

Raimo O. Salonen, dosentti, ylilääkäri  
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Terveydensuojeluosasto, Kuopio

Kari Pasanen, FM, tutkija  
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Terveydensuojeluosasto, Kuopio

Anni-Mari Pulkkinen, FM, tutkija  
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Terveydensuojeluosasto, Kuopio

Arto Pennanen, FT, tutkija  
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Terveydensuojeluosasto, Kuopio

Mikko Sokura, FM, ympäristötarkastaja  
Kuopion kaupunki, Kaupunkiympäristön palvelualue

Erkki Pärjä, FM, ympäristösuojelutarkastaja  
Kuopion kaupunki, Kaupunkiympäristön palvelualue

Eero Pukkala, professori  
Tampereen yliopisto, Terveystieteiden yksikkö

# Puun pienpolton savut

## Uutta tietoa altistumisesta ja terveyshaitoista

Uudet pienalue-epidemiologian tutkimustulokset ja Helsingin seudun ympäristöpalvelujen aiemmat ilmanlaadun mittaustulokset tiiviisti rakennetuilla vanhemmilla pientaloalueilla viittaavat siihen, että vuosien tai vuosikymmenten aikana tapahtuva, lämmityskaudella kohonnut altistuminen puun epätäydellisen palamisen haitta-aineille riittää lisäämään tai ainakin pahentamaan kroonisia sydämen sekä verenkierto- ja hengityselinten sairauksia. Riski ennenaikaisesta kuolemasta suurenee merkittävästi. Kuopiossa vanhalla, puunpoltoa perinteisesti suosivalla pientaloalueella osoitettiin, että naapurisavuille altistuminen ei rajoitu vain ulkotiloihin. Savut tunkeutuvat merkittävässä määrin lähistön asuntojen sisätiloihin aikoina, jolloin asukkaat ovat useimmiten kotona. EU:n ns. Ecodesign-direktiivin pohjalta tulee epäpuhtauksien päästörajoja uusille pienpolttolaitteille arviolta v. 2022, mutta saunankiukaat eivät kuulu sääntelyn piiriin. Direktiivin myötä mahdollisesti tulevaa parempaa paikallista ilmanlaatua joudutaankin monilla pientaloalueilla odottamaan aina 2030-luvulle asti. Kaupunkien kannattaisi nyt aktivoitua miettimään puun pienpolton savuille altistumisen vähentämistä omassa päätösvallassaan olevilla keinoilla. Myös valtiovalalta toivoisi EU-määräyksiä täydentäviä kansallisia toimia puun pienpoltoista nykyisin syntyvien kohtuuttoman suurten hiukkaspäästöjen vähentämiseksi.

Suomalaisten tietoisuus puun pienpolton savuista ja niiden haitallisuudesta erityisesti kroonisia hengityssairauksia sairastaville ja pienille lapsille on lisääntynyt viimeisen 10 vuoden aikana. Keskustelupalstoilta on saatu lukea haitoista kärsivien kertomuksia, mutta paljon on myös nähty oman puunpolton sääntelyn pelossa kirjoitettuja tunnepitoisia purkauksia. Kauan sitten ehdotetuista kansallisista viranomais-toimista (Salonen 2004) on toteutunut mm. valtakunnallisten ohjeiden antaminen savuvalitusten käsittelyyn (STTV 2008), mutta ei esimerkiksi kansalliset päästörajat pienlämmityslaitteille tai kitupolttoa vaativien puukattiloiden kieltäminen taajamissa tai taloudellisesti tuettu korvaaminen paremmilla laitteilla. Vähäinen kansallinen puuttuminen päästöihin on yleistä myös Etelä- ja Itä-Euroopan maissa, kun taas Länsi-Euroopan edistyneimpien maiden, kuten Saksan, Itävallan ja Sveitsin ohella ainakin Ruotsi ja Tanska ovat aktivoituneet vähentämään kotitalouksien puun pienpolton päästöjä. EU:n ns. Ecodesign-direktiivin pohjalta erityyppisille uusille pienpolttolaitteille annettavien päästörajojen arvioidaan tulevan voimaan v. 2022, mutta uunien, varaavien takkojen ja kattiloiden pitkän käyttöön vuoksi niillä yksinään ei saada nopeasti aikaan merkittävää muutosta nykytilanteeseen, jossa vuosikymmeniä lisääntyneet

puun pienpolton päästöt muodostavat jo 40 % koko Suomen pienhiukkaspäästöistä (Savolahti ja Karvosenoja 2014).

