

Ilmansaasteiden tautitaakka Suomessa

Ilmansaasteiden terveysvaikutukset (ISTE)

Heli Lehtomäki, Arja Asikainen, Isabell Rumrich, Otto Hänninen

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL)

PL 30 (Katuosoite 00)
00271 Helsinki
Telephone: 029 524 6000

www.thl.fi

Heli Lehtomäki, Arja Asikainen, Isabell Rumrich, Otto Hänninen

Ilmansaasteiden tautitaakka Suomessa



TERVEYDEN JA
HYVINVOINNIN LAITOS

© Kirjoittajat ja THL

Kuopio 2016-01-07

Sisällys

Lukijalle

Tiivistelmä

1	Johdanto.....	5
2	Tautitaakka ja laskentamenetelmät.....	5
	2.1. Suomen kokonaistautitaakka.....	6
	2.2. Ilmansaasteiden väestösyösuuden arviointi.....	8
3	Ilmansaasteiden annos-vasteet.....	11
	3.1. Kansainväliset aiemmat arvioinnit.....	11
	3.2. Maailman terveysjärjestön suositukset.....	12
	3.3. Kirjallisuuskatsaus.....	12
	3.4. Suositusten yhdistäminen ja terveysvasteiden valinta.....	13
	3.5. Altistekohtainen terveysvasteiden valinta ja tautitaakka.....	15
	3.5.1. Hiukkasmaiset altisteet.....	15
	3.5.2. Pienhiukkaset (PM _{2,5}).....	16
	3.5.1. Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀) ja karkeat hiukkaset.....	18
	3.5.2. Hiukkasten sisältämät raskasmetallit ja PAH.....	21
	3.5.3. Hiukkasmaisten altisteiden yhdistäminen.....	24
	3.5.4. Kaasumaiset yhdisteet.....	25
	3.5.5. Otsoni (O ₃).....	26
	3.5.6. Typen oksidit (NO ₂ , NO, NO _x).....	27
	3.5.7. Muut kaasumaiset ilmansaasteet.....	29
4	Ilmansaasteiden aiheuttama tautitaakka.....	31
	4.1. Ilmansaasteiden kokonaistautitaakka.....	31
	4.2. Pääarvion ja täydennysten vertailu.....	33
	4.3. Hiukkasfraktiot ja niistä analysoidut komponentit.....	33
	4.4. Kaasumaiset yhdisteet.....	35
	4.5. Tautitaakka sairauksittain, kuolleisuus ja menetetyt elinvuodet.....	37
	4.6. Miesten ja naisten väliset erot.....	39
	4.7. Ilmansaasteiden osuus suomalaisten kokonaistautitaakasta.....	40
5	Epävarmuus- ja herkkyystarkastelut.....	41
	5.1. Vertailu EEA:n uusimpaan arvioon.....	41
	5.2. WHO:n suosituksen mukaiset ja lisäkomponentit.....	42
6	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	43
	Kirjallisuusviitteet.....	44

LIITTEET

LIITE 1: Luettelo kirjallisuuskatsauksessa identifioituista annosvastesuhteista

LIITE 2 Lisäkuvat

1 Johdanto

Suomessa ilmansaasteiden pitoisuudet ovat Euroopan tasolla verrattain alhaiset. Kuitenkin aikaisempien tutkimusten pohjalta tiedetään, että ilmansaasteet aiheuttavat Suomessakin sairastavuutta ja ennenaikaisia kuolemia. Aikaisemmissa arvioissa on arvioitu ulkoilman ilmansaasteista vain pienhiukkasten ja otsonin terveysvaikutuksia (mm. Pekkanen 2010, Hänninen ym. 2010, Hänninen & Knol, 2011, Asikainen ym. 2013). Onkin herännyt kiinnostus tarkentaa kokonaiskuvaa ilmansaasteiden terveysvaikutusten suuruudesta.

Ilmansaasteiden terveysvaikutukset (ISTE) –hankkeessa ilmansaasteiden terveysvaikutuksia kuvataan tautitaakkana, joka laskettiin viidelletoista ilmansaasteelle keskittyen säädeltyihin ulkoilman epäpuhtauksiin. Ilmansaasteisiin liittyvät terveysvasteet painottuvat sydän- ja verenkiertoelimistön ja hengityselimistön sairauksiin. Kaiken kaikkiaan laskennassa oli mukana yli 40 erilaista terveysvastetta tai tautiryhmää. Tässä työssä kuvataan ilmansaasteiden tautitaakan laskenta sekä esitetään tautitaakka-arviot.

Työn rahoittavat yhteistyössä Ympäristöministeriö (YM) sekä Sosiaali- ja terveysministeriö (STM). Työ toteutetaan Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksella (THL) ja sen pohjalta tehtävät opinnäytetyöt Itä-Suomen yliopistossa (UEF).

2 Tautitaakka ja laskentamenetelmät

Tautitaakka (burden of disease, BoD) on mittari, jolla voidaan kuvata väestön terveyden menetyksiä. Tautitaakka yhdistää sairauden takia menetetyt haittapainotetut elinvuodet (years lived with disability, YLD) ja ennenaikaisen kuoleman takia menetetyt elinvuodet (years of life lost due to premature mortality, YLL). Tautitaakkaa mitataan haittapainotettuina elinvuosina (disability adjusted life-years, DALY) (esim. Hänninen & Knol, 2011). Tautitaakka lasketaan siis:

$$\text{BoD} = \text{YLL} + \text{YLD} \quad (1)$$

Aiemmissa ympäristötautitaakka-arvioissa on käytetty pääasiassa WHO:n Global Burden of Disease ohjelman aineistoja, joiden kohdevuotena oli 2004 (WHO, 2009). Tässä työssä yksi keskeinen tavoite oli päivittää aineistot 2010-luvulle. Vaihtoehtoina olivat kaksi viimeisintä tautitaakka-aineistoa: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME) tekemä GBD 2010 -aineisto ja WHO:n Global Health Estimates (GHE) 2012 -aineisto. Molemmissa aineistoissa otettiin käyttöön merkittäviä muutoksia aiempiin arvioihin verrattuna. ISTE-hankkeessa valittiin käyttöön WHO:n aineisto, sillä aikaisemmin tehdyt arviot Suomen tautitaakasta perustuvat myös WHO:n aineistoihin.

Maailman terveysjärjestön GHE 2012 aineisto kuvaa 172 maan väestön terveydentilaa esittämällä kunkin maan väestön tautitaakan aikavälillä 2000–2011. Kyseinen aineisto on päivitys WHO:n aikaisemmalle tautitaakka-aineistolle (GBD 2004, WHO 2009). Suurimpia muutoksia GHE 2012 -aineistossa on se, että laskennassa on siirrytty ilmaantuvuusperusteisesta tautitaakka-arviosta esiintyvyyssuhteiseen arviointiin. Tautitaakan laskentaa on samalla myös yksinkertaistettu ja tasa-arvoistettu jättämällä pois ikäpainotus ja ajan diskonttaus.

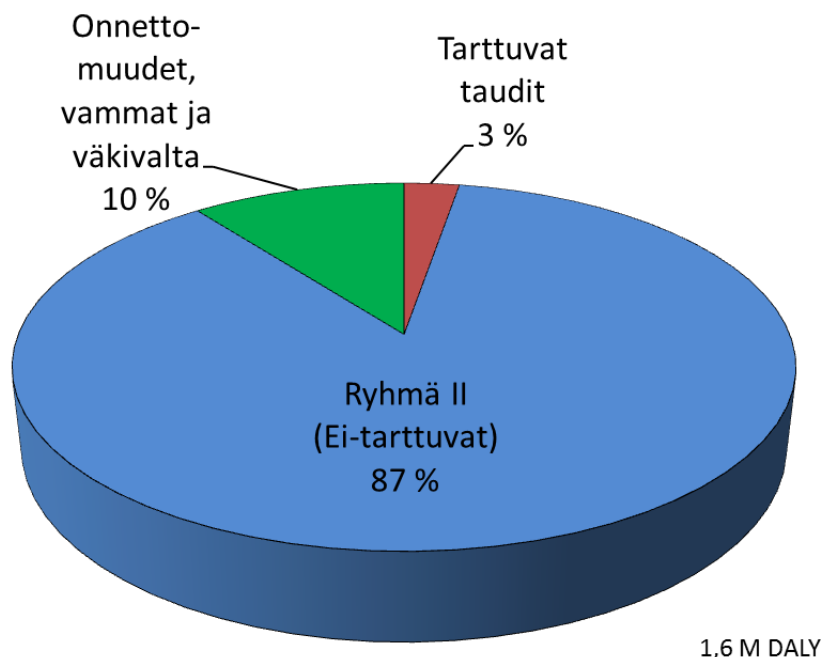
Aikaisemmissa WHO:n tautitaakka-arvioissa käytettiin ikäpainotusta, joka antoi vähemmän painoarvoa lasten ja vanhusten menetetyille terveille elinvuosille. Perusteita ikäpainotuksen oikeudenmukaisuudelle väestön terveyden menetyksiä laskettaessa on kritisoitu. Alkuperäisessä WHO:n GBD 1990 tutkimuksessa käytettiin 3 % diskonttausta tulevaisuuteen. Diskonttaus herätti keskustelua mm. siitä, voidaanko tulevaisuudessa menetettyjä terveitä elinvuosia pitää vähemmän arvokkaina kuin nykyisiä. Diskonttausta arvosteltiin myös sen epäjohtamukaisuuden vuoksi, sillä menetetyt terveet elinvuodet diskontattiin sairauden ilmaantuvuudesta, kun taas ennenaikaisen kuoleman vuoksi menetetyt elinvuodet diskontattiin kuolinvuodesta, eikä ilmaantuvuudesta. Samoin kuin IHME GBD 2010 -aineistossa, myös GHE 2012 -aineistosta ikäpainotus ja diskonttaus on jätetty tekemättä. (WHO, 2013.)

2.1. Suomen kokonaistautitaakka

Suomessa kokonaistautitaakka eli tautitaakka, jossa on mukana kaikki sairastavuus ja kuolleisuus, oli WHO:n arvion mukaan 1,6 miljoonaa haippainotettua elinvuotta (DALY) vuonna 2012. Kokonaistautitaakasta menetettyjä terveitä elinvuosia (YLD) oli 651 k DALY ja ennenaikaisen kuoleman vuoksi menetettyjä elinvuosia (YLL) 934 k DALY (GHE 2012). Vertailun vuoksi voidaan todeta, että IHME GBD 2010 arvio kokonaistautitaakasta oli 1,48 MDALY, siis hiukan WHO arviota pienempi. GHE 2012 -aineistossa tautitaakka on jaettu maiden lisäksi ikäryhmiin sekä erinäisiin terveyttä vähentäviin tekijöihin. Terveyttä vähentävät tekijät ovat jaoteltuina kolmeen eri pääryhmään ja hierarkkisiin alakategorioihin ryhmien sisällä. Terveyttä vähentävien tekijöiden pääryhmät ovat:

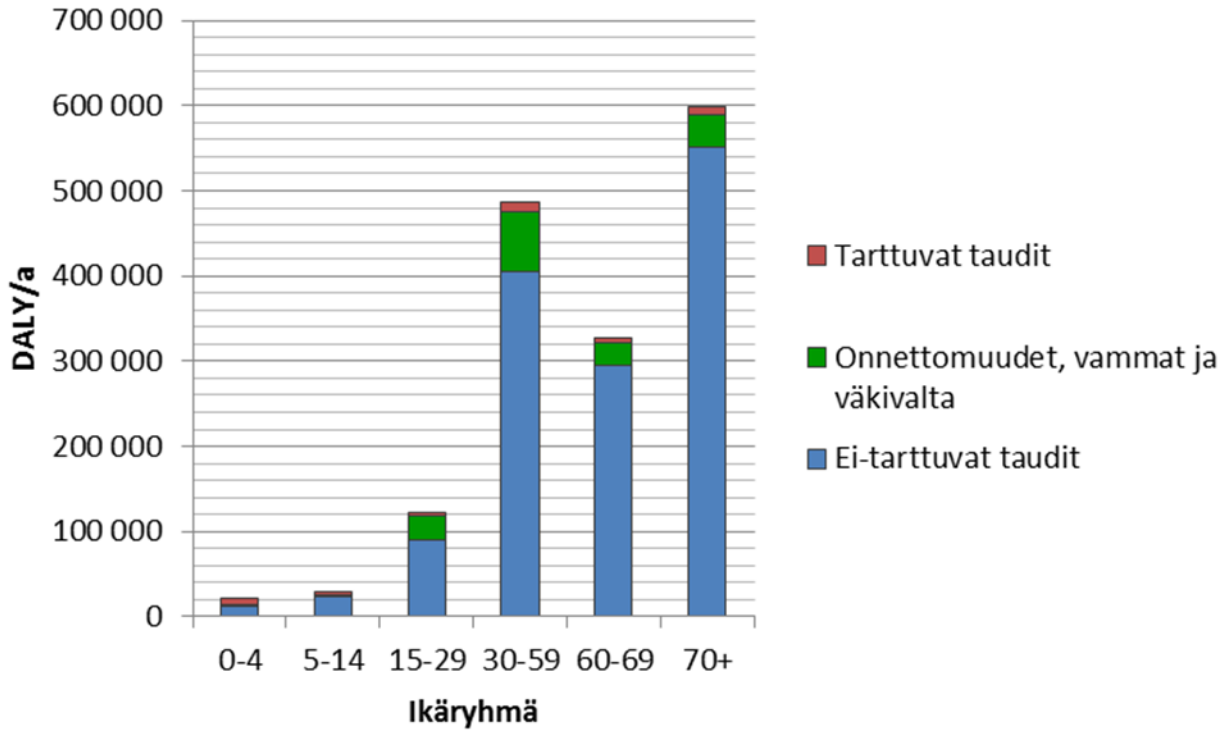
I	Tarttuvat taudit sekä äitiin liittyvät, perinataaliset ja ravitsemukselliset tilat
II	Ei-tarttuvat taudit
III	Vammat

Suomen kokonaistautitaakka on jakaantunut edellä mainittujen kolmen pääryhmän välillä siten, että Suomessa ryhmä II (ei-tarttuvat taudit) aiheuttaa suurimman osan (87 %) tautitaakasta, kun taas ryhmä I (tarttuvat taudit sekä äitiin liittyvät, perinataaliset ja ravitsemukselliset tilat) ja ryhmä III (vammat) tuovat tautitaakkaan paljon pienemmän lisän (3 % ja 10 %). Tautitaakan jakaantuminen pääryhmien kesken on esitetty alla.

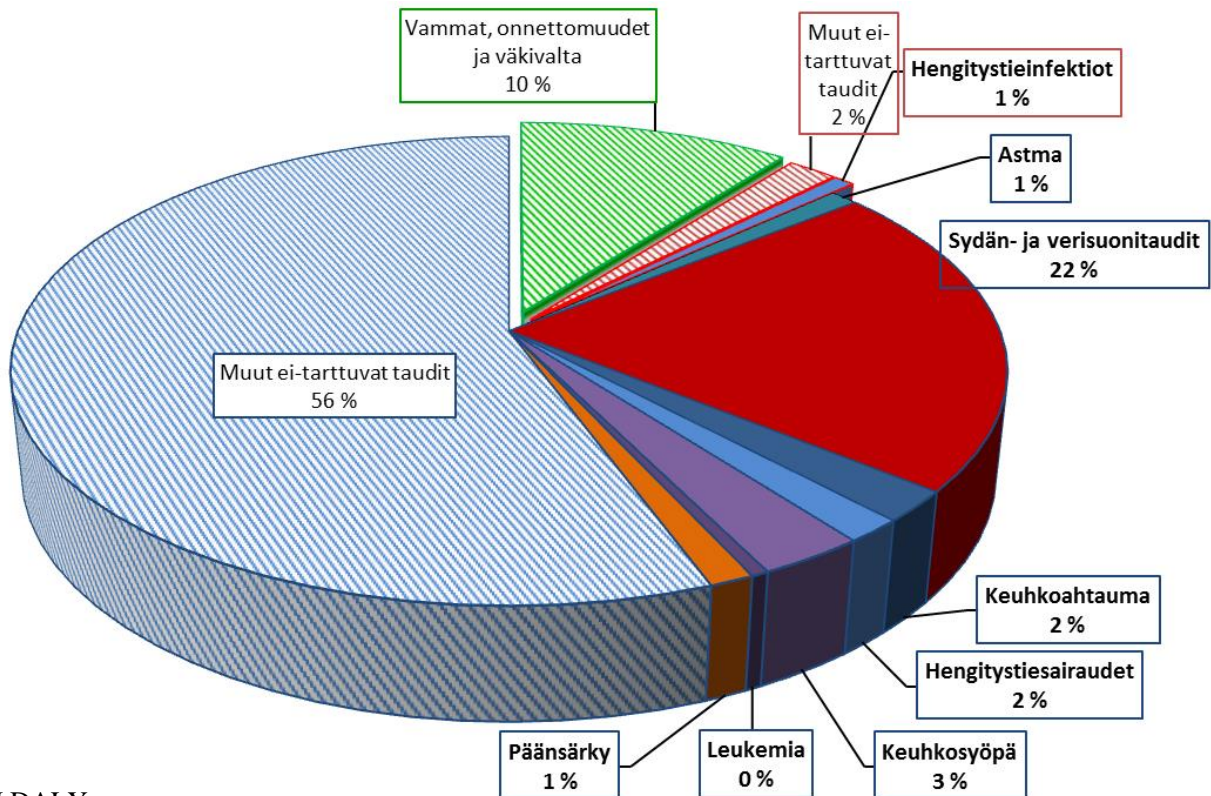


Kuva 1. Suomen kokonaistautitaakan jakautuminen eri pääryhmien välillä vuonna 2012 (WHO 2015).

Ei-tarttuvien tautien tautitaakka painottuu selvästi iäkkäämmille ikäryhmille (Kuva 2). Ilmansaasteiden tautitaakkaan liitetyt terveystilastot kuuluvat pääasiassa ei-tarttuvien tautien ryhmään ja ne aiheuttavat huomattavan osan Suomen kokonaistautitaakasta (Kuva 3).



Kuva 2. Suomen kokonaistautitaakan jakautuminen ikäryhmiin vuonna 2012 (WHO 2015).



1.6 M DALY
Kuva 3: Ilmansaasteisiin liitettyjen terveystieteiden osuus ei-tarttuvista taudeista.

2.2. Ilmansaasteiden väestösyösuuden arviointi

Riskitekijöihin, kuten tässä ilmansaasteisiin, liittyvän tautitaakan arviointiin valittiin samat neljä perusmenetelmää, joita aiemmassa Environmental Burden of Disease in European countries (EBoDE) -projektissa käytettiin (Hänninen ja Knol 2011, Hänninen ym. 2014). Ensisijaisesti pyrittiin käyttämään epidemiologisiin suhteellisen riskin (RR) arvioihin perustuvia menetelmiä 1A ja 1B. Useimmiten arviot voitiin tehdä käyttäen suoraviivaisesti suhteellista riskiä ja sen avulla arvioitua väestösyösuutta (population attributable fraction, PAF), jota kutsutaan tässä menetelmäksi A. Joissakin poikkeustapauksissa jouduttiin väestösyösuuden sijasta käyttämään arvioitua tapausmäärää ja erikseen kyseiselle sairaudelle määritettyjä haittapainokertoimia (menetelmä B).

Joissakin tapauksissa epidemiologiset lähtötiedot eivät olleet riittäviä ja jouduttiin käyttämään vastaavia yksikköriskimenetelmiä 2A ja 2B. Ensin mainitussa 2A –menetelmässä tautitaakkalaskenta tehtiin tilastokeskuksen tai muun lähteen raportoiman taustailmaantuvuuden ja väestösyösuuden avulla. Jos tämä ei ollut mahdollista, laskenta tehtiin 2B-menetelmällä käyttäen terveyshaitan kestoja ja haittapainokerrointa. Luvussa 3 listattujen annosvastefunktioiden yhteydessä viitataan näihin neljään perusmenetelmään, jotka kuvataan alla lyhyesti.

Väestösyösuus kuvaa osuutta väestön sairastavuudesta, joka voidaan liittää tiettyyn altisteeseen. (Pekkanen ym. 2010.) Väestösyösuuden laskennassa otetaan huomioon väestön altistuminen kyseessä olevalle altisteelle sekä riskisuhde (RR) eli altisteen vaikutus tautiriskiä (kaava 3). Yksikköriskitapauksessa, menetelmässä 2A, väestösyösuus arvioidaan käyttäen terveyshaitan taustailmaantuvuuden sekä terveyshaitan aiheuttamien ylimääräisten tapauksien suhdetta (kaava 7). Väestösyösuudella voidaan siis arvioida niiden sairaustapausten määriä, jotka voitaisiin välttää, mikäli altistusta ei olisi. Tästä syystä väestösyösuudella on tärkeitä sovellutuksia päätöksenteossa. (Steenland ja Armstrong 2006)

Suhteellinen riski (RR) on yleinen kohorttitutkimuksissa laskettu muuttuja, kun taas tapaus-verrokkitutkimuksissa tulos lasketaan usein vetosuhteena (OR) (Bickel ym. 2005). Vetosuhdetta voidaan käyttää estimaattina suhteelliselle riskille, silloin kun terveyshaitan taustaesiintyvyys on pieni. Tautitaakan laskennassa OR-funktiolle käytettiin samoja laskentamenetelmiä (menetelmät 1A ja 1B) kuin RR-funktiolle.

Laskennassa tarvittavat altistustasot ilmansaastekomponenteille arvioitiin ja raportoitiin erikseen (Korhonen ym. 2015).

Väestösyösuuden avulla voidaan arvioida suoraan tiettyyn kausaaliseen riskitekijään assosioituva osuus tautitaakasta yksinkertaisesti käyttäen kaavaa (kaavojen yhteydessä mainitaan laskentamenetelmät, joissa niitä on käytetty):

$$EBoD = PAF \times BoD \quad (2) \text{ 1A ja 2A}$$

jossa EBoD ja BoD voivat kuvata menetettyjä elinvuosia (YLL), sairastavuutta (YLD), tautitaakkaa (DALY) tai kuolemantapausten lukumäärää. Väestösyösuuden laskentaan käytettiin ensisijaisesti kaavaa (menetelmä 1A):

$$PAF = \frac{f \times (RR_E - 1)}{f \times (RR_E - 1) + 1} \quad (3) \text{ 1A}$$

jossa f on altistuvien osuus väestössä ja RR_E on suhteellinen riski vallitsevalla altistustasolla. Suhteellinen riski on laskettu yhtä altistumisyksikköä, yleensä $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kohden käyttäen kaavaa kolme. Suhteellinen riski on tämän jälkeen laskettu väestössä vallitsevalle altistumistasolle käyttäen kaavaa neljä.

$$RR_E = e^{(E \ln RR^\circ)} = RR^{\circ E} \quad (4) \text{ 1A}$$

joissa RR° on altistumisyksikköä kohden normitettu suhteellinen riski ja E on väestön altistustaso. Väestösyösuuden avulla laskettiin varsinainen altisteen aiheuttama tautitaakka (environmental burden of disease, EBoD) hyödyntäen WHO:n tautitaakka-aineistoa. WHO tarjoaa tautitaakan laskuun kokonaistautitaakkatiedot (burden of disease, BoD) haittapainotetuista vuosista (DALY), menetetyistä elinvuosista (YLL), sairastavuudesta

(YLD) sekä kuolleiden lukumääristä useilleterveyttä alentaville tekijöille. Näiden tietojen avulla voitiin laskea altisteen aiheuttama tautitaakka käyttäen kaavaa kaksi.

Koska WHO:n tautitaakka-aineisto ei kata kaikkia ilmansaasteista aiheutuvia terveyttä alentavia tekijöitä, kaikille tekijöille ei voitu käyttää kaavaakaksi. Tällöin ilmansaasteelle laskettiin ylimääräisten tautitapausten (attributable incidence, *AI*) määrä tekijän taustailmaantuvuutta (background incidence, *I*) käyttäen kaavalla viisi.

$$AI = E \times UR \times P \quad (5) \text{ 2A ja 2B}$$

jossa *E* on altistustaso, *UR* on yksikköriski ja *P* on altistunut väestö. Tekijän aiheuttaman tautitaakan laskuun etsittiin tiedot altisteen aiheuttaman terveyttä vähentävän tekijän kestoista vuosina (*L*) ja haittapainokertoimesta (disability weight, *DW*). Altisteen aiheuttama tautitaakka laskettiin sitten

$$EBoD = AI \times DW \times L \quad (6) \text{ 1B ja 2B}$$

Joissakin yksikköriskitapauksissa voitiin altisteen aiheuttaman tapausmäärän ja taustailmaantuvuuden avulla arvioida väestösyösyys (kaava 7) ja edelleen sen ja WHO:n GHE aineiston avulla tautitaakan komponentit (kaava 2)

$$PAF = \frac{AI}{I} \quad (7) \text{ 2A}$$

Kaikki annos-vaste funktioit muutettiin $1 \mu\text{g m}^{-3}$ kohti käyttäen juurifunktiota. Volumetriset pitoisuudet muutettiin massapitoisuuksiksi käyttämällä ideaalikaasun tilanyhtälöön perustuvia muuntokertoimia (Taulukko 1).







Taulukko 1. Kaasujen tilavuuspitoisuuksien (ppb, ppm) muuntokertoimet.

Kaasu	Moolimassan ja -tilavuuden suhde (M/V_M) [$\mu\text{g/ppb}$]
CO	1,25
NO	1,34
NO ₂	2,05
SO ₂	2,86
O ₃	2,14






Tulosten havainnollistamiseksi ryhmittelimme ilmansaastekomponentit sekä terveysvasteet. Ilmansaastekomponentit ryhmiteltiin seitsemään eri luokkaan (Taulukko 2) ja terveysvasteet viiteen eri luokkaan (Taulukko 3).

Kuvissa ilmansaaste- ja tautiryhmille käytettiin taulukoissa 2-3 esitettyjä värejä. Esim. sydän ja verisuonisairaudet esitetään tummanpunaisina ja hengityselinsairaudet sinisinä.

Taulukko 2. Ilmansaasteiden ryhmittely hiukkasmaisiin ja kaasumaisiin komponentteihin.

Ilmansaasteryhmä	Komponentit
Hiukkaset	
	1 Hiukkasmassa (PM) PM2.5; PM10; PMc
	2 Metallit As; Cd; Ni; Pb
	3 PAH-yhdisteet BaP
Kaasut	
	4 Typen oksidit NO; NO2; NOx; NO2max1ha
	5 Otsoni O3; SOMO35; SOMO10
	6 Muut kaasut SO2; CO; TRS; C6H6

Taulukko 3. Tarkasteltujen sairauksien ja kuolinsyiden ryhmittely.

Tautiryhmä	Komponentit
	1 Kuolleisuus Kokonaiskuolleisuus, luonnollinen kuolleisuus, varhaiskuolleisuus
	2 Sydän ja verisuonisairaudet Iskeeminen sydäntauti, verenpainetauti
	3 Hengityselinsairaudet Hengityselintulehdukset, keuhkohtaumatauti, astma
	4 Syövät Leukemia, keuhkosyöpä
	5 Muut sairaudet

3 Ilmansaasteiden annos-vasteet

Ilmansaasteille altistuminen on yhdistetty sadoissa epidemiologisissa ja toksikologisissa tutkimuksissa erilaisiin terveysvasteisiin, kuten sydän- ja verisuonitauteihin, keuhkoahaumaan, tiettyihin syöpiin sekä kuolleisuuteen. Jotta ilmansaaste-altistusarvioita voidaan käyttää tautitaakan arviointiin, tarvitaan sairauksien tunnistamisen lisäksi kvantitatiiviset annosvastefunktiot laskentaa varten.

