



# PIENHIUKKASTEN TAUTITAAKKA- ARVIOIDEN LUOTETTAVUUS - Merkitystä kuolleisuuteen vaikeinta arvioida

*Ulkoilman pienhiukkas-  
set (PM<sub>2.5</sub>) ovat tärkein  
ympäristöriskitekijä niin  
Suomessa kuin myös  
maailmanlaajuisesti.  
Pienhiukkasten terveys-  
vaikutusten arviointiin  
liittyy useita epävar-  
muustekijöitä ja terveys-  
haittojen suuruudessa  
onkin merkittäviä eroja  
eri arviointien välillä. Heli  
Lehtomäen Pro gradu  
-tutkielmassa tarkastel-  
laan eri epävarmuus-  
tekijöiden vaikutuksia  
pienhiukkasten terveys-  
haittojen arviointiin.*

Riskitekijöiden terveysvaikutusten arviointia tarvitaan erityisesti päätöksenteon tueksi. Vaikutusarviointi auttaa luokittelemaan riskejä ja priorisoimaan toimenpiteitä. Vaikutuksia arvioidessa tautitaakkamenetelmä mahdollistaa vakavuudeltaan ja kestoltaan erilaisten terveysvaikutusten vertailun. Kun haitat arvioidaan käyttäen samaa yksikköä, myös eri riskitekijöiden vertailu mahdollistuu. Tautitaakan yksikkönä käytetään haittapainotettuja elinvuosia (DALY), jossa yhdistyvät sairauden vuoksi menetetyt terveet elinvuodet (YLD) ja ennenaikaisen kuoleman vuoksi menetetyt elinvuodet (YLL).

## Terveyshaittojen tunnistaminen ja arviointi

Ilmansaasteiden terveyshaittoja Suomessa arvioitiin Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksella (THL) 2015–2016 toteutetussa Ilmansaasteiden terveysvaikutukset (ISTE) -hankkeessa. Hankkeessa arviointiin 14 ilmansaasteen terveyshaitat (Hänninen ym. 2016). Yhteensä ilmansaasteiden arviointiin aiheuttavan 28 000 DALY:n vuoden 2013 altistustilanteessa (Lehtomäki ym. 2016). Ilmansaasteiden tautitaakasta suurin osa liittyy pienhiukkasaltistukseen (64 %).

Terveysvaikutusten arviointiin sisältyy monia epävarmuuksia. Niiden arviointia vaikeuttaa se, että epävarmuudet voivat olla peräisin useista eri lähteistä. Epävarmuuksien arviointi on kuitenkin tärkeää, sillä se auttaa hahmottamaan riskien suuruusluokkaa ja mahdollistaa epävarmuuksien huomioimisen päätöksenteossa sekä auttaa mahdollisesti löytämään keinoja niiden vähentämiseen. Lehtomäki (2017) arvioi määrällisesti pienhiukkasten tautitaakka-arviossa esiintyvien valittujen epävarmuustekijöiden suuruudet.

Epävarmuudet voidaan luokitella monin eri tavoin. Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto (EPA) on käyttänyt luokittelua parametrisiin, malli- ja skenaarioepävarmuuksiin (US EPA, 1992). Tässä työssä keskitytään parametrisiin ja malliepävarmuuksiin. Parametriset epävarmuudet ovat vakiintuneemmin määritellyjä ja melko helposti laskettavissa. Esimerkiksi epidemiologiset tutkimukset raportoivat rutiininomaisesti pitoisuus-vastesuhteiden luottamusvälit, joita voidaan hyödyntää laskennassa. Altistuksen arvioinnin osalta käytäntö ei ole lainkaan yhtä vakiintunut. Malliin liittyvien epävarmuuksien arviointi on haasteellisempää. Tässä työssä niitä arviointiin vertailemalla vaihtoehtoisia mallivalintoja.

