

Mikromuovia talousvedessä?

Tutkituissa suomalaisissa talousvesissä havaittiin vain vähän mikromuovia. Vedenkäsittelyprosessit poistavat tehokkaasti hiukkasia raakavedestä, josta talousvesi valmistetaan. Verkostovesien ja pullotettujen vesien mikromuovipitoisuuksissa ei todettu olevan tilastollisesti merkitseviä eroja.



MARKUS SILLANPÄÄ
FT, dos., ryhmäpäällikkö
Suomen ympäristökeskus
e-mail: markus.sillanpaa@ymparisto.fi

JULIA TALVITIE
Tkt, tutkija
Suomen ympäristökeskus
e-mail: julia.talvitie@ymparisto.fi

HANNU KIVIRANTA
FT, dos., tutkimusprofessori
Terveiden ja hyvinvoinnin laitos
e-mail: hannu.kiviranta@thl.fi

Syksyllä 2017 *The Guardian*-lehdessä julkaistu tutkimus talousvesien mikromuoveista herätti vilkasta keskustelua eri foorumeilla ympäri maailmaa. Valtaosasta Pohjois-Amerikassa ja Euroopassa kerätyistä näytteistä oli löytynyt mikromuovia. Myös moni suomalainen uutiskanava tarttui uutiseen. Tutkimuksessa ei kerätty näytteitä Pohjoismaista, eikä aikaisemmissakaan tutkimuksissa ollut tutkittu mikromuoveja pohjoismaisista juomavesistä.

Suomessa käynnistettiin vuoden 2018 alussa esiselvitys, jonka toteutukseen osallistuivat Suomen ympäristökeskus (SYKE), Terveiden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Vesilaitosyhdistys (VVY), Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö (STM), Helsingin seudun ympäristöpalvelut – kuntayhtymä (HSY), Nurmijärven Vesi ja Tuusulan seudun vesilaitos-kuntayhtymä. Seuraavaksi esitellään viime syksynä valmistuneen esiselvityksen menetelmät,

keskeisimmät tulokset ja arvioidaan altistumisen aiheuttamaa riskiä.

Vesilaitokset ja tutkimusmenetelmät

Selvitykseen otettiin mukaan kolme Suomessa yleisesti käytettävää talousveden raakavesilähdettä (**Taulukko 1**): pohjavesi, tekopohjavesi ja järvivesi. Pohjavettä ja sen käsittelyn vaikutuksia mikromuovipitoisuuksiin tutkittiin Teilinummen (Nurmijärvi) vedenottamolla, jossa pohjavesi käsitellään ilmastuksella (pH:n säätö) ja UV-desinfiointilla. Tekopohjavettä tutkittiin Jäniksenlinnan (Tuusula) tekopohjavesilaitoksella. Tekopohjavesi tulee Päijänteestä ja se imeytetään hiekkaharjuun, jossa vesi kulkeutuu vedenottokaivoille, joista vesi pumpataan vedenkäsittelylaitokselle. Tekopohjavesi käy läpi esilmastuksen, hiekkasuodatuksen (raudan poisto), ilmastuksen ja jälleen hiekkasuodatuksen (manganin poisto), kalkkikivi-alkaloinnin ja UV-desinfiointin.

Taulukko 1. Esiselvitykseen valitut kolme vesilaitosta.

	Teilinummen vedenottamo	Jäniksenlinnan tekopohjavesilaitos	Vanhankaupungin vesilaitos
Raakavesi	Teilinummen pohjavesialueelta	Harjuun imeytetty Päijänteenvesi	Päijänteestä
Verkosto	Nurmijärvi	Tuusula, Kerävä, Järvenpää ja Sipoo	Helsinki
Keskimääräinen vesitilavuus (m³/vrk)	500 – 1000	10300	110000

Järviveden ja sen käsittelyn vaikutuksia tutkittiin Vanhankaupungin (Helsinki) vedenpuhdistuslaitokselta. Järvivesi tulee niin ikään Päijänteestä. Vedenpuhdistusprosessissa järviveteen lisätään ensimmäiseksi ferrisulfaattia, joka saostaa vedessä olevaa orgaanista ainesta. Tämän jälkeen orgaaninen aines erotetaan vedestä selkeytysaltaissa ja hiekkakalkkikivisuodatuksessa, minkä jälkeen vesi desinfioidaan otsonilla. Desinfiointin jälkeen veteen syötetään hiilidioksidia alkaliteetin lisäämiseksi (vähentää korroosiota). Jäljellä olevaa orgaanista ainesta poistetaan vielä aktiivihiiisuodatuksessa, jonka jälkeen vesi UV-desinfioidaan. Lopuksi vesi desinfioidaan vielä monoklooriamiinilla, ja alkaliteetti säädetään kalkkiveden ja hiilidioksidin avulla.