Suurimpana terveyshaittojen aiheuttajana pidetään pienpolttolaitteissa tapahtuvassa epätäydellisessä palamisessa syntyviä PM<sub>2,5</sub>-pienhiukkasia (alle 2,5 mikrometrin halkaisija), jotka sisältävät mustan, muuntunutta alkuainehiiltä sisältävän ytimen päälle kerrostuneita, terveydelle haitallisia yhdisteitä, kuten mm. polysyklisiä orgaanisia hiilivetyjä (PAH) ja happoja (Kocbach Bølling ym. 2009). Maailman terveysjärjestön (WHO) asiantuntijaryhmä (Janssen ym. 2012) toteaa systemaattisessa katsauksessaan, että kaikenlaisessa palamisessa syntyvää mustaa hiiltä ei pidetä terveydelle suoraan haitallisena tekijänä, mutta se kuljettaa pinnalleen kiinnittyneitä haitta-aineita keuhkojen ääreisosiin ja auttaa kiinteän olomuotonsa avulla niitä pääsemään muun muassa tulehdusreaktioita säätelevien solujen sekä keuhkoputkia ja -rakkuloita verhoavien epiteelisolujen sisään. Osa kaikkein pienimmistä polttoperäisistä hiukkasista voi päästä keuhkojen kautta verenkiertoonkin. Mustan hiilen mittausta kaupunkiympäristöissä kehoitettiin lisäämään ja käyttämään indikaattorina muun muassa paikallisten polttolähteiden vaikutuksista ilmanlaatuun. THL osallistui asiantuntijaryhmän työhön.



Taloudellinen lama on viime vuosina lisännyt kiinteiden polttoainoiden kuten kaikenlaisen puun, muun biomassan (ml. palavat jätteet) ja hiilen käyttöä pientalojen lämmityksessä erityisesti Etelä- ja Itä-Euroopassa. Yhä suuremmalla osalla näiden maiden väestöjä ei enää ole varaa maksaa kalliita sähkö- ja maakaasulaskuja, vaan he turvautuvat kaikenlaisen palavan materiaalin polttoon talvikauden aikana. Puunpolton lisäys on Suomessa alkanut jo 1980-luvulla, ja se on ollut erityisen voimakasta koko 2000-luvun ajan (Chafe ym. 2015 suomalaisten energiatilastojen mukaan). Tähän on tuskin vaikuttanut köyhyyden luoma pakko, ainakaan kaupungeissa sijaitsevien pientalojen omistajien joukossa, vaan pikemminkin kotitalouksien vapaaehtoisesti tavoittelemat säästöt kohonneissa sähkö- ja kaukolämpölaskuissa sekä maaseutupeirinteistä kumpuava, nykyisin useimmiten takan lasiluukkujen läpi katsottavan elävän tulen luoma tunnelma.

Suomessa on poikkeuksellisen helppoa saada edullisesti pienpuuta maaseudun käytön lisäksi myös kaupunkien pientaloalueille. Luonnonvarakeskuksen keräämän tilastotiedon mukaan yli 630 000 suomalaista yksityishenkilöä tai heidän muodostamaansa kuolinpesää ja yhtymää omisti v. 2013 noin 60 prosenttia kaikista Suomessa olevista metsistä. Heidän joukossaan on kohtalainen määrä kaupunkiasukkaita, jotka harrastavat pienpuun korjuuta hyötyliikuntana tai saavat tarvitsemansa polttopuut maaseudulla asuvilta sukulaisilta tai tuttavilta. Osa puuta ahkerasti polttavista pitää omia käytäntöjään ilmastonmuutoksen kannalta kestäväenä lämpöenergian tuotantomuotona, vaikka todellisuudessa huonosti suunnitellut ja kunnoltaan heikentyneet vanhat takat, uunit ja kattilat sekä käytännössä kaikki saunankiukaat – ja tietenkin huonot puun polttotavat – tuottavat hiilidioksidin ohella suuria määriä muita, ilmakehää vuosikymmenien ajan voimak-