Tautitaakan arviointia varten kartoitettiin aluksi tärkeimmät aiemmat kotimaiset ja kansainväliset arviot, joissa vastaavia laskentoja on tehty. Näitä käytössä olleita, ellei peräti osin vakiintuneitakin menetelmiä lisäksi täydennettiin kirjallisuuskatsauksella, jonka ensisijainen tavoite oli tunnistaa laajoja kansainvälisiä vertaisarvioituja, systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen ja meta-analyysiin pohjautuvia yhteenvedoja ilmansaasteiden annosvasteista. Erityisesti Maailman terveysjärjestön WHO:n vuosina 2011–2013 kokoamien REVIHAAP (WHO 2013b) ja HRAPIE (WHO 2013c).

3.1. Kansainväliset aiemmat arvioinnit

CAFE. Ensimmäinen laajaa julkisuutta saanut eurooppalainen ilmansaasteiden terveysvaikutusarvio toteutettiin osana Clean Air For Europe (CAFE) –ohjelmaa. Hankkeessa yhteistyössä WHO:n kanssa valittiin tarkasteltavat ilmansaasteet (PM_{2.5} ja O₃) ja niiden vaikutusten arviointiin soveltuvat menetelmät (Hurley ym. 2005). Tuolloin arvioitiin ilmansaasteiden aiheuttavan n. 350.000 kuolemantapausta vuosittain Euroopassa. CAFE oli poliittinen runko vuosille 2001–2005 pitkäaikaisen strategian ja yhtenäisen linjan kehittämiseksi suojaamaan ihmisen terveyttä ja ympäristöä ilmansaasteiden vaikutuksilta.

Vuodesta 2005 lähtien EU EEA on arvioinut pienhiukkasten ja otsonin terveysvaikutuksia EU:ssa ja maittain käyttäen alun perin CAFE-hankkeessa kehitettyjä menetelmiä (EEA 2015).

EVA. Economic Valuation of Air Pollution (EVA) on Aarhusin yliopiston Tanskassa kehittämä malli, joka ilmanlaatumallien avulla estimoii useiden ilmansaasteiden terveysvaikutuksia ja muuntaa ne myös rahalliseen muotoon. (Brandt et al. 2013)

EBoDE. Ensimmäinen ympäristötautitaakkamenetelmiä käyttänyt arviointi toteutettiin THL:n koordinoimassa Environmental Burden of Disease in European countries (EBoDE)-hankkeessa, jossa oli mukana kuusi eurooppalaista maata: Saksa, Ranska, Italia, Belgia, Hollanti ja Suomi (Hänninen & Knol, 2011, Hänninen ym. 2014). Tässä käsillä olevassa työssä käytetyt menetelmät pohjautuvat pääasiassa EBoDEssa tehtyyn menetelmäkehitykseen ja EBoDE-raportti (Hänninen & Knol 2011) on yksi parhaista menetelmäkuvauksista aiheeseen liittyen (myös WHO Environmental Burden of Disease –ohjelman julkaisusarja on varteenotettava tietolähde menetelmiä koskien).

IHME GBD 2010, 2013. Institute of Health Metrics and Evaluation on Seattlen yliopiston yhteydessä toimiva Melinda ja Bill Gatesin rahoittama tutkimusinstituutti, joka julkaisi joulukuussa 2012 ensimmäiset maailmanlaajuiset arvionsa väestön terveydestä maittain vuosille 1990–2010 ja analysoi yhteensä 67 riskitekijän aiheuttamaa osuutta maiden tautitaakasta (Lim ym. 2012, IHME 2015). Tämä työ on osittain toistanut, mutta samalla myös uudistanut merkittävästi Maailman terveysjärjestön vuodesta 1990 toiminutta Global Burden of Disease -ohjelmaa. Mm. on luovuttu taloudelliseen arviointiin liittyvästä terveyden diskonttauksesta sekä korvattu aiemmat ilmaantuvuusperusteiset menetelmät esiintyvyyyslaskelmilla, joka yksinkertaistaa ja suoraviivaistaa arviointeja mutta samalla potentiaalisesti heikentää riskitekijäanalyysiä hämärtämällä altistuksen ja vaikutuksen ajallista yhteyttä.

IHME äskettäin päivitti arvionsa GBD 2013 versioon ja samalla heidän erittäin monipuolista Internet-pohjaista työkaluvalikoimaansa uudistettiin.

Ilmansaasteista analyysissä ovat mukana pienhiukkaset, otsoni ja biopoltoaineiden sisäsavut, joilla on erittäin suuri merkitys kehitysmaissa. Pienhiukkasten osalta altistukset arvioitiin maailmanlaajuisesti käyttäen ilmanlaatumallien ja satelliittihavaintojen yhdistelmää. Edellinen kärsii suuressa mittakaavassa lähtötietojen epätarkkuudesta, jälkimmäistä on rajusti kritisoitu mm. maanpintapitoisuuksien arviointivaikeuksista tilanteessa, jossa satelliitin havaitsema optinen tiheys riippuu koko ilmakehän tilasta eikä vain troposfäärin alimmasta osasta, jossa väestön altistuminen tapahtuu.

Pienhiukkasten kolme merkittävintä terveysvastetta olivat iskeeminen sydäntauti, alahengitystieinfektiot sekä aivohalvaus. Pienhiukkasten osalta globaaleja arvioita varten on kehitetty integroitu annosvastefunktio (IER), jossa korkein pitoisuuksien annosvastetta arvioidaan tupakointitutkimusten avulla. Arvioinnissa on käytetty myös teoreettista minimialtistusta, jolle annettu arvo on suomalaisittain sopimaton, sillä Suomessa jo puolet väestöstä asuu alueilla, missä tuo teoreettinen alaraja on jo alitettu. Suomalaisen arvioiden jatkoanalyysissä on erittäin kiinnostavaa verrata IER ja tässä käytetyn log-normaalin annosvasteen eroja.

3.2. Maailman terveysjärjestön suositukset

Laskelmissa tuotetun pääarvion pohjaksi valittiin Maailman terveysjärjestön uusimmat kansainvälisen työryhmän yhteistyössä kehittämät suositukset (HRAPIE-raportti, WHO 2013c, Heroux ym. 2015).

HRAPIE. WHO Regional Office for Europe toteutti kaksi rinnakkaista hanketta ilmansaasteiden terveysvasteiden ja annosvasteiden päivittämiseksi. Molemmat hankkeet raportoitiin alun perin vuonna 2013 (WHO 2013bc), mutta vertaisarvioitu versio suosituksista julkaistiin vasta kesällä 2015 (Heroux ym. 2015). Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution - REVIHAAP ja Health Risks of Air Pollution In Europe - HRAPIE. Hankkeissa koottiin WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005 työn jälkeen kertynyt uusi tieteellinen evidenssi ja tarkasteltiin mm. tarvetta ilmanlaadun terveysperusteisten ohjeiden päivittämiseen. Samalla pyrittiin antamaan tieteeseen pohjautuvia neuvoja ilmansaasteiden terveys-näkökohtiin. Työryhmässä työskenteli 29 asiantuntijaa. Työryhmä vastasi yhteistyössä Euroopan komission esittämiin 26 kysymykseen. Raportissa esitettiin annos-vaste funktiosuosituksia keskeisille ilmansaasteille kustannus-hyötyanalyysia varten (Heroux ym. 2015).

3.3. Kirjallisuuskatsaus

Keskeinen tietolähde aiempien arviointien ja WHO-suositusten lisäksi olivat muut kansainvälisten työryhmien suositukset ja meta-analyysit, jotka pyrkivät rakentamaan synteisiä yksittäisten tutkimusten yli. Erityisesti eurooppalaisesta näkökulmasta mainitsemisen arvoisia ovat parin vuoden takainen systemaattinen katsaus (Hoek et al. 2013) ja pääosin sen jälkeen toteutettu pitkäaikaisaltistusta käyttänyt kohorttitutkimus ESCAPE, johon Suomesta osallistui pääkaupunkiseudulla sijaitseva FINRISKI-kohortti.

Annosvastefunktioita verrattaessa käytämme 3-portaista luokitusta estimaattien evidenssipohjan kuvaamiseksi:

- kansainvälisen yhteistyöryhmän suositus
- meta-analyysi/kirjallisuuskatsaus/kansainvälinen vertaisarvioitu tutkimus
- yksittäinen tutkimus

Kirjallisuuskatsaus toteutettiin käyttäen kolmea hakukonetta: Google Scholar, Wageningen UR Library ja Web of Science. Tutkimuksia haettiin pääosin englanniksi yhdistelemällä erilaisia hakusanoja. Hakusanoina käytettiin muun muassa altisteen nimeä tai kemiallista kaavaa yhdistettynä health effect, epidemiology, relative risk, disease burden, ambient tai inhalation termeihin. Tutkimuksista mukaan valittiin mahdollisimman uutta tutkimustietoa sisältävät tutkimukset, joissa oli ilmoitettu annos-vaste funktio jollekin mukana olleelle altisteelle. Mukaan pyrittiin ottamaan annos-vaste funktioita, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä, mutta muutamassa poikkeus-tapauksessa otettiin mukaan myös annos-vastefunktioita, jotka eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Kirjaukskatsauksessa hyödynnettiin erityisesti jo aikaisemmin tehtyä laajoja kansainvälisiä raportteja. Osassa altisteista jouduttiin kuitenkin tukeutumaan yksittäisten tutkimusten tuloksiin.

Kirjallisuuskatsauksessa löydettiin kymmenittäin annosvastefunktiota, jotka listataan liitteessä 1. Laskentaan mukaan otettujen terveystasteiden ja annosvastesuhteiden valintaa on kuvattu tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

3.4. Suositusten yhdistäminen ja terveystasteiden valinta

Ensisijaisesti pyrimme käyttämään tuoreimpia suosituksia Euroopassa käytettäviksi annosvasteiksi. WHO:n REVIHAAP/HRAPIE –työryhmien suositusten pohjalta tänä vuonna julkaistu artikkeli (Heroux ym. 2015) muodosti siten keskeisen välineen annosvasteiden valitsemiseksi. Tässä työssä selkeästi otettiin kantaa siihen, mitkä annosvasteet ovat rinnakkaisia tai vaihtoehtoisia ja mitkä toisiinsa nähden additiivisia kokonaisvaikutuksen laskemiseksi.

Terveystasteiden päällekkäisyyttä aiheutuu esimerkiksi siitä, että terveystasteena oli sydän- ja verisuoni taudit sekä sydän- ja verisuonitautien ryhmään kuuluva sairaus kuten aivohalvaus. Osa terveystasteista sisälsi useampia terveystasteita esimerkiksi oirepäivä, johon voidaan lukea kuuluvan erilaisia oireita kuten päänsärky ja yskä. Ottamalla mukaan terveystasteen, sekä lisäksi kyseisen terveystasteen jo sisältämiä terveystasteita, laskettaisiin tautitaakka kyseisille terveystasteille mukaan useampaan kertaan. Tästä syystä mahdollinen terveystasteiden päällekkäisyys pyrittiin terveystasteiden valinnassa, jotta laskennassa välttyään päällekkäin laskennalta.

Heroux et al. 2015 suositukset kattavat tärkeimmät ilmansaasteet, PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂ ja O₃. Muiden ilmansaasteiden osalta jouduimme turvautumaan muihin lähteisiin. Tällöin toissijaisesti pyrimme käyttämään aiemmissa arvioissa käytettyjä ja esitettuja annosvasteita. Useiden uusien ilmansaasteiden osalta kuitenkin jouduimme turvautumaan kirjallisuuskatsauksessa löydettyihin arvoihin joiden yhteensopivuus ja luotettavuus on toistaiseksi heikosti arvioitu ja siten tuloksia voidaan pitää lähinnä alustavina arvioina, jotka kuvaavat mahdollisten vaikutusten suuruusluokkaa.

Kullekin altisteelle laskettiin erikseen niiden aiheuttamat tautitaakat ottamalla mukaan additiivisiksi arvioitujen terveystasteiden tautitaakat. Saman tautiryhmän sisällä olevien terveystasteiden päällekkäisyys otettiin huomioon siten, että jos tautiryhmän yläluokka esim. hengitystiesairaudet olivat mukana arvioissa, laskentaan ei otettu huomioon terveystasteita, jotka kuuluvat kyseisen yläluokan alle, kuten esimerkiksi astma ja keuhkoahauma. Jos taas hengitystiesairaus-yläluokka ei ollut laskennassa mukana, voitiin yksittäiset hengitystiesairaudet ottaa mukaan laskentaan.

HRAPIE-projektissa (Heroux ym. 2015) terveystasteiden additiivisuutta oli käsitelty ryhmittelemällä terveystasteet eri ryhmiin niiden additiivisuuden perusteella (Taulukko 4). Ryhmiä oli yhteensä neljä (A-, B-, A*- ja B*-ryhmä, lisäksi B** -ryhmä), joista additiivisia ryhmiä oli kaksi: A*- ja B*-ryhmä. Suppeassa A*-ryhmässä mukana olivat vain luonnollinen kuolleisuus (NO₂, O₃ ja PM_{2,5}), sydän- ja verisuoni sairaalakäynnit (NO₂, O₃ ja PM_{2,5}) sekä hengitystiesairaalakäynnit (NO₂, O₃ ja PM_{2,5}). Laajemmassa B*-ryhmässä mukana olivat bronkiitti (NO₂ ja PM₁₀), lievä oirepäivä (O₃), työpäivien menetys (PM_{2,5}) sekä astma oireet (PM₁₀). Additiiviset ryhmät ovat yhdistettävissä kattavamman terveystastevaikutusarvion saamiseksi. (Heroux ym. 2015.) ISTE-projektissa käytettiin additiivisia A*- ja B*-ryhmien annos-vaste funktioita.

Taulukko 4. HRAPIE-työryhmän suosittelemien annos-vaste funktioiden terveystasteet altisteittain (WHO 2013c).

Terveystaste	PM2.5	PM10	NO2	NO2 (Päivän ylin 1-h ka)	NO2 (24 h keskiarvo)	O3 (SOMO35)	O3 (SOMO10)	O3 (SOMO35)
Kuolleisuus (luonnollinen)	A*		B*	A*		A*	A	
Kuolleisuus (kaikki)	A							
Postneonataalin varhaiskuoll.		B*						
Sydän- ja verisuonitaudit (sairaalakäynnit)	A*					A*	A	
Hengitystiesairaudet (sairaalakäynnit)	A*			A	A*	A*	A	
Hengitystiesairaudet (kuolleisuus)						A	A	B
Krooninen bronkiitti ilmaantuvuus		B*						
Krooninen bronkiitti esiintyvyys		B*	B*					
Astmaoireiden ilmaantuminen		B*						
Sydän- ja hengitystiesairaudet						A	A	
Verenkierto- ja hengitystiesairaudet (kuoll.)	A							
Oirepäivä (RADS)	B**							
Lievä oirepäivä (MRAD)						B*	B	
Työpäivien menetys	B*							

A* Additiiviset tärkeimmän ryhmän annosvasteet.

B* Näiden lisäksi tarkentavissa laskelmissa additiivisiksi katsottavat annosvasteet.

A Pääryhmään kuuluvat ei-additiiviset vaikutukset.

B Tarkentavaan ryhmään kuuluvat ei-additiiviset vaikutukset.

WHO:n REVIHAAP- ja HRAPIE-työryhmät päätyivät suosittelemaan luonnollisen kuolleisuuden (non-violent mortality) perusteella tehtäviä arvioita. Luonnollinen kuolleisuus on kokonaiskuolleisuus ilman väkivalta- ja onnettomuuskuolleisuutta (GHE-luokka 0 pois lukien luokka 151). Toisaalta useissa yhteyksissä – myös WHO:n työryhmässä – on puollettu nimenomaan syyspesifisten vaikutusten arviointia kokonaiskuolleisuuden sijasta. Kokonaiskuolleisuuden osalta altisteiden ja vaikutusten välinen mekanismi jää välttämättä epäselväksi. On kyllä mahdollista, että esimerkiksi pienhiukkasten hengityselimistöön ja sydän- ja verenkiertoon kohdistaman oksidatiivisen stressin ja systeemisten vaikutusten takia kuolleisuus kaikkien elinryhmien sairauksiin kohoaa, mutta käytettäessä kuolleisuutta mittarina ei voida arvioida sairastavuuteen liittyvää YLD-komponenttia. Sen vuoksi tässä työssä päädyttiin käyttämään jonkin verran alhaisemmat mutta syyspesifiset tautitaakka-arviot tuottavia estimaatteja siten, että luonnollisen kuolleisuuden sijasta vaikutukset laskettiin sydän- ja verisuonisairauksille, keuhkosityövälle sekä hengityselinsairauksille ja – infektioille. Keuhkosityöpä haluttiin mukaan laskettuihin vaikutuksiin myös sen takia, että se on luotettavasti kytketty sekä raskasmetalleihin (Cd, Ni, As) että PAH-yhdisteisiin.

Seuraavassa osiossa käydään läpi altistekohtaisesti kirjallisuuskatsauksessa löydettyjen terveystasteiden annos-vaste funktiot ja niiden valinta laskentaan sekä altistekohtaiset tautitaakat. Kaikille kirjallisuuskatsauksessa löydetuille annos-vaste funktioille laskettiin potentiaaliset tautitaakat jaoteltuina kuolleisuus- ja sairastavuus-komponentteihin, sekä kuolemantapausten lukumäärät. Nämä luvut ovat esiteltyinä altistekohtaisissa taulukoissa. Taulukoiden viimeisessä sarakkeessa on käytetyn annosvaste funktion viitenumero (CR-ID), joka viittaa liitteeseen 1. Lisäksi altistekohtaisissa osioissa on kuvaajat, joissa esitetään valittujen annos-vaste funktioiden aiheuttamat tautitaakat annos-vaste funktion riskiestimaatin 95 % -luottamusväleillä, sekä kuvaaja valittujen annos-vaste funktioiden avulla lasketuista kuolemantapausten määristä.

3.5. Altistekohtainen terveysvasteiden valinta ja tautitaakka

3.5.1. Hiukkasmaiset altisteet

Mukana olevista altisteista pienhiukkaset (PM_{2.5}), hengitettävät hiukkaset (PM₁₀), karkeat hiukkaset (PMc) ja metallit (Pb, Cd, Ni ja As) sekä bentso(a)pyreeni (BaP) lukeutuivat hiukkasmaisiin altisteisiin. Alla esitettyinä hiukkasmaisille altisteille identifioidut terveysvasteet sekä annos-vaste funktioiden lähdetutkimusten luokat.

Taulukko 5. Vertailuun mukaan hyväksytyt hiukkasmaisten altisteiden terveysvasteet.

Terveysvasteet	Hiukkasmaiset altisteet								
	GHE	PM2.5	PM10	PMc	Cd	Ni	As	BaP	Pb
Kuolleisuus									
Kuolleisuus kaikki	0	●●●							●
Luonnollinen kuolleisuus	0-151	●●●							
Akuutti kuolleisuus	0								
Ivmeväiskuolleisuus	0		●●●						
Sydän- ja verenkiertoelimistön sairaudet									
Sydän- ja verisuonitaudit	110	●●●	(< PM2.5)	●					●
Aivohalvaus	114		●						
Verenpainetauti	112								●●●
Sydämen vajaatoiminta	113								
Aivoinfarkti (piilevä)	114	●							
Leukemia	77								
Hengityselimistön sairaudet									
Hengitystiesairaudet	117	●●●	(< PM2.5)						
Keuhkohtauma (COPD)	118		●						
Krooninen bronkiitti	118 ¹	●●●	●●●						
Astman paheneminen	119		●●●	●					
Keuhkosityöpä	68	●●	●●		●●	●●	●●	●●●	
Hengitystieinfektiot	38		●●●						
Alahengitystieoireet									
Keuhkokuume	39		(< PMc)	●					
Korvatulehdus	41								
Muut sairaudet									
Syöpä	61								●
Päänsärky	100	●							
Migreeni	99	●							
Diabetes	80	●●●							
Autismi					●				
ÄÖ:n alenema									●●●
Hermostuneisuus	88								
Masennus	83								
Oirepäivät									
Oirepäivä (RAD)		●●●							
Lievä oirepäivä (MRAD)									
Työpäivän menetys		●●●							
Yskä									

● Yksittäinen tutkimus

●● Kirjallisuuskatselma /kansainvälinen vertaisarvioitu tutkimus

●●● Kansainvälisen yhteistyöryhmän suositus

HRAPIE-projektin A*-suositus

HRAPIE-projektin B*-suositus

¹ Käytetty keuhkohtauman tautiluokkaa

Pienhiukkasille ja hengitettäville hiukkasille löytyy useampia kansainvälisen yhteistyöryhmän arvioita kun taas karkeilla hiukkasilla terveysvaikutusten arviointi perustuu vain yksittäisiin tutkimuksiin. Terveysvasteiden määrässä per altiste oli myös suuria eroja altisteiden kesken. Paljon tutkituille ilmansaasteille löytyi useita terveysvasteita (PM_{2.5} ja PM₁₀) kun taas vähän tutkituille altisteille vain yksi tai muutamia (esim. metallit). Seuraavaksi käsitellään kunkin hiukkaskomponentin osalta löydetty annos-vaste funktiot sekä laskentaa mukaan valitut funktiot.

3.5.2. Pienhiukkaset (PM_{2.5})

Pienhiukkaset ovat paljon tutkittu ilmansaastekomponentti, joka on liitetty lukuisiin terveysvasteisiin. Tutkimusten runsaslukuisuudesta johtuen kirjallisuuskatsauksessa ei pyrittykään listaamaan kaikkia annos-vaste funktioita, joita pienhiukkasille on esitetty, vaan ottamaan mukaan aiemmin käytetyt sekä ne, joita voidaan pitää aineiston ja/tai menetelmien perusteella luotettavimpina. Pienhiukkasille listattiin yhteensä 18 annos-vaste funktiota yhteensä 12 terveysvasteelle (Taulukko 6). Taulukossa on listattuna kaikki identifioitujen annos-vaste funktioiden potentiaaliset tautitaakat, sairastavuus- ja kuolleisuuskomponenteilla, sekä kuolemantapausten lukumäärät. Merkittävimpää terveysvasteita olivat kuolleisuus, sydän- ja verisuonitaudit, hengitystiesairaudet sekä keuhkosityöpä.

Taulukko 6. Pienhiukkasille identifioidut terveysvasteet ja niiden potentiaaliset tautitaakat sekä kuolemantapaukset . Arviointiin mukaan otetut funktion merkitty lihavoituina.

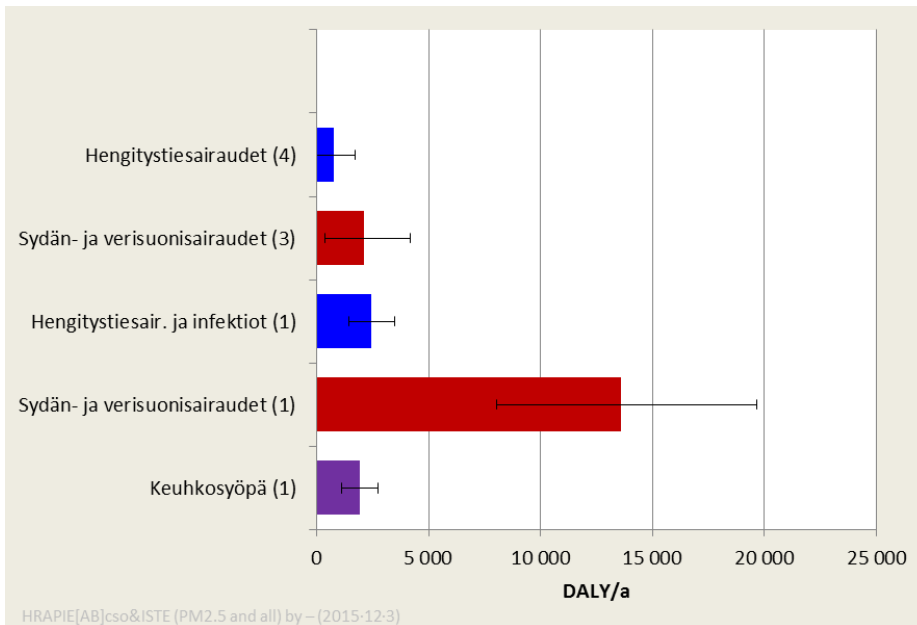
Terveysvastefunktio	GHE	Ikä	Funktio	Laskenta	DALY	YLL	YLD	Kuolemat	CR-ID
Kuolleisuus (luonn.)	0-151m	30-120	RR	1A	32 137	32 137	0	1 897	1 ^a
Kuolleisuus (luonn.)	0	0-120	HR	1A	139 582	82 251	57 331	4 478	18
Kuolleisuus	0m	0-120	RR	1A	7 746	7 746	0	422	7
Kuolleisuus	0m	0-120	RR	1A	36 349	36 349	0	1 979	8
Sydän- ja verisuonisairaudet	110	30-120	RR	1A	13 609	12 147	1 462	812	1
Sydän- ja verisuonisairaudet	110	0-120	RR	1A	2 108	1 879	229	125	3
Sydän- ja veris. + Diabetes	110+80	30-120	RR	1A	27 171	23 172	3 998	1 535	9
Sydän ja hengitystiesairaudet	110+117	30-120	RR	1A	19 857	16 803	3 054	1 111	11
Sydän ja hengitystiesairaudet	110+117	30-120	RR	1A	22 238	18 818	3 420	1 245	10
Aivoverenvuoto	114	0-120	OR	1A	49 288	43 133	6 155	3 021	14
Cerebrovascular		30-120	RR	1A					2
Hengitystiesairaudet	117	0-120	RR	1A	764	354	410	21	4
Hengitystiesair. ja -infektiot	117+38	30-120	RR	1A	2 426	1 343	1 083	80	1
Keuhkoahauma	118	27-120	UR	2A	83	48	35	3	12
Keuhkosityöpä	68	30-120	RR	1A	1 911	1 890	21	86	1
Keuhkosityöpä	68	0-120	RR	1A	2 211	2 187	24	100	15
Keuhkosityöpä	68	30-120	RR	1A	3 714	3 673	41	168	16
Päänsärky	99+100	0-120	OR	1A	227	0	227	0	17
Oirepäivä (RAD)		15-64	UR	2B	568	.	568	.	13
Oirepäivä (RAD)		0-120	RR	1B	.	.	.	.	5
Työpäivien menetys		20-65	RR		.	.	.	.	6

CR-ID: annosvasteen numero liitteessä 1.

^a Annosvastetta sovellettiin vain syyspesifisesti.