Raaka- ja talousvesistä otettiin sekä suuren (500 L) että pienen (2 L) tilavuuden näytteet suodattamalla. Suuremman tilavuuden näytteet tähtäsivät suurempien (50 – 5 000 µm) ja harvinaisempien mikromuovien kiinni saamiseen ja pienemmän tilavuuden näytteillä pystyttiin tutkimaan oletettavasti vedessä yleisemmin esiintyviä pienempiä (10 – 5 000 µm) hiukkasia. Lisäksi tutkittiin kahden eri valmistajan pulloveden (4 × 0,5 L) mikromuovipitoisuuksia.

Laboratoriossa suuren tilavuuden näytteistä hiukkaset poimittiin suodattimilta materiaalianalyysiin yksitellen pinseteillä stereomikroskoopin avulla. Pienen tilavuuden näytteet ja pullovedet suodatettiin alipaineessa hopeapinnoitetulle kalvosuodattimelle, josta hiukkaset analysoitiin automaattisesti ilman poimintaa. Mikromuovit analysoitiin mikroskooppiavusteisella fourier-muunnosinfrapunalaitteella (µFTIR; Perkin Elmer, Spectrum Two, Spotlight 200i).

Tuloksia

Suuren tilavuuden näytteistä havaittiin mikromuovia (50 – 5 000 µm) vain Nurmijärven Veden verkostoon lähtevästä vedestä ja HSY:n raakavedestä. Ensin mainitusta näytteestä tunnistettiin kaksi muovihiukkasta (polyeteeni ja polymetyylimetakrylaatti) 500 litrassa ja HSY:n raakavedestä yksi hiukkanen (olefin) 30 litrassa.

Pienen tilavuuden näytteistä mikromuoveja (10 – 5 000 µm) löydettiin kaikista muista näytteistä paitsi HSY:n verkostovedestä. Verkostovesien mikromuovipitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat välillä 0 – 9 kpl/L. Kaikilla kolmella vesilaitoksella mikromuovien pitoisuuksissa havaittiin selkeä laskeva trendi raakaveden ja käsitellyn veden välillä. Tämä osoittaa vesilaitosten fysikaalisten ja kemiallisten puhdistustekniikoiden poistavan tehokkaasti vedestä kiintoainetta.

Pienen tilavuuden näytteiden mikromuovien lukumääräliisiin tuloksiin on suhtauduttava pienellä varauksella, sillä tutkitun pienemmän kokoluokan mikromuovien tunnistaminen ei ole yhtä luotettavalla tasolla kuin suuren tilavuuden näytteiden kohdalla. Myös rinnakkaisnäytteiden välillä oli suurta vaihtelua, mikä voi johtua matalista mikromuovien lukumääräpitoisuuksista. Toisaalta rinnakkaisnäytteiden suuri suhteellinen keskihajonta on varsin tyypillistä myös aikaisemmin julkaistuissa tutkimuksissa.

Tämän esiselvityksen perusteella ei voi vetää johtopäätöksiä mikromuovien esiintyvyydestä kolmen tutkitun vesilaitoksen verkostovesistä tai verkostovesistä laajemmin, sillä näytteet on otettu kerta- ja yhdestä vesijohtoverkoston pisteestä ja hanasta. Vesijohtoverkoston ja kiinteistön vesiputkiston kunnolla saattaa olla vaikutusta mikromuovien määriin, mutta se tulisi selvittää paljon



Esimerkkikuva Helsingissä kerättyjen pienten tilavuuden näytteiden suodattimista: vasemmalla raakavesinäyte, keskellä verkostoon lähtevä vesinäyte ja oikealla verkostovesinäyte.

laajemmassa tutkimuksessa, jossa näytteitä kerättäisiin useista hanoista erityyppisiltä verkostoalueilta.

Toisesta pullotetusta lähdevedestä ei löydetty mikromuovia. Sen sijaan toisessa pullotetussa lähdevedessä oli rinnakkaisnäytteiden välillä eroa: yhdestä näytteestä ei löytynyt mikromuovia, mutta kahdesta muusta näytteestä tunnistettiin kummastakin kaksi mikromuovihiukkasta. Aikaisemmin julkaistuissa kansainvälisissä tutkimuksissa on myös osoitettu yksittäisten pullojen välillä olevan merkittäviä eroja. Näiden tulosten perusteella verkostovesien ja pullotettujen vesien mikromuovipitoisuuksien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.

Muulla tutkittua

Talousveden ja pullotetun veden mikromuovit ovat puhuttaneet viime aikoina laajalti. **Taulukkoon 2** on koottu kuuden vertaisarvioidun julkaisun tulokset raaka-, vesilaitos-, verkosto- ja pullovesistä ja keskeisiä tietoja tutkimusmenetelmistä.