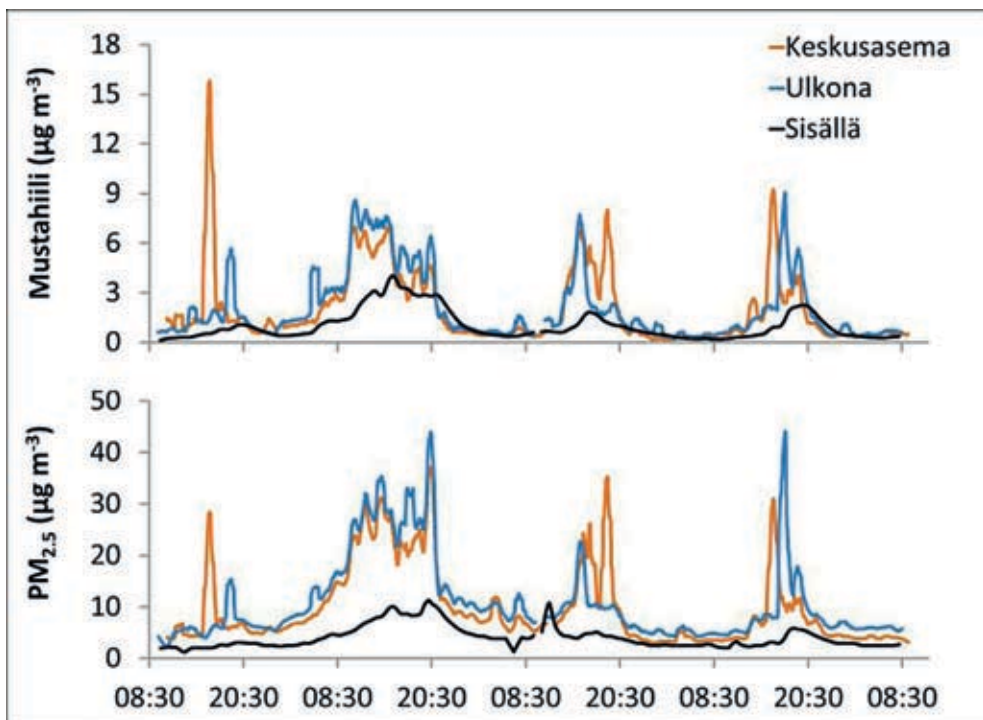
kaasti lämmittäviä päästöjä, kuten mustaa hiiltä ja metaania sekä alailmakehän otsonimuodostusta lisääviä haihtuvia orgaanisia hiilivetyjä (VOC) (Savolahti ja Karvosenoja 2014; Eskelinen 2014).

## Ulkoilman savuille altistuminen jatkuu kodin sisällä

Helsingin seudun ympäristöpalvelujen (HSY) ilmanlaadun mittaukset vähän kaukolämpöä ja paljon puunpolttoa suosivilla vanhoilla pientaloalueilla ovat osoittaneet, että erityisesti sisämaan suojaisilla alueilla PM<sub>2,5</sub>:n tunti-, vuorokausi-, talvikausi- ja vuosipitoisuudet ovat usein olleet korkeampia kuin saman ajanjakson pitoisuudet Helsingin, Espoon ja Vantaan vilkkaita liikennekeskittymiä lähellä olevilla alueilla. Syöpävaarallisten PAH-yhdisteiden edustajana käytetyn bentso[a]pyreenin moninkertaiset pitoisuudet talvikuukausina ja EU:n terveysperusteisen vuositavoitearvon ylitykset ovat antaneet vahvoja viitteitä siitä, että kohonneiden hiukkasmaisten epäpuhtauksien lähde tällaisilla pientaloalueilla on ollut kotitalouksien puunpoltto (HSY 2013 ja 2015).

Puun palamisen spesifisen merkkiaineen, levoglukosaanin, samanaikaisilla pitoisuusmittauksilla PM<sub>2,5</sub>-monitoroinnin kanssa on saatu lopullinen varmistus, että puun pienpoltto on keskeinen ilmanlaatuongelmia tuottava päästölähde pientaloalueilla. Ilmatieteen laitoksen tutkimusten mukaan 31–66 prosenttia pääkaupunkiseudun pientaloalueilla vuosina 2005–2009 mitatuista talvikauden PM<sub>2,5</sub>-pitoisuuksista aiheutui puunpolto (Saarnio ym. 2012).

