Ylilääkäri, dosentti Raimo O. Salonen[1]
Tutkija, MMM Kari Pasanen[1]
Tutkija, FM Anni-Mari Pulkkinen[1]
Tutkija, FT Arto Pennanen[1]
Ympäristönsuojelutarkastaja, FM Erkki Pärjälä[2]
Yksikönpäällikkö, TkL Tarja Koskentalo[3]
Tutkimusjohtaja, professori Eero Pukkala[4]

[1] Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL), Terveydensuojeluosasto, Kuopio
[2] Kuopion kaupunki, Kaupunkiympäristön palvelualue
[3] Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY), Ilmansuojeluyksikkö
[4] Suomen Syöpärekisteri, Syöpätautien tilastollinen ja epidemiologinen tutkimuslaitos, Helsinki sekä Tampereen yliopisto, Terveystieteen yksikkö

Puun pienpolton savuja ulkoa sisälle ja pitkäaikaisesta altistumisesta syöpiä

Tiiviisti rakennetulla, vanhalla Kuopion Niiralan pientaloalueella tutkittiin tammi-maaliskuussa 2015 naapuruston puun pienpolton vaikutuksia paikalliseen ulkoilman laatuun (talon pihalla, mittausasemalla alueen keskellä) sekä viiden vanhan ja kahden uuden pientalon sisäilman laatuun. Asukkaiden oma tulisijojen käyttö oli kiellettyä kotia koskevien mittausten aikana. Mittausasemalla ja pientalojen pihan ulkoilmasta mitatut pienhiukkasten ($PM_{2.5}$) ja mustan hiilen (BC) sekä puunpolton hiukkaspäästöihin yhdistyvän levoglukosaanin ja syöpävaarallisia PAH-yhdisteitä edustavan bentso[a]pyreenin pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin talvikaudella mitatut arvot vastaavilla, puun pienpolttoa suosivilla pääkaupunkiseudun pientalovaltaisilla alueilla. Ulkoilmassa leijuvien polttoperäisten pienhiukkasten havaittiin kulkeutuvan varsin tehokkaasti asuntojen sisäilmaan rakennuksen iästä ja ilmanvaihtotavasta riippumatta. Ulko-sisä eli I/O-suhteen (%) keskiarvot olivat: $PM_{2.5}$ 38 %, BC 48 % ja BaP 23 %. Vuonna 1980 pääkaupunkiseudun pientalovaltaiset taajamat kattavassa, suljetussa väestökohortissa (N=92355 henkilöä) havaittiin, että puulämmityksen yleisyyden avulla kuvattu puunpolton savuille altistuminen oli miehillä tilastollisesti merkitsevästi (trendin p-arvo < 0.05) yhteydessä kaikkien syöpien yhteenlaskettuun sekä keuhkosyövän ilmaantuvuuteen vuosina 1981–2012. Tulosanalyysejä jatketaan keuhkosyövän ja muiden syöpien osalta.



Kuva: Kari Pasanen.

Viime vuosikymmenten laajoihin väestötutkimuksiin perustuvat kansainväliset terveysriskien arvioinnit ovat osoittaneet, että yhdyskuntailman pienhiukkaset ($PM_{2.5}$; halkaisija ≤ 2,5 µm) ovat maailmanlaajuisesti erittäin merkittävä väestöjen tautikuormaa lisäävä tekijä. Vuonna 2010 niille altistuminen oli 9. suurin terveyden haittatekijä maailmassa, josta aiheutui 3,2 miljoonaa ennenaikaista kuolemaa ja 76 miljoonaa menetettyä tervettä elinvuotta yli 50-vuotiailla pääasiassa sydämen ja verenkierron sekä hengityselinsairauksien takia (Lim ym. 2012).

Vaikka pienhiukkasille altistuminen on voimakkainta ja terveyshaitat suurimmat väkirikkaassa Kiinassa, muualla Kaakkois-Aasiassa ja Intiassa, on erityisesti pitkäaikaisella altistumisella suuri terveydellinen ja yhteiskunnallinen merkitys kaikkialla maailmassa olevissa, tiiviisti asutetuissa yhdyskunnissa. Pienhiukkasille ei tunneta turvallista kynnyspitoisuutta, vaan jo hyvin pienet, Suomen kaupungeissa mitattavat pitoisuudet on todettu lukuisissa ulkomaisissa ja kotimaisissa tutkimuksissa haitallisiksi ns. herkille väestöryhmille (pikkulapset, kroonista sydän-, verenkiertoelin- tai keuhkosairautta sairastavat, vanhukset) (WHO 2006; Lanki ja Pekkanen 2008). Tämä selittää, miksi viimeaikaisten väestötutkimusten pohjalta tehdyt terveysriskien arvioinnit ovat osoittaneet suuria määriä vakaviin seuraamuksiin johtavia terveyshaittoja myös kehittyviä maita paljon puhtaammissa länsimaissa. Vuonna 2005 tapahtuneiden $PM_{2.5}$-altistumisten on arvioitu aiheuttaneen Suomessa n. 1800 ennenaikaista kuolemaa, 1200 uutta kroonisen bronkiitin sairaustapausta sekä 2,1 milj. vakavaa oirepäivää 15–64 -vuotiailla (Hänninen ym. 2010).

Vilkkaan liikenteen äärellä mitataan yleistä kaupunkitasoa korkeampia $PM_{2.5}$:n ja mustan hiilen pitoisuuksia (Yli-Tuomi ym. 2005). Vastaavasti vilkasliikenteisten väylien välittömässä läheisyydessä asumisen tiedetään johtavan asukkaiden kohonneeseen altistumiseen mustan hiilen osoittamille ulkoilman polttoperäisille pienhiukkasille myös kodin sisällä (Lanki ym. 2007; Janssen ym. 2012). Erityisesti lähiliikenteestä peräisin olevan voimakkaamman vaikutuksen paikalliseen ilmanlaatuun ja henkilökohtaiseen altistumiseen pienhiukkasille on havaittu vuosia – vuosikymmeniä kestävän asumisen aikana johtavan keskimääräistä selvästi suurempaan riskiin kuolla ennenaikaisesti sepelvaltimotautiin tai keuhkosyöpään (Jerrett ym. 2005).

