

# Ulkoilman saasteiden aiheuttamat terveyshaitat Suomessa

**Ulkoilman saasteiden terveyshaitat ovat huomattavasti aikaisempia arvioita suuremmat. Aikaisemmissa kansallisissa arvioissa terveyshaitat on arvioitu ulkoilman saasteista vain pienhiukkasille ja otsonille, nyt terveysvaikutukset on lisäksi arvioitu 12 muulle säännellylle ulkoilman saasteelle. Ilmansaasteiden terveyshaitta-arvion kasvuun ovat vaikuttaneet sisältyneiden ilmansaasteiden lukumäärän lisäksi terveysvaikutusten arviointiin liittyvät menetelmälliset muutokset, väestön ikääntyminen ja eliniän odotteen pidentyminen. Pienhiukkasten rooli terveydelle haitallisimpana ilmansaasteena säilyi.**

**S**isä- ja ulkoilmansaasteet ovat maailmanlaajuisesti yksi tärkeimmistä ympäristöriskitekijöistä. Maailmanterveysjärjestö WHO:n päivitetyn arvion mukaan yksistään ulkoilman saasteet aiheuttivat maailmanlaajuisesti 3 miljoonaa ennen aikaista kuolemaa vuonna 2012. (WHO 2016a.)

Ilmansaasteille altistuminen tapahtuu läpi elämän. Altistuminen on yhdistetty muun muassa sydän- ja verisuonisairauksiin sekä hengitystiesairauksiin. Lisäksi useat ulkoilman saasteet on luokiteltu syöpävaarallisiksi. Ilmansaasteet voivat vaikuttaa haitallisesti sydämeen, aivoihin, hormonitoimintaan sekä immuunijärjestelmään, mutta viimeisimpien tutkimusten valossa mahdollisesti myös kasvuun, älykkyyteen sekä aivojen ja koordinaation kehitykseen. (Royal College of Physician 2016.)

Suomessa säännellään 15 ulkoilmansaasteen pitoisuutta raja-, tavoite- ja ohjearvoin. Pienhiukkasia ja otsonia lukuun ottamatta näiden ilmansaasteiden terveysvaikutuksia ei ole aiemmin arvioitu kansallisesti.

Ympäristöministeriön sekä Sosiaali- ja terveysministeriön toimeksiannosta Ilmansaasteiden terveysvaikutukset (ISTE)-projektissa arvioitiin suomalaisten altistumista ulkoilmasaasteelle sekä niiden aiheuttamat terveyshaitat ilmansuojelua koskevan suunnittelun ja päätöksenteon pohjaksi. (Hänninen ym. 2016.)

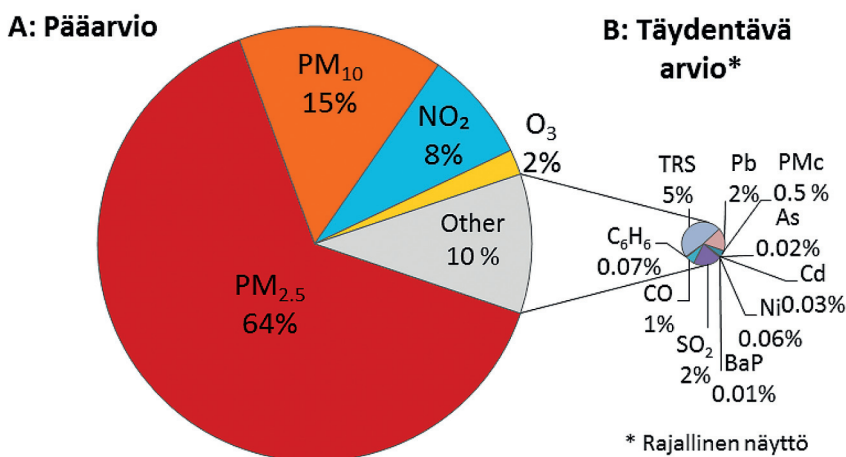
## Terveyshaittojen arviointi tautitaakkamenetelmillä

