

## Ympäristöterveyshaittojen priorisointi ja parhaiden torjuntatoimenpiteiden määrittäminen

Otto Hänninen, Arja Asikainen, Juho Kutvonen ja Jouni Tuomisto  
Terveyden ja Hyvinvoinnin laitos (THL)

### Yhteenveto

Kansanterveys on parantunut Suomessa viime vuosikymmenten aikana merkittävästi. Tämä näkyy erinomaisesti esimerkiksi eliniänodotteen kasvuissa 1950-luvulta lähtien yli kymmenellä vuodella. Miesten ja naisten eliniänodotteessa edelleen on selvä ero ja vaikka Suomi on kansainvälisissä vertailuissa suhteellisen saasteeton ja puhdas maa, myös Suomessa ympäristöaltisteet vaikuttavat niin eliniänodotteeseen kuin terveyteen laajemminkin. Lainsäädäntö- ja ympäristöterveystyön suunnittelussa on ensiarvoisen tärkeää ja hyödyllistä arvioida eri riskitekijöiden merkitystä. Ympäristöhaitoille on tyypillistä, että tieteellinen varmuus vaihtelee erittäin merkittävästi. Osaa riskitekijöistä tarkastellaan varovaisuusperiaatteen valossa; esim. dioksiinit tai endokriinihäiriköt; toisessa ääripäässä käytettävissä on selkeä epidemiologinen evidenssi vaikutuksista väestössä. Haittojen arviointi yksilötasolla on kuitenkin aina haasteellista.

### Tautitaakka kansanterveyshaitan mittarina

Ympäristön aiheuttamien terveysriskien luonne vaihtelee voimakkaasti. Ennen aikaisen kuoleman ja vakavien tautien kuten syövän ja sydänsairauksien lisäksi moniin altisteisiin liittyvät vaikutukset voivat olla lieviä, esimerkiksi unihäiriöitä ja astmaoireita. Lievempiäkään vaikutuksia ei ole syytä vähätellä, mutta lievien ja vakavampien haittojen asettaminen toimenpiteiden kiireellisyysjärjestykseen on oma haasteensa. Maailman terveysjärjestö WHO on ottanut laajaan käyttöön Maailmanpankin ja Harvardin yliopiston 1990-luvulla kehittämän mittarin tähän tarkoitukseen: haittapainotettu elinvuosi (disability-adjusted life year, DALY) muuntaa ennen aikaisten kuolemantapausten takia menetetyt elinvuodet ja sairauden takia menetetyt terveyden yhteismitalliseksi. Eri sairauksille käytetään haittapainokertoimia, joiden avulla sairauksien kestosta lasketaan ennen aikaisen kuoleman vaikutuksiin verrannolliset haittapainotetut elinvuodet (ks. myös Kuva 1). Tautitaakka (BoD) on määritelmän mukaan:

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

YLL = ennen aikaisen kuoleman takia menetetyt elinvuodet (years of life lost)

YLD = sairauden takia menetetyt terveet elinvuodet (years lived with disability)

Sairauksien takia menetetyt elinvuodet lasketaan edelleen:

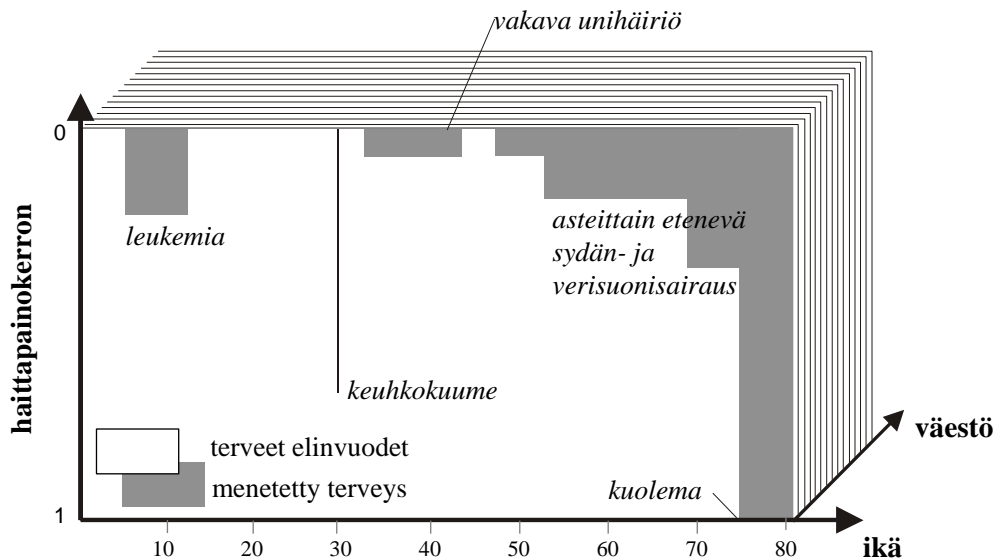
$$(2) \text{ YLD} = S \times D \times n$$

