

Pienhiukkasten päästöt kuriin - terveyshaitat mittavia

Raimo O. Salonen
LKT, dosentti

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
Ympäristöterveyden osasto
Kuopio

SkyPro-seminaari, Oulu 4.5.2011

Ympäristöaltisteiden aiheuttamat terveyshaitat Euroopassa

- Kaupunki-ilman pienhiukkaset ovat kaikkein haitallisin ympäristötekijä kehittyneissä maissa (hengitys- ja sydänsairaat, pienet lapset)
- Otsoni (O₃) on terveydelle haitallisin kaasumainen ilmansaaste (hengityssairaat)
- Typpidioksidin (NO₂) oma terveydellinen merkitys kaupunki-ilmapitoisuuksissa epäselvä – kuvastaa koko liikennesaasteiden seosta. Rikkidioksidin (SO₂) merkitys pieni.
- Hiilimonoksidista eli häästä (CO) sekä haihtuvista (ja haisevilla) orgaanisista hiilivedyistä (VOC) mahdollisesti terveyshaittoja huonon puulämmityksen yhteydessä (hengitys- ja sydänsairaat)

Tieto kaupunki-ilman pienhiukkasten terveyshaitoista muuttunut

- Matalatkin hengitettävien hiukkasten (PM₁₀; halkaisija < 10 µm) ja pienhiukkasten (PM_{2.5}; halkaisija < 2.5 µm) sekä ultrapienien hiukkasten (halkaisija < 0.1 µm) päivittäiset pitoisuudet johdonmukaisesti yhteydessä vakaviin terveyshaittoihin (ei havaittavaa kynnyksarvoa)
 - Kuolleisuus ↑ 1-2 vrk:n kuluttua kohonneista pitoisuuksista, sairaalan päivystyskäynnit ↑ sekä hengitys- ja sydänsairaiden toimintakyky ↓
- PM_{2.5}-tuntihuiput voivat vaikuttaa välittömästi hengitys- ja sydänsairaiden kohtausriskiin
- Vuosia – vuosikymmeniä kestävä pitkäaikainen PM_{2.5}-altistuminen yhteydessä kroonisten hengitys- ja sydänsairauksien ja keuhkosyövän lisääntymiseen ja lyhentyneeseen elinikään

CAFE-arvioita pienhiukkasten terveyshaitoista EU25:ssa v. 2000

- Ennenaikaisia kuolemia 347 900
- Menetettyjä elinvuosia 3 618 700
- Imeväiskuolemia 677
- Kroonisia keuhkoputkentulehduksia 163 800
- Sairaalaan ottoja (sydän+keuhko) 100 300
- Lasten alempia hengitystieoirepäiviä 192 756 400
- Vajaakuntoisuuspäiviä (RAD) 15-64 v 347 687 000
- Taloudelliset menetykset 268 - 781 miljardia € / v
 - Suorat ja epäsuorat kulut sairastamisesta - 80 miljardia € / vuosi)
 - Kuoleman "hinta" muodostaa valtaosan taloudellisista menetyksistä, arvioitu kahdella yleisesti hyväksytyllä tavalla

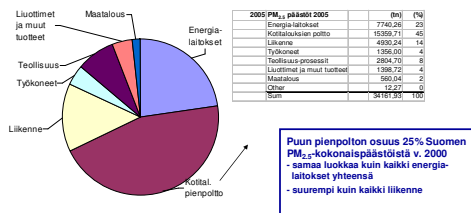
CAFE-arvioita pienhiukkasten terveyshaitoista Suomessa v. 2000

- **Ennenaikaisia kuolemia** 1 270
- Menetettyjä elinvuosia 13 840
- Imeväiskuolemia 2
- Kroonisia keuhkoputkentulehduksia 620
- Sairaalaan ottoja (sydän+keuhko) 383
- Lasten alempia hengitystieoirepäiviä 778 870
- Vajaakuntoisuuspäiviä (RAD) 15-64 v 1 323 390
- Taloudelliset menetykset 1 – 2,9 miljardia € / v
 - Suorat ja epäsuorat kulut sairastamisesta – 300 miljoonaa € / vuosi)
 - Kuoleman "hinta" muodostaa valtaosan taloudellisista menetyksistä, arvioitu kahdella yleisesti hyväksytyllä tavalla

Miltä CAFE-arvio (2005) näyttää 5 vuotta myöhemmin?

