaostumat kertyvät yleensä lähellä vedenottamoita oleviin päävesijohtoihin.

Edellä kuvattuihin teknisiin ja esteettisiin haittoihin perustuen mangaanin laatu-tavoite talousvedelle on enintään 50 µg/l. Tarkasti noudatettuna laatu-tavoite suojaa myös terveystahitoilta (Taulukko 1). Talousvesiasetuksen soveltamisoh-jeen osan II kappaleessa 21 on kerrottu kunnan terveydensuojeluviranomaisen toimenpiteistä silloin, kun mangaanin laatu-tavoite poikkeaa laitoksen toimitta-man talousveden laadun takia, ja kappaleessa 22.1 silloin, kun mangaanin pitoi-suus poikkeaa laatu-tavoitteesta kiinteistön vesilaitteistojen takia.

**Taulukko 1.** Mangaanin vaikutukset ja poistosuositukset talousvedestä.

Pitoisuus (µg/l)	Vaikutus ja toimenpidesuositus
20	Voi aiheuttaa saostumia vedenjakelulaitteisiin.
50	Aiheuttaa saostumia ja makua veteen, värjää saniteettikalusteita ja pyykkiä. Talousvesiasetuksen laatutavoite talousvettä toimittavien laitosten jakamalle talousvedelle.  <i>Suositus: mangaanin poisto laitosten vedenkäsittelyssä.</i>
100	Aiheuttaa saostumia ja makua veteen, värjää saniteettikalusteita ja pyykkiä, ja joidenkin tutkimusten mukaan voi aiheuttaa terveyshaittaa (neurologisia oireita).  Pienen talousvesiasetuksen laatutavoite kaivovedelle.  <i>Suositus: mangaanin poisto.</i>
400	Maailman terveysjärjestön (WHO) terveysperusteinen enimmäisarvo.  <i>Suositus: vettä ei käytetä talousvetenä ilman mangaanin poistoa.</i>

### 3.3.7. Natrium, Na

Talousveden natrium on peräisin joko raakavedestä tai vedenkäsittelykemikaaleista (sooda, lipeä, ioninvaihtimen elvytyssuola). Vanhoilla merenpohja-alueilla kaivovesien natriumpitoisuus voi olla 50 - 100 mg/l, mutta tavallisesti pinta- ja pohjavesien natriumpitoisuus on alle 5 mg/l. Tiesuolaukseen käytetty suola voi myös olla syynä kohonneeseen natriumpitoisuuteen. Tiesuolassa natrium/kloridi-suhde on noin 0,6. Pohjaveden natriumpitoisuuksiin saattavat vaikuttaa mm. jätevedet, kaatopaikat tms.

Ravinnon mukana saatavan natriumin määrä vaihtelee suuresti ollen keskimäärin 3 000 - 4 000 mg päivässä. Näin ollen talousvedestä saatava natrium, joka korkeimmillaan voi olla 100 - 200 mg päivässä, edustaa hyvin pientä osaa kokonaissaannista. Henkilöiden, joiden terveydentila edellyttää vähänatriumista ruokavaliota, olisi hyvä tietää veden natriumpitoisuus.

Natriumin laatutavoite talousvedelle on enintään 200 mg/l. Laatutavoite on sama kuin natriumin keskimääräinen makukynnys huoneenlämpötilassa.

### 3.3.8. Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC, total organic carbon)

Orgaanisen hiilen kokonaismäärällä ilmaistaan veden sisältämien orgaanisten aineiden määrä hiilipitoisuutena. Toisin kuin KMnO<sub>4</sub>-luku, TOC-pitoisuus ei ole riippuvainen orgaanisten aineiden hapettuvuudesta ja antaa näin ollen KMnO<sub>4</sub>-lukua todellisemmän kuvan veden sisältämien orgaanisten aineiden kokonaismäärästä. Etenkin pienissä orgaanisen aineksen pitoisuuksissa kaliumperman-ganaattiluku osoittaa todellista pienempiä arvoja. Ilmiö on havaittu muun muassa tekopohjavesi- ja rantaimeytyslaitoksilla.

KMnO<sub>4</sub>-luvun ja TOC-arvon välinen suhde riippuu veden sisältämien orgaanisten aineiden luonteesta. Suomessa pintavesilaitosten raakavesien TOC-arvo on ollut 5 - 15 mg/l ja talousveden 2 - 6 mg/l. Saastumattoman pohjaveden TOC-arvo on yleensä noin 0,5 mg/l, ellei vesi sisällä humusta.

Bakteerien kasvu verkostossa riippuu biologisesti hajoavan orgaanisen aineen määrästä, jonka osuus orgaanisen aineen kokonaismäärästä on pieni. TOC:n vähentyminen verkostossa on yleensä seurausta biologisesta toiminnasta, mikä ilmenee pesäkeluvun kasvuna ja haju- ja makuhäiriöinä.

TOC sisältyy laatutavoitteisiin ja sen pitoisuutta on seurattava, jos talousvettä toimitetaan yli 10 000 m<sup>3</sup>/vrk. TOC-määrittystä voidaan käyttää vaihtoehtoisena menetelmänä KMnO<sub>4</sub>-luvun sijasta. Vesilaitoksen pitää ryhtyä toimenpiteisiin, jos TOC:n määrässä tapahtuu epätavallinen muutos.

TOC -pitoisuudelle ei ole annettu enimmäisarvoa. Olisi hyvä, jos TOC -pitoisuus olisi enintään 4,0 mg/l. TOC -pitoisuutta on vähennettävä, jos veden orgaanisesta aineesta aiheutuu välillisiä haittoja.

### 3.3.9. pH

Luonnontilaisten pohja- ja pintavesien pH on Suomessa yleensä lievästi hapan (pH 6 - 7). Tästä johtuu, että vedenjakelulaitteissa käytetyt materiaalit kuten esimerkiksi valurauta, sinkitty teräs, kupari, betoni ja asbestisementti useimmiten syöpyvät, jos vettä ei alkaloida. Metallien liukeneminen putkista alkaa pH:n ollessa alle 7,1. Materiaalin syöpmisestä johtuvaa vedenlaadun heikkenemistä ei tapahdu silloin, kun veden pH on vedenjakelulaitteiden kannalta sopiva eli 7,0 - 8,8. Korroosion ehkäisemisen kannalta pH -arvon olisi oltava mahdollisimman tasainen.

Alkalointikemikaalin virheellisen annostuksen, laitteiden toimintahäiriöiden tai sementtiä sisältävien putkimateriaalien seurauksena voi veden pH-arvo nousta tilapäisesti suuremmaksi kuin 9,0. Yksiselitteistä enimmäisarvoa sille, milloin



veden korkeasta pH-arvosta voi aiheutua terveyshaittoja, ei voi antaa. Talousvesiasetuksessa on asetettu pH -arvolle laatuvaatimus 9,5, jota emäksisemälle vedelle on annettava käyttökielto. Mahdolliset terveyshaitat riippuvat veden alkaliteetista, emäksisyyden aiheuttavasta kemikaalista ja sen pitoisuudesta, veden käyttömäärästä ja -tavasta sekä käyttäjästä.

Vesijohtoveden pH-arvon pitää olla laatuavoitteen mukaan 6,5 - 9,5. Vesi ei kuitenkaan saa olla haitallisessa määrin syövyttävää eikä haitallisessa määrin saostumia lisäävää, joten käytännössä vesilaitoksen on pyrittävä pH-arvoon 7,0 - 8,8. Kappaleessa 6 on kuvattu indeksi, jonka avulla voidaan arvioida talousveden laadun vaikutusta metallien korroosioon.

Pulloissa tai säiliöissä toimitettavan talousveden pH-arvon laatuavoite on 4,5 - 9,5. Pakattuja vesiä valvotaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 166/2010 mukaan. Sen 10 §:n mukaan pakatun talousveden on pakkaushetkellä ja markkinoinnin aikana täytettävä talousvesiasetuksessa veden kemialliselle ja mikrobiologiselle laadulle asetetut vaatimukset.

### **3.3.10. Rauta, Fe**

Rautaa esiintyy yleisesti Suomen pohjavesissä ja humukseen sitoutuneena pintavesissä. Sitä voi myös liueta talousveteen jakeluverkon ja -laitteiden materiaaleista (valurauta, galvanoitu teräs). Joissakin olosuhteissa vesilaitteisiin voi syntyä mikrobikasvusto, joka sitoo itseensä vedessä olevaa rautaa. Tällöin veden hyvin pienistäkin rautamääristä voi syntyä saostumia, jotka paineen vaihdeltaessa tai virtaussuunnan vaihtuessa lähtevät liikkeelle ja heikentävät vedenlaatua. Jo 50 µg/l rautapitoisuus voi synnyttää löysiä rautasaostumia.

