

Legionellabakteerien esiintyminen kiertotaloustuotteissa sekä kiertotaloustuotteiden raaka-aineet ja hygienisointimenetelmät

Esiselvityksen loppuraportti

Evira/36/0303/2018

Eviran raportti
Hyväksymispäivä 4.1.2018

Kasvianalytiikan yksikkö

Hyväksyjä Mirja Kartio

Esittelijä Liisa Maunuksela

Lisätietoja Liisa Maunuksela

Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO	4
2.	KOMPOSTI- JA MULTATUOTTEIDEN RAAKA-AINEKOOSTUMUS	5
3.	VALMISTUS- JA HYGIENISOINTIPROSESSIT	7
3.1	Mädätys	7
3.2	Kompostointi	8
3.3	Lahotus	8
3.4	Terminen käsittely	9
3.5	Kemiallinen käsittely.....	9
3.6	Vanhentaminen.....	9
4.	HAITALLISET AINEET JA HYGIENIA KIERTOTALOUSTUOTTEISSA	9
5.	LEGIONELLALÖYDÖKSIÄ JA SAIRAUSTAPAUKSIA.....	10
5.1	Uusi-Seelanti.....	11
5.2	Taiwan	11
5.3	Japani	11
5.4	Australia.....	11
5.5	Iso-Britannia.....	12
5.6	Sveitsi	12
5.7	Suomi.....	13
6.	LEGIONELLAINFEKTIOT JA TYÖTURVALLISUUS	13
6.1	Legionellan infektoivuus.....	13
6.2	Legionellariskit työympäristöissä	13
6.3	Infektioriskit komposti- ja multatuotteiden käsittelyssä.....	14
6.4	Lainsäädäntö	14
6.5	Työturvallisuusohjeet	14
7.	YHTEENVETO.....	15
8.	LÄHTEET.....	17

1. JOHDANTO

Legionellat ovat luontaisesti kosteassa maaperässä ja luonnonvesissä esiintyviä bakteereita, jotka voivat aiheuttaa ihmisten sairastumisen legionelloosiin. Legionelloosi on kuumetauti, johon voi liittyä keuhkokuume (legioonalaistauti) tai lievempi, influenssan kaltainen Pontiac-kuume (Kusnetsov ja Räsänen 2015; Lumio 2017). *Legionella pneumophila* on vesissä elävä legionellalaji, joka aiheuttaa Euroopassa valtaosan legionelloositapauksista. Sen ohella maaperässä ja multamateriaaleissa esiintyvä *Legionella longbeachae* on merkittävä infektioiden aiheuttaja (Whiley ja Bentham 2011).

Komposti- ja multatuotteiden välityksellä saadut legionellainfektiot ovat herättäneet kasvavaa huolta. Muun muassa Uudessa-Seelannissa, Australiassa ja Skotlannissa on havaittu useita kompostimateriaalien aiheuttamia legionelloositapauksia (Currie et al. 2013; Kenagy et al. 2017; Steele et al. 1990 a). Legionellahavainnot ovat lisääntyneet Euroopassa merkittävästi viimeisten kymmenen vuoden aikana (Currie ja Beattie 2015). Suomessa havaittiin vuonna 2016 *Legionella longbeachae*-lajin aiheuttama legionellainfektio, jonka todennäköiseksi tartuntalähteeksi todettiin puutarhamultatuote (THL 2017).

Legionellat lisääntyvät tehokkaasti lämpimissä olosuhteissa (Kusnetsov ja Räsänen 2015; Lévesque et al. 2004). Legionellabakteerien kasvu on mahdollista lämpötiloissa 25 – 50 °C (WHO 2008), ja optimaalinen lämpötila kasvulle on noin 32 – 35 °C (Lévesque et al. 2004). Legionellabakteerien on todettu tuhoutuvan yli 60 °C asteisessa vedessä (Lévesque et al. 2004). Puolestaan laboratorio-olosuhteissa *L. longbeachae* -bakteerin kasvua ei enää havaittu 43 °C:ssa (Steele et al. 1990 b). Legionellojen on todettu säilyvän kuukausia -20 °C:ssa (Steele et al. 1990 b). Komposti- ja multatuotteiden valmistusprosesseissa lämpötilat ovat usein suosiollisia legionellojen kasvulle. Myös metsäteollisuuden jätevesissä olosuhteet mahdollistavat legionellojen lisääntymisen, ja suomalaisilla metsäteollisuuden jätevedenpuhdistamoilla onkin raportoitu hyvin korkeita legionellapitoisuuksia ja muutamia legionellaistautitapauksia (Kusnetsov et al. 2010). Yhdyskuntajäteveden puhdistamoilla erityinen riski on mädätyksen rejektivesien esikäsitely, jossa on havaittu korkeita legionellapitoisuuksia mahdollisesti legionellojen kasvulle sopivan lämpötilan (> 30 °C) vuoksi (Kusnetsov ja Räsänen 2015).

Legionellabakteerit voivat aiheuttaa infektion hengitettynä aerosolina tai pölynä. Tartunta vaatii läheisen kontaktin bakteereja sisältävään materiaaliin ja bakteerien pääsyn keuhkoihin (Lumio 2017). Infektion tartuntatienä voi hengitysteiden ohella olla myös haava, jolloin sairastuminen tapahtuu verenkiertojärjestelmän kautta (Mentula et al. 2014). Legionellabakteerien pitoisuudet voivat kasvaa merkittävästi ihmisen toiminnan seurauksena, ja näin ollen kasvun ehkäiseminen on ensisijaisen tärkeää infektorisikin pienentämiseksi. Legionellabakteereja ei voida tehokkaasti poistaa multatuotteista, mutta oikeilla käsittelytavoilla infektion riskiä voidaan pienentää (Whiley ja Bentham 2011).

Tunnetut sairaustapaukset ovat aiheuttaneet tarpeen tutkia legionellabakteerien esiintymistä komposti- ja multatuotteissa sekä niiden tukiaineissa. Tietyissä Euroopan maissa onkin jo kartoitettu legionellabakteerien esiintymistä kyseisissä tuotteissa ja arvioitu tuotteiden käsittelyprosessien yhteyttä infektioiden (Currie et al. 2013; Steele et al. 1990 a; Casati et al. 2009). Lisäksi muutamissa maissa on otettu legionellabakteerien esiintymisen riski huomioon multatuotteiden merkinnöissä sekä työturvallisuusviranomaisten ohjeissa (Whiley ja Bentham 2011; WSNZ 2016).

Lopputuotteiden legionellapitoisuuksien lisäksi tulisi selvittää komposti- ja multatuotteiden valmistusprosessien ja tuotteiden säilytyksen vaikutuksia legionellabakteerin esiintyvyyteen sekä tunnistaa käsittelymenetelmät, joilla voidaan minimoida infek-

tioriskit. Tietoa infektioriskeistä ja parhaista käsittelytavoista voidaan käyttää pohjatietona lainsäädännön ja työturvallisuusohjeiden valmistelussa sekä tuotteiden valmistusprosessien parantamisessa.