Ilmansaasteiden aiheuttamat terveyshaitat arvioitiin väestötasolla käyttäen tautitaakkamenetelmiä. Tautitaakka on vertailukelpoinen mittari, joka kuvaa väestön terveyden menetyksiä. Siinä yhdistyvät ennenaikaisen kuoleman vuoksi menetetyt elinvuodet (YLL) sekä sairauden vuoksi menetetyt terveet elinvuodet (YLD). Tautitaakan yksikkö on haittapainotettu elinvuosi (DALY). Terveyshaittojen laskennassa käytetyt menetelmät on kuvattu tarkemmin tautitaakkaraportissa Lehtomäki ym. 2015.

ISTE-projektissa arvioitiin väestöpainotetut altistustasot 14 ilmansaasteelle sekä laskettiin niihin liittyvä tautitaakka

(kuva 1). Altistumisen arviointi perustui pääasiassa ilmanlaadun mittausverkoston vuoden 2013 mittauksiin. Altistumisen arviointi sekä suomalaisten altistustasot on esitelty altistumisen arviointia koskevassa raportissa Korhonen ym. 2015.

Terveysvaikutukset arvioitiin WHO:n työryhmän viime vuonna julkaistuihin suosituksiin perustuen (Heroux ym. 2015), joiden pohjalta muodostui pääarvio A. Pääarvioon sisältyvät pienhiukkaset (PM<sub>2,5</sub>), hengitettävät hiukkaset (PM<sub>10</sub>), typpidioksidi (NO<sub>2</sub>) ja otsoni (O<sub>3</sub>) (taulukko 2). WHO:n työryhmän suosituksen ulkopuolelle jääneet 10 muuta ilmansaastetta arvioitiin tukeutuen kirjallisuuskatsauksessa löytyneisiin tutkimuksiin. Pääarviota täydentävä arvio B koostuu hiukkasmaisista (karkeat hiukkaset [PMc], arseeni [As], kadmium [Cd], nikkeli [Ni], lyijy [Pb]), sekä kaasumaisista ilmansaasteista (haisevat rikkiyhdisteet [TRS], bentseeni [C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>], häkä [CO] ja rikkidioksidi [SO<sub>2</sub>]) (taulukko 3). Täydentävän arvion ilmansaasteiden terveysvaikutusten arviointiin liittyy suurempia epävarmuuksia johtuen tutkimusten rajallisesta määrästä. (Lehtomäki ym. 2015.)



Kuva 1. Ilmansaasteiden aiheuttama vuosittainen tautitaakka Suomessa (28 000 DALY) 2010-luvulla jaettuna A: WHO:n suositusten mukaiseen pääarvioon ja B: suurempia epävarmuuksia sisältävään täydentävään arvioon.

Laskentaan on tehty vertaisarviointipalautteen perusteella muutamia tarkennuksia annosvaste-funktioiden käytön osalta projektiraporttien julkaisemisen jälkeen. Pienhiukkasille ja otsonille ei ole otettu huomioon sydän- ja verisuonisairauksiin eikä hengitystiesairauksiin liittyviä sairaa-lakäyntejä päällekkäin laskennan välttämiseksi. Otsonille ja typpidioksidille laskettiin luonnollinen kuolleisuus olettaen keskimäärin kahdeksan vuoden eliniänmenetys aikaisemmin käytössä olleen 15 vuoden (NO<sub>2</sub>) ja 17 vuoden (O<sub>3</sub>) sijaan. Tautitakka-arviot kuitenkin pysyivät, typpidioksidia lukuun ottamatta, aiemmin raportoitujen tulosten luottamusvälien sisällä.