Rautasuolat ovat yleisiä vedenkäsittelyssä. Ajan myötä kasvava rautapitoisuus laitoksilla, jotka käyttävät rautasuoloja vedenkäsittelyssä, voi olla merkki koagulaatiokäsittelyn häiriöstä.

Runsaasti rautaa sisältävä talousvesi aiheuttaa ruostekerrostumia saniteetti- ja talouskalusteisiin, ruostetahroja pyykkiin ja ruosteen maun veteen. Raudan laatuavoite on annettu edellä kuvattujen teknisten ja esteettisten haittojen perusteella.

Rauta ei aiheuta terveyshaittoja sellaisina pitoisuuksina, jolloin veden nauttiminen sen ulkonäön ja maun perusteella olisi mahdollista. Hyvin suurina pitoisuuksina rauta ärsyttää ruoansulatuskanavaa. Vesilaitokselta lähtevän veden rautapitoisuuden pitäisi olla olennaisesti laatuavoitetta pienempi, jotta rautaa ei kerääntyisi verkostoon. Vedenjakeluverkoston säännöllisellä huuhtelulla voidaan pienentää rautasaostumien kertymistä ja niistä aiheutuvia haittoja.

Talousvesiasetuksen soveltamisohjeen osan II kappaleessa 21 on kerrottu kunnan terveydensuojeluviranomaisen toimenpiteistä silloin, kun raudan laatuavoite poikkeaa laitoksen toimittaman talousveden laadun takia, ja kappaleessa 22.1 silloin, kun raudan pitoisuus poikkeaa laatuavoitteesta kiinteistön vesilaitteistojen takia.

Raudan laatuavoite talousvedelle on enintään 200 µg/l.

### **3.3.11. Sähkönjohtavuus**

Veden sähkönjohtavuus kuvaa veteen liuenneiden mineraalisuolojen määrää. Koska sähkönjohtavuus kuvaa ainoastaan suolojen kokonaismäärää, sen perusteella ei voi tehdä johtopäätöksiä veden terveydellisistä vaikutuksista. Talousveden sähkönjohtokyvyn laatuavoite on 2500 µS/cm (250 mS/m). Korrosio-ongelmien välttämiseksi olisi hyvä pyrkiä pienempään sähkönjohtavuuteen.

SFS standardin mukainen tulos (mS/m) on kerrottava luvulla 10, jotta saadaan talousvesiasetuksen mukainen tulos, sillä talousvesiasetuksessa yksikkönä käytetään µS/cm.

### **3.3.12. Sameus**

Veden sameus johtuu yleensä savesta, raudasta tai kolloidisista yhdisteistä, eikä sillä sinänsä ole terveydellisiä haittavaikutuksia. Monilla raskasmetalleilla, pestisideillä, orgaanisilla klooriyhdisteillä ja bakteereilla on taipumus adsorboidua kiintoainepartikkeleihin. Veden sameus saattaa vaikuttaa veden desinfioinnin onnistumiseen etenkin silloin, kun sameus johtuu veden sisältämistä hiukkasista. Sameus on hyvä indikaattori kemiallisen vedenkäsittelyn tehokkuuden tarkkailussa. Sameus saattaa muuttua verkostossa. Vaikka vesilaitokselta lähtevä vesi olisi kirkasta, talousvesi voi olla sameaa käyttäjän hanasta laskettaessa.

Vedenkäyttäjän vedessä tavallisin sameuden aiheuttaja on ilma, joka vedestä vapautuessaan samentaa veden. Ilmasta aiheutuva sameus häviää nopeasti, kun veden annetaan seistä esimerkiksi vesilasissa. Sameuden häviäminen alkaa vesilasin pohjalta ja viimeiseksi sameus häviää veden pinnalta.

Veden sameus sisältyy laatuavoitteisiin ja sen edellytetään olevan käyttäjän hyväksyttävissä. Jos sameus poikkeaa tavanomaisesta, on selvitettävä, mistä muutos johtuu ja aiheutuuko terveyshaittaa. Pintavesilaitoksilla lähtevän veden sameuden tulisi olla enintään 1 NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

### 3.3.13. Sulfaatti, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

Rannikkoseutuja lukuun ottamatta Suomen vesien sulfaattipitoisuus on yleensä alhainen. Pintavedenkäsittelyssä käytetty alumiinisulfaatti lisää veden sulfaattipitoisuutta usein 20 - 50 milligrammalla litrassa. Alumiinisulfaatissa on noin 50 % sulfaattia.

Sulfaattien saantiarvioita ravinnosta on hyvin niukasti. Saanti talousvedestä vaihtelee suuresti. Jos käytetään runsaasti mineraalisuoloja sisältäviä pullotettuja vesiä, sulfaattien saanti voi olla satoja milligrammoja päivässä. Sulfaateilla on suurina annoksina (yli 500 mg/l juomavedessä) ulostava (laksatiivinen) vaikutus. Yli 1000 mg/l pitoisuudella laksatiivinen vaikutus tulee lähes jokaiselle.

Sulfaatin laatutavoite talousvedelle on enintään 250 mg/l. Suuret sulfaattipitoisuudet vedessä lisäävät korroosiota. Korroosio-ongelmien välttämiseksi olisikin pyrittävä pienempään sulfaattipitoisuuteen kuten esimerkiksi alle 150 mg/l. Sulfaatin merkitystä korroosioon on käsitelty kappaleessa 6.

### 3.3.14. Väri

Veden väri johtuu yleisesti värillisistä orgaanisista yhdisteistä kuten humus-hapoista. Myös metallit, kuten rauta ja mangaani, aiheuttavat veden väriluvun kasvua. Monet haitalliset raskasmetallit ja orgaaniset yhdisteet sitoutuvat humushappoihin. Veden värillisuus on paitsi esteettinen ongelma myös tekninen haittatekijä. Veden värilukua pienentävillä käsittelyillä voidaan vähentää kloorauksessa syntyvien haitallisten aineiden määrää.

Väriluvulla ei ole suoraa yhteyttä talousveden terveydellisiin vaikutuksiin. Väri sisältyy laatutavoitteisiin ja sen edellytetään olevan käyttäjän hyväksyttävissä. Jos väri poikkeaa tavanomaisesta, on selvitettävä, mistä muutos johtuu ja aiheutuuko terveyshaittaa.

## 4. Radioaktiivisuus

Talousvesiasetusta uudistettiin marraskuussa 2015 talousveden radioaktiivisuuden osalta siten, että muutoksilla toimeenpantiin 22.10.2013 annettu Euroopan neuvoston direktiivi 2013/51/EURATOM. Neuvoston direktiivi edellytti enimmäisarvoa radonille siten, että radonin enimmäisarvo voidaan asettaa kansallisesti ja se saa olla korkeintaan 1000 Bq/l. Suomessa talousveden laatuvaatimukseksi säädettiin 1000 Bq/l ja laatutavoitteeksi 300 Bq/l. Samassa talousvesiasetuksen uudistuksessa tritiumin enimmäisarvoksi säädettiin 100 Bq/l ja viitteellisen annoksen enimmäisarvoksi 0,10 millisievertiä (mSv) vuodessa.

STUK toimii talousveden radioaktiivisuuden valvonnassa asiantuntijatahona, joka neuvoo kunnan terveydensuojeluviranomaista tarvittaessa (859/2018, 15 §). Hallintolain (434/2003) 10 §:n mukaisesti toimivaltaisten viranomaisten on toimittava asiassa yhteistyössä.

#### **4.1. Aktiivisuus**

Aktiivisuudella tarkoitetaan ydinmuutosten (esim. radioaktiivinen hajoaminen) lukumäärää aikayksikössä ja sen yksikkö on becquerel (Bq). Yksi Bq vastaa yhtä ydinmuutosta sekunnissa. Talousveden osalta aktiivisuus ilmoitetaan yleensä aktiivisuuspitoisuutena, mikä tarkoittaa ydinmuutosten lukumäärää tietyssä vesitilavuudessa (esimerkiksi Bq/l).

#### **4.2. Efektiivinen annos**

Säteilylle altistumista kuvataan efektiivisellä annoksella. Efektiivinen annos kuvaa koko kehon keskimääräistä altistumista säteilylle. Se on laskennallinen suure, jossa otetaan huomioon säteilystä kudokseen absorboitunut energiamäärä, säteilylaji ja eri kudosten tai elimien erilainen herkkyys säteilylle. Efektiivisen annoksen yksikkö on sievert (Sv). Säteilyn annosvaste on nykykäsityksen mukaan lineaarinen, ilman kynnyсарvoa. Eli haitatonta pitoisuutta ei ole vaan annoksen kasvaessa syöpäriski kasvaa lineaarisesti.