Puun pienpolttoa suosivilla pientalovaltaisilla alueilla ei ole tiettävästi ennen tehty tutkimusta, jossa olisi keskitytty samanaikaisten jatkuvilla mittalaitteilla tehtyjen monipuolisten ulko- ja sisämittauksien ja kerätyistä hiukkasnäytteistä tehtyjen kemia-analyysien avulla siihen, miten paljon tästä toisesta matalasta lähipäästölähteestä erityisesti talvikaudella paikallisesti heikentyvä ulkoilman laatu vaikuttaa kotien sisäilmaan. Useimmiten on analysoitu useiden tunnettujen ulko- ja sisäpäästölähteiden vaikutuksia kerätyistä hiukkasnäytteistä tehtyjen kemia-analyysien pohjalta ja pyritty erottamaan eri lähteitä toisistaan tilastollisin menetelmin (Chafe ym. 2015).

Yksityiskohtainen tieto puunpolton savujen hiukkasmaisten komponenttien ulkosisäsiirtymästä kiinnostaa meitä, koska pääkaupunkiseudulla (Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen) olevilla, tiiviisti rakennetuilla vanhoilla pientaloalueilla, jotka eivät kuulu kaukolämpöverkkoon, on havaittu ilmanlaadun viranomaismittauksissa Helsingin keskustaa ja muita vilkkaita liikenneympäristöjä korkeampia $PM_{2.5}$:n tunti-, vuorokausi-, kuukausi-, talvikausi- ja jopa vuosipitoisuuksia. Lisäksi Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY) on mitannut EU-vuositavoitearvoa lähellä olevia tai sen ylittäviä syöpävaarallisen PAH-yhdisteen, bentso[a]pyreenin, pitoisuuksia näillä pientaloalueilla (HSY 2015). Ilmatieteen laitoksen tutkimuksessa, jossa hiukkasista mitattiin biomassan poltolle spesifistä orgaanista merkkiainetta, levoglukosaania, todettiin puunpolton savujen vaikuttavan varsin merkittävästi koko pääkaupunkiseudun ilmanlaatuun pääasiallisella lämmityskaudella (lokakuu–maaliskuu 2005–2009): 31–66 % $PM_{2.5}$-pitoisuudesta esikaupunkialueilla ja 18–29 % keskusta-alueella (Saarnio ym. 2012).

Olemme aiemmin tehneet pääkaupunkiseudun pientalovaltaisten taajamien väestössä (N=92355) pienalueittaisiin kuolemansyytietoihin perustuvan epidemiologisen tutkimuksen, jossa havaittiin puulämmityksen yleisyyden olevan yhteydessä sydän- ja verisuonitautikuolleisuuteen vuosina 1981–2005 (Pasanen ym. 2013; Salonen ym. 2015). Tulokset viittasivat siihen, että puun pienpoltosta syntyneille ilmansaasteille altistuminen oli yhteydessä sekä miesten että naisten kohonneeseen riskiin kuolla ennenaikaisesti sepelvaltimotautiin sekä muihin iskeemisiin sydäntauteihin ja verenkiertoelinten sairauksiin. Korkeimman altistumisen alueella kuolleisuus verenkiertoelinten sairauksiin oli naisilla 15 % ja miehillä 22 % korkeampi kuin vertailuväestössä. Yhteys hengityselinkuolleisuuteen oli tilastollisesti merkitsevä vain miehillä, mutta naisillakin havaittiin jopa 29 % kohonnut kuolleisuusriski yhdessä altistumisluokassa. Paikallisilla tuuliolosuhteilla havaittiin vaikutusta vain naisilla esiintyneeseen kuolleisuusriskiin.

Kaupunkien ilmansaasteiden, erityisesti pienhiukkasten, yhteydestä kohonneeseen keuhkosyöpäriskiin on raportoitu tutkimustuloksia lukuisista kaupungeista Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa (Raaschou-

Nielsen ym. 2013; Hamra ym. 2014). Niinpä Maailman terveysjärjestön kansainvälinen syöpätutkimuskeskus WHO-IARC luokitteli v. 2013 ulkoilman saasteet (erityisesti hiukkasmaiset epäpuhtaudet) ihmisessä syöpää aiheuttaviksi (Loomis ym. 2013; IARC 2015). Muiden syöpätyyppien kuin keuhkosyövän osalta on alustavaa näyttöä siitä, että liikenteen ilmansaasteet lisäisivät kohdunkaula-, aivo- ja rintasyövän riskiä (Raaschou-Nielsen ym. 2011, Crouse ym. 2010).

Tiedossamme ei ole yhtään pitkäaikaista altistumista koskevaa tutkimusta, jossa olisi analysoitu kotitalouksien puun pienpolton heikentämän paikallisen ulkoilmanlaadun vaikutusta syöpäriskeihin. Sen sijaan tuoreessa meta-analyysissä havaittiin, että kehittyvien maiden kotitalouksien ruoanlaitossa yleisestä kiinteiden polttoaineiden pienpoltosta sisäilmaan tulevat ilmansaasteet olivat yhteydessä naisten kohonneeseen riskiin sairastua kohdunkaulan, ylempien hengitysteiden ja ruoansulatuselinten syöpiin (Josyula ym. 2015). Mielenkiintoinen on myös yhden tutkimuksen havainto puulieden käytön yhteydestä kohdunkaulasyöpään naisilla, joilla oli tämän syövän riskitekijänä hyvin tunnetun papilloomaviruksen aiheuttama infektio (Velema ym. 2002).