S = sairauden vakavuutta kuvaava painokerroin (severity; 1= kuolema, 0=täysin terve)

D = sairauden (keskimääräinen) kesto (duration, vuosissa)

n = sairastapausten määrä

Väestön kokonaistautitaakan arviointi perustuu kansallisiin kuolinsyy- ja sairastavuusrekistereihin. Tautitaakkakäsitteen tekee erittäin hyvin riskinarviointiin sopivaksi sen linkittyminen epidemiologiseen tutkimukseen. Epidemiologisin menetelmin voimme määrittää eri riskitekijöihin liittyvän suhteellisen riskin (RR) ja sen avulla puolestaan riskitekijään liittyvän tietyn sairauden väestösyösuuden (ks. tarkemmin esim. Hänninen & Knol, 2011).



Kuva 1. Esimerkki muutamisiin eri sairauksiin liittyvästä tautitaakasta Hollander ym. 1999 mukaan.

## Ympäristötautitaakka-arviointien tilanne Suomessa

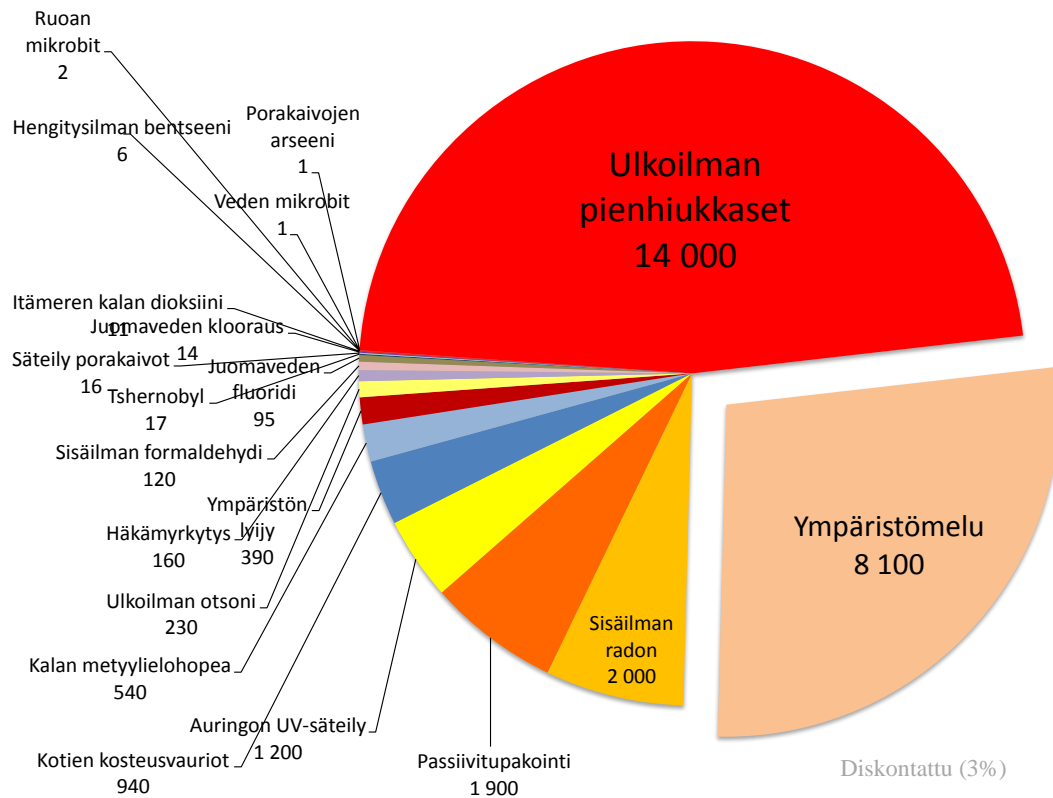
Tuore laaja kansainvälinen tautitaakkanhanke arvioi, että Suomessa menetettiin vuonna 2010 lähes 1,5 miljoonaa tervettä elinvuotta eri sairauksien ja ennen aikaisten kuolemantapausten takia (Lim ym. 2012). Tästä yli kaksi kolmasosaa esitettiin aiheutuvan erilaisista riskitekijöistä. Kun otetaan huomioon erityisesti sydän- ja verisuonisairaudet, jotka liittyivät päällekkäisiin tekijöihin, ehkä noin puolet kokonaista tautitaakasta voitaisiin poistaa näihin riskitekijöihin puuttamalla.