THL on tutkinut puunpolton savujen vaikutuksia ulkoilman laatuun ja asuntojen sisäilmaan puunpolttota perinteisesti suosivalla pientaloalueella Kuopiossa. Tiiviisti rakennetulla isolla alueella on paljon yli 50 vuotta vanhoja ja jonkin verran uusia omakotitaloja. Kuopion kaupunki sijoitti yhdessä



Kuva 1. Mustan hiilen ja pienhiukkasten ( $PM_{2,5}$ ) pitoisuudet keskusasemalla sekä esimerkkitalon sisällä ja pihalla maanantaista perjantaihin. Talossa oli painovoimainen ilmanvaihto eikä siinä olevia omia puunpolttolaitteita käytetty tutkimusjakson aikana. Ulkoilman lämpötila vaihteli välillä  $-3$  ja  $-17$  °C.

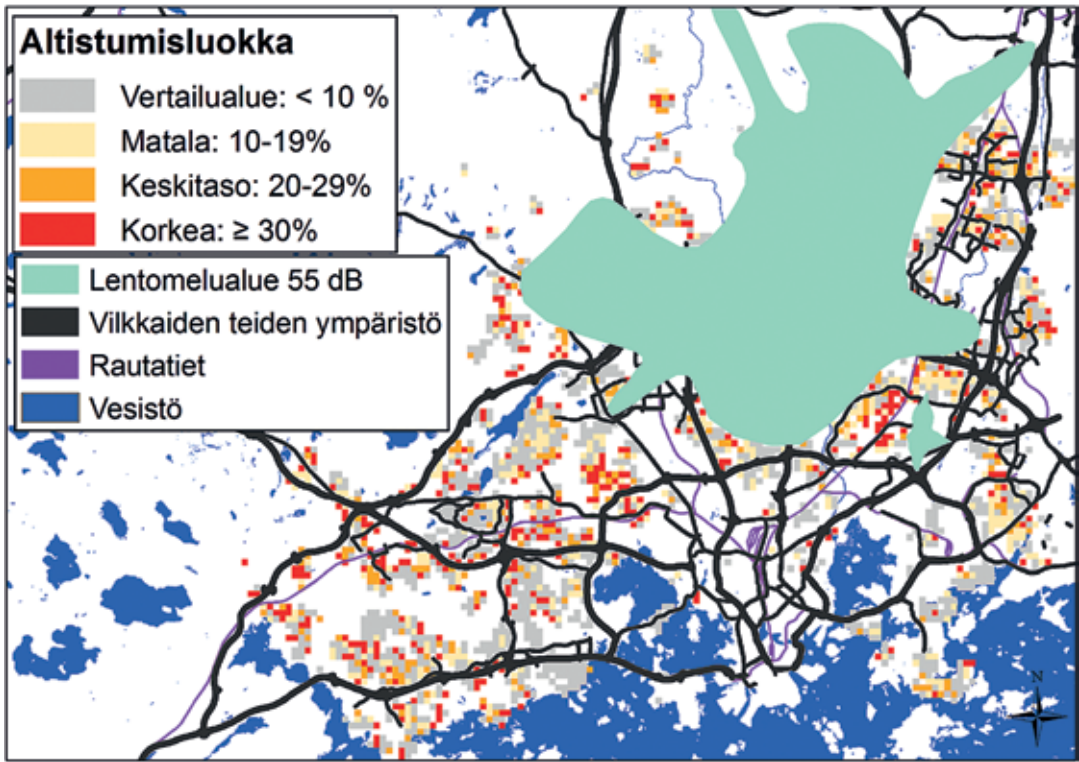
THL:n kanssa pientaloalueen keskelle yleistä ilmanlaatua mittaavan keskusaseman, ja THL mittasi enintään 500 metrin etäisyydellä keskusasemasta olleiden talojen pihalla ja sisätiloissa hiukkasmaisten saasteiden pitoisuuksia tammi-maaliskuussa 2015. Asemalla mitattiin  $PM_{2,5}$ -hiukkasten ja mustan hiilen massapitoisuuksia sekä hiukkasten lukumääräpitoisuutta. Lisäksi kerättiin  $PM_{10}$ -hiukkasnäytteitä suodattimille levoglukosaanin ja PAH-yhdisteiden määrittämiseksi.