Tässä esiselvityksessä tarkasteltiin valikoitujen Suomessa markkinoilla olevien komposti- ja multatuotteiden raaka-ainekoostumusta ja niiden valmistus- ja hygienisointiprosesseja. Selvitettiin yleisesti maailmalla esiintyvien komposti- ja multatuotteiden legionellalöydöksiä aikaisemmin julkaistun tutkimustiedon pohjalta. Lisäksi tehtiin selvitys olemassa olevista työsuojeluun ja henkilösuojaukseen liittyvistä ohjeista komposti- ja multatuotteiden käsittelyssä. Tämä esiselvitys toimii pohjana vuosille 2018–2019 suunnitellun tutkimushankkeen valmistelussa.

2. KOMPOSTI- JA MULTATUOTTEIDEN RAAKA-AINEKOOSTUMUS

Komposti- ja multatuotteet valmistetaan tyypillisesti kompostoimalla erilaisia orgaanisia jätemateriaaleja tukimateriaalien kanssa (Corbitt 1999). Yleisesti käytettyjä jätemateriaaleja ovat metsäteollisuus- ja yhdyskuntajätevesilietteet, biojätteet ja elintarviketeollisuuden jätteet. Tukiaineina käytetään muun muassa turvetta, haketta ja kivennäismaa-aineksia. Multatuotteita voidaan valmistaa kompostituotteista sekoittamalla niihin muita mullan raaka-aineita, kuten turvetta, kivennäismaa-ainesta tai puunkuorta (Häkkinen 2015).

Selvityksessä koottiin tietoja seuraavista tuotteista: kompostimulta (merkintä KM), maanparannuskomposti (MPK), tuorekomposti (TK), orgaaniset lannoitteet (OL), maanparannusaineet (MPA) ja mädätysjäännös (MJ). Saman tuotetyypin tuotteet on erotettu toisistaan numeroinnilla (esim. KM1, KM2 jne.) Selvityksessä mukana olleiden tuotteiden raaka-ainekoostumus on esitetty taulukossa 1. Taulukon tiedot on koottu valmistajien antamien tietojen pohjalta.

Selvityksen tuotteissa raaka-aineena käytettiin yhdyskunta- ja metsäteollisuuden jätevesilietteitä, biojätettä sekä elintarviketeollisuuden jätteitä ja viherjätteitä. Kompostoinnin tukimateriaaleina käytettiin eläinten kuivikkeita, jotka sisältävät lantaa, puu- ja risuhaketta sekä turvetta.

Taulukko 1. Komposti- ja multatuotteiden koostumukset prosentteina (%).

Tuote ¹⁾	Jätevesiliete ²⁾	Metsäteollisuuden liete	Elintarviketeollisuuden jätteet	Biojäte ³⁾	Eläinten lanta / kuivikkeet	Kivennäismaa-aines ⁴⁾	Turve	Viherjäte	Puu- ja risuhake	Biotiitti
KM1				< 11	x	46 - 51	13 - 15	26 - 28		
KM2	15 - 16			11 - 12	x	67 - 68	6			
KM3	56					39	3			1
KM4	< 57				2	37	4			
MPK1				87	1				12	
MPK2	85								15	
MPK3				1	1			86	12	
MPK4	77						23			
TK1	x	x					x			
MPA1	30	70								
MPA2			x	x						

x = sisältää, osuus ei tiedossa

¹⁾ Lyhenteet löytyvät sivulta 5.

²⁾ Jätevesiliete tai lietemädäte (kompostituotteet); lietekomposti (multatuotteet)

³⁾ Biojäte tai biojätemädäte (kompostituotteet); biojätekomposti (multatuotteet)

⁴⁾ Hiekka, hiekkapitoinen maa, murskeen alite, savespitoinen hiekka tai turvehiekka

3. VALMISTUS- JA HYGIENISOINTIPROSESSIT

Orgaanisia jättemateriaaleja, kuten jätevesilietettä, biojätettä tai lantaa voidaan käsitellä muun muassa mädättämällä, kompostoimalla ja lahottamalla. Prosesseja voidaan myös yhdistää, ja esimerkiksi mädätyksen jälkeen materiaali voidaan kompostoida. Kompostoinnissa käytetään jättemateriaalien lisäksi tukimateriaaleja, joilla lisätään materiaalin huokoisuutta ja ilmavuutta, mikä edesauttaa aerobisten olosuhteiden ylläpitämistä.

Kasvualustoja kuten seosmultia voidaan valmistaa sekoittamalla kompostiin muita mullan raaka-aineita, kuten kivennäismaa-ainesta tai puunkuorta. Näiden lisäksi multatuotteisiin voidaan lisätä lisäaineita, kuten kalkkia, joka nostaa tuotteen pH-arvoa ja parantaa tuotteen ravinteiden biosaatavuutta, lisää huokoisuutta ja pieneliötoimintaa ja vähentää haitallisten aineiden liukoisuutta.

Lannoitevalmistelain (539/2006) mukaan orgaanisina lannoitevalmisteina käytettävien tuotteiden on oltava hygieenisia. Hygienisointi voidaan toteuttaa useilla tavoilla raaka-aineesta ja lopputuotteen tyypistä riippuen. Orgaaniset lannoitevalmisteet voidaan hygienisoida erilaisilla termisillä tai kemiallisilla prosesseilla tai jätevesilietteen tapauksessa vanhentamalla (Evira 2017 a). Tässä esiselvityksessä tarkasteltujen kompostituotteiden valmistuksessa käytetyt hygienisointimenetelmät on esitetty taulukossa 2. Multatuotteet (KM1...KM4) oli valmistettu sekoittamalla kompostituotteita ja muita mullan raaka-aineita, eikä mullanvalmistusprosessiin kuulunut erillistä hygienisointia.

Legionellabakteerien lisääntymisen kannalta prosessin olosuhteilla, kuten lämpötilalla, on keskeinen merkitys. Mikäli prosessia edeltävä tai prosessiin yhtenä vaiheena kuuluva hygienisointi ei pysty tuhoamaan materiaalissa olevia legionellabakteereita, voivat ne suotuisissa olosuhteissa lisääntyä prosessissa merkittävästi.

Taulukko 2. Tarkasteltujen komposti- ja multatuotteiden valmistuksessa käytetyt hygienisointimenetelmät

Tuote ¹⁾	Hygienisointimenetelmä	Olosuhteet	Aika
KM1	Sekoitettu hygienisoiduista tuotteista		
KM2	Sekoitettu hygienisoiduista tuotteista		
KM3	Sekoitettu hygienisoiduista tuotteista		
KM4	Sekoitettu hygienisoiduista tuotteista		
MPK1	Mädätys, tunnelikompostointi	> 60°C	>48 h, yhtäjaksoisesti
MPK2	Mädätys, tunnelikompostointi	> 50 °C	> 48 h, yhtäjaksoisesti
MPK3	Kompostointi	> 55 °C	> 14 d, yhtäjaksoisesti
MPK4	Mesofiilinen mädätys, kompostointi	> 45 °C	>200 h
TK1	Mesofiilinen mädätys, kompostointi	> 45 °C	>200 h
MPA1	Kalkkistabilointi ja kompostointi	ei tiedossa	ei tiedossa
MPA2	Terminen hygienisointi	ei tiedossa	ei tiedossa
MJ1	Terminen hygienisointi	70 °C	> 1 h
MJ2	Termofiilinen hydrolyysi	n.160 °C, 6 bar	20-30 min

¹⁾ Lyhenteet löytyvät sivulta 5.

