

IS

Ilmansuojeluyhdistys ry:n jäsenlehti

Magazine of the Finnish Air Pollution Prevention Society

1/2015



Arktisen alueen merenkulku ja musta hiili -päästöt

Pienpoltto huonontaa ilmanlaatua

Haluaisitko palasen aurinkovoimalasta?

Kasvihuonekaasupäästöjen
paikallisten vähentämis-
toimenpiteiden vaikutukset

**Metsäpaloissa syntyvien haitallisten
aineiden kulkeutumisennusteet
tarkentuvat**

ILMANSUOJELU

Ilmansuojelu on Ilmansuojeluyhdistys ry:n jäsenlehti, joka ilmestyy neljä kertaa vuodessa.
Medlemstidning av Luftvårdsföreningen rf.

Päätoimittaja / Redaktör

Raisa Tasanto
ilmansuojelu@gmail.com
Puh. 040 5309391

Toimituskunta / Redaktionsråd

Anna Häyrinen, Helsingin Energia
Pia Tynys, HSY
Helena Mussalo-Rauhamaa, E-S aluehallintovirasto
Tuula Pellikka, VTT
Jari Viinanen, Helsingin kaupunki
Emmi Laukkanen, IL
Antti Tohka, Metropolia AMK
Mikko Savolahti, SYKE

Yhteystiedot / Kontakt information

Raisa Tasanto
Ilmansuojeluyhdistys ry., PL 136,
00251Helsinki

Ilmoitushinnat normaali /yritysjäsen: Annonsspris vanlig / för medlemmar:

1/1 sivu 290 € / 265 €
1/2 sivu 210 € / 193 €
1/3 sivu 160 € / 148 €

Kestoilmoittajille 20 % alennus.
Fortgoende annons ger 20 % rabatt.

Taitto / Ombrytning

www.grafioso.fi/Tarmo Lavikka

Kannen kuva / Omslagsbild

Grafioso

Paino / Tryckeri

Vammalan Kirjapaino Oy
ISSN-L 1239-8950
ISSN 1239-8950 (Painettu)
ISSN 2323-1211 (Verkkojulkaisu)

Lehden osoitteenmuutokset ja yksittäisnumeroiden tilaukset: Adressförändringar och beställning av enskilda nummer:

Ilmansuojeluyhdistys ry.
Sihteeri Liisa Kallio
PL 136, 00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi
www.isy.fi

Lehti on luettavissa yliopistojen, korkeakoulujen ja ammattikorkeakoulujen kirjastoissa sekä suurimmissa kaupunginkirjastoissa (maakuntakirjastot).

Tidningen finns till påseende i universitetens, högskolornas och yrkeshögskolornas bibliotek samt i de största stadsbibliotek (landskapsbiblioteken).



Hallitus / Styrelse Puheenjohtaja / Ordförande

Kaarle Kupiainen

Varapuheenjohtaja / Viceordförande

Katja Lovén

Jäsenet / Medlemmar

Petteri Huuska, Anu Kousa, Sari Siitonen, Kari Wellman.

Varajäsenet / Suppleanter

Jukka Makkonen, Ari Männikkö, Laura Sokka, Antti Tohka.

Jäsenrekisterin ylläpito ja talousasiat/ Upprätthållande av medlemsregister och ekonomiska ärenden

Ilmansuojeluyhdistys ry.
Sihteeri Liisa Kallio
PL 136, 00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi
www.isy.fi

Pankkitili / Bankkonto

Nordea 126930-615326

Osoite / Adress

Ilmansuojeluyhdistys ry.
Sihteeri Liisa Kallio
PL 136, 00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi
www.isy.fi

Pääkirjoitus

Metsäpalojen nähdään lisääntyvän

Luonnonalueiden palot ovat maailmanlaajuisesti ilmastoon kannalta merkittävä pienhiukkasten lähde. Paloihin ja hiukaspäästöihin pureudutaan parissakin kohdassa tämän lehden sivuilla. Ilmastomuutoksen myötä metsäpalojen nähdään lisääntyvän.

Minulla oli alkuvuodesta ilo vierailla Moskovassa suuressa luontokuvafestivaalissa ja tavata yhtä Venäjän tunnetuimmista ja maailman arvostetuimmista luonnonvalokuvaajista, **Sergey Gorshkovia**. Hän on kulkenut Venäjän arktisilla alueilla jo viisi vuotta kuvaten sen mykistävää maailmaa ja haavoittuvaa luontoa jääkarhuineen, naaleineen, tunturipöllöineen, mursuineen ja lumihanhineen. Muutokset, joita hän on niin sanotusti kentällä nähnyt ja pistänyt merkille, huolestuttavat häntä. Kuten myös ihmisen tunkeutuminen maailmaan, jossa luonnon pitäisi saada elää villinä ja vapaana. Ilmaston lämpeneminen on kouriintuntuvan haitallista esimerkiksi jääkarhuille, joiden liikkuminen, ravinnonhankinta ja lisääntyminen edellyttävät kiinteää jääpeitettä. Miten käy, jos Pohjoinen jäämeri alkaa olla entistä laajemmin ja pidempiä aikoja sulana? Entä jos öljy- ja kaasutuotantoa aloitetaan arktisilla alueilla?

Arktisen alueen merenkulun vaikutuksia käsitellään tässä numerossa, mutta alueeseen tulisi syventyä teemanumeron edestä lähiaikoina. Tämän lehden sivuilla huhuillemme ehdotuksia Kiina-teeman aiheiksi.

Raisa Tasanto
päätoimittaja

Sisältö 1/2015

- 3** Pääkirjoitus
- 4** Arktisen alueen merenkulku ja musta hiili -päästöt
- 8** Pienpoltto huonontaa ilmanlaatua
- 12** Haluaisitko palasen aurinkovoimalasta?
- 15** Kasvihuonekaasupäästöjen paikallisten vähentämistoimenpiteiden vaikutukset
- 19** Metsäpaloissa syntyvien haitallisten aineiden kulkeutumisennusteet tarkentuvat
- 22** Ilmassa



Tiesitkö?

Tiedettäkään voi nykyisin rahoittaa tarkoitusta varten perustetun joukkorahoituspalvelun kautta: <https://experiment.com>



Arktisen alueen merenkulku ja musta hiili -päästöt

Arktisen merenkulun puitteet ovat ilmastomuutoksen ja siihen liittyvän arktisen merijään katoamisen myötä kiistatta muuttumassa. Arktisen alueen jääpeitteen väheneminen tarkoittaa laivaliikenteen näkökulmasta ennen kaikkea uusien liikennöintimahdollisuuksien avautumista, ja arktisen laivaliikenteen määrä voikin kasvaa merkittävästi jo seuraavien vuosikymmenten aikana. Tällaisella kehityksellä voi kuitenkin olla huomattavan negatiivisia ilmastollisia vaikutuksia, sillä arktisen laivaliikenteen päästöt tulevat suoraan korkeille leveysasteille. Erityisesti lumi- ja jääpeitteisten alueiden heijastuskykyä tehokkaasti alentavien musta hiili-päästöjen potentiaalista merkitystä ja tarvetta päästövähennyksiin onkin syytä arvioida nyt, kun arktisen laivaliikenteen volyymi on vielä toistaiseksi melko pieni.

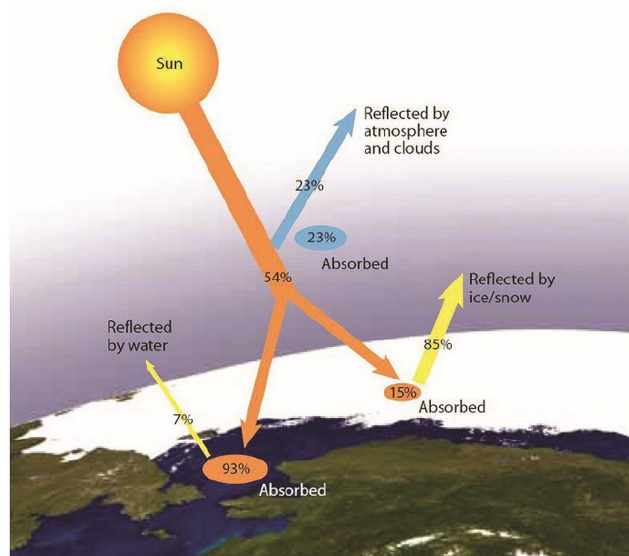
Arktinen ilmastomuutos ja musta hiili

Arktisen alueen lämpötilamittausten hieman yli satavuotisen historian perusteella on selvää, että arktinen ilmasto lämpenee. Tämän lisäksi vertailu arktisen alueen ja maailmanlaajuisen lämpötilakeskiarvojen välillä osoittaa, että ilmaston lämpeneminen on arktisella alueella muuta maapalloa huomattavasti nopeampaa. Ero arktisen alueen ja maailmanlaajuisen lämpenemisnopeuden välillä on kasvanut erityisesti 1900-luvun loppupuoliskolla, ja 1980-luvulta alkaen arktisen

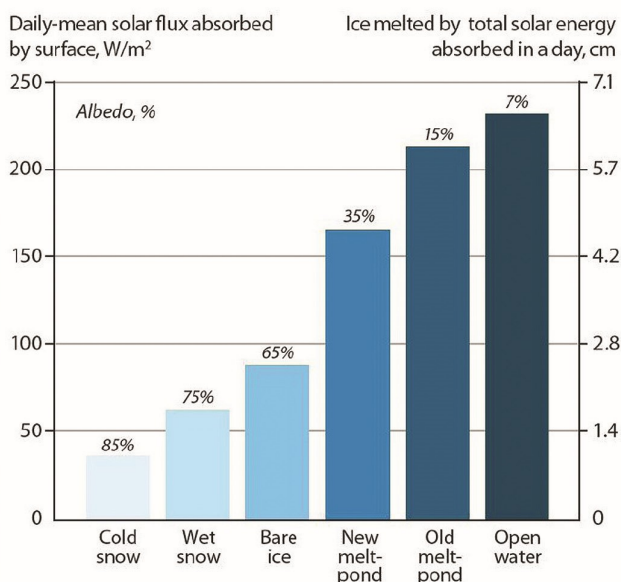
alueen lämpötilan muutosnopeus on ollut maailmanlaajuisen keskiarvoon nähden kaksinkertainen – jopa 0,5 °C per vuosikymmen. (IPCC 2013.)