Vastaavat mittaukset ja suodatinkeräykset tehtiin vähintään kahtena peräkkäisenä 48 tunnin jaksona seitsemän pientalon sisä- ja ulkopuolella. Taloista viisi oli vanhoja, painovoimaisella ilmanvaihdolla toimivia, kun taas kahdessa oli koneellinen ilmanvaihto. Aukkaat pitivät mittausten aikana päiväkirjaa omista toimistaan ja mahdollisista

savuhavainnoista. Omia puunpolttolaitteita kuten takkaa tai saunankiuasta ei saanut käyttää tutkimusjakson aikana.

Pienhiukkasten 48 tunnin keskiarvopitoisuudet keskusasemalla edustivat hyvin talojen pihalla mitattuja pitoisuuksia, jotka vaihtelivat välillä  $4-26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tuntipitoisuuksissa oli sekä ajallisesti että paikallisesti vielä suurempaa vaihtelua, mikä luultavasti johtui sekä lähitalojen päästöistä että yleisistä säätekijöistä, kuten ilman lämpötilasta, tuulen voimakkuudesta ja sademäärästä. Suurimmat hiukkasmaisten saasteiden pitoisuudet mitattiin lähes poikkeuksetta kello 16 ja 20 välisenä aikana. Talojen sisäilmasta mitatut  $PM_{2,5}$ -pitoisuudet (vaihteluväli  $2-11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) olivat noin puolet samanaikaisista ulkoilman pitoisuuksista (talokohtainen sisä-ulkosuhde  $34-62\%$ ) (Kuva 1).

Mustan hiilen ajallinen pitoisuusvaihtelu



Kuva 2. Pientalovaltaisen tutkimusalueen rajausta ja altistuksen luokittelu 250 m x 250 m ruuduissa pääkaupunkiseudulla (Pasanen ym. 2013). Eritasoinen paikallinen altistuminen puunpolton savuille jakautui melko tasaisesti Helsingin, Espoon ja Vantaan kaavoitetuilla pientaloalueilla v. 1980.

oli samanlaista  $PM_{2,5}$ -pitoisuusvaihtelujen kanssa. Sen 48 tunnin keskiarvopitoisuudet keskuksasemalla olivat  $0,3\text{--}2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja osuus pienhiukkasista suurimmillaan 20 prosenttia. Levoglukosaanin neljän vuorokauden keskiarvopitoisuus ulkoilmassa vaihteli välillä  $30$  ja  $160 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Sen osuus ulkoilman hengitettävistä hiukkasista ( $PM_{10}$ ) oli keskimäärin  $0,8\%$  ( $0,2\text{--}1,6\%$ ). Molemmat tulokset ovat samansuuruisia aiemmin pääkaupunkiseudulla mitattujen talvikauden pitoisuuksien kanssa (Saarnio ym. 2012).

### Huonon puunpolton savut haitallisia sydänsairaillekin

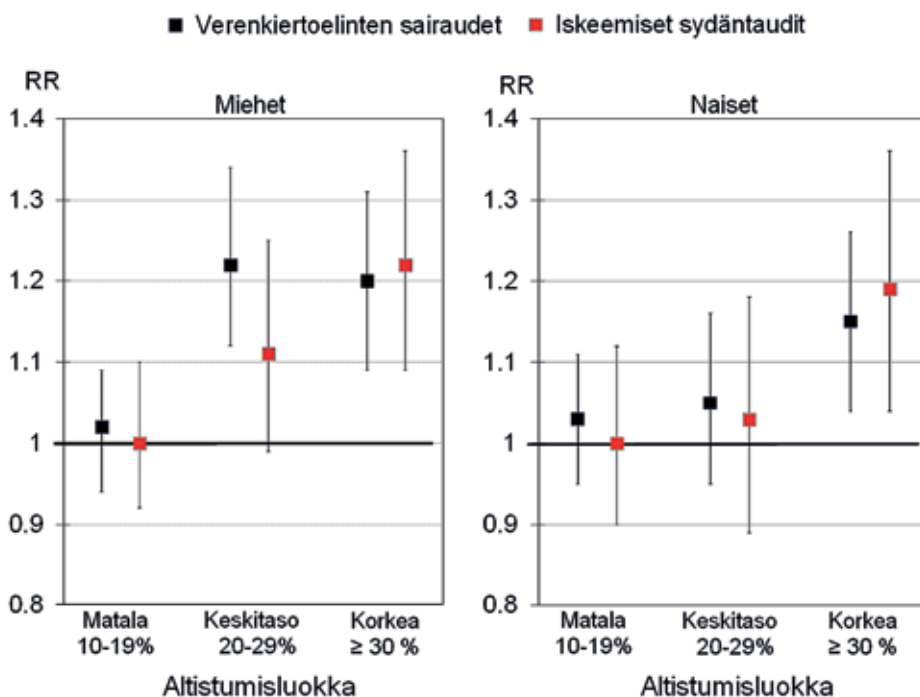
WHO:n asiantuntijaryhmän (Chafe ym. 2015) äskettäisessä raportissa todetaan, että vuodelle 2010 tehdyn maailmanlaajuisen arvioinnin mukaan Euroopassa kuoli en-

