

Uimavesien riskinarviointi – työkalu terveysriskien arvioimiseen

Uimavesi voi saastua monista eri syistä. Erityisesti jätevesivuodot (pistekuormitus), mutta myös eläinperäinen hajakuormitus voivat uimavesiin päästessään aiheuttaa uimareille infektiota. Uimaveden riskinarviointityökaluja voidaan käyttää arvioitaessa taudinaiheuttajamikrobien aiheuttamia terveysriskejä luonnonvesissä. Uimavesiopas on käytännöllinen ja kaikille avoin työkalu riskien arviointiin ja hallintaan paikallisille terveysviranomaisille, vedenpuhdistuslaitoksille ja veden käyttäjille.



PÄIVI MERILÄINEN
FT, erikoistutkija, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
paivi.merilainen@thl.fi

Kirjoittaja toimii erikoistutkijana Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksella Ympäristöepidemiologian tiimissä.

JOUNI T. TUOMISTO
dos. LT, tutkimusjohtaja, Kausal Oy
johtava tutkija, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
jouni.tuomisto@thl.fi

ARI KAUPPINEN
FT, erikoistutkija, Ruokavirasto
ari.kauppinen@ruokavirasto.fi

ANNA-MARIA HOKAJÄRVI
FM, tutkija, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
anna-maria.hokajarvi@thl.fi

TARJA PITKÄNEN
apulaisprof. (toinen kausi), dos. FT, johtava asiantuntija, Helsingin yliopisto ja Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
tarja.pitkanen@thl.fi

Hyvälaatuinenkin uimavesi voi saastua monesta eri syystä (Kuva 1). Valuma-alueelta luonnonilmiöiden seurauksena tai ihmisen kautta, ihmisistä tai ihmisten toiminnasta peräisin olevat veteen päätyvät taudinaiheuttajamicrobit aiheuttavat terveysriskejä virkistyskäyttäjille. Yhdyskuntajätevedet ovat merkittävin terveysriskien aiheuttaja uimavesissä. Esimerkiksi jätevedenpuhdistamojen tilapäiset, rankkasateiden aiheuttamat ohijuoksuotukset, jätevesiverkoston putkiritot ja kiinteistöjen vuotavat jätevesijärjestelmät voivat pilata uimaveden hygieenisen laadun. Jäteveden mukana uimaveen voi päätyä suolistoperäisiä taudinaiheuttajia. Norovirukset ovat yleisin uimavesiepidemioiden aiheuttaja Suomessa (THL 2021).

Uimaveden riskinarviointia ja hygieniariskejä on tutkittu Kanta-Hämeessä EAKR:n ja Hämeen Liiton rahoittamassa hankkeessa ”Häme edelläkävijänä yhdyskuntajätevesien ja eläintilojen valumavesien hallinnassa vesivälitteisten infektioriskien torjumiseksi”. Hankkeen aikana päivitettiin ”Uimavesiopas”, vesihuollon toimijoille, viranomaisille ja kansalaisille tarkoitettu vapaan lähdekoodin verkkopohjainen uimaveden riskinarviointityökalu (<http://fi.opasnet.org/fi/Uimavesiopas>). Hankkeessa tehdyn kartoituksen mukaan taudinaiheuttajamikrobeja löytyi tutkimuskohteina olleilta kahdelta eteläsuomalaiselta uimarannalta (Ruponen ym. 2021).

Ilmastonmuutos voi osaltaan vaikuttaa pintaveden laatuun mm. lisääntyneen sademäärän ja lämpötilan nousun takia.



Kuva 1. Uimaveden saastumisen syitä (THL 2021).

Tämä johtaa pintavaluntojen lisääntymiseen, yhä useammin ylivuototilanteisiin jätevedenpuhdistamoilla ja muutoksiin suolistoperäisten taudinaiheuttajamikrobien säilymiseen tartuntakykyisenä vesiympäristöissä (Meriläinen ym. 2019). Pintavedet ovat alttiita mikrobikontaminaatiolle, mikä aiheuttaa terveystarvian virkistysveden käyttäjille, kuten uimareille.

Uimavesien hygieniariskit

Luonnonvesissä uiminen on omiaan edistämään ihmisten hyvinvointia ja terveyttä. Uimavesivälitteinen infektiopidemia voi kuitenkin syntyä, jos uimarit nielevät ulosteella saastunutta vettä tai jos taudinaiheuttajamikrobeja päätyy likaisten käsien kautta suuhun esimerkiksi likaisten WC-tilojen ja huonon käsihygienian takia. Yleisimmät terveyshaitat ovat esimerkiksi pahoinvointia, kuumetta ja vatsaoireita. Epidemiat leviävät uimarannoilla erityisesti lämpimällä kesäkelillä, jolloin ihmiset hakeutuvat uimarannoille ja viihtyvät vedessä kauan (Kauppinen ym. 2017). Erityisesti lapset ovat alttiita sairastumiselle, sillä he nielevät vettä suhteessa enemmän aikuisiin verrattuna, ja näin ollen altistuvat usein suuremmalle määrälle taudinaiheuttajamikrobeja (THL 2021).