3.1 Mädätys

Anaerobinen mädätys on prosessi, jossa mikrobit hajottavat orgaanista ainesta hapettomissa oloissa muodostaen metaania ja hiilidioksidia (Lampén 2007). Mädätyspro-

sessi stabiloi orgaanista ainesta vähemmän reaktiiviseen muotoon, parantaa kuivausominaisuuksia ja vähentää hajuja. Prosessissa jätteen määrä vähenee ja tuotetaan energiaa biokaasuna. Mädätyksen viipymä on tyypillisesti perinteisissä täyssekoitteisissa reaktoreissa noin 20 – 30 päivää. Mädätysjäännöstä hyödynnetään useiden komposti- ja multatuotteiden valmistuksessa.

Mädätysprosessi on joko mesofiilinen (prosessilämpötila noin 35 – 40 °C) tai termofiilinen (55 – 65 °C) (Lampén 2007). Termofiilistä prosessia pidetään riittävänä hygienisoitumisen kannalta, mutta mesofiiliseen prosessiin tulee yhdistää erillinen hygienisointivaihe. Mesofiilisessä mädätyksessä lämpötila suosii myös legionellojen lisääntymistä. Mädätyksen jälkeen mädätysjäännös voidaan stabiloida esimerkiksi jälki-kompostoinnilla tai termisellä kuivauksella ennen käyttöä komposti- tai multatuotteen valmistuksessa.

3.2 Kompostointi

Kompostointi on biologinen prosessi, jossa mikrobit hajottavat orgaanista ainetta aerobisissa oloissa muodostaen samalla hiilidioksidia, vettä ja lämpöä (Corbitt 1999). Kompostointi stabiloi orgaanista ainetta, tuhoaa patogeeneja ja pienentää jätteen tilavuutta. Kompostoinnin lämpötila vaihtelee prosessin edetessä mikrobiologisen toiminnan vaikutuksesta. Kompostointiprosessi koostuu mesofiilisestä vaiheesta, termofiilisestä vaiheesta ja jäähtymis- ja jälkikypsytysvaiheesta. Mesofiilisessä vaiheessa lämpötila nousee tyypillisesti noin 40 °C:een. Termofiilisessä vaiheessa lämpötila nousee yleensä 50 – 70 °C:een. Jäähtymis- ja jälkikypsytysvaiheessa lämpötila putoaa hitaasti. Kompostoinnin aktiivivaihe kestää reaktorikompostoinnissa tyypillisesti 1 – 3 viikkoa ja aumakompostoinnissa 6-12 kk (Corbitt 1999; Pipatti et al. 1996). Aktiivivaihetta seuraa jälkikypsytysvaihe, jonka kesto on prosessista riippuen tyypillisesti 6 – 12 kk (Pipatti et al. 1996).

Kompostointi voi tapahtua aumoissa, tunneleissa tai jatkuvatoimisissa reaktoreissa. Kompostoitumisprosessiin ja kompostin hygienisoitumiseen vaikuttaa prosessityypin lisäksi mm. käsiteltävät raaka-aineet ja niiden fysikaaliset ominaisuudet kuten massan kosteus ja palakoko. Raaka-aineiden lisäksi kompostointiprosessin toteutukseen vaikuttaa viranomaisten toiminnalle asettamat vaatimukset. Esimerkiksi sivutuoteasetuksessa (EY) N:o 1069/2009 edellytetään luokan 3 eläinperäisten sivutuotteiden käsitteilyä 70 °C lämpötilaa 60 minuutin ajan, palakoon ollessa alle 12 mm ja erilliskerätyn yhdyskuntabiojätteen ja lannan kompostoinnilta Eviran hyväksymissä laitoksissa Suomessa edellytetään 55 °C lämpötilaa 14 vrk ajan (Venelampi 2017). Carringtonin raportissa puolestaan esitetään, että kompostoitaaessa jätevesilietteitä aumakompostoinnissa lämpötilan tulee pysyä yli 55 °C:ssa vähintään neljän tunnin ajan kolmen peräkkäisen käännön aikana. Reaktorissa tai ilmastetussa aumassa kunkin kompostointierän lämpötilan tulee olla yli 55 °C vähintään neljän tunnin ajan ja pysyttävä yli 40 °C:n vähintään 5 vuorokauden ajan (Carrington 2001).

Kompostoinnin mesofiilisessä ja jäähtymisvaiheessa lämpötilat ovat suosiolliset legionellojen kasvulle. Legionellabakteerien määrä voi lisääntyä kompostoinnissa merkittävästi, mikäli bakteereita tuhoavaa lämpötilaa ei saavuteta prosessin aikana tai tassaaisesti kompostimassassa esimerkiksi epätäydellisen sekoittumisen takia. Lämpötilan kontrolloinnin lisäksi lämpötilan mittaaminen luotettavasti on haastavaa. Riittävän lämpötilan saavuttaminen kompostoinnissa voi olla haasteellista erityisesti kompostoitaaessa ainoastaan jätevesilietettä.

3.3 Lahotus

Puhdistamolietettä ja elintarviketeollisuuden kasviperäisiä jätteitä voidaan käsitellä aerobisissa oloissa termofiilisesti lahottamalla (esim. 55 °C, 14 vrk) (Evira 2017 a). Termofiilinen lahotus toimii korkean lämpötilan ansiosta hygienisoivana prosessivaiheena vastaavasti kuin termofiilinen mädätys. Lahotuksessa materiaalia ilmastetaan

kompostoinnista poiketen koneellisesti (Pipatti et al. 1996). Lahotus tapahtuu yleensä nestemäisille materiaaleille (3 – 8 % kuiva-ainetta), eikä prosessiin lisätä tukiaineita kuten kompostoinnissa.

3.4 Terminen käsittely

Termisessä hygienisoinnissa jätemassan lämpötila nostetaan tunnin ajaksi 70°C:een. Tämä voidaan toteuttaa erillisessä hygienisointiyksikössä, jolloin lämpötilan säätö on varmempaa. Termisessä hydrolyysissä (THP) massa käsitellään korkeassa paineessa (6 bar) ja lämpötilassa (n.160 °C) 20 - 30 minuutin ajan. Termisessä kuivauksessa liete kuumennetaan yli 80 °C:een vähintään 10 minuutin ajaksi, ja lietteen kosteuspi-toisuuden tulee laskea alle 10 %:iin (Carrington 2001).

3.5 Kemiallinen käsittely

Kemiallisia puhdistamolietteille käytettyjä käsittelymenetelmiä ovat mm. kemiallinen hydrolyysi (happohydrolyysi) ja kalkkistabilointi. Kemiallinen hydrolyysi (Kemicondmenetelmä) perustuu Fenton-reaktioon, jossa raudalla saostetun lietemateriaalin pH lasketaan rikkihapolla (H₂SO₄) noin arvoon 4, jolloin metallisuolat ja hydroksidit liu-kevat ja lietteen vettä pidättävä geelimäinen rakenne hajoaa (Kemira 2017). Tämän jälkeen liete hapetetaan vetyperoksidilla (H₂O₂), mikä edelleen hajottaa lietteen geeli-mäistä rakennetta ja vapauttaa vettä. Happamat olosuhteet ja voimakkaan hapetti-men käyttö aiheuttavat lietteen hygienisoitumisen. Kemiallisella hydrolyysillä käsitelty liete tulee vielä stabiloida esimerkiksi kompostoimalla.