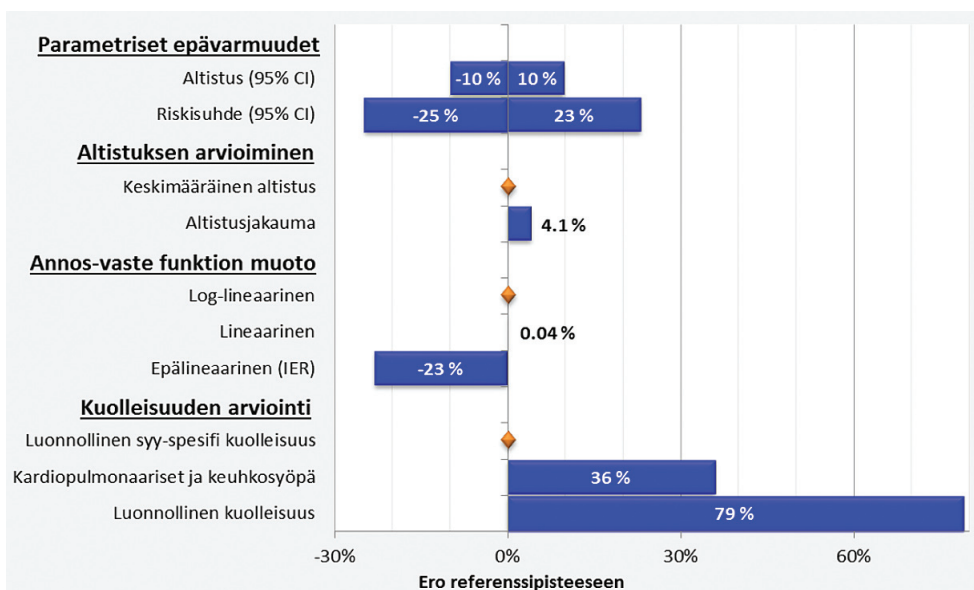
Epävarmuudet suhteutettiin toisiinsa hyödyntäen ISTE-hankkeessa käytettyjä mallivalintoja referenssipisteinä. Tarkemmin menetelmät on kuvattu Lehtomäki 2017 ja altistumisen arviointia on käsitelty Korhonen ym. 2016 & 2017.

## Epävarmuuksien vaikutus tautitaakkaan

Suurimmat epävarmuudet liittyivät huomioitaviin kuolinsyihin (79 %), riskisuhteen epävarmuuksiin (-25–23 %) sekä annos-vaste funktion muotoon (-23 %) (kuva 1). Altistumisen arviointiin liittyvistä maantieteellisen edustavuuden haasteista huolimatta altistumisen arviointiin liittyvä epävarmuus oli suhteellisen pieni näihin verrattuna (-10–10 %). Suhteessa pienhiukkasten tautitaakan keskiestimaattiin (20 800 DALY) epävarmuuksista aiheutuvat minimi ja maksimiestimaatit olivat 13 600 DALY ja 42 700 DALY.



**Epävarmuuksien arviointi auttaa hahmottamaan riskien merkitystä päätöksenteolle sekä löytämään keinoja niiden vähentämiseen.**



(Gakidou ym. 2017) leikkauspistettä oli tosin muutettu hieman alhaisemmaksi 2,4–5,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mikä kasvattaa arviota alhaisilla altistustasoilla

Terveyshaittojen arvioinnissa käytetään riskisuhteita, jotka

kertovat kuinka paljon riski tiettyyn terveysvasteeseen kasvaa altistuksen kasvaessa. Riskisuhteille yleisesti raportoidaan 95 % luottamusvälit. Kun luottamusvälit huomioitiin laskennassa, alempi estimaatti aiheutti -25 % muutoksen kun taas ylempi estimaatti olisi kasvattanut arviota 23 %.

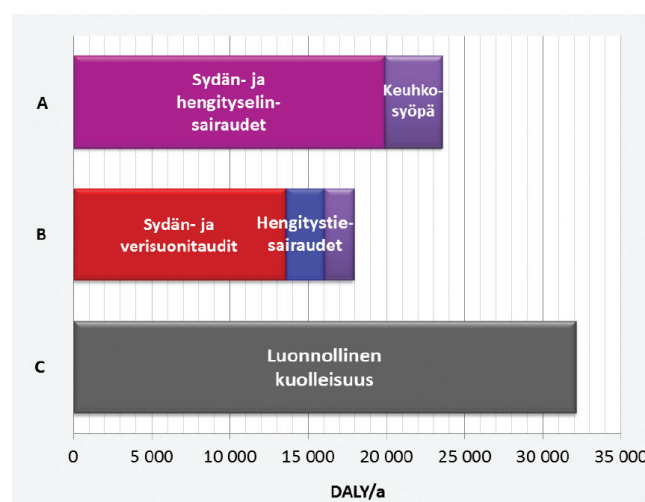
Väestöpainotettu pienhiukkasaltistus oli 6,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (95 % CI 6,1–7,5) Suomessa vuonna 2013 (Korhonen ym. 2015, 2016). Luottamusvälien huomioinen laskennassa toi -10 % ja 10 % erot tautitaakka-arviointiin. Väestöaltistuksen todennäköisyysjakauman (sd 1,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) huomioiminen kasvatti tautitaakkaa vain hieman (4,1 %).