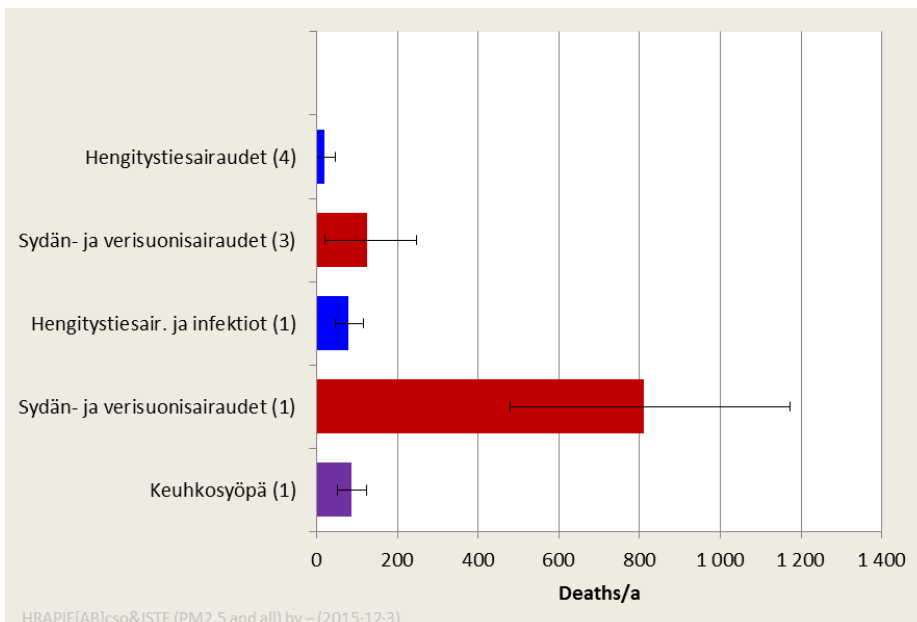
Pienhiukkasten osalta pääarviossa käytettiin HRAPIE-projektin suosituksen mukaisia annos-vaste funktioita, jotka on lihavoitu taulukossa. Luonnollisen kuolleisuuden annos-vaste funktioita (1) käytettiin syyspesifin kuolleisuuden laskemiseksi sydän- ja verisuonitaukeille, hengitystiesairauksille ja infektioille sekä keuhkosityöväälle. Syykohtaiset kuolleisuudet laskettiin 1A menetelmällä. Pienhiukkasten tautitaakan laskemiseen ei siis käytetty luonnollista kuolleisuutta, vaan syyspesifiä kuolleisuutta.

Kuvissa alla esitetään arviointiin mukaan valittujen pitoisuusvastesuhteiden mukaiset vaikutukset (DALY, kuolemantapausten lukumäärä).



Kuva 4. Pienhiukkasten terveysvasteiden aiheuttama tautitaakka

Pienhiukkasten tautitaakka on n. 20 800 DALY vuodessa. Merkittävä osuus tautitaakasta tulee sydän- ja verisuonitauteihin liittyvästä kuolleisuudesta (n. 13 600 DALY) (Kuva 4.). Vuodessa pienhiukkaset aiheuttavat kuolemantapauksia n. 1 100 (Kuva 5). Kuolemantapauksista suurin osa on sydän- ja verisuonitauteihin liittyvää (800 kuolemaa).



Kuva 5. Pienhiukkasten terveysvasteiden aiheuttamat kuolemantapaukset

3.5.1. Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀) ja karkeat hiukkaset

Hengitettävät hiukkaset ovat myös paljon tutkittu ilmansaastekomponentti. Hengitettävien hiukkasten mittaus sisältää myös pienhiukkaset, jotka voivat aiheuttaa merkittävän osan hengitettävien hiukkasten terveysvaikutuksista. Hengitettäville hiukkasille löydettiin yhteensä 12 annos-vaste funktiota liitettyinä kymmeneen eri terveysvasteeseen (Taulukko 7).

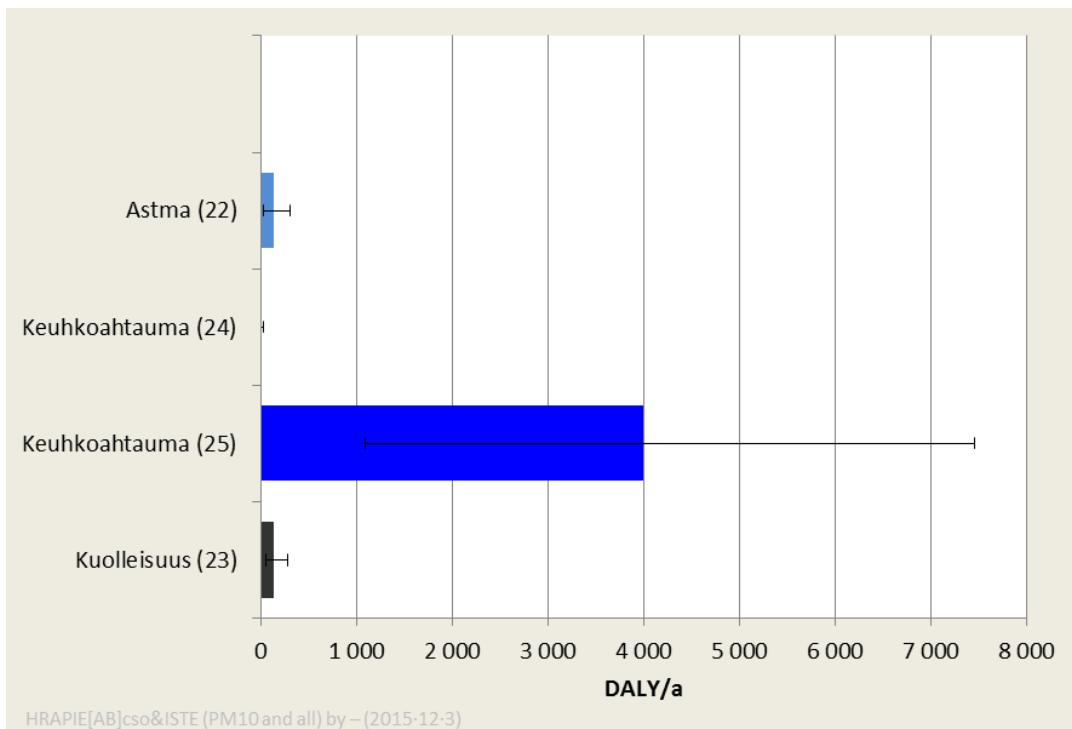
Taulukko 7. Hengitettävien hiukkasten terveysvasteet ja niiden potentiaaliset tautitaakat sekä kuolemantapaukset. Arviointiin mukaan otetut funktion merkitty lihavoituina.

Terveysvastefunktio	GHE	Ikä	Funktio	Laskenta	DALY	YLL	YLD	Kuolemat	CR-ID
Astma	119	5-19	RR	1A	139	0	138	0	22
Kuolleisuus	0m	0,08-1	RR	1A	132	132	0	1	23
Krooninen bronkiitti	118	6-12	RR	1A	9	0	9	0	24
Krooninen bronkiitti	118	18-120	RR	1A	3 995	2 272	1 723	131	25
Hengitystiesairaudet ja -infektiot	117+38	0-120	RR	1A	741	356	385	20	26
Sydän- ja veris.	110	0-120	RR	1A	2 338	2 085	254	138	27
Keuhkosityöpä	68	0-120	RR	1A	4 015	3 971	44	181	28
Keuhkokuume	39	0-3	OR	1A	285	226	59	2	29
Keuhkoahauma	118	18-120	RR	1A	343	195	148	11	30
Aivoverenvuoto	114	0-120	RR	1A	418	366	52	26	31
Keuhkoahauma	118	27-120	RR	1A	7 806	4 506	3 300	261	32
Hengitystiesairaudet ja -infektiot	117+38	0-120	RR	1A	5 436	2 614	2 822	150	33

CR-ID: annosvasteen numero liitteessä 1.

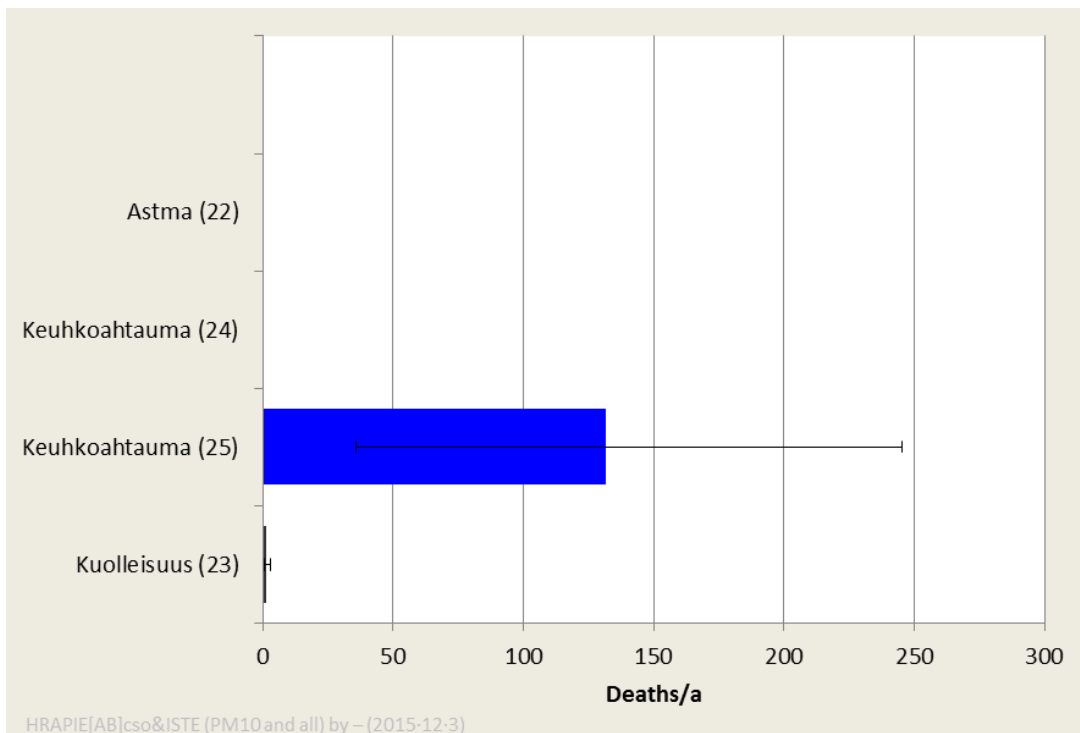
Hengitettäville hiukkasille, potentiaalisia tautitaakkoja verrattaessa, merkittävimmät terveysvasteet ovat keuhkoahauma, hengitystiesairaudet ja -infektiot, keuhkosityöpä, krooninen bronkiitti sekä sydän- ja verisuonitaudit. Hengitettäville hiukkasille valittiin mukaan HRAPIE-työryhmän suosittelemat annos-vaste funktiot (funktioiden viitenumerot 22, 23, 24 ja 25), jotka koskivat astmaa, imeväiskuolleisuutta ja kroonista bronkiittia. Kyseiset terveysvasteet eivät ole samoja kuin pienhiukkasen terveysvasteet, joten terveysvasteiden päällekkäin laskentaa ei pitäisi tapahtua. Kuva 6 esittää valittujen terveysvasteiden aiheuttamat tautitaakat annosvastefunktioiden 95 % - luottamusväleillä.

Kuvissa alla esitetään arviointiin mukaan valittujen pitoisuusvastesuhteiden mukaiset vaikutukset (DALY, kuolemantapausten lukumäärä).



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten terveystavasteiden aiheuttama tautitaakka

Hengitettävien hiukkasten tautitaakka on n. 4 300 DALY vuodessa. Tautitaakka koostuu lähes kokonaan aikuisilla ilmaantuvasta kroonisesta bronkiittista (4 000 DALY). Kuolemantapauksia hengitettävien hiukkasten arvioidaan aiheuttavan n. 130 vuodessa (Kuva 7).



Kuva 7. Hengitettävien hiukkasten aiheuttamat kuolemantapaukset

Karkeat hiukkaset (PM₁₀) on hiukkasfraktio, joka jää jäljelle hengitettävistä hiukkasista pienhiukkasten vähentämisen jälkeen. Karkeille hiukkasille identifioitiin vain kolme annos-vaste funktiota, joista mukaan laskuihin otettiin vain keuhkokuume (rivinnumero 37), joka ei ole mukana hengitettävissä hiukkasissa eikä pienhiukkasissa (Taulukko 8).

Taulukko 8: Karkeiden hiukkasten terveysvasteet sekä niiden potentiaaliset tautitaakat ja kuolemantapaukset. Arviointiin mukaan otetut funktion merkitty lihavoituina.

Terveysvastefunktio	GHE	Ikä	Funktio	Laskenta	DALY	YLL	YLD	Kuolemat	CR-ID
Sydän- ja verisuonisairaudet	110	0-120	RR	1A	1 494	1 332	162	88	36
Keuhkokuume	39	0-3	OR	1A	143	114	30	1	37
Astma	119	0-120	OR	1A	308	30	278	2	38

CR-ID: annosvasteen numero liitteessä 1.

3.5.2. Hiukkasten sisältämät raskasmetallit ja PAH

Säädelyjen ilmansasteiden joukossa on neljä raskasmetallia, lyijy (Pb), kadmium (Cd), nikkeli (Ni), arseeni (As), sekä polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä edustava tämän aineryhmän syöpävaarallisin bentso-a-pyreeni (BaP). Kaikki nämä komponentit mitataan PM10-suodatinkeräyksellä saaduilta suodattimilta ja siten lähtökohtaisesti ne kuvaavat PM₁₀ -hiukkasten koostumusta. Näiden komponenttien vaikutukset saattavat sisältyä jo PM10-massapitoisuuksille tuotettuihin annosvasteisiin siinä määrin kuin tutkimusalueella on näitä metalleja esiintynyt.

Ainakin PAH-yhdisteet syntyvät polttoprosessissa nanokokoluokassa ja kasvavat aerosoliprosesseissa. Myös merkittävä osa metalleista todennäköisesti sisältyy PM_{2,5} fraktioon, mutta käytettävissä olevat mittaukset eivät anna tämän arviointiin mahdollisuuksia.

Erityisesti lyijyn haitalliset vaikutukset ovat hyvin tunnettuja. Lyijyn vaikutuksia analysoidessa käytetään yleensä veren lyijypitoisuutta (B-Pb, blood lead). Tässä työssä pyrittiin tarkastelemaan vain ilmassa olevan lyijyn vaikutusta elimistön lyijynsaantiin ja sitä kautta aiheuttamaan tautitaakkaa. Johtuen lyijyn monimutkaisista ympäristökemiallisista kulkeutumisprosesseista ja pääasiallisesta altistumisesta ruoan kautta, lyijylle esitettävät estimaatit ovat hyvin epävarmoja.

Osa lyijyn annosvasteista on esitetty myös kokonaisuolleisuudelle, syöpävaarallisuudelle ja sydän- ja verisuonisairauksille, joita kaikkia voidaan pitää toksikologisesti epävarmoina yhteyksinä. Selkein evidenssi koskee synnyinkomplikaatioita, syntymäpainoa, pikkulasten älyllistä kehitystä sekä verenpainetautia aikuisilla, mutta näiden sairauksien kytkeminen ilmansaasteepitoisuuksiin on haastavaa.

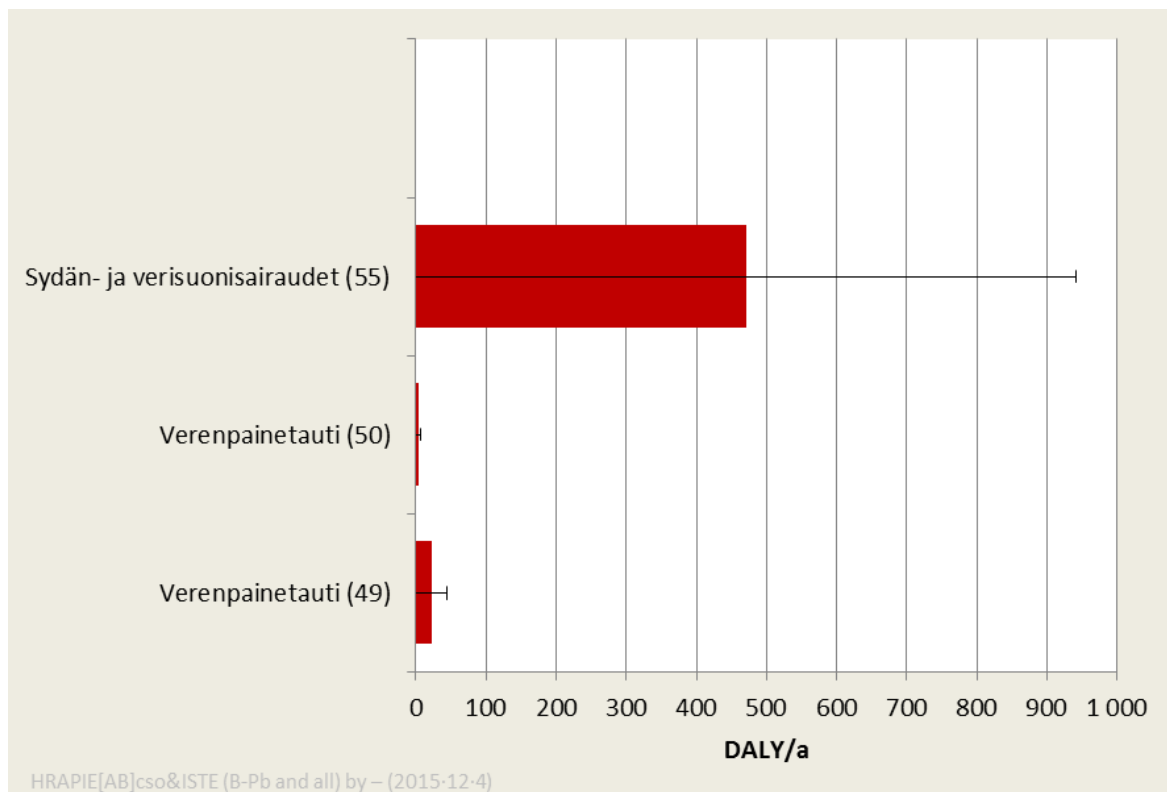
REVIHAAP-työryhmä löysi vain vähän tukea yleisesti keskustelussa käytetyille argumenteille, joiden mukaan hiukkasten koostumus ja erityisesti raskasmetallit selittäisivät hiukkasten terveysvaikutuksia (WHO 2013b). Työryhmä totesi mm. että on esitetty että sydän- ja verisuonielimistön sairaudet aiheutuisivat transitiometalleista ja että metallialtistusten alentamisella olisi huomattava potentiaali terveysvaikutusten alentamiseen. Näistä katsannoista huolimatta HRAPIE-työryhmä ei voinut suositella mitään annosvastefunktioita metalleille (WHO 2013c).

Tässä työssä kirjallisuuskatsauksesta poimittiin keuhkosityöpään liittyvä annosvaste, jota käytettiin suuruusluokka-arvion tuottamiseen. Hiukkasten kokonaisvaikutusten osalta nämä keuhkosityöpävaikutukset ovat kuitenkin vaatimattomia.

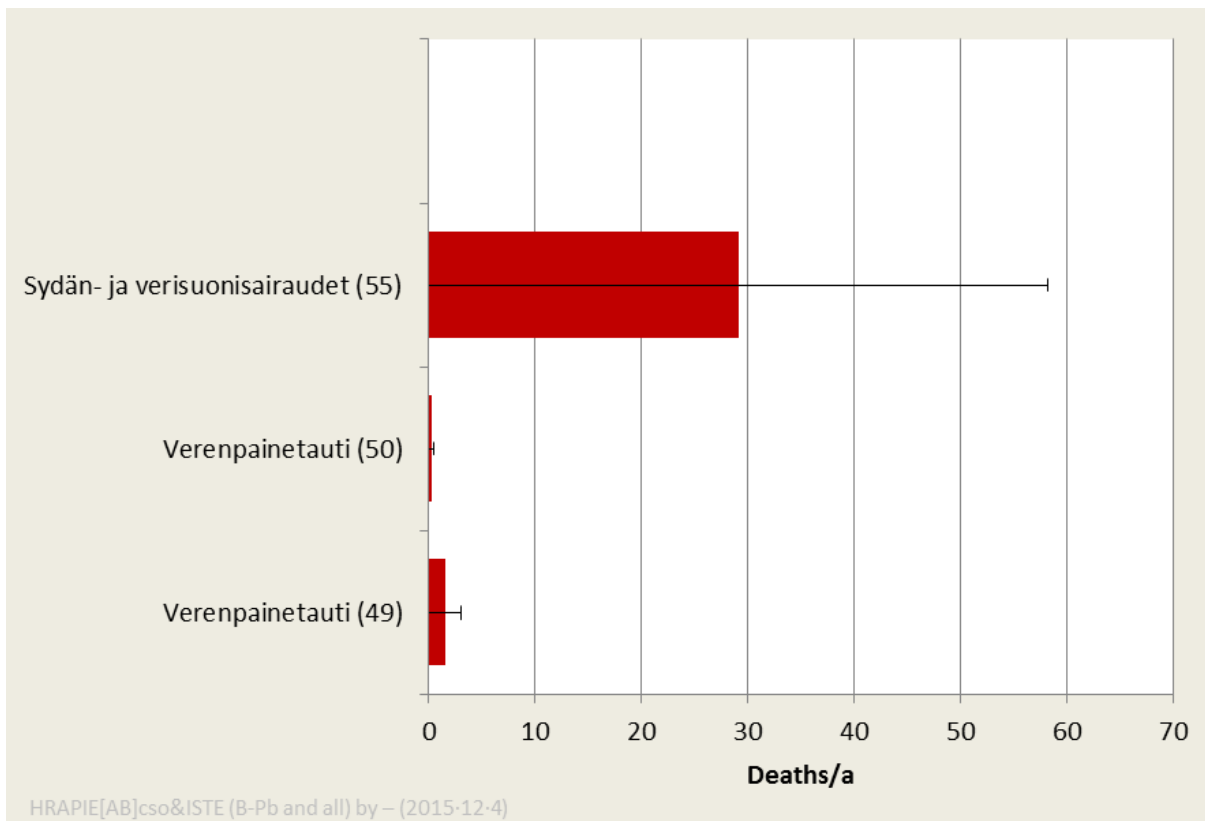
Taulukko 9: Metallien ja PAH-yhdisteen terveysvasteet sekä niiden potentiaaliset tautitaakat ja kuolemantapaukset. Arviointiin mukaan otetut funktion merkitty lihavoituina.

Altis.	Terveysvaste	GHE	Ikä	Funktio	Laskenta	DALY	YLL	YLD	Kuolema	CR-ID
BaP	Keuhkosityöpä	68	0-120	UR	2A	2	2	0	0,1	45
Cd	Keuhkosityöpä	68	0-120	UR	2A	9	9	0	0,4	40
	Autismi		0-18	OR	1B					41
	Autismi									42
Ni	Keuhkosityöpä	68	0-120	UR	2A	16	16	0	0,7	43
As	Keuhkosityöpä	68m	0-120	UR	2A	6	6	0	0,3	44
Pb	Sydän- ja veris.	110	39-120	RR	1A	471	421	49	29	55
	Verenpainetauti (naiset)	112	0-120	OR	1A	44	42	1	3,0	49
	Verenpainetauti (miehet)	112	0-120	OR	1A	6	6	0	0,4	50
	Spontaani abortti	0		OR						52
	Kuolleisuus	0m	64-120	HR	1A					48
	Kuolleisuus	0m	39-120	RR	1A	1 394	1 394	0	84	53
	Kuolleisuus	0m	39-120	RR	1A	1 209	1 209	0	73	54
	Sydän- ja veris.	110	39-120	RR	1A	455	407	48	28	56
	Syöpä	61	39-120	RR	1A	679	653	27	33	57
	Syöpä	61	39-120	RR	1A	393	378	15	19	58
	ÄO:n alenema									59
	ÄO:n alenema		0-10							51
	Hampaiden karies		5-17							47

CR-ID: annosvasteen numero liitteessä 1.



Kuva 8. Lyijyn terveysvasteiden aiheuttama tautitaakka

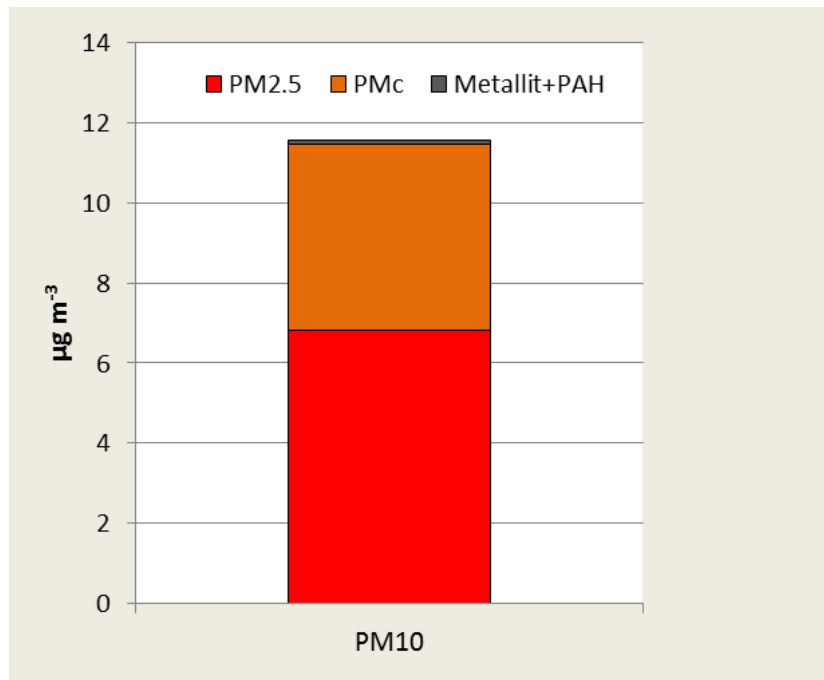


Kuva 9. Lyijyn terveystavasteiden aiheuttamat kuolemantapaukset

3.5.3. Hiukasmaisten altisteiden yhdistäminen

Hengitettävät hiukkaset (PM_{10}) sisältävät kaikki aerodynaamiselta halkaisijaltaan $10\ \mu\text{m}$ pienemmät hiukkaset. Pienhiukkaset ($PM_{2,5}$) puolestaan sisältävät kaikki $2,5\ \mu\text{m}$:n aerodynaamista halkaisijaa pienemmät hiukkaset. Näin ollen hengitettävät hiukkaset sisältävät myös pienhiukkaset. Karkeat hiukkaset (PM_c) ovat aerodynaamiselta halkaisijaltaan $10\ \mu\text{m}$ pienempiä, mutta $2,5\ \mu\text{m}$ suurempia. Karkeat hiukkaset ovat siis PM_{10} ja $PM_{2,5}$ erotuksesta jääviä hiukkasia (Kuva 10). Metallien pitoisuudet on mitattu PM_{10} hiukkasista. Kuitenkin varmuutta ei ole siitä, että minkä kokoisiin hiukkasiin metallit ovat sitoutuneet.

Teoriassa siten kattavin arvio hiukkasaltistuksesta saataisiin käyttämällä hengitettäviä hiukkasia.



Kuva 10: Hiukkasfraktioiden ($PM_{2,5}$, PM_c) ja PM_{10} näytteistä analysoitujen metallien ja PAH-yhdisteiden pitoisuudet.

$PM_{2,5}$ ja PM_{10} osalta päätettiin käyttää HRAPIE-projektissa (Heroux ym. 2015) additiivisiksi luokiteltuja annosvaste funktioita. Kyseiset funktiot sisältävät eri terveystasteet $PM_{2,5}$:lle ja PM_{10} :lle, joten terveystasteiden päällekkäin laskentaa ei pääse tapahtumaan.

Metalleja ei ole sisällytetty kansainvälisten yhteistyöryhmien arvioihin, joten niiden osalta terveystasteiden valinnassa jouduttiin turvautumaan muihin lähteisiin.

3.5.4. Kaasumaiset yhdisteet

Mukana olevista altisteista kaasumaisiin lukeutuvat otsoni (O₃), typen oksidit (NO_x), typpidioksidi (NO₂), rikkidioksidi (SO₂), hiilimonoksidi (CO) sekä haihtuvat rikkiyhdisteet (TRS). Alla on esitettyä kaasumaisille altisteille identifioidut terveysvasteet sekä annos-vaste funktioiden lähdetutkimuksen luokka.