nenäikaisesti 61 000 henkilöä kotitalouksien kiinteiden polttoaineiden lämmityskäytön takia. Suomessa on jo aiemmin arvioitu (Ahtoniemi ym. 2010), että vakituisten asuntojen puulämmitys johtaa 250 henkilön ennenäikaiseen kuolemaan vuodessa, kun taas vapaa-ajan asuntojen puunpoltosta aiheutuu vain kymmenkunta ennenäikaista kuolemaa. Näissä arvioinneissa on käytetty yleisiä pitkäaikaiseen  $PM_{2,5}$ -altistumiseen liittyviä pitoisuus-vaikutusestimaatteja, koska pitkäaikaiseen puunpolton savuille altistumiseen liittyvästä sydänsairauskuolleisuudesta ei ole aiemmin ollut tutkimustietoja.

THL:n johdolla on tehty takautuva paikakatietoihin ja rekisteriaineistoihin perustuva epidemiologinen tutkimus pitkäaikaisen puunpolton savuille altistumisen terveyshaitoista (Pasanen ym. 2013). Siinä tutkimusväestöksi rajattiin pääkaupunki-



## Kuolleisuusriski 1981–2005



Kuva 3. Vakioitu suhteellinen kuolleisuusriski (RR) vuosina 1981–2005 kolmessa puunpolton savuille altistumisen luokassa verrattuna vähiten altistuvaan vertailuväestöön pääkaupunkiseudun pientaloalueilla (Pasanen ym. 2013).

seudun pientalovaltaisilta alueilta vajaan 92 500 asukkaan väestö vuodelta 1980. Väestö luokiteltiin 250 m x 250 m ruutujen tarkkuudella neljään pitkäaikaisen puunpolton savuille altistumisen ryhmään vuonna 1980 todetun asuntojen päälämmitysmuodon lämmönlähteen mukaan (Kuva 2).

Luokittelu perustui puulämmitystä tai pienessä määrin hiililämmitystä käyttäneiden asuntojen osuuteen kunkin ruudun pientaloista. Korkeimman altistumisen luokassa (n. 9 000 asukasta) oli tyypillisesti kaukolämpöverkon ulkopuolelle jääneitä vanhoja pientaloja, joissa puuta tai hiiltä käyttävien asuntojen osuus oli keskimäärin 46 %. Toiseksi korkeimmassa altistumislukassa (9 500 asukasta) 82 % ja kolmannessa altistumislukassa (22 000 asukasta) 74 % ilmoitti öljy- tai sähkölämmityksen pääasialliseksi lämmönlähteeksi, kun taas

vastaavat puulämmityksen osuudet olivat 24 % ja 14 %. Vertailutaloissa (52 000 asukasta) kaukolämpö oli melko yleistä (24 %) ja puulämmitys puolestaan hyvin harvinaista (3 %). Tutkimusaineistosta rajattiin pois lähellä vilkasliikenteisimpiä teitä ja rautateitä olevat ruudut sekä lentomelualueet, koska kodin läheisyydessä ja mahdollisesti sisällekin ulottuva pitkäaikainen altistuminen niistä peräisin oleville ilmansaasteille ja melulle saattaisivat vaikuttaa erityisesti sydäntautikuolleisuutta koskevan tilastollisen tuloksiin.