Arktisen alueen poikkeuksellinen lämpeneminen tunnetaan yleisesti arktisena amplifikaationa; ilmiön ytimessä on lämpötilan nousun sekä lumi- ja jääpeitteen sulamisen muodostama vuorovaikutus. Arktisen ilmaston lämpenemisen seurauksena arktisen alueen keskimääräinen lumi- ja jääpeite on jo oleellisesti pienentynyt, ja koska lumi- ja jääpeite heijastaa auringon säteilyä varsin tehokkaasti, absorboituneen säteilyn kokonaismäärä on kasvanut. Auringon säteilyn entistä täydellisempi absorboituminen puolestaan johtaa lämpötilan kohoamiseen, mikä jälleen edistää lumi- ja jääpeitteen sulamista. **Kuvassa 1** on esitelty lumi- ja jääpeitteen sulamisen vaikutus arktisella alueella absorboituneen säteilyn määrään eli arktisen alueen säteilytasapainoon. (IPCC 2013.)

Arktisen alueen erikoisuus onkin juuri siinä, että sille tyypillisen lumi- ja jääpeitteen korkeasta heijastavuudesta johtuen jo verrattain pienet määrät ilman epäpuhtauksia – kuten hiukkaspäästöjä – voivat oleellisesti vaikuttaa alueen säteilytasapainoon. Hiukkaspäästölajeista etenkin musta hiili on arktisen alueen säteilytasapainon kannalta keskeinen, sillä musta hiili absorboi säteilyä aivan erityisen tehokkaasti. Musta hiili vai-



Kuva 1.

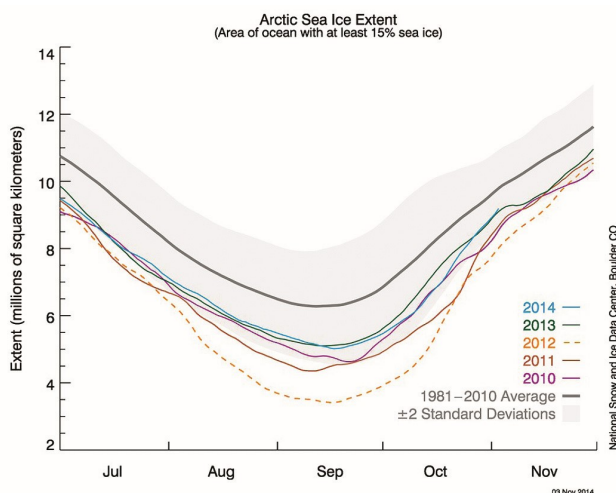


kuttaa säteilytasapainoon usealla eri tavalla, mutta arktisen alueen kannalta oleellista on se lämmitysvaikutus, joka syntyy mustan hiilen kerrostuessa tehokkaasti heijastavalle lumi-jääpeitteelle. (AMAP 2011a.)

Musta hiili -päästöt ovat verrattain lyhytikäisiä, minkä seurauksena ne eivät sekoitu täydellisesti ilmakehässä ja niiden ilmastolliset vaikutukset ovat luonteeltaan paikallisia (AMAP 2011a). Näin ollen musta hiili -päästölähteiden maantieteellisellä sijainnilla on erityistä merkitystä. Arktisen laivaliikenteen kasvu voi puolestaan tarkoittaa huomattavaa lisäystä juuri arktisella alueella tapahtuvissa musta hiili -päästöissä, jotka nykyisellään ovat vielä hyvin vähäisiä (Corbett et al. 2010).

Ilmastonmuutoksesta on merenkululle sekä hyötyä että haittaa

Arktiseen ilmastonmuutokseen liittyvä arktisen merijään vetäytyminen määrittelee arktisen merenkulun olosuhteet ja edellytykset 2000-luvulla. Arktisen alueen merijään kokonaislaajuus vähenee, ja jään katoaminen keskittyy erityisesti loppukesään. Nykyinen arktisen alueen jääpeitteen laajuuden minimi on vuodelta 2012 (ks. kuva 2) edellisen ennätyksen ollessa vuodelta 2007. Mikäli arktisen merijääpeitteen kehitys jatkuu oletetusti, Jäämerestä tulee mitä luultavimmin ainakin hetkellisesti jäätön vuoteen 2100 mennessä. (IPCC 2013.)



Kuva 2.

Jääpeitteen laajuuden vähenemisen ohella arktinen ilmastonmuutos vaikuttaa oleellisesti jään koostumukseen. Vanha ja paksu jää sulaa nykyisellään nopeammin kuin verrattain ohut yksivuotinen jää, minkä seurauksena nuoren jään suhteellinen osuus kasvaa ja jään keski-ikä laskee (AMAP 2011b). Arktisen ilmaston lämpeneminen johtaa jään rakenteen murtumiseen, mikä kasvattaa uusien pienten jäävuorten lukumäärää huomattavasti (AMSA 2009). Jäävuorten esiintyminen yhdessä arktiselle alueelle tyypillisen – joko talviajan pimeydestä, matalalta paistavasta auringosta, lumimyrskyistä tai sankasta sumusta johtuvan – huonon näkyvyyden kanssa aiheuttaakin merkittävän uhan laivojen turvalliselle operoinnille.

Yhteen vetäen voidaan todeta, että vaikka merenkulun olosuhteet ja edellytykset arktisella alueella ovat kiistatta muuttamassa, tietyt arktisen alueen ominaispiirteet – kuten esimerkiksi kylmyys, huono näkyvyys ja nopeasti kehittyvät polaarimatalat eli arktiset syklonit – eivät tule katoamaan (Østreng et al. 2013). Tämän lisäksi jääpeitteen väheneminen vaikuttaa arktisen alueen erityissäilmiöiden yleisyyteen ja intensiteettiin tehden arktisesta säästä ja merisäästä yleisesti ottaen ennakoimattomampia ja vaikeampia ennustaa (AMSA 2009). Näin ollen arktinen merialue ja siellä vallitsevat olosuhteet eivät jatkossakaan ole verrattavissa eteläisempien leveysasteiden vastaaviin, ja avoimen meren alukset tulevat kohtaamaan huomattavia vaikeuksia operoidessaan arktisella alueella. Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO onkin laatinut erityisiä turvallisuusohjeistuksia napa-alueiden merenkululle (nk. Polar Code), mutta näiden säännösten sitovuus on vielä työn alla (Østreng et al. 2013).

Tästä huolimatta on kuitenkin selvää, että arktisen jääpeitteen vetäytymisen seurauksena arktisen alueen meriyhteydet muuttuvat oleellisesti ja uusia liikennöintimahdollisuuksia avautuu. Tämä koskee sekä arktisen alueen sisäistä että läpikululiikennettä (transarktista liikennettä). Transarktiset liikennöintimahdollisuudet tarkoittavat käytännössä Atlantin valtameren ja Tyynen valtameren välisiä oikoreittejä, jotka kulkevat joko Pohjois-Amerikan tai Venäjän pohjoisrannikkoa pitkin ja jotka voivat olla jopa 50 prosenttia lyhyempiä perinteisiin meriteihin verrattuna. (AMSA 2009.)

Omalta osaltaan arktisen alueen merenkulun kiinnostavuutta lisää se, että jopa viidenneksen maailman kartoittamattomista öljy- ja kaasuvaroista on arvioitu sijaitsevan arktisella alueella. Öljyn ja kaasun tuotanto arktisella alueella on kuitenkin hyvin haastavaa ja kallista, ja siihen liittyy aivan erityisiä ympäristöriskejä. Tilannetta ei ympäristön hyvinvoinnin turvaamisen kannalta suinkaan paranna arktisen merialueen rannikkoinfrastruktuurin verrattain matala taso sekä pelastus- ja öljyntorjuntakaluston vähäinen määrä ja sijainti pitkien etäisyyksien takana. Vasta vuonna 2011 laadittiin ensimmäinen Arktisen neuvoston jäsenmaita sitova pelastustoimintasopimus, jonka mukaisesti arktinen vesialue on jaettu kansallisiin vastuualueisiin, jotka monessa tapauksessa ulottuvat periaatteissa aina pohjoisnavalle saakka. (Østreng et al. 2013.)

Laivaliikenteen nykyiset ja tulevat musta hiili -päästöt arktisella alueella

Vielä nykyisellään arktinen laivaliikenne ja siitä aiheutuvat päästöt ovat melko vähäisiä maailmanlaajuisesta perspektiivistä arvioituna: nykyinen (vuoden 2004/2012 taso) arktinen laivaliikenne tuottaa arvioiden mukaan noin 1,2–1,6 tuhannen tonnin musta hiili -päästöt vuosittain (Corbett et al. 2010, Peters et al. 2011 ja Winther et al. 2014), kun taas globaali laivaliikenne tuotti vuonna 2000 noin 71–160 tuhannen tonnin päästöt (Corbett et al. 2007 ja Lack et al. 2008). Arktisen laivaliikenteen musta hiili -päästöjen ennakoidaan vähintään kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä, mutta joidenkin arvioiden mukaan päästöt voivat olla jopa lähes kaksikymmenkertaiset.