Taulukko 10. Kaasumaisten yhdisteiden terveysvasteet

Terveysvasteet	Kaasumaiset altisteet							
	GHE	C6H6	NO ₂	NO _x	O ₃	SO ₂	CO	TRS
Kuolleisuus								
Kuolleisuus kaikki	0		●●●		●●	●●		
Luonnollinen kuolleisuus	0-151		●●●	●	●●●			
Akuutti kuolleisuus	0				●●●	●●●		
Imeväiskuolleisuus	0							
Sydän-ja verenkiertoelimistön sairaudet								
Sydän-ja verisuonitaudit	110		●●		●●●	●●		
Aivoverenvuoto	114		●			●		
Verenpaineen nousu	112							
Sydämen vajaatoiminta	113						●●●	
Aivoinfarkti (piilevä)	114							
Leukemia	77	●●						
Hengityselimistön sairaudet								
Hengitystiesairaudet	117		●●●		●●●	●●		
Keuhkohtauma (COPD)	118					●●		
Krooninen bronkiitti	118 ¹		●●●					
Astman paheneminen	119				●			
Keuhkosityöpä	68		●●	●●		●●		
Hengitystieinfektiot	38				●●	●●		
Alahengitystieoireet					●●●			
Keuhkokuume	39		●	(< NO ₂)				
Korvatulehdus	41		●		●			
Muut sairaudet								
Syöpä	61							
Päänsärky	100					●		●
Migreeni	99					●		●
Diabetes	80							
Autismi							●	
ÄÖ:n alenema								
Hermostuneisuus	88					●		
Masennus	83					●		
Oirepäivät								
Oirepäivä (RAD)								
Lievä oirepäivä (MRAD)					●●●			
Työpäivän menetys								
Yskä					●●●			●

- Yksittäinen tutkimus
- Kirjallisuuskatselma /kansainvälinen vertaisarvioitu tutkimus
- Kansainvälisen yhteistyöryhmän suositus

HRAPIE-projektin A*-suositus

HRAPIE-projektin B*-suositus

¹ Käytetty keuhkohtauman tautiluokkaa

Kaasumaisille yhdisteille (Taulukko 10) voidaan tehdä samankaltaiset havainnot kuin hiukkasmaisille yhdisteille: identifioitujen terveysvasteiden määrä vaihtelee suuresti altisteittain ja eniten tutkituille altisteille, kaasumaisista otsonille ja typpidioksidille, löytyy useampia kansainvälisten yhteistyöryhmien suosituksia.

3.5.5. Otsoni (O₃)

Aiemmissä arvioissa otsonin terveysvaikutukset arvioitiin CAFE-menetelmällä akuuttina kuolleisuutena. Nyt useissa tutkimuksissa on saatu lisäevidenssiä myös ennenaikaisista kuolleisuusvaikutuksista. WHO:n työryhmän suosituksissa näitä ei kuitenkaan edelleenkään valittu mukaan luotettavina ja additiivisina pidettyihin vaikutuksiin (Heroux ym. 2015).

Otsonin annosvastemallit käyttivät kolmea eri mittaria altistusten kuvaamiseen (SOMO35, SOMO10 ja vuosipitoisuus). Näistä Heroux ym. suositukset käyttävät SOMO35-estimaatteja additiiviseen pääarvioon ja SOMO10-perustaisia estimaatteja täydentävässä analyysissä. Alempi kynnystaso luonnollisesti kasvattaisi vaikutuksia. Terveysvasteista mukana ovat hengityselinsairaudet, sydän- ja verisuonisairaudet sekä kuolleisuus.

Verrattuna aiemmin laskettuihin otsonin terveysvaikutusestimaatteihin (esim. Asikainen ym. 2013, Hänninen ym. 2014) nyt ensimmäistä kertaa mukaan WHO-työryhmän suosituksiin otettiin ennenaikaiset kuolleisuusvaikutukset (krooninen kuolleisuus). Tässä työssä laskelmat tehtiin luonnollisen kokonaiskuolleisuuden (62 kuolemantapausta) sijasta syyspesifisille sydän- ja verisuonitauti- ja hengitystiesairauskuolleisuudelle (yhteensä 29 kuolemantapausta). Näiden vaihtoehtojen vertailu käy ilmi alla olevasta taulukosta (annosvaste CR-ID 82).

Taulukko 11. Otsonille identifioidut terveysvasteet ja niiden potentiaaliset tautitaakat sekä kuolemantapaukset. Arviointiin mukaan otetut funktion merkitty lihavoituina.

Terveysvastefunktio	GHE	Ikä	Funktio	Laskenta	DALY	YLL	YLD	Kuolemat	CR-ID
Hengitystiesairaudet	117	30-120	RR	1A	318	171	147	10	81
Kuolleisuus (luonn.)	0-151m	0-120	RR	1A	1 085	1 085	0	62	82 ^a
Kuolleisuus (luonn.)	0-151m	0-120	RR	1A	10 482	10 482	0	599	83
Kuolleisuus (luonn.)	0-151m	30-120	RR	1B	1 078	1 078	0	64	84
Sydän- ja verisuonisairaudet	110	0-120	RR	1A	445	397	48	26	82
Sydän- ja verisuonisairaudet	110	0-120	RR	1A	751	670	81	44	85
Sydän ja verisuonisairaudet	110	0-120	RR	1A	7 229	6 445	784	427	86
Hengitystiesair. ja -infektiot	117+38	0-120	RR	1A	94	45	49	3	82
Hengitystiesairaudet	117	0-120	RR	1A	78	36	42	2	87
Hengitystiesairaudet	117	0-120	RR	1A	753	349	404	20	88
Sydän- ja veris.(ei aivohalvaus)	110-114	65-120	RR	1A	66	690	66	56	89
Sydän- ja veris. (ei aivohalvaus)	110-114	65-120	RR	1A	7 217	6 591	626	531	90
Hengitystiesairaudet	117	65-120	RR	1A	60	40	20	3	91
Hengitystiesairaudet	117	65-120	RR	1A	583	386	197	26	92
Lievä oirepäivä (MRAD)		0-120	RR	1B	0	0	0	0	93
Lievä oirepäivä (MRAD)		0-120	RR	1B	0	0	0	0	94
Kuolleisuus	0m	0-120	UR	2A					95
Lievä oirepäivä (MRAD)		18-64	UR	2B	32	.	32	.	96
Yskä		5-14	UR	2B	42	.	42	.	97
Alemmat hengitystiesoireet		5-14	UR	2B	10	.	10	.	98
Astma	119	0-120	OR	1A	2 619	252	2 367	16	99
Hengitystiesair. ja -infektiot	117+38	65-120	RR	1A	17 126	11 394	5 732	810	100
Kuolleisuus	0m	0-120	RR	1A	17 391	17 391	0	947	101
Hengitystiesair. ja -infektiot	117+38	0-120	RR	1A	2 944	1 416	1 528	81	102
Sydän- ja verisuonisairaudet	110	0-120	RR	1A	2 079	1 854	226	123	103

CR-ID: annosvasteen numero liitteessä 1.

^a Annosvastetta sovellettiin vain syyspesifisesti.

3.5.6. Typen oksidit (NO₂, NO, NO_x)

Uutena komponenttina aiempiin arvioihin verrattuna pääarvioon tuli nyt mukaan ensimmäistä kertaa typen oksidit. Tärkeimpiä typen oksideita (NO ja NO₂) mitataan sekä erikseen että yhdessä (NO_x). Päästöistä merkittävä osa vapautuu typpimonoksidina, joka sitten ilmakehässä otsonin ja muiden reaktiivisten oksidanttien vaikutuksesta hapettuu typpidioksidiksi. Terveysriskiarviot keskittyvät yksinomaan typpidioksiidiin, mutta joissakin epidemiologisissa tutkimuksissa on altistusindikaattorina käytetty NO_x-mittauksia. Tässä arviointiin valittiin mukaan WHO:n työryhmän suositukset typpidioksidille. WHO työryhmä keskusteli aiemmista tulkinnoista, joiden mukaan typpidioksidi on lähinnä indikaattori, joka kertoo liikenneperäisistä päästöistä kuten musta hiili, pienhiukkaset, raskasmetallit jne. Epidemiologisen evidenssin määrä kuitenkin tuki riittävästi tulkintaa, jonka mukaan tässä nyt ensimmäistä kertaa lasketaan suomalaisten tautitaakkaa typen oksideille. Käytimme WHO:n työryhmän arviota pienhiukkasten ja NO₂:n tautitaakan mahdollisesta päällekkäisyydestä (33 %, Heroux ym 2015 supplement). Altistusanalyysin osana tehtyjen korrelaatiotarkastelujen mukaan NO₂ ja pienhiukkasten korrelaatio ei pitoisuustasolla ole näin suuri.

Taulukko 12: Typpiyhdisteiden terveystaasteet sekä niiden potentiaaliset tautitaakat ja kuolemantapaukset. Arviointiin mukaan otetut funktion merkitty lihavoituina.

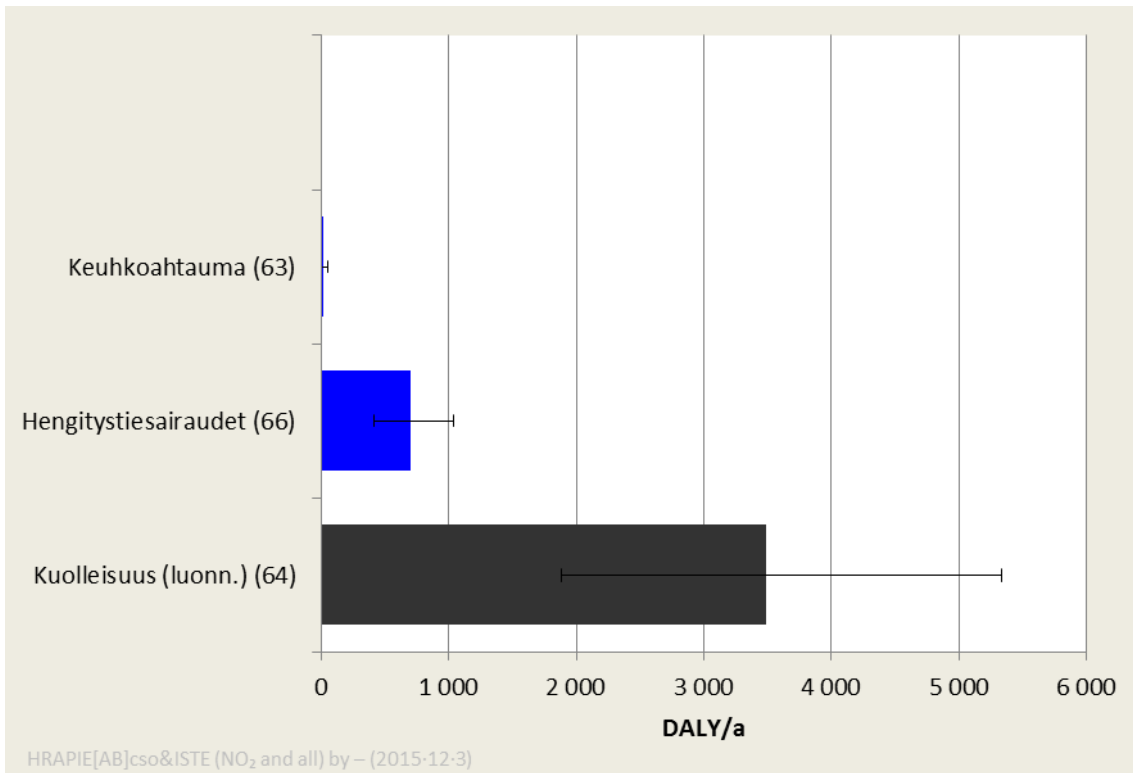
Altis.	Terveystaaste	GHE	Ikä	Funktio	Laskenta	DALY	YLL	YLD	Kuolema	CR-ID
NO ₂ ^b	Kuolleisuus (luonn.)	0-151m	30-120	RR	1A	41 359	41 359	0	2 441	62
	Keuhkohtauma	118	5-14	RR	1A	30	0	30	0	63
	^a Kuolleisuus (luonn.)	0-151m	0-120	RR	1A	5 199	5 199	0	297	64
	^a Hengitystiesairaudet	117	0-120	RR	1A	208	96	112	5,6	65
	Hengitystiesairaudet	117	0-120	RR	1A	1 051	487	564	28	66
	Kuolleisuus	0m	0-120	RR	1A	1 847	1 847	0	101	67
	Aivoverenvuoto	114	0-120	RR	1A	977	855	122	59,9	68
	Sydän- ja veris.	110	0-120	RR	1A	678	604	73	40,1	69
	Keuhkosityöpä	68	0-120	RR	1A	2 759	2 729	30	124	70
	Keuhkosityöpä	68	0-120	RR	1A	1 815	1 795	20	82	71
	Korvatulehdus	41	0-3	OR	1A	15	0	15	0	72
	Keuhkokuume	39	0-3	OR	1A	137	109	28	1,2	73
NO _x	Kuolleisuus (luonn.)	0-151m	30-120	HR	1A	14 837	14 837	0	876	76
	Keuhkokuume	39	0-3	OR	1A	118	93	24	1,0	77
	Keuhkosityöpä	68	0-120	RR	1A	2 586	2 558	28	117	78
	Keuhkosityöpä	68	0-120	RR	1A	539	533	6	24	79

a Vuosikeskiarvo päivittäisistä 1 h-maksimiarvoista.

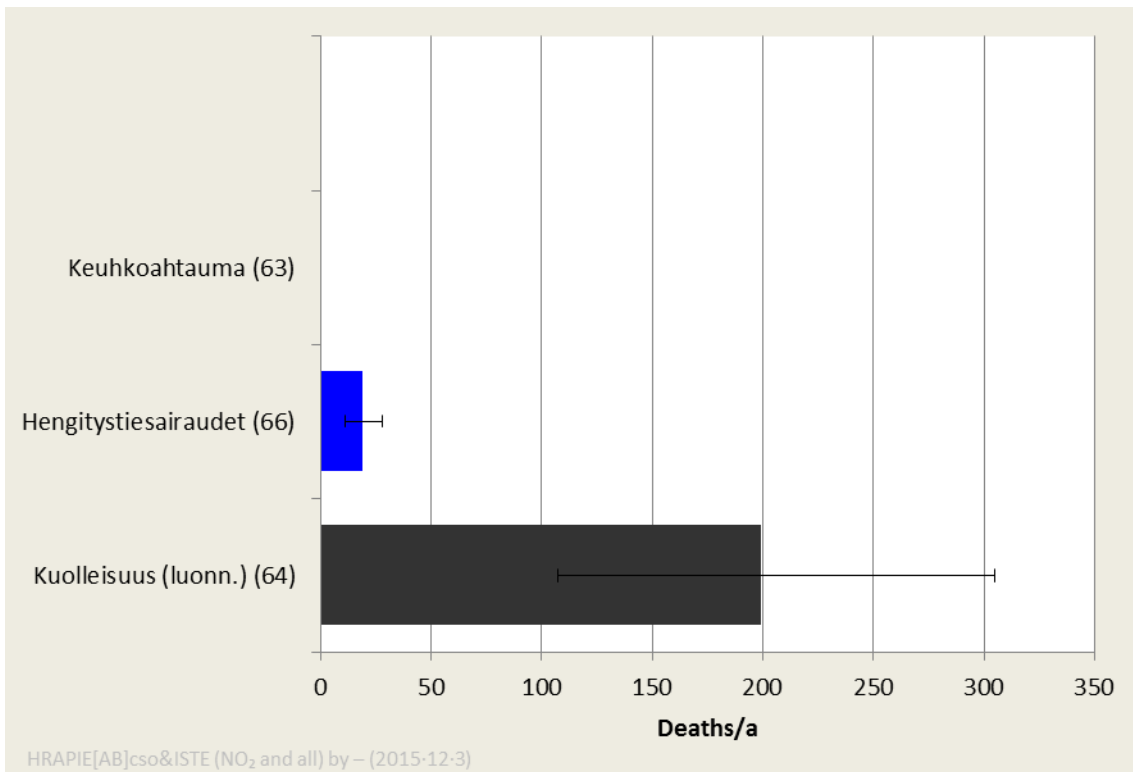
b Altistuminen yli 20 µg m⁻³ vuosipitoisuuksille.

Heroux ym. (2015) suosittelee NO₂ vuosipitoisuudelle haitattomaksi pitoisuusrajaksi 20 µg m⁻³, jonka perusteella Suomessa ei haittoja esiinny. Toinen WHO-työryhmän suositus koskee päivittäisiä maksimipitoisuuksia, joille tässä työssä laskettiin tautitaakka-arvio ilman turvallista kynnystasoa.

Kuvissa alla esitetään arviointiin mukaan valittujen pitoisuusvastesuhteiden mukaiset vaikutukset (DALY, kuolemantapausten lukumäärä).



Kuva 11. Typpiyhdisteiden terveystieteiden aiheuttama tautitaakka.



Kuva 12. Typpiyhdisteiden aiheuttamat kuolemantapaukset.

3.5.7.

Muut kaasumaiset ilmansaasteet

WHO:n työryhmän terveysvaikutuslaskelmasuosituksen lisäksi Suomessa säädellään useita muita kaasumaisia epäpuhtauksia kuten häkää, bentseeniä, rikkidioksidiä ja haisevia rikkiyhdisteitä. Näiden osalta kirjallisuuskatsauksessa löydettiin vaihteleva joukko annosvastesuhteita, joiden avulla tässä arvioitiin mahdollisten terveysvaikutusten suuruusluokkaa (Taulukko 13).

Taulukko 13: Muiden kaasumaisten yhdisteiden terveysvasteet sekä niiden potentiaaliset tautitaakat ja kuolemantapaukset. Arviointiin mukaan otetut funktion merkitty lihavoituina.

Altis.	Terveysvastefunktio	GHE	Ikä	Funktio	Laskenta	DALY	YLL	YLD	Kuolema	CR-ID
CO	Sydämen vajaatoiminta	113	0-120	RR	1A	203	185	18	12,6	122
	Sydämen vajaatoiminta	113	0-120	UR						120
	Autismi		0-120	RR						121
C6H6	Leukemia	77	0-120	UR	2A	19	19	0	0,9	126
	Leukemia	77	0-120	UR	2A	174	170	4	7,8	124
	Leukemia	77	0-120	UR	2A	25	25	1	1,1	125
SO2	Sydän- ja veris.	110	0-120	RR	1A	255	227	28	15,1	109
	Hengitystiesair. ja -infekt.	117+38	0-120	RR	1A	68	32	35	1,9	111
	Keuhkosityöpä	68	0-120	RR	1A	214	212	2	9,6	112
	Päänsärky	100	20-60	OR	1A	2	0	21	0	117
	Hermostuneisuus	88	20-60	OR	1A	18	0	18	0	118
	Migreeni	99	20-60	OR	1A	57	0	57	0	115
	Kuolleisuus	0m	0-120	RR	1A	348	348	0	19,0	107
	Kuolleisuus	0m	0-120	UR	2A					108
	Aivoverenvuoto	114	0-120	RR	1A	56	49	7	3,4	110
	Keuhkoahauma	118	0-120	RR	1A	14	8	6	0,5	114
	Keuhkosityöpä	68	0-120	RR	1A	44	44	0	2,0	113
	Masennus	83	20-60	OR	1A	537	0	537	0,01	116
TRS	Päänsärky	99+100	15-120	OR	1A	1 395	0	1 395	0	128

CR-ID: pitoisuus-vastesuhteen tunniste liitteen 1 taulukossa.

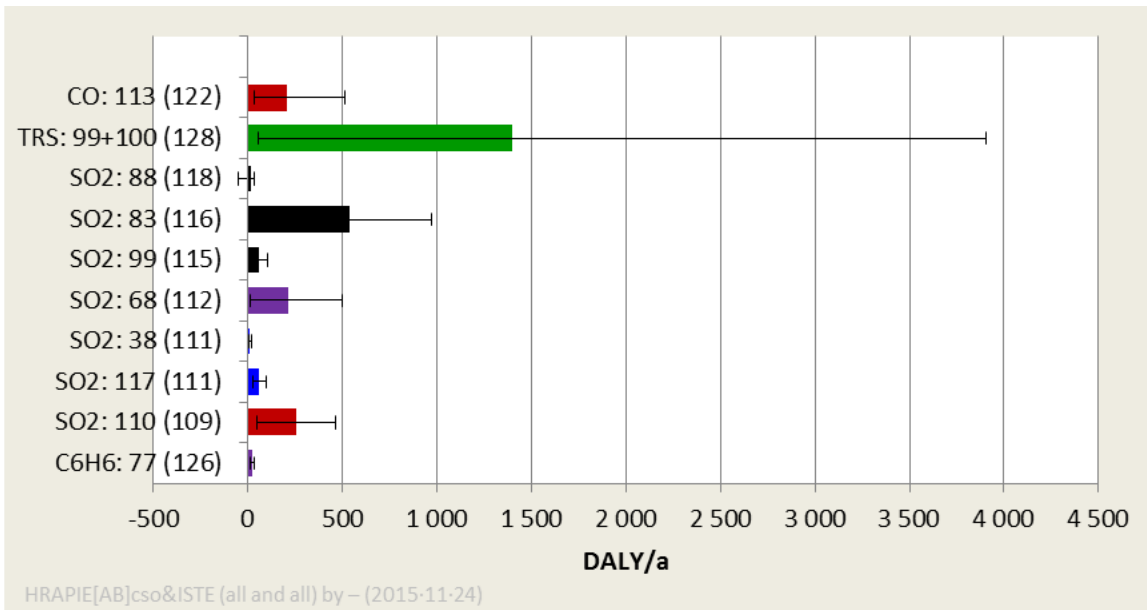
Häkäaltistuksen vaikutukset olivat aiemmin arvoitu vain sisältäytökselle akuuttien kuolemaanjohtaneiden häikälytysten osalta. Ulkoilman vaikutukset arvioitiin nyt ensimmäistä kertaa. Tutkimus epidemiologisissa tutkimuksissa on tarkasteltu häkäaltistuksen yhteyksiä sydämen vajaatoimintaan ja autismiin. Kirjallisuuskatsauksessa identifioituista annosvasteista valittiin Teheranissa tehdyn tutkimuksen suhteellinen riski, jonka soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin voidaan pitää varsin epävarmana.

Bentseenin vaikutukset arvioitiin aiemmissa SETURI ja EBoDE-hankkeissa ottaen huomioon myös sisälähteistä, lähinnä passiivisesta tupakoinnista, peräisin olevat altistukset. Ulkoilman osuus kokonaisaltistuksesta on noin 50-75% suuruusluokkaa passiivitupakoinnista voimakkaasti riippuen. Annosvasteena käytettiin samaa leukemia-funktiota kuin mainituissa aiemmissa arvioissa.

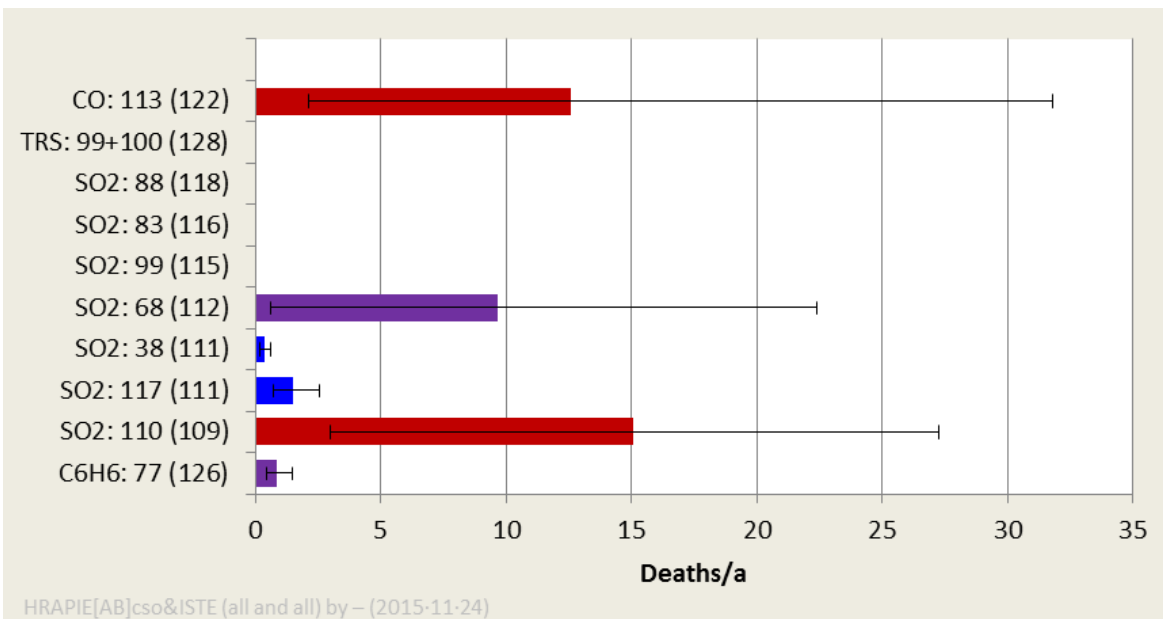
Rikkidioksidiä koskevia tutkimuksia on tehty suhteellisen runsaasti. Kaikkien ehdotettujen vaikutusten suuruusluokka on vaatimaton. Mukaan valittiin tärkeimpien tautiryhmien syyspesifiset annosvastesuhteet.

Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) terveysvaikutukset arvioitiin Partti-Pellisen ym. (1996) tutkimuksen perusteella. Tässä kysely tutkimuksessa verrattiin Varkauden sellutehtaan ympäristössä asuvaa väestöä Sorsakosken väestöön.. Varkauden väestön altistustaso 2-3 $\mu\text{g m}^{-3}$ oli noin kymmenkertainen koko Suomen väestön keskiarvoon verrattuna. Tässä kuitenkin oletettiin, että log-lineaarisen mallin mukaisesti voidaan soveltaa samaa annosvastetta.

Kuvissa alla esitetään arviointiin mukaan valittujen pitoisuusvastesuhteiden mukaiset vaikutukset (DALY, kuolemantapausten lukumäärä).



Kuva 13. Muiden kaasumaisten yhdisteiden terveystavasteiden aiheuttama tautitaakka.



Kuva 14. Muiden kaasumaisten yhdisteiden aiheuttamat kuolemantapaukset.

4 Ilmansaasteiden aiheuttama tautitaakka

4.1. Ilmansaasteiden kokonaistautitaakka

Ilmansaasteiden aiheuttamaksi tautitaakaksi saatiin tässä tehdyissä laskelmissa n. 33.000 menetettyä elinvuotta vuonna 2013 (Taulukko 14). Haitasta pääosa, noin 21 000 DALY aiheutuu pienhiukkasista. Kokonaisuudessaan ilmansaasteiden takia menetetään 25 000 elinvuotta 1600 ennenaikaisen kuolemantapauksen takia (Liite 2 Taulukko 17). Keskimäärin kuolemantapauksessa menetetään siis 16 elinvuotta. Tämä arvio sisältää WHO:n Frontier-ennusteen väestön eliniän odotteen kasvusta ja on noin puolitoistakertainen arvioihin, joita Clean Air for Europe – tulosten pohjalta käydyssä keskustelussa käytettiin. Yksilön ja perheen näkökulmastakin näin suuri eliniän menetys on merkityksellinen.