Yleisten uimarantojen uimaveden laatua valvovat kuntien terveydensuojeluviranomaiset sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetusten mukaisesti (STM 2008). Valvira ohjaa kuntien terveydensuojeluviranomaisia uimaveden valvonnassa (Valvira 2021). Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) puolestaan auttaa kuntien terveydensuojelu-



© tekes

viranomaisia mahdollisten uimavesiepidemioiden selvittämisessä. Terveydensuojeluviranomaiset mittaavat valvontaohjelmien piiriin kuuluvilla yleisillä uimarannoilla uimakauden aikana säännöllisesti *Escherichia coli* -bakteerin ja suolistoperäisten enterokokkien lukumääriä, jotka ilmentävät uimaveden ulosteperäisen saastumisen määrää.

Uimavesioppas – terveystarvian arviointiin verkkotyökalu

Riskinarvioinnissa selvitetään, aiheuttaako terveydelle haitallinen tekijä todetulla altistumistasolla todellisen terveystarvian, millainen ja kuinka suuri terveystarvika on, ja mitä sen hallitsemiseksi tulisi tehdä. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksella on kehitetty uimavesien terveystarvian arviointiin avoin riskinarviointityökalu, Uimavesioppas (Kuva 2), joka pohjautuu toiminnallisuksiltaan talousveden riskinarviointityökaluun Vesiooppas (<http://fi.opasnet.org/fi/Vesiooppas>). Työkalun laskennallinen malli on probabilistinen eli se huomioi lähtötietojen epävarmuudet.

Tilanne

Uimaveden taudinaiheuttajakuormitus:

Uimarannan päivittäinen kävijämäärä:

Uimaveden taudinaiheuttajien määrä

Kampylobakteerin määrä (mikrobia/l):

E. coli O157:H7 määrä (mikrobia/l):

Rotaviruksen määrä (mikrobia/l):

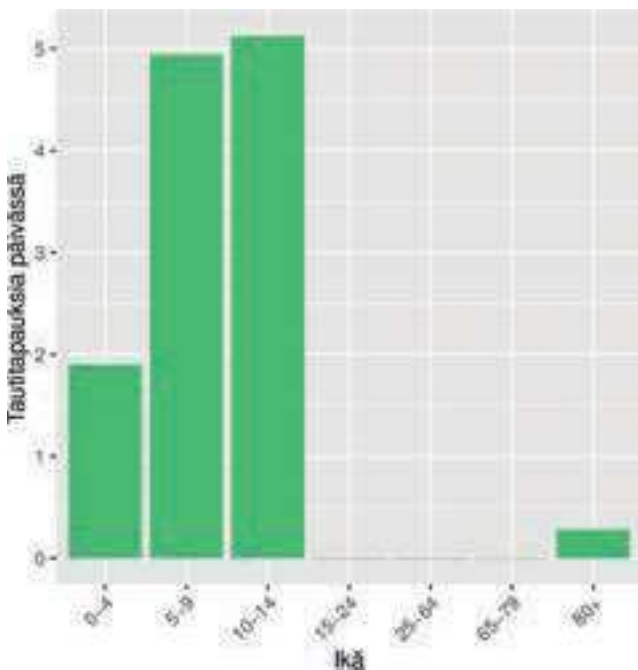
Noroviruksen määrä (mikrobia/l):

Cryptosporidiumin määrä (mikrobia/l):

Giardian määrä (mikrobia/l):

Kuva 2. Uimavesioppaan aloitussivu, jolle käyttäjä syöttää uimaveden lähtötiedot. [<http://fi.opasnet.org/fi/Uimavesioppas>].

Uimavesioppas ottaa huomioon uimisen aikana niellyn veden määrän sekä rannalla kävijöiden lukumäärän ja ikäjakauman. Niellyn veden kokonaismäärä uintitapahtumaa kohden lasketaan kertomalla nielty veden määrä altistusajalla, eli vedessä vietetyllä ajanjaksolla. Ikäjakauma huomioidaan, koska eri-ikäiset ihmiset nielevät erilaiset määrät vettä ja viettävät keskimäärin eri aikoja vedessä (DeFlorio-Barker ym. 2018). Lisäksi alttius sairauksille ja niiden vakavuus muuttuu iän myötä (Teunis ym. 2018), joten sairastapaukset lasketaan kullekin ikäryhmälle erikseen. Mallin tulokset ilmaistaan mm. infektion todennäköisyytenä ja sairaustapausten lukumääränä (Kuva 3).