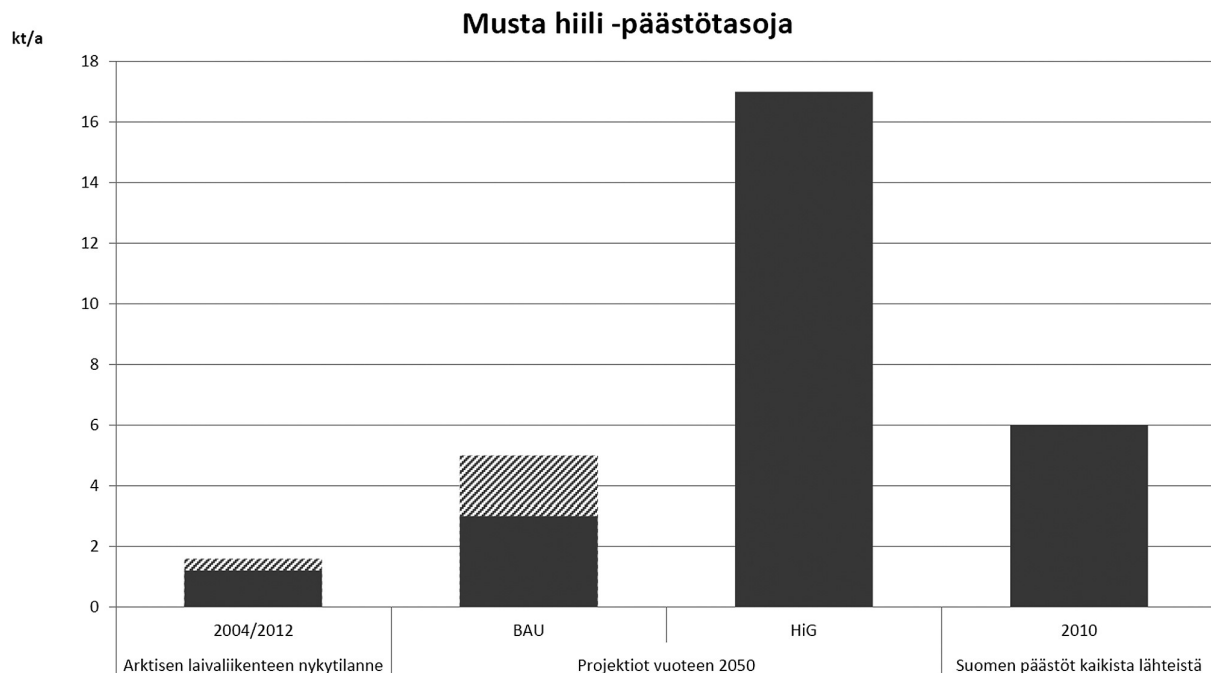
Arktisen alueen musta hiili -päästöjen ja niiden ilmastollisten vaikutusten kriittinen tarkastelu on erityisen ajankohtaista ja motivoitua juuri nyt.

Ennusteiden välinen huomattava suuruusluokkaero johtuu ennen kaikkea erilaisista lähtökohtaoletuksista koskien arktisen alueen laivaliikenteen kasvua. Hillitymmät arviot perustuvat niin sanottuihin Business-As-Usual kehityskuluihin arktisen laivaliikenteen kasvun osalta, kun taas korkeampien arvioiden taustalla on oletus arktisen laivaliikenteen tasaisen merkittävästä kasvusta. **Kuvassa 3** on esitelty arktisen laivaliikenteen nykytilanteen ja erilaisiin taustaoletuksiin perustuvien tulevaisuusprojektioiden mukaisia päästötasoja sekä suhteellistettu näitä lukuja ottamalla vertailukohdaksi Suomen musta hiili -päästöt kaikista lähteistä vuodelta 2012 (CLRTAP-päästöinventaarion mukaan).

Päästötasojen kontrollointi ja mahdolliset päästörajoitukset: kenellä on vastuu?

Jos arktisen laivaliikenteen kasvun myötä arktisen alueen musta hiili -päästöt näyttäisivät kasvavan kutakuinkin yhden pohjoismaisen valtion päästöjen verran, herää kysymys siitä, mitä arktisen laivaliikenteen päästöistä aiheutuvien ilmastovaikutusten hillitsemiseksi voidaan ja kannattaa tehdä. Konkreettisten päästövähennystavoitteiden määrittelyn lisäksi pitäisi kuitenkin saada selvyyttä siihen, kenellä ylipäänsä on vastuu arktisesta alueesta: tilanne on siinä mielessä ongelmallinen, että arktinen alue ei kuulu minkään yksittäisen kansallisen sääntelyn piiriin.

Arktinen neuvosto on ollut keskeinen toimija arktisen alueen ympäristöasioiden osalta, ja sen puitteissa on tehty useita arktisen ympäristön erityiskysymyksiä koskevia selvityksiä ja tutkimuksia (AMAP 2011a ja 2011b). Myös arktisen merenkulun tulevaisuus ja siihen liittyvät turvallisuus- sekä päästöky- symykset ovat olleet Arktiselle neuvostolle keskeisiä aiheita (AMSA 2009).



Kuva 3.

Huomionarvoista onkin nyt se, että tulevaisuudessa arktisen laivaliikenteen musta hiili -päästöt voivat suuruusluokaltaan hyvinkin vastata Suomen kokoisen valtion kokonaispäästöjä. Tämän lisäksi arktisesta laivaliikenteestä aiheutuvat päästöt tulevat suoraan korkeille leveysasteille, missä niiden ilmastovaikutukset päästöyksikköä kohti suhteutettuna ovat mustan hiilen ominaisuuksista johtuen huomattavasti suurempia. Erityisesti transarktisen liikennöinnin kohdalla kyse onkin siitä, että uusien reittien avautumisen myötä päästölähteet (laivat) siirtyvät eteläisemmiltä leveysasteilta pohjoiseen, missä samat päästömäärät johtavat suurempiin ilmastovaikutuksiin.

Kuitenkin juuri IMO on avainasemassa laivaliikenteen päästöjen hillitsemisessä, ja myös arktisen alueen musta hiili -kysymys on ollut viime vuosina esillä IMO:n toiminnassa. IMO:n ilmansaastepäästötyön keskiössä on ollut erityisesti typpi- ja rikkioksidipäästöjen vähentäminen erikseen määritetyillä päästörajoitusalueilla, joihin muun muassa Itämeri kuuluu (Buhaug et al. 2009). Mustan hiilen arktisesta relevanssista johtuen jopa arktisen merialueen ehdottaminen erityiseksi musta hiili -päästörajoitusalueeksi saattaisikin tulla kyseeseen.

Mustan hiilen kohdalla päästövähennystoimia on toistaiseksi hidastanut IMO:n jäsenvaltioiden väliset näkemyserot joiden-

kin perustavaa laatua olevien kysymysten suhteen. Muun muassa mustan hiilen tarpeeksi yksiselitteinen määrittely on osoittautunut huomattavan vaikeaksi tehtäväksi, ja mustaan hiileen sovellettavat mittaustekniikat ovat olleet erimielisyyksien kohteena (IMO 2014). IMon sisäiset näkemyserot on saatava ratkaistua tavalla tai toisella – mielellään mahdollisimman nopeasti – jotta päästäisiin arvioimaan varsinaisia päästövähennystavoitteita.

Yhteenvetona voidaan todeta, että arktisen alueen musta hiili -päästöjen ja niiden ilmastollisten vaikutusten kriittinen

tarkastelu on erityisen ajankohtaista ja motivoitua juuri nyt, kun arktisen laivaliikenteen ja siitä aiheutuvien musta hiili -päästöjen kokonaismäärä saattaa jo lähitulevaisuudessa kasvaa merkittävästi. Arktisen ilmastomuutoksen hillitsemisen kannalta myös arktiseen laivaliikenteeseen kohdistetuilla mustan hiilen päästövähennystavoitteilla voi olla kokonaisuudessaan huomattava merkitys, sillä musta hiili -päästöihin kohdistetut vähennykset vaikuttavat ilmastoon verrattain lyhyellä aikajänteellä ja nopeasti; näin saadaan tehokkaasti ikään kuin ostettua lisää aikaa pidemmän tähtäimen ilmastostrategioiden toteuttamiselle.

Abstract in English

Due to the Arctic climate change and the related diminishing of Arctic sea ice cover, the general conditions for Arctic shipping are changing. The retreat of Arctic sea ice opens up new routes for maritime transportation, both trans-Arctic passages and new alternatives within the Arctic region. Hence the amount of Arctic shipping is presumed to increase. The increase in Arctic shipping will lead to an increased amount of emissions. The increased emissions may have considerable and unpredictable influences to the particularly sensitive Arctic environment. With regard to emission species, especially black carbon is presumed to have climatic significance within the Arctic context. Black carbon absorbs solar radiation very effectively, and when deposited to snow or sea ice cover, it may notably alter the radiative equilibrium of the Arctic region.

The International Maritime Organization (IMO) has had

a central role in cutting down emissions from marine activities. However, with regard to black carbon, there are some disagreements among IMO member states that hinder implementing regulations and thus gaining abatements. Altogether, assessing the climate impact from black carbon emissions originating in Arctic shipping is a very timely task, as the current volume of Arctic shipping and the related emissions is yet rather moderate, but substantial growth is expected already in the near future.