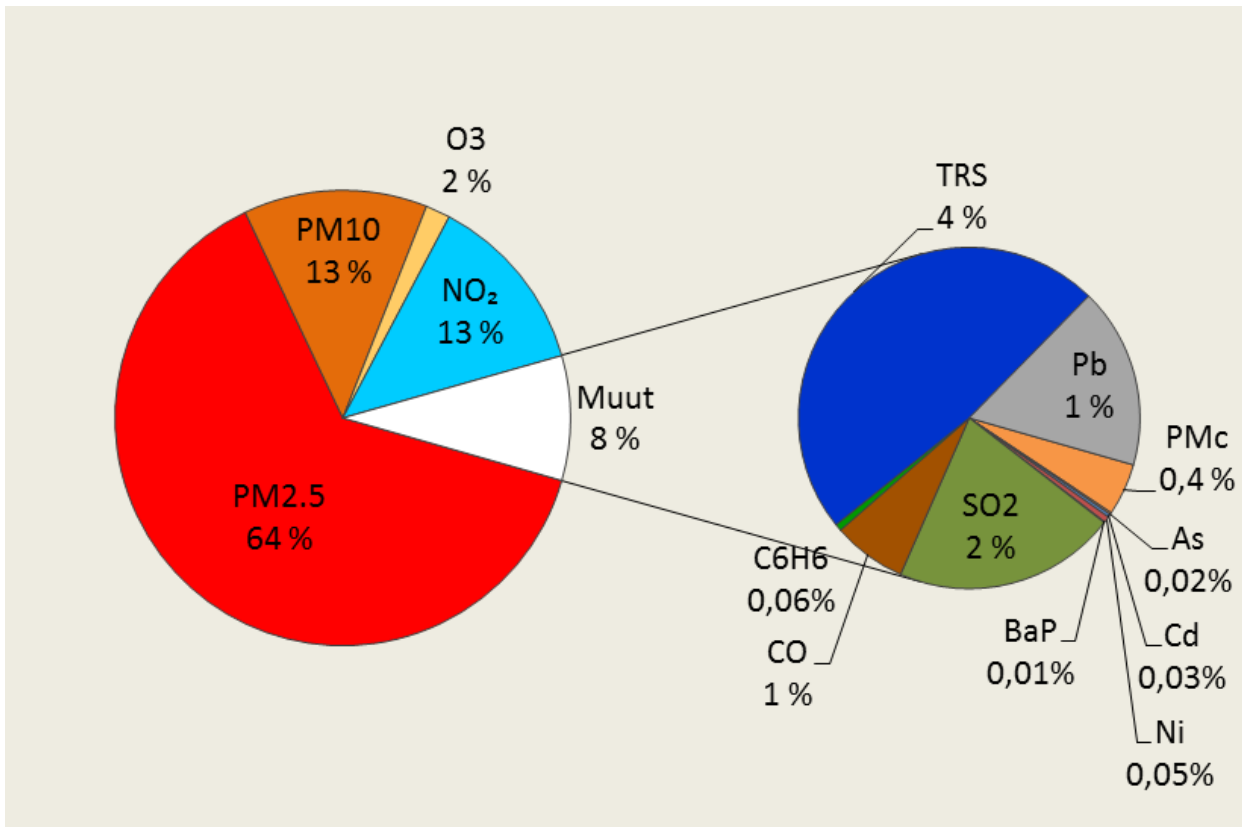
Sairastavuuden vaikutus tautitaakkaan on selvästi pienempi, n. 7 200 DALY (Liite 2 Taulukko 17). Tässäkin pienhiukkasten osuus on suurin, muttei yhtä hallitseva kuin menetettyjen elinvuosien ja kuolleisuuden osalta (hiukan alle 45 %). Tämä sairastavuus tarkoittaa keskimäärin 0,5 elinpäivän menetystä vuodessa. Muunnettuna esim. flunssa- tai astmapäiviksi se vastaa lähes 100 lievää flunssapäivää tai 54 päivää hoidettua astmaa. Terveiden menetys kokonaisina elinpäivinä ei siis ole erityisen suuri, mutta työkyvyn ja hyvinvoinnin kannalta tämänkin suuruksilla menetyksillä saattaa olla huomattava merkitys.

Taulukko 14. Ilmansaasteiden tautitaakka Suomessa vuonna 2013 yhteensä.

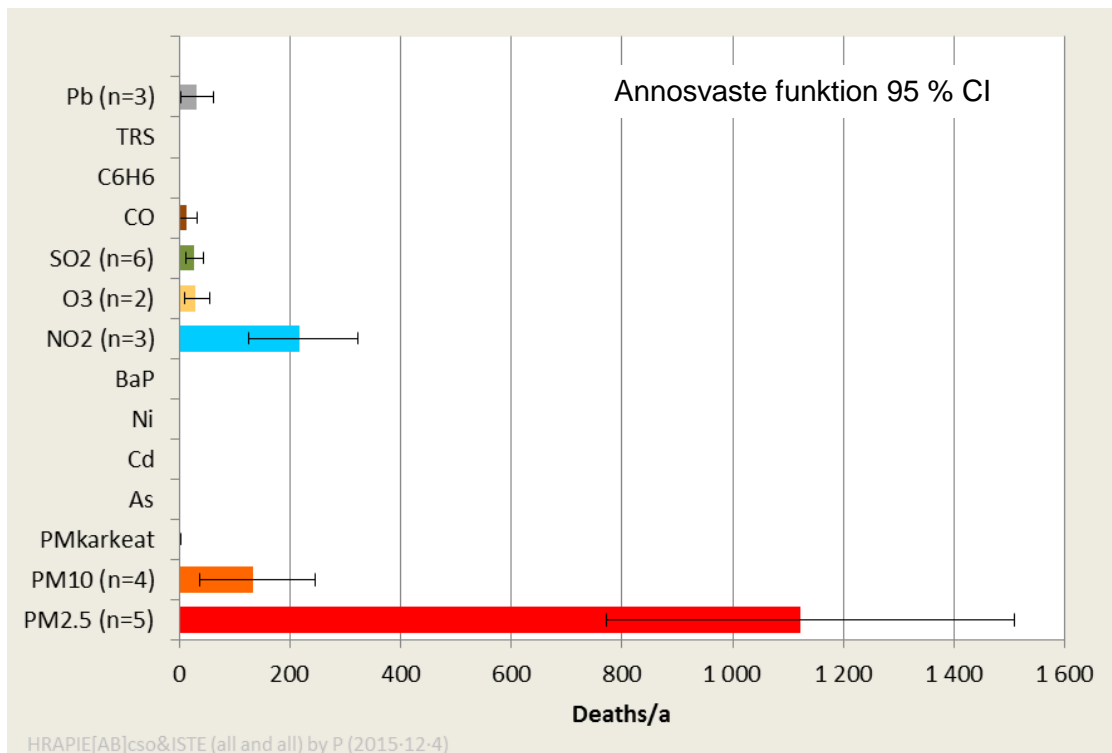
	Haittapainotetut vuodet		Sairastavuus	Menetetyt elinvuodet	Kuolemantapaukset
	DALY	(95 % luottamusväli)	YLD	YLL	kpl
Tautitaakka	33 000	26 000 - 41 000	7 200	26 000	1 600
<i>A: Pääarvio (mukaillen Heroux et al. 2015)</i>					
PM2.5	21 000	15 000 - 27 000	3 200	18 000	1 100
PM10	4 300	1 400 - 7 700	1 900	2 400	130
NO2	4 200	2 600 - 6 100	400	3 800	220
O3	570	250 - 1 000	130	440	29
Yhteensä	30 000	23 000 - 38 000	5 600	25 000	1 500
<i>B: Täydentävä arvio</i>					
PMc	140	14 - 300	30	110	1,2
Pb	520	48 - 990	51	470	32
As	5,6	5,6 - 5,6	0,062	5,6	0,25
Cd	8,8	4,9 - 8,8	0,096	8,7	0,39
Ni	16	0,74 - 16	0,18	16	0,73
BaP	2,4	0,27 - 2,7	0,026	2,4	0,11
TRS	1 400	54 - 3 900	1 400	0	0
SO2	610	310 - 970	140	470	27
CO	200	34 - 510	18	180	13
C6H6	19	9,3 - 33	0,48	19	0,86
Yhteensä	2 900	1 400 - 5 500	1 600	1 300	76

WHO työryhmän suosittelemia annosvastefunktioita käytettiin tässä pääarvion tuottamiseen. Pääarvion sisältämien ilmansaasteiden (PM_{2,5}, PM₁₀, NO₂, O₃) lisäksi suomalaisten altistumista seurataan jollakin tasolla kymmenelle muulle ilmansaasteelle. Näiden vaikutusten suuruusluokkaa arvioitiin pääarvion lisäksi.

Ilmansaasteiden kokonaistautitaakka koostuu arvioinnissa mukana olleiden ilmansaasteiden tautitaakoista epävarmuuksineen (Kuva 16). Ilmansaasteiden tautitaakka jakaantuu hyvin epätasaisesti eri komponenteille (Kuva 15). Pienhiukkaset (PM_{2.5}) aiheuttavat suurimman osan ilmansaasteiden tautitaakasta. Hengitettävien hiukkasten ja typpidioksidin osuudet ovat myös merkittäviä.



Kuva 15. Ilmansaasteiden tautitaakka Suomessa vuonna 2013 (yht. 33 000 DALY). WHO:n suosituksen mukaisen pääarvion osuus on 29 000 DALY (92 %) ja sen lisäksi arvioitujen komponenttien osuus 2900 DALY (8 %).



Kuva 16. Ilmansaastekomponenttien tautitaakat Suomessa vuonna 2013 (suluissa arvioon sisältyvien annosvasteiden määrä).

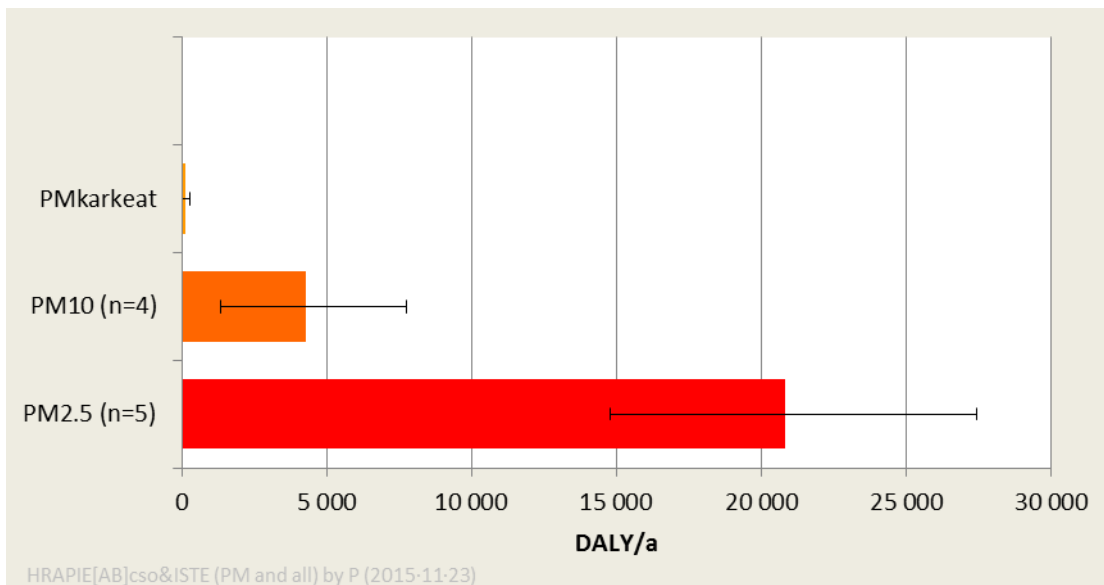
4.2. Pääarvion ja täydennysten vertailu

Pääarvion ilmansaastekomponenttien (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂ ja O₃) aiheuttama tautitaakka on 29 000 DALY vuodessa (Kuva 15). Tämä on 92 % arvioidusta kokonaistautitaakasta. Pääarvion tautitaakasta pienhiukkasten osuus on huomattava (69 %, ks. Liite 2). Hengittävien hiukkasten ja typpidioksidin vaikutukset ovat keskenään lähes yhtä suuret, kun taas otsonin osuus jää vähäisimmäksi huolimatta siitä, että tässä laskelmassa ensimmäistä kertaa arvioidaan Suomelle otsonin vaikutus ennenaikaiseen kuolleisuuteen.

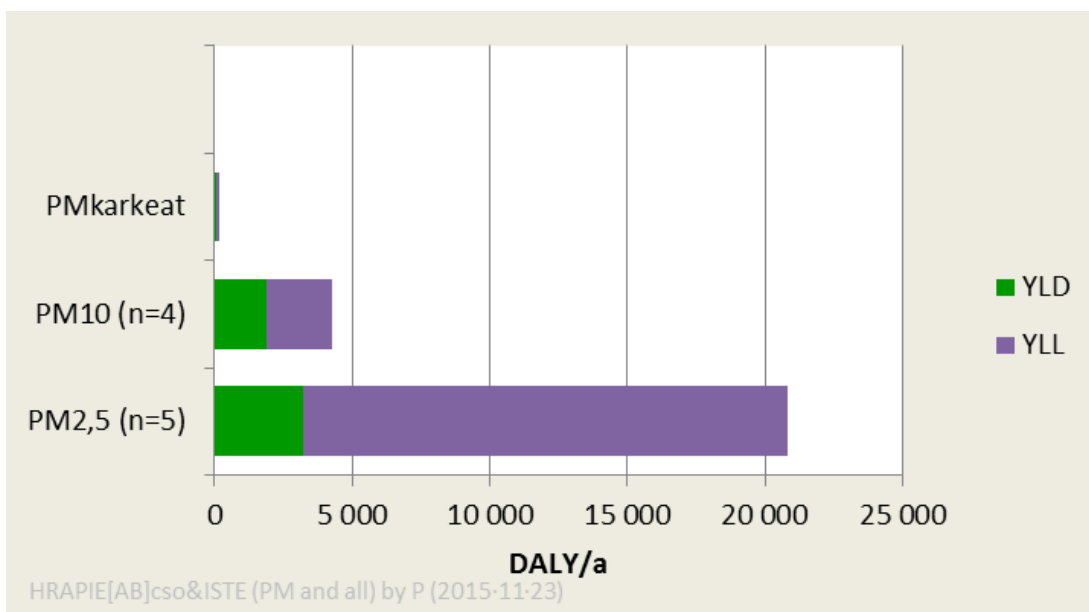
Täydentävän arvion ilmansaastekomponenttien tautitaakka on 2 900 DALY vuodessa, mikä on noin kymmenesosa ilmansaasteiden kokonaistautitaakasta. Täydentävän arvion tautitaakasta suurin osa on haisevien rikkiyhdisteiden, rikkidioksidin ja lyijyn aiheuttamaa. Pienemmän lisän tautitaakkaan tuovat karkeat hiukkaset sekä bentseeni. Loput täydentävän arvion ilmansaasteista aiheuttavat yhteensä vain noin prosentin lisän täydentävän arvion tautitaakkaan. Tähän lisäarvioon liittyy suurempia epävarmuuksia kuin pääarvion tautitaakan arviointiin.

4.3. Hiukkasfraktiot ja niistä analysoidut komponentit

Periaatteessa PM₁₀ mittaukset sisältävät kaikki hiukkasmaiset komponentit joita tässä tarkastellaan (hiukkasmassat PM_{2.5}, PM₁₀ ja PM_c sekä metallit ja PAH yhdisteet). Terveyshaittoja parhaiten kuitenkin selittää PM_{2.5} pitoisuus, jolle tehty arvio on tilastollisesti erittäin merkitsevä ja moninkertainen verrattuna PM10 fraktiolle laskettuihin vaikutuksiin. PM10-fraktioon sisältyvät karkeat hiukkaset eivät juuri tuota lisäarvoa vaikutusarviointiin (Kuva 17). Hiukkasten tautitaakka painottuu selkeästi ennenaikaisten kuolemantapausten takia menetettyihin elinvuosiin (YLL, Kuva 18). Sairastavuuden suhteellinen osuus on korkeampi PM10 fraktiolle kuin pienhiukkasille.

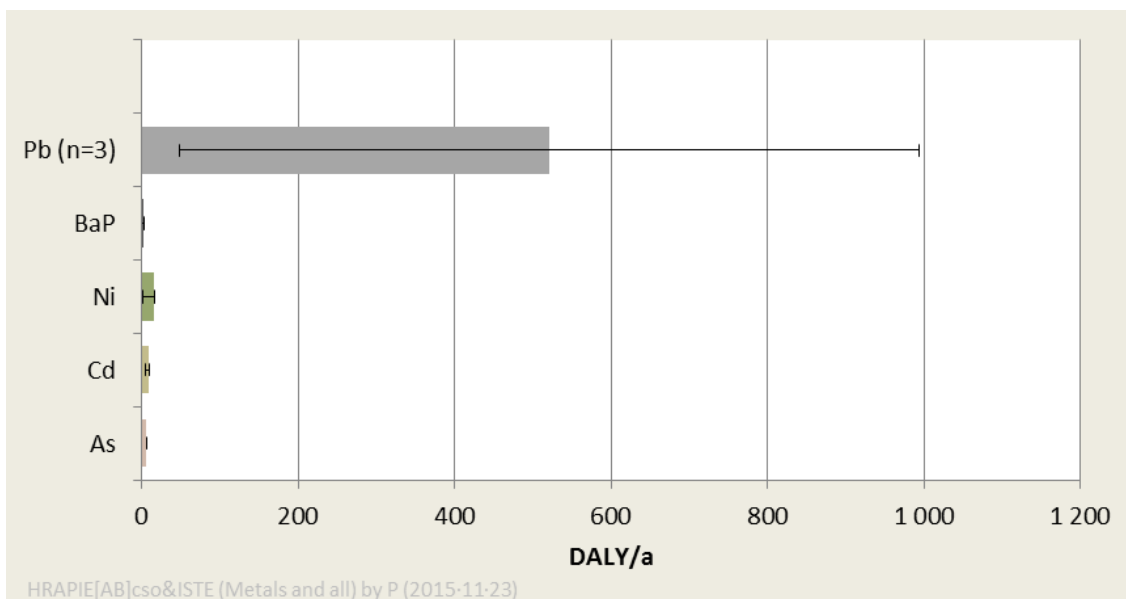


Kuva 17. Hiukkasten aiheuttamat tautitaakat annosvaste funktioiden epävarmuuksilla. Hiukkasmaisten komponenttien kokonaistautitaakka on n. 25 000 DALY.

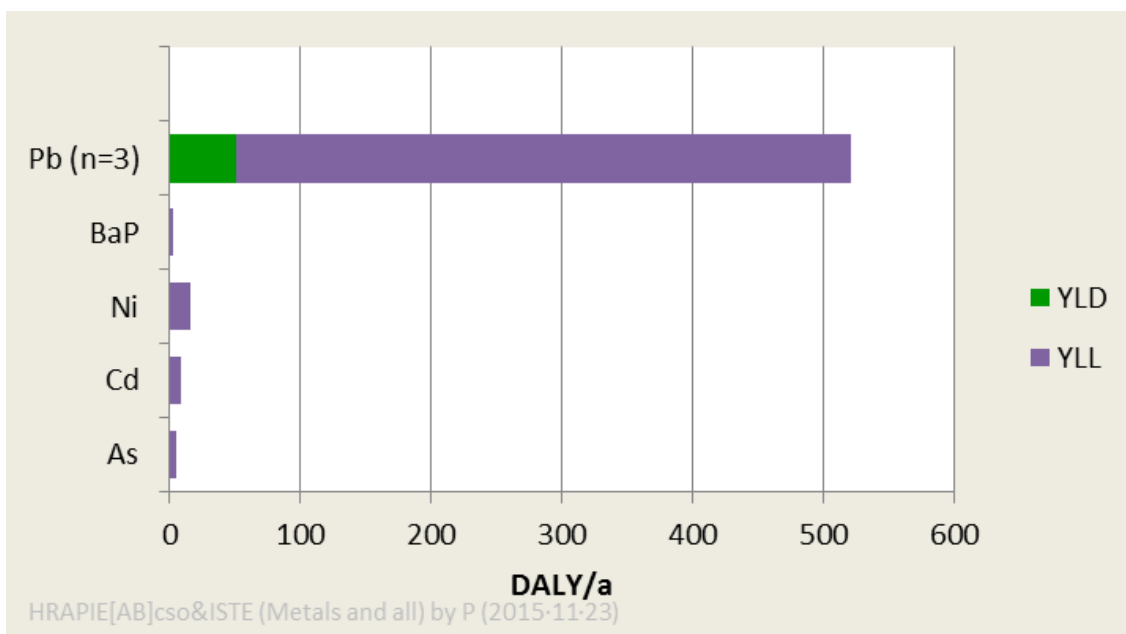


Kuva 18. Hiukkasten aiheuttaman tautitaakan jakautuminen kuolleisuuteen (YLL) ja sairastavuuteen (YLD) Suomessa 2013.

Tarkasteltaessa erikseen hiukkasten sisältämien metallien ja PAH-yhdisteiden vaikutuksia nähdään, että näistä komponenteista merkittävimmäksi nousee lyijy (Kuva 19). Kaikkien näiden komponenttien osalta arvioiden epävarmuudet ovat suuria. Tautitaakka painottuu kaikkien osalta voimakkaasti kuolleisuuteen. Vain lyijyn osalta sairastavuuden osuus on yli 10 % kokonaisvaikutuksesta (Kuva 20).



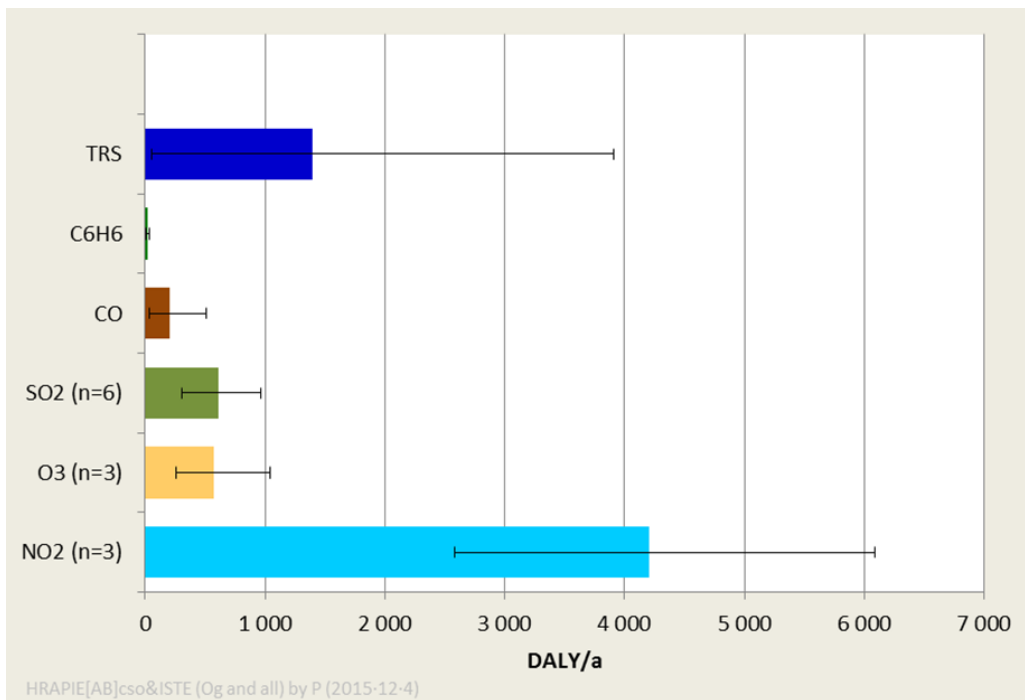
Kuva 19. Metallien ja BaP:n aiheuttamat tautitaakat annosvaste funktioiden epävarmuuksilla



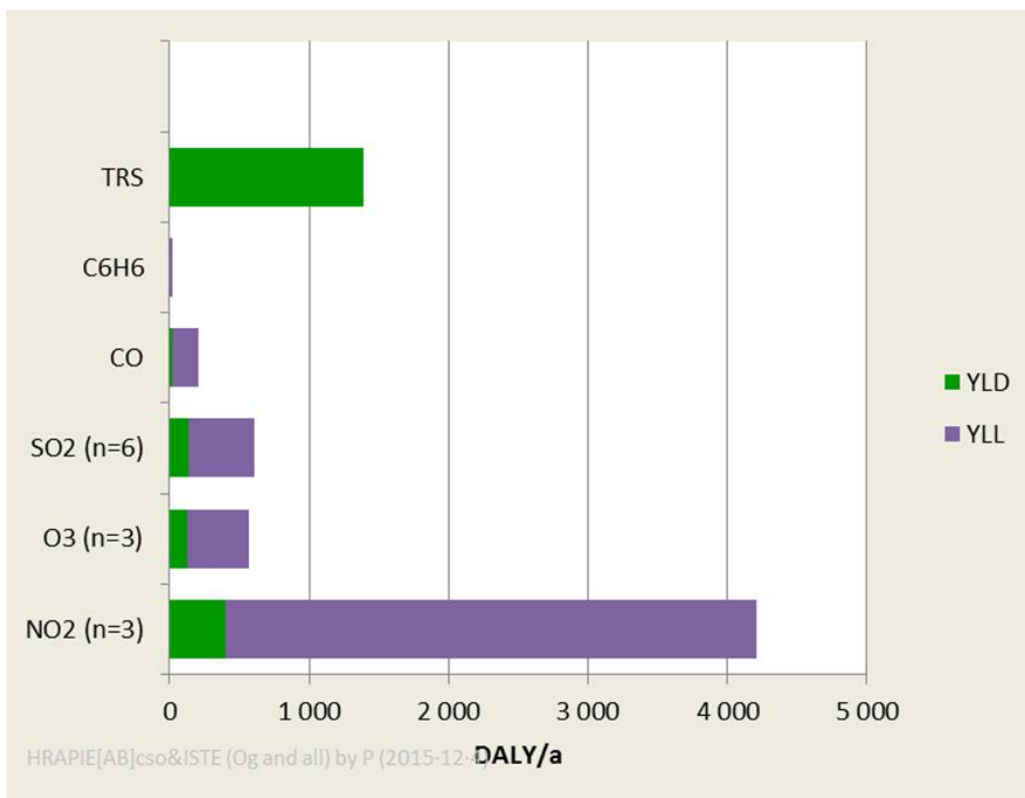
Kuva 20. Metallien ja BaP:n aiheuttamat tautitaakat jaettuina sairastavuuteen(YLD) ja kuolleisuuteen (YLL)

4.4. Kaasumaiset yhdisteet

Kaasumaisten yhdisteiden tautitaakka on yhteensä noin 7 000 DALY. Kaasumaisista komponenteista typpidioksidi on selvästi dominoiva. Sen jälkeen toiseksi nousevat yllättäen haisevat rikkiyhdisteet, joiden arviota on pidettävä varsin epävarmana (Kuva 21). Kolmantena on rikkidioksidi ja vasta neljäntenä aiemmissa arvioissa mukana ollut otsoni. Näin siitä huolimatta, että otsonin osalta nyt ensimmäistä kertaa arvioitiin vaikutus ennenaikaiseen kuolleisuuteen, joka selkeästi nostaa vaikutusestimaattia. Ulkoilman bentseenin ja hiilimonoksidin vaikutukset ovat näihin verrattuna vähäisiä.



