




L.K. Korhonen • K. Malaska • U. Lignell • P. Kärkkäinen
H. Rintala • A. Nevalainen • I.T. Miettinen

Aktinomykeettien ja homeiden esiintyminen verkostovedessä

Kansanterveyslaitoksen julkaisuja  15/2006

L..K. Korhonen, K. Malaska, U. Lignell, P. Kärkkäinen, H. Rintala A. Nevalainen ja I.T. Miettinen,

AKTINOMYKEETTIEN JA HOMEIDEN ESIINTYMINEN VERKOSTOVEDESSÄ

Kansanterveyslaitos
Ympäristöterveyden osasto
Ympäristömikrobiologian laboratorio
KTL-National Public Health Institute, Finland
Department of Environmental Health
Environmental Microbiology Laboratory
Helsinki 2006

Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B15 / 2006

Copyright National Public Health Institute

Julkaisija-Utgivare-Publisher

Kansanterveyslaitos (KTL)

Mannerheimintie 166

00300 Helsinki

Puh. vaihde (09) 474 41, telefax (09) 4744 8408

Folkhälsoinstitutet

Mannerheimvägen 166

00300 Helsingfors

Tel. växel (09) 474 41, telefax (09) 4744 8408

National Public Health Institute

Mannerheimintie 166

FIN-00300 Helsinki, Finland

Telephone +358 9 474 41, telefax +358 9 4744 8408

<http://www.ktl.fi>

ISBN (print)

ISBN (951-740-665-7)

ISSN 0359-3576

<http://www.ktl.fi/portal/2920>

Kannen kuva - cover graphic:

vasen/left: Mikroskooppikuva *Aspergillus*-homekasvustosta/Growth of *Aspergillus* seen microscopically

oikea/right: Aktinomykeettipesäkkeitä petriمالجalla/Colonies of actinomycetes on a petri dish

Tekijät : L.K. Korhonen, K. Malaska, U. Lignell, P. Kärkkäinen, H. Rintala, A. Nevalainen ja I.T. Miettinen
Aktinomykeettien ja homeiden esiintyminen verkostovedessä
Kansanterveyslaitoksen julkaisuja, B15/2006, 38 sivua
ISBN951-740-665-7 (pdf -versio) ISSN 0359-3576 <http://www.ktl.fi/portal/2920>

TIIVISTELMÄ

Valtaosa Suomen talousvesistä täyttää kaikki asetetut normit ja kuluttajat pitävät talousveden laatua hyvänä, mutta myös suomalaisissa talousvesissä esiintyy mikrobiologisia ongelmia. Yksi tällainen ilmiö on verkostovesien haju- ja makuongelmat, jotka aiheutuvat verkostoissa tapahtuvasta mikrobikasvusta. Tässä oleelliset tekijät ovat putkistojen pinnoilla biofilmeillä kasvavat aktinomykeetit ja mikrosienet (homeet ja hiivat).

Aiempaa tutkimustietoa asiasta ei juuri ole, joten Kansanterveyslaitos aloitti vuonna 2004 Vesi- huoltolaitosten kehittämisrahaston tukemana tutkimuksen, jossa selvitettiin homeiden ja aktinomykeettien esiintymisestä Suomen talousvesiverkostoissa. Tutkimus käynnistettiin valtakunnallisella kyselyllä, johon vastasi 405: vedenottamo. Näistä n. 10%:lla oli homeisiin/aktinomykeetteihin mahdollisesti liittyviä haju- tai makuongelmia verkostovesissä.

Esitutkimuksen pohjalta valittiin tutkittavaksi pinta- ja pohjavesilaitoksia, joilla mikrobiologisia ongelmia oli esiintynyt. Tutkimuksessa analysoitiin raakaveden kemiallis-mikrobiologista laatua ja laadun muutoksia vedenkäsittelyssä sekä veden ikääntyessä verkoston eri osissa. Kevättalvella-05 tehtiin veden laadun mittauksia 19 laitoksella. Tutkimus uusittiin syksyllä -05 viidellä laitoksella. Kaikista verkostovesistä löytyi sekä homeita että aktinomykeettejä. Mikrobipitoisuudet olivat kuitenkin alhaisia, vaikka useissa kohteissa esiintyi veden pahaa hajua ja makua. Tutkimuksessa havaittiin että useissa kohteissa talousvesien homeongelmaa selittää vedenottamoiden raakavesien laatu (huuhtoutumat maaperästä). Sädesienien esiintyvyys taas liittyi useimmiten verkostossa tapahtuvaan mikrobikasvuun. Ongelman monimuotoisuutta kuvastaa se, että homeiden tai aktinomykeettien esiintymistä ei voitu selittää aineiston tilastollisessa tarkastelussa millään yksittäisellä vedenkäsittelyyn (desifiointi), jakeluun (materiaalit, veden viive verkostossa) tai veden yleiseen laatuun (ravinteet, lämpötila) liittyvällä tekijällä.

Asiasanat: *biofilmit, haju- ja makuongelmat, jälkikasvu, talousveden laatu, veden käsittely, vesijohtoverkoston mikrobit*

Författarna : L.K. Korhonen, K. Malaska, U. Lignell, P. Kärkkäinen, H. Rintala, A. Nevalainen och I.T. Miettinen
Förekomsten av aktinomyketer och mögel i vatten i distributionsnätet.
Folkhälsoinstitutets publikationer, B15/2006, 38 sidor
ISBN951-740-665-7 (pdf -version), ISSN 0359-3576 <http://www.ktl.fi/portal/2920>

SAMMANDRAG

Huvuddelen av finska hushållsvattnen fyller alla utsatta normer och konsumenterna anser hushållsvattnets kvalitet som gott.,men ändå det finns mikrobiologiska problem i finska hushållsvattnen. En sådan företeelse är lukt- och smakproblem i ledningsvatten, som orsakas av mikrobväxten i nätet. De väsentliga faktorer angående lukt och smak av ledningsvatten är aktinomyketer och mikrosvampar (mögel och jäst) som växer på ytor i ledningarna.

Tidigare forskningsuppgifter om saken finns det knappast, varför Folkhälsoinstitutet började år 2004 med stöd av Vattenförsörjningsinstituternas utvecklingsfond en forskning för att reda upp förekomsten av mögel och aktinomyketer i Finlands hushållsvattennätverken. Forskningen börjades med en riksomfattande utfrågning, som besvarades av 405 vattenuttagningsställen. Av dessa omkring 10% hade i ledningsvatten lukt- eller smakproblem möjligen orsakade av mögel/aktinomyketer.

Till undersökningen valdes yt- och grundvattenverk med föregående mikrobiologiska problem. I undersökningen analyserades råvattens kemisk-mikrobiologisk kvalitet och kvalitetsändringar vid vattenbehandling samt vid åldrande av vattnet i olika delar av nätverket. Under vårvinter -05 undersöktes vattenkvalitet vid 19 vattenverk. Undersökningen upprepades på hösten -05 vid fem vattenverk. Från vatten av alla deltagande vattenverk fanns det både mögel och aktinomyketer. Mikrohalten var ändå låga, fast det i flera verk förekom dålig lukt eller smak av vatten.

I undersökningen observerades, att vid flera vattenverk mögelproblem i hushållsvatten förklaras genom kvaliteten av råvatten i vattenuttagningsstället (sköljningar ur jordgrunden). Förekomsten av aktinomyketer däremot sammanhänger mestadels med mikrobuppväxt i nätverket. Mångformigheten av problemet reflekterar det, att vid statistisk granskning av resultaten inte kan förenas någon enskild faktor angående vattenbehandling (desinficering), fördelning (material, dröjsmål) eller allmän vattenkvalitet (näringsämnen, temperatur)

Ämnesord: *biofilmer, efterväxt av mikrober, hushållsvattnets kvalitet, lukt- och smakproblem, , mikrober i vattenledningar, vattenbehandling*

Authors : L.K. Korhonen, K. Malaska, U. Lignell, P. Kärkkäinen, H. Rintala, A. Nevalainen and I.T. Miettinen
Occurrence of actinomycetes and mold in water in distribution network
Publications of the National Public Health Institute, B15/2006, 38 Pages
ISBN 951-740-665-(pdf -version), ISSN 0359-3576 <http://www.ktl.fi/portal/2920>

ABSTRACT

The majority of Finnish drinking waters fulfill all set regulations and consumers consider the quality as good, but microbiological problems do occur. One such phenomenon is taste and odor problems in distributed water. This drawback is caused by microbial growth occurring in distribution networks. The essential factors in this regard are actinomycetes and microfungi (molds and yeasts) growing on biofilms on the surfaces of distribution pipelines.

As previous research data about this matter is scanty, National Public Health Institute, supported by the Development Fund of Water Supply Works, began in 2004 a research project to elucidate the occurrence of molds and actinomycetes in Finnish drinking water pipeline networks. This research was activated by a nationwide survey which was answered by 450 waterworks. Of these about 10% had odor- or taste problems possibly related to the growth of molds/actinomycetes in their distributed water.

On the basis this, ground- and surface- waterworks with earlier microbiological problems were selected for a study of quality changes during water treatment and delay in different parts of the distribution network. The research was carried out in late winter -05 with water quality analyses at 19 waterworks. The research was repeated in late autumn -05 at five of the waterworks. Both molds and actinomycetes were found from all the studied waterworks. However, the concentrations of microbes were low, even though bad odor or taste of water was found at several works. It was found that the quality of raw water ((leaching from ground) explains the mold problem of potable water. The occurrence of actinomycetes, meanwhile is mostly connected with microbial regrowth in the distribution network. The diversity of the problem is reflected in that the occurrence of molds/actinomycetes could not be explained in the statistical analyses of the results by a single factor in water treatment (disinfection), distribution (materials, delay) or general water quality (nutrients, temperature)

Keywords: *biofilms, drinking water quality, microbial regrowth, water treatment, microbes in distributed water, odor and taste problems,*

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	8
2	TYÖRYHMÄ:.....	9
3	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	10
3.1	Esikartoitus	10
3.2	Varsinainen tutkimus	10
3.2.1	Tutkimuskohteet.....	10
3.2.2	Näytteenotto	10
3.2.3	Veden kemiallinen laatu	11
3.2.4	Mikrobiologiset tutkimukset	11
3.2.5	Tulosten tilastollinen käsittely	11
3.3	Uusintatutkimus	11
4	TULOKSET	12
4.1	Esikartoituksen tulokset.....	12
4.2	Varsinaisen tutkimuksen tulokset	14
4.2.1	Vesilaitosten ilmoittamat veden laatutiedot	14
4.2.2	Veden ravinteet.....	14
4.2.3	Kokonaisbakteerimäärä ja indikaattoribakteerit.....	14
4.2.4	Aktinomykeetit, homeet ja hiivat	14
4.2.5	Erilaisten veden laatutekijöiden vaikutus mikrobien kasvuun	16
4.3	Uusintatutkimuksen tulokset.....	17
4.3.1	Vesilaitosten ilmoittamat veden laatutiedot ja veden ravinteet.....	17
4.3.2	Mikrobiologiset tulokset.....	17
5	TULOSTEN TARKASTELU	17
6	LÄHTEET	19
7	LIITTEET – APPENDIXES	20
8	TAULUKOT – TABLES	20

1 JOHDANTO

Valtaosa Suomen talousvesistä täyttää kaikki sille asetetut normit ja kuluttajat pitävät talousveden laatua niin hyvänä että suomalainen talousvesi mielletään itsestään selvästi juomavedeksi. Mutta jo Keski-Euroopassa tilanne on usein toinen. Kuitenkin myös suomalaisissa talousvesissä esiintyy ongelmia jotka voisivat vaikuttaa kulutustottumuksiin. Kansanterveyslaitos on saanut viimeisten viiden vuoden aikana kuntien terveysvalvontaviranomaisilta enenevässä määrin talousveden haju- ja makuongelmia koskevia yhteydenottoja. Talousveden esteettisen laadun heikkenemistä selittävä tekijä on verkostovedessä esiintyvä mikrobikasvu. Osaltaan mikrobikasvun merkitystä talousveden laadun heikentäjänä korostavat pitkät siirtolinjat ja vedenkulutuksen väheneminen, mikä johtaa talousveden ikääntymiseen verkostossa.