Vesa Vihanninjoki, Trainee

Finnish Environment Institute,

Air Pollutants and Climate Change Mitigation

Mechelininkatu 34a, P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland, tel. +358 40 7044254

vesa.vihanninjoki@aalto.fi

Lähteet:

- AMAP 2011a. The Impact of Black Carbon on Arctic Climate (2011). By: P.K. Quinn, A. Stohl, A. Arneth, T. Berntsen, J. F. Burkhardt, J. Christensen, M. Flanner, K. Kupiainen, H. Lihavainen, M. Shepherd, V. Shevchenko, H. Skov, and V. Vestreng. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo.
- AMAP 2011b. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Climate Change and the Cryosphere. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
- AMSA 2009. Arctic Marine Shipping Assessment 2009 Report. Arctic Council, April 2009, second printing.
- Buhaug, Ø., Corbett, J. J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D. S., Lee, D., Lindstad, H., Mjelde, A., Nelissen, D., Nilsen, J., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W., Yoshida, K. 2009. Second IMO Greenhouse Gas Study 2009, International Maritime Organization, London, 2009.
- Corbett, J. J., Wang, C., Winebrake, J. J., and Green, E. 2007. Review of Marpol Annex VI and the NOx Technical Code: Allocation and Forecasting of Global Ship Emissions. International Maritime Organization, London, UK, 27 pp., 2007.
- Corbett, J. J., Lack, D. A., Winebrake, J. J., Harder, S., Silberman, J. A., and Gold, M. 2010. Arctic shipping emissions inventories and future scenarios. *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 9689–9704, 2010, doi:10.5194/acp-10-9689-2010.
- IMO 2014. Prevention of air pollution from ships [agenda items 8 and 9]. PPR 1/WP.5, 6 February 2014.
- IPCC 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Lack, D., B. Lerner, C. Granier, T. Baynard, E. Lovejoy, P. Massoli, A. R. Ravishankara, and E. Williams 2008. Light absorbing carbon emissions from commercial shipping. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L13815, doi:10.1029/2008GL033906.
- NSIDC 2014. Arctic Sea Ice News and Analysis. Verkkolohde: <http://nsidc.org/arcticseaicenews/files/2014/11/Figure21.png>, viitattu 17.11.2014.
- Peters, G. P., T. B. Nilssen, L. Lindholt, M. S. Eide, S. Glomsrød, L. I. Eide, and J. S. Fuglestad 2011. Future emissions from shipping and petroleum activities in the Arctic. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 5305–5320, 2011, doi:10.5194/acp-11-5305-2011.
- UNECE CLRTAP 2014. Air Pollutant Emissions in Finland 1980-2012. Informative Inventory Report. Finnish Environment Institute, Centre for Sustainable Consumption and Production, Environmental Management in Industry - Air Emissions Team.
- Winther, M., J. H. Christensen, M. S. Plejdrup, E. S. Ravn, Ó. F. Eriksson and H. O. Kristensen 2014. Emission inventories for ships in the arctic based on satellite sampled AIS data. *Atmospheric Environment*, 91 (2014) 1–14, doi:10.1016/j.atmosenv.2014.03.006.
- Østreng, W., K. M. Eger, B. Fløistad, A. Jørgensen-Dahl, L. Lothe, M. Melander-Larsen and T. Wergeland 2013. Shipping in Arctic Waters: A comparison of the Northeast, Northwest and Trans-Polar Passages. Springer Praxis Books, doi:10.1007/978-3-642-16790-4_3, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

Pienpoltto huonontaa ilmanlaatua

Ilmansaasteiden pitoisuudet ovat Euroopassa edelleen vaarallisen korkeat, ilmenee Euroopan ympäristöviraston (EEA) vuosittaisesta raportista. Saasteet eivät kuitenkaan jakaudu tasaisesti yli koko Euroopan. Suomessa ilmansaasteipitoisuudet ovat yleisesti ottaen varsin pieniä. Ihmisten terveyden ja luonnon suojelemiseksi on EU:ssa määritetty ilmansaasteiden pitoisuuksille raja- ja tavoitearvoja, joita jäsenmaiden tulee noudattaa.

EEA:n arvion mukaan suurimman riskin eurooppalaisille aiheuttavat edelleen hiukkaset ($PM_{2.5}$ ja PM_{10}) ja otsoni (O_3). Näiden rinnalle on nyt nostettu myös karsinogeeninen bentso(a)pyreeni (b(a)p), jota pääsee kaupunki-ilmaan muun muassa puun pienpoltossa, liikenteen pakokaasuissa sekä teräksentuotannossa. B(a)p on hengitysilmassa kiinnittyneenä pienhiukkasiin ($PM_{2.5}$) ja voi näin kulkeutua syvälle ihmisen elimistöön. EEA:n arvion mukaan nykyään neljännes Euroopan Unionin kaupunkiväestöstä altistuu hengitysilman kautta tavoitearvon (1 ng/m^3) ylittävälle b(a)p-pitoisuuksille (Kuva 1). Bentso(a)pyreenin emis-

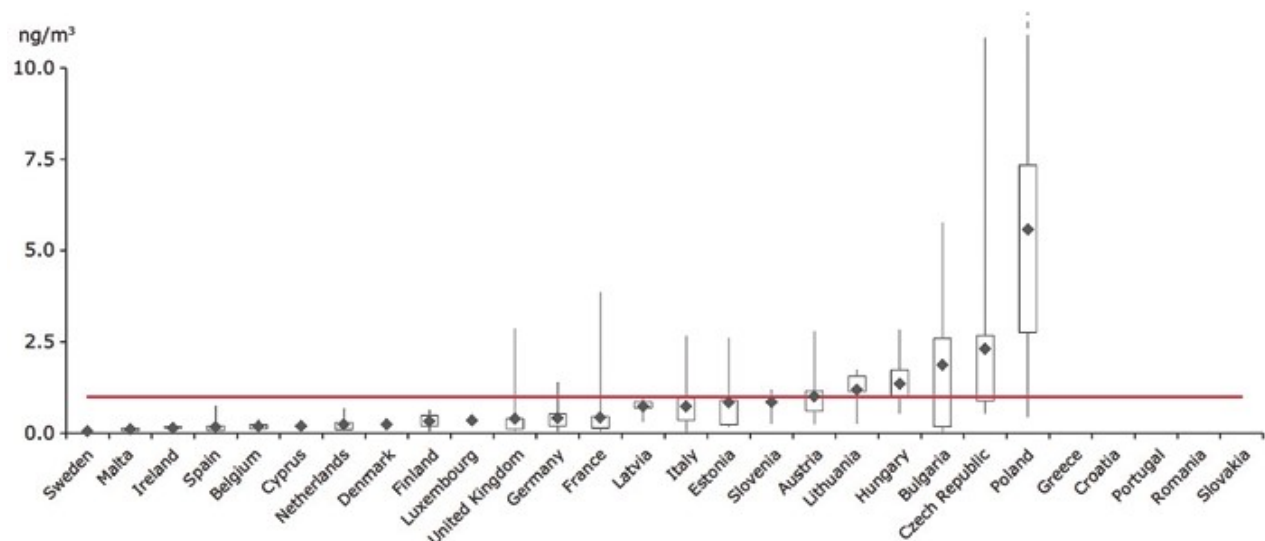
siot ovat kasvaneet Euroopassa (EU-28) 21 prosenttia ajanjaksolla 2003–2012. Tämä johtuu hiilen ja biomassan polton lisääntymisestä. Tämän takia, toisin kuin useimpien muiden ilmansaasteiden pitoisuudet, b(a)p-pitoisuudet eivät ole laskusuunnassa Euroopassa.

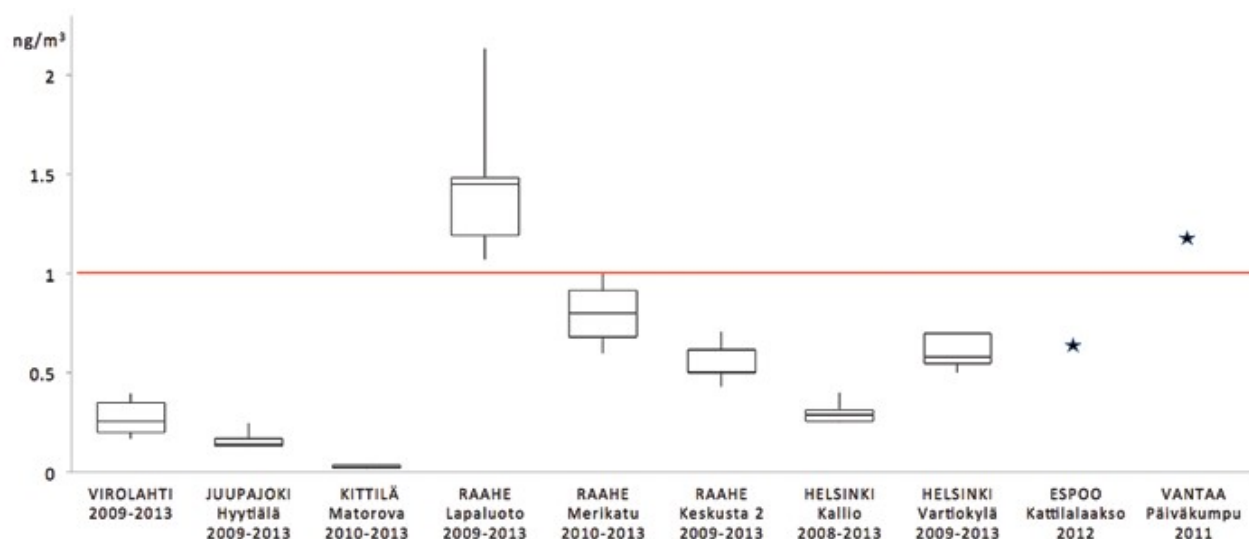
Suomessa esiintyy ajoittain korkeita b(a)p-pitoisuuksia lähinnä tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla erityisesti talvikautena, mutta vuositasolla pitoisuudet eivät yleensä ylitä EU:n ilmanlaatuunormeja. Poikkeuksen muodostaa Raahen Lapaluoto, jossa mittausasema sijaitsee pientaloalueella teollisuusalueen vieressä (Kuva 2). Vuonna 2013 bentso(a)pyreenin tavoitearvo ei ylittynyt yhdelläkään Suomen kymmenestä mittausasemasta (katso esim. Ilmanlaatuportaali, 2014). Tosin Lapaluodon b(a)p-mittausulos läpäisi seulan vain säännöksissä olevan pyörityssäänön ansiosta: vuosipitoisuus 1.07 ng/m^3 pyöritysarvoon 1 ng/m^3 , joka ei ole tavoitearvon ylitys. Johtuen laajamittaisesta puun käytöstä pientalojen ja saunojen lämmityksessä, korkeita b(a)p-pitoisuuksia voi esiintyä yleisem-

minkin Suomessa, mutta mahdollisia tavoitearvon ylityksiä on vaikea todentaa ilman mittauksia.