Kun verrattiin kolmen altistumislukaa ja vertailuväestön ikävakioitua kuolleisuutta verenkiertoelinten sairauksiin vuosina 1981–2005, havaittiin ns. trenditestissä tilastollisesti merkitsevä ennenaikaisten kuolemien lisääntyminen puulämmityksen yleisyyden suhteen sekä miehillä että nai-

silla (Kuva 3). Tulokset vakioitiin seuranta-  
taperiodin (5-vuotisjaksot), ikäluokan, yksilöllisen sosiaaliluokan, pientalotiheyden sekä kolmeen luokkaan jaetun paikallisen tuulisuuden mukaan, koska näillä tekijöillä oli erikseen analysoituna merkitseviä tai lähes merkitseviä vaikutuksia tilastoanalyyyseissä.

Lopullisten tulosten mukaan korkeimman altistumislukokan miehillä (+22 %) ja naisilla (+15 %) oli vertailuväestöön nähden tilastollisesti merkitsevästi korkeampi ennen aikainen kuolleisuus verenkierrotoelinten sairauksiin, erityisesti ns. iskeemisiin sydäntauteihin kuten sepelvaltimotautiin (kuva 3). Miehillä havaittiin korkeimmas-  
sa altistumislukokassa ja naisilla toiseksi korkeimmas-  
sa altistumislukokassa samansuuruinen (+29 %), tilastollisesti merkitsevä lisäys myös ennen aikaisessa kuolleisuudessa hengityssairauksiin. Tehdyn 25 vuoden pituisen ajanjaksoa koskevan analyysin mukaan korkeimmas-  
sa altistumislukokassa, joissa oli yhteensä n. 18 500 henkilöä, kuoli yhteensä n. 500 miestä ja naista ennen aikaisesti verenkierrotoelin- ja hengityssairauksiin. Samalla alkuperäisaineistolla ja -väestöllä ollaan nyt tutkimassa miehillä ja naisilla ilmaantuneita syöpätapauksia vuosina 1981–2012.

Uudet pienalue-epidemiologian tulokset ja HSY:n aiemmat ilmanlaadun mittaus-  
tulokset viittaavat siihen, että vuosia tai vuosikymmeniä kestävä, lämmityskaudella kohonnut altistuminen puun epätäydellisen palamisen haitta-aineille riittää lisäämään ja/tai pahentamaan kroonisia sydämen sekä verenkierroto- ja hengityselinten sairauksia samalla tavoin kuin tupakointi tai runsas altistuminen vanhojen dieselajoneuvojen pakokaasuille. Yhtenä mahdollisena selityksenä tälle voidaan pitää sitä, että naapurisavuille altistuminen ei rajoitu vain ulkotiloihin, vaan jatkuu merkittävässä määrin myös asuntojen sisätiloissa aikoina, jolloin asukkaat ovat useimmiten kotona.

## Lopuksi

EU:n ns. Ecodesign-direktiivin pohjalta tulee epäpuhtauksien päästörajoja uusille pienpolttolaitteille arviolta v. 2022, mutta saunankiukaat eivät kuulu sääntelyn piiriin. Direktiivin myötä mahdollisesti tulevaa parempaa paikallista ilmanlaatua joudutaankin monilla pientaloalueilla odotamaan aina 2030-luvulle asti (Savolahti ja Karvosenoja, 2014). Puulla lämmitettäviä takkoja, uuneja, kattiloita ja saunankiukaita on Suomessa arviolta pari miljoonaa. Niistä kohtalaisen suuri osa on nuohoojien arvioiden mukaan varsin huonokuntoisia (Eskelinen 2014). Siksi valtiovalta olisi varsin kohtuullista toivoa EU-määräyksiä täydentäviä kansallisia toimia nykyisin syntyvien kohtuuttoman suurten hiukkaspäästöjen vähentämiseksi.

Kaupungit ovat Euroopassa olleet puun ja hiilen poltosta aiheutunutta huonoa paikallista ilmanlaatua parantavien ratkaisujen tekijöitä aina Lontoon vuoden 1952 suuresta savusumuepisodista lähtien. Eikö siis Suomenkin kaupungeissa kannattaisi aktivoitua miettimään puun pienpolton savuille altistumisen vähentämistä erityisesti vanhoilla, tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla?