Ulkoilman savuille altistuminen jatkuu kodin sisällä

Tämä pientaloja koskeva tutkimus toteutettiin tammi-maaliskuussa 2015 Kuopion Niiralassa. Siellä asuu 3800 asukasta hyvin tiiviisti rakennetulla pientalovaltaisella alueella, jossa on pääasiassa 1940- ja 1950-luvuilla valmistuneita yhden perheen omakotitaloja (Kuva 1). Puun pienpoltto lisälämmitysmuotona on yleistä, koska alueella ei ole kattavaa kaukolämpöverkkoa.

Tutkimuksessa seurattiin ilmanlaatua viiden vanhan ja kahden uuden pientalon sisäilmasta ja lähistön ulkoilmasta (Pulkkinen ym. 2016). Kaikissa seurantakohteissa käytettiin samanlaisia henkilökohtaisen altistumisen monitorointiin soveltuvia pienikokoisia ja hiljaisia, jatkuvatoimisia mittalaitteita sekä hiljaisilla pumpuilla varustettuja hiukkaskeräimiä (Taulukko 1). Mittauksia tehtiin samanaikaisesti kaikkina arkipäivinä 1–2 viikon ajan yhden omakotitalon keskeisessä oleskelutilassa ja talon pihalla sekä asuinalueen keskellä, enintään 500 m päässä tutkituista taloista olevalla ilmanlaadun mittausasemalla (Kuvat 1–3). Lisäksi kerättiin hiukkas- ja kaasunäytteitä kemiallisia analyysejä varten. Asukkaiden oma tulisijojen käyttö oli kiellettyä kotia koskevien mittausten aikana.





Kuvat 1a–b. Kuopion kaupungin ympäristötoimiston ja THL:n yhteinen ilmanlaadun mittausasema ja näkymä sen katolta Kuopion Niiralan pientaloalueelle. Kuvat: Anni-Mari Pulkkinen.

Taulukko 1. Käytetyt mittalaitteet, mitatut ilman epäpuhtaudet, mittaustuloksen tallennusvälit, mittauspaikat ja laitteistojen ylläpitäjät. Näytteenottokorkeus asuntomittauksissa (sisällä ja ulkona) oli n. 1,5 m – poikkeuksena AE51, jolla näytteenottokorkeus oli n. 0,5 m. Kaikki mittausaseman katolla tehdyt mittaukset/näytteiden keräykset olivat n. 3–4 m korkeudella maan pinnasta (Pulkkinen ym. 2016).

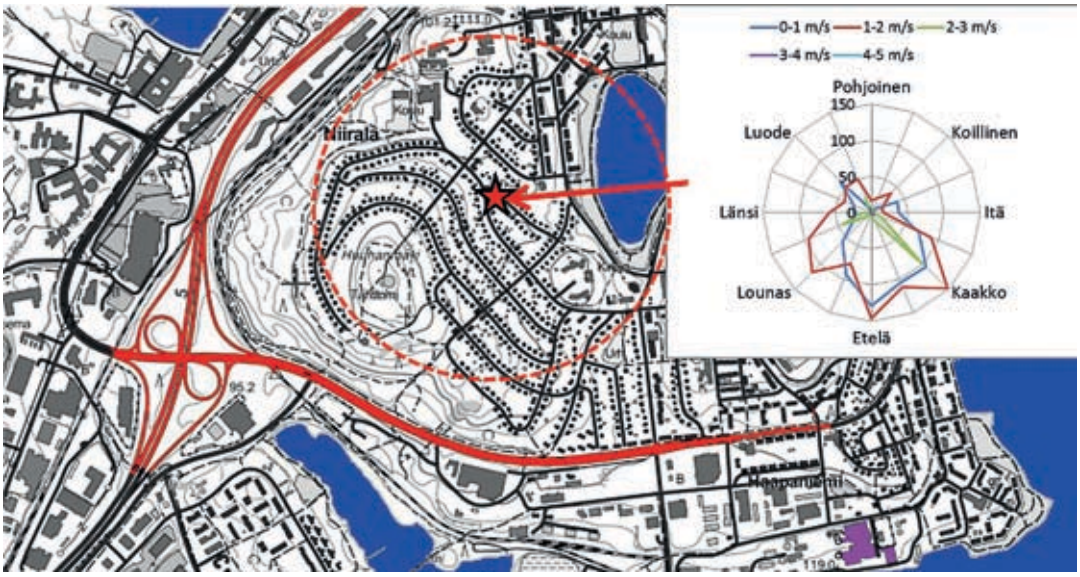
Laite	Mitattu ilman epäpuhtaus	Datan tallennusväli	Mittauspaikka	Ylläpitäjä
Varsinaiset mittaukset				
AE51	Musta hiili (BC)	1 min	mittausasema, talon sisällä, talon pihassa	THL
DustTrak DRX	PM_1, $PM_{2.5}$, PM_4, PM_{10}, PM_{15}	2 min	mittausasema, talon sisällä, talon pihassa	THL
Ptrak	PNC, hiukkaskoko >20 nm	1 min	mittausasema, talon sisällä, talon pihassa	THL
VelociCalc	T, RH, CO, CO_2, paine	1 min	mittausasema, talon sisällä, talon pihassa	THL
HI-PM_{10}-PTFE-suodatin	PAH-yhdisteet, PM_{10}-massa	48 h *	mittausasema, talon sisällä, talon pihassa	THL
HI-PM_{10}-PTFE- suodatin	Levoglukosaani, oksalaatti, kalium, PM_{10}-massa	48 h *	mittausasema, talon sisällä, talon pihassa	THL
Vertailumittaukset Niiralan mittausasemalla				
MAAP	Musta hiili (BC)	1 min	mittausasema	THL
TEOM	$PM_{2.5}$	1 min	mittausasema	Kuopion kaupunki
Lisämittaukset Niiralan mittausasemalla				
Airmodus A20	Hiukkasten lkm (PNC), >7 nm	1 min	mittausasema	THL
Sääasema	T, RH, tuulen suunta, tuulen voimakkuus	1 min	mittausasema	Kuopion kaupunki
Typpiyhdisteet	NO, NO_2	1 min	mittausasema	Kuopion kaupunki
Kaupunki-PM_{10}-PAH	PAH-yhdisteet	24 h *	mittausasema	Kuopion kaupunki
Haihtuvat hiilivedyt (VOC)	VOC-yhdisteet	2 viikkoa *	mittausasema	Kuopion kaupunki
1,3-butadieenin keräys	1,3-butadieeni	24 h *	mittausasema	Kuopion kaupunki