Kuva 3. Esimerkki Uimavesioppaan tulokuvaajista. Keskimääräinen sairastuneiden lukumäärä/vrk eri ikäryhmillle uimarannalla, jolla on 100 uimaria päivässä (norovirusmäärä uimavedessä 22 GC/l). GC=genomikopio.

Työkalun esittelyyn käytettiin uimavesiepidemian esimerkitapauksesta kerättyjä tuloksia (Meriläinen ym. 2021) (Taulukko 1). Normaalitilannetta kuvaavassa skenaariossa pintaveteen ei kohdistunut jätevesikuormitusta, eikä uimavedestä ollut havaittavissa norovirusta. Jätevesiskenaariossa käytettiin sellaisia noroviruksen määriä (10–70 GC/l), joita esiintyi luonnonvesissä epäillyn jätevesikontaminaation yhteydessä. Skenaariot ”puhdas” ja ”jätevesikontaminaatio” kuvaavat vesistöjen nykytilannetta. Ilmastonmuutosta kuvaavia skenaariota olivat ”lisääntynyt sateisuus” sekä ”rankkasateen jälkeinen jäteveden ylivuoto”. Lisääntyneessä sateisuudessa jäteveden norovirusmäärät nousivat 20 prosenttia verrattuna pelkkään jätevesikontaminaatioon kuvaten sateisuuden aiheuttaman lisääntyneen valunnan myötä kasvanutta kuormitusta (Taulukko 1). Rankkasateen jälkeisessä jäteveden ylivuodossa norovirusmäärät nousivat 100 prosenttia jätevesikontaminaatioskenaarioon nähden kuvaten rankkasateen aiheuttamaa jäteveden ylivuototilannetta puhdistamalla.

Noroviruksen infektion aiheuttava annos on pieni, jopa alle 18 viruspartikkelia (Hall 2012), mistä johtuen jo pieni määrä viruspartikkeleita riittää aiheuttamaan vatsataudin. Jätevesikontaminaatioskenaariossa, joka perustuu mitattuihin norovirusmääriin, keskimääräinen päivittäinen sairastapausten määrä per sataa käyttäjää kohti vaihteli välillä 7 ja 22 sairastapausta (Taulukko 1). Ilmastonmuutosskenaariossa noroviruksen aiheuttamien päivittäinen vatsatautitapausten enimmäismäärä per sataa uimaria kohti oli 27. Tulos havainnollistaa sitä, että uimarantojen valvonnassa on huomioitava mahdolliset kontaminaatiolähteet, sääolosuhteet ja niiden aiheuttamat hygieniariskit.

Terveysriskinarvioinnilla ennakoitiin

Hyvälaatuinenkin uimavesi voi saastua ja sen vuoksi uimarantojen vedenlaadun säännöllinen seuranta on tärkeää hygieniariskien minimoimiseksi. Uimavesiepidemiat ovat

Taulukko 1. Uimavesioppaan lähtötiedot (noroviruksen määrä vedessä (GC/l; yläriivi) ja Uimavesioppaan tulos: sairastuneiden lukumäärä/100 uimaria/vuorokausi (min=minimi, keskiarvo, max=maksimi; alarivi). GC=genomikopio.

