

Jätevesi voi paljastaa seuraavan pandemian

■ **Kun uusi pandemia iskee, siitä saadaan toivon mukaan ennakkovaroitus hieman yllättävältä taholta: jätevedestä.**

SISKO LOIKKANEN

Hollannissa ei ollut koronapandemias- ta vielä tietoakaan 6. helmikuuta 2020, kun Amsterdamin jätevedessä havaittiin sars-cov2-virusia.

Ensimmäinen tautitapaus todettiin maassa kolme viikkoa myöhemmin.

Myös muun muassa Italian Milanossa ja Espanjan Barcelonassa on jälkikäteen löydetty koronaviruksia myös sellaisista jätevesinäytteistä, jotka tallennettiin pandemian ollessa vasta aivan aluillaan.

Kun koronainfektiioon sairastunut menee suihkuun, hänen kehonsa ulkopuolelle nenäeritteistä ja syljestä päätyneet virukset huuhtoutuvat pesuveden mukana viemäriin. Sieltä ne jatkavat matkaansa jäteveden puhdistuslaitokseen.

Viemäriin kulkevat tietysti vessavesien mukana myös sairaan virtsa ja ulosteet. Nekin voivat sisältää koronaviruksia.

Viemäriverkostoalueen väestössä kulkeva epidemia näkyy jätevesissä nopeasti. Viruksia voi bongata ihmisen jätöksistä jo silloin, kun tartunnan saaneella ei vielä edes ole taudin oireita.

Jätevedestä koronavirukset löytyvät pcr-menetelmän eli polymeerasiketju-reaktion avulla. Työhön voidaan käyttää myös uuden sukupolven geenisekvensointitekniikoita, jotka tunnistavat vesinäytteen koko virusyhteisön.

Tunnistaminen käy jopa niin tehokkaasti, että kun seuraava pandemia hyökkää ihmiskunnan kimppuun, saamme toivottavasti vähän etumatkaa ja ehdimme reagoida jo ennen kuin virus pääsee leviämään laajemmalle.

Tämä onnistuu, jos jätevesistä ryhdytään mittaamaan taudinaiheuttajamikrobeja säännöllisesti. Silloin jäisi-

vät heti kiinni myös vaaralliset uudet tulokkaat.

EU-komissio onkin suosittanut, että unionin jäsenvaltiot perustavat tulevan varalle kansalliset jäteveden seuranta-järjestelmät. Monissa maissa sellaiset on jo toteutettu.

Tarkoitus on myös kehittää koko Euroopan kattava alusta tai portaali, jonne tulokset kootaan ja keskitetään.

Ennätykset rikki elokuussa 2021

Suomessa Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL on seurannut uuden koronaviruksen esiintymistä puhdistamattomissa jätevesissä elokuusta 2020.

Laitoksen tutkimuksessa kerätään näytteitä 14 jätevedenpuhdistamosta, joiden toimialue kattaa 43 prosenttia maan väestöstä. THL raportoi tuloksista viikoittain nettisivuillaan, jonne uusi aineisto päivittyy aina perjantaisin.

Tutkimus on jo todistanut, että jätevesien virusmäärät heijastelevat hyvin sekä paikallista että kansallista epidemiatilannetta.

”Viruslukumäärien nousut ja laskut jätevedessä ovat olleet samassa linjassa rekisteröityjen koronavirustartuntojen määrien kanssa”, vahvistaa THL:n johtava asiantuntija **Tarja Pitkänen**.

Pitkänen työskentelee myös ympäristöterveyden alan apulaisprofessorina Helsingin yliopistossa.

Jos paikkakunnalla ei ole koronatautiin sairastuneita, virusta ei myöskään havaita jätevesinäytteistä. Epidemian keskipisteissä, suurissa väestökeskitymissä, virusta on todettu vesistä jatkuvasti.

”Helsingin, Espoon ja Turun alueilla koronavirusta on löydetty seuranta-jakson aikana jokaisella mittauskerralla. Korkeimmat luvut saatiin elokuussa

2021, jolloin rikottiin ennätystä”, Pitkänen kertoo.

Syyskuun aikana viruspitoisuudet hiukan laskivat, mutta pääkaupunkiseudulla ja Kuopiossa ne lähtivät kuun loppua kohti jälleen nousuun. Loka-kuun alussa nousua nähtiin jo useilla paikkakunnilla.