Pääosa verkostojen mikrobistosta elää putkistojen pinnoilla biofilmeissä/ saostumissa. Valtaosa näistä ns. heterotrofisista mikrobeista aiheuttaa verkoston pintojen sekä vesikalusteiden limoittumista. Mikrobikasvu saa kuitenkin erilaisen merkityksen silloin, kun verkostojen pinnoille pesiytyy muun mikrobiston joukkoon aktinomykeettejä (aiemmalta nimeltään sädesieniä) ja mikrosieniä (homeet ja hiivat). Rihmasienten ja hiivojen on todettu viihtyvän vesijohtoverkoston sisäpinnoille muodostuvassa biofilmisessä (Doggett, M.S. 2000), mistä ne leviävät verkostoon. Elektronimikroskooppitutkimusten perusteella sienet leviävät pääasiassa itiöitä muodostamalla, rihmaston kappaleet tai vegetatiiviset solut ovat vähemmän merkittävä leviämismuoto.

Eräät home-/aktinomykeettilajit kykenevät tuottamaan mykotoksiineja, joten niiden hyvin runsas esiintyminen voi jopa aiheuttaa terveysriskin.. Erityisesti aktinomykeettien erittämien metaboliatuotteiden mm. geosmiinin ja metyyli-iso-borneolin (MIB) aiheuttamien haju- ja makuhaittojen sietäminen on talousveden käyttöarvoon merkittävästi vaikuttava tekijä, vaikka kyseessä ei olisikaan terveyshaitta.

Tutkimustietoa aktinomykeettien tai homeiden esiintymisestä talousvesiverkostoissa on vain hyvin vähän. KTL:n kokemuksen mukaan aktinomykeetti/home-ongelma liittyy esiin tulleiden tapausten valossaan useimmiten yli 10 vuotta vanhoihin verkostoihin, joiden pinnoille on muodostunut runsas mikrobiyhteisö, jonka yhteyteen aktinomykeetit ja/tai homeet voivat pesiytyä.

Mitään systemaattista tutkimusta ongelman laajuudesta ei ole Suomessa aiemmin tehty puhumattakaan selvitystä siitä miksi aktinomykeettejä/homeita esiintyy verkostossa. Tietoa tarvitaan ongelman todellisesta laajuudesta ja sen syistä. Tällä tutkimusprojektilla pyrimme kartoittamaan homeiden ja aktinomykeettien esiintyvyyttä Suomen verkostovesissä sekä selvittämään veden laadun, putkiston materiaalien ja muiden olosuhteiden merkitystä homeiden ja aktinomykeettien esiintyvyyteen. Tämä tutkimus tuotti pohjatietoa, johon perustuen voidaan suunnitella toimenpiteitä aktinomykeettien /homeiden verkostoon kertymisen rajoittamiseksi tai estämiseksi. Tutkimuksessa eristettyjen home- ja aktinomykeetikantojen tunnistus jatkuu edelleen. Jatkotutkimuksissa pyrimme selvittämään homeiden ja aktinomykeettien säilyvyyttä vedessä laboratorio-olosuhteissa sekä erilaisten desinfektio menetelmien tehoa niiden hävittämisessä.

2 TYÖRYHMÄ:

Erikoistutkija **Ilkka Miettinen**, dos., tutkimushankkeen vastuullinen johtaja, tulosten tulkinta ja raportointi

Laboratorion johtaja **Aino Nevalainen** dos., mikrobiologisten analyysien johto

Tutkija **Helena Rintala**, FT, aktinomykeettien (streptomykeettien) analytiikan asiantuntija

Tutkija **Ulla Lignell**, FM, home- ja aktinomykeettianalytiikan asiantuntija

Tutkija **Päivi Kärkkäinen**, FM, , home- ja aktinomykeettianalytiikan asiantuntija

Tutkija **Leena Korhonen**, FT, Esikartoitus ja tutkimuskohteiden rekrytointi

Pro gradu- opiskelija **Kirsi Malaska**. home ja aktinomykeettianalyysit, kokonaismikrobipitoisuuden määritykset, tulosten tulkinta

Lisäksi hankkeessa oli mukana kemiallisiin ja mikrobiologiaan analyysihin osallistuvia laborantteja.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Esikartoitus

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe käsitti vesilaitoskyselyn, joka lähetettiin sähköpostitse kaikille Suomen terveystarkastajille. Kyselyssä tiedusteltiin vesilaitosten havaintoja omalla toiminta-alueella esiintyneistä haju- tai makuhäiriöistä sekä mahdollisista home/ sädesienilöydöksistä. Tässä vaiheessa hyödynnettiin KTL:n aiempia yhteydenottoja ongelmapaikkakuntien kanssa. Kyselylomake on esitetty liitteessä 1.

3.2 Varsinainen tutkimus

3.2.1 Tutkimuskohteet

Tutkimuksen toisessa vaiheessa kyselyyn vastanneista valittiin 20 vesilaitoksen joukko, joka otettiin mukaan kokeellisen tutkimuksen osaan. Näytteenotto-ohjelma (näytemäärät/kohteet) sekä vesilaitostietojen/verkostotietojen kokoaminen sovittiin yhteistyössä terveystarkastajien ja vesilaitosten kanssa.

Tutkimuskohteet sekä tietoja vedenottamoilta, vesilaitokselta ja havaitusta veden laadusta on esitetty taulukossa 1. Tutkimuskohteet valittiin esikartoituksessa haju- ja makuongelmia ja/tai aiempia aktinomykeettihavaintoja ilmoittaneista vesilaitoksista mahdollisimman kattavasti eri puolilta Suomea. Kartta tutkimuskohteiksi valittujen vesilaitosten sijainnista on esitetty liitteessä 2.

3.2.2 Näytteenotto

Vesinäytteet eri vesilaitoksilta otettiin huhti-toukokuussa 2005. Kullekin tutkimukseen osallistuvan kunnan terveystarkastajalle tai vesilaitoksen hoitajalle toimitettiin valmiiksi nimikoidut näytteenotopullot kylmälaukussa sekä kirjalliset ohjeet ja kyselylomake (liite 3). Terveystarkastaja tai vesilaitoksen hoitaja otti näytteet ennalta puhelimitse sovitun aikataulun mukaisesti raakavedestä ja verkoston koosta riippuen 2 – 3 eri pisteestä verkoston eri osista. Yksi verkostopiste oli valittu mahdollisimman kaukaa vesilaitoksesta, jotta saatiin käsitys veden laadun muuttumisesta verkostossa. Näytteet toimitettiin KTL:een kylmäkuljetuksena.

Näytteenottajat mittasivat veden lämpötilan ja pH:n näytteenoton yhteydessä. Veden happipitoisuus sekä klooripitoisuus (mikäli vettä kloorattiin) määritettiin näytteiden ottajan toimesta.

3.2.3 Veden kemiallinen laatu

Veden mikrobiston kasvuun vaikuttavista tekijöistä näytteenottajat ilmoittivat viipymän putkistossa (=veden ikä), lämpötilan, pH:n sekä kloorin pitoisuuden. Laboratoriossa määritettiin orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC, SFS-EN 1484, 1997), kokonaisfosforin (Lehtola ym. 1999), mikrobeille käyttökelpoisen hiilen (AOC, Miettinen ym. 1999) ja mikrobeille käyttökelpoisen fosforin (MAP, Lehtola ym. 1999) pitoisuudet.

3.2.4 Mikrobiologiset tutkimukset

Heterotrofisten bakteerien lukumäärät selvitettiin viljelymenetelmällä R2A-agarilla, kasvatus 20° C 7 vuorokautta (Reasoner, D.J. & Geldreich, E.E. 1985) sekä mikroskooppilaskennalla; DAPI-värjäyksellä (Porter, K.G. & Feig, Y.S. 1980)

Kolimuotoisten bakteerien määrittäminen tehtiin LES-ENDO-alustalla (SFS 3016). Kasvatustemperatura oli +36°C ja kasvatusaika yksi vuorokausi..

Vesinäytteistä analysoitiin aktinomykeetit ja homeet (hiivat) viljelemällä selektiivisille kasvu- alustoille. Aktinomykeettien eristykseen käytettiin tarkkelys-kaseiiniagar (Standard Methods, APHA 1980)-14 vrk kasvatusajalla ja +25°C. Homeiden eristykseen käytettiin Rose Bengal agar (SFS 5507) ja M2-agar (Samson ym. 1994) 7 vrk kasvatusajalla, kasvatustemperatura oli +25°C.

Eristetyt aktinomykeetikannat otettiin talteen. Aktinomykeettien spesifinen tunnistus tehtiin morfologisesti mikroskooppimalla kasvaneet pesäkkeet.

3.2.5 Tulosten tilastollinen käsittely

Vesilaitokset ryhmiteltiin sen mukaan, oliko raakavetenä pintavesi vai pohjavesi ja pohjavesilaitok- sista lisäksi eri ryhmäksi laitokset, joissa vettä desinfioidaan ja toiseen ryhmään laitokset, jotka eivät käytä desinfektia. Tulosten tilastollinen käsittely tehtiin käyttäen laskentaohjelmana SPSS:n ver- siota 13 (SPSS Inc.)

Koska uusintatutkimuksessa oli mukana vain viisi vesilaitosta, ei tuloksista laskettu erikseen keskiarvoja eri tyyppisille laitoksille.

3.3 Uusintatutkimus

Viideltä vedestä runsaimmin aktinomykeettejä sisältäneiltä vesilaitoksilta otettiin uudet näytteet marras-joulukuussa 2005. Uusintatutkimukseen otettiin näytteet vain vesilaitokselta lähtevästä ve- destä sekä aiemmassa tutkimuksessa mukana olleesta kauimmaisesta verkostopisteestä. Uusintatut- kimuksen näytteenotto-ohjeet ja kyselylomake on liitteessä 4. Ravinnetutkimukset tehtiin ainoastaan

vesilaitokselta lähtevästä vedestä. Näytteistä tehtiin samat kemialliset määritykset kuin ensimmäisessä tutkimuksessa, paitsi AOC laskettiin vain asetaatti-ekvivalenttina.