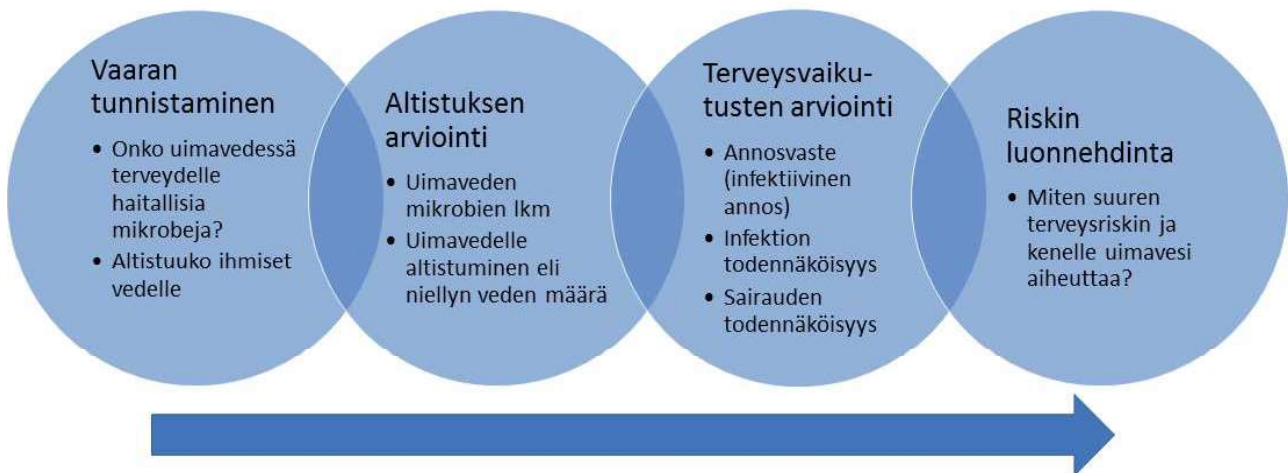
	Nykytilanne		Ilmastonmuutoksen vaikutus	
	Puhdas	Jätevesikontaminaatio	Lisääntynyt sateisuus	Rankkasateen jälkeinen jäteveden ylivuoto
Noroviruksen määrä vedessä (GC/l) (min, keskiarvo, max)	0, 0, 0	10, 22, 70	12, 26, 84	20, 44, 140
Sairastuneiden lukumäärä/100 uimaria/vrk (min, keskiarvo, max)	0, 0, 0	7, 12, 22	8, 17, 25	11, 15, 27

onneksi harvinaisia ja riskinarviointi mahdollistaa riski-tilanteiden ja muuttuvien olosuhteiden ennakoinnin, pienentäen riskin todennäköisyyttä entisestään.

Kvantitatiivista mikrobiologista riskinarviointia eli QMRA-menetelmää (Quantitative Microbial Risk Assessment; Meriläinen ym. 2012) on käytetty myös uimavesien suolistoperäisten taudinaiheuttajamikrobien

terveysvaikutuksien arvioinnissa (Ashbolt ym. 2010). Monet QMRA-työkalut ovat helposti saatavilla on-line versioina (Schijven ym. 2015; Federigi ym. 2020) tai jopa mobiilisovelluksina, mutta useimmat työkaluista eivät ole suoraan tarkoitettu virkistysvesien riskinarviointiin. Uimaveden QMRA noudattaa perinteisen QMRA-menetelmän kehikkoa (Kuva 4, Meriläinen ym. 2012). QMRA-menetelmä voi tuottaa tärkeää lisätietoa suurille

Uimaveden kvantitatiivinen mikrobiologinen riskinarviointi



Kuva 4. Uimaveden kvantitatiivisen mikrobiologisen riskinarvioinnin kehikko (muokattu Meriläinen ym. 2012).



K.H. Renlundin säätiö, apurahoja geologisiin ja ympäristöprojekteihin vuodelle 2022

Vuonna 1915 perustettu K.H. Renlundin säätiö julistaa haettavaksi projektirahoitusta yhteensä n. 900 000 euroa. Säätiö tukee taloudellisesti käyttökelpoisten maankamaraan raaka-aine- ja vesivarojen etsintää, tutkimusta ja teknis-taloudellisia selvityksiä. Säätiö tukee mineralogian ja geologian alojen teknisiä innovaatioita sekä geologisesti suuntautuneita ympäristöhankkeita (ei kongressimatkoja eikä puhtaita laitehankintoja). Säätiö on valmis harkitsemaan myös monivuotista panostusta uuden malminetsintäidean testaamiseksi, mineraalivarojen kestävä käyttöön tai siihen liittyvän kiertotalouden edistämiseksi. Säätiö voi rahoittaa julkaisutoimintaa sekä tieteellisiä jatkotutkintotoita, joiden aihepiiri liittyy säätiön tavoitteisiin.

Rahoitushakemukset lähetetään sähköisesti säätiön kotisivun www.khrenlund.fi kautta 30.11.2021 mennessä.

Lisätietoja antaa: Professori Veli-Pekka Salonen, veli-pekka.salonen@khrenlund.fi.

yleisille uimarannoille tehtävien uimavesiprofilien valmisteluun, josta on keskusteltu myös EU:n uimavesidirektiivin tarkistuksen 2020/2021 yhteydessä (Federidi ym. 2020). Uimaveden QMRA voisi jatkossa olla hyödyllinen lisä uintialueiden luokittelun parantamiseksi sekä perustana paikkakohtaisia terveystarkistusten hallintatoimia kehitettäessä myös Suomessa.