Kuopiossa kehitetty menetelmä

Jätevesilaitosten toimittamat puhdistamattoman jäteveden näytteet tutkitaan THL:n Kuopion toimipisteen vesimikrobiologian laboratoriossa. Tutkimusmenetelmä koronavirusten tunnistamiseen jätevedestä on laboratorion itse kehittämä.

Analyysi alkaa konsentroimalla vesinäyte ultrasuodatuksella alle yhden millilitran tilavuuteen. Sen jälkeen näyte tutkitaan kvantitatiivisella pcr-

menetelmällä, samalla, jolla ihmisen koronata- tunta osoitetaan tämän nenänie- lunäytteestä.

Koronaviruk- set kuuluvat rna- viruksiin. Jäteve- dessä ne eivät ole


aktiivisessa muodossa eivätkä infektointikykyisiä, mutta vesi sisältää viruksen perimää rna:ta.

”Rna eristetään vesinäytteestä ja muunnetaan käänteiskopioijaentsyymillä komplementaariseksi dna:ksi. Sitä monistetaan pcr-laitteessa ja mitataan fluoresenssin avulla”, Pitkänen kuvailee.

”Pcr-laitteen ohjelmiston ja standar- disuoran avulla saamme selville viruk- sen nukleokapsidigeenikopioiden tar- kan lukumäärän.”

Vielä huhtikuussa 2020, jolloin THL käynnisti vesinäytteiden keräyksen, kuopiolaislaboratoriolla ei ollut pcr- menetelmää koronaviruksen lukumää- rän määrittämiseen jätevesistä. >>>

Koronaviruksen voi bongata ihmisen jätöksistä jo, kun tartunnan saaneella ei vielä ole taudin oireita.



**"Jäteveden virus-
määrästä näkee
heti, kuinka
paljon milläkin
paikkakunnalla
parhailaan sai-
rastetaan koro-
natautia", Tarja
Pitkänen kertoo.**

Jätevesien tutkijoilta ei karkaa kokaiinikaan

Kuinka paljon Suomessa käytetään huumeita? Kyselytutkimukset eivät kerro oikeaa vastausta, mutta jätevesien analysointi paljastaa totuuden.



Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL on vuodesta 2012 lähtien määrittänyt myös huumausaineiden pitoisuuksia puhdistamattomista jätevesistä.

Tutkimuksen kohteena ovat 27 kaupungin jätevedet. Tutkimusalue kattaa näin 60 prosenttia Suomen väestöstä.

Jätevesien tutkiminen tarjoaa huumausaineiden yleisyyden seurantaan tieteellisen ja lähes reaaliaikaisen menetelmän.

”Muulla tavoin huumeiden käyttöä olisi varsin vaikea seurata edustavasti väestötasolla”, sanoo kehittämispäällikkö **Aino Kankaanpää** THL:n oikeuskemian yksiköstä.

Kyselytutkimukset eivät hänen mukaansa kerro totuutta.

”Kaikki ihmiset eivät niihin vastaa ja jos vastaavatkin, niin eivät välttämättä rehellisesti.”

Huumausaineet analysoidaan jätevedestä erittäin herkällä nestekromatografi-tandem-massaspektrometrillä.

Nestekromatografi erottaa tutkittavat yhdisteet toisistaan siten, että ne päätyvät massaspektrometrin analysoitaviksi eri aikaan.

”Kun molekyyli saapuu nestekromatografista, se törmäytetään tandem-massaspektrometrissä niin, että

Teemu Gunnar toimii THL:n oikeuskemian yksikön päällikkönä. ”Hyödynnämme jätevesitutkimuksissa osin samoja menetelmiä kuin oikeustoksikologiassa”, hän kertoo.

se fragmentoituu eli pilkkoutuu. Fragmenteista voidaan vertailuaineen avulla päätellä, mistä huumeesta on kysymys”, kuvailee oikeuskemian yksikön päällikkö **Teemu Gunnar** THL:sta.

”Samantyyppistä menetelmää hyödynnetään myös oikeustoksikologian tutkimuksissa.”

THL raportoi säännöllisesti neljän huumausaineen löydöksensä. Huumeet ovat amfetamiini, metamfetamiini, MDMA eli ekstaasi ja kokaiini. Niiden pitoisuudet laitos ilmoittaa milligrammoina käytettyä huumetta tuhatta henkeä kohden päivässä.

Samat neljä huumausainetta ovat kansainvälisessä vertailussa keskeiset. Kansallisessa tutkimuksessaan THL seuraa myös muita huumeita.