Tutkimukset voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan: 1) suuren tilavuuden näytteistä (vähintään useita satoja litroja) on määritetty 20 µm ja sitä suuremmat mikromuovihiukkaset ja 2) pienen tilavuuden näytteistä (alle

litraa) muutamiin litroihin) on määritetty pienimmillään 1 µm mikromuovihiukkaset. Raportoitujen mikromuovien pitoisuudet vaihtelevat tutkimusten välillä suuresti. Pienimmillään mikromuoveja (>20 µm) määritettiin raakavedestä 0–7 kpl/m³ ja hanavedestä 0 kpl/m³, kun taas korkeimmillaan raakaveden mikromuovipitoisuus (>1 µm) oli 3 600 kpl/l ja pullovedessä 6 300 kpl/l. Näiden kahden raakavesitutkimuksen välillä on vähintään 500 000-kertainen ero mikromuovien lukumääräpitoisuuksissa. Tavallisesti mitatut lukumääräpitoisuudet ovat sitä korkeampia mitä pienempiä hiukkasia tutkimuksessa on tarkasteltu, mikä selittää osaltaan edellä tarkasteltuja selkeitä eroja.

Tulosten vertailu tutkimusten välillä on perusteltua vain silloin, kun tutkimuksissa on tarkasteltu saman kokoluokan mikromuoveja. Kokoluokan lisäksi mikromuovien määrittäminen perustuu erilaisiin tekniikoihin: värjäysmenetelmä, elektronimikroskoopi, FTIR ja Raman, joista vain kahdella viimeisellä pystytään kemiallisesti identifioimaan muoveja.

Tämä lyhyt kirjallisuustarkastelu osaltaan osoittaa, että mikromuovitutkimus kaipaava kipeästi harmonisoituja näytteenotto-, esikäsittely-, identifiointi- ja kvantitointimenetelmiä luotettavien ja vertailukelpoisten tulosten takaamiseksi ja pitävien johtopäätösten tekemiseksi.

Taulukko 2. Keskeisiä tietoja aikaisemmin julkaistuista vertaisarvioiduista tutkimuksista.

Artikkeli	Näyte	Pitoisuus	Yksikkö	Hiukkas-koko	Näyte-tilavuus	Määrittämenetelmä	Muuta
Minténig ym. (2019)	Raakavesi	0–7	kpl/m ³	>20 µm	300–1000 L	Kvanttava FTIR	Raakavesi otettiin pohjavesikaivosta, monivaiheinen näytteenesikäsittely; havaitut hiukkaset 50–150 µm
	Hanavesi	0			1200–1500 L		
Pivokokonsky ym. (2018)	Raakavesi	1500–3605*	kpl/L	>1 µm	9–27 L	Kvanttointi SEM:llä (+FTIR+Raman)	Mikromuovien kvanttointi perustuu SEM:iin, Näytetilavuudet: SEM 27 L, spektri: 9 L
	Verkostoon lähtevä vesi	340–630*					
Kosuth ym. (2018)	Hanavesi	0–61	kpl/L	2,5 µm	0,5 L	Rose Bengal -värjäys, mikroskoopi	Antropogeenisiä hiukkasia, siis sellaisia joihin väri ei tarttunut ja kestivät mekaanista rasitusta
Mason ym. (2018)	Pullovesi	0,2–30 (>100 µm) 3–2200 (6,5–100 µm)	kpl/L	>6,5 µm	0,5–2 L	6,5–100 µm: Nile red -värjäys, optinen mikroskoopi >100 µm: NR + FTIR	Pienistä hiukkasista laskettiin värjäytyneet hiukkaset
Oßmann ym. (2018)	Pullovesi	2600–6300*	kpl/L	>1 µm	0,25 L	µRaman	RSD:t ≈ 1
Schymanski ym. (2018)	Pullovesi	2–24 L	kpl/L	>1 µm	0,7–1,5 L	µRaman	Tulokset esitetty jakamalla mikromuovit neljään kokoluokkaan.

*Artikkelissa ilmoitettujen keskiarvojen vaihteluväli.

Riskinarvioinnista

Saamme elimistöömme mikromuovihiukkasia ruuan, veden ja ilman kautta. Hiukkasten esiintymisestä elintarvikkeissa ja vedessä sekä niiden osuudesta ulko- ja sisäilman pienhiukkasissa on vielä liian vähän tietoa altistumisen määrän ja laadun tarkempaan arvioitiin. Lisäksi hiukkasten kulkeutumisesta ruuansulatuskanavasta tai keuhkoista syvemmälle elimistöön ja niiden toksisista ominaisuuksista on niin vähän tietoa, että nykyisellään riskinarviointia ei voida tehdä (EFSA 2016). Mikromuovien koko on tärkeä tekijä niiden elimistöön imeytymisen kannalta ja vain pieni osa mikromuovihiukkasista kykenee läpäisemään suolen seinämän. Yli 150 µm hiukkaset eivät pääse ollenkaan ruuansulatuskanavasta elimistöön ja kokoluokan 1,5 µm – 150 µm hiukkasista arviolta 0,3 % pystyy mahdollisesti siirtymään suolesta muualle elimistöön.