- **Kuolleisuus ja sairastaminen arvioitu CAFE:ssa alakanttiin PM_{2.5}-altistumisessa käytetyn karkean arviointimenetelmän vuoksi (ruutukoko 50 x 50 km)**
 - De Leeuw ja Horalek, ETC/ACC 2009: n. 455000 ennenaikaista kuolemaa / vuosi EU27:ssä (492000 / vuosi koko Euroopassa) ja 2500 / vuosi Suomessa (ruutukoko 10 x 10 km)
 - THL:n arvio SETURI-hankeessa (2010) : n. 1800 ennenaikaista kuolemaa / vuosi Suomessa (ruutukoko 10 x 10 km)
- **Epätäydellisestä palamisesta peräisin oleva tuore hiukkasmateriaali todennäköisesti haitallisinta terveydelle (noki*, orgaaniset yhdisteet ml. PAH*, toksiset metallit kuten As, Cd, Cr, Cu, Ni*, V*)**
 - *runsaasti huonossa puun ja raskaan polttoöljyn poltossa

Suomen PM_{2.5}-päästöt 2005



Kaupunki-ilman hiukkaset (PM)

- **Tuhansien epäorgaanisten ja orgaanisten aineiden muodostama kiinteiden ja nestemäisten hiukkasten monimutkainen, ajan ja paikan suhteen vaihteleva seos**
- **Paikalliset päästöt monista lähteistä (mm. liikenne, pienlämmitys, energiantuotanto- ja teollisuuslaitokset, laivat) ja merkittävä alueellinen ja kaukokulkeuma (>500 km päästä)**
- **Herkät väestöryhmät:** pienet lapset; kaikenikäiset astmaatit; kroonista keuhkohtaumaa, sepelvaltimotautia, aivoverenkierron häiriöitä ja sydämen vajaatoimintaa sairastavat
- **Kansanterveydelle ja –taloudelle suurta haittaa:** lyhentynyt elinikä; lisääntynyt päivittäinen kuolleisuus, sairaalahoidot, terveyspalvelujen ja lääkkeiden käyttö, heikentynyt toimintakyky, työstä / koulusta / päiväkodista poissaolot jne.

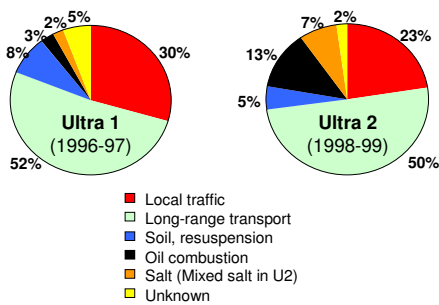
Terveyshaittojen vaikutusmekanismeja

- **Tulehdusreaktiot:** hengitysteissä, sydämessä tai verenkierrossa (hiukkaset, O₃)
- **Kohonnut veren hyytyminen:** valtimoveritulpan muodostus, sepelvaltimotaudin pahentuminen (hiukkaset)
- **Autonomisen hermoston refleksit:** hengityselinoireet ja alentuneet puhallusarvot (hiukkaset, O₃, SO₂, NO₂ ja VOC), sydämen sähköisen toiminnan muutokset (hiukkaset)
- **Hengitysteiden epiteelisolujen perimäauriot:** lisääntynyt keuhkosyöpäriski (hiukkasten PAH, As, Ni, Cr, Cd)

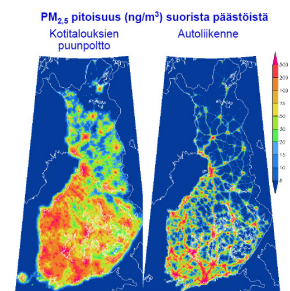
Suomen hiukkassaasteille tyypillisiä erityisominaisuuksia

- **Matalat hiukkaspitoisuudet vuositasolla verrattuna Keski- ja Etelä-Eurooppaan**
- **Noin puolet vuositason PM_{2,5}-pitoisuudesta peräisin Keski-Euroopasta tai lähialueilta**
- **Tyypillistä voimakkaat ilmanlaadun huonontumiset tiettyinä vuodenaikoina:**
 - Puun pienpoltto paikallisesti asuinalueilla syksyllä ja talvella,
 - Venäjän, Valko-Venäjän, Ukrainan ja Baltian kulutus-, maasto- ja metsäpalot maaliskokuussa ja elokuussa
 - Liikenteen dieselpakokaasuhiukkaset katukäytävillä ja sen nostattama katupöly (helmi-) maaliskokuussa

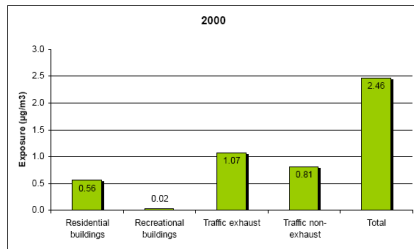
ULTRA 1 ja 2: PM_{2,5}-lähteet Helsingissä