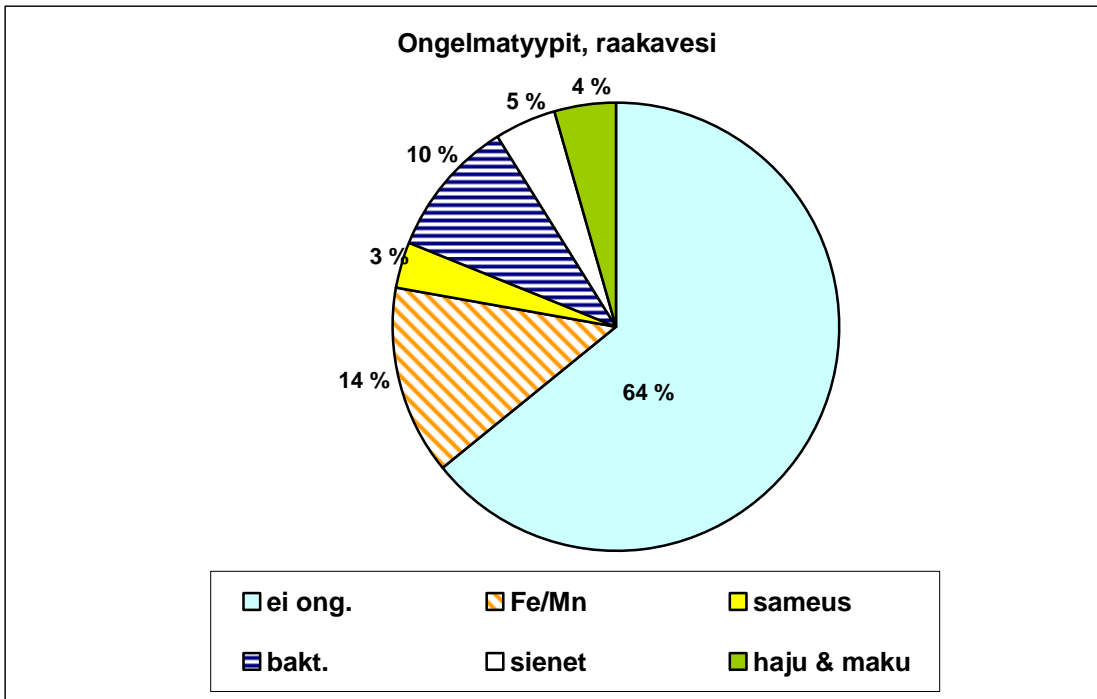
Mikrobiologisista analyyseista heterotrofisten bakteerien kokonaismäärä laskettiin viljelynä R2A-alustalla ja aktinomykeettien määrä tutkittiin tärkkelys-kaseiinialustalla samoin kuin ensimmäisessä tutkimuksessa. Mikrosienten (hiivat ja homeet) määrä analysoitiin pelkästään M2-agarilla.

Koska otoksessa oli mukana vain viisi vesilaitosta, ei tuloksia käsitellessä katsottu tarkoituksenmukaiseksi jakaa tuloksia eri raakavesityyppien tai veden desinfiointin suhteen. Keskiarvot laskettiin siis koko aineistosta.

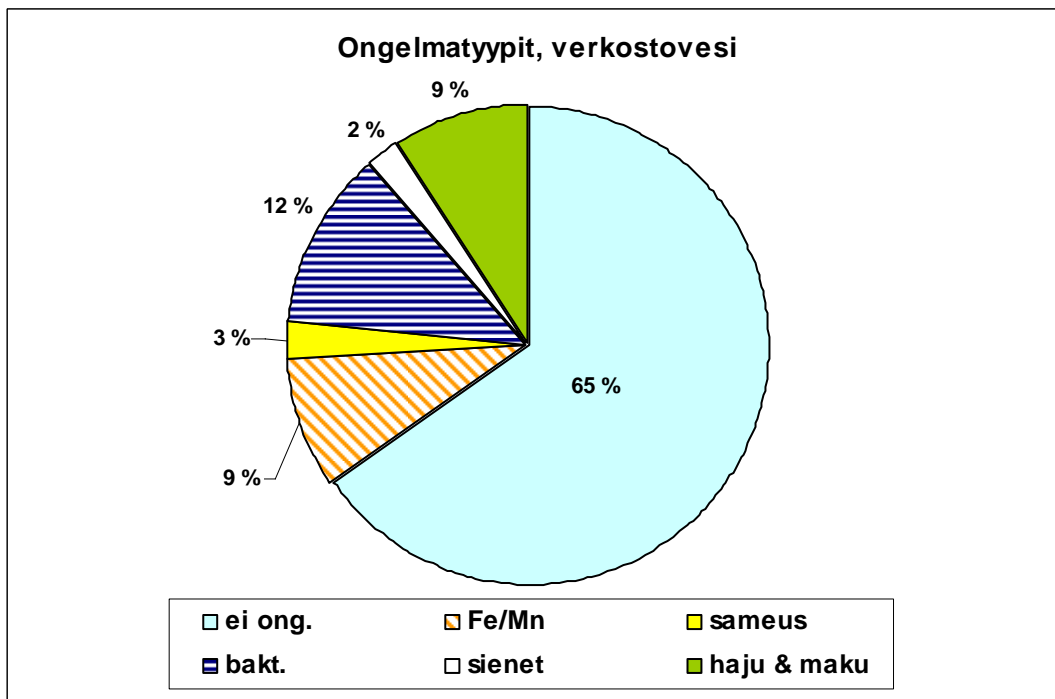
4 TULOKSET

4.1 Esikartoituksen tulokset

Kyselyyn saatiin vastaukset 351 raakavedestä ja 405 verkostovedestä. Näistä oli seitsemässä raakavedessä (1.99%) ja viidessä verkostovedessä (1.23%) aiemmin todettu homeita/aktinomykeettejä. Lisäksi viidessä raakavedessä (1.42%) ja 22 verkostovedessä (5.43%) ilmoitettiin havaitun haju- ja/tai makuongelmia (kuviot 1 ja 2).. Moniongelmaisista raakavesistä oli 26 (7,41%) ja verkostovesistä 37 (9,14%). Moniongelmaisiksi ilmoitetuissa vesissä yhtenä ongelmana oli yleisimmin korkea rauta- ja/tai mangaanipitoisuus.



Kuvio 1. Esikyselyyn vastanneiden vesilaitosten raakavedet jaoteltuna ilmoitettujen ongelmatyyppien mukaisesti.



Kuvio 2. Esikyselyyn vastanneiden vesilaitosten verkostovedet jaoteltuna ilmoitettujen ongelmatyyppien mukaisesti.

4.2 Varsinaisen tutkimuksen tulokset

4.2.1 Vesilaitosten ilmoittamat veden laatutiedot

Vesilaitosten raakaveden laatu, verkoston pituus ja veden viipymä kaukaisimpaan näytteenottopisteeseen on esitetty taulukossa 1. Tässä taulukossa esitetty myös näytteenoton yhteydessä mitatut veden pH sekä happi- ja klooripitoisuudet. Kartta näytteenottokehteiden sijainnista on esitetty liitteessä 2.

4.2.2 Veden ravinteet

Vesilaitokselta lähtevien vesien sekä verkostosta otettujen vesinäytteiden ravinnepitoisuudet on esitetty taulukossa 2. Orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC) keskiarvo oli pintavesilaitosten lähteessä vedessä korkeampi kuin pohjavesilaitoksilla, ja verkostossa se yllättävästi vielä kasvoi hieman. Mikrobeille käyttökelpoisen hiilen (AOC) pitoisuus vaihteli vesilaitoksilla valmistetuissa talousveissä 25 – 132 µg asetaatti eq.C/l. AOC:n pitoisuus aleni yleensä verkostossa. Taulukon 2 poikkeaman muodostaa yksi verkostonäyte, jonka AOC-pitoisuus oli yli 1100 µg asetaatti eq.C/l. Mikrobeille käyttökelpoisen fosforin (MAP) keskiarvo oli korkein desinfiointia käytävillä pohjavesilaitoksilla.

4.2.3 Kokonaisbakteerimäärä ja indikaattoribakteerit

Heterotrofisten bakteerien määrät viljelymenetelmällä sekä mikroskooppilaskennalla todetut kokonaismikrobimäärät on esitetty taulukossa 3. Pintavesilaitoksilla sekä desinfioiduilla pohjavesilaitoksilla heterotrofisten bakteerien lukumäärä aleni voimakkaasti vesilaitoskäsittelyssä kohoten uudelleen verkostossa. Desinfiomattomilla pohjavesilaitoksilla mikrobien lukumäärän kohosi koko prosessin ajan raakavesistä verkostoon asti. Korkean talousveden (LV) selittää yksi kohde jossa oli erittäin korkea talousveden pesäkeluku (hidashiekkasuodatus), Mikrobien kokonaisluvun muutos ei noudattanut mitään selkeää trendiä (Taulukko 3).

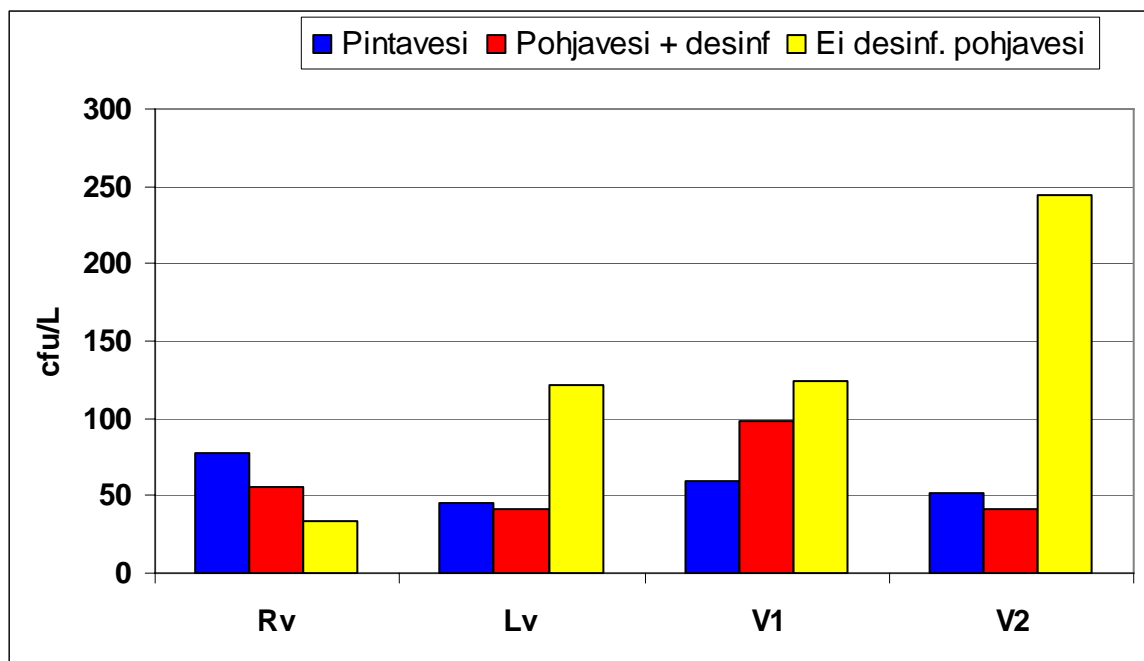
Kolimuotoisia bakteereita havaittiin ainoastaan kahden pintavesilaitoksen raakavedessä, keskiarvo 16 cfu/l, maksimiarvo 64 cfu/l. Pohjavesilaitosten raakavesistä kolimuotoisia bakteereita ei löydetty. Yhdessäkään vesilaitokselta lähtevästä vedestä tai verkostovedestä ei löytynyt kolimuotoisia bakteereja.