Ympäristötautitaakkaa on Suomessa selvitetty aktiivisesti viime vuosina. Ensin sosiaali- ja terveysministeriön alaisten sektoritutkimuslaitosten yhteisessä riskinarviointihankkeessa (SETURI; Pekkanen 2010, Hänninen ym. 2010, Asikainen ym. 2013) ja kansainvälisessä THL:n koordinoimassa EBODE-hankkeessa (Hänninen & Knol 2011; Hänninen ym. 2014a).

Ulkoilman pienhiukkaset ja ympäristömelu nousevat hallitsevaan rooliin kokonaisuuden kannalta vastaten noin 75 prosentista arvioidusta ympäristötautitaakasta (Kuva 2). Näiden kahden merkittävimmän riskitekijän perässä tulevat ensin sisäilman radon ja passiivitupakointi lähes yhtä suurin osuuksin ja sitten edelleen kansanterveysvaikutuksen mukaisessa laskevassa järjestyksessä auringon uv-säteily ja kotien kosteusvauriot.

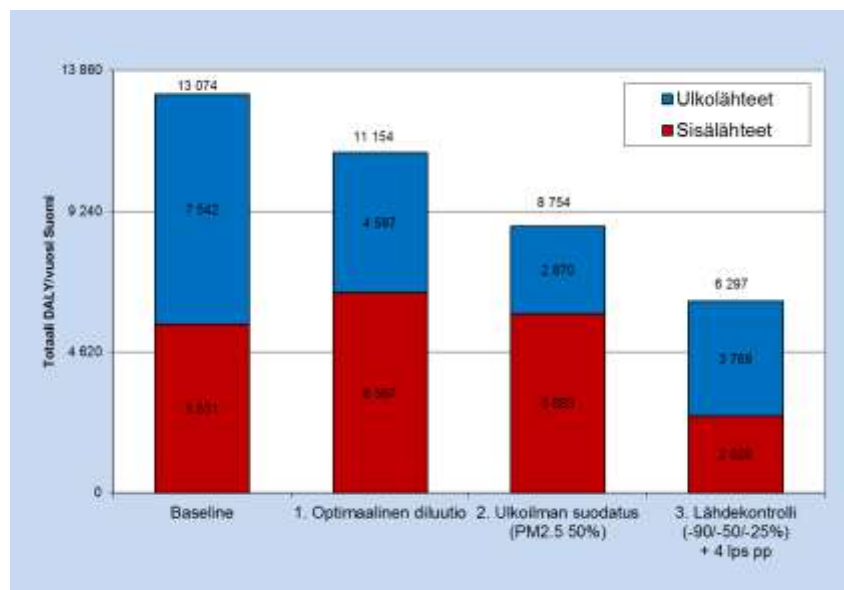
## Torjuntatoimenpiteiden priorisointi

Riskitekijöihin liittyvä tautitaakka ei sellaisenaan ole kuitenkaan mikään täydellinen mittari torjuntatoimenpiteiden kohdistamiselle. Vaikka ulkoilman pienhiukkaset ovat ylivoimaisesti tärkein tarkastelluista riskitekijöistä, ei ole lainkaan itsestään selvää, että kaikki torjuntaponnistukset pitäisi kohdistaa niihin. Merkittävä osa pienhiukkasista, ehkä noin 30-70 %, on peräisin ulkomailta eikä tämän osuuden torjunta ylipäättään ole mahdollista ilman kansainvälistä yhteistyötä. Pienhiukkasten merkittäviä kotimaisia lähteitä ovat liikenne ja energiantuotanto, erityisesti pientalojen lämmitys puulla. Näiden päästöjen rajoittamiseen liittyy runsaasti teknisiä ja poliittisia haasteita. Siten tautitaakka-arvioiden hyödyntämiseksi lainsäädännön ja päätöksenteon tukena on keskeistä analysoida erilaisten ehdotettujen torjuntatoimenpiteiden mahdollisia vaikutuksia väestön terveyteen suhteessa toimenpiteiden kustannuksiin ja muihin vaikutuksiin.



Kuva 2. Kahdenkymmenen valitun ympäristötekijän suhteellinen vaikutus suomalaisten ympäristötautitaakkaan (perustuen Asikainen ym. 2013). Aktiivitupakointi ei ole luvuissa mukana.