Talousveden radioaktiivisten aineiden aiheuttama efektiivinen annos riippuu aineiden aktiivisuuspitoisuudesta, nautitun veden määrästä ja kyseisten nuklidien kyvystä aiheuttaa säteilyannosta. Annosten perusteella voidaan arvioida, että juomaveden radioaktiivisista aineista aiheutuu arviolta noin kymmenkunta kuolemaan johtavaa syöpätapausta vuodessa. Näistä valtaosa aiheutuu juomaveden radonista ja vain pieni osa muista radioaktiivisista aineista. Veden radon altistaa säteilylle paitsi nieltynä mutta etenkin hengitysilman kautta radonin vapautuessa vedestä hengitysilmaan. Muut talousveden radioaktiiviset aineet voivat aiheuttaa säteilyannoksen ainoastaan ruoan ja juoman mukana nautittuna, sillä ainoastaan radon on kaasu.

#### **4.3. Radon, Rn-222**

Talousvedessä olevat luonnon radioaktiiviset aineet ovat peräisin maa- ja kallioperän radioaktiivisista aineista, jotka liukenevat maankuoren mineraaleista pinta- ja pohjaveteen. Koska pohjavesi on paljon pitempään kosketuksissa maa- ja kallioperän kanssa kuin pintavesi, pohjaveden mineraali- ja siten myös radionuklidipitoisuudet ovat huomattavasti suurempia. Kallioperän pohjavedessä pitoisuudet ovat vielä paljon suurempia kuin maaperän pohjavedessä.

Mittaustulosten perusteella suomalainen talousvesi on radioaktiivisuuden suhteen hyvälaatuista ja [talousveden radioaktiivisuus](#) poikkeaa laatuvaatimuksesta hyvin harvoin. Talousvedessä eniten säteilyaltistusta aiheuttaa radon. Veden mukana nielty radon aiheuttaa pienessä määrin säteilyannosta ruuansulatuselimistölle. Merkittävin säteilyaltistus kohdistuu kuitenkin keuhkoille, koska radonia vapautuu ilmaan vettä käytettäessä (esim. suihku, asianpesu, ruuanlaitto).

Radonin laatuvaatimus on 300 becquereliä litrassa (Bq/l) ja laatuvaatimus 1000 Bq/l. Radonin aktiivisuuspitoisuutta ei tarvitse mitata, jos talousvedeksi valmistettava vesi on peräisin yksinomaan pintavesimuodostumasta. Radonin aktiivisuuspitoisuus suositellaan tutkimaan talousvettä toimittavalta laitokselta lähtevästä vedestä otetusta näytteestä, sillä jakeluverkon kauimmaisista osista otetun näytteen perusteella ei välttämättä saada oikeaa kuvaa radonin aktiivisuuspitoisuudesta jakeluverkon alkupäässä. Radonin puoliintumisaika on 3,8 vuorokautta.

Tapauksissa, joissa talousveden radonpitoisuus on laatuvaatitetta (alle 300 Bq/l) suurempi, mutta laatuvaatimuksen enimmäisarvoa (1 000 Bq/l) pienempi, kunnan terveydensuojeluviranomaisen on harkittava korjaavien toimenpiteiden tarpeellisuutta riskinarvioinnin perusteella sen selvittämiseksi, aiheutuuko tilanteesta terveyshaittoja. Jos laatuvaatitteen täyttymättömyyteen voi liittyä terveyshaittoja, kunnan terveydensuojeluviranomaisen on annettava määräys korjaustoimenpiteisiin ryhtymisestä. Kunnan terveydensuojeluviranomainen saa apua riskinarvion tekemiseen STUK:lta ([radonvalvonta@stuk.fi](mailto:radonvalvonta@stuk.fi)). Joissakin poikkeustapauksissa voidaan hyväksyä talousvedessä enemmän kuin 300 Bq/l radonia. Tällaisia ovat tapaukset, joissa vedenkäyttö on vähäistä tai, jos vettä käytetään ruoan valmistuksessa tavalla, jossa radon joko vapautuu tai puoliintuu säilytyksen tai valmistusprosessin aikana.

Jos radonin aktiivisuuspitoisuus poikkeaa talousvesiasetuksessa säädetystä laatuvaatimuksesta, kunnan terveydensuojeluviranomaisen on viivytyksettä ilmoitettava poikkeamasta STUK:lle ([radonvalvonta@stuk.fi](mailto:radonvalvonta@stuk.fi)) (1352/2015 19 § 2 mom). Säteilylain 146 §:n 1 momentin mukaan luonnonsäteilystä aiheutuva säteilyaltistus on selvitettävä 154 §:ssä tarkoitetussa tilanteessa. Selvitysvelvollisuus koskee toiminnasta vastaavaa tahoa. Talousvettä toimittavan laitoksen on toimitettava SÄL:n 146 §:n 4 momentin mukaan säteilyaltistusta koskevan selvityksen tulokset STUKille, jos talousveden aktiivisuuspitoisuus tai veden radioaktiivisista aineista aiheutuva säteilyaltistus on viitearvoa suurempi.

Talousvesiasetuksessa radonpitoisuuden laatuvaatimuksen enimmäisarvo on 1000 becquereliä litrassa (Bq/l). Korjaavat toimet ovat säteilyturvallisuussyistä välttämättömiä aina ilman lisäarviointeja veden käyttötavasta riippumatta, jos aktiivisuuspitoisuus on suurempi kuin laatuvaatimus. Korjaavia toimenpiteitä

radonpitoisuuden vähentämiseksi voivat olla esimerkiksi veden ilmastus tai aktiivihiihliuodatus. Kunnan terveydensuojeluviranomaisen määräyksistä ja kielloista säädetään TsLn 20 ja 51 §:ssä.

Yksityisessä käytössä olevien kaivojen talousveden radonin enimmäispitoisuus on 1000 Bq/l, joka on säädetty pienessä talousvesiasetuksessa (401/2001).

Talousveden laatuvaatimusten ja -tavoitteiden poikkeamista säädetään tarkemmin talousvesiasetuksen 17 ja 18 §:ssä ja pienen talousvesiasetuksen 3 ja 6 §:ssä, joista on kerrottu talousvesiasetuksen soveltamisohjeen osassa II.

#### **4.4. Tritium, H-3**

Tritium on vedyn isotooppi, jonka ydin sisältää protonin lisäksi kaksi neutronia. Tritiumista käytetään merkintää H-3. Tritiumia syntyy jatkuvasti ylemmässä ilmakehässä kosmisen säteilyn tuottamana. Mahdollisia päästölähteitä ovat muun muassa ydinvoimalat ja lääketieteellisessä tutkimuksessa tai teollisuudessa merkkiaineena käytetyn tritiumin käsittely. Luonnossa esiintyy myös vähäisiä määriä 1960-luvulle asti jatkuneista ilmakehässä tehdyistä ydinasekoista peräisin olevaa tritiumia.

Tritiumin enimmäisarvo 100 Bq/l on asetettu ympäristönsuojelullisin päämäärin, eikä se ole terveysterveysteinen enimmäisarvo. Enimmäisarvon tavoitteena on tritiumpitoisuuden rajoittaminen vesistöissä, joihin lasketaan ydinvoima- ja muiden laitosten päästöjä. Tritium on veden ainesosa (korvaa vesimolekyylissä vetyatomien H-1), eikä sitä kyetä poistamaan vedenkäsittelyprosesseissa. Talousveden kautta tritiumille voi altistua vain suun kautta. Terveysvaikutuksiltaan tritium on radioaktiivisista aineista yksi vähiten haitallisimmista aineista.

Tritiumia ei tarvitse tutkia talousveden säännöllisessä valvonnassa, sillä STUK määrittää säännöllisesti valtakunnallisessa ympäristön säteilyvalvontaohjelmassa viiden suomalaisen talousvettä toimittavan laitoksen vedestä tritiumaktiivisuutta. Lisäksi tritiumia on määritetty myös muissa STUKin tekemissä tutkimuksissa. Tulosten perusteella tiedetään, että tritiumaktiivisuus on talousvettä toimittavilla laitoksilla selvästi pienempi kuin tritiumille asetettu enimmäisarvo.

#### **4.5. Uraani, U-234 ja U-238**

Veden hapetus- ja pelkistysolosuhteet vaikuttavat uraanin liukoisuuteen vedessä. Pelkistävässä olosuhteissa uraani esiintyy +4-arvoisena yhdisteenä ja on suhteellisen liukenematon. Hapellisissa olosuhteissa +6-arvoinen uraani muodostaa liukoisia komplekseja, jotka voivat kulkeutua sopivissa olosuhteissa pitkälle pohjaveden mukana. Suomen maaperän pohjavesi on tyypillisesti

pehmeää, sisältää runsaasti hiilidioksidia ja on usein myös hapanta. Kalliopohjavesi on tyypillisesti emäksistä bikarbonaattipitoista vettä. Molempien pohjavesityyppien ominaisuudet edistävät uraanin liukoisuutta veteen. Pohjaveden bikarbonaatit ovat todennäköisesti tärkein uraanin liukoisuutta edistävä tekijä.