*** Näytteen keräysaika**

Mittausasemalle oli sijoitettu kutakin pienmittalaitetyyppiä vastaavat standardinmukaiset tai siihen verrattavissa olevat, viranomaismittauksissa yleisesti käytetyt mittalaitteet (Taulukko 1). Näistä mittauksista saatuja tuloksia käytettiin optisten pienmittalaitteiden mittaustulosten skaalaamiseen regressioyhtälöillä tavanomaisten vertailumittalaitteiden kanssa samalla tasolle.

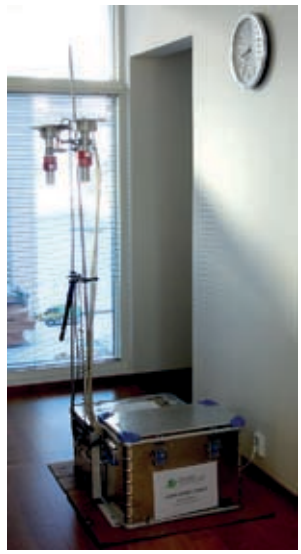
Mittausasemalla mitatut pienhiukkasten ($PM_{2.5}$), mustan hiilen sekä puunpolton hiukkaspäästöihin yhdistyvien levoglukosaanin, oksalaatin, kaliumin ja useimpien PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin pientalojen pihan ulkoilmasta mitattuna. Hiukkasten lukumääräpitoisuudet olivat pääasiassa suurempia talojen pihapiirissä, mikä viittaa välittömästä läheisyydestä tulleiden päästöjen vaikutukseen. Ulkoilman $PM_{2.5}$:n kanssa korreloivat parhaiten musta hiili sekä talvikaudella hyvin biomassan palamisesta syntyviä hiukkasmaisia saasteita osoittavat levoglukosaani, oksalaatti ja kalium (R^2=0,64–0,88; n=8-9).

Kuvassa 4 ovat reaaliaikaisesta $PM_{2.5}$:n ja mustan hiilen mittauksesta lasketut tuntipitoisuudet mittausasemalta sekä kahden omakotitalon pihalta ja talon sisältä keskeisessä oleskelutilassa mitattuna. Talon 1 mittausten aikana vallitsi kuiva pakkassää, kun taas talon 5 mittaukset sattuivat leutoon, osittain sateiseen aikaan.



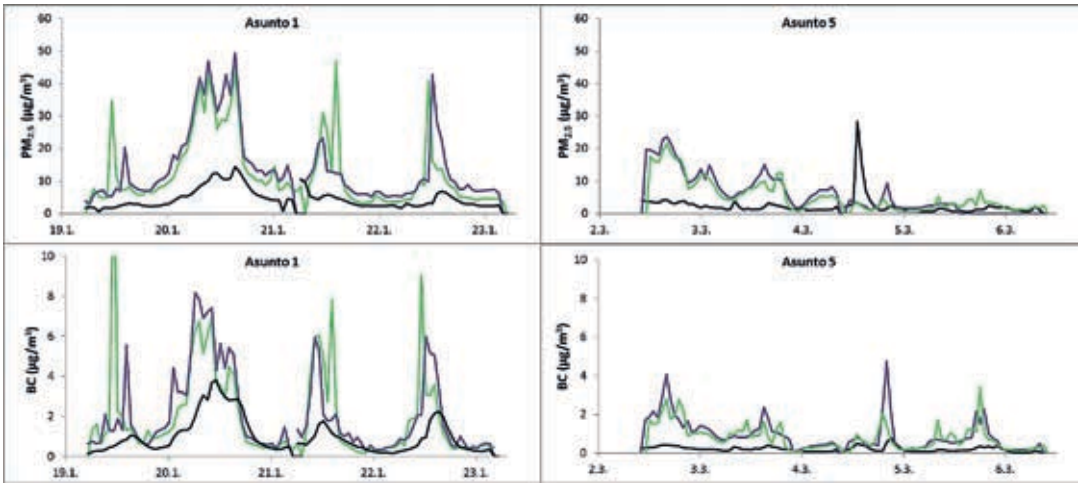
Kuva 2. Ilmanlaadun mittausaseman sijainti tiiviisti rakennetulla Kuopion Niiralan pientalovaltaisella alueella (tähti). Pienet mustat täplät kartassa ovat yhden perheen omakotitaloja ja isommat mustat täplät kahden tai useamman perheen pientaloja tai pienkerrostaloja. Harmaat isommat täplät ovat julkisia rakennuksia kuten kouluja, päiväkoteja, vanhustenhoitolaitoksia sekä kaupungin ja kirkon omistamia muita rakennuksia. Tutkimuskohteina olleet seitsemän omakotitaloa sijoittuvat punaisella katkoviivalla piirretyn, halkaisijaltaan 500 metriä olevan ympyrän sisään. Oikeassa yläkulmassa ovat tutkimusjaksolla tammi-maaliskuussa 2016 vallinneiden tuulien voimakkuudet ja tulosuunnat mittausaseman katolla olleella sääasemalla rekisteröityinä tuntiarvoina (Pulkkinen ym. 2016).