Torjuntatoimenpiteiden priorisointityö on vasta alkuvaiheessa, mutta joitakin alustavia tuloksia on jo saatu. EU:n rahoittamassa ilmanvaihdon ohjearvojen kehittämishankkeessa (HEALTHVENT) THL koordinoi terveysvaikutusten arviointia. Työssä verrattiin kolmea vaihtoehtoista strategiaa sisäilman terveyshaittojen alentamiseksi (Kuva 3): (i) sisäilman laadun parantaminen ilmanvaihtoa optimoimalla; (ii) sisäilman laadun parantaminen tuloilman suodatuksella ja (iii) sisälähteiden mahdollisimman tehokas poistaminen ennen ilmanvaihdon optimointia. Kuten oheisesta kuvasta nähdään, selkeästi parhaaseen tulokseen päästäisiin keskittymälle ensin sisälähteiden poistamiseen. Tässäkin vaihtoehdossa kuitenkin noin puolet sisäilman tautitaakasta jää toimenpiteiden ulottumattomiin.



Kuva 3. Sisäilman tautitaakan alentamisskenarioiden vertailu (Hänninen & Asikainen 2013).

Ympäristöriskien torjunnan kannalta kiinnostavaa on että muutamat riskit linkittyvät kiinteästi yhteen. Esimerkiksi sisäilman radonin aiheuttama merkittävä keuhkosyöpäriski liittyy radonin lisäksi samaan toimintoon kuin passiivitupakointikin: tupakointiin. Tupakointi on keuhkosyövän ylivoimaisesti tärkein riskitekijä ja se aiheuttaa vuodessa yli 100 000 menetettyä tervettä elinvuotta (DALY). Jos tupakkalakiin Suomessa ensimmäisenä maailmassa kirjattu tavoite tupakoinnin loppumisesta toteutuisi, samalla poistuisivat lisäksi lähes kokonaan sekä passiivitupakoinnin että radonin terveyshaitat (Hänninen ym. 2014b) ja kaupan päälle alenisivat myös ulkoilman pienhiukkasiin ja ympäristömeluun liittyvät keuhkosyöpä- ja sydän- ja verisuonisairausriskitkin.

## Priorisointiperusteet

Millä perusteella toimenpiteitä sitten pitäisi arvottaa priorisointityössä? Ilmeinen lähtökohta on tietysti vaikuttavuus: riskien torjunnassa tuloksellisuus on keskeistä ja niillä toimenpiteillä, joilla haittoja saadaan eniten pienennettyä on oma etulyöntiasemansa keskustelussa. Kansanterveydellinen vaikuttavuus ei kuitenkaan voi olla ainoa huomioitu näkökohta monestakaan syystä. Monet riskinhallintatoimenpiteet voivat nousta kohtuuttoman kalliiksi suhteessa saavutettuun hyötyyn nähden: siten kustannus-hyötyvertailu on käyttökelpoinen aina silloin kun toimenpiteen toteuttaminen vaatii merkittäviä panostuksia.