Kalkkistabiloinnissa lietteen pH nostetaan poltetulla (CaO) tai sammutetulla kalkilla (Ca(OH)₂). Puhdistamolietteiden kalkkistabiloinnissa riittävä hygienisointi saavutetaan nostamalla lietteen pH yli 12:n vähintään kahden tunnin ajaksi (Evara 2017 a). Polte-tulla kalkilla tehtävässä käsittelyssä myös materiaalin lämpötila nousee, kun kalkki reagoi veden ja hiilidioksidin kanssa muodostaen sammutettua kalkkia ja vapauttaen lämpöä.

3.6 Vanhentaminen

Jätevesiliete voidaan hygienisoida myös meso- tai termofiilisesti mädättämällä ja mä-dätysjäännöstä vanhentamalla (Vuorinen et al. 2013). Vanhentamisella tarkoitetaan kuivatun lietteen pitkäaikaista varastointia. Lietteeseen ei lisätä seos- tai tukiaineita, eikä materiaalia välttämättä käännetä varastoinnin aikana.

4. HAITALLISET AINEET JA HYGIENIA KIERTOTALOUSTUOTTEISSA

Orgaaniseksi lannoitevalmisteeksi soveltuu tuote, joka sisältää ravinteita siinä määrin, että niistä on hyötyä kasvien kasvulle tai sen muut ominaisuudet parantavat merkittä-västi kasvien kasvua tai kasvuolosuhteita (Evara 2017 b). Tuote ei myöskään saa ai-heuttaa haittaa ympäristölle, eläimille tai ihmisille. Tuotteen käytöstä on siis oltava hyötyä, muussa tapauksessa kyseessä on jätteen hävittäminen. Tuotteen soveltu-vuuden arvioinnissa on mietittävä mitä hyötyä sen käytöstä on kasvien kasvulle ja mi-tä haitallisia ominaisuuksia sillä voi olla.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden haitallisten metallien ja patogeenien pitoisuuksia valvotaan riskiperusteisesti Eviran valvontasuunnitelman mukaisesti (Evara 2017 c). Orgaanisten haitta-aineiden pitoisuuksille ei ole toistaiseksi säädetty raja-arvoja lan-noitevalmistelaitteissa eikä niitä näin ollen säännöllisesti valvota. Metallien pitoisuuksia on puolestaan määritetty Suomessa pitkään mutta lainsäädännön raja-arvojen ylityk-set orgaanisissa lannoitevalmisteissa ovat olleet Suomessa poikkeuksia. Eviran lan-noitevalmisteiden valmistuksen valvonnassa vuosina 2015-2017 ei havaittu yhtään

ylitystä orgaanisten lannoitevalmisteiden haitallisten metallien pitoisuuksissa (Taulukko 3).

Taulukko 3. Lannoitevalmisteiden haitallisten metallien sallitut pitoisuudet ja havaitut pitoisuudet Eviran lannoitevalvonnan mukaan vuosina 2015-2017.

Metalli	Sallittu pitoisuus ¹⁾ , mg/kg kuiva-ainetta	Suurin havaittu pitoisuus ²⁾ , mg/kg kuiva-ainetta
Arseeni (As)	25	14
Elohopea (Hg)	1	0,6
Kadmium (Cd)	1,5	1,4
Kromi (Cr) kv	300	170
Kupari (Cu)	600	380
Lyijy (Pb)	100	25
Nikkeli (Ni)	100	85
Sinkki (Zn)	1500	840

¹⁾ MMM 2016, Raja-arvot eivät koske kaatopaikkojen tai muiden suljettujen alueiden maisemoinnissa käytettäviä maanparannusaineita, kasvualustoja tai muita lannoitevalmisteita eikä sellaisena käytettäviä sivutuotteita.

²⁾ Eviran lannoitevalmistuksen valvonnan tulokset 2015-2017.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden valvonnassa valvotaan myös tuotteiden hygieniää ja kypsyyttä määrittämällä mm. *Escherichia coli* ja *Salmonella* pitoisuuksia (Evira 2017 b). *E. coli* pitoisuuksien on oltava alle 1000 pmy/g lannoitevalmisteissa ja alle 100 pmy/g ammattimaiseen kasvihuoneviljelyyn tarkoitetuissa kasvualustoissa, joissa syötävät kasvinosat ovat suoraan kosketuksissa kasvualustaan. Salmonellaa ei saa löytyä 25 gramman näytteestä lainkaan. Evirassa 2015-2017 analysoiduista näytteistä (91 kpl) viidessä havaittiin Salmonellaa. Neljä näytettä olivat tuorekompostia ja yksi jätevesilietenäyte. *E. coli* -pitoisuuden ylityksiä oli neljässä näytteessä, joista kolme oli tuorekomposteja ja yksi maanparannuskomposti. Tuotteilta, joissa hygieniä ei vastaa vaatimuksia, edellytetään uudelleen käsittelyä.

5. LEGIONELLALÖYDÖKSIÄ JA SAIRAUSTAPAUKSIA

Legionellabakteereja löytyy pääasiassa akvaattisista olosuhteista, kuten lämpimän käyttöveden järjestelmissä. Muita legionellan lähteitä, kuten kompostiperäisiä tuotteita, on tutkittu suhteellisen vähän.

Kuitenkin erilaisten kompostoitujen materiaalien legionellakontaminaation vuoksi on mm. Uudessa-Seelannissa, Australiassa ja Skotlannissa havaittu useita sairastumistapauksia. Myös Euroopassa legionellat taudinaiheuttajana ovat lisääntyneet merkittävästi viimeisten kymmenen vuoden aikana, mikä voi kuitenkin johtua osittain myös kehittyneestä diagnostiikasta tai kasvialustakoostumuksen muuttumisesta (Currie ja Beattie 2015).

Monissa tutkimuksissa on todettu, että sairastuvuuteen vaikuttaa henkilön yleiskunto, muut sairaudet ja tupakointi. Seuraavassa esitellään erityisesti komposti- ja multatuotteista raportoituja legionellalöydöksiä ja sairaustapauksia.

5.1 Uusi-Seelanti

Uudessa-Seelannissa on rekisteröity eniten legionelloosi-sairastapauksia maailmassa (Kenagy et al. 2017). Suurimman osan sairastapauksista (51 %) on aiheuttanut *Legionella longbeachae*-bakteeri, jota esiintyy maaperässä ja kompostituotteissa. *Legionella pneumophila*-bakteeri on aiheuttanut 28 % ja muut legionellalajit 21 % sairastapauksista. Uudessa-Seelannissa tutkittiin vuosina 2013–2014 legionelloosiin sairastuneita henkilöitä, joilla oli todettu *L. longbeachae*-bakteerin aiheuttama keuhko-kuume. Tutkimusjakson aikana ilmoitettiin 37 sairastumistapausta, joista 31 osallistui tutkimukseen.

Tutkimuksissa huomattiin, että kompostimateriaalin käsittely sekä syöminen tai juominen kompostimateriaalin käsittelyn jälkeen lisäsivät riskiä sairastua legionelloosiin (Kenagy et al. 2017). Ostetuista kompostituotteista oli suurempi riski saada legionellatartunta kuin kotikompostimullasta. Tutkimuksissa löydettiin selvä korrelaatio pitkäaikaisen tupakoimisen tai keuhkohtaamataudin ja legionelloosin välillä. Tutkimuksessa havaittiin myös, että tartunnan riski oli suurin käsittelytavoissa, joissa legionellabakteeri voisi tarttua aerosolien kautta. Toisaalta tutkimuksissa ei havaittu yhteyttä sydänsairauksien ja legionelloosin välillä.

