

Erkki Vuori ja Teemu Gunnar

Jätevesi kertoo terveydestä, sairaudesta ja elintavoista

Jätevesistä on pystytty tunnistamaan suolistotauteja aiheuttavia bakteereja, viruksia ja alkueläimiä jo vuosikymmenien ajan. Jätevesien käyttö terveystiedon hankkimiseksi on laajentunut mikrobiologisista tutkimuksista koskemaan lääkaineita. Yhdysvaltalainen tutkija Christian G. Daughton esitti vuonna 2001, että myös huumausaineiden käytöstä on mahdollista saada ajan tasalla olevaa tietoa tutkimalla jätevesiä (1). Hänen mukaansa jätevettä voidaan pitää laimeana kollektiivisena virtsanäytteenä. Tutkimusmenetelmä on maailmalla laajasti käytössä, ja Suomessakin huumausaineiden esiintymisestä jätevesissä on julkaistu toisistaan riippumattomien työryhmien tuloksia.

Jo mainittujen vakiintuneiden tutkimuskohteiden lisäksi jätevesistä on löydettävissä myös muita yhteiskunnan terveyttä ja tilaa kuvaavia muuttujia. Daughton ehdotti vuonna 2012, että jätevesistä voidaan selvittää niin ikään asukkaiden elintapoja, alkoholin ja tupakan kulutusta, ravitsemustilaa, raskauksien määrää, terveyttä ja sairauksia (muun muassa eräiden syöpämuotojen esiintymistä) sekä ihmisten stressin määrää ja yleisemmin ympäristön tilaa (2).

Menetelmän hyödyntäminen edellyttää sopivien, tutkittavaa ilmiötä kuvaavien indikaattoriyhdisteiden tunnistamista. Indikaattoreiden pitää olla altisteita tai aineenvaihdunnassa niiden vaikutuksesta syntyneitä yhdisteitä. Lisäksi indikaattorien pitää pysyä jätevedessä, eikä niitä saa muodostua jätevesissä. Tulosten oikeellisuuden kannalta näytteidenotto ja nii-

Jätevesitutkimusten hyödyntäminen edellyttää sopivien, tutkittavaa ilmiötä kuvaavien indikaattoriyhdisteiden tunnistamista.

den ajoitus, näytteiden säilytys ja käsittely sekä analysointimenetelmät ovat tietysti keskeisiä.

Daughtonin mukaan yhteiskuntaa on mahdollista tarkkailla laboratoriotutkimusten avulla samalla tavalla kuin lääkäri seuraa potilaansa terveyttä (2). Jätevesistä mitattaville yhdisteille voitaisiin määrittää paikkakuntakohtaiset normaaliarvot ja vaihteluvälit. Seuraamalla samaa muuttujaa eri aikoina saataisiin selvyys yhdyskunnassa tapahtuvista muutoksista. Vastaavalla

tavalla seurataan yksilöllisesti jo urheilijoita, jolloin esimerkiksi hemoglobiiniarvon yhtäkkinen muuttuminen voi kertoa dopingin käytöstä. Suhteuttamalla tulokset väestön määrään voidaan yhdyskuntaa myös verrata toisiinsa.

Nikotiini on tupakan tärkein vaikuttava aine. Sen keskeiset aineenvaihduntatuotteet ovat kotiniini ja 3-hydroksikotiniini. Kaikkia kolmea mainittua yhdistettä pystytään mittaamaan jätevesistä. Tupakanpolton lisäksi nikotiinille altistumista voi aiheuttaa sitä sisältävien purukumien, suusuihkeiden ja laastareiden käyttö. Jäteveden nikotiinipitoisuutta lisäävät viemäriin huuhdotut tupakantumpit, purukumit ja laastarit. Siksi arvioitaessa tupakoinnin määrää jätevesiä tutkimalla, oikea kohde on analysoida nikotiinin sijasta sen aineenvaihduntatuotteita. Jätevesitutkimusten mukaan tupakointi on hyvin saman suuruista arkena ja viikonloppuisin (3). Tulos kertoo siitä, että tupakan ja nikotiinivalmisteiden käyttäjäkunta on vakioinen, ja nikotiinin kulutus pysyy suunnilleen samana päivästä toiseen. Menetelmän avulla on pystytty arvioimaan tu-

pakoivien osuutta väestössä ja jopa poltettujen savukkeiden määriä. Näin saadut arviot ovat olleet yhteneviä tavanomaisten epidemiologisten tutkimusten tulosten kanssa (4).

Alkoholiaineenvaihdunnassa syntyy aset-aldehydiä, etyylioglukuronidia ja etyyli sulfaattia ja vain pieni osa nautitusta etanolista erittyy muuttumattomana virtsaan. Viemäriin joutuu myös muulla tavalla etanolia, joten jätevedestä mitattu etanolipitoisuus ei kuvaa väestön alkoholin kulutusta. Etyylisulfaatti on jätevedessä pysyvä yhdiste, ja sen pitoisuus seuraa nautitun alkoholin määrää. Etyylisulfaattimenetelmää käyttäen norjalaisessa tutkimuksessa todettiin, että 61 % alkoholinkulutuksesta tapahtui perjantaina ja lauantaina (5). Tutkijoiden mukaan jätevesitutkimukset antavat luotettavamman kuvan alkoholinkulutuksesta kuin haastattelututkimukset tai alkoholin myynnin perusteella annetut arviot. Lisäksi tuloksissa näkyvät samanarvoisina laillinen ja laiton alkoholi. Toisessa, monikansallisessa tutkimuksessa vertailtiin 20 eri kaupungin asukkaiden alkoholinkulutusta ja verrattiin etyyli sulfaattimenetelmällä saatuja tuloksia kansallisiin kulutuslukuihin (6). Tulokset osoittivat yleensä suurempaa kulutusta, mutta tekijöiden mukaan tutkitut isot kaupungit eivät välttämättä edusta koko maan keskimääräistä kulutusta. Samassa tutkimuksessa pystyttiin vertaamaan alkoholinkulutusta ja muiden päihteiden käyttöä ja antamaan jopa kaupunkikohtaiset arviot alkoholin riskikäytöstä (6).