Mutta kustannustehokkuuskaan ei toki ole koko totuus. Moniin toimenpiteisiin sisältyy ei-rahallisia arvoja jotka vaikuttavat ihmisten toimintaan ja mielipiteisiin. Hyvänä esimerkkinä voidaan vaikkapa mainita tupakointi: tupakoimattomat hyvinkin kokevat arvokkaaksi ja hyödylliseksi sellaiset tupakointirajoitukset, jotka alentavat sivullisten altistumista. Toisaalta on yhtä selvää, että tupakoitsijat kokevat rajoitukset negatiivisesti. Kuinka nämä vastakkaiset arvostukset kohtaavat, sitä ei ole kvantitatiivisesti julkisessa keskustelussa juuri käsitelty. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos vertaili osana käynnissä olevaa TEKAISU-hanketta näitä vaihtoehtoisia priorisointiperusteita. Työn toteuttanut Juho Kutvonen toteutti osana opinnäytetyötään väestökyselyn, jossa koettuja arvoja kartoitettiin käyttäen ehdollisen arvottamisen menetelmää ja maksu/hyväksymishalukkuusastelmaa (Kutvonen 2014). Taulukossa 1 verrataan priorisointilistoja, jotka osoittavat, että jopa varsin aggressiiviset tupakointirajoitukset, täyskielto ja veroperustainen puolittaminen, ovat paitsi vaikuttavuudeltaan vertaansa vailla, myös sekä kustannus- että arvotehokkaita.

**Taulukko 1. Esimerkkejä alustavista vaikuttavuus- ja kustannustehokkuusarvioista priorisoinnin pohjaksi ja menetelmien valitsemiseksi (Kutvonen 2014, Kutvonen ym. 2014).**

Altiste	Toimenpide	Priorisointiperuste							
		Vaikuttavuus		Kustannustehokkuus			Arvotehokkuus		
		Sija	Terveysyöty DALY/a	Sija	Nettohyöty mrd €/50 a	Tuotto %/a	Sija	Koetut arvot mrd €/50 a	Arvohyöty mrd €/50 a
<b>Tupakointi</b>	Täyskielto	1	35 964	1	117.9	4.0 %	1	-21.0	96.9
	Puolittaminen	2	17 982	2	59.1	2.4 %	2	-10.5	48.5
<b>Passiivitupakointi<sup>a</sup></b>	Täyskielto	6	278	3	6.0	0.5 %	7	-	-15.0
	Puolittaminen	8	139	4	3.1	0.2 %	6	-	-7.4
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Nopeusrajoitukset	4	306	5	1.08	6.5 %	5	-5.7	-4.6
	Puun polttokielto	3	571	6	0.95	0.7 %	3	0.07	1.02
	Puunpolton puolitus	5	285	7	0.47	0.5 %	4	0.04	0.51
<b>Radon</b>	Korjaus (> 300 Bq/m <sup>3</sup> )	7	149	8	0.01	0.0 %	-	<sup>b</sup>	-
	Korjaus (> 700 Bq/m <sup>3</sup> )	9	46	9	0.01	0.2 %	-	<sup>b</sup>	-

<sup>a</sup> Jos huomioidaan vain vaikutukset sivullisiin (ympäristönäkökulma). <sup>b</sup> Ei sisällynyt kyselyyn. **Punaisella** tappiolliset toimenpiteet.

Kaikki estimaatit diskontattu (3%).

Tehdyissä selvityksissä kuitenkin painopiste on ollut kokonaisvaikutusten arvioinnissa ja edes torjuntatoimenpiteiden vaikuttavuusarvioita ei ole kovin laajasti tehty. Kun myös altisteita on kymmenittäin, voidaan sanoa, että sekä tautitaakan arviointi että torjuntatoimenpiteiden identifiointi ja priorisointi on alkuvaiheessaan. Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen osalta jatkoselvitysten kiinnostus suuntautuu erityisesti ympäristömeluun ja uv-säteilyyn, jotka tautitaakaltaan nousevat kärkiviisikkoon.

### Kansanterveys- ja yksilöriskit

Kansanterveysriskien analyysi on käyttökelpoinen väline suunniteltaessa terveysvaikutusten huomioimista yleisellä tasolla. On kuitenkin erittäin tärkeää ymmärtää, että toteutuvan riskin uhriksi joutuvan yksilön näkökulmasta ei ole merkitystä sillä, onko tuo kohdalle osuva riski harvinainen vai ei. Yksilön näkökulmasta kenties riskin merkittävyyttä voitaisiin arvioida vertaamalla sitä väestön keskimääräiseen riskiin ja kustannustehokkuutta vertaamalla yksilölle aiheutunutta riskin välttämisen vaivaa sillä saatavaan yksilöriskin pienenemiseen.