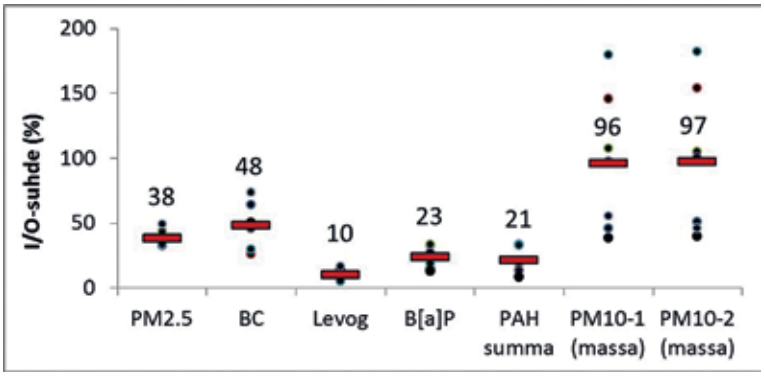
Kuvat 3a–c. Pienmittalaitteet omakotitalon pihalla ja yleisessä oleskelutilassa talon sisällä. Avatussa metallilaatikossa on näkymä jatkuvatoimisista mittalaitteista, jotka tallensivat mittaustuloksensa joko omaan muistiyksikköönsä tai ohessa olleelle tietokoneelle (Pulkkinen ym. 2016). Kuvat: Anni-Mari Pulkkinen.



Kuva 4. Talojen 1 ja 5 pienhiukkasten ($PM_{2.5}$) ja mustan hiilen tuntipitoisuudet mitattuna samanaikaisesti asuintilojen sisäilmasta (musta viiva) ja talon piha-alueen ulkoilmasta (violetti viiva) sekä keskelle Niiralan pientaloaluetta sijoitetulta ilmanlaadun mittausasemalta (vihreä viiva). Talon 5 kuvaajassa näkyvä piikki sisäilman $PM_{2.5}$-pitoisuudessa johtuu asunnon tuulettamisesta ja ruoanlaitosta. Sitä ei ole huomioitu ilman epäpuhtauksien sisä-ulkopitoisuussuhteen laskemisessa (Pulkkinen ym. 2016).

$PM_{2.5}$:n vuorokausikeskiarvo vaihteli välillä 1–9 µg/m³ talojen sisäilmassa ja 2–26 µg/m³ talojen pihassa (sisä-ulko eli I/O-suhteen keskiarvo 38 %). Vastaavasti polttoperäisiä pienhiukkasia kuvaavan mustan hiilen sisäpitoisuus oli 0,1–1,9 µg/m³ ja ulkopitoisuus 0,3–4 µg/m³ (I/O-suhde 48 %). Syöpävaarallisia PAH-yhdisteitä edustavan bentso[a]pyreenin (BaP) 4 vrk:n keskiarvopitoisuus oli sisällä 0,07–0,79 ng/m³ ja ulkona 0,33–2,64 ng/m³ (I/O-suhde 23 %)(Kuva 5). BaP:n PM_{10}-hiukkaskeräyksistä analysoidut mittausarvot ylittivät epävakaisen ja sateisen kenttämittauskauden tammi-maaliskuu 2015 takia vain harvoin EU:n vuositavoitearvon lukuarvon (1 ng/m³), mutta WHO:n (2000) yleisesti hyväksyttävään yksikkösyöpäriskiin (1 syöpä per 100000 altistunutta) perustuva tavoitearvopitoisuus (0,12 ng/m³) ylittyi kaikkien seitsemän talon pihalla 3–22 -kertaisesti ja neljässä talossa 1,5–7 -kertaisesti myös sisällä.

Tulosten perusteella Niiralan alueen ulkoilmanlaatu on lämmityskaudella hyvin samanlaista kuin aiemmin Helsingin seudulla tutkituilla puunpolttoa suosivilla vanhem-



Kuva 5. Talokohtaiset ilman epäpuhtauksien sisä-/ulkopitoisuuksien (I/O) suhteet (%) eriväri sinä symboleina 1–2 viikon mittausajalta sekä niistä lasketut kaikkien seitsemän talon keskiarvot (punaiset viivat ja merkityt epäpuhtauskohtaiset lukuarvot) (Pulkkinen ym. 2016).

milla, tiiviisti rakennetuilla pientalovaltaisilla asuinalueilla. Liikenneympäristöihin ja yleiseen kaupunkitaustaan verrattuna näillä alueilla esiintyy talvikaudella suhteellisen korkeita BaP-pitoisuuksia. Ulkoilmassa leijuvien polttoperäisten pienhiukkasten havaittiin kulkeutuvan varsin tehokkaasti asuntojen sisäilmaan rakennuksen iästä ja ilmanvaihtotavasta riippumatta.