4.2.4 Aktinomykeetit, homeet ja hiivat

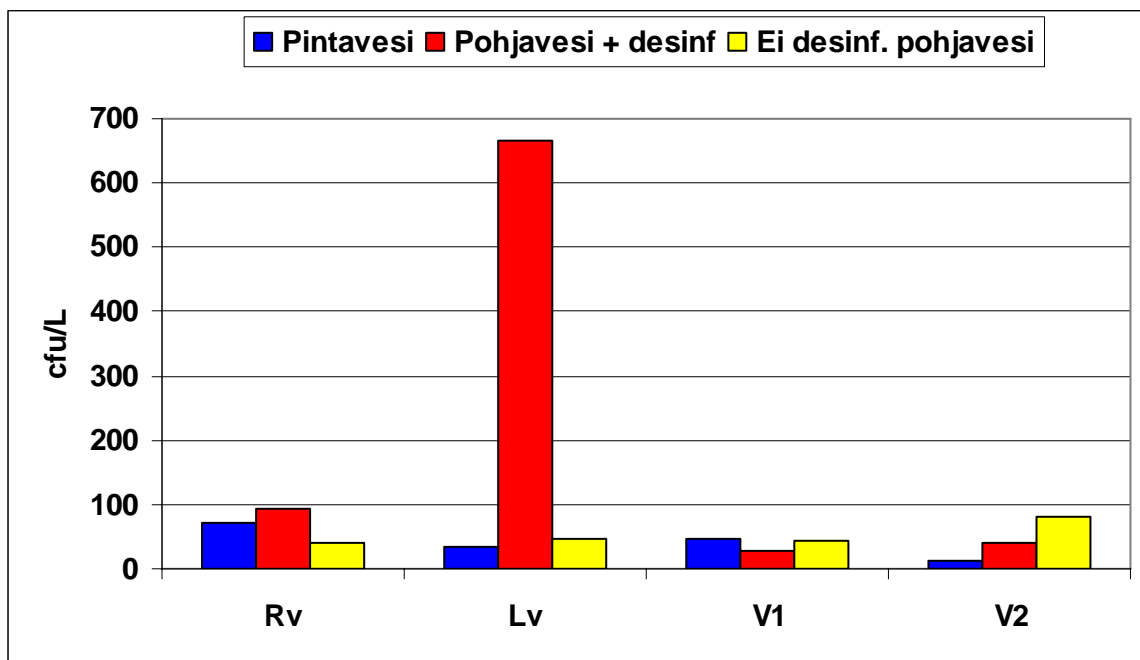
Aktinomykeettien ja homeiden pitoisuudet on esitetty taulukossa 4. Pintavesilaitoksilla homeiden ja aktinomykeettien pitoisuudet yleensä alenivat vedenkäsittelyn aikana sekä verkostossa. Ei-

desinfiioivilla pohjavesilaitoksilla sekä homeiden että aktinomykeettien pitoisuudet kohosivat verkostossa (Kuvio 3). Yllättävä korkea piikki desinfiiovien pohjavesilaitoksien verkostoon syötettävässä vedessä selittyy yhdellä vesilaitoksella, jonka talousvedessä oli korkea (5000 cfu/l) homepitoisuus. Korkein todettu aktinomykeettimäärä, 945 CFU/l, todettiin sellaisen pohjavesilaitoksen verkostovedestä, jonka vettä ei desinfioida. Vesilaitosten tuottamista verkostoon lähtevistä vesistä ja verkostovesistä löydettiin vain yksittäisiä hiivoja (Taulukko 4).

Näytteistä eristettiin kaikkiaan 537 aktinomykeetti- ja homekanta, jotka kaikki otettiin talteen lajinmäärittystä varten. Runsaimmin(222 kanta) esiintyi steriilejä, itiöimättömiä kantoja, joita siis ei voitu morfologisesti tunnistaa. Muita, toistaiseksi tunnistamattomia kantoja oli 105. *Acremonium*-kantoja löytyi 104, *Penicillium*- kantoja 51 ja *Sphaeropsidales*- kantoja 26. *Aspergillus*- ja *Mucor*-kantoja löytyi kumpiakin viisi, hiivoja 3 ja muita mikrosieniä yksitoista kanta. Eristettyjen kantojen tunnistustyö jatkuu edelleen.



Kuvio 3. Aktinomykeettien määrä vesijohtoverkoston eri osissa. Rv = vesilaitoksen raakavesi, Lv = vesilaitokselta verkostoon lähtevä vesi, V1 = verkostopiste noin verkoston puolivälistä, V2 = verkoston perifeerinen piste.



Kuvio 4. Homeiden määrä vesijohtoverkoston eri osissa. Rv = vesilaitoksen raakavesi, Lv = vesilaitokselta verkostoon lähtevä vesi, V1 = verkostopiste noin verkoston puolivälistä, V2 = verkoston perifeerinen piste.

4.2.5 Erilaisten veden laatutekijöiden vaikutus mikrobien kasvuun

Verkostoveden klooripitoisuus vaikutti selvästi mikrobien kokonaislukumäärää vähentävästi ($r = -0.50$, $p = 0.000$). Veden lämpötilan vaikutus mikrobien kokonaislukumäärään ei ollut yhtä selkeä ($r = 0.25$, $p = 0.022$). Sekä mikrobien kokonaislukumäärä ($r = 0.65$, $p = 0.000$) että homeiden lukumäärä: ($r = 0.37$, $p = 0.000$) korreloivat merkittävästi orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC) kanssa.

Tutkituilla pintavesilaitoksilla, joissa oli käytössä saostus ja UV- sekä klooridesinfiointi, veden käsittelyllä saatiin aikaan raakaveden sisältämien aktinomykeettien ja homeiden määrän aleneminen verkostoon lähtevässä vedessä. Verkostossa jälkikasvua kuitenkin tapahtui, ja mikrobien kokonaislukumäärä sekä pesäkelaskennalla saatu mikrobimäärä jonkin verran nousivat.

Pohjavesilaitoksilla: hiekkasuodatus vähensi mikrobien määrää. Niillä pohjavesilaitoksilla (2 laitosta), joilla oli käytössä kalkkikivisuodatus pH:n säätämiseksi sekä UV-desinfiointi, tämä käsittely vähensi aktinomykeettien ja homeiden määriä. Myös klooraus odotetusti vähensi kaikkia mikrobimääriä.

Veden iällä (= veden viipymällä verkostossa) ei havaittu korrelaatiota aktinomykeettien tai homeiden sädesienten esiintyvyyteen. Heterotrofinen pesäkeluku sen sijaan korreloi viipymän kanssa: ($r = 0.28$, $p = 0.017$). UV-desinfiointi: vedenkäsittelyssä vähensi kaikkien mikrobien määriä.

4.3 Uusintatutkimuksen tulokset

4.3.1 Vesilaitosten ilmoittamat veden laatutiedot ja veden ravinteet

Uusintatutkimuksen kohteista yksi vesilaitos oli pintavesilaitos, yksi sekä pinta- että pohjavettä jakava laitos ja kolme pohjavesilaitosta. Näistä yhdellä pohjavesilaitoksella desinfioitiin jakeluun menevä vesi. Uusintatutkimuksessa olivat mukana varsinaisen tutkimuksen vesilaitokset 9, 15, 16, 17 ja 18. Ravinneanalyysit tehtiin vain vesilaitokselta lähtevästä vedestä. Näiden tulosten keskiarvot on esitetty taulukossa 5.

4.3.2 Mikrobiologiset tulokset

Heterotrofisten bakteerien kokonaismäärä laskettiin R2A-alustalla. Tulosten keskiarvo, minimi ja maksimi on esitetty taulukossa 7. Aktinomykeetti- ja homemääritysten tulosten keskiarvo, minimi ja maksimi on esitetty taulukossa 6. Eristettyjen kantojen tyypitystä jatketaan myöhemmin.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimukseen valittujen kaikkien vesilaitosten raakavesistä ja niiden tuottamista talousvesistä sekä jakeluverkostoista löytyi homeita ja/tai sädesieniä. Pitoisuudet eivät kuitenkaan olleet kovin korkeita, vastaavanlaisia tuloksia on havaittu aiemmissa suomalaisissa talousvesien tai verkostovesien laatua selvittäneissä tutkimuksissa (Vesihallitus 1980; Niemi ym. 1982; Zacheus ym. 2001). Myös ulkomaisissa tutkimuksissa on havaittu homeiden ja/tai aktinomykeettien esiintyvän talousveden jakeluverkostoissa (Dott ja Waschko-Dransmann 1981; Arvanitidou ym. 1999; Hageskal ym. 2006).

Tämän tutkimuksen pääasiallisena tarkoituksena oli selvittää sitä, mitkä tekijät vaikuttavat homeiden ja sädesienten esiintyvyyteen. Tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkittäviä korrelaatioita homeiden/aktinomykeettien ja veden laatua kuvaavien tekijöiden välillä. Ainoa selvä korrelaatio koski homeiden ja veden TOC-pitoisuutta, mikä selittyy osin sillä, että pintavesilaitoksien raakavesien TOC-pitoisuus alenee samanaikaisesti homepitoisuuden kanssa pintavesilaitoskäsittelyssä. Norjalaisessa tutkimuksessa on havaittu että homeita esiintyy yleensä enemmän pintavesilaitoksien tuottamissa talousvesissä kuin pohjavesilaitoksilla (Hageskal ym. 2006) Saksalaisessa tutkimuksessa Göttlich ym. (2002) totesivat, että tavanomaisten hygieniaindikaattoreiden *E. coli*n tai kolimuotoisten bakteerien määrät eivätkorreloineet sienten esiintymiseen. Meidän tutkimuksessamme kolimuotoisia bakteereja ei löytynyt lähtevästä tai verkostovedestä lainkaan, vaikka kaikista kohteista löytyi homeita ja aktinomykeettejä. Kreikkalainen tutkimusryhmä (Arvanitidou ym. 1999) joka selvitti sienten esiintymistä sekä sairaaloiden vesijärjestelmissä että yleisissä vesijohtoverkoissa havaitsi, että rihmasienien esiintyminen korreloi merkittävästi heterotrofisten bakteerien kokonais-

määrän kanssa. Tässä tutkimuksessa ei havaittu korrelaatiota heterotrofisten bakteerien kokonaismäärän ja homeiden ja aktinomykeettien välillä.