Puhtaat pintavedet tarjoavat virkistysarvoa ja hyvinvointia paikalliselle väestölle ja ovat myös matkailuvaltti. Pintavesiä käytetään myös juomaveden raakavetenä ja puhdistusprosessit valitaan raakaveden laatu huomioiden.

Ilmastonmuutos vaikuttaa pintavesien laatuun. Siksi vesihuollon toimijoiden, viranomaisten ja kansalaisten on kyettävä arvioimaan ilmatoriskit sopeutuaksemme tuleviin haasteisiin ja varmistamaan ihmisten terveys ja hyvinvointi nykyisissä ja tulevaisuuden skenaarioissa. Avoimet riskinarviointimallit, kuten Vesioipas ja Uimavesioipas, ovat niin viranomaisille kuin kansalaisillekin suunnattuja tehokkaita ennakoivia työkaluja arvioitaessa saastumisskenaarioiden, kuten rankkasateiden, merkitystä uimarannan terveystarkistuksiin. Uimavesioipas tarjoaa myös yksinkertaisen ja visuaalisen tavan ymmärtää taudinaiheuttajamikrobien terveysvaikutuksia pintavesien virkistyskäytössä. ●

Kirjallisuus

- Ashbolt N.J, Schoen M.E, Soller J.A, Roser D.J. 2010. Predicting pathogen risks to aid beach management: The real value of quantitative microbial risk assessment (QMRA). *Water Res.* 44, 4692–4703.
- DeFlorio-Barker S, Arnold B, Sams E, Dufour AP, Colford JM, Weisberf SB, Schiff KC, Wade, TJ. 2018. Child environmental exposures to water and sand at the beach: Findings from studies of over 68,000 subjects at 12 beaches. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 28: 93–100.
- Federigi I, Bonadonna L, Bonanno Ferraro G, Briancesco R, Cioni L, Coccia A.M, Della Libera S, Ferretti E, Gramaccioni L, Iaconelli M, ym. 2020. Quantitative Microbial Risk Assessment as support for bathing waters profiling. *Mar. Pollut. Bull.* 157, 111318.
- Hall AJ. 2012. Noroviruses: The Perfect Human Pathogens? *The Journal of Infectious Diseases* 205 (11): 1622–1624.
- Kauppinen A, Al-Hello H, Zacheus O, Kilponen J, Maunula L, Huusko S, Lappalainen M, Miettinen I, Blomqvist S & Rimhanen-Finne R. 2017. Increase in outbreaks of gastroenteritis linked to bathing water in Finland in summer 2014. *Euro Surveillance* 22: pii=30470.
- Meriläinen P, Kauppinen A, Tuomisto M & Tuomisto JT. 2021. Health effects of norovirus contamination for recreational water users – online QMRA tool to assess impacts of climate change. *Suullinen posterisessiy IWA Digital World Water Congress 24.5.2021–5.6.2021*. https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2021/05/IWA_Digital_Congress_programme_FINAL.pdf.
- Meriläinen P, Lanki T, Miettinen I, Hokajärvi A-M, Simola A, Tiittanen P. & Yli-Tuomi T. 2019. Ilmastonmuutos ja vesihuolto. Suomen Ilmastopaneeli raportti 9/2019.
- Meriläinen P, Pitkänen T, Miettinen IT. 2012. Juomaveden terveystarkistukset – Kvantitatiivinen mikrobiologinen riskinarviointi (QMRA) Suomessa. *Vesitalous* 3/2012.
- Ruononen J, Tulonen T, Hokajärvi A-M, Pitkänen T, Mattila H, Saastamoinen M, Meriläinen P & Rytönen A. 2021. Valumavesien hygieenisen laadun parantamiseen liittyvät ratkaisut. *Vesitalous* 5/2021.
- Schijven J, Derx J, de Roda Husman AM, Blaschke AP, Farnleitner AH. 2015. QMRAcatch: Microbial Quality Simulation of Water Resources including Infection Risk Assessment. *J Environ Qual.* 44, 1491–502.
- STM 2008. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus (177/2008) yleisten uimarantojen uimaveden laatuvaatimuksista ja valvonnasta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080177>.
- Teunis PFM, Moe CL, Liu P, Miller SE, Lindesmith L, Baric RS, Le Pendu J, Calderon RL. 2008. Norwalk Virus: How Infectious is It? *Journal of Medical Virology* 80:1468–1476.
- THL 2021. Uimavesiepidemiat. <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/vesi/uimarantavesi/uimavesivalitteiset-epidemiat>.
- Valvira 2021. Uimavesi. Valvira ohjaa kuntien terveydensuojeluviranomaisia uimaveden valvonnassa.