5.2 Taiwan

Shung-Hsi et al. (2014) tutkivat *L. longbeachae* aiheuttamia tautitapauksia Taiwanissa vuosina 2006–2010. Samoin kuin Euroopassa, yli 90 % legionelloositapauksista oli *L. pneumophilian* aiheuttamia ja vain 5 % *L. longbeachae*. Tartuntoja oli näinä vuosina yhteensä kuusi, joista vain kahdella oli todennettu kontakti maan käsittelyyn tartuntaa edeltävän kymmenen päivän aikana.

5.3 Japani

Koide et al. (2001) tutkivat legionellabakteerien esiintymistä erilaisissa kompostituotteissa Japanissa. Yhteensä 24 näytteestä löydettiin 46 erilaista legionellabakteeria. Ainoastaan turvetuotteissa ei havaittu legionellaa. Koska Australiassa *L. longbeachae* on aiheuttanut sairastumisia, sitä etsittiin myös Japanissa. *L. longbeachae* löydettiin vain 9 näytteestä; kaksi tuoreesta näytteestä ja seitsemän, kun näytettä oli säilytetty kuukausia 33 °C:ssa.

5.4 Australia

Australiassa *L. longbeachae*-bakteeri sairastutti 30 henkilöä vuosien 1987 ja 1989 aikana (Steele et al. 1990 a). Tautilähteiden löytämiseksi otettiin lukuisia vesi- ja maanäytteitä sairastuneiden henkilöiden kodeista. Maanäytteet otettiin neljän sairastuneen henkilön kotiympäristöstä. Kyseiset henkilöt olivat käyttäneet kaupallisia puutarhamultia ennen sairastumista. Puutarhamullista ja puutarhamultasekoituksista löydettiin *L. longbeachae* -bakteeria, mutta ei vesinäytteistä tai puutarhojen maanäytteistä. *L. longbeachae* -organismien huomattiin kestävän hengissä joissain näytteissä jopa seitsemän kuukautta. *L. longbeachae* -bakteereita sisältävät multatuotteet olivat tulleet samalta valmistajalta.

Tutkimuksen mukaan legionellaa suotautuu maa-aineksesta puutarhakasvien kastelun aikana (Steele et al. 1990 a). On myös mahdollista, että *L. longbeachae* -bakteereita sisältäviä aerosoleja muodostuu voimakkaan kastelun yhteydessä tai veden osuessa kovalle multapinnalle.

Steele et al. (1990 b) tutkivat legionellan esiintymistä kompostin raaka-aineissa. Australiassa käytetään kompostin tukiaineena tyypillisesti puupohjaisia materiaaleja. Tutkimuksessa legionellaa löydettiin kolmessa näytteessä 17 tutkitusta puumateriaalinäytteistä ennen kompostointia. Ainakin yhden positiivisista näytteistä raportoitiin kontaminoituneen valmiilla kompostimateriaalilla.

5.5 Iso-Britannia

Vuosina 2008–2010 Iso-Britanniassa sairastui 11 henkeä *L. longbeachaen* aiheuttamaan infektiioon (Currie et al. 2013). Tapauksista 7 oli Skotlannissa, ja niistä neljässä henkilö sairastui käsiteltyään kaupallisia kompostimultia.

Currie et al. (2013) tutkivat 24 multanäytettä, joista 22 oli kaupallista kompostimultaa, yksi kotitekoista kompostimultaa ja yksi puutarhajätteestä tuotettua kompostimultaa. Kompostimullat sisälsivät yleisesti turvetta, kompostoitua orgaanista materiaalia, hiekkaa, vermikuliittia ja hiesua. Kuusi kompostimultaa ei sisältänyt turvetta. Kotitekoisen kompostimulta sisälsi puutarhajätettä, tuhkaa, sadevettä ja kotitalousjätettä. Tutkituista 24 näytteestä 15 näytteessä havaittiin legionellabakteereita pitoisuuksina, jotka voivat aiheuttaa ihmiselle tartunnan. Näytteistä löytyi yhteensä 12 eri legionella-serotyyppiä, joista kahdeksan tiedetään olevan patogeenisia.

Currie et al. (2013) vertailivat tuloksia muiden maiden vastaaviin tutkimuksiin ja esimerkiksi kreikkalaisessa tutkimuksessa legionellabakteereja löytyi 27 % kompostinäytteistä. Steele et al. (1990 a) tutki myös kompostimateriaalien legionellapitoisuuksia. 80 % kuorikomposti- ja sahajauhonäytteistä löytyi legionellabakteereita, mutta ei turvenäytteistä. Turve on yleinen kompostimateriaali Euroopassa, kun taas Australiassa käytetään puunkuoria ja sahanpurua. Japanissa ja Kreikassa puhtaan turvekompostimullan ei ole havaittu sisältävän legionellabakteereja. Turpeen käytön vähentämisen ja puutarhajätteen käytön lisäämisen kompostimullissa uskotaan lisänneen *L. longbeachaen* aiheuttamia infektiota Skotlannissa (Currie et al. 2013).

5.6 Sveitsi

Casati et al. (2009) mukaan Sveitsissä vuosina 2006 ja 2007 kerätyistä puutarhamultanäytteistä 46 % sisälsi legionellabakteereita. Osa näistä ruukkumullista sisälsi kompostimultaa, joka oli tuotettu kierrättämällä puutarhajätettä.

Casati et al. (2009) tutkivat legionellabakteerien esiintyvyyttä kahdeksassa eri puutarhajätteen keräyspisteessä Sveitsissä, joista kuudessa löytyi legionellabakteeria. Kolme keräyspistettä sisälsi kompostointilaitoksen. Muissa viidessä keräyspisteessä jätteitä ei prosessoitu. Keräyspisteistä kolme oli lyhyen säilytyksen laitosta, joissa jätettä säilytettiin kolme kuukautta. Kahdessa laitoksessa puutarhajätettä säilytettiin 7-8 kuukautta. Näissä puutarhajäte kävi läpi luonnollisen hajoamisprosessin. Puutarhajäte sisälsi ruohoa, oksia ja lehtiä. Näytteet, joista ei legionellaa löytynyt, olivat peräisin kahdelta lyhyen säilytyksen laitokselta.

Keräyspisteistä kerättiin yhteensä 31 näytettä toukokuun ja lokakuun 2008 välillä (Casati et al. 2009). Näytteet kerättiin kaikista laitoksista tuoreista jätteistä, kompostoinnin eri vaiheista sekä kasasta, jossa jäte kävi läpi luonnollista hajoamisprosessia. Vain yhden keräyspisteen tuoreen jätteen keräyspisteestä löytyi legionellaa. Kaikissa kolmessa kompostointilaitoksessa kompostoinnin lopputuote sisälsi legionellabakteereita. Viidessä jätteenkeräyspisteessä havaittiin *Legionella pneumophila* Sg 2-15 bakteeria, neljässä *Legionella pneumophila* Sg 1 bakteeria, kolmessa *Legionella bozemanii* bakteeria, kahdessa *Legionella micdadei* ja *Legionella oakridgensis* bakteeria, yhdessä *Legionella jamestowniensis* bakteeria ja yhdessä *Legionella cincinnatiensis* bakteeria. *Legionella jamestowniensis* bakteeria lukuun ottamatta, edellä mainitut lajit ovat kaikki patogeenisia.