## Ilmansaasteiden aiheuttamat terveyshaitat

Ilmansaasteiden aiheuttama osuus suomalaisten kokonaistautitaakasta on noin 2 %. Vuosittainen ilmansaasteiden tautitakka on noin 28 000 DALY (kuva 1). Tästä 90 % aiheutuu pääarvion (A) neljästä ilmansaasteesta (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> ja O<sub>3</sub>). Täydentävän arvion (B) ilmansaasteiden osuus on 10 % ilmansaasteiden terveyshaitoista. Pienhiuk-

kaset ovat terveyshaitoiltaan merkittävien altiste aiheuttaen 64 % ilmansaasteiden kokonaistautitaakasta.

Päivitetyn arvion mukaan ilmansaasteet aiheuttavat noin 1500 ennenaikaista kuolemantapausta vuosittain (taulukko 1). Keskimäärin elinikä lyhenee 14 vuotta ennenaikaista kuolintapausta kohden. Ilmansaasteiden tautitakka painottuu kuolleisuuteen (75 %). Suurin osa ilmansaasteiden aiheuttamista terveyshaitoista liittyy sydän- ja verisuonitauteihin sekä hengitystiesairauksiin. Yksityiskohtaisemmat tulokset on esitetty tautitakkaraportissa (Lehtomäki ym. 2015).

## Pohdinta

Uusien ilmansaasteiden lisääminen arvioon kasvatti ilmansaasteiden kokonaistautitakkaa, mutta myös aikaisemmin arvioitujen ilmansaasteiden tautitakat kasvoivat johtuen väestön ja arviointimenetelmien muutoksista. Tärkeimmät ilmansaasteiden tautitakkaa lisäävät tekijät olivat väestön ikääntyminen ja eliniänodotteen kasvu sekä menetelmällisesti merkittävä muutos ikäpainotuksen

Taulukko 1. Ilmansaasteiden tautitakka-arviot (perustuen Lehtomäki ym. 2015).

	Haittapainotetut elinvuodet (DALY)	Sairastavuus (YLD)	Menetetyt elinvuodet (YLL)	Kuolemantapaukset (kpl)
<b>A: Pääarvio</b>	25 000	4 900	20 000	1 400
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	18 000	2 600	15 000	980
<b>PM<sub>10</sub></b>	4 300	1 900	2 400	130
<b>NO<sub>2</sub></b>	2 300	400	1 900	220
<b>O<sub>3</sub></b>	530	32	500	62
<b>B: Täydentävä arvio<sup>1</sup></b>	2 900	1 600	1 300	75
<b>Kokonaistautitakka (A+B)</b>	<b>28 000</b>	<b>6 500</b>	<b>21 000</b>	<b>1 500</b>

<sup>1</sup> Täydentävän arvion ilmansaasteet: As, BaP (bento[a]pyreeni), Cd, CO, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (bentseeni), Ni, Pb, PMC (karkeat hiukkaset), SO<sub>2</sub> ja TRS (haisevat rikkiyhdisteet).

**Taulukko 2. WHO:n työryhmän suosituksiin pohjautuvan pääarvion (A) ilmansaasteiden tautitaakka-arvioissa käytetyt annosvaste-funktiot (perustuen Lehtomäki ym. 2015).**

Altiste	Terveysvaste	Ikäryhmä	Tyyppi	Riskifunktio (CI 95 %)	ID*
PM <sub>2,5</sub>	Luonnollinen kuolleisuus <sup>1</sup>	Yli 30 v	RR	1,062 (1,040–1,083)	1
PM <sub>10</sub>	Varhaiskuolleisuus	1–12 kk	RR	1,04 (1,02–1,07)	23
PM <sub>10</sub>	Lasten bronkiitti	6–12 v	RR	1,08 (0,98–1,19)	24
PM <sub>10</sub>	Aikuisten bronkiitti	Yli 18 v	RR	1,117 (1,040–1,189)	25
PM <sub>10</sub>	Astmaoireet astmaatikko lapsilla	5–19 v	RR	1,028 (1,006–1,051)	22
NO <sub>2</sub>	Luonnollinen kuolleisuus	Kaikki	RR	1,0027 (1,0016–1,0038)	64
NO <sub>2</sub>	Bronkiittioireet astmaatikko lapsilla	5–14 v	RR	1,021 (0,990–1,060)	63
NO <sub>2</sub>	Hengitystiesairaudet (sairaalaotot)	Kaikki	RR	1,0180 (1,0115–1,0245)	66
O <sub>3</sub>	Luonnollinen kuolleisuus	Kaikki	RR	1,0029 (1,0014–1,0043)	82
O <sub>3</sub>	Lievä oirepäivä (MRAD)	18–64 v	UR	0,0115 (0,004–0,020)	96