Portugalilaisten tutkijoiden mukaan (Gonçalves ym. 2006) eri sieniryhmien esiintymisessä oli havaittavissa vaihtelua vuodenaikojen mukaan, ja rihmasienien osuus oli suurin talvella. Samassa tutkimuksessa hiivojen ja bakteerien tai rihmasienten ja bakteerien lukumäärät korreloivat negatiivisesti. Meidän tutkimuksessamme tätä korrelaatiota ei todettu.

Saksassa tehdyssä laajassa tutkimuksessa (Göttlich ym. 2002) löydettiin talousvedestä samoja sienisukuja kuin tässäkin työssä. Yleisesti opportunistisia infektiota ja allergisoitumista aiheuttavia *Aspergillus*-lajeja löytyi vain harvoin, ja lajien diversiteetti viittasi siihen, että kaikki verkostoon päässeet sienet eivät säilyneet siellä pitkään. Tässä tutkimuksessa *Aspergillus*-löydöksiä oli vain viisi.

Jatkotutkimuksessa selvitetään eri kasvutekijöiden vaikutusta homeiden ja aktinomykeettien esiintymiseen vesijohtoverkostossa. Lisäksi tutkitaan homeiden ja aktinomykeettien hävittämistä vedestä UV- tai klooridesinfioinnilla. Tätä koskeva pro gradu-työ on jo aloitettu toukokuussa 2006. Toinen, samoin toukokuussa 2006 aloitettu pro gradu-työ käsittelee nyt eristettyjen kantojen tunnistamista PCR-tekniikan avulla.

YHTEENVETO

Tutkimuksessa selvitettiin homeiden ja aktinomykeettien esiintymisestä Suomen talousvesiverkostoissa. Valtakunnalliseen kyselyyn vastasi 405 vedenottamo, joista noin 10%:lla oli home/aktinomykeetti-esiintyvyyteen mahdollisesti liittyviä hajua- tai makuongelmia verkostovesissä.

Tutkittavaksi valittiin kevättalvella -05 yhteensä 19 pinta- ja pohjavesilaitosta, joilla oli esiintynyt mikrobiologisia ongelmia. Tutkimuksessa analysoitiin raakaveden kemiallis-mikrobiologista laatua ja laadun muutoksia vedenkäsittelyssä sekä veden ikääntyessä verkoston eri osissa. Tutkimus toistettiin syksyllä -05 viidellä laitoksella. Kaikista verkostovesistä löytyi sekä homeita että aktinomykeettejä. Mikrobipitoisuudet olivat alhaisia, vaikka veden pahaa hajua ja makua esiintyi. Useissa kohteissa homeongelmaa selittää vedenottamoiden raakavesien laatu (huuhtoutumat maaperästä). Sädesienien esiintyvyys taas liittyi verkoston mikrobikasvuun. Homeiden tai aktinomykeettien esiintymistä ei voitu selittää aineiston tilastollisessa tarkastelussa millään yksittäisellä vedenkäsittelyyn, jakeluun tai veden yleiseen laatuun liittyvällä tekijällä.

Tutkimuksessa eristettyjen aktinomykeettilajien tunnistustyö jatkuu. Jatkotutkimuksia eristetyillä aktinomykeettilajeilla on jo aloitettu. Niissä keskitytään selvittämään aktinomykeettien säilyvyyttä vedessä laboratorio-kokeilla sekä erilaisten desinfektio menetelmien tehoa niiden hävittämisessä.

6 LÄHTEET

Air Quality Monographs, eds. Samson, R.A., Flannigan, F., Flannigan, M.E., Verhoeff, A.P., Adan, O.C.G. & Hoekstra, E.S. Elsevier, Amsterdam, 1994, vol.2:590.

Arvanitidou M, Kanellou K, Constantinidis TC, Katsoyannopoulos V. The occurrence of fungi in hospital and community potable waters. *Lett Appl Microbiol* 1999;29:81-4.

Doggett MS. Characterization of fungal biofilms within a municipal water distribution system. *AEM* 2000;66 (3):1249-51

Dott W and Waschko-Dransmann D. 1981. Occurrence and significance of Actinomycetes in drinking water. *Zentralbl. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg.* 173(3-4): 217-232.

Gonçalves AB, Russell R, Paterson M, Lima N. Survey and significance of filamentous fungi from tap water. *Int J Hyg Environ Health* 2006;209:257-64.

Göttlich E, van der Lubbe W, Lange B, Fiedler S, Melchert I, Reifenrath M et al. Fungal flora in groundwater-derived public drinking water. *Int J Hyg Environ Health* 2002;205 (4):269-79

Hageskal G, Gaustad P, Heier BT and Skaar I. Occurrence of moulds in drinking water. *J. Appl. Microbiol.* 2006; doi:10.1111/j.1365-2675.2006.03119.x: 1-7.

Health Implications of Fungi in Indoor Environments. Eds. Samson RA, Flannigan F, Verhoeff AP, Adan OCG, Hoekstra Es. In *Air Quality Monographs*, Elsevier, Amsterdam 1994, vol. 2:590.

Lehtola, M.J., Miettinen, I.T., Martikainen, P.J. 2002. Biofilm formation in drinking water affected by low concentrations of phosphorus. *Canadian Journal of Microbiology*. 48: 494-499.

Lehtola, M. J., Miettinen, I. T., Vartiainen, T., Martikainen, P. J. (1999). A New Sensitive Bioassay for Determination of Microbially Available Phosphorus in Water. *Applied and Environmental Microbiology*. 65: 2032-2034

Miettinen IT, Vartiainen T, Martikainen PJ .1999. Determination of assimilable organic carbon in humus-rich drinking waters. *Wat.Res.*33:2277-2282.

Porter, K.G. & Feig, Y.S. 1980. The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. *Limnology and Oceanography* 25:943-948

Niemi RM, Knuth S and Lundström K. 1982. Actinomycetes and fungi in surface waters and in potable water. *Appl. Environ. Microb.* 43(2): 378-388.

Reasoner DJ, Geldreich EE. 1985. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Applied and Environmental Microbiology* 49:1-7

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, Washington d.c. 1980, 15th edition:78

SFS 3016, 2001 (koliformisten bakteerien määrittäminen LES-endo-alustalla)

SFS 5507, 1989 (homeiden määrittäminen Rose-Bengal-alustalla)

SFS-EN 1484, 1997 (orgaanisen hiilen kokonaismäärän TOC määrittäminen)

Vesihallitus. 1980. Homeet ja sädesienet vesilaitosten raakavedessä ja vesijohtovedessä. Vesihallitus raportti 192. Helsinki.

Zacheus OM, Lehtola MJ, Korhonen LK and Martikainen PJ. 2001. Soft deposits, the key site for microbial growth in drinking water distribution networks. Wat. Res. 35: 1757-1765.

7 LIITTEET – APPENDIXES

Liite 1: Appendix 1. Esikyselyn lomakkeet ja täyttöohjeet. Questionnaire and instructions for the preliminary study

Liite 2: Appendix 2. Kartta näytteenotto-kohteista. Map of the location of sampling sites.

Liite 3: Appendix 3. Näytteenotto-ohjeet ja kyselylomakkeet . Instructions and questionnaires for sampling.

Liite 4. Appendix 4: Uusintatutkimuksen kyselylomake ja näytteenotto-ohjeet. Instructions and questionnaire for sampling .in the follow-up study

8 TAULUKOT – TABLES

Taulukko 1. Table 1. Näytteenotto-kohteet ja tietoja vedenottamoista, vesilaitokselta ja verkostosta. Sampling sites with data about water extraction, waterworks, and distribution network.

Taulukko 2. Table 2. Ravinneanalyyseiden tulokset. Results of nutrient analyses.

Taulukko 3. Table 3. Mikrobiologisten vedenlaatu- tutkimusten tulokset. Results of microbiological water quality analyses.

Taulukko 4. Table 4. Aktinomykeetti- ja mikrosienitulokset. Results from analyses of actinomycetes and microfungi.

Taulukko 5. Table 5. Uusintatutkimuksen ravinneanalyyseiden tulokset Results of nutrient analyses in the follow-up study

Taulukko 6. Table 6. Uusintatutkimusten mikrobiologisten vedenlaatu-tutkimusten tulokset. . Results from analyses of actinomycetes and microfungi in the follow-up study.

OHJEITA VESIHOME.XLS- LOMAKKEEN TÄYTTÄMISEKSI

1. Sädesieniongelmien yleisyyden selvittämiseksi on tärkeää, että täytätte lomakkeen alkuosan kaikista valvontaanne kuuluvista vedenottamoista, myös niistä joilla ei ole laatuongelmia.
2. Täyttäkää erikseen lomakkeen alaosaan tiedot kustakin laatuongelmaisesta vedenottamosta. Haju- tai makuvirheitä koskevaan kohtaan voitte myös kirjoittaa virhettä kuvailevia termejä, kuten esim. ”ummehtunut”, ”kellarimainen”, ”metallinen”, ”maamainen”. Merkitkää rasti ruutuun, jos raaka- tai verkostovedessä on havaittu raja-arvot ylittäviä rauta- ja/tai mangaanipitoisuuksia tai sameutta. Merkitkää bakteerit-kohtaan rasti, jos vedessä on todettu indikaattoribakteereita tai heterotrofisten kokonaisbakteerien määrä on ollut koholla. Mikäli vedessä on minkä tahansa tutkimuksen yhteydessä todettu hiivoja, homeita tai sädesieniä, merkitkää rasti myös tähän kohtaan.
3. Lomakkeet tulisi mieluummin täyttää sähköisesti. ja palauttaa sähköpostitse liitetiedostona. Tallentakaa lomakkeet tiedostonimellä VH-4 ensimmäistä kirjainta vedenottamon nimestä (ei Å-, Ö- tai Ä-kirjaimia!, esimerkiksi Huhtamäen vedenottamo = VH-HUHT) ja palauttakaa ne sähköpostin liitetiedostona osoitteeseen homevesi@ktl.fi viimeistään perjantaina 28.1.
4. Jos tämä menettely ei kuitenkaan ole mahdollista, voidaan lomake tulostaa ja täyttää paperikopiona. Paperitulosteena täytetyt lomakkeet tulisi lähettää postitse osoitteella VESIHOME, KTL/Ympäristömikrobiologian laboratorio, PL 95, 70701 Kuopio tai mieluummin telefaksilla puhelinnumeroon 017-201155. Lomakkeet tulisi palauttaa 28.1. mennessä.
5. Tämän kyselyn vastausten perusteella valitsemme myöhemmin noin 20 kohdetta tarkempiin tutkimuksiin

Lisätietoja tutkimuksesta antavat tarvittaessa:

dos. Ilkka Miettinen, puh. 017-201 371, sähköposti ilkka.miettinen@ktl.fi.

FT Leena Korhonen, puh. 017-201 372, sähköposti leena.korhonen@ktl.fi.