Merkittävin uraanialtistuminen Suomessa aiheutuu talousveden kautta. Lisäksi uraania saadaan pieniä määriä elimistöön hengityksen ja ruuan välityksellä. Uraanin terveyshaitat aiheutuvat ennen kaikkea uraanin kemiallisesta myrkyllisyydestä eikä radioaktiivisuudesta. Uraani on raskasmetalli ja suurina annoksina myrkyllinen etenkin munuaisille ja luustolle. Elimistöstä erittymättä jäänyt uraani kertyy muun muassa munuasiin, luustoon ja maksaan. Suomalaisilla porakaivoveden käyttäjillä onkin todettu uraaniin liittyviä lieviä haittavaikutuksia munuaisissa ja luustossa. Yhteyttä porakaivoveden uraanin ja leukemia-, maha-, munuais- tai virtsarakkosalonvälillä ei ole havaittu. Uraanin kemiallisen laatuvaatimuksen, 30 µg/l, perusteista on kerrottu kappaleessa 3.2.26.

Viitteellisen annoksen enimmäisarvo on 0,10 mSv/vuosi. Tästä laskettuna enimmäisarvo uraani-238:lle on 3,0 Bq/l ja uraani-234:lle 2,8 Bq/l. Uraanin isotoopit U-238 ja U-234 esiintyvät kuitenkin vedessä aina samanaikaisesti. Enimmäispitoisuudet ovat edellä esitettyjä pitoisuuksia pienempiä, jos vedessä on muita radioaktiivisia aineita. Uraanin kemiallisena pitoisuutena 0,10 mSv/vuosi vastaa pitoisuutta noin 100 µg/l.

#### **4.6. Radium, lyijy ja polonium, Ra-226, Ra-228, Pb-210 ja Po-210**

Radium on merkittävä alkuaine sen radiotoksisuuden vuoksi. Se on kemiallisilta ominaisuuksiltaan kalsiumia muistuttava, joten sitä kertyy ihmisessä luuhun.

Uraanisarjasta peräisin oleva Ra-226 on pitkäikäinen. Sen puoliintumisaika on 1600 vuotta. Toriumsarjasta peräisin olevan Ra-228:n puoliintumisaika on 5,8 vuotta. Matalasuolaisissa vesissä radium esiintyy liukoisena Ra<sup>2+</sup>-kationina. Suolaisissa vesissä radium muodostaa heikkoja komplekseja kloridin, sulfaatin ja karbonaattien kanssa. Korkeita radiumin aktiivisuuspitoisuuksia on löydetty pääsääntöisesti suolaisista pohjavesistä. Suomen pohjavesien radiumin aktiivisuuspitoisuuksien ei ole havaittu olevan yhteydessä uraanipitoisuuksien kanssa.

Radonin hajoamistuotteet, Pb-210 ja Po-210, ovat radonin jälkeen merkittävimmät säteilyaltistuksen lähteet juomavedessä. Veden kemialliset ominaisuudet vaikuttavat lyijyn ja poloniumin esiintymiseen pohjavedessä. Ne voivat esiintyä ioneina, molekyyleinä, kompleksoituneena ja erilaisiin partikkeleihin sitoutuneena pohjavesissä. Polonium jakautuu verrattain tasaisesti koko kehoon

ihmisessä. Korkeimmat poloniumin aktiivisuuspitoisuudet on löydetty luustosta. Poloniumin määrä luussa on seurausta sen emonuklidin, Pb-210, kertymisestä luuhun ja sen hajoamisesta edelleen poloniumiksi. Polonium kertyy pääsääntöisesti pehmytkudoksista maksaan ja munuaisiin.

Enimmäisarvo radium-226:lle on 0,5 Bq/l, radium-228:lle 0,2 Bq/l, lyijy-210:lle 0,2 Bq/l ja polonium-210:lle 0,1 Bq/l, jos radioaktiiviset aineet ovat vedessä yksinään. Enimmäispitoisuus edellä esitettyä pienempi, jos vedessä on muita radioaktiivisia aineita.

#### **4.7. Viitteellinen annos**

Viitteellisellä annoksella tarkoitetaan talousvedestä aiheutuvan efektiivisen annoksen kertymää yhden vuoden aikana saadulle määrälle kaikkia talousvedessä havaittuja sekä luonnollisia että keinotekoisia radionuklideja, lukuun ottamatta tritiumia, kalium-40:tä, radonia ja radonin lyhytikäisiä hajoamistuotteita. Viitteellisen annoksen enimmäisarvo on 0,10 mSv/vuosi.

Viitteellisen annoksen tasoa voidaan arvioida näytteen alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuuden tai yksittäisten radioaktiivisten aineiden (radionuklidien) aktiivisuuspitoisuuksien perusteella. Jos alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on pienempi kuin 0,1 Bq/l, eikä radonin aktiivisuuspitoisuus ylitä laatutavoitetta 300 Bq/l, voidaan päätellä, että viitteellinen annos ei ylitä tasoa 0,10 mSv/vuosi. Tällöin ei tarvitse määrittää yksittäisten radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksia.

Jos radonin aktiivisuuspitoisuus on enemmän kuin 300 Bq/l ja alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on pienempi kuin 0,1 Bq/l, radonin aktiivisuuspitoisuuden pienentäminen riittää korjaavaksi toimenpiteeksi varmistamaan, että viitteellinen annos ei ylitä tasoa 0,10 mSv/vuosi.

Jos alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on suurempi kuin 0,1 Bq/l, määritetään yksittäisten radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuudet näytteessä viitteellisen annoksen arvioimiseksi (ks. talousvesiasetuksen soveltamisohjeen osa II kappale 5.1.3.3.). Määritys voi perustua STUKin tekemän alfaspektrin tulkintaan tai yksittäisten radionuklidien analysointiin. STUK arvioi spektrin perusteella, mitä radioaktiivisia aineita vedestä pitää mitata. Vesinäytteestä määritettäviä alfa-aktiivisia aineita voivat olla radium-226, uraani-234, uraani-238 ja polonium-210 sekä beeta-aktiivisia radium-228 ja lyijy-210. Tarvittaessa voidaan edellyttää mitattavan myös muita radioaktiivisia aineita.



Tällä hetkellä Suomessa ei ole STUKin lisäksi muita akkreditoituja laboratorioita, jotka pystyvät määrittämään alfa-aktiivisuuden ja yksittäisten radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuudet viitteellisen annoksen arvioimiseksi.

#### 4.7.1. Viitteellisen annoksen laskeminen

Muilla vesillä kuin pintavesillä seulontaan käytetään alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuutta. Viitteellinen annos on määritettävä, jos alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on suurempi kuin 0,1 Bq/l. Viitteellisen annoksen laskemiseksi on määritettävä yksittäisten radionuklidien aktiivisuuspitoisuudet. Määrittäminen voi perustua laboratorion tekemään alfaspektrin tulkintaan tai yksittäisten radionuklidien analysointiin. Vesinäytteestä määritetään alfa-aktiivisista aineista radium-226, uraani-234, uraani-238 ja polonium-210 sekä beeta-aktiivisista radium-228 ja lyijy-210.

Määritettyjen radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksien perusteella lasketaan viitteellinen annos (ID, indicative dose) seuraavan kaavan mukaisesti:

$$ID = \sum_i \frac{C_i}{RC_i} \cdot (0,10 \text{ mSv/v})$$

jossa

$C_i$  = radioaktiivisen aineen mitattu aktiivisuuspitoisuus (Bq/l)

$RC_i$  = radioaktiivisen aineen johdettu pitoisuus (Bq/l), josta aiheutuva annos on 0,10 mSv/v

ICRP:n (International Commission on Radiological Protection) vuonna 2012 vahvistamien annosmuuntokertoimien avulla lasketut  $RC_i$  -arvot, jotka vastaavat aikuisten veden vuosikulutusta (730 litraa henkilöä kohden) ovat:

Nuklidi	Aktiivisuuspitoisuus (Bq/l), josta aiheutuu annos 0,1 mSv/v <sup>1)</sup>
<sup>210</sup> Pb	0,2
<sup>210</sup> Po	0,1
<sup>226</sup> Ra	0,5
<sup>228</sup> Ra	0,2
<sup>234</sup> U	2,8
<sup>238</sup> U	3,0

1) Arvot on laskettu käyttämällä ICRP:n vahvistamia annosmuuntokertoimia. Annosmuuntokertoimet voivat muuttua, kun niiden perusteena olevat dosimetriset mallit tarkentuvat. Jos laskennassa tarvitaan muiden kuin tässä mainittujen

radioaktiivisten aineiden johdettuja aktiivisuuspitoisuuksia, ne ovat saatavilla Säteilyturvakeskuksesta. Muita aineita ovat kaikki radioaktiiviset aineet, joita Säteilyturvakeskuksen selvitysten tulosten tai näytteen seulontatutkimusten perusteella ei voida säteilysuojelun kannalta jättää ottamatta huomioon.