Myös raskasmetallit ovat kiinnittyneinä pienhiukkasiin ja siten mahdollisesti haitallisia ihmisten terveydelle. EU:ssa ja Suomessa hengitysilman raskasmetallipitoisuudet ovat lähinnä paikallinen teollisuusympäristöjen ongelma. Teollisuuden pistepäästöjen vuoksi hengitysilman arseenipitoisuuden tavoitearvo ylittyi vuonna 2013 Harjavallan Kalevasa (Ilmanlaatuportaali, 2014). Arvioiden mukaan Harjavallassa kohonneelle arseenipitoisuudelle altistui vuonna 2013

Kuva 1. Bentso(a)pyreenin (b(a)p) vuosikeskiarvot ilmassa EU:n jäsenmaissa vuonna 2012. Kuvaan merkitty mittausasemien matalin ja korkein vuosikeskiarvo (viivat), 25- ja 75-persenttiilit (laatikko) sekä vuosikeskiarvojen keskiarvo (piste). Punainen viiva on EU:n tavoitearvo. Lähde: EEA, 2014.





Kuva 1. Bentso(a)pyreenin vuosikeskiarvoja Suomessa. Kuvaan merkitty mittausaseman matalin ja korkein vuosikeskiarvo (pystysuorat viivat), 25- ja 75-persentiilit (laatikko) sekä vuosikeskiarvojen mediaani (vaakasuora viiva laatikossa). Kattilalaaksossa ja Päiväkummussa on mitattu vain yksi vuosi-keskiarvo (tähti). Punainen viiva on EU:n tavoitearvo.

ovat alle puolet voimassa olevasta raja-arvosta ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Kuva 3). Pienhiukkasten haitallisuuden vuoksi niiden tavoitearvoa tiukennetaan; vuonna 2020 pienhiukkasten pitoisuus ei saa ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Suuret hiukkaset ei yhtä vaarallisia

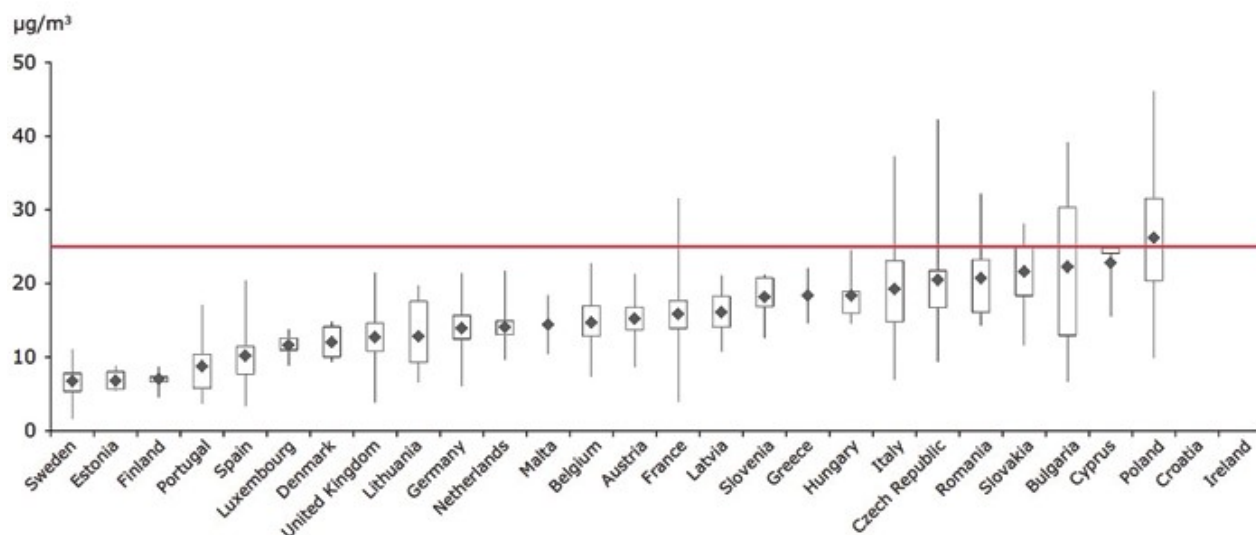
Vähän suuremmatkin hiukkaset kulkeutuvat hengitysilman mukana ihmiseen, mutta ne takertuvat yleensä ylempiin hengitysteihin. Niinpä niitä ei pidetä aivan yhtä haitallisina ihmisen terveydelle. Etenkin keväisin Suomessa kaupunkilaisia vaivaava katupöly on kooltaan tätä suurempaa hiukkasta (ns. hengitettävät hiukkaset, PM_{10}). Keväisin pahimpaan katupölyaikaan Suomen kaupungeissa mitataan muutaman vi-

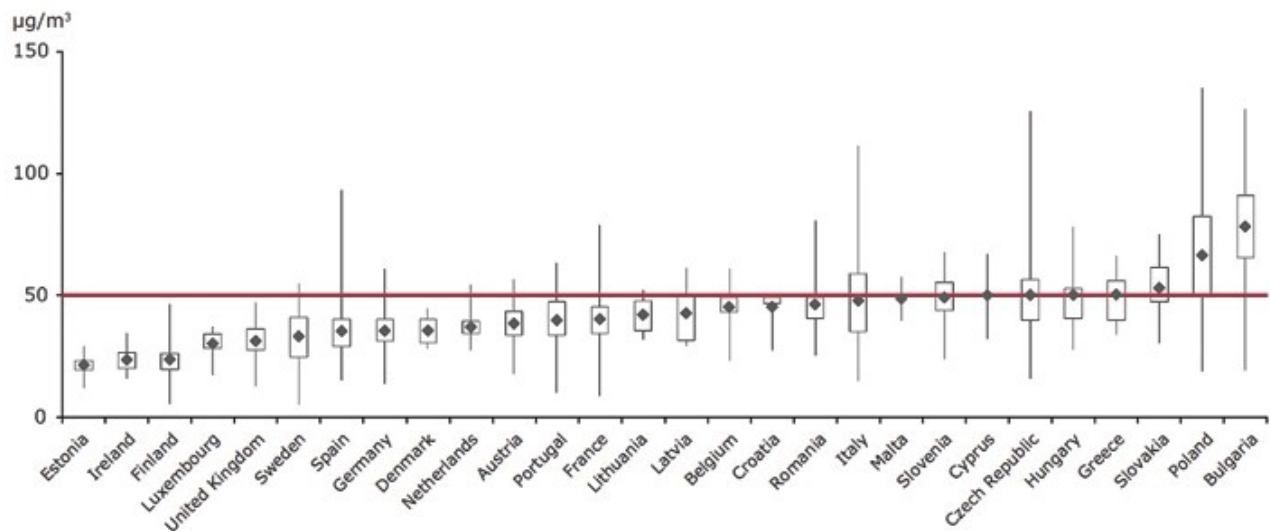
ikon ajan huomattavan korkeita PM_{10} -pitoisuuksia. Tämä kohonneiden pitoisuuksien kausi jää kuitenkin niin lyhyeksi, että vuositasolla näiden suurtenkaan hiukkasten raja-arvot eivät ylitä Suomessa kuin joissakin yksittäisissä poikkeustapauksissa (Kuva 4, s.10). Suomessa $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuorokausikeskiarvon ylittäviä PM_{10} pölypäiviä kertyi

noin 1500 ihmistä. Pitoisuudet alueella tulisi saada alenemaan tavoitearvon alle käyttäen parasta mahdollista tekniikkaa.

Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) kokonaispitoisuudet ovat Suomessa Euroopan matalimpia, vuositasolla pitoisuudet

Kuva 3. Pienhiukkasten ($\text{PM}_{2.5}$) vuosikeskiarvot EU:n jäsenmaissa vuonna 2012. Kuvaan merkitty matalin ja korkein vuosikeskiarvo (viivat), 25- ja 75-persentiilit (laatikko) sekä vuosikeskiarvojen keskiarvo (piste). Punainen viiva on EU:n tavoitearvo. Lähde: EEA, 2014.





Kuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuorokausipitoisuuksien 90.4-persentiilit (vastaa 36. korkeinta vuorokausiarvoa) EU:n jäsenmaissa vuonna 2012. Kuvaan on merkitty mittausasemien matalin ja korkein 90.4-persentiili (viivat), 25- ja 75-persentiilit (laatikko) sekä persenttiilien keskiarvo (piste). Punainen viiva on EU:n raja-arvo. Lähde: EEA, 2014.

vuonna 2013 yli sallitun määrän (36 kpl) vain Kuopion Sorsasalonsaarella, joka sijaitsee suuren maanrakennustyömaan vaikutusalueella.