\* ID on koodi, jonka avulla löytää funktiosta lisätietoja sekä lähdeviitteen Lehtomäki ym. 2015 raportista

<sup>1</sup> Luonnollisen kuolleisuuden funktiota on sovellettu syy-spesifin kuolleisuuden laskemiseen ottaen huomioon sydän- ja verisuonisairaudet, hengitystiesairaudet ja -infektiot sekä keuhkosityövät.

**Taulukko 3. Täydentävän arvion (B) ilmansaasteiden tautitaakka-arvioissa käytetyt annosvaste-funktiot (perustuen Lehtomäki ym. 2016).**

Altiste	Terveysvaste	Ikäryhmä	Tyyppi	Riskifunktio (CI 95 %)	ID*
As	Keuhkosityöpä	Kaikki	UR	1.5E-04	44
BaP	Keuhkosityöpä	Kaikki	UR	8.7E-05 (1.0E-05–1.0E-04)	45
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Leukemia	Kaikki	UR	4.5E-06 (2.2E-06–7.8E-06)	126
Cd	Keuhkosityöpä	Kaikki	UR	0,0018 (0,001–0,0018)	40
CO	Sydämen vajaatoiminta	Kaikki	UR	5.6E-07	120
Ni	Keuhkosityöpä	Kaikki	UR	2.4E-04 (1.1E-05–2.4E-04)	43
Pb	Sydän- ja verisuonisairaudet	Yli 39 v	RR	1,2 (0,93–1,55)	55
Pb	Verenpainetauti naisilla	Kaikki	OR	1,32 (1,14–1,52)	49
Pb	Verenpainetauti miehillä	Kaikki	OR	1,04 (0,93–1,16)	50
PMc	Keuhkokuume	0-3 v	OR	1,24 (1,03–1,5)	37
SO <sub>2</sub>	Sydän- ja verisuonisairaudet	Kaikki	RR	1,008 (1,002–1,012)	109
SO <sub>2</sub>	Hengitystiesairaudet ja -infektiot	Kaikki	RR	1,010 (1,006–1,014)	111
SO <sub>2</sub>	Keuhkosityöpä	Kaikki	RR	1,148 (1,010–1,303)	112
SO <sub>2</sub>	Päänsärky (muu kuin migreeni)	20–60 v	OR	1,01 (0,98–1,002)	117
SO <sub>2</sub>	Migreeni	20–60 v	OR	1,03 (1,005–1,005)	115
SO <sub>2</sub>	Hermostuneisuus	20–60 v	OR	1,01 (0,965–1,002)	118
TRS	Päänsärky	yli 15 v	OR	1,7 (1,05–2,73)	128

\* ID on koodi, jonka avulla löytää funktiosta lisätietoja sekä lähdeviitteen Lehtomäki ym. 2015 raportista.

ja diskonttauksen lopettaminen. Tässä arvioissa käytetty WHO:n vuoden 2012 taustatautitaakka-arvio oli yli kaksinkertainen aikaisemmin käytössä olleeseen vuoden 2004 taustatautitaakka-arvioon verrattuna.