Yhteistyöstä kiittäen
Ilkka Miettinen, dos.
vesihome-tutkimusryhmä

INSTRUKTIONER FÖR UPPFYLLANDET AV VESIHOME.XLS- FORMULÄRET

6. För att klargöra utbredningen av strålsvampproblem. är det viktigt att ni uppfyller övre delen av formuläret av alla vattenverk under er uppvakning, även om de som inte har kvalitetsproblem. Frågor på svenska finner ni på sida 2.
7. Fyll upp separat nedre delen av formuläret angående varje vattenuttagsställe med kvalitetsproblem. I rutan om lukt- och smakfel kan ni också ge deskriptiva termer av felet, liksom t.ex. "unken", "källarliknande", "metallisk", "jordliknande". Kryss rutan, om man i rå- eller ledningsvatten har konstaterat järn- och/eller manganhalter eller grumlighet som överskridit gränsvärdena. Notera i rutan "bakterier" om det i vattnet har förekommit indikatorbakterier eller höjd antal av totala heterotrofa bakterier. Om man i vattnet vid någon analys har hittat jäst, mögel eller strålsvampar, kryssa också i denna ruta.
8. Formulären borde helst uppfyllas elektriskt. Lagra uppfyllda formulär med filnamnet VH-4 första bokstäver av namnet på vattenuttagsställe (emellertid inga Å-, Ö-, Ä-bokstäver, till ex. Maxmo vattenvekr = VH-MAXM) och returnera som bilaga för e-post till adressen vesihome@ktl.fi senast fredagen den 28.1
9. Om detta inte är möjligt, kan formuläret printas och uppfyllas som papperkopia. Uppfyllda papperkopior borde sändas per post till adressen VESIHOME, KTL/Ympäristömikrobiologian laboratorio, PL 95, 70701 Kuopio, eller hellre per telefax till telefonnumret 017-201155. Returnera vänligen formuläret före fredagen den 28.1.
10. På grund av denna enkät skall vi senare välja ut c.a. 20 vattenverk för noggrannare undersökningar.

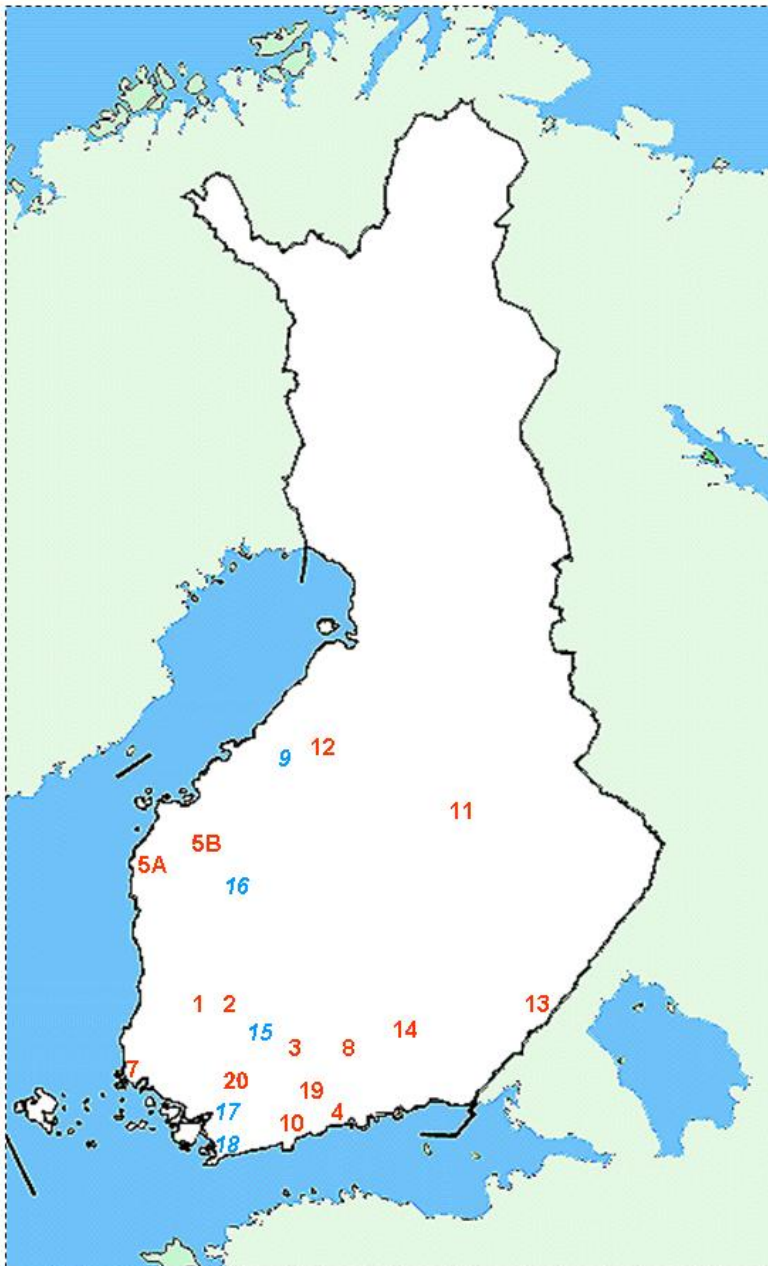
Närmare uppgifter om undersökningen ger vid behov:

FT Leena Korhonen, tel. 017-201 372, e-post leena.korhonen@ktl.fi

Tack för samarbetet
Ilkka Miettinen, doc.
vesihome-forskningsgrupp

VESI-HOME-tutkimus			
<i>Vastaajan nimi</i>			
puhelin			
sähköposti			
kunta/kuntayhtymä			
Raakavesilähteiden lukumäärä (kpl) ja kapasiteetti (m3/vrk)	pintavesi		
	pohjavesi		
	tekopohjavesi		
	yhteensä		
Näistä laatuongelmaisia (kpl)			
Haju/makuongelmia verkostossa, mutta tarkkaa sijaintia ei tiedossa			
Laatuongelmaiset vedenottamot			
Vedenottamon nimi			
Vedenottamon osoite			
Kapasiteetti (m3/d)			
Veden käyttäjiä (henkilöitä)			
Raakavesityyppi (pintavesi = pi, pohjavesi =po, tekopohjavesi = tp)			
	Esiintyneet laatuongelmat:	raaka-vedessä	verkosto-vedessä
	haju- tai makuvirheitä, millaisia		
	rauta ja/tai mangaani		
	sameus		
	bakteerit		
	hiivat, homeet, sädesienet		
Vedenottamon nimi			
Vedenottamon osoite			
Kapasiteetti (m3/d)			
Veden käyttäjiä (henkilöitä)			
Raakavesityyppi (pintavesi = pi, pohjavesi =po, tekopohjavesi = tp)			
	Esiintyneet laatuongelmat:	raaka-vedessä	verkosto-vedessä
	haju- tai makuvirheitä, millaisia		
	rauta ja/tai mangaani		
	sameus		
	bakteerit		
	hiivat, homeet, sädesienet		
VESI-HOME-undersökningen			
<i>Svararens namn</i>			
telefon			
e-post			
kommun/samkommun			
Antalet och kapacitet (m3/dygn) av råvattenuttag	ytvatten		
	grundvatten		
	artificiellt grundvatten		
	yhteensä		
Antalet av uttag med kvalitetproblem			

Lukt/smakproblem i nätverket, men exakt position är inte känd			
Vattenuttag med kvalitetsproblem			
Namnet av vattenuttagningställe Adress av vattenuttagningställe Kapacitet (m3/d) Antal användare (pers.)			
Råvattentyp (ytvatten = pi, grundvatten = po, artificiell grundvatten = tp)			
Namnet av vattenuttagningställe Adress av vattenuttagningställe Kapacitet (m3/d) Antal användare (pers.)	Förekommande kvalitetsproblem	i råvatten	i ledn. vatten
	lukt-eller smakfel, hurudana		
	järn och/eller mangan		
	grumlighet		
	bakterier		
	jäst, mögel, strålsvampar		
Råvattentyp (ytvatten = pi, grundvatten = po, artificiell grundvatten = tp)			
	Förekommande kvalitetsproblem	i råvatten	i ledn. vatten
	lukt-eller smakfel, hurudana		
	järn och/eller mangan		
	grumlighet		
	bakterier		
	jäst, mögel, strålsvampar		



Näytteenottoaikoat – Sampling locations

Sinisellä numeroidut kohteet olivat mukana uusintatutkimuksessa. The locations shown with blue numbers were re-sampled.

VESIHOME-projekti 2005

Näytteenotto-ohjeNäytteenoton toivotaan tapahtuvan **xx.xx.2005**.

Oheisissa kylmälaukuissa ovat näytepullot valmiina etiketteineen jokaiselle näytteenottpisteelle. Vesinäytteet otetaan vesilaitokselta **raakavedestä** ja **lähtevästä vedestä** sekä lisäksi **3 verkostopisteestä**. Ohessa on myös **näytteenottolomake**, joka toivotaan täytettävän huolellisesti näytteenoton yhteydessä. Jos johonkin kyselyn kohtaan ei ole vastausta, toivotaan se merkittävän viivaksi (----). Verkostopisteet sijoitetaan siten, että yksi näytteenotto verkoston ääripäästä, jos tiedossa jokin mahdollinen ongelma-alue, niin sieltä. Toiset verkostopisteet vesilaitoksen ja verkoston ääripään väliltä, tasaisin välimatkoin. Jos ongelmia on esiintynyt esimerkiksi jonkin tietyn vesitornin tai vesisäiliön jälkeen, yksi verkostopiste on hyvä sijoittaa välittömästi tuon ongelmakohdan jälkeen. **Huom!** Jos verkostosta on olemassa **verkostokarttaa**, olisimme kiitollisia sen kopiosta. Kartasta on helpompi hahmottaa kunkin verkoston tilannetta ja verkostopisteiden sijaintia.

Näytteenotto tapahtuu siten, että hanasta, vesipostista, tms valutetaan vettä **muutaman minuutin** ajan ja sen jälkeen vesinäyte otetaan steriilisti näytepulloihin. Hanaa **ei tule desinfioida** esim. etanolilla, koska se vääristäisi ravinnepitoisuuksia. Mukana tulisi olla ylimääräinen astia lämpötilan, pH:n yms mittauksia varten, jotta estetään näytteiden kontaminaatio. Kenttämittauksia ei tule tehdä näytepulloista.

Näytteiden lähetys

Näytteiden lähetysten toivotaan tapahtuvan pian näytteenoton jälkeen, koska näytteiden käsittely aloitetaan välittömästi näytteiden saapumisen jälkeen. Kehoitamme asettelemaan lasipullot huolellisesti niin, etteivät ne pääse liikkumaan toisiaan vasten ja vältetään niiden rikkoutuminen matkan aikana. Näytteet eivät saa myöskään jäätyä matkan aikana.

Näytteet lähetetään **Postin Ovelle-pakettina aamujakelussa** tai **pikarahtina Matkahuollon** kautta. **Pyydämme ilmoittamaan** näytteiden lähtemisestä Kirsi Neuvoselle (kirsi.neuvonen@ktl.fi, 040-5622 598).