Analytiikka kehittyy koko ajan

Huumeiden perusanalytiikkaan riittää 40 millilitran jätevesinäyte. Perusnäytteistä aineet voidaan havaita nanogrammojen tarkkuudella litrassa.

Kun näyte on peruskokoa suurempi, kuten esimerkiksi muuntohuumeita tutkittaessa, tarkkuus paranee muutama kymmeneen pikogrammaan litrassa.

”Jätevedessä huumausaineiden käyttö näkyy niiden aineenvaihduntatuotteina. Suomelle tyypilliset aineet eli amfetamiini, metamfetamiini ja ekstaasi havaitaan jätevedessä kuitenkin

» » »

Epidemian alkuvaiheessa koronatestien tekijöistäkin oli huutava pula. Niinpä myös Kuopion toimipisteen laboratoriot osallistui kevään mittaan potilasnäytteiden testaamiseen. Parisa kuukaudessa niitä oli hoidettu tuhatkunta.

”Sen jälkeen siirryimme vesimikrobiologian laboratoriossa analysoimaan jätevesinäytteitä. Elokuussa olimme päässeet niin pitkälle, että pystyimme määrittämään koronavirukset näytteistä kvantitatiivisesti ja raportoimaan tuloksista.”

Vesinäytteet käsitellään laboratoriossa erittäin huolellisesti, vaikka niis-

sä piileskelevät virukset eivät enää toimintakykyisiä olekaan.

”Työvaiheet tehdään kakkostason suojakaapissa, jossa on tehokas ilmanpoisto, ja käytetään hihansuojia ja hanskoja. Ultrasuodatus tapahtuu pisaratiiwiillä kannella varustetussa sentrifugissa.”

Virusvariantit hankalampia haavittaa

Nyt kun koronaviruksen mittaaminen jätevedestä on laboratoriolalla hallussa, vastassa ovat uudet tutkimushaasteet.

”Euroopan komission suosituksen mukaan jätevesiseurannan pitäisi lo-

kakuusta lähtien kattaa myös virusvarianttien seuranta”, Tarja Pitkänen kertoo.

Virusvariantteja on kuitenkin vaikea määrittää, koska virusta kertyy jätevesiin useista ihmisistä, ja vedessä variantit ovat seoksena.

”Emme kykene tutkimaan, mitkä virusten perimän sekvensseistä kuuluvat yhteen. Pystymme sanomaan, mitä mutaatioita on mukana, mutta emme sitä, mikä näytteessä esiintyvän viruslinjan koko genomi on.”

Mutaatioissa viruksen perimän nukleotidiketjun emäs on vaihtunut toiseksi. Variantti puolestaan tarkoittaa muuntuneita viruksia, viruslinjaa



Aino Kankaanpää osaa heti sanoa, mikä on Suomen yleisin huume. "Amfetamiini. Sitä löytyy joka ikisestä jätevesinäytteestä."

sellaisenaan", Aino Kankaanpää kertoo.

Tämä johtuu siitä, että amfetamiini, metamfetamiini ja ekstaasi kulkevat elimistön läpi pääasiassa muuttumattomina ja päätyvät samanlaisina myös jäteveeteen.

Kokaiini sen sijaan metaboloituu kehossa, eli ihmisen aineenvaihdunta muuttaa sen koostumusta. Näin huume tunnustetaan jätevedestä bentsoyylikogoniinina.

Myös korvaushoidon lääkkeenä käytettävä metadoni mitataan vedestä aineenvaihduntatuotteenaan EDDP:nä.

tai viruskantaa, joka sisältää viruksen koko genomien.

Jotkut mutaatiot ovat tunnusomaisia tietyille virusvarianteille, jolloin ne voidaan tunnistaa myös jätevedestä.

Jos uusi tutkimusmenetelmä saadaan kehitettyä, se täytyy vielä validoida laboratoriokäyttöön. Pitkäsän mukaan varsinkin Sveitsissä on edetty työssä pitkälle, samoin Alankomaissa, Espanjassa, Saksassa ja Yhdysvalloissa.

"Suomessa menetelmäkehityksen haasteena on se, että koronatilanne on meillä aika hyvä. Jos epidemia vielä rauhoittuu, yhden desilitran vesinäyte ei enää välttämättä riitäkään virusten osoittamiseen."

Huumausaineista yleisin, kannabis, metaboloituu elimistössä sekini. Jotta kannabiksen käytön yleisyydestä saataisiin tutkittua tietoa, se pitäisi mitata jätevedestä aineenvaihduntatuotteena.