Juomaveden lisäksi mikromuoveja on löytynyt meren elävistä, hunajasta, oluesta ja suolasta. Kaloissa mikromuovihiukkasia on löydetty lähinnä kalojen ruuansulatuskanavasta ja koska kalat perataan ennen syömistä, ei kaloja pidetä merkittävänä mikromuovialtistuksen lähteenä. Sen sijaan simpukat voivat toimia tällaisena ja niistä onkin mitattu mikromuovihiukkasia 360–470 kpl/kg (EFSA 2016). Sisäilman kautta tulevaa altistumista kuvaa hyvin Englannissa tehty tutkimus, jossa arvioitiin, että ruokailun aikana lautaselle laskeutui 114 muovipöytäraitä kuitua (Catarino ym., 2018). Itävaltalainen tutkijaryhmä löysi taannoin keskimäärin 20 kpl 50 – 500 µm kokoista muovihiukkasta 10 grammassa ulostetta, joka on osaltaan lisää tietoa altistumisesta.

Mikromuovihiukkaset voivat sisältää joko muoviin lisättyjä tai hiukkasiin ympäristöstä kertyviä kemikaaleja. Näitä ovat esim. bisfenoli-A (BPA), ftalaatit ja bromatut tulentorjuntakemikaalit. Tuoreessa tutkimuksessa on kuitenkin arvioitu, että se mahdollinen lisääntymisriski, minkä mikromuovihiukkasten sisältämät kemikaalit aiheuttavat yhdisteiden kokonaisaltistukseen verrattuna on merkityksetön (Rist ym., 2018).

Johtopäätökset

- Tutkittujen vesilaitosten prosessit poistavat tehokkaasti hiukkasia raakavedestä.
- Litrasta vesijohto- tai pullovetä voi löytyä muutamia yli 10 µm kokoisia muovihiukkasia.
- Mikromuovien näytteenotto- ja analyysimenetelmiä on välttämätöntä kehittää, harmonisoida ja standardisoida, jotta tuloksia pystytään vertailemaan tutkimusten välillä.
- Tutkittavalla hiukkaskoolla ja myös niiden muodolla on suuri vaikutus näytteenottomenetelmiä ja analyysimenetelmiä suunniteltaessa.
- Riskinarvioinnin osalta täytyy saada tarkempaa tietoa altistumisen kokonaisuudesta ja laadusta sekä muovihiukkasten mahdollisten haittojen annos-vastetietoa, ennen kuin mikromuovihiukkasten riski pystytään luotettavasti arvioimaan.
- Ihmiset voivat altistua mikromuoveille myös ravinnon ja hengitysilman kautta, mutta toistaiseksi eri altistusreittien suhteellisia merkityksiä mikromuovien kokonaisaltistukseen ei tunneta. ●

Kirjallisuus

- EFSA Panel on contaminants in the food chain (CONTAM) (2016) Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal* 14 (6): 4501.
- Catarino A.I., Macchia V., Sanderson W.G., Thompson R.C., Henry T.B. (2018) Low levels of microplastics (MP) in wild mussels indicate that MP ingestion by humans is minimal compared to exposure via household fibres fallout during a meal. *Environmental Pollution* 237, 675–684.
- Kosuth M., Mason S.A. & Wattenberg E.V. (2018) Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *Plos One* 13(4): e0194970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194970>
- Mason S.A., Welch V.G. & Neratko J. (2018) Synthetic polymer contamination in bottled water. *Frontiers in Chemistry* 6:407. doi: 10.3389/fchem.2018.00407.
- Mintenig S.M., Löder M.G.J., Primpke S. & Gerdtz G. (2019) Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Science of the Total Environment* 648, 631–635.
- Oßmann B.E., Sarau G., Holtmannspötter H., Pischetsrieder M., Christiansen S.H. & Dicke W. (2018) Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water Research* 141, 307–316.
- Pivokonsky M., Cermakova L., Novotna K., Peer P., Cajthaml T. & Janda V. (2018) Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of the Total Environment* 643, 1644–1651.
- Rist S., Almroth B.C., Hartmann N.B., Karlsson T.M. (2018) A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. *Science of the Total Environment* 626, 720–726.
- Schymanski D., Goldbeck C., Humpf H.-U. (2018) Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Research* 129, 154–162.