**Kuva 1. Määritettyjen epävarmuuksien suuruudet suhteessa referenssipisteeseen oleviin ISTE-hankkeessa käytettyihin mallivalintoihin (0 %, oranssit vinoneliöt).**

Ennen aikainen kuolleisuus on pienhiukkasten tautitaakan suurin osatekijä. Sen arvioiminen määrittää pitkälle terveysvaikutusten suuruuden. Tässä työssä tutkituista epävarmuuksista suurimmat liittyivätkin juuri kuolleisuuden arviointiin (kuva 2). ISTE-hankkeessa arvioitiin  $\text{PM}_{2.5}$  kuolleisuus käyttämällä WHO:n HRAPIE työryhmän suositusta luonnollisen kuolleisuuden riskisuhteelle (RR: 1,062 per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [95 % CI 1,040; 1,083] mutta soveltamalla riskisuhdetta vain syy-spesifisille terveysvasteille: sydän- ja verisuonisairaudet, keuhkosyöpä sekä hengityselinsairaudet.

Näin arvioituna kuolleisuudesta aiheutuva tautitaakka oli 17 900 DALY/a. Tautitaakka kasvoi 36 %, kun kyseiseen lukuun verrattiin syy-spesifisiä riskisuhteita Pope ym., 2002 tutkimuksesta käyttäen laskettua kuolleisuutta sydän- ja keuhkosairauksille (RR: 1,0077 per 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [95 % CI 1,0020; 1,0132] sekä keuhkosyöväälle (RR: 1,012 per 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [95 % CI 1,004; 1,020]). Suurin ero kuolleisuuden arvioinnissa aiheutui kuitenkin kun oletetaan pienhiukkasten korreloivan luonnollisen kokonaiskuolleisuuden kanssa, jolloin kuolleisuusarvio kasvaisi 79 %.

Annosvaste-suhteen muodolla voi myös olla huomattavia vaikutuksia tautitaakka-arvion suuruuteen. Yleisesti Euroopassa käytetty log-lineaarinen annos-vaste suhde ei juuri eroa lineaarisesta matalilla altistustasoilla (<50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mutta eroaa selkeästi viimeisimmässä globaaleissa tautitaakka-arvioissa käytetystä epälineaarista integrated exposure response (IER) -funktioista (Burnett ym. 2014) (kuva 3, sivu 6). IER-funktiossa käytetään leikkauspistettä, jonka alapuolella riski asetetaan nolaksi. GBD 2013 -tutkimuksessa leikkauspiste arvioitiin tasolle 5,8–8,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tässä työssä käytettiin IER-funktiota iskeemiselle sydäntaudille käyttäen 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  leikkauspistettä, mikä johti -23 % eroon log-lineaarisella annosvaste-funktiolla arvioitua luonnolliseen kuolleisuuteen verrattuna. Viimeisimmässä globaalissa tautitaakka-arviossa

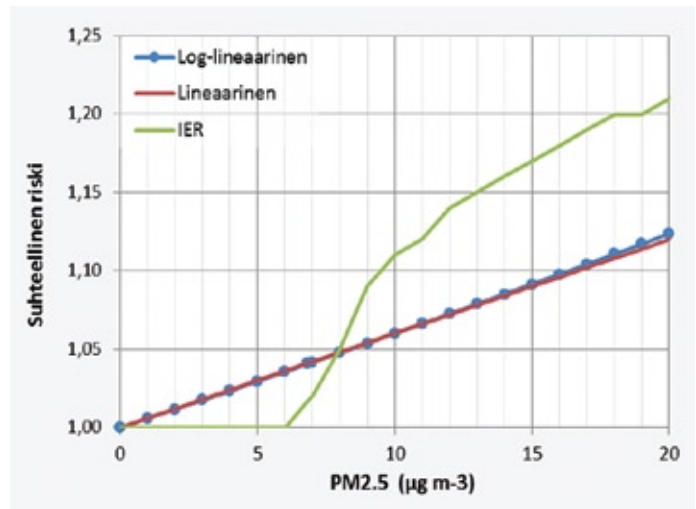


**Kuva 2. Kolme eri metodia kuolleisuuden arviointiin. Metodi A esittää kuolleisuuden, joka on määritetty käyttäen Pope ym. 2002 syy-spesifisiä riskisuhteita. Metodeissa B ja C on käytetty Heroux ym. 2015 annos-vaste funktiota luonnolliselle kuolleisuudelle. Metodissa C kuolleisuus on laskettu huomioiden kaikki luonnollisen kuolleisuuden syyt kun taas metodi B sisältää vain erityisesti  $\text{PM}_{2.5}$  altistukseen yhdistetyt terveysvasteet.**

## Epävarmuustekijät täytyy huomioida

Terveysvaikutusten arviointiin liittyy monia epävarmuustekijöitä, joiden suuruutta voi olla vaikea arvioida. Tässä työssä mukana olleista epävarmuustekijöistä merkittävimmät liittyivät huomioitavien kuolinsyiden rajauksiin, riskisuhteen ja altistuksen luottamusväleihin sekä annos-vaste funktion muotoon. Arvioidut epävarmuustekijät pienentäisivät pienhiukkasten tautitaakkaa maksimissaan -35 % tai suurentaisivat sitä 105 %.