Casati et al. (2009) mukaan Sveitsissä ei ole vielä löydetty linkkiä kompostimullan aiheuttaman kontaminaation ja legionellioosin välillä. Kompostimullat ovat kuitenkin hyvä kasvualusta legionellabakteereille.

5.7 Suomi

Suomessa havaitaan vuosittain noin 5-30 legionellabakteerin aiheuttamaa keuhkokuumetta, mutta määrän arvioidaan todellisuudessa olevan suurempi, koska kaikkien keuhkokuumeiden aiheuttajaa ei selvitetä tarkasti (Kusnetsov et al. 2010). Suomessa on raportoitu kaksi Pontiac-kuume -epidemiaa, vuosina 2007 ja 2011. Vuonna 2007 tapahtuneen epidemian lähteenä oli sairaalan käyttövesi ja vuonna 2011 laivan talousvesijärjestelmä.

Vuonna 2007 viisi metsäteollisuuden työntekijää sairastui legionellabakteerin aiheuttamaan keuhkokuumeeseen (Kusnetsov et al. 2008). Tehdashallissa työskennelleistä 36 henkilöstä viisi sairastui. Lisäksi kemian alan tehtaan jätevedenpuhdistamolla oli Pontiac-kuume -epidemia vuonna 2008 (Ruotsalainen et al. 2008). Erikseen on raportoitu kahdesta eri legionellan aiheuttamasta keuhkokuumeesta metsäteollisuuden jätevedenpuhdistamoilla tai niiden läheisyydessä työskentelevillä henkilöillä (Kusnetsov et al. 2010).

Suomessa on tutkittu kahden eri jätevedenpuhdistamon vesien legionellabakteeripitoisuuksia vuosina 2012–2014 (Kusnetsov ja Räsänen 2015). Tutkimuksen mukaan legionellabakteereita löytyy jätevesistä myös kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla, mutta matalampina pitoisuuksina kuin metsäteollisuudessa tai kemianteollisuudessa. Kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla käsiteltävän veden lämpötila on matalampi, mikä saattaa olla syy pienempiin legionellapitoisuuksiin. Kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla korkeimmat legionellapitoisuudet havaittiin rejektiveden typenpoistoprosessista, jossa lämpötila on legionellalle suotuisa (> 30 °C). Toisella tutkituista laitoksista tehtiin rejektiveden typenpoiston erilliskäsittelykokeilu, jonka aikana legionellapitoisuuksien kasvua ei havaittu.

Suomessa on raportoitu ainakin viisi *L. longbeachaen* aiheuttamaa infektiota, joista ensimmäinen todettiin vuonna 1989. Vuonna 2013 *L. longbeachae* oli tarttunut rikkoutuneesta kukkapurkista iäkkään, kroonisista sairauksista kärsineen naisen käden haavaan (Mentula 2014). Vuonna 2016 ilmoitettiin tartuntatautirekisteriin 26 tapausta, joista 15:n tulokset sopivat legionelloosiin, ja näistä kuusi oli saanut tartunnan kotimaassa (THL 2017). Kaksi oli saanut tartunnan sairaalassa ja neljän tartuntalähde löytyi kodista tai lähiympäristöstä; yhdessä tapauksessa tartuntalähde oli jätevesilietteestä ja turpeesta valmistettu nurmikkomulta.

6. LEGIONELLAINFEKTIOT JA TYÖTURVALLISUUS

6.1 Legionellan infektioisuus

Legionellabakteerit voivat aiheuttaa infektion hengitettynä aerosolina tai pölynä. Infektion syntyminen vaatii bakteerien pääsyn keuhkoihin, joten infektiota ei synny materiaalia nieltäessä (Lumio 2017). Tartunta vaatii läheisen kontaktin bakteereja sisältävään materiaaliin, sillä bakteerit eivät kulkeudu pitkiä matkoja aerosoleina (Whiley ja Bentham 2011). Vielä ei tiedetä, millainen legionellabakteerien annos aiheuttaa infektion (Kusnetsov ja Räsänen 2015). Oikeilla käsittelytavoilla multatuotteista saatavan infektion riskiä voidaan pienentää (Whiley ja Bentham 2011).

6.2 Legionellariskit työympäristöissä

Principe et al. (2017) kokosivat tiedot 47 työperäisiä legionellainfektioita käsitelleistä artikkeleista vuosilta 1949-2015. Tutkimuksessa selvisi, että 62 % raportoiduista legionellainfektioista oli saatu teollisuustyöpaikoilla, 27 % toimistorakennuksissa ja 6 % terveydenhuollon työpaikoilla. Muita työympäristöjä, joissa legionellatapauksia rapor-

toitiin, olivat mm. maanrakennustyömaat, rekka-autojen pysäköintialueet, laivat, puutarhat sekä veden- ja jätevedenpuhdistamot.

6.3 Infektoriskit komposti- ja multatuotteiden käsittelyssä

Komposti- ja multatuotteiden käsittelyssä legionellabakteerin leviämistä ilmaitse aiheuttaa mm. tuotepussien avaaminen, tuotteiden käsitteleminen sisällä ja tuotteiden kuljettaminen (Kenagyn et al. 2017). Syöminen, juominen, tupakoiminen ja kasvojen koskettaminen likaisilla käsillä lisäävät legionellainfektion riskiä. On suositeltavaa avata tuotepussit mahdollisimman kaukana kasvoista ja kuljettaa tuotteita lähellä maata aerosolien aiheuttamien tartuntojen välttämiseksi.

Suojakäsineiden ja hengityssuojaimien käyttö sekä kompostointituotteiden kasteleminen ennen käyttöä on katsottu vähentävän tartuntariskiä (Kenagyn et al. 2017). Suojakäsineiden ja hengityssuojaimien käytössä on suositeltu hävittämään suojaimet heti käytön jälkeen ja pesemään kädet suojakäsineiden poistamisen jälkeen ennen hengityssuojaimien poistamista. Ihmisten tietoisuutta infektoriskistä ja oikeista työtavoista sekä suojainten käytöstä tulisi lisätä esimerkiksi varoitustekstein.

Sydän- ja hengitystiesairaudet lisäävät sairastumisriskiä. Kenagyn et al. (2017) mukaan erityisesti tupakoivien ja keuhkohtaumaa sairastavien on oltava erityisen varovaisia, sillä heillä on tavallista suurempi riski sairastua.

6.4 Lainsäädäntö

Työturvallisuuslaissa (738/2002, 40 §) säädetään turvallisuudelle tai terveydelle haittaa tai vaaraa aiheuttavista biologisista tekijöistä, että työntekijän altistuminen niille on rajoitettava niin vähäiseksi, ettei niistä aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle, terveydelle tai lisääntymisterveydelle.

Työturvallisuuslain nojalla annetut muut säädökset legionellaan liittyen ovat valtioneuvoston päätös (1155/1993), sosiaali- ja terveysministeriön asetus (921/2010) ja sitä vastaava EU:n direktiivi (2000/54) työntekijöiden suojelemiselle vaaroilta. Edellä mainitut valtioneuvoston päätös ja sosiaali- ja terveysministeriön asetus liitteineen luokittelevat legionellalajit biologisten tekijöiden ryhmään 2. Luokittelun mukaan ryhmään 2 kuuluva biologinen tekijä voi aiheuttaa ihmiselle sairauden ja olla vaarallinen työntekijälle, mutta ei kuitenkaan todennäköisesti leviä väestöön ja tekijän aiheuttamaan sairauteen käytettävissä on yleensä tehokas hoito (Kusnetsov ja Räsänen 2015).