Suomen vesissä esiintyy pääosin vain luonnon radionuklideja. Jos vedessä tiedetään esiintyvän myös keinotekoisia radionuklideja, on nekin huomioitava viitteellisen annoksen laskennassa. Säteilyturvakeskus antaa radioaktiivisen aineen johdetut pitoisuudet muille kuin asetuksen taulukossa mainituille nuklideille.

### **Esimerkki viitteellisen annoksen laskemisesta**

Mittauksissa on saatu seuraavat aktiivisuuspitoisuustulokset:

$^{210}\text{Pb}$	0,01 Bq/l
$^{210}\text{Po}$	0,01 Bq/l
$^{226}\text{Ra}$	0,1 Bq/l
$^{228}\text{Ra}$	0,05 Bq/l
$^{234}\text{U}$	0,4 Bq/l
$^{238}\text{U}$	0,3 Bq/l

$$\text{ID} = (0,01/0,2 + 0,01/0,1 + 0,1/0,5 + 0,05/0,2 + 0,4/2,8 + 0,3/3,0) \cdot 0,1 \text{ mSv/v} = 0,08 \text{ mSv/v}$$

Viitteellinen annos alittaa enimmäisarvon 0,1 mSv/v.

### **Esimerkkejä viitteellisen annoksen ja alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuuden välisestä yhteydestä**

#### **Esimerkki 1:**

Laboratoriossa mitattu veden alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on 0,03 Bq/l ja radonpitoisuus 50 Bq/l. Koska alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on alle 0,10 Bq/l ja radonpitoisuus vähemmän kuin 300 Bq/l, voidaan ilman tarkempia radioaktiivisuuden lisämäärytyksiä todeta, että viitteellinen annos on pienempi kuin 0,10 mSv/v.

#### **Esimerkki 2:**

Laboratoriossa mitattu veden alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on 0,5 Bq/l. Testausselosteessa on kerrottu, että veden radiumin (Ra-226) aktiivisuuspitoisuus on 0,05 Bq/l. Testausselosteessa laboratorio on arvioinut, että alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus koostuu yksinomaan uraanista, eikä spektrin mukaan vedessä ole poloniumia.

Tällöin viitteellistä annosta arvioidaan seuraavasti:

Uraanin aktiivisuuspitoisuudet U-234:lle ja U-238:lle arvioidaan käyttäen tyypillistä isotooppisuhdetta suomalaissa pohjavesissä (1,2). Uraani-isotooppien yhteenlaskettu aktiivisuuspitoisuus on 0,45 Bq/l. Tästä laskettuna U-238:n aktiivisuuspitoisuus on 0,20 Bq/l ja U-234:n aktiivisuuspitoisuus on 0,25 Bq/l. Radiumin (Ra-226) aktiivisuuspitoisuus on 0,05 Bq/l.

$$ID = (0,05/0,5 + 0,25/2,8 + 0,20/3,0) \cdot 0,10 \text{ mSv/v} \approx 0,03 \text{ mSv/v}$$

### **Esimerkki 3:**

Laboratoriossa mitattu veden alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on 1,8 Bq/l. Testausselesteessä on kerrottu, että veden radiumin (Ra-226) aktiivisuuspitoisuus on 0,2 Bq/l. Testausselesteen mukaan laboratorio ei pysty arvioimaan spektrin perusteella onko vedessä poloniumia (Po-210), koska spektrin mukaan vedessä on sen verran uraania, että se häiritsee poloniumin arviota. Testausselesteessä kehoitetaan tekemään radiokemiallinen poloniummääritys.

Vedestä tehdään tarkempi poloniummääritys ja tulokseksi saadaan 0,07 Bq/l.

Tällöin viitteellistä annosta arvioidaan seuraavasti:

Uraanin aktiivisuuspitoisuudet U-234:lle ja U-238:lle arvioidaan käyttäen tyypillistä isotooppisuhdetta suomalaissa pohjavesissä (1,2). Uraani-isotooppien yhteenlaskettu aktiivisuuspitoisuus on 1,53 Bq/l (= 1,8 – 0,2–0,07). Tästä laskettuna U-238:n aktiivisuuspitoisuus on 0,70 Bq/l ja U-234:n aktiivisuuspitoisuus on 0,83 Bq/l. Radiumin (Ra-226) aktiivisuuspitoisuus on 0,2 Bq/l.

$$ID = (0,2/0,5 + 0,83/2,8 + 0,70/3,0 + 0,07/0,1) \cdot 0,1 \text{ mSv/v} \approx 0,16 \text{ mSv/v}$$

### **Esimerkki 4:**

Laboratoriossa mitattu veden alfa-aktiivisuuden kokonaispitoisuus on 1,8 Bq/l. Testausselesteessä on kerrottu, että veden radiumin (Ra-226) aktiivisuuspitoisuus on 0,15 Bq/l. Testausselesteen mukaan laboratorio ei pysty arvioimaan spektrin perusteella onko vedessä poloniumia (Po-210), koska spektrin mukaan vedessä on sen verran uraania, että se häiritsee poloniumin arviota. Testausselesteessä kehoitetaan tekemään radiokemiallinen poloniummääritys.

Vedestä tehdään tarkempi poloniummääritys ja tulokseksi saadaan <0,01 Bq/l.

Tällöin viitteellistä annosta arvioidaan seuraavasti:

Uraanin aktiivisuuspitoisuudet U-234:lle ja U-238:lle arvioidaan käyttäen tyypillistä isotooppisuhdetta Suomalaisissa pohjavesissä (1,2). Uraani-isotooppien yhteenlaskettu aktiivisuuspitoisuus on 1,65 Bq/l (= 1,8 – 0,15). Tästä laskettuna U-238:n aktiivisuuspitoisuus on 0,75 Bq/l ja U-234:n aktiivisuuspitoisuus on 0,9 Bq/l. Radiumin (Ra-226) aktiivisuuspitoisuus on 0,15 Bq/l.

$$ID = (0,15/0,5 + 0,9/2,8 + 0,75/3,0) \cdot 0,10 \text{ mSv/v} \approx 0,09 \text{ mSv/v}$$

## 5. Omavalvontaan soveltuvat muuttujat

Omavalvonnalla varmistetaan koko vedentuotantoketjussa veden laatua, veden käsittelyn asianmukaisuutta ja talousveden laatua siten, että ennalta ehkäistään talousveden saastuminen ja häiriötilanteet. Perustana omavalvonnalle ovat riskinarvioinnissa tunnistetut riskit, joista voi aiheutua vedenjakelualueella jaettavan talousveden saastumista. Turvallisen talousveden laatu perustuu kattavaan riskinarviointiin ja tarkoituksenmukaisiin ja toimiviin riskienhallintakeinoihin. Riskienhallintakeinojen toimivuutta seurataan seurantaohjelman avulla, joka toimeenpannaan omavalvonnalla. Omavalvontatutkimusten määrään vaikuttavat muun muassa vedentuotantoketju, paikalliset olosuhteet, käytettävän raakaveden laatu, toimitetun talousveden määrä, toiminnan luonne ja laajuus, vedenkäsittelymenetelmät ja veden viipymäaika verkostossa. Talousveden laadunvalvonnassa pääpaino on talousvettä toimittavan laitoksen omavalvonnassa, sillä laitoksen on toimitettava talousvesiasetuksen mukaista talousvettä jatkuvasti. Viranomaisvalvonta ja omavalvonta muodostavat kokonaisuuden, jolla varmistetaan talousveden laadusta. Omavalvonnasta on kerrottu soveltamisohjeen osan II kappaleessa 13. Seuraavassa on esimerkkejä omavalvontaan soveltuvista muuttujista.

### 5.1. Mikrobiologiset muuttujat

Veden mikrobiologisen laadun omavalvonnassa voidaan käyttää samoja muuttujia ja menetelmiä, joita käytetään viranomaisvalvonnassa. Esimerkiksi koliformisten bakteerien tutkimisessa samojen menetelmien käyttö on suotavaa, jotta vältetään tulkintavaikeuksilta. Omavalvonnassa on mahdollista käyttää myös muita kuin talousvesiasetuksessa mainittuja veden laadun määrittämenetelmiä, tavanomaista 100 ml suurempia vesitilavuuksia. Muita menetelmiä käytettäessä on hyvä varmistaa menetelmien soveltuvuus talousveden tutkimiseen ja kiinnittää huomiota menetelmien määrittämissärajoihin ja mittausepävarmuuteen. On suositeltavaa selvittää etukäteen tulosten tulkinta ja jatkotoimenpiteet, jos tulokset poikkeavat tavanomaisesta tasosta.