Epävarmuuksien arviointi ei poista niitä, mutta mahdollistaa niiden huomioimisen päätöksenteossa ja auttaa kohdentamaan arviointien kehittämisen järkevästi. Epävarmuuksistaan huolimatta terveysvaikutusten arviointi on välttämätöntä väestön terveyden parantamiseksi. Kun riskin suurusluokasta on arvio, se auttaa luokittelemaan riskin ja mahdollisesti kohdentamaan toimenpiteitä riskin pienentämiseksi. Jos riskiarvio puuttuu, voi se aiheuttaa virheellisen kuvan siitä, että riskiä ei ole.



Kuva 3. Log-lineaarisen, lineaarisen ja epälineaarisen (IER) funktioiden erot suhteellisessa riskissä alhaisilla pitoisuustasoilla. Log-lineaarinen ja lineaarinen annos-vaste funktio luonnolliselle kuolleisuudelle. Epälineaarinen IER-funktio iskeemiselle sydäntaudille.

## LÄHTEET

- Burnett, R. T., Pope III, C. A., Ezzati, M., Olives, C., Lim, S. S., Mehta, S., ... & Anderson, H. R. (2014). An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environmental Health Perspectives*, 122(4), 397.
- Gakidou, E., Afshin, A., Abajobir, A.A.,... & Murray, C.J.L. (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet*, 390(10100), 1345-1422.
- Héroux, M. E., Anderson, H. R., Atkinson, R., Brunekreef, B., Cohen, A., Forastiere, F., Hurley, F., Katsouyanni, K., Krewski, D., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Mills, I., Querol, X., Ostro, B., & Walton, H. (2015). Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project. *International Journal of Public Health*, 60(5), 619-627. doi:10.1007/s00038-015-0690-y
- Hänninen O (ed), Korhonen A., Lehtomäki H., Asikainen A. & Rumrich I. (2016). Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. ISBN 978-952-11-4604-6 (pdf). 29 ss. Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4604-6> (Katsottu: 1.11.2017)
- Korhonen A., Asikainen A., Rumrich I. & Hänninen O. (2015). Ilmansaasteille altistuminen Suomessa vuonna 2013. ISTE-raportti, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 50 ss + liitteet. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201601122445> (Katsottu: 1.11.2017)
- Korhonen A., Lehtomäki H., Rumrich I., Asikainen A., Tissari J. & Hänninen O. (2017). Altistumisen arviointi ilmanlaadun mittausverkkoon pohjautuen. *Ilmansuojelu-uutiset* 2/2017 8-10.
- Lehtomäki H. (2017). Quantification of Individual Sources of Uncertainty in the Disease Burden Estimates of Fine Particles in Finland. Pro gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. 58 ss + liitteet. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:uef-20170370> (Katsottu: 1.11.2017)
- Lehtomäki H., Korhonen A., Asikainen A. & Hänninen O. (2016). Ulkoilman saasteiden aiheuttamat terveyshaitat Suomessa. *Ympäristö ja terveys lehti* (47) 8/2016 s.22–27.
- Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, 287(9), 1132-1141.
- US EPA. Guidelines for exposure assessment [R]. Washington D C: Office of Research and Development, Office of Health and Environmental Assessment, 1992.

## ENGLISH ABSTRACT

### Uncertainties in the disease burden estimates of fine particles in Finland

Health impact assessments are many times conducted to support decision makes. There are though several uncertainties related to health impact assessments and the results between different assessments can vary substantially. Understanding the uncertainties, knowing their quantity and reporting them adequately is important in order to be able to take them into account in decision making and to be able to reduce them.

Ambient fine particle (PM<sub>2.5</sub>) exposure is one of the leading environmental risk factors in Finland as well globally. In Finland the health impacts of 14 air pollutants were calculated in ISTE-project (2015-2016) using disease burden methods. The largest share (20,800 DALY, 64%) of the health impacts was associated with PM<sub>2.5</sub> exposure. Lehtomäki (2017) quantified selected uncertainties

in the PM<sub>2.5</sub> disease burden and compared them to find the most significant ones.

The quantified uncertainties resulted in 13,600 DALY/a and 42,700 DALY/a as a minimum and maximum estimates, respectively. The biggest differences from the quantified uncertainties were caused by i) the selection of health endpoints; in this case the use of natural or cause-specific mortality, and ii) the shape of the concentration-response function.

Even though health impact assessments include several uncertainties it is essential to estimate the health impacts of different risk factors. When there is an estimate of the health impacts it is possible to compare the risks and prioritize policy actions.