Tätä ei vielä kyetä tekemään.

"Tällä hetkellä emme siis raportoi kannabista lainkaan, koska emme saa siitä luotettavia analyysituloksia", Kankaanpää harmittelee.

THL on tutkinut jätevesistä myös erilaisten muuntohuumeiden pitoisuuksia. Joukkoon kuuluvat muun muassa synteettiset katinonit, alfa-PVP ja MDPV.

"Pystymme tarvittaessa etsimään 400 millilitran vesinäytteistä laajempaa skaalaa muuntohuumeita", Teemu Gunnar kertoo.

Jätevesinäytteiden huumeanalytiikkaa kehitetään jatkuvasti. Tosin jo nyt käytössä oleva nestekromatografi-massaspektrometri (LC-MS-MS) on niin herkkä, että se paljastaa tutkijoille myös muut veden sisältämät orgaaniset yhdisteet.

"Saamme siis vesinäytteistä laajemminkin tietoa, esimerkiksi niissä olevista lääkeaineista, mutta niitä emme kuitenkaan raportoi", Kankaanpää sanoo.

Huume tilanne kulkee huonoon suuntaan

THL:n mittaustulokset ovat osoittaneet, että huumaavien aineiden, eri-

Suomen Akatemian rahoituksella

Jätevesiseurantaa kehitetään pandemiioihin varautumisen työkaluksi West-Pan-nimisessä konsortiotutkimuksessa, jossa THL toimii vastuuoorganisaationa. Hankkeessa ovat mukana myös Helsingin ja Tampereen yliopistot.

Suomen Akatemia rahoittaa projektia kahdella miljoonalla eurolla.

THL:n roolina hankkeessa on rakentaa menetelmiä jätevesien bakteerien, virusten ja alkueläinten määrittämiseen. Tampereen yliopistossa dosentti **Sami Oikarinen** tutkii viruksia ja Helsingin yliopistossa apulaisprofessori

tyisesti amfetamiinin, käyttö lisääntyy Suomessa jatkuvasti.

"Tutkimuksia on tehty vuodesta 2012 alkaen, eikä koko aikana ole ollut yhtään amfetamiinin osalta negatiivista näytettä. Huumetta käytetään ympäri maata, ja käyttö on kymmenessä vuodessa moninkertaistunut", Aino Kankaanpää tiivistää pitkäaikaisseurannan tulokset.

"Pienemmiltä paikkakunnilta ei aina löydetä kokaiinia tai ekstaasia, mutta amfetamiini on mukana sielläkin kaikissa näytteissä."

Metamfetamiinin käyttömäärät kasvoivat Suomessa varsinkin vuosina 2016–2017, minkä jälkeen sen käyttö jälleen hieman väheni.

Kokaiinia tavataan koko ajan entistä enemmän. Tampereen pohjoispuolella se on tutkijoiden mukaan harvinaisempi aine, mutta pääkaupunkiseudulla ja Lahdessa sitäkin yleisempi.

THL:n jätevesitutkimus on tarjonnut myös viranomaisille tilaisuuden seurata maan huume tilanteen kehittymistä.

Tutkimuksen tarkkuudesta todistaa se, että kehitys näkyy samanlaisena muuallakin. Esimerkiksi ratin takaa jää ratsioissa kiikkiin "huumejuoppoja" samaan tahtiin kuin aineita löytyy jätevesistä.

"Olemme verranneet tuloksiamme poliisin tilastoihin muun muassa liikennejuopumuksesta, ja ne korreloivat hyvin keskenään", Kankaanpää kertoo.

Annamari Heikinheimo mikrobien antibioottiresistenssiä.

Tähtäimeksi on asetettu jätevesipohjainen, ympäristötietoon perustuva järjestelmä, joka antaisi kulkutaudista ennakkovaroituksen. Se palvelisi etenkin terveysalan viranomaisia.

"Tavoitteena on, että terveydenhuollon toimijat oppivat hyödyntämään ympäristödataa. Se auttaisi heitä tekemään päätöksiä siitä, millaisiin toimenpiteisiin pitää ryhtyä epidemian uhatessa." □

Kirjoittaja on kemian diplomi-insinööri ja tiedetoimittaja.

Ratin takaa jää ratsioissa kiinni huumeiden käyttäjiä samaan tahtiin kuin huumausaineiden määrä jätevesissä kasvaa.