Omavalvonnassa on tärkeää pystyä havaitsemaan, jos esimerkiksi veden laatu muuttuu, vedenkäsittelyssä on häiriöitä tai vedenjakeluverkosto aiheuttaa liikaantumiseriskin. Havaitun muutoksen syy on selvitettävä ja lisätutkimuksilla on varmistettava vedenkäsittelylaitteiden toimivuus ja veden laadun terveellisyys. Vedenlaadun muutostilanteessa myös aistinvaraiset havainnot voivat olla tärkeitä. Muutoksien havaitsemiseen voi käyttää jatkuvatoimisia veden fysikaalis-kemiallisen laadun ilmaisimia ns. online sensoreita. Jatkuvatoimisesti seurattavia veden laatuparametreja voivat olla esimerkiksi sameus tai absorbanssi, mutta myös sähkönjohtavuus ja lämpötila. Mikrobiologisia näytteitä kannattaa ottaa erityisesti silloin, kun veden laadussa on todettu muutos. Vettä voidaan tutkia jatkuvatoimisilla ilmaisimilla ja näytteitä voidaan ottaa esimerkiksi automaattisilla näytteenottimilla.

### **5.1.1. Hidaskasvuisten heterotrofisten bakteerien määrittäminen**

Pesäkkeiden lukumäärän määrittäminen kannattaa sisällyttää valvontatutkimusten lisäksi osaksi omavalvontaa. Pesäkkeiden lukumäärän avulla voidaan seurata raakaveden laatua, desinfioinnin tehokkuutta sekä verkostossa tapahtuvaa mikrobiologista kasvua. Talousveden desinfioinnin tehon tarkkailemiseksi on mahdollista käyttää pesäkeluvun määrittämisessä standardin mukaista kasvualustaa ja  $22 \pm 2$  °C viljelylämpötilan lisäksi  $36 \pm 2$  °C viljelylämpötilaa sekä suurempien näytetilavuuksien tutkimista kalvosuodatusmenetelmää käyttäen. Heterotrofisen pesäkeluvun tulisi laitokselta lähtevässä vedessä olla tällöin selvästi alle 10 pmy/ml.

Omavalvonnassa voidaan pesäkeluvun määrittämisessä käyttää EN-SFS ISO 6222 standardia tehokkaampia menetelmiä kuten kasvatusta R2A-alustalla (7 vrk,  $22 \pm 2$  °C). R2A-alusta sopii erityisesti verkostomikrobien määrän seurantaan. R2A-alustalla kasvaa yleensä enemmän pesäkkeitä kuin standardin SFS-EN ISO 6222 mukaisella tryptoni-hiivauute agar -alustalla, mikä on otettava huomioon tuloksia tulkittaessa. Viikon kasvatusaika tuo myös paremmin esille hitaasti kasvavia mikrobilajeja (esim. homeet ja sädesienet).

Omavalvonnassa voidaan hyödyntää myös heterotrofiselle pesäkeluvulle kehitettyjä määrittämenetelmiä.

## **5.2. Aktiivisen kloorin kokonaismäärä, Cl<sub>2</sub>**

Aktiivisen kloorin kokonaismäärä koostuu sidotusta ja vapaasta kloorista. Sidotulla kloorilla tarkoitetaan lähinnä klooriamiineihin (monoklooriamiini, diklooriamiini ja triklooriamiini) sitoutunutta klooria. Vapaa kloori koostuu klooriin, alikloorihapokkeeseen ja hypokloriittiin sitoutuneesta kloorista. Aktiivisen kloorin kokonaismäärästä käytetään usein myös nimitystä kloorijäämä.

Talousveden klooripitoisuudelle ei yleensä ole annettu ohjearvoja, koska veden desinfiointiin tarvittavan kloorin määrä riippuu desinfioitavan veden laadusta, desinfioitavasta mikrobista, kloorin kanssa reagoivien orgaanisten aineiden ja ammoniakkin määrästä, sekä veden viipymästä vesijohtoverkossa ja verkoston kunnosta. Kloorin desinfiointiteho heikkenee pH:n noustessa. Alhaisessa pH:ssa kloori lisää korroosiovaikutusta. Klooriamiini on sidottua klooria. Sen etuna vapaaseen klooriin nähden on sen parempi säilyvyys verkostossa sekä vähäisempi orgaanisten klooriyhdisteiden muodostuminen.

Veden desinfiointia pidetään normaalitilanteessa riittävänä, kun kloorijäämä on todettavissa kaikissa vesijohtoverkon osissa tai kun verkostossa ei ole havaittavissa haitallista bakteerikasvua. Klooridesinfiointia käyttävän laitoksen vedessä kloorin hajua ja makua ei katsota laatuvirheeksi. Orgaaninen aine on poistettava tehokkaasti veden käsittelyssä, jotta suuria kloorimääriä ei tarvita. Jos talousvedessä olisi paljon orgaanista ainetta ja viipymä vesijohtoverkossa pitkä, täytyisi lisätä suuria klooriannoksia. Tällöin veden haju ja maku heikkenisivät ja orgaanisten klooriyhdisteiden muodostuminen olisi runsasta.

Yleensä talousveden sisältämän vapaan ja sidotun aktiivisen kloorin pitoisuus on alle 1,0 mg/l. Mikrobiologista saastumista epäiltäessä ja epidemiatilanteessa on tarvittaessa käytettävä suurempia klooriannoksia. Valviran verkkosivuilla olevissa [Toimintatavat talousveden laadun turvaamiseksi](#) ohjeissa on kerrottu toiminnasta epidemiatilanteessa. Tehokloorauksessa veden klooripitoisuus nostetaan suuremmaksi kuin 5 mg/l. Tällöin käyttäjille on tiedotettava talousveden käyttökiellosta (juominen, ruuanlaitto, peseytyminen). Tehokloorauksen aikana vettä saa käyttää WC:n huuhteluun. Talousveden mikrobiologista saastumista epäiltäessä asiantuntija-apua saa THL:n Asiantuntijamikrobiologian yksikön [vesimikrobiologian laboratorion](#). THL on julkaissut verkkosivuillaan videot [klooripitoisuuden mittaamisesta ja laskemisesta](#) jatkuvana annosteluna ja kerta-annoksena sekä [laskurin](#) klooripitoisuuden laskemiseksi. Kloorilaskuri on saatavilla myös matkapuhelinsovelluksena.

### 5.3. Alkaliteetti

Alkaliteetti kuvaa veden kykyä vastustaa haponlisäyksestä aiheutuvaa pH-muutosta. Mitä suurempi alkaliteetti, sitä enemmän happoa tarvitaan yhden yksikön pH-muutokseen. Normaalilla vesilaitoksen pH-alueella alkaliteetti aiheutuu lähinnä bikarbonaatista. Bikarbonaatti on hiilihapon suola. Sitä on lähes aina myös raakavedessä ja sitä muodostuu lisää hiilidioksidista vettä alkaloitaessa.

Alkaliteetille ei ole annettu enimmäisarvoa. Mitä pienempi alkaliteetti on, sitä helpommin veden pH-arvo muuttuu. Pieni alkaliteetti on eräs osatekijä, joka voi lisätä verkostokorroosiota ja muun muassa raudan liukenemistä

verkostomateriaaleista. Jos alkaliteetti on pieni (alle 0,5-0,6 mmol/l), korroosiosta johtuva talousveden rautapitoisuuden kasvu on todennäköistä ainakin ajoittain etenkin pintavesilaitosten verkostoissa. Tätä kautta sillä on merkitystä talousvesiasetuksen mukaisten laatutavoitteiden täyttymiselle. Kappaleessa 6 on kuvattu indeksi, jonka avulla voidaan arvioida talousveden laadun vaikutusta metallien korroosioon.

Suuri alkaliteetti yhdessä kalsiumin kanssa lisää kalkkisaostumien muodostumista lämminvesilaitteisiin. Haittaa voidaan vähentää alentamalla pH-arvoa.

#### **5.4. AOX**

AOX tarkoittaa adsorboituvien orgaanisten halogeeniyhdisteiden (mm. kloori-, bromi- ja jodiyhdisteiden) kokonaismäärää, joka voi muodostua hyvin erilaisista yhdisteistä. Siksi AOX-määrää ei voida käyttää kuvaamaan veden terveydellistä laatua eikä sille ole olemassa terveysterveysteistä enimmäisarvoa.