EU:ssa biologisilta riskeiltä suojautumisesta säädetään direktiivillä 2000/54/EC, jossa työnantaja velvoitetaan arvioimaan ja vähentämään työntekijöihin kohdistuvaa riskiä, ottamaan huomioon altistuksen välttämisen ja kontrolloinnin ja antamaan työntekijöille riittävästi tietoa ja koulutusta sekä terveystarkastuspalveluita (Principe et al. 2017). Eurooppalaiset normit legionellan aiheuttaman riskin arviointiin ja vähentämiseen työympäristöissä on esitetty Euroopan tautikeskuksen (EDCD) ohjeessa (EDCD 2017).

6.5 Työturvallisuusohjeet

Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY:n nurmikkomullan tuoteselosteessa annetaan seuraavat suositukset multatuotteiden kanssa työskenteleville henkilöille:

- Käytä puutarhatöissä puutarhahanskoja
- Muista myös suojata käsissä olevat haavat laastarilla tai sidoksilla.
- Vältä pölyävälle mullalle altistumista

- Kun multaa lastataan tai kuormaa puretaan, vältä oleskelua mullan liikuttelussa muodostuvassa pölyssä
- Jos multa on kuivaa ja pölyävää, kannattaa mullan pinta kostuttaa ennen levitystöitä pölyämisen vähentämiseksi
- Varmimmin pölyltä voi suojautua P3-tason hengityssuojaimella. Hävitä suojain käytön jälkeen, eli käytä suojainta vain kerran
- Pese kädet hyvin puutarhatöiden jälkeen

Uudessa-Seelannissa työturvallisuusviranomaiset ovat julkaisseet ohjeet maa-aineksen, kompostin ja kasvatusmullan käsittelystä legionelloositartuntojen välttämiseksi. Tiivistettynä ohjeen sisältö koostuu seuraavista asioista (WSNZ 2016):

- Jos työ sisältää maa-aineksen, kompostin tai kasvatusmullan käsittelyä, työnantajan tulee huolehtia työturvallisuudesta koskien työntekijöiden riskiä sairastua legionelloosiin.
- Yleisin tapa saada tartunta on hengittää bakteereita sisältävää pölyä tai pisaroita. Tällainen tilanne voi syntyä käsiteltäessä maata, kompostia tai multatuotteita, jotka muodostavat pölyä tai sumua.
- Legionelloosiin oireita ovat: yskä, hengenahdistus, kuume, lihaskivut ja pääsärky. Tyypillinen itämisaika on 5–6 vuorokautta, mutta väli voi olla 2–10 vuorokautta. Hoitamattomana tauti voi johtaa vaaralliseen keuhkokuumeeseen.
- Altistavat tekijät ovat: korkea ikä, tupakointi, runsas alkoholinkäyttö, krooninen keuhkotauti, perussairaus kuten diabetes, syöpä tai munuaissairaus.
- Mikäli työntekijä saa legionellatartunnan, on tehtävä ilmoitus työsuojeluviranomaisille

Altistumisen minimoimiseksi:

- Vältetään tuotteiden säilytystä 20–40°C lämpötilassa
- Vältetään pölyämistä ja roiskeiden muodostumista aiheuttavia toimia, esim. kastellaan alhaisella vedenpaineella roiskeiden minimoimiseksi ja avataan säkit ym. varovasti
- Huolehditaan ilmanvaihdosta sisätiloissa
- Käytetään käsineitä
- Pestään kädet
- Tarvittaessa, jos riskiä ei saada pienennettyä kylliksi, käytetään hengityssuojainta
- Hengityssuojainta käytettäessä on tärkeää opetella oikea käyttö; hengityssuojainta ei tule käsitellä likaisin käsin

7. YHTEENVETO

Yleisesti ottaen legionellahavainnot ovat lisääntyneet Euroopassa merkittävästi viimeisten kymmenen vuoden aikana, mahdollisesti ilmastonmuutoksen takia. Vaikka legionella on luonnossa esiintyvä bakteeri, niin sen pitoisuus luonnossa voi kasvaa merkittävästi ihmisen toiminnan seurauksena. Legionellapitoisuuksien kasvun ehkäiseminen onkin ensisijaisen tärkeitä ja tarvitsemme siitä lisätietoa.

Komposti- ja multatuotteet voivat sisältää suuria pitoisuuksia legionellabakteereja. Suomessa todettiin vuonna 2016 *Legionella longbeachae*-lajin aiheuttama legionellainfektio, jonka todennäköiseksi tartuntalähteeksi todettiin puutarhamultatuote. Ilmastonmuutoksen johdosta myös Suomessa olosuhteet sekä lisääntynyt teollisuudesta peräisin olevien jättemateriaalien käyttö lannoitevalmisteena ovat nostaneet esiin tarpeen kartoittaa legionellabakteerin esiintymistä komposti- ja multatuotteissa

Legionellabakteerien esiintyminen kiertotaloustuotteissa sekä kiertotaloustuotteiden raaka-aineet ja hygienisointimenetelmät

sekä niiden tukiaineissa sairastumisriskin hallitsemiseksi tuotteiden käsittely- ja käyttövaiheissa.

Tämä esiselvitys toimii pohjana vuosille 2018–2019 suunnitellun tutkimushankkeen valmistelussa, jossa kartoitetaan legionellabakteerin esiintymistä orgaanisissa lannoitevalmisteissa analysoimalla legionellabakteeripitoisuuksia ja -tyyppejä laajemmasta tuotevalikoimasta. Tulevassa hankkeessa tutkimus kohdistuu erityisesti potentiaalisiin riskiraaka-aineisiin kuten teollisuuden jätevesiin sekä käsittelymenetelmiin, joissa hygienisointi ei ole riittävä legionellabakteerin tuhoutumiseksi. Tuotteiden osalta selvitetään myös jälkikontaminaation ja tuotteiden säilytyksen vaikutuksia legionellabakteerin esiintyvyyteen. Lisäksi tavoitteena on määritellä käsittelymenetelmät, joilla voidaan minimoida bakteerimäärät ja riskit. Tietoa infektioriskeistä ja parhaista käsittelytavoista voidaan käyttää pohjatietona lainsäädännön ja työturvallisuusohjeiden valmistelussa sekä tuotteiden valmistusprosessien parantamisessa.

8. LÄHTEET

Casati, S., Conza, L., Bruin, J., Gaia, V. 2009. Compost facilities as a reservoir of *Legionella pneumophila* and other *Legionella* species. *Clinical Microbiology Infection*, vol 16, s. 945-947.

Carrinton, E. G. 2001. Evaluations of Sludge Treatments for Pathogen Reduction – Final Report. Study Contract No B4-3040/2001/322179/MAR for the European Directorate- General Environment. 1. painos. Luxemburg: European Communities. 44 s. ISBN 92-894-1734-X.

Corbitt, R. A. 1999. Standard Handbook of Environmental Engineering, Second Edition. LAND RECLAMATION, Chapter (McGraw-Hill Professional, 1999), AccessEngineering Library.