Kuva 21. Kaasujen aiheuttamat tautitaakat annosvaste funktioiden epävarmuuksilla



Kuva 22. Kaasujen aiheuttamat tautitaakat jaettuina sairastavuuteen (YLD) ja kuolleisuuteen (YLL)

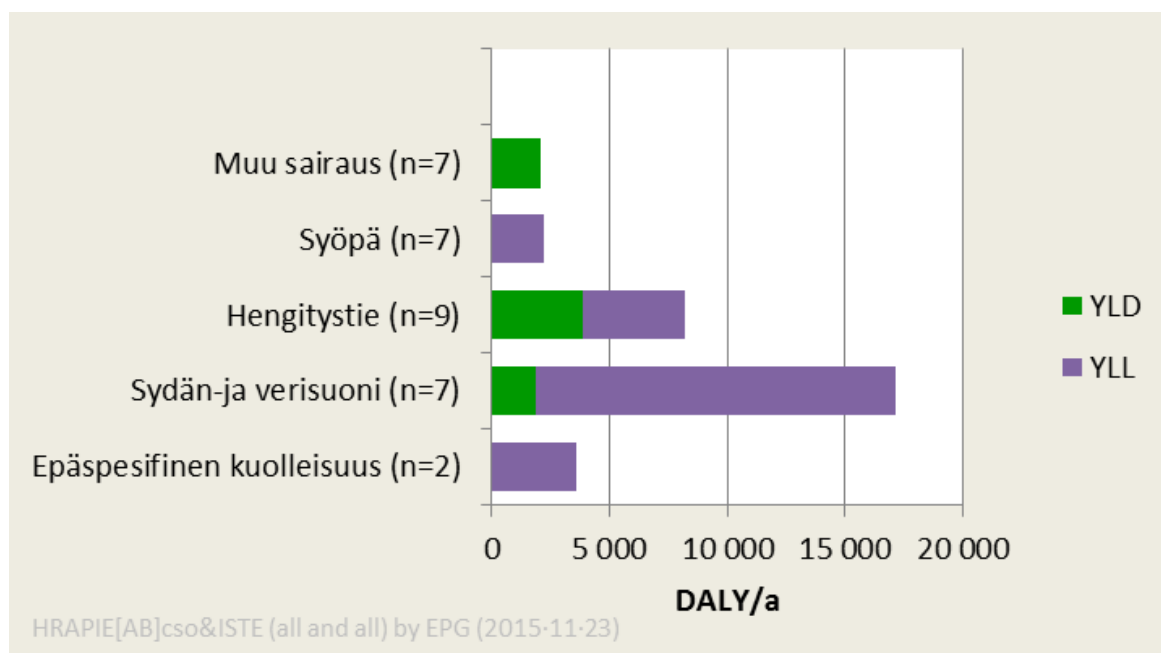
4.5. Tautitaakka sairauksittain, kuolleisuus ja menetetyt elinvuodet

Kokonaisvaikutusten osalta korostuvat toisaalta kuolleisuuden takia menetetyt elinvuodet ja toisaalta sydän- ja verisuonisairaudet, hengityselinsairaudet sekä syövät (Taulukko 15). Tässä arvioidut syövät sisältävät keuhkosityövät ja leukemian. Painottuminen kuolleisuuteen kertoo siitä, että ilmansaasteet vaikuttavat pääosin eliniän lyhenemiseen Suomessa.

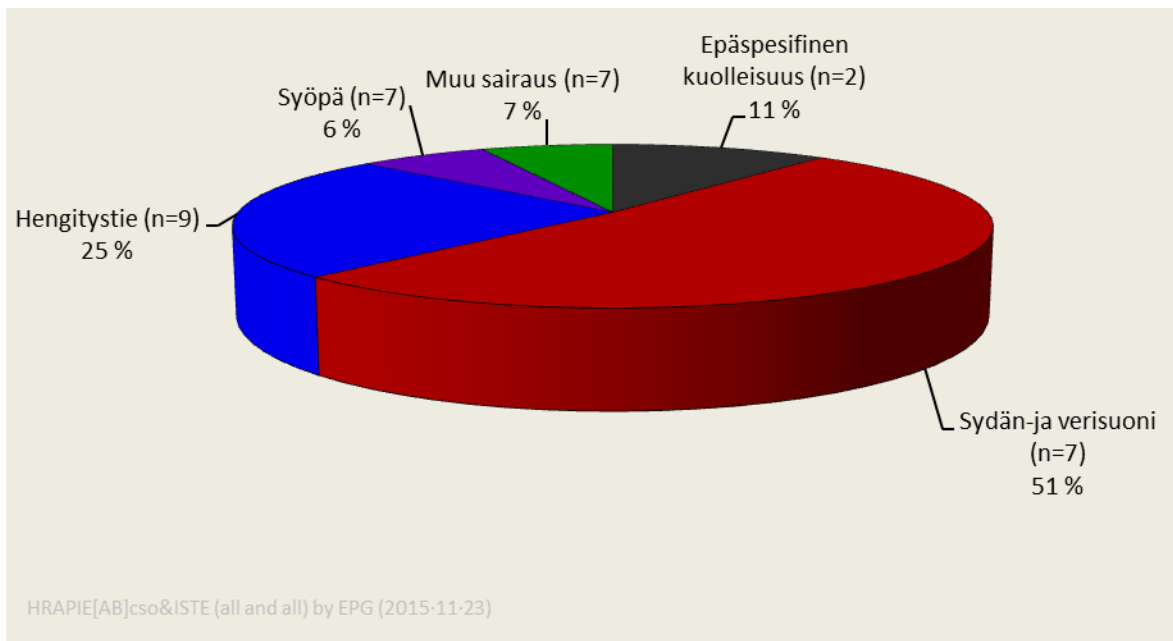
Taulukko 15. Ilmansaasteiden tautitaakka Suomessa vuonna 2013 jaettuna tautiryhmiin.

Tautiryhmä	Tautitaakka (95 % CI)			Sairastavuus (YLD)	Kuolleisuus (YLL)	Kuolemat	Miehet (DALY/a)	Naiset (DALY/a)
Epäspesifinen kuolleisuus (n=2)	3600	2000	5500	0	3600	200	2000	1600
Sydän- ja verisuonitaudit (n=8)	17000	11000	24000	1800	15000	1000	10000	7000
Hengitystie (n=9)	8200	5000	12000	3800	4400	250	4700	3500
Syöpä (n=7)	2200	1400	3100	24	2200	98	1500	690
Muu sairaus (n=6)	1700	310	4200	1500	0	1,6	630	1000
Yhteensä	33000	20000	48000	7200	25000	1600	19000	14000

Esitetyissä tuloksissa epäspesifisen kuolleisuuden osuutta tarkoituksellisesti pienennettiin laskemalla pienhiukkasten ja otsonin kuolleisuusvaikutukset nimenomaan sydän- ja verisuonielimistön ja hengityselimistön sairauksille ja siten jättämällä muihin kuolinsyihin kohdistuvat osuudet pois laskelmasta. Toisin menettelemällä painopiste siirtyisi sydän- ja verisuonielimistön sairauksista osittain epäspesifiseen kuolleisuuteen. Merkillepantavaa kuitenkin on, että vaikka altistuminen ilmansaasteille tapahtuu hengityselimistön kautta, vaikutukset kohdistuvat merkittävästi muihin elinjärjestelmiin (Kuva 23).



Kuva 23. Ilmansaasteiden tautitaakan jakaantuminen sairastavuuteen (YLD) ja kuolleisuuteen (YLL)

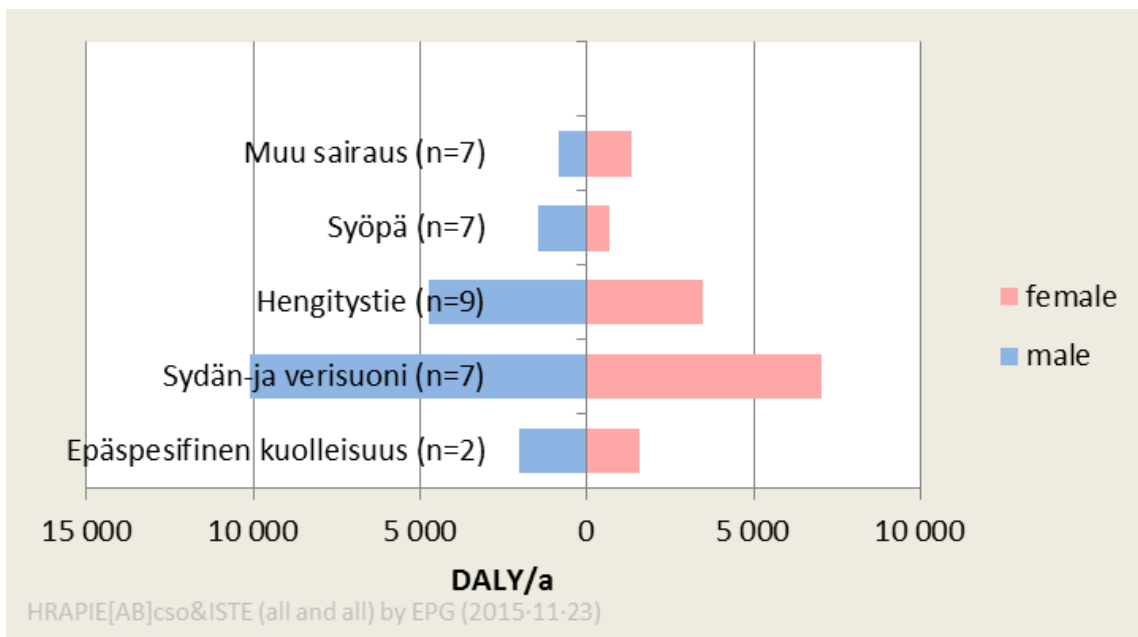


Kuva 24. Ilmansaasteiden tautitaakka (33 000 DALY) Suomessa vuonna 2013 jaettuna tautiryhmiin.

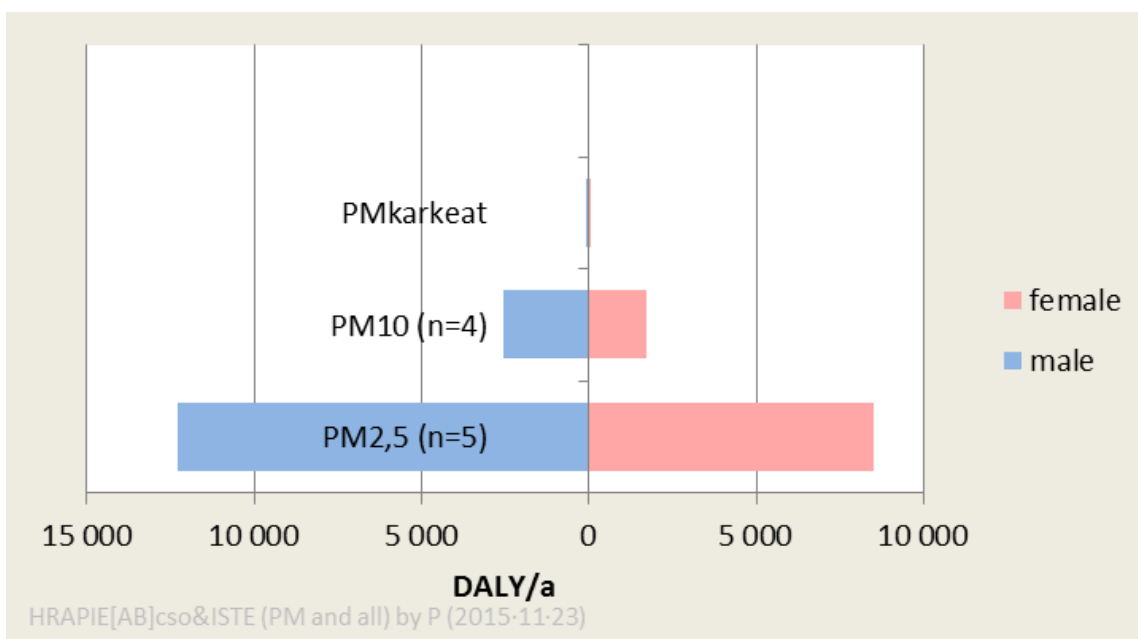
4.6. Miesten ja naisten väliset erot

Tässä työssä ei erikseen arvioitu eroja miesten ja naisten välisessä altistumisessa, tähän ulkoilmanlaadun mittausverkostoon perustuva altistuksen arviointimenetelmä ei anna juuri mahdollisuuksia. Kuitenkin ottamalla huomioon sukupuolten väliset erot sairastavuudessa ja kuolleisuudessa on mahdollista arvioida tautitaakan jakautumisen eroja karkealla tasolla. Kuva 25 osoittaa, että kaikki tautitaakkakomponentit kohdistuvat raskaammin miehiin.

Tärkeimmän altisteryhmän, hiukkasten tautitaakka painottuu myös jonkin verran miehiin johtuen heidän lyhyemmästä eliniänodotteestaan ja korkeammasta sydän- ja verisuoni- sekä keuhkosityöpäkuolleisuudestaan (Kuva 26).



Kuva 25. Ilmansaasteiden tautitaakan jakaantuminen sukupuolten kesken tautiryhmittäin

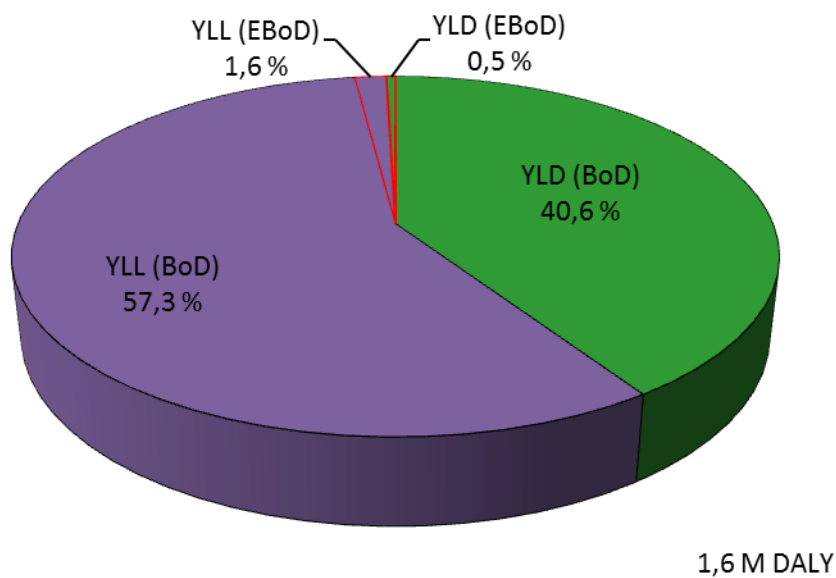


Kuva 26. Hiukkasten aiheuttaman tautitaakan jakautuminen sukupuolittain Suomessa 2013.

4.7. Ilmansaasteiden osuus suomalaisten kokonaistautitaakasta

Mukana olevat terveysvasteet aiheuttavat noin 1/3 osan Suomen kokonaistautitaakasta. Ilmansaasteiden aiheuttamat terveysvasteet ovat kuuluvat pääasiassa ryhmään II. Suurimpia tautiryhmiä, joihin ilmansaasteet vaikuttavat, ovat sydän- ja verisuonitaudit (22 %), hengitystiesairaudet (4 %) sekä keuhkosityöpä (3 %) (Kuva 3).

Yhdistetty arvio ilmansaasteiden aiheuttamasta tautitaakasta Suomessa vuonna 2013 on vähintään 33.000 DALY. Tämä on Suomen vuoden 2012 kokonaistautitaakasta noin 2 % (Kuva 27). Ilmansaasteiden tautitaakka painottuu selvästi kuolleisuuteen, mikä on lähes 80 % ilmansaasteiden koko tautitaakasta.



Kuva 27: Ilmansaasteiden aiheuttaman tautitaakan (EBoD) osuus Suomen kokonaistautitaakasta (BoD)

5 Epävarmuus- ja herkkyystarkastelut

Ilma sisältää useita eri saastekomponentteja, jolle altistuminen tapahtuu samanaikaisesti. Osa ilmansaasteiden pitoisuuksista korreloi keskenään, jolloin on vaikeaa arvioida, mistä altisteesta kukin terveystavaste varsinaisesti aiheutuu. Kyseistä ongelmaa voidaan kutsua sekoittavaksi vaikutukseksi (confounding effect). Tällöin sama terveystavaste voidaan katsoa virheellisesti useamman altisteen aiheuttamaksi ja laskea kyseinen terveystavaste useampaan kertaan mukaan tautitaakkaan, jolloin tehdään päällekkäislaskentaa (double counting). Terveystavasteiden päällekkäisyyttä voi aiheutua myös silloin, kun jokin altiste sisältyy myös jonkin muun altisteen mittaukseen. Mittausten päällekkäisyyttä tapahtuu etenkin hiukkaskomponenttien ja typenoksidien kohdalla.

Hiukkasista tärkeimmät terveystavasteet on tutkittu olevan PM_{2,5}-hiukkasilla. PM₁₀-hiukkasen mittauksessa mitataan myös PM_{2,5}-hiukkaset, jolloin PM₁₀-hiukkasten terveystavasteissa on mukana myös PM_{2,5}-hiukkasista aiheutuvia terveystavasteita. Tästä syystä on otettu käyttöön karkeat hiukkaset -termi, jolla kuvataan niitä hiukkasia, jotka ovat halkaisijaltaan pienempiä kuin 10 µm mutta suurempia kuin 2,5 µm.

Tässä hankkeessa mukana oli myös hiukkasiin sitoutuvia metalleja (Pb, Ni, Cd) sekä puolimetalli (As). Suomessa näitä komponentteja oli mitattu PM₁₀-hiukkasista, jolloin voitaisiin teoriassa olettaa kyseisten komponenttien terveystavasteiden näkyvän PM₁₀-hiukkasten terveystavasteita laskiessa. Epäselvää kuitenkin on, minkä kokoihiin hiukkasiin nämä komponentit ovat sitoutuneet ja missä suhteessa. Terveystavasteiden kannalta olisi kiinnostavaa mitata näitä erityisesti PM_{2,5} fraktiosta.

Typidioksidi ja typenoksidit korreloivat liikenteen päästöjen kanssa ja niiden terveystavasteiden arviointiin liittyy sekoittavia tekijöitä. Heroux ym. (2015) arvioivat typidioksidin pitkäaikaisvaikutusten mahdollisesti olevan päällekkäisiä pienhiukkasten terveystavasteiden kanssa 33 %:iin asti (Heroux ym. 2015).

Ilmansaasteiden tautitaakka painottuu näiden tulosten mukaan kuolleisuuteen. Tautitaakan arvioinnissa sairastuvuuskomponentti voi tosin olla aliarvioitu. Siinä missä kuolemat tulevat Suomessa käytännössä aina rekisteriin, on tilanne sairauksien osalta eri. Pääasiassa tiedetään vain diagnosoidut sairaudet ja sairaalakäynnit, eikä pienempiä ärsytysoireita tai esimerkiksi päänsärkyjä ole tilastoissa. Lievät sairastelut eivät ole vakavia, mutta ne voivat yleisyytensä vuoksi olla merkittävässä osassa tautitaakkaa.

5.1. Vertailu EEA:n uusimpaan arvioon

Euroopan ympäristökeskus (EEA) arvio Ilmanlaatu Euroopassa 2014 -raportissaan (EEA 2015) ennakkoarvioita menetetyt elinvuodet (YLL) ja ennakkoarvioita kuolemantapausten lukumäärät pienhiukkasille (PM_{2,5}), hengitettävälle hiukkasille (PM₁₀), otsonille (O₃) sekä typidioksidille (NO₂). EEA:n arviot ovat suuruusluokaltaan pienhiukkasten osalta yhteneväisiä ISTE-projektin tuloksiin. ISTE-projektin arvio oli kuitenkin EEA:n arvioita pienempi, mikä on seurausta siitä, että ISTE-projektissa epäspesifisen kuolleisuuden sijaan käytettiin luonnollisen kuolleisuuden avulla arvioituja spesifisiä kuolleisuuksia. Alkuperäisen WHO suosituksen mukaan laskettuna arvio olisi hieman suurempi kuin EEA:n mukainen arvio (Taulukko 16).

Taulukko 16. Vertailu EEA:n ja ISTE:n arvioista ilmansaasteiden terveyshaitoista Suomessa.

Altiste	EEA 2015			ISTE 2015				ISTE 2015*		
	Pitoisuus ($\mu\text{g m}^{-3}$)	YLL/a	Kuolemat /a	Pitoisuus ($\mu\text{g m}^{-3}$)	YLD/a	YLL/a	Kuolemat /a	YLD/a	YLL/a	Kuolemat /a
PM _{2.5}	7,1	20 800	1 900	6,8	3 200	18 000	1 100	640	34 400	2 000
O ₃ (SOMO35)	1650	700	60	1640	130	440	29	32	1 100	62
NO ₂	10,1	0	0	9,9	400	3 800	220	-	-	-

*Arvot laskettu käyttäen epäspesifiä kuolleisuutta

Myös otsonin osalta EEA:n arvio oli hieman suurempi kuin ISTE-projektin mukainen arvio (Taulukko 16). ISTE-projektin arvioissa myös otsonille on käytetty syyspesifistä kuolleisuutta epäspesifisen kuolleisuuden sijaan, mikä on pienentänyt otsonin tautitaakkaa. Laskemalla otsonin tautitaakka käyttäen syyspesifistä kuolleisuutta päädytään lähes samaan kuolemantapausten lukumäärään kuin EEA:n arvioissa. Kuitenkin otsonin ja pienhiukkasten kohdalla epäspesifistä kuolleisuutta käyttämällä päädytään huomattavasti suurempiin arvioihin ennen aikaisesti menetettyjen elinvuosien suuruudesta.

EEA:n arvioissa typidioksidilla ei katsottu olevan vaikutuksia kuolleisuuteen, sillä käytettyjen WHO:n suositusten (WHO 2013d) mukaisesti otettiin huomioon vain yli 20 $\mu\text{g m}^{-3}$ pitoisuudet. Tätä kynnystasoa on kuitenkin kritisoitu ja HRAPIE-projektissa (Heroux ym. 2015) esitettiin annos-vaste funktiot typidioksidille kynnystasolla ja ilman. ISTE-projektissa käytettiin typidioksidille HRAPIEn estimaattia, jossa kynnystasoa ei ollut (Taulukko 16).

5.2. WHO:n suosituksen mukaiset ja lisäkomponentit

WHO:n REVIHAAP- ja HRAPIE-työryhmät kokosivat ja arvioivat vuoteen 2011 mennessä ilmestyneet tutkimukset ja niiden pohjalta antoivat uudet suositukset ilmansaasteiden riskinarvioinnissa huomioitaviksi komponenteiksi ja terveystavteiksi (Heroux ym. 2015). Samalla otettiin erityisesti kantaa vaikutusten additiivisuuteen, ts. mitkä vaikutukset voidaan laskea mukaan ilmansaasteiden kokonaistautitaakkaan. Aiemmin lähinnä pienhiukkasia on käytetty ilmansaasteiden indikaattorina ja kun mukaan otetaan pienhiukkasten kanssa päällekkäisiä altistuksia kuten PM₁₀ tai niiden kanssa samoista lähteistä olevia ilmansaasteita kuten NO₂, joudutaan lisäksi pohtimaan sitä, ovatko havaitut terveystavteiden assosiaatiot kausaalisia vai tilastollisia. Tässä esitetyissä laskelmissa otettiin nämä kansainvälisen korkean tason työryhmän suositukset laskelmien lähtökohdaksi.

Suhteellisen luotettavina pidettävät WHO suosituksen mukaiset terveystavteet dominoivat arvioitua ilmansaasteiden kokonaistautitaakkaa (30 000 DALY, 92 %).

Huomattavasti merkittävämpiä epävarmuuksia sisältyy WHO-työryhmän suositusten lisäksi arvioituihin komponentteihin. Näitä ovat siis hiukkasmaisista aineista karkeat hiukkaset PM_c, hiukkasten kemialliset komponentit PAH (BaP) ja raskasmetallit (As, Cd, Ni, Pb) ja kaasumaisista yhdisteistä SO₂, CO, bentseeni ja haisevat rikkiyhdisteet, jotka yhdessä tuottivat 2900 DALY:n tautitaakan vastaten 8 % kokonaisarviosta. Epävarmojen komponenttien tautitaakassa erityisesti haisevat rikkiyhdisteet ovat merkittävässä roolissa.

Lyijyn osalta ilmassa havaitun lyijyn ja väestön kokonaisaltistuksen suhde huomioitiin tässä työssä puutteellisesti. Arvioinnista puuttuu ravinnon kautta saatu lyijy eikä tässä työssä pystytty arvioimaan Suomessa ilmassa leviävän lyijyn vaikutusta ravinnon kontaminoitumiseen.

Täydentävät

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä työssä päivitettyjen ja täydennettyjen laskelmien mukaan ilmansaasteiden aiheuttama terveyshaitta Suomessa on yhteensä 33 000 DALY/a vuoden 2013 altistustilanteessa. Haitasta suurin osa aiheutuu pienhiukkasista (64 %), hengitettävistä hiukkasista (13 %) ja typen oksideista (13 %). Ilmansaasteiden tautitaakka koostuu ennenaikaisen kuoleman takia menetetyistä elinvuosista (26 000 YLL) ja sairastavuuden takia menetetyistä terveistä elinvuosista (7 200 YLD). Yhteensä ilmansaasteiden arvioitiin aiheuttavan 1 600 kuolemantapausta vuonna 2013, jolloin keskimäärin yhdessä kuolemantapauksessa menetettiin 16 elinvuotta.

Koko väestön tasolla tautitaakka vastaa kahta elinpäivää vuodessa. Vastaava tautitaakka syntyisi siis jos kaikkien elinikä lyhenisi kahdella päivällä vuotta kohti. Keskimäärin koko väestössä tämä tarkoittaisi eliniän lyhenemistä noin viidellä kuukaudella. Kun katsotaan tarkemmin nimenomaan sairastamisen vaikutuksia, kokonaishaitta 7200 YLD vastaa keskimäärin päiviksi muutettuna 0,48 DALD¹. Tavallisiin sairauksiin verrattuna tämä merkitsee esim. 54 päivää hoidettua astmaa vuodessa tai 97 päivää lievää flunssaa. Näin arvioituna ilmansaasteiden vaikutus sairastavuuteen ei ole dramaattinen, mutta kuitenkin tekijä, joka vaikuttaa väestön työkykyyn, hoidontarpeeseen, lisää lääkityksen käyttöä ja alentaa hyvinvointia.

Laskelman pääarvio perustuu WHO:n äskettäin julkaisemiin kansainvälisen työryhmän suosituksiin, joiden mukaisesti pienhiukkasten annosvastefunktiot päivitettiin. WHO:n Global Health Estimates menetelmäpäivitysten mukaisesti laskelmassa luovuttiin aiemmin käytetyistä diskonttauksesta ja ikäpainotuksista, joka johtaa lukuarvojen suurentumiseen vaikka pienhiukkasten altistustasot ovat hiljalleen laskeneet noin prosentin vuodessa.

WHO:n suosituksen mukaiseen pääarvioon sisältyvien ilmansaasteiden (PM_{2,5}, PM₁₀, O₃ ja NO₂) tautitaakaksi arvioitiin tässä 30 000 DALY vuodessa. Uutena vaikutuksena huomioitiin nyt ensimmäistä kertaa otsonille ennenaikaiset kuolleisuusvaikutukset (ns. krooninen kuolleisuus). Tämä tekijä noin kaksinkertaistaa otsonin aiheuttaman tautitaakan. Lisäyksestä huolimatta otsoni jäi pääarvion pienimmäksi riskitekijäksi.