Ympäristöterveystyössä kentällä työskennellään pääasiassa yksilöiden ja pienten ryhmien riskien kanssa ja lähtökohdana on yksilön turvallisuus. Siten kansanterveystasoiset arviot voivat toimia vain ohjenuorana.

Ministeriön käynnistämässä sosiaali- ja terveysalan asiantuntijalaitosten SOTERKO-yhteenliittymässä (Kuva 4; <http://www.soterko.fi>) pyritään aktiivisesti kehittämään menetelmiä paitsi tehokkaiden torjuntatoimenpiteiden identifiointiseksi ja painopisteen suuntaamiseksi merkittäviin kohteisiin samalla kun entistä laaja-alaisemmin pyritään huomioimaan elämän eri osa-alueilla syntyvät terveysriskit.



**Kuva 4. Sosiaali- ja terevysalan asiantuntijalaitosten yhteenliittymä SOTERKO, joka pyrkii rakentamaan kokonaiskuvaan tereyden ympäristödeterminanteista ja keskittämään riskien hallintaa tehokkaimpiin toimenpiteisiin.**

### Johtopäätöksiä

Tautitaakka-arviot osoittavat, että eri ympäristöaltisteiden terveysvaikutukset väestötasolla vaihtelevat huomattavasti. Ulkoilman pienhiukkasten vaikutukset nousevat tuhansiin menetettyihin terveisiin elinvuosiin miljoonaa ihmistä kohti kun esimerkiksi bentseenin ja formaldehydin vaikutukset arvioidaan alle tuhannesosaan tästä. Alustavat arviot osoittavat, että merkittäviä parannuksia voitaisiin ympäristöterveydenkin alueella odottaa kun vireillä olevat ohjearvo- ja lainsäädäntöprosessit etenevät. Terveyshaittojen ja torjuntatoimien tärkeysjärjestykseen vaikuttavat monet tekijät itse terveyshaitan laajuuden lisäksi, mm. toimenpiteiden kustannukset ja väestön kokemat riskit ja arvot. Kuntatasolla joudutaan lisäksi tasapainoilemaan kansanterveyden ja yksilöriskien välimaastossa. Käynnissä oleva asiantuntijalaitosten SOTERKO-yhteistyö tuottaa tähän työhön arvokkaita välineitä.

## Kirjallisuusluettelo

- Asikainen A, Hänninen O, Pekkanen J, 2013. Ympäristöaltisteisiin liittyvä tautitaakka Suomessa. *Ympäristö ja Terveys* 5/2013:68-74.
- Hollander de A, Melse J, Lebret E, Kramers P, 1999. An aggregate public health indicator to represent the impact of multiple environmental exposures. *Epidemiology* 10(5): 606-617
- 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.
- Hänninen O, Knol A (eds.), 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, Asikainen A (eds.), 2013a. Efficient reduction of indoor exposures: Health benefits from optimizing ventilation, filtration and indoor source controls. National Institute for Health and Welfare (THL). Report 2/2013. 92 pages. Helsinki 2013. ISBN 978-952-245-821-6 (printed) ISBN 978-952-245-822-3 (online publication) <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-245-822-3> (Accessed 2014-01-21)
- 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, 2014a. 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)
- Hänninen O, Kutvonen J, Rumrich I, Asikainen A, Tuomisto J, 2014b. Tupakka, radon ja ympäristöterveys. *Ympäristö ja Terveys* 5/2014.
- Kutvonen J. 2014. Ympäristöriskien torjuntatoimenpiteiden terveyshyötyjen, kustannusten ja koettujen arvojen vertailu. Itä-Suomen yliopisto, Kuopio. 96 ss. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:uef-20140442>
- Kutvonen J, Asikainen A, Hänninen O, 2014. Tutkimus pienhiukkasaltistuksen alentamisesta: Taajamien puun pienpolttorajoitusten ja alennettujen nopeusrajoitusten terveyshyötypotentialiaali sekä kustannus- ja arvotekijä. *Ilmansuojelu-uutiset* 1/2014: 8-11.
- 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.