Harkitsemisen arvoisia keinoja paikallisen ilmanlaadun suhteen ongelmallisilla alueilla voisivat olla muun muassa: (a) nuohoojien jo tekemän valistuksen laajentaminen hyvistä puunpolttotavoista koko maahan (Eskelinen, 2014), (b) paikallisesti päästötömien talokohtaisten lämmitysratkaisujen ja kaukolämmön käyttöönoton edistäminen investointituella, (c) määrältään riittävän, tehokkaasti suodatetun tuloilman järjestäminen kaikenikäisiin asuintaloihin energiakorjausten yhteydessä, sekä (d) tehokkaan sisäilmapuhdistimen hankinta kotisairaanhoidossa olevalle vaikeasta hengitys-, sydän- tai aivoverenkierron sairaudesta kärsivälle.

Tätä tutkimusta ovat rahoittaneet Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö, Ympäristöministeriö ja Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). Kari Pasanen on saanut rahoitusta myös Suomen Kulttuurirahastolta.

## Kirjallisuutta

Ahtoniemi P, Tainio M, Tuomisto JT, Karvosenoja N, Kupiainen K, Porvari P, Karppinen A, Kangas L & Kukkonen J. Health risks from nearby sources of fine particulate matter: domestic wood combustion and road traffic (PILTTI). Helsinki: National Institute for Health and Welfare. Report 3/2010, 60 p.

Chafe Z, Brauer M, Heroux M-E, Klimont Z, Lanki T, Salonen RO & Smith KR. Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options in Europe and North America. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Report for the Joint Task Force on Health Aspects of Air Pollution of the WHO/UNECE Convention of Longrange Transboundary Air Pollution 2015, 43 p. + 1 Annex. ISBN 978-92-890-50760. Internet: <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/residential-heating-with-wood-and-coal-health-impacts-and-policy-options-in-europe-and-north-america>

Eskelinen H. Nuohoojakyselyllä tietoa polttotavoista. *Ilmansuojelu* 2014; 38(4): 17–19.

Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2012. HSY:n julkaisuja 5/2013. ISBN 978-952-6604-98-5. Internet: <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/julkaisut/>

Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2014. HSY:n julkaisuja 6/2015. ISBN 978-952-6604-98-5. Internet: <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/julkaisut/>

Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Ilmanlaatu data 2014. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2014 –raportin liitteet. Internet: [www.hsy.fi/ilmanlaatu2014](http://www.hsy.fi/ilmanlaatu2014)

Janssen NAH, Gerlofs-Nijland ME, Lanki T, Salonen RO, Cassee F, Hoek G, Fisher P, Brunekreef B & Krzyzanowski M. Health

effects of black carbon. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Report for the Joint Task Force on Health Aspects of Air Pollution of the WHO/UNECE Convention of Long-range Transboundary Air Pollution 2012, 50p. + 3 Annexes. ISBN 978-92-890-0265-3 Internet: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon>

Kockbach Bølling AK, Pagels J, Yttri KE, Barregard L, Sallsten G, Schwarze PE & Boman C. 2009. Health effects of residential wood smoke particles: the importance of combustion conditions and physiochemical particle properties. *Particle and Fibre Toxicology* 6:29. DOI: 10.1186/1743-8977-6-29.

Pasanen K, Pukkala E, Myllynen M, Koskentalo T & Salonen RO. Long-term exposure to wood smoke and mortality among urban population in the Helsinki Metropolitan Area. In: Abstracts of the 2013 Conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE), the International Society of Exposure Science (ISES), and the International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ). Abstract 3570. Research Triangle Park, NC: Environmental Health Perspectives; <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.ehbasel13>.

Saarnio K, Niemi JV, Saarikoski S, Aurela M, Timonen H, Teinilä K, Myllynen M, Frey A, Lamberg H, Jokiniemi J & Hillamo R: Using monosaccharide anhydrides to estimate the impact of wood combustion on fine particles in the Helsinki Metropolitan Area. *Boreal Environmental Research* 2012; 17: 163–183.

Salonen RO. Puun pienpolton terveyshaitat. *Ympäristö ja Terveys* 2004; 35(4): 4–9.

Savilahti M & Karvosenoja N. Ecodesign-direktiivi ja muita vähennyskeinoja puun pienpolton hiukkaspäästöille. *Ilmansuojelu* 2014; 38(4): 7–12.

Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus. Puun pienpoltoa koskevat terveydelliset ohjeet.

STTV-oppaita 6/2008. Internet: [https://www.valvira.fi/documents/14444/22511/Puun\\_poltto-opas.pdf](https://www.valvira.fi/documents/14444/22511/Puun_poltto-opas.pdf) ■