Uutena komponenttina aiemmin vain hiukkaset (PM_{2,5} ja PM₁₀) ja otsonin sisältäneisiin arvioihin otettiin mukaan typpidioksidi (NO₂), jonka kuolleisuusvaikutuksista on laaja epidemiologinen näyttö. Typpidioksidin vaikutuksen arvioitiin olevan samaa suuruusluokkaa kuin PM₁₀ hiukkasten osuus hiukkasista yhteensä. Tässä vertailussa on kuitenkin huomioitava, että PM₁₀ ja PM_{2,5} mittaukset ovat merkittävältä osin päällekkäisiä.

Tässä laskettu arvio perustuu vuoden 2013 pitoisuustietoihin, jotka ovat 0,5 – 1,0 µg m⁻³ alhaisempia kuin vuosien 2012 tai 2014 pitoisuudet. Siten esitetyt tulokset aliarvioivat altistusta noin 5 % kolmen vuoden liukuvaan keskiarvoon verrattuna. Kun otetaan huomioon pienhiukkasten laskutrendiksi arvioitu 1 %/a, voidaan ajatella, että tässä laskettu vaikutusarvio kuvaa altistusta noin vuoden 2018 tilanteessa. Samaan aikaan väestön ikääntyminen jatkuu, jonka arvioidaan mm. lisäävän kuolleisuutta noin 10 % vuoteen 2040 mennessä.

Verrattuna EEA:n uusimpiin arvioihin koskien vuodelle 2014 laskettuja menetettyjä elinvuosia (YLL) voidaan todeta, että arvot ovat samaa suuruusluokkaa. EEA ei raportoinut sairastavuuskomponenttia (YLD).

Arvioitu tautitaakka on suuruusluokaltaan noin kaksinkertainen liikenneonnettomuuksiin verrattuna. Liikenneonnettomuuksissa menetettyjen elinvuosien määrä on suurempi kuin ilmansaasteiden aiheuttamassa kuolleisuudessa (44 vs. 16 vuotta per kuolemantapaus). Kuolemantapausten lukumäärä on ilmansaasteille kuitenkin lähes seitsemänkertainen (1600 vs. 235 kuolemantapausta). Siten ilmansaasteiden vaikutus terveyteen on Suomessakin varteenotettava riskitekijä, joka tulisi ottaa huomioon turvallista ja terveellistä elinympäristöä kehitettäessä.

¹ Disability adjusted life days; DALY muunnettuna päiviksi pienten lukuarvojen havainnollistamiseksi; = DALY/365

Kirjallisuusviitteet

- Asikainen A., Hänninen O. ja Pekkanen J. Ympäristöaltisteisiin liittyvä tautitaakka Suomessa. *Ympäristö ja Terveys* (44) 5/2013 s. 68-74.
- Bickel, P., Friedrich, R., Droste-Franke, B., Bachmann, T. M., Gressmann, A., Rabl, A., ... & Tidblad, J. (2005). *ExternE Externalities of Energy Methodology 2005 Update*.
- Brandt, J., Silver, J. D., Christensen, J. H., Andersen, M. S., Bønløkke, J. H., Sigsgaard, T., ... & Frohn, L. M. (2013). Contribution from the ten major emission sectors in Europe and Denmark to the health-cost externalities of air pollution using the EVA model system—an integrated modelling approach. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(15), 7725-7746.
- EEA 2015. *Air Quality in Europe – 2015 report*, EEA Report NO 5/2015, European Environment Agency.
- EPA 2015. United States Environmental Protection Agency: Nitrogen Dioxide. (Päivitetty 10.9.2015) <http://www3.epa.gov/airquality/nitrogenoxides/health.html>
- Bickel, P., Friedrich, R., Droste-Franke, B., Bachmann, T. M., Gressmann, A., Rabl, A., ... & Tidblad, J. (2005). *ExternE Externalities of Energy Methodology 2005 Update*.
- IHME 2015. Institute for Health Metrics and Evaluation: Air pollution. (viitattu 25.9.2015) <http://www.healthdata.org/air-pollution>
- Héroux, M. E., Anderson, H. R., Atkinson, R., Brunekreef, B., Cohen, A., Forastiere, F., Hurlley, F., Katsouyanni, K., Krewski, D., Krzyzanowski, M., Künzli, N., Mills, I., Querol, X., Ostro, B., & Walton, H. Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project. *International Journal of Public Health*, 619-627.
- Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, Peters A, Ostro B, Brunekreef B, & Kaufman JD, 2013. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environ Health*, 12(1), 43.
- Hosseinpoor AR, Forouzanfar MH, Yunesian M, Asghari F, Naieni KH, & Farhood D, 2005. Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran, Iran: a time-series study. *Environmental Research*, 99(1), 126-131.
- Hurlley F, Hunt A, Cowie H, Holland M, Miller B, Pye S, Watkiss P, 2005. Methodology Paper (Volume 2) for Service Contract for carrying out cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the clean air for Europe (CAFE) programme. AEA Technology Environment, 133 pp. http://ec.europa.eu/environment/archives/air/cafepdf/cba_methodology_vol2.pdf (accessed 7 July 2009).
- Hänninen O, Leino O, Kuusisto E, Komulainen H, Meriläinen P, Haverinen-Shaughnessy U, Miettinen I, Pekkanen J, 2010. Elinympäristön altisteiden terveysvaikutukset Suomessa. *Ympäristö ja Terveys* 3:12-35. <http://www.julkari.fi/handle/10024/99682> Hänninen O, Knol A (eds.), Jantunen M, Kollanus V, Leino O, Happonen E, Lim T-A, Conrad A, Rappolder M, Carrer P, Fanetti A-C, Kim R, Prüss-Üstün A, Buekers J, Torfs R, Iavarone I, Comba P, Classen T, Hornberg C, Mekel O, 2011. European perspectives on Environmental Burden of Disease; Estimates for nine stressors in six countries. *THL Reports* 1/2011, Helsinki, Finland. 86 pp + 2 appendixes. ISBN 978-952-245-413-3. <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/b75f6999-e7c4-4550-a939-3bccb19e41c1> (accessed 2011-03-23).
- Hänninen O, Knol A, Jantunen M, Lim T-A, Conrad A, Rappolder M, Carrer P, Fanetti A-C, Kim R, Buekers J, Torfs R, Iavarone I, Classen T, Hornberg C, Mekel O, and the EBoDE Group, 2014. Environmental burden of disease in Europe: Assessing nine risk factors in six countries. *Environmental Health Perspectives*: 439-446. DOI:10.1289/ehp.1206154 <http://ehp.niehs.nih.gov/1206154/> (accessed 2014-05-05)
- Korhonen A, Asikainen A, Rumrich I, Hänninen O, 2015. Ilmansaasteiden altistustasot Suomessa. *ISTE-raportti, Terveysten ja hyvinvoinnin laitos*. 50 ss.+ liitteet.
- Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G, Shibuya K, Adair-Rohani H, et al. 2012. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 380(9859):2224–2260.
- Pekkanen J, 2010. Elin- ja työympäristön riskit Suomessa. *Ympäristö ja Terveys* 3:4-5.
- Pekkanen J., Hänninen O., Karjalainen A., Kauppinen T., Komulainen H., Kurtio P., Kuusisto E., Leino O. ja Priha E. Elin- ja työympäristön altisteet ja terveys Suomessa – Käytetyt menetelmät. *Ympäristö ja Terveys* (41) 3/2010 s. 6–11.
- Steenland K. & Armstrong B, 2006. An Overview of Methods for Calculating the Burden of Disease Due to Specific Risk Factors. *Epidemiology*, 5(17), 512-519.
- WHO, 2013a. World Health Organization methods and data sources for global burden of disease estimates 2000-2011. *Global Health Estimates Technical Paper WHO/HIS/HSI/GHE*.
- WHO, 2013b. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report. WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, WHO Regional Office for Europe. 309 pp. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/19310/8/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf (accessed 2013-12-17)
- WHO, 2013c. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen. 60 pp. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/23895/6/Health-risks-of-air-pollution-in-Europe-HRAPIE-project-Recommendations-for-concentrationresponse-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide.pdf
- WHO, 2013d, Health risks of air pollution in Europe — HRAPIE project. New emerging risks to health from air pollution — results from the survey of experts, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO, 2015. Health statistics and information systems. Disease burden estimates. Online data files from http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/index2.html

Liitteet

LIITE 1. Amosvastefunktiot (CR-ID).

LIITE 2 Lisäkuvat ja YLD/YLL/kuolemantapaukset erittely

Kirjallisuuskatsauksessa identifioidut annosvaste-funktiot ilmaansaasteittain.

CR-ID	Pol.	GHE	Health endpoint	Age group	Measurement (if not annual)	Type	Unit	Central	Lower	Upper	Ctyp	Reference
1	PM2.5	0-151m	Mortality (natural)	30 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,062	1,04	1,083	1A	Heroux et al. 2015
2	PM2.5	0+110+1	Mortality, cerebrovascular disease, ischaen	30 - 120		RR	10 µg m ⁻³				1A	IHME (2013) (Heroux et al. 2015)
3	PM2.5	110	CVDs (includes stroke), hospital admissions	0 - 120	Daily mean	RR	10 µg m ⁻³	1,0091	1,0017	1,0166	1A	Heroux et al. 2015
4	PM2.5	117	Respiratory diseases (hospital admissions)	0 - 120	Daily mean	RR	10 µg m ⁻³	1,019	0,9982	1,0402	1A	Heroux et al. 2015
5	PM2.5	RAD	RADs (Restricted Activity Days)	0 - 120	2-week average, converted to 2.5, a	RR	10 µg m ⁻³	1,047	1,042	1,053	1B	Heroux et al. 2015
6	PM2.5		Work days lost	20 - 65	2-week average, converted to 2.5, a	RR	10 µg m ⁻³	1,046	1,039	1,053	1B	Heroux et al. 2015
7	PM2.5	0m	Mortality (all-cause)	0 - 120	Daily mean	RR	10 µg m ⁻³	1,0123	1,0045	1,0201	1A	Heroux et al. 2015
8	PM2.5	0m	Mortality (all-cause)	0 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,06	1,04	1,08	1A	Hoek et al 2013
9	PM2.5	110+80	CVDs and diabetes	30 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,12	1,08	1,15	1A	Pope et al 2004
10	PM2.5	110+117	Cardiopulmonary (mortality)	30 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,09	1,03	1,16	1A	Pope et al 2002
11	PM2.5	110+117	Cardiopulmonary (mortality)	30 - 120		RR	1 µg m ⁻³	1,0077	1,002	1,0132	1A	Pope et al 2002 (Hänninen and Knol 2011)
12	PM2.5	118	Chronic bronchitis (incidence)	27 - 120		UR	1 µg m ⁻³	5,33E-05	1,7E-06	0,000113	2A	Hurley et al., 2005 (Hänninen and Knol 2011)
13	PM2.5	RAD	RADs (Restricted Activity Days)	15 - 64		UR	1 µg m ⁻³	0,0902	0,0792	0,101	2B	Hurley et al., 2005 (Hänninen and Knol 2011; Tainio 2015)
14	PM2.5	114	Covert brain infarcts	0 - 120		OR	2 µg m ⁻³	1,46	1,1	1,94	1A	Wilker et al. 2015
15	PM2.5	68	Lung cancer (mortality and morbidity)	0 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,0723	1,0148	1,1331	1A	Yang et al., 2015
16	PM2.5	68	Lung cancer	30 - 120		RR	1 µg m ⁻³	1,012	1,004	1,02	1A	Pope et al., 2002 (Hänninen and Knol 2011)
17	PM2.5	99+100	Headache, outpatient department visits	0 - 120	Cold days (<23°C) 24-h average	OR	17,5 µg m ⁻³	1,03	1,01	1,05	1A	Chang et al., 2015
18	PM2.5	0-151m	Mortality (natural)	0 - 120		HR	5 µg m ⁻³	1,07	1,02	1,13	1A	Beelen et al., 2014
19												
20												
21												
22	PM10	119	Asthma symptoms in asthmatic children, in	5 - 19	Daily mean	RR	10 µg m ⁻³	1,028	1,006	1,051	1A	Heroux et al. 2015
23	PM10	0m	Postneonatal infant mortality (all-cause)	0,08 - 1		RR	10 µg m ⁻³	1,04	1,02	1,07	1A	Heroux et al. 2015
24	PM10	118	Prevalence of bronchitis	6 - 12		RR	10 µg m ⁻³	1,08	0,98	1,19	1A	Heroux et al. 2015
25	PM10	118	Incidence of chronic bronchitis	18 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,117	1,04	1,189	1A	Heroux et al. 2015
26	PM10	117+38	Respiratory, hospital admissions	0 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,009	1,007	1,01	1A	Hurley et al., 2005 ja IOM, 2011 (Sarigiannis et al., 2015)
27	PM10	110	Cardiac, hospital admissions	0 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,006	1,003	1,009	1A	Hurley et al., 2005 ja IOM, 2011 (Sarigiannis et al., 2015)
28	PM10	68	Lung cancer, mortality/incidence	0 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,08	1	1,17	1A	Hamra et al. 2014
29	PM10	39	Pneumonia	0 - 3		OR	10 µg m ⁻³	1,76	1	3,09	1A	MacIntyre et al., 2014
30	PM10	118	COPD, lääkettä käyttö, 3-5 päivän lag	18 - 120	lag 3-5 days	RR	10 µg m ⁻³	1,009	1,001	1,018	1A	Carlsen et al 2012
31	PM10	114	Stroke (mortality)	0 - 120	2 days moving average	RR	10 µg m ⁻³	1,0054	1,0028	1,0081	1A	Chen et al 2013
32	PM10	118	Incidence of chronic bronchitis	27 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,265	0,981	1,541	1A	Hurley et al., 2005
33	PM10	117+38	Respiratory, hospital admissions	0 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,0703	1,0383	1,103	1A	Hurley et al., 2005
34												
35												
36	PMc	110	CVDs, hospital admissions	0 - 120		RR	10 µg m ⁻³	1,0069	1,0045	1,0092	1A	Powell et al., 2015
37	PMc	39	Pneumonia	0 - 3		OR	5 µg m ⁻³	1,24	1,03	1,5	1A	MacIntyre et al., 2014
38	PMc	119	Asthma exacerbation	0 - 120		OR	17 µg m ⁻³	1,05	1	1,11	1A	Kim et al 2015
39												

CR-ID	Pol.	GHE	Health endpoint	Age group	Measurement (if not annual)	Type	Unit	Central	Lower	Upper	Ctyp	Reference
40 Cd	68	Lung cancer		0 - 120		UR	1 µg/m ³	0,0018	0,001	0,0018 2A	2,5	Extern E (Bickel and Friedrich, 2005) (Tainio 2015)
41 Cd		Autism		0 - 18	ambient cadmium	OR	1st vs µg/m ³	1,43	1,01	2,04 1B		Windham et al., 2006
42 Cd		Autism		0 - 18	ambient cadmium	OR	1st vs µg/m ³	1,54	1,08	2,2 1B		Windham et al., 2006
43 Ni	68	Lung cancer		0 - 120		UR	1 µg/m ³	0,00024	0,00011	0,00024 2A		Pohjautuen U.S EPA, n.d. IRIS tietokantaan. (Tainio 2015)
44 As	68m	Lung cancer		0 - 120		UR	1	0,00015	0,00015	0,00015 2A		Eragunilia et al 2012
45 BaP	68	Lung cancer		0 - 120		UR	1	0,00087	0,00001	0,0001 2A		WHO (2000) Air Quality guidelines for Europe (Tainio 2015)
46												
47 B-Pb(eit)		Dental caries		5 - 17	blood lead level		5 µg/dL ¹	1,8	1,3	2,5		Moss et al., 1999
48 Pb	0m	Mortality (all-cause)		64 - 120	blood lead relative to <8µg dL ⁻¹	HR	>7 µg dL ⁻¹	1,59	1,12	2,68 1A		Khalil et al., 2009
49 B-Pb	112	Hypertension (women)		0 - 120	blood lead	OR	3,3 µg/dL ¹	1,32	1,14	1,52 1A		Vupputuri et al., 2003
50 B-Pb	112	Hypertension (men)		0 - 120	blood lead	OR	3,3 µg/dL ¹	1,04	0,93	1,16 1A		Vupputuri et al., 2003
51 B-Pb		IQ loss		0 - 10	Blood lead from 2.4 to 10µg/dL		7,6	1,3	3,9	2,4		Lanphear et al., 2005
52 Pb	0-151	Spontaneous abortion		0 - 120	blood lead	OR	1 µg/dL ¹	1,13	1,01	1,3		Boria-Aburto et al., 1999
53 B-Pb	0m	Mortality (all-cause)		39 - 120	blood lead relative to <5µg/dL ¹	RR	3,7 µg/dL ¹	1,24	1,05	1,48 1A		Schober et al., 2006
54 B-Pb	0m	Mortality (all-cause)		39 - 120	blood lead relative to <5µg/dL ¹	RR	9,2 µg/dL ¹	1,59	1,258	1,98 1A		Schober et al., 2006
55 B-Pb	110	CVDs, mortality		39 - 120	blood lead relative to <5µg/dL ¹	RR	3,7 µg/dL ¹	1,2	0,93	1,55 1A		Schober et al., 2006
56 B-Pb	110	CVDs, mortality		39 - 120	blood lead relative to <5µg/dL ¹	RR	9,2 µg/dL ¹	1,55	1,16	2,07 1A		Schober et al., 2006
57 B-Pb	61	Cancer, mortality		39 - 120	blood lead relative to <5µg/dL ¹	RR	3,7 µg/dL ¹	1,44	1,12	1,86 1A		Schober et al., 2006
58 B-Pb	61	Cancer, mortality		39 - 120	blood lead relative to <5µg/dL ¹	RR	9,2 µg/dL ¹	1,69	1,14	2,52 1A		Schober et al., 2006
59 Pb		IQ loss										
60												
61												
62 NO2	0-151m	Mortality (natural)		30 - 120	Annual average > 20 µg/m ³	RR	10 µg/m ³	1,055	1,031	1,08 1A		Heroux et al., 2015
63 NO2	118	Prevalence of bronchitic symptoms in asthr		5 - 14		RR	1 µg/m ³	1,021	0,99	1,06 1A		Heroux et al., 2015
64 NO2max 0-151m		Mortality (natural)		0 - 120	Daily max 1 h mean	RR	10 µg/m ³	1,0027	1,0016	1,0038 1A		Heroux et al., 2015
65 NO2max	117	Respiratory diseases, hospital admissions		0 - 120	Daily max 1 h mean	RR	10 µg/m ³	1,0015	0,9992	1,0038 1A		Heroux et al., 2015
66 NO2	117	Respiratory diseases, hospital admissions		0 - 120	24 h mean	RR	10 µg/m ³	1,018	1,0115	1,0245 1A		Heroux et al., 2015
67 NO2	0m	Mortality (all-cause)		0 - 120	Day average	RR	10 µg/m ³	1,002	1	1,004 1A		WHO AirQ2.2 software (Gurjar 2010)
68 NO2	114	Stroke (mortality)		0 - 120	Day average	RR	10 µg/m ³	1,0147	1,0088	1,0206 1A		Chen et al., 2013
69 NO2	110	CVDs (mortality)		0 - 120	Day average	RR	10 µg/m ³	1,002	1	1,004 1A		WHO AirQ2.2 software (Gurjar 2010)
70 NO2	68	Lung cancer (mortality/morbidity)		0 - 120		RR	20,5 µg/m ³	1,1317	1,0557	1,213 1A		Yang et al., 2015
71 NO2	68	Lung cancer (incidencey/mortality)		0 - 120		RR	10 µg/m ³	1,04	1,01	1,08 1A		Hamra et al., 2015
72 NO2	41	Otitis media		0 - 3		OR	10 µg/m ³	1,09	1,02	1,16 1A		MacIntyre et al., 2014
73 NO2	39	Pneumonia		0 - 3		OR	10 µg/m ³	1,3	1,02	1,65 1A		MacIntyre et al., 2014
74												
75												
76 NOx	0-151m	Mortality (natural)		30 - 120		HR	20 µg/m ³	1,02	1	1,04 1A		Beelen et al., 2014 (Tainio 2015)
77 NOx	39	Pneumonia		0 - 3		OR	20 µg/m ³	1,26	1,04	1,52 1A		MacIntyre et al., 2014
78 NOx	68	Lung cancer		0 - 120		RR	10 µg/m ³	1,03	1,01	1,05 1A		Hamra et al., 2015
79 NOx	68	Lung cancer		0 - 120		RR	13,4 µg/m ³	1,0081	1,0014	1,0149 1A		Yang et al., 2015
80												

CR-ID	Pol.	GHE	Health endpoint	Age group	Measurement (if not annual)	Type	Unit	Central	Lower	Upper	Ctyp	Reference
81	SOMO35	117	Respiratory diseases, mortality	30 - 120	Summer months (April-September) SOMO35	RR	10 µg m ⁻³	1,014	1,005	1,024	1A	Heroux et al., 2015
82	SOMO35	0-151m	Mortality (natural)	0 - 120	SOMO35	RR	10 µg m ⁻³	1,029	1,0014	1,0043	1A	Heroux et al., 2015
83	SOMO10	0-151m	Mortality (natural)	0 - 120	Daily max 8 h mean over 10 ppb	RR	10 µg m ⁻³	1,029	1,0014	1,0043	1A	Heroux et al., 2015
84	SOMO35	0-151m	Acute mortality (non-violent)	30 - 120	Population weighed ambient SOMO35 level	RR	1 µg m ⁻³	1,0003	1,0001	1	1B	WHO, 2006 (Hänninen and Knol, 2011)
85	SOMO35	110	CVDs, mortality	0 - 120	SOMO35	RR	10 µg m ⁻³	1,0049	1,0013	1,0085	1A	Heroux et al., 2015
86	SOMO10	110	CVDs, mortality	0 - 120	SOMO10	RR	10 µg m ⁻³	1,0049	1,0013	1,0085	1A	Heroux et al., 2015
87	SOMO35	117	Respiratory diseases, mortality	0 - 120	SOMO35	RR	10 µg m ⁻³	1,0029	0,9989	1,007	1A	Heroux et al., 2015
88	SOMO10	117	Respiratory diseases, mortality	0 - 120	SOMO10	RR	10 µg m ⁻³	1,0029	0,9989	1,007	1A	Heroux et al., 2015
89	SOMO35	110-114	CDVs (excluding stroke), hospital admissions	65 - 120	SOMO35	RR	10 µg m ⁻³	1,0089	1,005	1,0127	1A	Heroux et al., 2015
90	SOMO10	110-114	CDVs (excluding stroke), hospital admissions	65 - 120	SOMO10	RR	10 µg m ⁻³	1,0089	1,005	1,0127	1A	Heroux et al., 2015
91	SOMO35	117	Respiratory diseases, hospital admissions	65 - 120	SOMO35	RR	10 µg m ⁻³	1,0044	1,0007	1,0083	1A	Heroux et al., 2015
92	SOMO10	117	Respiratory diseases, hospital admissions	65 - 120	SOMO10	RR	10 µg m ⁻³	1,0044	1,0007	1,0083	1A	Heroux et al., 2015
93	SOMO35	MRADs	(Minor Restricted Activity Days)	0 - 120	SOMO35	RR	10 µg m ⁻³	1,0154	1,006	1,0249	1B	Heroux et al., 2015
94	SOMO10	MRADs	(Minor Restricted Activity Days)	0 - 120	SOMO10	RR	10 µg m ⁻³	1,0154	1,006	1,0249	1B	Heroux et al., 2015
95	SOMO35	0m	Mortality (acute)	0 - 120	SOMO35	UR	3,27E-06				2A	EVA
96	SOMO35	MRADs	(Minor Restricted Activity Days)	18 - 64	SOMO35	UR	1 µg m ⁻³	0,0115	0,0044	0,02	2B	Hurley et al., 2005 (Hänninen and Knol 2011)
97	SOMO35	Cough days	(morbidity only)	5 - 14	SOMO35	UR	1 µg m ⁻³	0,093	0,019	0,22	2B	Hurley et al., 2005 (Hänninen and Knol 2011)
98	SOMO35	LRS days	(excl. cough)	5 - 14	SOMO35	UR	1 µg m ⁻³	0,016	-0,043	0,08	2B	Hurley et al., 2005 (Hänninen and Knol 2011)
99	O3	119	Asthma exacerbation	0 - 120	SOMO35	OR	42,9 µg m ⁻³	1,12	1,04	1,21	1A	Kim et al., 2015
100	O3	117-38	Respiratory, hospital admissions	65 - 120	8 hr daily average	RR	10 µg m ⁻³	1,125	0,95	1,3	1A	Hurley et al., 2005
101	O3	0m	Mortality (all cause)	0 - 120	Daily max 8 h running mean	RR	10 µg m ⁻³	1,0034	1,0012	1,0056	1A	COMEAP, 2015
102	O3	117-38	Respiratory, hospital admissions	0 - 120	Daily max 8 h running mean	RR	10 µg m ⁻³	1,0075	1,003	1,012	1A	COMEAP, 2015
103	O3	110	Cardiovascular, hospital admissions	0 - 120	Daily max 8 h running mean	RR	10 µg m ⁻³	1,0011	0,9994	1,0027	1A	COMEAP, 2015
104												
105												
106												
107	SO2	0m	Mortality (all)	0 - 120	Day average	RR	10 µg m ⁻³	1,004	1,003	1,0048	1A	WHO AirQ2.2 software (Gurjar 2010)
108	SO2	0m	Mortality (acute)	0 - 120	Day average	UR	1	7,85E-06			2A	EVA
109	SO2	110	CVDs (mortality)	0 - 120	Day average	RR	10 µg m ⁻³	1,008	1,002	1,012	1A	WHO AirQ2.2 software (Gurjar 2010)
110	SO2	114	Stroke (mortality)	0 - 120	2 days moving average	RR	10 µg m ⁻³	1,0088	1,0054	1,0122	1A	Chen et al., 2013
111	SO2	117-38	Respiratory (mortality)	0 - 120	Day average	RR	10 µg m ⁻³	1,01	1,006	1,014	1A	WHO AirQ2.2 software (Gurjar 2010)
112	SO2	68	Lung cancer	0 - 120	Day average	RR	28,6 µg m ⁻³	1,1476	1,0104	1,3034	1A	Yang et al., 2015
113	SO2	68	Lung cancer, incidence	0 - 120	Day average	RR	10 µg m ⁻³	1,01	0,94	1,08	1A	Nafstad et al., 2003 (Tainio 2015)
114	SO2	118	COPD, hospital admissions	0 - 120	Day average	RR	10 µg m ⁻³	1,0044	1	1,011	1A	WHO AirQ2.2 software (Gurjar 2010)
115	SO2	99	Migraine	20 - 60	daily average	OR	6,03 µg m ⁻³	1,03	1,005	1,005	1A	Szyszkowicz et al., 2013
116	SO2	83	Depression	20 - 60	daily average	OR	6,03 µg m ⁻³	1,07	1	1,011	1A	Szyszkowicz et al., 2013
117	SO2	100	Headache	20 - 60	daily average	OR	6,03 µg m ⁻³	1,01	0,98	1,002	1A	Szyszkowicz et al., 2013
118	SO2	88	Anxiety	20 - 60	daily average	OR	6,03 µg m ⁻³	1,01	0,965	1,002	1A	Szyszkowicz et al., 2013
119												