PM_{2,5}-pitoisuudet puun pienpoltosta ja liikenteestä Suomessa v. 2000

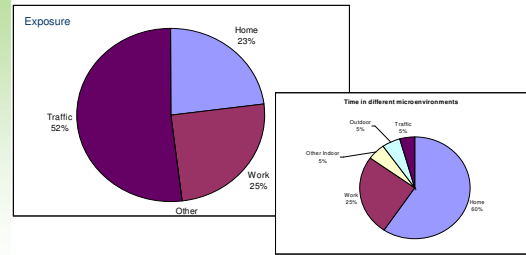


Arvio väestöpainotetusta altistumisesta puun pienpolton ja liikenteen PM_{2,5}-päästöille Suomessa v. 2000



Lähde: PILTTI-projekti; Ahtoniemi ym. 2010

Henkilökohtainen altistuminen liikenteen polttohiukkasille Helsingissä



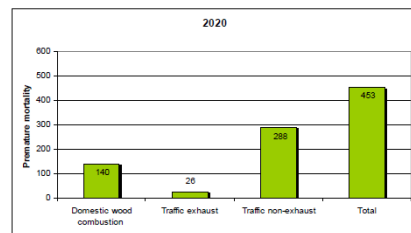
Jantunen ym. 2005

ULTRA-2: Lähdespesifin PM_{2,5}:n yhteys sydänlihaksen hapenpuutteeseen sepelvaltimotautipotilailla Helsingissä

Source category	OR	C.I. Lower	C.I. higher
Long range	1,02	0,98	1,06
Local traffic	1,22	1,05	1,41
Soil	1,04	0,82	1,31
Oil combustion	1,19	0,98	1,44
Salt	0,76	0,56	1,04

Paikallisen liikenteen ja öljynpolton pienhiukkasilla kohonneet riskisuhteet verrattuna muiden lähteiden hiukkasiin per 1 µg/m³ lähdespesifin PM_{2,5}:n päivittäistä vaihtelua (Lanki ym. 2006).

Arvio liikenteen politiikkatoimien vaikutuksista ennenaikaisiin kuolemiin Suomessa v. 2020

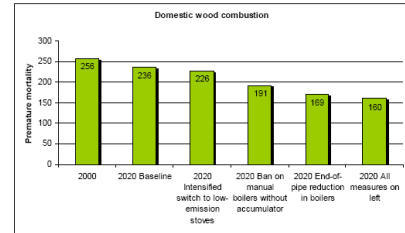


Lähde: PILTTI-projekti; Ahtoniemi ym. 2010

Terveyshaitat puun pienpolttoa suosivissa länsimaisissa yhdyskunnissa (Lanki ja Salonen 2009)

- Lisääntynyttä päivittäistä kuolleisuutta muutamissa ulkomaisissa tutkimuksissa
- Lisääntyneitä astma- ja sydänkohtauksia useissa ulkomaisissa tutkimuksissa
 - Oireet ↑, keuhkojen toiminta ↓, sairaalan päivystysvastaanotolla käynnit ↑
- Muita havaintoja:
 - Keuhkohtaumataudin pahentuminen
 - Pienten lasten hengityselinoireet ja –infektiot ↑

Arvio puun pienpolton politiikkatoimien vaikutuksista ennenaikaisiin kuolemiin Suomessa v. 2020



Lähde: PILTTI-projekti; Ahtoniemi ym. 2010

Puun pienpolton päästöjen sääntelyä vaikea saada Suomeen

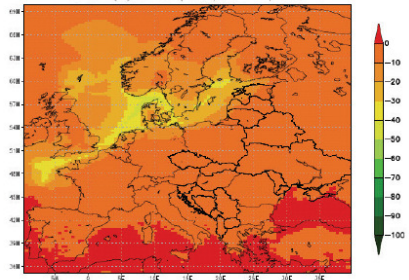
- Kansalliset hyötysuhdevaatimukset ja päästörajat (≤300 kW)
 - YM:n ympäristö- ja luonnonvarain neuvoston ehdotus v. 1997
 - Kansanterveysjärjestöjen vetoisuus eduskuntaryhmille v. 2005
 - YM:n asetuksen valmistelu vv. 2005-2007, ei voimaan suunnitellusti 1.1.2008
- EU:n ekologisen suunnittelun puitedirektiivi → ala-kohtaisten toimenpide-ehdotusten valmistelu 2009-2011
 - Lot 15: hyötysuhdevaatimukset ja päästörajat kiinteää biomassaa käyttäville kattiloille ja tulisijoille (ei saunankiuksille) (≤500 kW) → aikaisin voimaantulo v. 2012