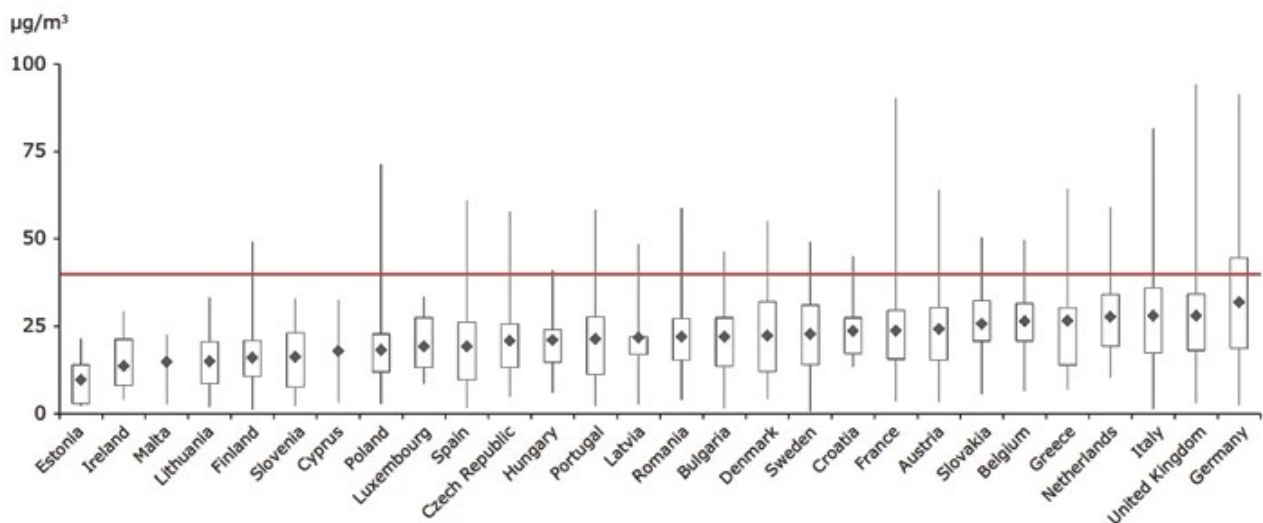
Pienhiukkasten haitallisuuden vuoksi niiden tavoitearvoa tiukennetaan; vuonna 2020 pienhiukkasten pitoisuus ei saa ylittää $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

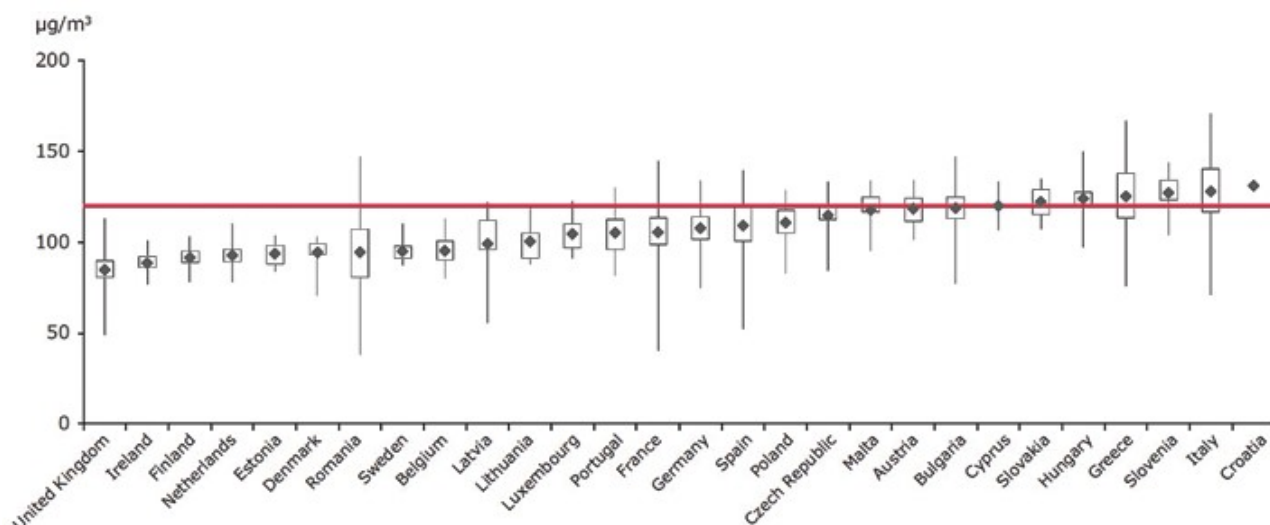
Liikenteen päästöt edelleen ongelmallisia

Liikenteestä peräisin olevat korkeat typpidioksidipitoisuudet (NO_2) ovat suurten kaupunkikeskustojen ongelma. EU:ssa kymmenisen prosenttia kaupunkiväestöstä altistuu terveydelle haitalliselle NO_2 -pitoisuustasolle. Suomessa raja-arvotason ylittäviä NO_2 -pitoisuuksia esiintyy vain Helsingin keskustan vilkasliikenteisissä katukuiluissa (Kuva 5).

Otsoni on Etelä-Euroopan ongelma

Hiukkasten jälkeen haitallisimpana ilmansaasteena Euroopassa pidetään alailmakehän otsonia. Otsonia muodostuu maanpinnan tasolla auringonvalon vaikutuksesta muista saasteista. Suomessa ja muissa pohjoismaissa ilmasto ei ole otollinen otsoninmuodostukselle eikä otsonin nykyisen tavoitearvon ylityksiä meillä esiinny. Kuva 6. Otsonin (O_3) korkeimman päivittäisen kahdeksan tunnin keskiarvon 93.2-persentiilit (vastaa 26. korkeinta päivittäistä keskiarvoa) EU:n jäsenmaissa vuonna 2012. Kuvaan on merkitty matalin ja korkein 93.2-persentiili (viivat), 25- ja 75-persentiilit (laatikko) sekä keskiarvo (piste). Punainen viiva on EU:n raja-arvo. Lähde: EEA, 2014.





Kuva 6. Otsonin [O3] korkeimman päivittäisen kahdeksan tunnin keskiarvon 93.2-persentiilit (vastaa 26. korkeinta päivittäistä liukuvaa kahdeksan tunnin keskiarvoa) EU:n jäsenmaissa vuonna 2012. Kuvaan on merkitty mittausasemien matalin ja korkein 93.2-persentiili (viivat), 25- ja 75-persentiilit (laatikko) sekä persentiilien keskiarvo (piste). Punainen viiva on EU:n tavoite-arvo. Lähde: EEA, 2014.

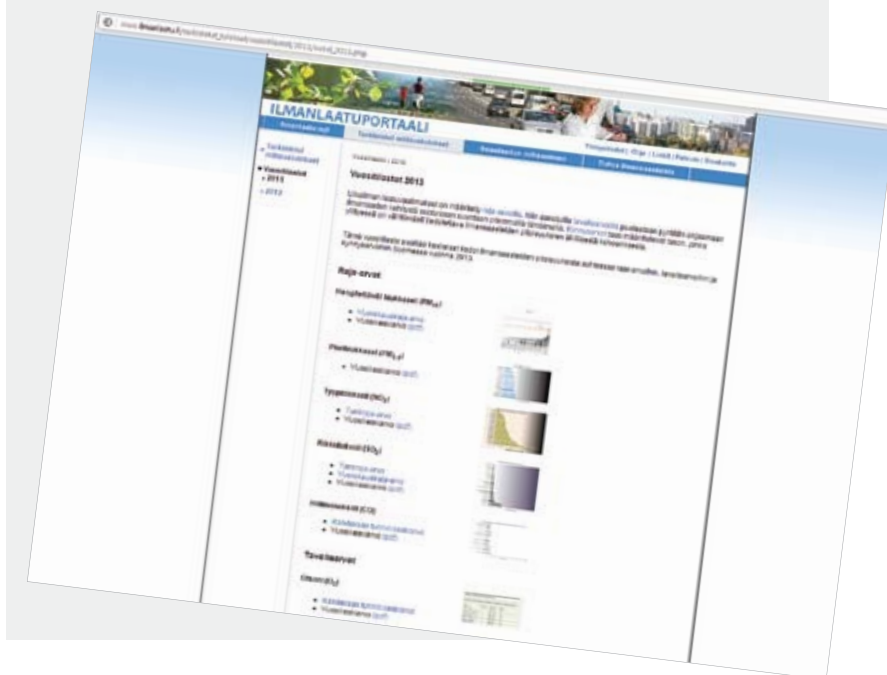
täistä liukuvaa kahdeksan tunnin keskiarvoa) EU:n jäsenmaissa vuonna 2012. Kuvaan on merkitty mittausasemien matalin ja korkein 93.2-persentiili (viivat), 25- ja 75-persentiilit (laatikko) sekä persentiilien keskiarvo (piste). Punainen viiva on EU:n tavoite-arvo. Lähde: EEA, 2014.

Artikkelin tiedot perustuvat kunkin EU:n jäsenmaan suorittamaan ilmanlaadun seurantaan. Mittaustiedot kootaan vuosittain EEA:n AIRBASE tietokantaan (AIRBASE 2014). Suomessa Ilmatieteen laitos seuraa tausta-alueiden ilmanlaatua noin kymmenellä ilmanlaatuasemalla eri puolilla maata. Tämän lisäksi kunnilla ja teollisuudella on satakunta omaa seuranta-asemaa. Ilmatieteen laitos kerää vuosittain kaiken tämän seurantatiedon ja toimittaa sen edelleen EEA:lle ja Euroopan komissiolle. EEA tuottaa vuosittain euroopanlaajuisia yhteenvetoja ja tilastoja ja komissio valvoo raja- ja tavoitearvojen toteutumista jäsenmaissa. Yhteenvetoja Suomen mittaustuloksista esitetään Ilmanlaatuportaalissa (www.ilmanlaatu.fi).

Lähteet

AIRBASE, 2014. http://acm.eionet.europa.eu/databases/airbase/airbasexml/index_html#dlttable
 EEA, 2014. Air quality in Europe-2014 report. EEA Report No 5/2014. European Environment Agency, 80 sivua. Saatavissa: www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014, doi:10.2800/22847

Ilmanlaatuportaal, 2014. http://www.ilmanlaatu.fi/tarkistettut_tulokset/voisitilastot/2013/vuosi_2013.php





Haluaisitko palasen aurinkovoimalasta?