Postitusosoite:

Kansanterveyslaitos
Ympäristöterveys
Kirsi Neuvonen
PL 95, 70701 Kuopio

Katuosoite:

Kansanterveyslaitos
Ympäristöterveys
Kirsi Neuvonen
Neulaniementie 4, 70210 Kuopio

Lisätietoja:

Kirsi Neuvonen
Kansanterveyslaitos
Ympäristöterveys
PL 95, 70701 Kuopio
puh. 017-201 369
matkapuhelin: 040-5622598
Email: kirsi.neuvonen@ktl.fi

Kiitämme yhteistyöstä!!

Kansanterveyslaitos
Ympäristömikrobiologian laboratorio

PL 95
70701 Kuopio
puh. 017-201 211
fax 017-201 155

Folkhälsoinstitutet
Miljömikrobiologiska laboratoriet

P.O.B 95
FIN-70701 Kuopio,
tel. 017-201 211
fax 017-201 155

VESIHOME-TUTKIMUS

Täyttäkää oheinen tutkimuslomake soveltuvilta osin rastittamalla tai kirjoittamalla a.o. kohtiin tarvittavat tiedot. Jos joidenkin tietojen saaminen on mahdotonta tai tuottaa kohtuuttomia hankaluuksia, ne kohdat voi jättää täyttämättä. Tallentakaa lomake koodilla VH-(neljä ensimmäistä kirjainta vedenottamon nimestä) ja palauttakaa se viipymättä sähköpostin liitetiedostona osoitteeseen homevesi@ktl.fi. Mikäli tämä tuottaa hankaluuksia, lomakkeen voi tulostaa ja täytetyn lomakkeen palauttaa postitse tai faksilla.

Yhteistyöstä kiittäen
Vesihome-työryhmä
Leena Korhonen (puh. 017-201372 tai 040-5673536)

Vastaaja		Vastaus- päivämäärä	
Yhteystiedot			
Vedenottamon nimi			
Taajamat/kunnat, joiden alueelle vettä johdetaan			
Vedenottamon osoite			
Vedenottamon käyttöönottovuosi:		Korjattu t. kunnostettu viimeksi vuonna:	
Raakaveden laatu	pintavettä	pohjavettä	Tekopohja- vettä
Verkoston kokonaispituus (km)			
Runkoverkoston materiaali ja verkoston ikä			
Onko runkoverkostoa puhdistettu? Jos on, niin miten ja milloin viimeksi?			
Vesilaitoksella/ verkostossa vireillä olevat korjaukset, mitä ja milloin?			
Veden maksimiviipymä ottamosta ääriosiin (vrk)			
Onko verkostossa vesitorneja tai alavesisäiliöitä, tilavuudet (m³)			

Syötetäänkö verkkoon vettä usealta eri vedenottamolta? Mitkä ovat %-osuudet?				
Veden tuotto (m ³ /vrk)				
Arvioitu käyttäjämäärä (henkilöä)				
Verkostoalueen taajama-aste, jos tiedossa (% väestöstä taajamissa)				
Onko verkoston alueella runsaasti vettä käyttäviä laitoksia, minkä tyyppisiä? Arviot veden kulutuksesta, jos tiedossa (m ³ /vrk)		laitoksen toimiala	veden kulutus	
		elintarviketeollisuus		
		kemian teollisuus		
		meijerit, juustolat		
		metalliteollisuus		
		puu- ja paperiteollisuus (ei sahat)		
		sairaala		
		suurpesula		
		tekstiiliteollisuus		
		teurastamo		
	varuskunta			
	muu, mikä?			
Onko vesilaitoksen asiakkaina runsaasti vettä kuluttavia maatalous-yrityksiä? Arviot veden kulutuksesta, mikäli tiedossa (m ³ /vrk)		lypsykarjatiloja		
		lihakarjatiloja		
		suursikaloita		
		siipikarjatiloja		
		turkistarhoja		
		kasvihuoneviljelmiä		
		kauppapuutarhoja		
	muuta, mitä?			
Muita mahdollisia veden kulutukseen tai laatuun vaikuttavia asioita				
Löytyykö tutkimukseen sopivia näytteenottopisteitä, esim. vesipostit, julkiset rakennukset?				Lämpötila
Kenttämittausvalmiudett: Voitteko mitata näytteenoton yhteydessä seuraavat arvot?	pH	lämpötila	Happi pitoisuus	Klooripitoisuus (jos kloorataan)
Veden käsittelyprosessiin kuuluu:				
Ilmastus	Tarkempi selvitys menetelmistä (tarvittaessa)			
pH:n säätö, millä				
Fe/Mn poisto, miten				

Saostus, mikä saostus-kemikaali?			
Flokkulaatio, mikä kemikaali?			
Suodatus, millainen?			
Selkeytys			
Desinfiointi, miten? Jos kloorataan, mikä on lähtevän veden vapaa Cl-pitoisuus			
Veden Cl-pitoisuus verkoston ääripäissä			
Aiemmin havaitut laatuongelmat	Raaka-vedessä	Verkkoon lähtevässä vedessä	Verkostossa
Korkea Fe/Mn-pitoisuus			
Muu kemiallinen ongelma, mikä?			
Veden sameus			
Koliformeja, <i>E. coli</i> , enterokokkeja			
Korkea kokonaisbakteeriluku			
Sädesieniä, hiivoja, homeita			
Haju- ja/tai makuvirheitä, millaisia? Kuvaus virheiden laadusta.			
tunkkainen tai ummehtunut maku tai haju			
maan tai maakellarin haju			
kloorin haju tai maku			
kemikaalimainen tai metallinen maku			
muu maku- tai hajuvirhe, mikä?			
Onko laatuvirheitä jatkuvasti vai vaihteleeeko laatu vuodenajan, veden korkeuden tms. mukaan, miten? Onko verkostossa selviä ongelma-alueita? Onko selviä laatueroja verkoston alku- ja loppupään välillä tai onko verkostossa ongelma-alueita?			
Lisätietoja			

Näytteenottolomake

VESIHOME-projekti 2. näytteenotto 2005

Vedenottamo _____
 Kunta/kuntayhtymä _____
 Näytteenottaja ja yhteystiedot
 (puhelin,sähköposti) _____

Pvm _____ klo _____

Onko verkostosta olemassa verkostokarttaa? _____

Onko vedessä havaittavissa hajua _____ makua _____

Laitokselta lähtevä vesi

Lämpötila _____ pH _____
 O₂-pitoisuus _____ kokonais-Cl _____

Onko vedessä havaittavissa hajua _____
 makua _____

Verkostopiste

Näytteenottopaikka _____ Hana/vesiposti/muu _____
 Etäisyys vedenottamolta _____
 Putken materiaali _____
 Putken halkaisija _____ Putken ikä _____
 Arvioitu veden ikä _____

Lämpötila _____ pH _____
 O₂-pitoisuus _____ kokonais-Cl _____

Onko vedessä havaittavissa hajua _____
 makua _____

Muita havaintoja:

Näytteenotto-ohjeet

Näytteet otetaan verkostoon **lähtevästä vedestä** ja yhdestä **verkostopisteestä**. Verkostopisteeksi tulisi, mikäli mahdollista, ottaa edellisen vesihome-tutkimuksen kaukaisin verkostopiste. Mikäli tämä ei teknisistä tai mjuista syistä ole mahdollista, voi käyttää mutakin verkostopistettä. Kummastakin näytteenottopisteeltä otetaan **2l vettä muovipulloon** sekä **1l lasipulloon**. Mitatkaa näytteenoton yhteydessä molemmista vesistä lämpötila, pH, happipitoisuus ja kloori, mikäli vettä kloorataan. Jollette voi happea (ja klooria) mitata, täyttäkää hioskorkilliset pulloet happipitoisuuden mittausta varten (ja Cl₂-määrittämiseen, mikäli vettä kloorataan)..

Pankaa ”kylmäkallet” pakastimeen jäähtymään edeltä käsin ja laittakaa ne näytelaatikkoon, kun lähdette ottamaan näytteitä. Pakatkaa näytepullot niin etteivät ne kolise (huom! lasipullot) ja pankaa näytteenottolomake näytteiden mukana näytelaatikkoon. Laatikot tulisi palauttaa Matkahuollon kautta osoitteella:

KTL/Ympäristömikrobiologia
Leena Korhonen
Neulaniementie 4
70210 KUOPIO

Lisätietoja antaa tarvittaessa

Leena Korhonen
puh. 017-201372 tai 040-5673634
sähköposti : leena.korhonen@ktl.fi

Taulukko 1 – Table 1 Näytteenottokohteet ja tietoja vedenottamoista, vesilaitokselta ja verkostosta. Sampling sites with data about water extraction, waterworks, and distribution network

Kohde/ Site	raakavesi/ raw water	veden tuotto/yield m ³ /d	desin- fiointi/ disinf- fection	verkoston pituus/ pipeline length km	putkisto- materiaali/ pipe material	Puhdistettu/ cleaned	Ikä v./ Age yrs.	Max. viip. t./ delay h.	Verk.- pist./ Sampl. points	Lämpöt./ Temp. °C*	pH	O ₂ mg/l	Cl ₂ mg/l
1	Pohjavesi/ Ground water	850	On/ Yes	128,4	Muovi/ valurauta Plastic/cast iron	Ei/No	0 – 50	72	3	4.2	7.3		Ei/ No
2	Pinta& pohjavesi/ Ground& surface w.-	2500	Ei/No	150	Muovi/ valur. Plastic/cast iron	Ei/No	2 – 55	240	3	3.3	7.4		0.24
3	Pohjavesi/ Ground water	10500	On/ Yes	314	Muovi/ valurauta Plastic/cast iron	2003 Huuht./ Rinsing	n. 50	240	3	7.8	7.2	11.7	Ei/ No
4	Pintavesi/ Surface water	2225000	On/ Yes	1150	Muovi/ valurauta Plastic/cast iron	1999 Possutus/ Pigging 1990		48	3	3.3	8.1	13.3	0.32
5A	Pohjavesi/ Ground water	2800	Ei/No	400	Muovi/ Plastic	Klooraus/ Clorination 1990		168	3	4.8	7.0	8.4	Ei/ No
5B	Pohjavesi/ Ground water	2800	Ei/No	400	Muovi/ Plastic	Klooraus/ Clorination	0 – 45						Ei/ No
7	Pohjavesi/ Ground water	8	Ei/No	96	Muovi/ Plastic	Ei/No	2 – 25		3	5.6	7.7	8.6	0.36
8	Pintavesi/ Surface water	700	On/ Yes	100	Muovi/ Plastic	2005 Huuhtelu/ Rinsing	n. 40	336	2	7.0	7.4	10.3	Ei/ No
9	Pohjavesi/ Ground w.	1090	Ei/No	180	Muovi/ Plastic	2000 Possu- tus/ Pigging	2 – 50		3	4.0	7.7	9.60	Ei/No
10	Pintavesi/ Surface water	3900	On/ Yes	130	Muovi/ valurauta Plastic/cast iron	Huuhtelu kuukausitt./ Monthly rinsing.	35		3	8.0	8.1		0.27