Huonon puunpolton savuista lisää syöpiä

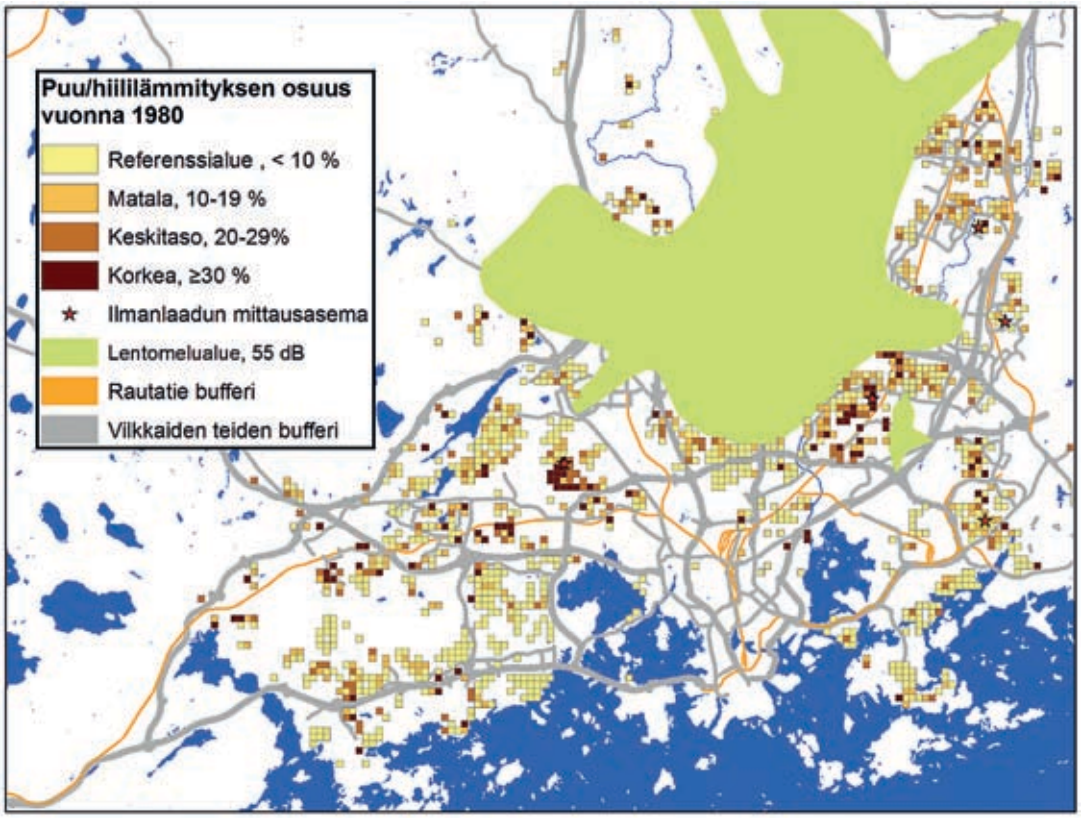
Pienalue-epidemiologisen tutkimusosuuden tarkoituksena oli tutkia, miten pitkäaikainen puun pienpolton päästöille altistuminen vaikuttaa pääkaupunkiseudun pientalovaltaisissa taajamissa vuonna 1980 asuneessa väestössä syöpäilmaantuvuuteen (kokonaissyöpä = kaikki syövät sekä ainakin keuhko-, aivo-, virtsarakko- rinta- ja kohdunkaulasyöpä) vuosina 1981–2012. Kohdeväestön rajaus (N=92355) ja altistumisen luokittelu olivat samoja kuin aiemmassa tautikuolleisuutta koskeneessa tutkimuksessa (Pasanen ym. 2013; Salonen ym. 2015), mutta tavoitteena oli tehdä myös monipuolisia herkkyysanalyysejä.

Suomen pienalueittaisten aineistojen merkittävä etu muihin maihin verrattuna on mahdollisuus käyttää analyyseissä sukupuoli- ja ikävakioinnin ohella yksilötason tietoa sosiaaliluokasta, joka on tärkeä terveydelle haitallisten elintapojen (esim. tupakointi, epäterveellinen ravinto) vaikutuksia hallitseva sekoittava tekijä. Perinteisesti ekologisen eli aluetason epidemiologisissa ympäristöterveystutkimuksissa sekä altistumista että terveyttä koskevat rekisteritietoalueet ovat olleet maantieteellisesti melko suuria ja myös sekoittavista tekijöistä (esim. sosiaaliluokka) on ollut saatavilla vain aluetason tietoja. Suomessa pienaluetason tutkimukset ovat lähtökohdiltaan tarkempia, mutta silti kustannustehokkaita. Pienaluetason aineistojen soveltamiselle on nähty tarvetta monien paikallisten ja sitä laaja-alaisempien ympäristöterveysriskien tutkimuksissa, mukaan lukien eri lähteistä peräisin olevaan ilmansaastealtistumiseen liittyvät terveysriskit (Jerrett ym. 2005).

Tutkimusasetelmana oli yksilötason rekisteritietoihin perustuva kohorttitutkimus, jonka lähtöaineistona oli vuoden 1980 lopussa poimittu poikkileikkauskohortti (N=92355) koko Suomen väestön vuosittaisista elinpäivä- ja syöpätiedoista vuosina 1981–2012. Kohorttiin kuuluvien henkilöiden elinpäivä- ja syöpätiedot on paikannettu tilastoruuduille (250 x 250 m) vuoden 1980 asuinpaikan perusteella ja aggregoitu tilastoruutuihin sukupuolen, iän, sosioekonomisen aseman ja syöpätyypin mukaan luokiteltuina. Käytössä oli myös vuoden 1980 tilastoruutuaineisto väestön sosioekonomisista muuttujista, työllisyydestä, muuttovilkkaudesta, rakennuksista, asunnoista ja lämmitysmuodoista.