Helen Oy:n pian valmistuvan Suomen suurimman aurinkovoimalan 1188 nimikkopaneelia myytiin loppuun muutamassa päivässä. Yritys on sitoutunut rakentamaan lisää aurinkovoimaa kysynnän mukaisesti, joten uutta voimaa suunnitellaan jo. Helen kerää myös asiakkaidensa ylijäämälämmön hyötykäyttöön älykkäästi kaukojäähdytyksen avulla.

Helenistä hiilidioksidineutraali

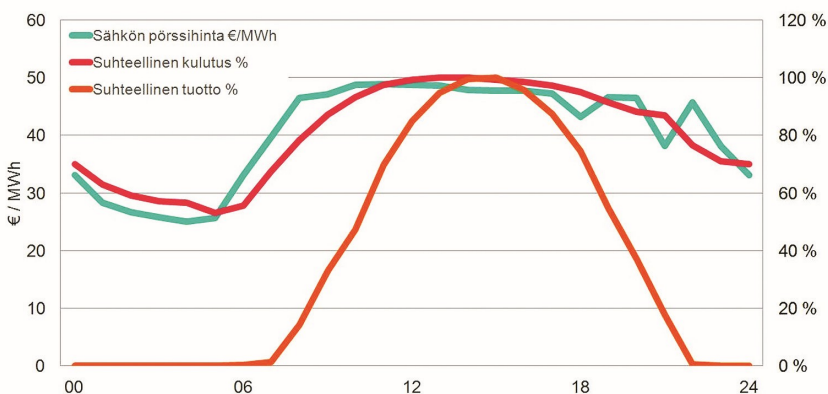
Helen Oy:n tavoitteena on hiilidioksidineutraali energiantuotanto vuoteen 2050 mennessä. Aurinkoenergian lisääminen on merkittävä osa tätä tavoitetta. Syksyllä 2014 Helen toi markkinoille uudenlaisen yhteisöllisen tuotteen – aurinkovoimalan nimikkopaneelin, jonka avulla kuka tahansa voi alkaa tuottaa kotimaista ja uusiutuvaa aurinkoenergiaa. 4,40 euron kuukausimaksua vastaan asiakkaan sähkölaskusta vähennetään teholtaan 285 Wp aurinkopaneelin tuotanto, arviolta 230 kWh vuodessa. Lisäksi paneelin toimintaa ja sähkön tuotantoa voi seurata reaaliaikaisesti netissä.

Nimikkopaneelin hinta on niin alhainen, ettei sen hankinta juuri heilauta tavalisen palkansaajan taloutta. Kulutetun sähkön alkuperä sen sijaan muuttuu. Esimerkiksi kerrostalokaksiossa kuluu vuodessa sähköä tyypillisesti noin 2 000 kWh. Jo yhdellä nimikkopaneelilla

yli yksitoista prosenttia kulutetusta sähköstä on peräisin auringosta. Jos asunnossa säästetään energiaa ja nimikkopaneeleita hankitaan viisi, asukas voi tuottaa aurinkosähköä koko oman kulutuksensa verran.

Auringosta säätösähköä

Suomessa on mahdollista tuottaa aurinkoenergiaa likimain saman verran kuin esimerkiksi Pohjois-Saksassa. Talvella aurinko ei harmiksemme kuitenkaan näillä leveysillä juuri paista ja toisinaan paneelitkin tuppaaavat olemaan lumen peitossa. Kesällä sen sijaan auringosta saadaan energiaa kysynnän mukaisesti. Oheisesta kuvasta nähdään, että tyypillisenä aurinkoisena kesäpäivänä sähkön kulutuksen, hinnan ja aurinkovoimalan tuotannon huiput ovat samaan aikaan. Lisäksi aurinkovoimaloiden vaihtosuuntaajien asetusarvoja on mahdollista muuttaa sähköverkon tarpeiden mukaisesti. Näillä perusteilla aurinkoe-



Sattumanvaraisesti valitun aurinkoisen heinäkuun päivän sähkön tuntihinta, Helen Oy:n asiakkaiden sähkönkulutus sekä Suvilahden aurinkovoimalan mallinnettu tuotanto. Data: Asko Rasinkoski, Soleras.



Suomen suurin aurinkovoimala valmistuu pian Suvi-lahteen, keskelle Helsinkiä.

nergian tuotannon lisääminen vähentää sätösähkön tarvetta Suomessa, toisin kuin mediassa usein kerrotaan.

Suomen suurin aurinkovoimala keskelle Helsinkiä

Suomen suurin aurinkovoimala valmistuu maaliskuussa 2015 Helsingin Suvi-lahteen, keskelle kaupunkia. Aurinkoenergian yksi hyvistä puolista on se, että voimaloita voidaan rakentaa lähes huomaamattomasti rakennusten katoille lähelle kulutusta. Paneelit eivät pidä ääntä, eivätkä ne yleensä häiritse ihmisiä muutoinkaan. Aurinkoenergia on siis puhdasta, kotimaista ja vieläpä huomaamatonta. Ei ihme, että Energiateollisuus ry:n lokakuussa 2014 julkaiseman selvityksen mukaan jopa 89 prosenttia suomalaisista lisäisi aurinkosähkön tuotantoa.

Pienisvoimaloiden kannattavuus kasvaa

Nimikkopaneeli ei sido asiakkaan pääomaa, mutta jos asiakkaalla on sijoitettavaa rahaa sekä sopiva katto käytössään, oman pienisvoimalan rakentamista kannattaa harkita. Tuotannon kannalta parhaaseen tulokseen päästään, jos koko katto on noin 40 asteen kulmassa suoraan etelään. Au-

rinkopaneelien hinnat kuitenkin tippuvat koko ajan, mikä muuttaa myös hiukan epäoptimaalisemmatkin katot järkeviksi asennuspaikoiksi. Oman aurinkovoimalan suunnittelu kannattaa usein aloittaa tilaamalla esimerkiksi Helen Oy:ltä katon katselmus, jossa selviävät muun muassa tuotantopotentiaali sekä järjestelmän tarkka hinta. Katselmuksen perusteella Helen toimittaa aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -periaatteella asiakkaan vaivaa säästään. Osittain kypsyvässä markkinatilanteessa ja pitkäaikaista investointia toteutettaessa on parasta

Heinäkuussa 2014 kaukojäähdytyksen avulla kerätyn ja kaukolämmöksi jalostetun energian tuottamiseksi tarvittaisiin noin 30 jalkapallokenttää aurinkokeräimiä.

kääntyä Helenin kaltaisen vakavaraisen yrityksen puoleen.

Aurinkoenergiaa kaukolämpö-asiakkaille

Kaukojäähdytys on olennainen osa Helsingin älykästä energiajärjestelmää, jossa kesän hukkalämmöt kerätään talteen, jatkojalostetaan ja toimitetaan takaisin hyötykäyttöön. Viime kesänä kaukojäähdytyksen avulla kerättiin kesä-heinä-elokuun aikana ylimääräistä lämpöenergiaa hyötykäyttöön yli 40 000 000 kWh. Määrä vastaa noin 20 000 uuden 80-neliöisen kerrostalohuoneiston vuotuista lämmöntarvetta.



Pelkästään viime heinäkuussa kaukojäähdytyksen kautta kerätyn ja kaukolämmöksi jalostetun energian tuottamiseksi tarvittaisiin noin 30 jalkapallokenttää aurinkokeräimiä. Kaiken lisäksi kaukojäähdytysjärjestelmä kasvaa kovaa vauhtia tarjoten hel-sinkiläisille entistä paremmat asuin- ja työskentelyolosuhteet. Samalla myös aurinkolämmön tuotanto lisääntyy, kun yhä useampi rakennus muuttuu valta-vaksi aurinkokeräimeksi.

Nollaenergiaa tiiviissä kaupunki-rakenteessa

Kun energiatehokas rakentaminen yhdistetään kaukolämpöön ja -jäähdytykseen, rakennus voi tuottaa kesäaikaan saman tai jopa suuremman energiamäärän kuin mitä talvella kuluu. Tällaisessa nettonollaenergiarakennuksessa ikkunoiden koko ja talotekniikka suunnitellaan siten, että sisäolosuhteet ovat parhaat mahdolliset esimerkiksi valoisuuden ja sisäilman kannalta.

Erillisiä aurinkokeräimiä ei tarvita, kun kesän hukkalämmöistä tuotetaan kaukojäähdytyksen avulla uusiutuvaa aurinkoenergiaa kaukolämpöjärjestelmään. Asiaa tutkitaan lähemmin Helenin koordinoimassa SunZEB-hankkeessa, jossa ovat mukana muun muassa VTT, Aalto-yliopisto, rakennus- ja kiinteistöala, ympäristöministeriö,

Sakarimäen koulukeskuksen lämmitysratkaisun muodostavat maalämpö, aurinkolämpö, lämpökeskus ja lämmön varastointi maaperään.

työ- ja elinkeinoministeriö sekä muita energia-yhtiöitä.

Hybridilämmitysjärjestelmä yhdistää aurinko-, maa- ja biolämmön

Östersundomissa sijaitseva Sakarinmäen koulu lämmitetään hybridiratkaisulla, johon sisältyvät maalämpö, aurinkokeräimet, bioöljykattila ja lämmön varastointi maaperään. Yli 80 prosenttia koulun käyttämästä energiasta tuotetaan uusiutuvalla energialla. Tällaiset ratkaisut ovat parhaimmillaan väljästi rakennetuilla alueilla, jonne yhdistetyn sähkön, lämmön ja jäähdytyksen verkot eivät ulotu.