Laivapäästöjen vähentämisen terveyshyödyt vs. kustannukset (AEA Technology + TNO-IVL-EMRC, 2009)

- Samat kustannus-hyötöanalyysin päätekijät kuin EU-CAFE:ssa (2005)
- Samat arviointimenetelmät kuin EU-CAFE:ssa (2005)
 - Menetelmät käyneet läpi perinpohjaisen ulkopuolisten, riippumattomien asiantuntijoiden tekemän arvion
- Lähtötiedot 2000 ja 2020 laskettu samalla tavoin kuin EU-CAFE:ssa (2005)
 - EU:n suunnittelema laivapäästöjen vähentäminen (öljyn rikkipitoisuus ↓ tai edullisten savukaasupuhdistimien jälkiasennukset laivoihin) Euroopan merialueilla vähentäisi n. 18000 pienhiukkasten aiheuttamaa kuolemaa vuodessa EU27:ssä

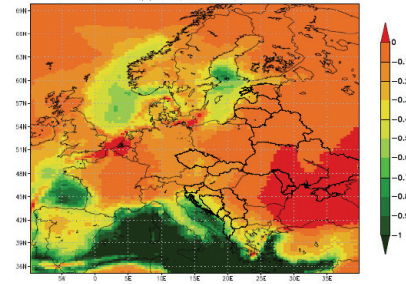
PM₁₀-pitoisuuden muutos (%) SEA 1

dPM₁₀(%) 2015 (sea1/base-1)*100



Otsonipitoisuuden muutos - SEA 1

dAOT40f (ppm.h) 2015 (sea1-base)

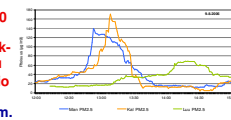
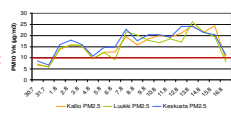


Metsä- ja maastopaloista huippukorkeita pienhiukkasten tuntipitoisuuksia

- Maamme rajojen takaa tulevat savut toistuva ilmiö Suomessa keväisin ja loppukesästä

- Itä-Euroopasta peräisin olevat savut aiheuttivat 25 huomattavaa ilmansaaste-episodia pääkaupunkiseudulla 2002-2007 (Niemi ym. 2009)
- PM_{2.5}-tuntipitoisuuden nousu jopa 10 - 20-kertainen (korkeampia kuin muista lähteistä laajoilla alueilla), vrk-pitoisuuksissakin 3-kertainen nousu
- Episodit jatkuvat usein viikkoja, arvio ennenaikaisista kuolemista n. 10 / viikko Etelä-Suomessa (Hänninen ym. 2009)

- Heikentynyt näkyvyys on lento- ja meriturvallisuusriski



Lähde: YTV Seutu- ja ympäristötieto 2006

KASTU-projektien tavoitteet 2008-2012

- Kehittää korkeatasoisen tutkimustietoon perustuva kokonaisratkaisu, joka vähentää metsä- ja maastopolasavusta aiheutuvia terveysriskejä väestöissä paikallisella, kansallisella ja Euroopan tasolla:
 - Prototyyppi operatiivisesta varoitus- ja tilannehallinta-järjestelmästä, joka tarjoaa kattavat reaaliaikaiset tiedot sisältävän yhteisen tilannekuvan kaikille viranomaisille ja kansalaisille
 - Ilmanvaihatoratkaisuiltaan erilaisten asuntojen ja julkisten laitosten (päiväkodit, koulut, vanhustenhoitolaitokset) tuloilman pienhiukkassuodatuksen merkittävä tehostaminen energiatehokkaasti + testatuista huoneilman puhdistimista lisätehoa hengitys- ja sydänsairaiden suojeluun

Suosittelavaa luettavaa



Salonen RO ja Pennanen A (toim. Paukku T):
Pienhiukkasten vaikutus terveyteen. Tuloksia ja
päätelmiä teknologiaohjelmasta FINE Pienhiukkaset
- Teknologia, ympäristö ja terveys. Helsinki: Tekes,
2006. ISBN 952-457-250-8. **Internet:**
http://www.tekes.fi/julkaisut/Fine_Terveys.pdf

Asukkaiden tekemien puunpolton savu-
valitusten selvittämisestä kunnille ohjeet
(STTV-ohje 6/2008; Internet: www.valvira.fi)