Currie, S. L., Beattie, T. K. 2015. Compost and *Legionella longbeachae*: an emerging infection? *Perspectives in public health*, 135(6), 309-315.

Currie, S.L., Beattie, T.K., Knapp C. W., Lindsay, S. J. 2013. *Legionella* spp. in UK composts – a potential public health issue? *Clinical Microbiology Infection*, vol 20 s. O224-O229.

ECDC. 2017. European Technical Guidelines for the Prevention, Control and Investigation of Infections Caused by *Legionella* species. European Centre for Disease Prevention and Control. Saatavilla:

<https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/documents/Legionella%20GuidelinesFinal%20updated%20for%20ECDC%20corrections.pdf>

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. 2017 a. Kansallinen tyyppinimiluettelo lannoitevalmisteista. Konsolidoitu versio 27.12.2017

https://www.evira.fi/globalassets/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/tiedostot/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_27_12_2017.pdf

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. 2017 b. Lannoitevalmisteita koskeva lainsäädäntö. Saatavilla:

<https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/lainsaadanto/>

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. 2017 c. Saatavilla: <https://www.evira.fi/tietoa-evilirasta/julkaisut/kasvit/raportit/>

Häkkinen, E. 2015. Mullan valmistaminen. Opinnäytetyö. HAMK Rakennustekniikka. Saatavilla:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/92581/Hakkinen_Eero.pdf?sequence=1

Kemira. 2017. Saatavilla: <http://www.kemira.com/en/industries-applications/pages/kemicond.aspx>

Kenagy, E., Priest, P. C., Cameron, C. M., Smith, D., Scott, P., Cho V., Mitchell, P., Murdoch, D. R. 2017. Risk factors for *Legionella longbeachae* legionnaires' disease, New Zealand. *Emerging Infectious Diseases*, vol. 23, no. 7, July 2017. www.cdc.gov/eid.

Legionellabakteerien esiintyminen kiertotaloustuotteissa sekä kiertotaloustuotteiden raaka-aineet ja hygienisointimenetelmät

Koide, M., Arakaki, N., Saito, A. 2001. Distribution of *Legionella longbeachae* and other *legionellae* in Japanese potting soils. *Journal of Infect Chemotherapy* (2001) 7: 224-227.

Kusnetsov, J., Neuvonen, L. K., Korpio, T., Uldum, S. A., Mentula, S., Putus, T., Tran Minh N.N., Martimo, K. P. 2010. Two *Legionnaires'* disease cases associated with industrial waste water treatment plants: a case report. *BMC infectious diseases*, 10(1), 343.

Kusnetsov, J., Räsänen, P. 2015. Hengitystiepatogeenin esiintyminen jäteveden käsittelyn eri vaiheissa yhdyskuntaperäisen jäteveden puhdistamoilla. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos THL. HEYPPA-projektit: Raportti Vesihuoltolaitosten kehittämisrahastolle ja tutkimukseen osallistuneille yrityksille.

Kusnetsov, J., Torvinen, E. 2008. European Working Group for *Legionella* Infections.-Poster. Esitely: 11-13.2008 Madrid/Espanja.

Lampén, H. 2007. Haja-asutusalueiden sakokaivolietteiden kalkkistabilointi ja hyötykäyttö maataloudessa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Energia- ja ympäristötekniikka. Saatavilla: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/34287/Heidi_Lampen_DI-ty%C3%83%C2%B6.pdf?sequence=1

Lannoitevalmistelaki 539/2006. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>

Lumio, J. 2017. Legioonalaistauti (legionelloosi). Lääkirikirja Duodecim 1.11.2017. Saatavilla: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00580

Lévesque, B., Lavoie, M., Joly, J. 2004. Residential water heater temperature: 49 or 60 degrees Celsius? *The Canadian Journal of Infectious Diseases*, 15(1), 11–12.

Mentula, S., Pentikäinen, J., Perola, O. ja Ruotsalainen, E. 2014. *Legionella longbeachae* infection in a persistent hand-wound after a gardening accident. *JMM Case reports*.

MMM. 2016. MAA- JA METSÄTALOUSHALLITUKSEN ASETUS nro 24/11, liite IV. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/42474/16005fi.pdf>

Pipatti, R., Hänninen, K., Vesterinen, R., Wihersaari, M., Savolainen, I., Energia, V. T. T. 1996. Jätteiden käsittelyvaihtoehtojen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. *VTT JULKAISUJA-PUBLIKATIONER*.

Principe, L., Tomao, P., Visca, P. 2017. *Legionellosis* in the occupational setting. *Environmental research*, 152, 485-495.

Ruotsalainen E., Kusnetsov J., Lyytikäinen O. *Legionellan* aiheuttama Pontiac-kuume-epidemia kemian tehtaan jätevedenpuhdistamolla. 2008. *Kansanterveys* 4/2008 16-17. Saatavilla: <http://julkari.fi/bitstream/handle/10024/101938/kansanterveys408.pdf?sequence=1>

Steele, T. W., Lanser, J., Sangster, N. 1990 a. Isolation of *Legionella longbeachae* serogroup 1 from potting mix. *Environmental Microbiology*, vol. 56, no. 1, s. 49-53.

Legionellabakteerien esiintyminen kiertotaloustuotteissa sekä kiertotaloustuotteiden raaka-aineet ja hygienisointimenetelmät

Steele, T. W., Moore, C. V., Sangster, N. 1990 b. Distribution of *Legionella longbeachae* serogroup 1 and other legionellae in potting soils in Australia. *Applied Environmental Microbiology*, vol. 56, s. 2984-2988.

Sung-His, W., Lei-Ron, T., Jei-Kai, T., Chin-Yu, C., Yen-Tao, H., En-Tsung, C., Chia-Sheng, L., Yao-Chuan, H., Tsai, H. W., Jui-Feng, H., Ming-Tsan, L., Jung-Jung, M., Wan-Chin, C., Tsung-Pei, T., Min-Nan, H., Cuen-Shue, C. 2014. Legionnaires' disease caused by *Legionella longbeachae* in Taiwan, 2006-2010. *International Journal of Infectious Diseases* 19 (2014) 95-97.

THL. 2017. Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos. Tartuntataudit Suomessa 2016. THL Raportti 5/2017. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-890-6>

Venelampi, O. 2017. Suullinen tiedoksianto

Vuorinen, A., Tontti, T., Salo, T., Lehto, M., Suominen, K., Tyrväinen, U., Salminen, P., Kangas, A., Klemola, R., Peltonen, S., Savela, P., Toivikko, S., Paavola, T., Pulkkinen, M. 2013. Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa, Vesilaitosyhdistys. Saatavilla:

https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/puhdistamolieteopas_201320032_014s.pdf

Whiley, H., Bentham, R. 2011. *Legionella longbeachae* and Legionellosis. *Emerging Infectious Diseases*, 17(4), 579-583. <https://dx.doi.org/10.3201/eid1704.100446>.

WHO. 2008. World Health organization. Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating 1st and 2nd addenda, Vol.1, Recommendations. – 3rd ed. ISBN 978 92 4 154761 1. Saatavilla: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf

WSZN. 2016. Worksafe New Zealand. Fact Sheet. Legionnaires' disease: what to know if you work with soil, compost or potting mix. Health & Safety at Work Act HSWA. Saatavilla: <https://worksafe.govt.nz/dmsdocument/899-legionnaires-disease-what-to-know-if-you-work-with-soil-compost-or-potting-mix>