AOX-määritys on yleisindikaattori, joka kuvaa eri vesillä eri asioita. Sitä voidaan käyttää apuna tarkkailtaessa veden orgaanisten halogeeniyhdisteiden määrää kokonaisuudessaan. Jos AOX-arvo poikkeaa normaalista, on jatkotoimenpiteisiin syytä ryhtyä. Kohonneen AOX-pitoisuuden syy on selvitettävä, jotta voidaan varmistua, ettei talousveden käyttö aiheuta terveyshaittoja.

Pintavesilaitoksissa AOX:ää syntyy kloorin reagoiessa orgaanisen aineksen (humusaineiden) kanssa. Näitä yhdisteitä kutsutaan desinfiointin sivutuotteiksi. AOX-yhdisteitä voi myös päätyä raakavesiin muun muassa teollisuudesta esimerkiksi sellun valkaisuun ja muovien valmistamisesta, torjunta-aineista, sillä osa torjunta-aineista on AOX-yhdisteitä, ja erilaisten luonnon prosessien kautta. Desinfiointimattomien pohjavesien AOX on tavallisesti alle 20 µg/l.

#### **5.5. Kalsium, Ca**

Kalsium on ihmiselle välttämätön hivenaine. Kalsiumin elimistölle haitalliset määrät ovat huomattavasti suurempia kuin pitoisuudet, joissa kalsium aiheuttaa teknisiä tai esteettisiä haittoja. Kalsium muodostaa veteen liukenevaa bikarbonaattia reagoiessaan hiilidioksidin kanssa. Talousveden liian pienet tai liian suuret kalsiumpitoisuudet saattavat aiheuttaa kalsiumkarbonaatin yli- tai alikyllästymistilan, minkä seurauksena talousvesi reagoi putkimateriaalin kanssa aiheuttaen veteen laatuvirheitä. Suuret kalsiumpitoisuudet aiheuttavat saostumia lämminvesilaitteisiin ja lisäävät pesuaineiden kulutusta.

Kalsium on tärkein veden kovuuteen vaikuttava tekijä (ks. kokonaiskovuus ja magnesium). Suomen vedet ovat tyypillisesti pehmeitä ja sisältävät yleensä vain vähän kalsiumia lukuun ottamatta muutamien kalkkikivialueiden vesiä.

Kalsiumpitoisuutta on järkevää seurata omavalvonnassa silloin, kun vettä alkaloidaan kalkkipohjaisilla (kalkki, kalkkikivi) kemikaaleilla tai kun vesi on luontaisesti poikkeuksellisen kovaa.

Kalsium vaikuttaa veden korroosio-ominaisuuksiin. Jos kloridin ja sulfaatin pitoisuudet ovat pieniä, korroosio on vähäisintä, kun veden kalsiumpitoisuus on noin 0,7 mmol/l eli 28 mg/l. Kappaleessa 6 on kuvattu indeksi, jonka avulla voidaan arvioida talousveden laadun vaikutusta metallien korroosioon.

## 5.6. Kloorifenolit

Kloorifenoleja voi joutua maaperään ja vesiin puunkyllästysaineiden tai kyllästetyn sahatavaran huolimattoman käytön ja varastoinnin seurauksena. Kloorifenoleja syntyy maataloudessa käytettyjen torjunta-aineiden hajoamistuotteina. Suomessa merkittävä kloorifenolien lähde on metsänjalostusteollisuuden valkaisu-jätevesi. Kloorifenoleja muodostuu myös vettä kloorattaessa sekä jätteitä poltettaessa. Suomessa kloorifenoleja on todettu vesissä yleensä alle 1,0 µg/l paitsi joillakin saha-alueilla, joilla pitoisuudet ovat olleet hyvinkin korkeita.

Kloorifenoleja voi päätyä elimistöön talousveden ohella ravinnosta ja vähäisiä määriä hengitysilmaasta. 2,4,6-trikloorifenoli luokitellaan eläinkokeiden perusteella syöpävaaralliseksi aineeksi. Pentakloorifenolin on osoitettu aiheuttavan koe-eläimille maksa- ja munuaisvaurioita sekä olevan myrkyllistä koe-eläinten sikiöille. Myös työympäristössä altistuneilla ihmisillä on havaittu vaikutuksia maksan ja munuaisten toimintaan.

Kloorifenolien haju- ja makukynnys on yhdisteestä riippuen 0,04 – 2,0 µg/l paitsi pentakloorifenolilla, jonka haju- ja makukynnysarvot ovat 1000 µg/l ja 100 µg/l.

Kloorifenolien pitoisuutta on seurattava, jos se riskinarvioinnin perusteella saattaa aiheuttaa terveyshaittaa. Tri-, tetra-, ja pentakloorifenolien yhteenlasketulle pitoisuudelle oli aikaisemmin kansallisin perustein asetettu terveysperusteinen laatuvaatimus. Terveysperusteisena enimmäisarvona voi käyttää edelleen 10 µg/l, vaikka ajantasaisessa talousvesiasetuksessa ei ole enää laatuvaatimusta kloorifenoleille.



## 5.7. Kokonaiskovuus

Veden kovuus aiheutuu pääasiassa liuenneesta kalsiumista ja magnesiumista. Veden kovuuden yksikkönä käytetään usein yksikköä mmol/l. Saksalaisen kovuusasteikon vastaavuus konsentraatioon perustuvaan kokonaiskovuuden yksikköön on 1 mmol/l = 5,6 °dH.

### Taulukko 2. Veden kovuuden luokittelu.

Veden kovuuden luokittelu<sup>1</sup>:

Kovuus	mmol/l
Hyvin pehmeä	< 0,5
Pehmeä	0,5 – 1,0
Keskikova	1 – 2
Kova	2 – 4
Hyvin kova	> 4

<sup>1</sup>Ahonen MH, Kaunisto T, Mäkinen R, Hatakka T, Vesterbacka P, Zacheus O, Keinänen-Toivola MM. 2008. [Suomalaisen talousveden laatu raakave-destä kulluttajan hanaan vuosina 1999-2007](#). Vesi-Instituutin julkaisuja 4.

Veden kovuus lisää kalkin saostumista putkistoon. Kalkin saostuminen lisääntyy korkeassa pH:ssa, joten veden pH:n on hyvä olla sitä pienempi mitä suurempi talousveden kovuus on. Arvioitaessa sopivaa pH-arvoa kovalle vedelle voidaan apuna käyttää Langelierin kylläisyysindeksiä (Langlier saturation index). Oma-valvonnassa kalsiumpitoisuuden seuranta voidaan korvata kokonaiskovuuden seurannalla, jos veden magnesiumpitoisuus tunnetaan (kalsiumpitoisuus voidaan kyseisten tietojen perusteella laskea).

Liian alhainen veden kokonaiskovuus on eräs putkistojen korroosioon vaikuttava tekijä. Kappaleessa 6 on kuvattu indeksi, jonka avulla voidaan arvioida talousveden laadun vaikutusta metallien korroosioon.

## 5.8. Lämpötila

Raakaveden lämpötila Suomen pintavesissä on kesäaikaan 16 - 23 °C ja talviaikaan 0 - 4 °C. Pohjavedessä vuodenaikaiset lämpötilan vaihtelut ovat huomattavasti pienemmät; talviaikaan lämpötila on 4 - 7 °C ja kesäaikaan 5 - 8 °C. Talviaikainen lämpötila nousee yleensä hieman pintaveden käsittelyprosessissa.

Talousvesi voi lämmetä kesällä verkostoissa, jos vesijohdot on asennettu lähelle maanpintaa.

Veden lämpötila vaikuttaa kaikkiin biologisiin toimintoihin. Lämpötilan noustessa mikrobien kasvu nopeutuu ja veden mikrobiologinen laatu heikkenee nopeammin. Veden lämpötila vaikuttaa myös veden nautittavuuteen. Lämpimästä talousvedestä aistitaan makuvirheet helpommin, sillä makua aiheuttavien aineiden haihtuvuus kasvaa veden lämmitessä.

Veden lämmitessä kemialliset reaktiot nopeutuvat ja esimerkiksi kloori poistuu vedestä nopeammin. Lämpötilan nousu lisää kloorauksessa syntyvien haitallisten yhdisteiden määrää. Korkea veden lämpötila lisää sekä sähkökemiallista että varsinkin mikrobiologista korroosiota putkistossa. Jo 10 - 15 °C lämpötilan muutos ja vaihtelu voi vaikuttaa haitallisesti veden korroosio-ominaisuuksiin.