Tutkimuksessa sovellettiin paikkatietoaineistoja ja spatiaalista laskentaa tutkimusaineiston rajaamisessa sekä tutkittavan ilmansaasteen ja kovariaattimuuttujien paikallisen vaihtelun mallintamisessa. Tutkimuksen kohdealueena oli pääkaupunkiseudun (Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen) pientalovaltaiset ruudut rajaten tarkastelun ulkopuolelle sellaiset ruudut, joissa oli merkittävää altistumista liikenneperäisille hiukkasille tai melulle. Altistumisen luokittelussa käytettiin Tilastokeskuksen vuoden 1980 ruutuaineiston (250 m x 250 m) tietoja asuntojen pääasiallisesta lämmitysaineesta (kaukolämpö, sähkö, öljy/kaasu, kivihiili/puu/turve). Asuntojen lämmitystiedot ovat varsin luotettavia, koska ne oli kerätty väestökyselyllä rakennusrekisterin perustamista varten. Kuvassa 6 näkyy tutkimuksen kohdealue, rajaukset sekä altistumisluokat ruuduittain.

Miehillä puulämmityksen yleisyyden avulla kuvattu puunpolton savuille altistuminen oli tilastollisesti merkitsevästi



Kuva 6. Pientalovaltaisen tutkimusalueen rajaus ja altistumisen luokittelu 250 m x 250 m ruuduissa pääkaupunkiseudulla. Ruudun altistumisluokka perustuu rekisteritietoon puuta ensisijaisena lämmönlähteenä käyttävien asuntojen määrästä vuonna 1980. Kartalla erottuu monia korkean altistumisen vanhoja pientaloalueita, mutta puunpolton savuille altistumista on melko tasaisesti Helsingin, Espoon ja Vantaan pientaloalueilla. Lentomelualueella sekä rautateiden ja vilkasliikenteisten teiden läheisyydessä olleet pientalot suljettiin pois syöpäilmaantuvuuden analyysistä samalla tavoin kuin tehtiin tautikuolleisuuden analyysissä (Pasanen ym. 2013; Salonen ym. 2015).

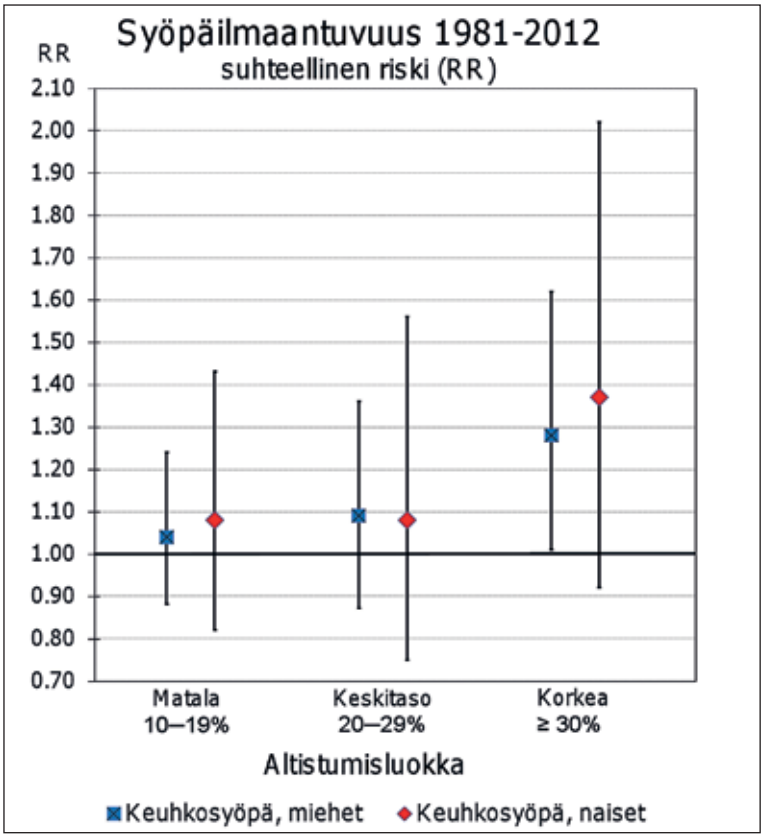
(trendin p-arvo < 0,05) yhteydessä kaikkien syöpien yhteenlaskettuun sekä keuhkosyövän ilmaantuvuuteen vuosina 1981–2012. Korkeimman altistumisluokan väestössä (vanhoja pientaloja – ensisijaisen puu- tai hiililämmityksen yleisyys 43 % asunnoista v. 1980) miesten keuhkosyöpäriski oli 28 % suurempi kuin vertailuväestössä (puu- tai hiililämmityksen yleisyys 3 % asunnoista) (Kuva 7). Naisilla havaittiin viitteitä altistumisen myötä kohoavasta keuhkosyövän ja aivosyövän riskistä, mutta tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tulosanalyysejä jatketaan keuhkosyövän ja muiden syöpien osalta.

Lopuksi

Tässä kuvatussa ilmanlaatu- ja altistumistutkimuksessa osoitettiin, että puun pienpolttoa suosivalla pientalovaltaisella asuinalueella hiukkasmaisille saasteille altistuminen ei rajoitu vain ulkona vietettyyn aikaan. Useimpien asukkaiden kohdalla todennäköisesti merkittävä osa – kenties valtaosa – talvikauden viikoittaisesta tai kuukausittaisesta kokonaisaltistumisesta polttoperäisille pienhiukkasille ja syöpävaarallisille PAH-yhdisteille tapahtuu ulkoa sisään siirtyneen epäpuhtausosuuden kautta. Jatkossa on tärkeää jatkaa tutkimusta

siitä, kuinka suuren osan puun pienpolton päästöistä syntyvä ulkona ja kotona sisällä altistuminen muodostavat kaikki tavanomaiset lähteet kattavasta henkilökohtaisesta kokonaisaltistumisesta polttoperäisille pienhiukkasille, millaisen lisän oma puunpoltto tuo pääasiallisen puunpolttajan (useimmiten mies) henkilökohtaiseen kokonaisaltistumiseen sekä kodin piha-alueen ulkoilmanlaadun ja sisäilmanlaadun mahdollisen lisähuonontumisen kautta muun perheen altistumiseen. Lisäksi olisi hyvä tutkia kontrolloiduissa laboratoriotesteissä tehokkaaksi todetun tuloilmasuodatuksen ja huoneilmapuhdistimen vaikutusta epäedullisen sijainnin tai paljon puuta polttavan naapuruston ym. vuoksi paljon altistuvien hengitys- tai sydänsairaiden kodin sisäilman laatuun ja henkilökohtaiseen vointiin.