WHO:n työryhmän suosituksen mukaisia arvioita hiukkasille (PM<sub>2,5</sub> ja PM<sub>10</sub>), typpidioksidille (NO<sub>2</sub>) sekä otsonille (O<sub>3</sub>) voidaan pitää tämän hetkisen tiedon mukaisina varsin luotettavina arvioina. Kyseisillä ilmansaasteilla oli selvästi suurin rooli (90 %) ilmansaasteiden kokonaistautitaakasta. Täydentävän arvion ilmansaasteisiin liittyy enemmän epävarmuuksia. Osasta ilmansaasteista löytyi vain vähän tutkimustietoa terveysvaikutusten osalta ja näin ollen jouduttiin käyttämään myös yksittäisistä tutkimuksista löydettyjä annosvaste-suhteita. Kaikille ilmansaasteille kuitenkin haluttiin esittää arviot niiden aiheuttamista terveyshaitoista, jotta terveyshaittojen suuruusluokka hahmotuu.

Ilmansaasteiden tautitaakka-arvioihin sisältyy monia epävarmuustekijöitä. Suurimmat epävarmuudet näyttäisivät liittyvän annosvaste-funktioiden riskiestimaattien tarkkuuteen, annosvaste-funktion muotoon sekä altistumisen arviointiin (WHO, 2016b). Lehtomäki (2016) on tarkastellut ISTE-projektissa tehdyn tautitaakka-arvion epävarmuustekijöitä pienhiukkasten osalta. Edellä mainittujen epävarmuustekijöiden lisäksi yksi merkittävä epävarmuustekijä oli pienhiukkasten kuolleisuusarvioihin liittyvä luonnollinen kuolleisuus tai syy-spesifisille terveyshaitoille laskettu kuolleisuus. Epävarmuustekijöistä huolimatta tautitaakka-arvioiden tekeminen on tärkeää riskin suuruusluokan hahmottamiseksi.

## Yhteenveto

Suomessa säänneltyjen ilmansaasteiden pitoisuudet ovat kansainvälisesti arvioituina

alhaiset. Pääosin raja- ja ohjearvot alittuvat useimmiten selvästi. Siitä huolimatta ilmansaasteet aiheuttavat noin 1500 ennen aikaista kuolemantapausta vuosittain, joissa eliniän lyhentymä on keskimäärin 14 vuotta. Ilmansaasteiden aiheuttama vuotuinen tautitaakka on noin 28 000 DALY. Hiukkaset aiheuttavat tautitaakasta selvästi suurimman osan (64 %), ollen merkittävin ympäristöriskitekijä suomalaisten terveydelle.

## Kiitokset

*Tämän työn ovat rahoittaneet Ympäristöministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriö, the Nordic Programme on Health and Welfare alainen NordForsk (Nordic WelfAir), Suomen akatemian projekti BATMAN sekä THL:n yhteinen sisäinen rahoitus.*

## Kirjallisuus

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., Korhonen A., Lehtomäki H., Asikainen A., & Rumrich I. (2016). Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4604-6>

Korhonen A, Asikainen A, Rumrich I & Hänninen O. (2015). Ilmansaasteiden altistustasot Suomessa. ISTE-raportti, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201601122445>

Lehtomäki H, Asikainen A, Rumrich I & Hänninen O. (2015). Ilmansaasteiden tautitaakka Suomessa. ISTE-raportti. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201601122444>

Lehtomäki H. (2016) Quantification of the individual sources of uncertainty in the disease burden estimates of fine particles in Finland. Pro gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. (käsikirjoitus)

Royal College of Physicians. Every breath we take: the lifelong impact of air pollution. Report of a working party. London: RCP, 2016. <https://www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/every-breath-we->

[take-lifelong-impact-air-pollution](#) (katsottu 17.11.2016)

WHO 2016a. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. WHO regional <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/250141/1/9789241511353-eng.pdf?ua=1> (katsottu 9.11.2016)

WHO 2016b. Health risk assessment of air pollution - general principles. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. x + 30 pages. ISBN 978 92 890 51316. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2016/health-risk-assessment-of-air-pollution.-general-principles-2016>. (katsottu 14.11.2016). ■