Talousveden jäähtyminen vesijohtoverkossa talviaikaan saattaa aiheuttaa jäätymisongelmia erityisesti latvaviemäreiden tarkastuskaivojen läheisyydessä, auratuilla katu-, tie-, ja piha-alueilla sekä kiinteistöissä. Veden haitallinen lämpeneminen on estettävä, jos kaukolämpöjohtoja käytetään hyväksi vesijohdon jäätymisvaurioiden estämisessä.

Talousveden huomattavaa lämpenemistä tapahtuu etenkin kiinteistön omilla vesilaitteistoissa. Ympäristöministeriön antamassa asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista todetaan, että kylmävesilaitteistossa olevan veden lämpötila saa olla enintään 20 °C. Samassa asetuksessa on säädetty, että [legionellabakteerin kasvun välttämiseksi](#) lämminvesilaitteistoissa olevan veden lämpötilan on oltava vähintään 55 °C ja sitä on saatava lämminvesikalusteesta 20 s kuluessa.

Jaksottaisen seurannan viranomaisvalvontatutkimuksessa mitataan (kylmän) talousveden lämpötila yhden minuutin kuluttua veden juoksuttamisen aloittamisesta. Lämpötilan avulla arvioidaan, miten kiinteistön vesilaitteisto vaikuttaa veden lämpötilaan.

## 5.9. Magnesium, Mg

Talousveden magnesium on peräisin maaperän suoloista. Myös dolomiittipohjaiset alkalointimassat lisäävät jonkin verran veden magnesiumpitoisuutta. Suomessa veden magnesiumpitoisuus on yleensä alhainen.

Magnesium on ihmiselle välttämätön hivenaine. Korkea magnesiumpitoisuus aiheuttaa epämiellyttävää makua veteen. Lisäksi se nostaa veden kovuutta ja voi aiheuttaa saostumia lämminvesijärjestelmissä. Tosin useimmiten saostumat

eivät sisällä merkittäviä määriä magnesiumia. Magnesiumin suorat terveydelliset haittavaikutukset esiintyvät huomattavasti suuremmissa pitoisuuksissa kuin tekniset ja esteettiset haittavaikutukset.

Magnesium sisältyy veden kokonaiskovuuteen. Sen ajoittainen seuraaminen voi olla omavalvonnassa aiheellista, jos alkalointiin käytetään dolomiittipohjaisia alkalointimassoja.

## **5.10.VOC (Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, volatile organic compounds)**

VOC-analyysillä mitataan helposti haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärää. VOC-analyysi tuo esiin haihtuvia polttoaineiden komponentteja (esim. bentseeni, ksyleeni, tolueni, MTBE), liuottimia ja rasvanpoistoaineita (esim. tetra-kloorieteeni, trikloorieteeni) sekä haihtuvia organoklooriyhdisteitä (esim. trihalometaanit). VOC-aineita saattaa päätyä veteen myös vesijohtoverkoston materiaaleista (esim. [PEX](#)-putkista). VOC on luonteeltaan summaparametri, eikä sille ole olemassa terveysterveysteistä enimmäisarvoa.

VOC on erityisen soveltuva muuttuja etenkin pohjavesien laadun tarkkailussa. Koska pohjavedet eivät luontaisesti sisällä VOC-yhdisteitä (pitoisuudet tyypillisesti alle määritysrajan), on kohonnut pitoisuus osoitus pohjaveden saastumisesta. VOC-tarkkailun tulisikin perustua menetelmään, jossa määritysraja on mahdollisimman alhainen. Kasvaneen VOC-pitoisuuden aiheuttaja on selvitettävä ja selvityksen perusteella arvioidaan tilanteeseen soveltuvat toimenpiteet tapauskohtaisesti saastumisen luonne ja laajuus huomioon ottaen.

## **6. Veden syövyttävyyden arviointi**

Talousvesi ei saa olla haitallisessa määrin syövyttävää. Veden syövyttävyyteen ja kiinteistöjen vesilaitteiden syöpymiseen vaikuttavat monet tekijät yhdessä. Veden laadun osalta syövyttävyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi pH, alkaliteetti, kovuus ja suolapitoisuus. Kiinteistöjen vesilaitteiden osalta vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi laitteiden materiaalit ja valmistustapa, oikea mitoitus (veden virtausnopeus), huolellinen asennus ja käyttöönotto sekä veden kulutustavat (veden seisominen). Putkiston käyttöönottoaiheessa ja sen jälkeen ensimmäisten kuukausien ajan on erityisen tärkeää suojakerrosten muodostumisen kannalta, että vesi ei seiso putkissa pitkiä aikoja.

Vesilaitoksen on pyrittävä löytämään kompromissi veden laatuun ja käyttökel-poisuuteen vaikuttavien tekijöiden ja vedenkäsittelykustannusten kesken. Veden korroosio-ominaisuuksiin vaikuttavat yksittäiset vedenlaadun muuttujat ja

niiden keskinäiset suhteet. Veden ominaisuudet vaikuttavat eri tavalla eri materiaaleihin ja materiaalien korroosio voi vaikuttaa veden laatuun. Syövyttävä vesi voi kasvattaa valurautaputkissa talousveden rautapitoisuutta ja kupariputkissa kuparipitoisuutta. Kalkkia sisältävien putkimateriaalien (esim. betoni) syöpyminen voidaan havaita veden pH:n, alkaliteetin ja kalsiumpitoisuuden kasvuna. Lisää tutkimustietoa tarvitaan muun muassa tekijöistä, jotka vaikuttavat kupariputkien korroosioon. Taulukossa 3 on esitetty suositukset talousveden syövyttävyyden vähentämiseksi.

Talousveden pH-arvon laatutavoite on annettu veden korroosiovaikutusten vuoksi. Alkaloimattoman veden pH on Suomessa yleensä lievästi hapan eli 6 - 7. Tällä pH-alueella putkistoissa ja LVI-laitteissa käytetyt materiaalit kuten valurauta, sinkitty teräs, kupari, betoni ja asbestisementti saattavat syöpyä. Putkistojen syöymisestä johtuvaa merkittävää veden laadun heikkenemistä ei esiinny silloin, kun veden korroosio-ominaisuudet ovat vedenjakelulaitteiden kannalta oikeat.

Taulukossa 3 on esitetty myös indeksi, jonka avulla voidaan arvioida talousveden laadun vaikutusta metallien korroosioon. Korroosiota kiihdyttäviä klorideja ja sulfaatteja tulisi olla vedessä mahdollisimman vähän. Korroosion vähentämiseksi alkaliteetin tulee olla sitä suurempi, mitä suuremmat veden sulfaatti- ja kloridipitoisuudet ovat.

**Taulukko 3.** Talousveden arviointiperusteet syövyttävyyden vähentämiseksi.

pH	yli 7,5
Alkaliteetti, mmol/l	yli 0,6
Kalsium, mg/l	yli 10
Happi, mg/l	yli 2
$\frac{\text{Alkaliteetti (mmol/l)}}{\text{Sulfaatti (mg/l)/48 + Kloridi (mg/l)/35,5}}$	$\geq 1,5$

Usein on suositeltavaa nostaa veden pH noin kahdeksaan. Optimaalinen pH on syytä tarkistaa sellaiseksi, ettei kalkin saostuminen lämminvesilaitteisiin ole haitallisen suurta. Sopiva pH on usein sellainen, jossa kalkkia saostuu hieman kuumaan veteen, mutta ei kylmään (riippuu lähinnä kalsiumista ja alkaliteetista). Kun vesi on kovaa, pH-arvon tulee olla selvästi alle kahdeksan.

Pintavesilaitoksissa verkostoveden laadun kannalta suositeltava alkaliteetti on yli 0,8 mmol/l. Pienissä pintavesilaitoksissa alkaliteetin nosto on kalsiumin nostoa tärkeämpää.

Mahdollisia toimenpiteitä:

- Verkostoveden pH arvon nosto ainakin yli 7,5:een ja mieluiten veden laadun mukaan määräytyvään optimiarvoon siten, että kylmään veteen ei saostu kalkkia mutta kuumaan veteen jonkin verran.
- Selvitetään, mitä merkitsee verkoston kunnolle, jos vedenlaatu alkaloinnin jälkeenkään ei täytä taulukossa mainittuja suositusarvoja.
- Syiden ja hallintatoimenpiteiden selvittäminen on myös tarpeen, jos kupari-putkistoissa todetaan syöpymiä tai lämminvesilaitteissa tukkeutumia.



## Valvira

Sosiaali- ja terveysalan  
lupa- ja valvontavirasto

Sosiaali- ja terveysalan  
lupa- ja valvontavirasto, Valvira

Ratapihantie 9, 00520 Helsinki  
PL 43, 00521 Helsinki  
Koskenranta 3, 96100 Rovaniemi

Puhelin 0295 209 111  
kirjaamo@valvira.fi  
valvira.fi