Tässä tutkimuksessa uudet, koneellisella ilmanvaihdolla ja F7-tason ilmansuodatuksella varustettua taloa eivät selvästi erottuneet parempina kuin muut viisi vanhat, painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettua taloa. Tuloksen arviointia vaikeuttaa tutkittujen talojen pieni määrä sekä tutkimusajankohtaan sattunut pitkä, poikkeuksellisen leuto ja sateinen talvijakso. Syöpätutkimuksen analyysejä jatketaan ja niitä täytyisi laajentaa pääkaupunkiseudun ulkopuolellekin, jotta analyyseihin tulisi lisää väestöä ja tilastollista voimaa.



Kuva 7. Vakioitu suhteellinen keuhkosyöpään sairastumisen riski (RR) vuosina 1981–2012 kolmessa puunpolton savuille altistumisen luokassa verrattuna vähiten altistuneeseen vertailuväestöön pääkaupunkiseudun pientaloalueilla.

Kiitokset

Tätä tutkimusta ovat rahoittaneet Sosiaali- ja terveysministeriö, Ympäristöministeriö, Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY), Kuopion kaupunki ja THL sekä Tekesin ”Innovatiiviset kaupungit” eli INKA-ohjelma siinä rahoitetun THL:n INKA-ILMA/EAKR rinnakkaisprojektin kautta (rahoituspäätös 5603/31/2014). Lisäksi Kari Pasanen on saanut henkilökohtaista rahoitusta Suomen Kulttuurirahastolta.

Kirjallisuutta

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 Long-range Transboundary Air Pollution 2015, 43 p. + 1 Annex. ISBN 978-92-890-50760. Saatavilla: http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/residential-heating-with-wood-and-coal-health-impacts-and-policy-options-in-europe-and-north-america

Crouse DL, Goldberg MS, Ross NA, Chen H & Labreche F. Postmenopausal breast cancer is associated with exposure to traffic-related air pollution in Montreal, Canada: A case-control study. Environmental Health Perspectives 2010; 118(11): 1578-1583.

Hamra GB, Guha N, Cohen A ym. Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: A systematic review and meta-analysis. Environmental Health Perspectives 2014; 122(9): 906–911.

Hänninen O, Leino O, Kuusisto E, Komulainen H, Meriläinen P, Haverinen-Shaugnessy U, Miettinen I & Pekkanen J. Elinympäristön altisteiden terveysvaikutukset Suomessa. Ympäristö ja Terveys 3/2010: 12–35.

International Agency for Research on Cancer (IARC). Outdoor air pollution. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: IARC, 2015; Vol. 109.

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. Saatavilla: http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon

Jerrett M, Burnett RT, Ma R ym. Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. Epidemiology 2005; 16(6): 727–736.

Josyula S, Lin J, Xue X ym. Household air pollution and cancers other than lung: a meta-analysis. Environmental Health 2015;14:24. doi:10.1186/s12940-015-0001-3.

Lanki T, Ahokas A, Alm S, Janssen NAH, Hoek G, De Hartog JJ, Brunekreef B & Pekkanen J. Determinants of personal and indoor $PM_{2.5}$ and absorbance among elderly subjects with coronary heart disease. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology 2007; 17(2): 124–133.

Lanki T & Pekkanen J. Kaupunki-ilman hiukkaset ja sydänsairaudet. Suomen Lääkärilehti 2008; 63(11): 1060–1065.

Lelieveld J, Evans JS, Fnais M, Giannadaki D & Pozzer A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. Nature 2015; 525(7569): 367–371.

Lim SS, Vos T, Flaxman AD, Danaei G ym. 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. 2012; 380: 2224–2260.

Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B ym. The carcinogenicity of outdoor air pollution. Lancet Oncology 2013; 14: 1262–63.

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 .

Pulkkinen A-M, Pennanen A, Sokura M, Mäkelä A-M, Pärjälä E & Salonen RO. Puunpolton savujen vaikutukset pientaloalueen ulkoilmaan ja talojen sisäilmaan. Helsinki, THL, 2016. Työpaperi painossa. Tulee saataville: https://www.thl.fi/fi/julkaisut/julkaisusarjat/tyopaperi

Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Hvidberg M ym. Air pollution from traffic and cancer incidence: a Danisch cohort study. Environmental Health 2011; 10: 67.

Raaschou-Nielsen O, Andersen ZA, Beelen R ym. Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). Lancet Oncology 2013; 14: 813–22.

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.

Velema JP, Ferrera A, Figueroa M ym. Burnig wood in the kitchen increases the risk of cervical neoplasia in HPV-infected women in Honduras. International Journal of Cancer 2002; 97: 536–541.

World Health Organization. WHO air quality guidelines for Europe. Second edition. Copenhagen: WHO Regional Publications, European Series 2000; ISBN: 92 890 1358 3. Saatavilla: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf

World Health Organization. WHO air quality guidelines: global update 2005 – particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen 2006: WHO Regional Office for Europe. ISBN: 92 890 2192 6. Saatavilla: http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/pre2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide

Yli-Tuomi T, Aarnio P, Pirjola L, Mäkelä T, Hillamo R & Jantunen M. Emissions of fine particles, NOx, and CO from on-road vehicles in Finland. Atmospheric Environment 2005; 39(35): 6696-6706.