Jätevesien isoprostaaniin tutkiminen mahdollistaa ihmisten terveyden tarkastelun uudella tavalla (2). F_2 -isoprostaaneja muodostuu elimistössä oksidatiivisen stressin seurauksena solukalvoihin esteröityneistä rasvahapoista (7). Isoprostaaniin pitoisuusmittauksilla saadaankin tietoa ihmisten solutason aineenvaihdunnan häiriöistä. Isoprostaaniin ovat osoitus oksidatiivisesta vauriosta, ja toisaalta niiden tiedetään myös välittävän aktiivisesti tulehdusreaktioita. Perinnöllisten syiden lisäksi isoprostaaniin erittymiseen virtsaan vaikuttavat sukupuoli ja ikä. Pitoisuudet riippuvat myös tupakoinnista, liikunnan määrästä, psykologisesta stressistä ja masennuksesta. Metabolisessa oireyhtymässä ja eräissä syöpätyypeissä pitoisuus-

det ovat niin ikään suurentuneet. Isoprostaaniin kuvaavatkin monipuolisesti aineenvaihdunnan häiriöitä ja sairaustiloja (2). Väestön kokoon suhteutettuna isoprostaaniin määrissä on menetelmän avulla pystytty osoittamaan eroja kolmen yhdysvaltalaisen kaupungin jätevesien välillä (8).

Jätevesitutkimusten tarkkuutta voidaan edelleen parantaa, kun jätevesilaitoksen väestöpohja tunnetaan nykyistä paremmin. Väestölaskennan perusteella saatava tieto ei ole staattisena tarkka. Todellinen väestö on dynaaminen, jatkuvasti vaihtuva ja sen määrän arvioimiseksi on kehitteillä uusia kemiallisia menetelmiä.

Jätevedet voivat ennen puhdistamista palvel-la yhteiskuntaa kemiallisista tutkimuksista saatavan tiedon kautta. Menetelmällä voidaan tunnistaa erilaisia altisteita ja niiden vaikutuksia ihmisiin. Kiinnostavia ovat niin ikään elintapaa kuvaavat indikaattorit, muun muassa hygieniatuotteiden ja keinotekoisien makeutusaineiden käytön määrä. Analytiikka ei enää usein ole rajoittava tekijä, sillä uudet analyysimenetelmät ja detektorit mahdollistavat jopa jatkuvan seurannan ja hyvinkin pienten pitoisuuksien tarkkan mittaamisen jätevedestä (9). Tulevaisuudessa jätevesitutkimukset tarjoavatkin uudentyyppisen lähestymistavan ja mahdollisuuden epidemiologisissa tutkimuksissa, etenkin kun tutkittavia ilmiöitä kuvaavia indikaattoryhdisteitä pystytään tunnistamaan ja hyödyntämään yhä enemmän. ■

Kirjoittajat ovat Suomen vastuuhenkilöt Euroopan tiede ja teknologiaverkoston nelivuotisessa (2014–2018) jätevesitutkimusten hyödyntämiseen tähtäävässä projektissa (COST Action ES1307).



ERKKI VUORI, LKT, emeritusprofessori
Helsingin yliopisto, oikeuslääketieteen osasto



TEEMU GUNNAR, FM, KTK,
yksikönpäällikkö
THL, oikeustoksikologian yksikkö

SIDONNAISUUDET

Kirjoittajilla ei ole sidonnaisuuksia

KIRJALLISUUTTA

1. Daughton CG, Jones-Lepp T, toim. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: scientific and regulatory issues. Washington, DC: American Chemical Society 2001, s. 248–64.
2. Daughton CG. Using biomarkers in sewage to monitor community-wide human health: isoprostanes as conceptual prototype. *Sci Total Environ* 2012; 424:16–38.
3. Rodríguez-Álvarez T, Rodil R, Rico M, ym. Assessment of local tobacco consumption by liquid chromatography-tandem mass spectrometry sewage analysis of nicotine and its metabolites, cotinine and trans-3'-hydroxycotinine, after enzymatic deconjugation. *Anal Chem* 2014;86:10274–81.
4. Castiglioni S, Senta I, Borsotti A, ym. A novel approach for monitoring tobacco use in local communities by wastewater analysis. *Tob Control* 2015;24:38–42.
5. Reid MJ, Langford H, Mørland J, ym. Analysis and interpretation of specific ethanol metabolites, ethyl sulfate and ethyl glucuronide in sewage effluent for the quantitative measurement of regional alcohol consumption. *Alcohol Clin Exp Res* 2011;35:1593–9.
6. Ryu Y, Barceló D, Barron LP, ym. Comparative measurement and quantitative risk assessment of alcohol consumption through wastewater-based epidemiology: an international study in 20 cities. *Sci Total Environ* 2016;565:977–83.
7. Montuschi P, Barnes PJ, Roberts LJ 2nd. Isoprostanes: markers and mediators of oxidative stress. *FASEB J* 2004;18:1791–800.
8. Santos JM, Jurban M, Kim H. Could sewage epidemiology be a strategy to assess lifestyle and wellness of a large scale population? *Med Hypotheses* 2015; 85:408–11.
9. Yang Z, Castrignanò E, Estrela P, ym. Community sewage sensors towards evaluation of drug use trends: detection of cocaine in wastewater with DNA-directed immobilization aptamer sensors. *Sci Rep* 2016;6:21024.