CR-ID	Pol.	GHE	Health endpoint	Age group	Measurement (if not annual)	Type	Unit	CR-function			Ctyp	Reference
								Central	Lower	Upper		
120	CO	113	Congestive heart failure	0 - 120		UR		5,64E-07			EVA	
121	CO		Autism and autism spectrum disorder	0 - 120		RR	125 µg m ⁻³	1,37	1,31	1,44	1A	Jung et al., 2013 (Levy 2015)
122	CO	113	Angina pectoris HA	0 - 120		RR	1000 µg/m ³	1,00934	1,00359	1,01512	1A	Hosseinpoor et al 2005
123												
124	C6H6	77	Leukaemia	0 - 120		UR	1	0,000041	0,000021	0,000082	2A	Karakitsios et al., 2012
125	C6H6	77	Leukaemia	0 - 120		UR	1	0,000006	2,2E-06	7,8E-06	2A	Crump 1994 (Sarijannis et al 2015a)
126	C6H6	77	Leukaemia	0 - 120		UR	1 µg m ⁻³	4,5E-06	2,2E-06	7,8E-06	2A	Hänninen and Knol, 2011
127												
128	TRS	99+100	Headache or migraine	15 - 120		OR	2-3 µg m ⁻³	1,7	1,05	2,73	1A	Partti-Pellinen et al 1996
129	PM	118	Chronic bronchitis	18 - 120			1	0,000082			2A	EVA
130	PM		RADS / hospital admissions	18 - 120			1	0,00084			2B	EVA
131	PM	117+38	Respiratory, hospital admissions	0 - 120			1	3,46E-06			2A	EVA
132	PM	110	Cerebrovascular	0 - 120			1	8,42E-06			2A	EVA
133	PM	114	Congestive heart failure	65 - 120			1	3,09E-05			2A	EVA
134	PM	68	Lung cancer	18 - 120			1	1,26E-05			2A	EVA
135	PM	119	Asthma, bronchodilator use	15 - 120			1	0,129			2A	EVA
136	PM	119	Asthma, cough	15 - 120			1	0,446			2A	EVA
137	PM	119	Asthma, lower resp. Symptoms	15 - 120			1	0,172			2A	EVA
138	PM	119	Asthma, bronchodilator use	15 - 120			1	0,272			2A	EVA
139	PM	119	Asthma, cough	15 - 120			1	0,28			2A	EVA
140	PM	119	Asthma, lower resp. Symptoms	15 - 120			1	0,101			2A	EVA
141	PM	0m	Mortality (chronic)	30 - 120			1	0,001138			2A	EVA
142	PM	0m	Mortality, infant	0 - 0,75			1	4,68E-05			2A	EVA

Annosvaste funktioiden kirjallisuusviitteet

- Andersen, M. S., Frohn, L. M., Nielsen, J. S., Nielsen, M., Jensen, J. B., Jensen, S. S., Christensen, J., & Brandt, J. (2006, December). EVA—a nonlinear, Eulerian approach for assessment of health-cost externalities of air pollution. In Biennial Conference of the International Society for Ecological Economics, New Delhi.
- Beelen, R., Raaschou-Nielsen, O., Stafoggia, M., Andersen, Z. J., Weinmayr, G., & Hoffmann, B., et al. (2014). Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet (london, England)*, 383(9919), 785-795. doi:10.1016/S0140-6736(13)62158-3
- Bickel, P., Friedrich, R., Droste-Franke, B., Bachmann, T. M., Gressmann, A., Rabl, A., ... & Tidblad, J. (2005). ExternE Externalities of Energy Methodology 2005 Update.
- Borja-Aburto, V. H., Hertz-Picciotto, I., Rojas Lopez, M., Farias, P., Rios, C., & Blanco, J., et al. (1999). Blood lead levels measured prospectively and risk of spontaneous abortion. *American Journal of Epidemiology*, 150(6), 590-597.
- Carlsen, H. K., Zoëga, H., Valdimarsdóttir, U., Gíslason, T., & Hrafnkelsson, B. (2012). Hydrogen sulfide and particle matter levels associated with increased dispensing of anti-asthma drugs in Iceland's capital. *Environmental Research*, 113, 33-39. doi:10.1016/j.envres.2011.10.010
- COMEAP (2015) Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. Quantification of Mortality and Hospital Admissions Associated with Ground-level Ozone. COMEAP/2015/10.
- Chang, C. C., Chiu, H. F., & Yang, C. Y. (2015). Fine particulate air pollution and outpatient department visits for headache in Taipei, Taiwan. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part a*, 78(8), 506-515. doi:10.1080/15287394.2015.1010465
- Chen, R., Zhang, Y., Yang, C., Zhao, Z., Xu, X., & Kan, H., et al. (2013). Acute effect of ambient air pollution on stroke mortality in the China air pollution and health effects study. *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation*, 44(4), 954-960. doi:10.1161/STROKEAHA.111.673442
- Crouse, D. L., Peters, P. A., van Donkelaar, A., Goldberg, M. S., Villeneuve, P. J., & Brion, O., et al. (2012). Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 120(5), 708-714. doi:10.1289/ehp.1104049
- Crump, K. S. (1994). Risk of benzene-induced leukemia: a sensitivity analysis of the pliofilm cohort with additional follow-up and new exposure estimates. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 42(2), 219-242. doi:10.1080/15287399409531875
- Erraguntla, N. K., Sielken, R. L., Valdez-Flores, C., & Grant, R. L. (2012). An updated inhalation unit risk factor for arsenic and inorganic arsenic compounds based on a combined analysis of epidemiology studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology : Rtp*, 64(2), 329-341. doi:10.1016/j.yrtph.2012.07.001
- Gurjar, B. R., Jain, A., Sharma, A., Agarwal, A., Gupta, P., Nagpure, A. S., & Lelieveld, J. (2010). Human health risks in megacities due to air pollution. *Atmospheric Environment*, 44(36), 4606-4613.
- Hamra, G. B., Guha, N., Cohen, A., Laden, F., Raaschou-Nielsen, O., & Samet, J. M., et al. (2014). Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 122(9), 906-911. doi:10.1289/ehp.1408092
- Hamra, G. B., Laden, F., Cohen, A. J., Raaschou-Nielsen, O., Brauer, M., & Loomis, D., et al. (2015). Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 123(11), 1107-1112. doi:10.1289/ehp.1408882
- 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
- Hoek, G., Krishnan, R. M., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., & Brunekreef, B., et al. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. *Environmental Health : a Global Access Science Source*, 12(1), 43. doi:10.1186/1476-069X-12-43
- Hosseinpoor, A. R., Forouzanfar, M. H., Yunesian, M., Asghari, F., Naieni, K. H., & Farhood, D., et al. (2005). Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran, Iran: a time-series study. *Environmental Research*, 99(1), 126-131. doi:10.1016/j.envres.2004.12.004
- Hurley F, Hunt A, Cowie H, Holland M, Miller B, Pye S, Watkiss P, 2005. Methodology Paper (Volume 2) for Service Contract for carrying out cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the clean air for Europe (CAFE) programme. AEA Technology Environment, 133 pp. http://ec.europa.eu/environment/archives/air/cape/pdf/cba_methodology_vol2.pdf (accessed 7 July 2009).
- Hänninen, O., & Knol, A., 2011. European Perspectives on Environmental Burden of Disease Estimates for Nine Stressors in Six European Countries. National Institute for Health and Welfare (THL), Finland, Helsinki, Finland, No.1/2011.
- Jung, C. R., Lin, Y. T., & Hwang, B. F. (2013). Air pollution and newly diagnostic autism spectrum disorders: a population-based cohort study in Taiwan. *Plos One*, 8(9), e75510. doi:10.1371/journal.pone.0075510
- Karakitsios, S. P., Sarigiannis, D. A., Gotti, A., Kassomenos, P. A., & Pilidis, G. A. (2013). A methodological frame for assessing benzene induced leukemia risk mitigation due to policy measures. *Science of the total environment*, 443, 549-558.
- Khalil, N., Wilson, J. W., Talbot, E. O., Morrow, L. A., Hochberg, M. C., & Hillier, T. A., et al. (2009). Association of blood lead concentrations with mortality in older women: a prospective cohort study. *Environmental Health : a Global Access Science Source*, 8, 15. doi:10.1186/1476-069X-8-15
- Kim, J., Kim, H., & Kweon, J. (2015). Hourly differences in air pollution on the risk of asthma exacerbation. *Environmental Pollution (barking, Essex : 1987)*, 203, 15-21. doi:10.1016/j.envpol.2015.03.040
- Lanphear, B. P., Hornung, R., Khoury, J., Yolton, K., Baghurst, P., & Bellinger, D. C., et al. (2005). Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental Health Perspectives*, 113(7), 894-899.
- Levy, R. J. (2015). Carbon monoxide pollution and neurodevelopment: A public health concern. *Neurotoxicology and Teratology*, 49, 31-40. doi:10.1016/j.ntt.2015.03.001

- MacIntyre, E. A., Gehring, U., Mölter, A., Fuentes, E., Klümper, C., & Krämer, U., et al. (2014). Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project. *Environmental Health Perspectives*, 122(1), 107-113. doi:10.1289/ehp.1306755
- Miller, K. A., Siscovick, D. S., Sheppard, L., Shepherd, K., Sullivan, J. H., & Anderson, G. L., et al. (2007). Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *The New England Journal of Medicine*, 356(5), 447-458. doi:10.1056/NEJMoa054409
- Moss, M. E., Lanphear, B. P., & Auinger, P. (1999). Association of dental caries and blood lead levels. *Jama*, 281(24), 2294-2298.
- Nafstad, P., Håheim, L. L., Oftedal, B., Gram, F., Holme, I., & Hjerermann, I., et al. (2003). Lung cancer and air pollution: a 27 year follow up of 16 209 Norwegian men. *Thorax*, 58(12), 1071-1076.
- Partti-Pellinen, K., Marttila, O., Vilkkä, V., Jaakkola, J. J., Jäppinen, P., & Haahtela, T. (1996). The South Karelia Air Pollution Study: effects of low-level exposure to malodorous sulfur compounds on symptoms. *Archives of Environmental Health*, 51(4), 315-320. doi:10.1080/00039896.1996.9936031
- Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., & Ito, K., et al. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama : the Journal of the American Medical Association*, 287(9), 1132-1141.
- Pope, C. A., Burnett, R. T., Thurston, G. D., Thun, M. J., Calle, E. E., & Krewski, D., et al. (2004). Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*, 109(1), 71-77. doi:10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F
- Powell, H., Krall, J. R., Wang, Y., Bell, M. L., & Peng, R. D. (2015). Ambient Coarse Particulate Matter and Hospital Admissions in the Medicare Cohort Air Pollution Study, 1999-2010. *Environmental Health Perspectives*, 123(11), 1152-1158. doi:10.1289/ehp.1408720
- Schober, S. E., Mirel, L. B., Graubard, B. I., Brody, D. J., & Flegal, K. M. (2006). Blood lead levels and death from all causes, cardiovascular disease, and cancer: results from the NHANES III mortality study. *Environmental Health Perspectives*, 114(10), 1538-1541.
- Szyszkowicz, M., Colman, I., Wickham, M., & Rowe, B. H. (2013). Ambient sulphur dioxide and emergency department visits for migraine and depression. *International Neuropsychiatric Disease Journal*, 1(1), 77-88.
- Tainio, M. (2015). Burden of disease caused by local transport in Warsaw, Poland. *Journal of Transport & Health*, 2(3), 423-433. doi:10.1016/j.jth.2015.06.005
- United States Environmental Protection Agency, n.d. Integrated Risk Information System (IRIS) [WWW Document]. Integrated Risk Information System (IRIS). URL <http://www.epa.gov/iris/> (Tainio 2015).
- Vupputuri, S., He, J., Muntner, P., Bazzano, L. A., Whelton, P. K., & Batuman, V., et al. (2003). Blood lead level is associated with elevated blood pressure in blacks. *Hypertension*, 41(3), 463-468. doi:10.1161/01.HYP.0000055015.39788.29
- World Health Organization, 2000. Air Quality Guidelines for Europe, Europe, Copenhagen, 2nd ed. World Health Organization.
- World Health Organization, 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005: Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide. World Health Organization, Copenhagen, Denmark.
- Wilker, E. H., Preis, S. R., Beiser, A. S., Wolf, P. A., Au, R., & Kloog, I., et al. (2015). Long-term exposure to fine particulate matter, residential proximity to major roads and measures of brain structure. *Stroke; a Journal of Cerebral Circulation*, 46(5), 1161-1166. doi:10.1161/STROKEAHA.114.008348
- Windham, G. C., Zhang, L., Gunier, R., Croen, L. A., & Grether, J. K. (2006). Autism spectrum disorders in relation to distribution of hazardous air pollutants in the san francisco bay area. *Environmental Health Perspectives*, 114(9), 1438-1444.
- Yang, W. S., Zhao, H., Wang, X., Deng, Q., Fan, W. Y., & Wang, L., et al. (2015). An evidence-based assessment for the association between long-term exposure to outdoor air pollution and the risk of lung cancer. *European Journal of Cancer Prevention : the Official Journal of the European Cancer Prevention Organisation (ecp)*, doi:10.1097/CEJ.0000000000000158

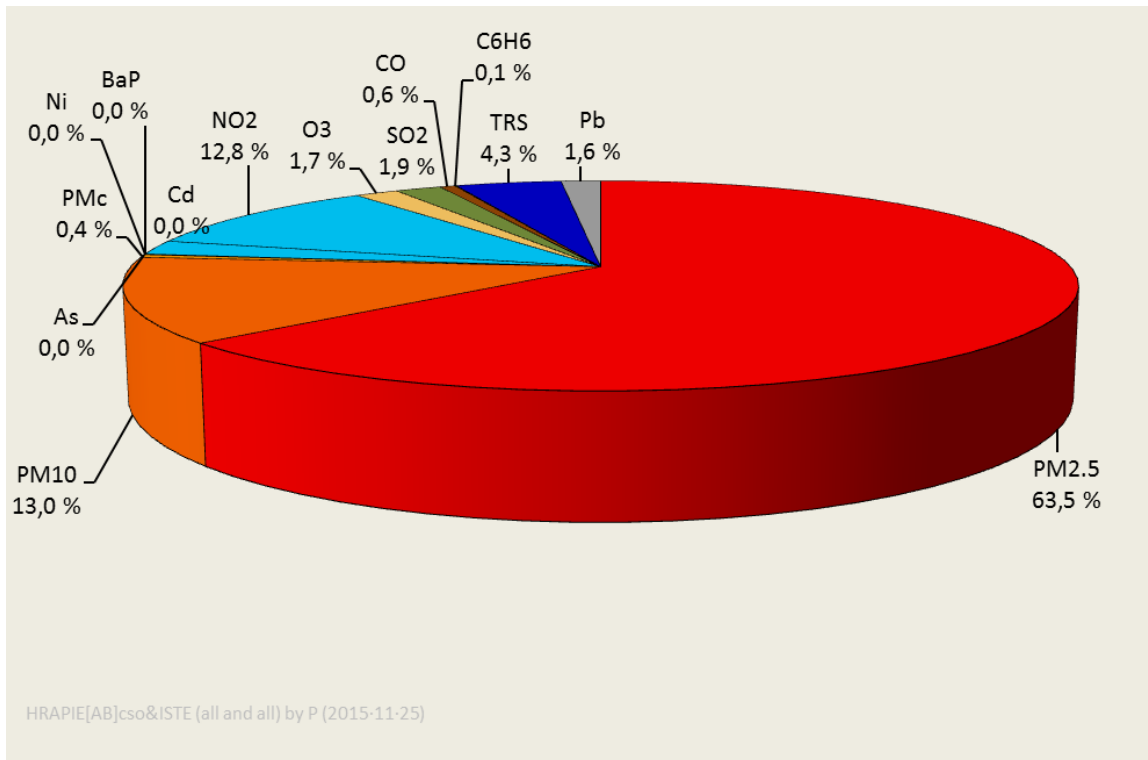
LIITE 2 Lisäkuvat ja YLD/YLL/kuolemantapaukset erittelytaulukko

Oheisessa taulukossa esitetään tautitaakkakomponenttien (YLD, YLL ja kuolemantapaukset) luottamusvälit.

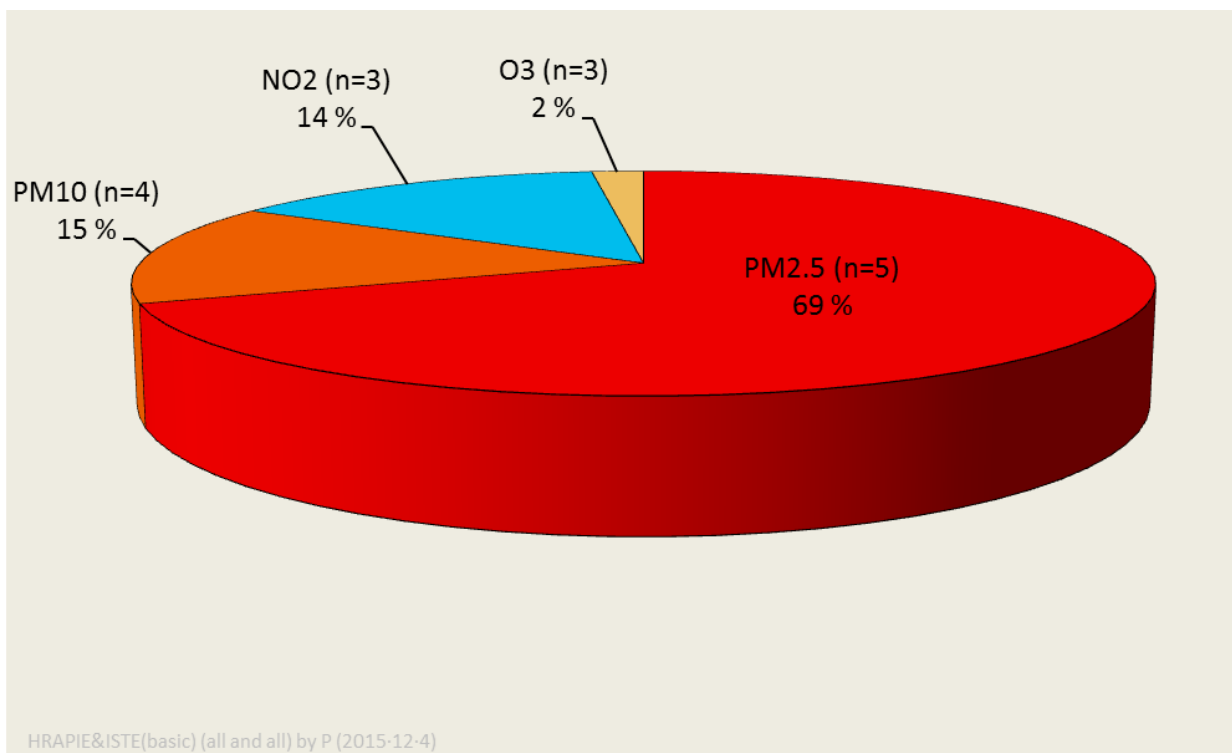
Taulukko 17. Ilmansaasteiden aiheuttama sairastavuus, menetetyt elinvuodet sekä kuolemantapaukset vuonna 2013.

	Sairastavuus		Menetetyt elinvuodet		Kuolemantapaukset	
	YLD	95 % luottamusväli	YLL	95 % luottamusväli	kpl	95 % luottamusväli
Kokoarvio	7200	5200 - 10000	1300	20000 - 32000	1600	1200 - 2000
<i>A: Pääarvio (mukaillen Heroux et al. 2015)</i>						
PM2.5	3 200	2 300 - 4 200	18 000	12 000 - 23 000	1 100	770 - 1 500
PM10	1 900	610 - 3 400	2 400	750 - 4 400	130	37 - 250
NO2	400	240 - 580	3 800	2 200 - 5 700	220	130 - 320
O3	130	77 - 200	440	160 - 860	29	10 - 56
Yhteensä	5600	4100 - 7400	24000	18000 - 31000	1500	1100 - 1900
<i>B: Täydentävä arvio</i>						
PMc	30	2,9 - 63	110	11 - 240	1,2	0,12 - 2,7
Pb	50	0,81 - 100	450	24 - 870	31	1,7 - 60
As	0,062	0,062 - 0,062	5,6	5,6 - 5,6	0,25	0,25 - 0,25
Cd	0,096	0,054 - 0,096	8,7	4,8 - 8,7	0,39	0,22 - 0,39
Ni	0,18	0,0081 - 0,18	16	0,73 - 16	0,73	0,033 - 0,73
BaP	0	0,003 - 0	2	0,27 - 2,7	0	0,012 - 0
TRS	1400	54 - 3900	0	0 - 0	0	0 - 0
SO2	140	50 - 200	470	200 - 810	27	11 - 44
CO	18	3 - 46	180	31 - 470	13	2,1 - 32
C6H6	0	0 - 1	19	9 - 32	1	0 - 2
Yhteensä	1600	290 - 4100	1300	730 - 1900	74	39 - 110

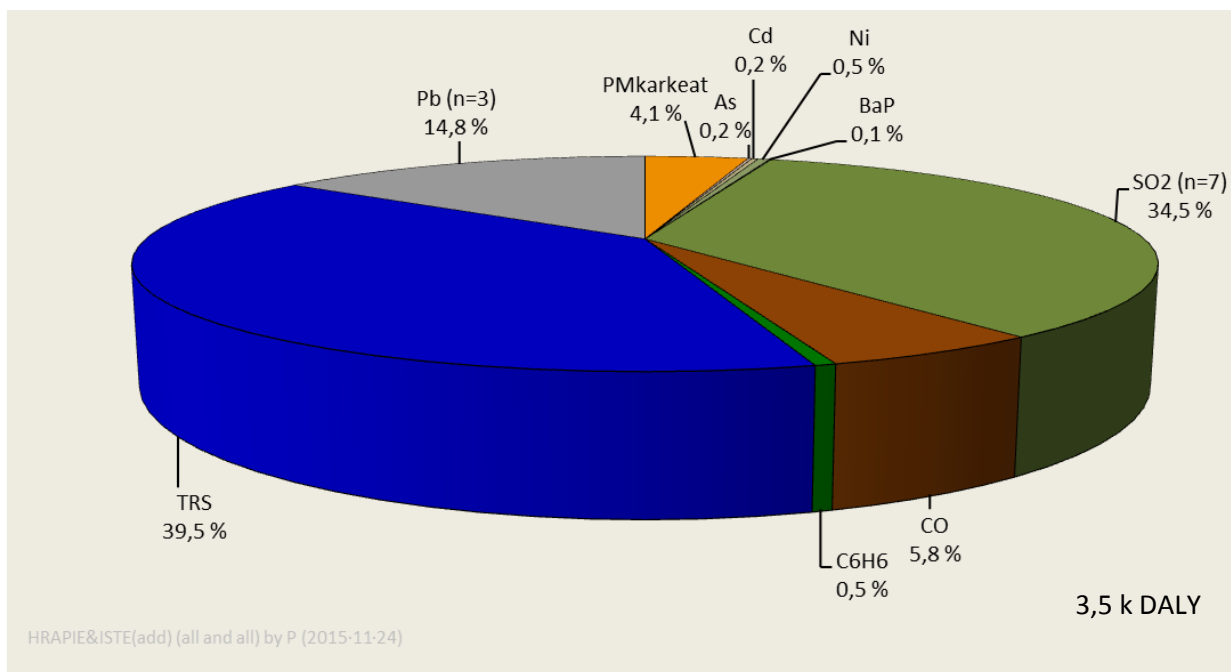
Seuraavissa kuvissa esitetään erikseen kokonaisarvion, pääarvion ja täydentävän arvion tulokset piirakkakuvina.



Kuva 28. Arvioitu kokonaistautitaakka (yht. 33 000 DALY) ilmansaasteittain 2013.

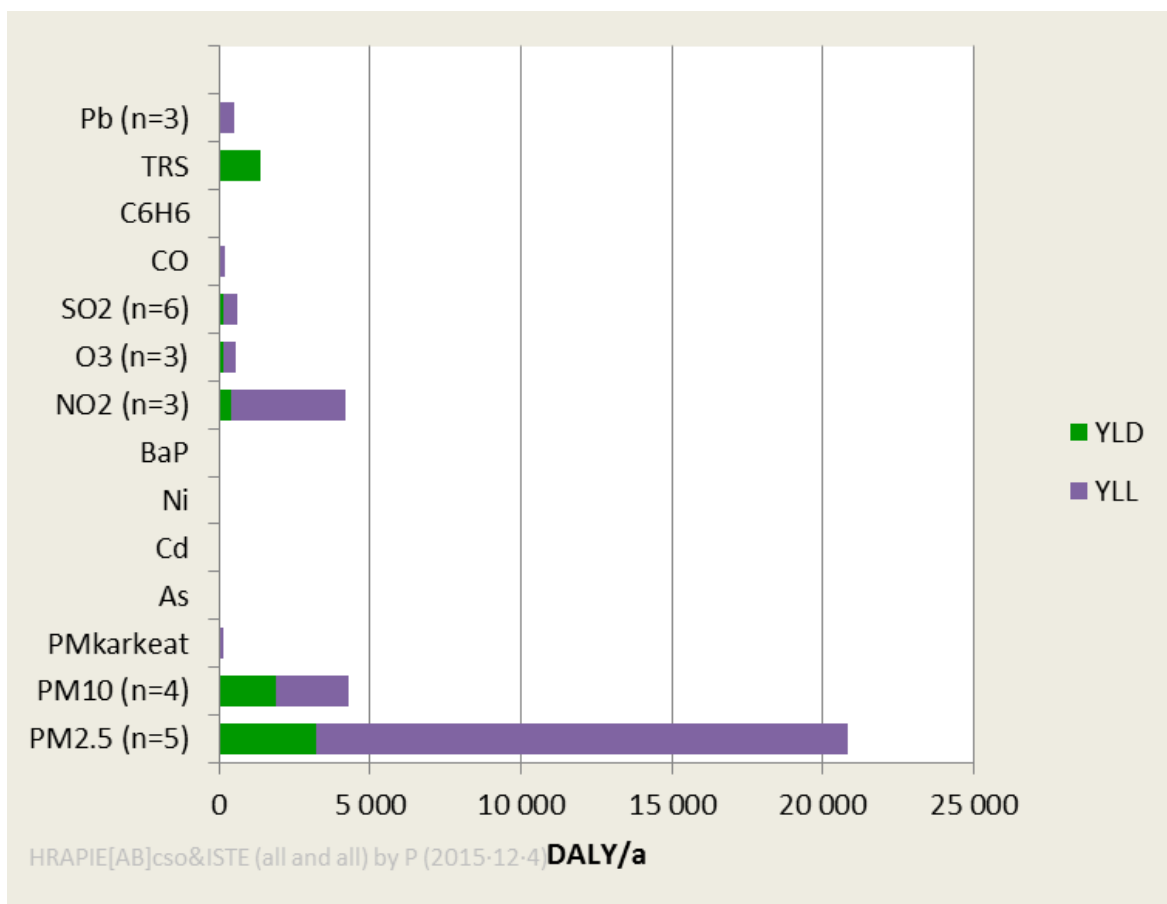


Kuva 29. Pääarvion mukainen kokonaistautitaakka (yht. 29 000 DALY).



Kuva 30. Täydentävän arvioon mukainen tautitaakka (2900 DALY).

Kaikkien ilmansaasteiden tautitaakan jako sairastavuus- (YLD) ja kuolleisuus- (YLL) komponentteihin.



Kuva 31: Ilmansaasteiden tautitaakan jakautuminen sairastavuus- ja kuolleisuus-komponentteihin

Heli Lehtomäki
Arja Asikainen
Isabell Rumrich
Otto Hänninen

Ilmansaasteiden tautitaakka Suomessa



TERVEYDEN JA
HYVINVOINNIN LAITOS

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
PL 30 (Mannerheimintie 166)
00271 Helsinki
Puhelin: 029 524 6000
www.thl.fi