Kohde/ Site	raakavesi/ raw water	veden tuotto/yield m ³ /d	desin- fiointi/ disinf- ection	verkoston pituus/ pipeline length km	putkisto- materiaali/ pipe material	Puhdistettu/ cleaned	Ikä v./ Age yrs.	Max. viip. t./ delay h.	Verk.- pist./ Sampl. points	Lämpöt./ Temp. °C*	pH	O ₂ mg/l	Cl ₂ mg/l
11	Pohjavesi/ Ground water	1400	Ei/No	120	Muovi/ Plastic	2003 Huuhtelut/ Rinsing	40		2	7.0			Ei/No
12	Pohjavesi/ Ground water	3920	Ei/No	184	Muovi/ asb. Plastic/ asbestos	Ei/No	35	184	3	6.5			
13		800	Ei/No	5	Muovi/ Plastic	Huuhtelu. Öisin/ Nightly rinsing		96	2	4.5			Ei/No
14	Pohjavesi/ Ground water	200	Ei/No	20	Muovi/ valurauta Plastic/cast iron	2004 Desinfect./ Disinfection		48	2	6.0	7.9		Ei/No
15	Pintavesi/ Surface water	8997	On/ Yes	190	Muovi/ valurauta Plastic/cast iron	2003 Huuhtelu/ Rinsing	2 - 60		3	3.7			
16	Pohjavesi/ Ground water	12757	Ei/No	130	Muovi/ Plastic	2004 Klooraus/ Chlorin. 5 km	13	720	3	4.7	8.2	12.36	0.31
17	Pohjavesi/ Ground water	8500	Ei/No	120	Muovi/ valur. Plastic/cast iron	Ei/No	6 - 60	48	3	10.8	8.6	10.8	Ei/No
18	Pinta& pohjavesi/ Ground& surface w.-	4500	On/ Yes	13	Muovi/ asbesti Plastic/ asbestos	Ei/No	30 - 40	14	2	7.2			
19	Pohjavesi/ Ground water	1000	Ei/No	22	Muovi/ Plastic	2004 Huuhtelu/ Rinsing	0 - 30	96	2	4.9	6.5	10.2	Ei/No
20	Pohjavesi/ Ground water	1150	Ei/No	70	Muovi/ Plastic	2004 Possutus/ Pigging	20 - 40	240	2	4.0	7.6		Ei/No

Lämpötila, pH, happi- ja vapaan kloorin pitoisuudet mitattu vesilaitokselta verkostoon lähtevästä vedestä
Temperature, pH, and the content of oxygen and free chlorine were measured from the water leaving waterworks

Taulukko 2 – Table 2. Ravinneanalyysien tulokset. Results of nutrient analyses

RAVINNE/NUTRIENTI	NÄYTE/ SAMPLE	Pintavesi/surface water (n=4)			Pohjavesi/ground water					
		Ka/Mean (aritm)	Min	Max	Desinfiointi on Disinfected (n=8)			Ei desinfiointia No disinfection (n=7)		
					Ka/Mean (aritm)	Min	Max	Ka/Mean (aritm)	Min	Max
TOC mgC/l	Lv	2.1	0.6	4.2	1.4	0.5	3.5	0.90	0.4	1.7
	V	2.5	1.6	3.7	1.4	0.8	2.3	0.90	0.4	1.4
AOC (asetaaatti-C) µg asetaatti eq. C/l / (acetate-C) µg acetate eq. C/l	Lv	62	25	98	49	21	95	74	37	132
	V	55	29	90	179	0	1197	56	0	130
AOC (oksalaatti-C) µg oksaaatti eq. C/l /(oxalate-C) µg oxalate eq. C/l	Lv	31	13	49	25	11	48	34	14	66
	V	28	14	45	90	0	599	26	0	65
MAP µgPO ₄ /l	Lv	1.4	0.1	4.8	6.4	0.3	26	12	0.4	50
	V	1.6	0.1	5	4.8	0.4	18	5	0.4	16

TOC = orgaanisen hiilen kokonaismäärä (total organic carbon)

AOC = mikrobeille käyttökelpoisen orgaanisen hiilen määrä (assimilable organic carbon)

MAP = mikrobeille käyttökelpoisen fosfaatin määrä (microbially available phosphorus)

NÄYTE/ SAMPLE: LV = vesilaitokselta lähtevä vesi – water leaving the waterworks

V = verkoston kaukaisimman näytteenottopisteen vesi – water from the most remote point of distribution network

Taulukko 3 – Table 3. Mikrobiologisten vedenlaatu-tutkimusten tulokset. Results of microbiological water quality analyses.

TUTKIMUS/ANALYSIS	NÄYTE/ SAMPLE	Pintavesi/surface water (n=4)			Pohjavesi/ground water					
		Ka/Mean (aritm)	Min	Max	Desinfiointi on Dinsnfected (n=8)			Ei desinfiointia No disinfection (n=7)		
					Ka/Mean (aritm)	Min	Max	Ka/Mean (aritm)	Min	Max
Heterotrofiset bakteerit, viljely R2A-alustalla /Total heterotroph count by culture on R2A medium CFU/ml	Rv	382000	265	1524000	692	0	1100	52	0	190
	Lv	406	5	1490	12	0	70	47200	10	329700
	V1	1640	40	5830	4720	0	21300	119	10	Yli
	V2	2300	35	7410	1371300	10	1096900	2980	5	20000
	V3	1700	25	4910	184	45	440	373	200	689
Kokonaismikrobimäärä DAPI mikroskooppi- laskenta, solut/ml/ Total number of microbes by DAPI-microscopic count, cells/ml	Rv	1765000	36000	3187000	750700	19100	2417000	61500	17900	118500
	Lv	417000	27000	1412000	733600	34700	214500	72400	22600	160500
	V1	756000	17600	2821000	475100	23300	1500000	102600	19900	426700
	V2	356000	24300	1185000	531800	21600	2254000	71600	20100	191100
	V3	1497000	22000	2676000	115600	13800	182000	103500	29300	265600
		Huom/ Note! V3 n=3			Huom/ Note! V3 n=4			Huom/ Note! V3 n=4		

NÄYTE/SAMPLE:

RV = raakavesi – raw water

LV = vesilaitokselta verkostoon lähtevä vesi- water leaving the waterworks

V1 = ensimmäisestä verkostopisteestä otettu vesi- water from the first network sampling point

V2 = toisesta verkostopisteestä otettu vesi – water from the second network sampling point

V3 = kolmannesta (=kauimmaisesta) verkostopisteestä otettu vesi— water from the most remote point of distribution network

Taulukko 4 – Table 4. Aktinomykeetti- ja mikrosienitulokset. Results from analyses of actinomycetes and microfungi.

TUTKIMUS/ANALYSIS	Pintavesi/surface water (n=4)				Pohjavesi/ground water					
	NÄYTE/ SAMPLE	Ka/Mean (aritm)	Min	Max	Desinfiointi on Disinfected (n=8)			Ei desinfiointia No disinfection (n=7)		
					Ka/Mean (aritm)	Min	Max	Ka/Mean (aritm)	Min	Max
Aktinomykeetit: viljely tärkkelys-kaseiini- alustalla/ Actinomyces, culture on Starch- Casein medium	Rv	77	0	Yli	56	13	Yli	34	0	80
	Lv	45	0	169	42	0	90	121	0	430
	V1	59	0	190	98	0	266	124	3	294
	V2	52	0	166	42	0	Yli	245	26	983
	V3	117	0	350	54	0	196	367	18	945
Homeet: viljely M2-alustalla/Molds, culture on M2-medium	Rv	73	8	Yli	93	8	Yli	41	0	151
	Lv	34	0	110	665	0	5000	47	6	119
	V1	48	0	160	28	0	170	45	3	129
	V2	13	0	30	39	0	140	82	5	309
	V3	60	0	120	7	1	9	84	4	300
Homeet: viljely R-B-alustalla/Molds, culture on R-B-medium	Rv	87	8	150	115	0	400	24	3	Ylikasvu
	Lv	16	0	40	845	0	6400	119	0	625
	V1	35	0	120	40	0	170	82	6	313
	V2	28	0	85	56	3	201	102	8	410
	V3	86	0	210	11	1	24	115	3	428
Hiivat: viljely M2 ja R-B alustoilla/ Yeasts, culture on M2- and R-B media	Rv	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Lv	1	0	3	0	0	0	0	0	3
	V1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	V2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Huom!/ Note! V3 n=3			Huom!/ Note! ! V3 n=4			Huom!/ Note! V3 n=4		

NÄYTE/SAMPLE:

RV = raakavesi – raw water

LV = vesilaitokselta verkostoon lähtevä vesi- water leaving the waterworks

V1 = ensimmäisestä verkostopisteestä otettu vesi- water from the first network sampling point

V2 = toisesta verkostopisteestä otettu vesi – water from the second network sampling point

V3 = kolmannesta (=kauimmaisesta) verkostopisteestä otettu vesi— water from the most remote point of distribution network

Taulukko 5 – Table 5. Uusintatutkimuksen ravinneanalyyysien tulokset Results of nutrient analyses in the follow-up study

TUTKIMUS/ANALYSIS	NÄYTE/SAMPLE	Keskiarvo/Mean (aritm)	Minimi	Maksimi
TOC mgC/l	Lähtevä	1.1	0.5	1.1
AOC (asettaatti-C) μg asetaatti eq. C/l / (acetate-C) μg acetate eq. C/l	Lähtevä	45.4	19.0	70.0
MAP $\mu\text{gPO}_4/\text{l}$	Lähtevä	6.48	0.36	10.50

TOC = orgaanisen hiilen kokonaismäärä (total organic carbon)

AOC = mikrobeille käyttökelpoisen orgaanisen hiilen määrä (assimilable organic carbon)

MAP = mikrobeille käyttökelpoisen fosfaatin määrä (microbially available phosphorus)

NÄYTE: Lähtevä = vesilaitokselta lähtevä vesi – water leaving the wateworks

Taulukko 6 - Table 6. Uusintatutkimusten mikrobiologisten vedenlaatu-tutkimusten tulokset. . Results from microbiological analyses in the follow-up study.

TUTKIMUS/ANALYSIS	NÄYTE/ SAMPLE	Ka/Mean (aritm)	Min	Max
Heterotrofiset bakteerit, viljely R2A-alustalla /Total heterotroph count by culture on R2A medium	Lähtevä	83.4	23	100
CFU/ml	Verkosto	2581	100	5855
Aktinomykeetit: viljely tärkkelys-kaseiini-alustalla/ Actinomycts, culture on Starch-Casein medium	Lähtevä	6.8	0	34
CFU/l	Verkosto	6.8	0	32
Homeet: viljely M2-alustalla/Molds, culture on M2-medium	Lähtevä	244	0	1100
CFU/l	Verkosto	359	21	1300

NÄYTE/SAMPLE:

Lähtevä = vesilaitokselta verkostoon lähtevä vesi- water leaving the waterworks

Verkosto = kauimmaisesta)verkostopisteestä otettu vesi— water from the most remote point of distribution network