Sakarimäen koululle asennettiin 16 suurta aurinkokeräintä, joiden pinta-ala on yhteensä 160 neliometriä. Lisäksi koulun hiekkakenttien alle porattiin 21 maalämpökaivoa, jotka ulottuvat 300 metrin syvyyteen. Kun maalämpö ja aurinkolämpö eivät riitä kattamaan kulutusta, käytännössä talvipakkasella, tukea koulun lämmittämiseen saadaan bioöljyä käyttävästä lämpökeskuksesta. Kesällä aurinkokeräinten tuottama koulun oman kulutuksen ylittävä lämpöenergia siirretään maalämpökaivojen kautta maaperään myöhemmin käytettäväksi.

Sakarimäen koululaiset ovat alusta asti olleet heleniläisten mukana koulun lämmitysmuodon uudistuksessa. Oppilaat seuraavat reaaliajassa, miten lämpöä koululle tuotetaan ja kuinka paljon sitä kuluu. Lisäksi opettajat käyvät lämmön olemusta ja tuotantota-

poja läpi syvällisemmin eri oppiaineiden lomassa. Tavoitteena on integroida energia-asiat käytännönläheisesti koulun opetukseen.

Uusia aurinkoisia tuotteita ja palveluita asiakkaiden ehdoilla

Vaikka Helen on jo nyt toteuttanut monenlaisia aurinkohankkeita ja -tuotteita, uusia kehitetään koko ajan. Helen kuulee myös mielellään ajatuksia asiakailtaan, jotta tuotteista ja palveluista saadaan mahdollisimman kiinnostavia ja ympäristöystävällisiä. Tule sinäkin mukaan tekemään Helenistä, Suomesta ja koko maailmasta hiilidioksidineutraali!

LÄHTEET:

http://energia.fi/sites/default/files/energiatoellisuus_-_energia_asenteet_2014_final.pdf





Erkki Pärjälä, Kuopion kaupunki, alueelliset ympäristönsuojelupalvelut
Tapio Kettunen, Kuopion kaupunki, alueelliset ympäristönsuojelupalvelut
Arja Asikainen, Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos
Marjo Niittynen, Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos
Jouni Tuomisto, Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos

Kasvihuonekaasupäästöjen

paikallisten vähentämistoimenpiteiden vaikutukset Kuopion päästöihin, ilmanlaatuun sekä väestön terveyteen ja hyvinvointiin

Johdanto

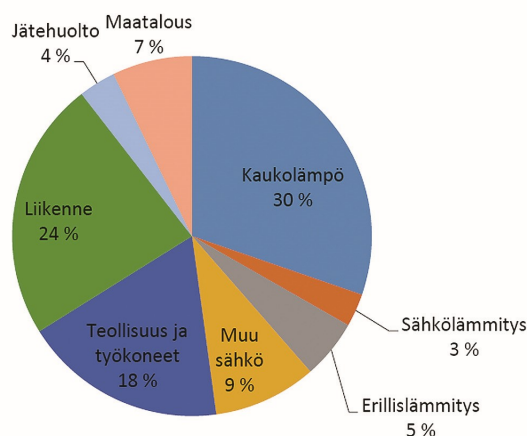
Kuopion kaupunki on toiminut pitkään kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Kaupungin ensimmäisen ilmastostrategia laadittiin vuonna 2003. Nykyinen vuosille 2009–2020 hyväksytty ilmastopoliittinen ohjelma sisältää 6 päämäärää:

- Kasvihuonekaasupäästöt Kuopiossa ovat vähentyneet vähintään 40 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä
- Kaupungin omien toimintojen energiankäyttö vuonna 2016 on vähentynyt vähintään 9 % vuoden 2005 tasoon verrattuna.
- Liikenteestä ja liikkumisesta aiheutuneet kasvihuonepäästöt ovat vähentyneet. Kevyt- ja joukkoliikenne ovat houkuttelevia liikkumismuotoja.
- Uusiutuvan energian osuutta energiantuotannossa on lisätty.
- Ilmastonmuutoksen vaikutukset Kuopion kaupungin toimintoihin on tunnistettu ja niihin on varauduttu.
- Kaikki ovat tietoisia valintojensa ja toimiansa vaikutuksista energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin

Kuopion pääasialliset kasvihuonekaasupäästölähteet ovat lämmitys, liikenne sekä teollisuus ja työkoneet (Kuva 1). Vuonna 2010 koko Kuopion alueen kokonaiskasvihuonekaasupäästöt olivat n. 1040 kt/CO₂-ekv ja vuonna 2012 n. 809 kt/CO₂-ekv (CO₂-Raportti 2014). Päästöt ovat pienenevässä erityisesti siksi, että energiantuotannossa ollaan siirtymässä turpeesta biopolttoaineisiin ja teollisuuden energiankäyttö on vähentynyt.

Kuopion nykyinen ilmastopoliittinen ohjelma toimii lähtöasetelmana EU:n 7. puiteohjelman rahoittamassa **URGENCE**-tutkimushankkeessa (**Urban Reduction of Green House Gas Emissions in China and Europe**), jossa selvitettiin kasvihuonekaasupäästöjen paikallisten vähentämistoimenpiteiden vaikutusta ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Hankkeessa tutkittiin muun muassa eri polttoaineiden, lämmitys- ja liikennevaihtoehtojen, rakennusten energiatehokkuuden ja kaa-voituksen kautta syntyviä vaikutuksia.

Kuopion kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2012



Kuva 1. Eri päästölähteiden osuudet kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä Kuopiossa vuonna 2012.

Suomesta hankkeessa olivat Kuopion kaupungin lisäksi mukana Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos (THL) ja Suomen Ympäristökeskus (SYKE). Hankkeen muut tutkimuskaupungit olivat Basel, Stuttgart, Rotterdam ja Thessaloniki Euroopasta sekä Suzhou ja Xi'an Kiinasta.

Arvioidut kasvihuonekaasupäästöjen vähennystoimenpiteet

URGENCE-tutkimushankkeessa keskityttiin Kuopiossa arvioimaan sitä, mikä merkitys biopolttoaineiden käytön merkittävällä lisäämisellä olisi päästöihin ja erityisesti ilman epäpuhtauksille altistumiseen ja sitä kautta ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Koska Kuopiossa rakennusten lämmitys ja

liikenne tuottavat yli 60 prosenttia kasvihuonekaasupäästöistä, näihin sektoreihin vaikuttamalla voidaan tehokkaimmin vaikuttaa kasvihuonekaasupäästöihin. Tämän pohjalta laadittiin kolme päästöjen vähennystä koskevaa skenaariota:

1. *Biopolttoaineiden käytön lisäys paikallisessa energian tuotannossa*
 - a. *Puun käytön lisääminen Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitoksella*
 - b. *Puun pienpoltton lisääminen asuintalojen lämmityksessä*
2. *Rakennusten energiatehokkuuden (lämmöneristyksen) parantaminen uusissa ja perusparannettavissa asuinrakennuksissa*
3. *Biopolttoaineiden käytön lisäys tieliikenteessä*

Arviointi perustui vuoden 2010 nykytilanne -skenaariota vertaamiseen vuoden 2020 entisenkaltaisen toiminnan (business-as-usual, BAU) ja 2020 CO₂ interventio -skenaarioihin. 2020 BAU -skenaario kuvaa tilannetta, jossa asiat jatkuvat vuodesta 2010 vuoteen 2020 ilman aktiivisia paikallisia päästövähennyksiä. 2020 CO₂ interventio -skenaario kuvaa tilannetta, jossa arvioitavat päästövähennystoimenpiteet ovat toteutuneet. Vertailun vuoksi arvioitiin myös 2020 CO₂ interventio - ei puunpolttoa -skenaario, jossa puun pienpolttoa ei lisätty vaan määrän oletettiin pysyvän vuoden 2010 tasolla. 2020 BAU -skenaariossa oletetaan väestön, liikennemäärien, liikenneverkkojen, rakennuskannan ja lämmitysenergian kulutuksen muuttuvan ennakoitun kasvun mukaisesti ja 2020 CO₂

intervention -skenaariossa oletukset muotoutuvat arvioitavien toimenpiteiden mukaisesti (**Taulukko 1**).

Selvitys rajattiin koskemaan vain Kuopion keskeistä kaupunkialuetta. Alueen koko on noin 15 km x 10 km ja kattaa 62 prosenttia koko Kuopion alueen asuinrakennuksista sekä 87 prosenttia (noin 81 000) väestöstä. Kaikki esitetyt tulokset koskevat vain tätä Kuopion kaupunkialuetta, ei Kuopion maaseutalueita.

Terveys- ja hyvinvointivaikutusarviointi

Terveysvaikutukset arviointiin käytettiin tautitaakka-menetelmää, jonka yksikkönä on DALY/vuosi (disability-adjusted-life-year). Tautitaakka yhdistää sairauden kanssa eletyn ajan (YLD) ja sairauden aiheuttaman enneaikaisen kuoleman takia menetetyt elinajan (YLL): DALY = YLD + YLL.

YLD lasketaan kertomalla altisteen vuosittain aiheuttamien tautikohtaiset uusien tapausten määrä sairauden kestolla ja sairauden haittapainokertoimella. YLL lasketaan keskimääräisen elinajanodotteen ja sairauskohtaisen keskimääräisen kuolin iän avulla.

Koska kasvihuonekaasuilla itsessään ei ole suoria terveysvaikutuksia, tehtiin terveysvaikutusarviointi energiantuotannon ja tieliikenteen pääasiallisille terveysvaikutuksia aiheuttaville epäpuhtauksille eli pienhiukkasille (PM_{2,5}). Altistuksen arviointiin tarvittavat pienhiukkaspitoisuudet perustuivat leviämismallinnuksiin sekä Kuopion todelliseen mittausaineistoon.

Sektori	2010 nykytilanne	2020 BAU	2020 CO ₂ interventio ⁽¹⁾
Haapaniemen voimalaitos	* Polttoaineesta 4 % biomassaa * Tuotantomäärä vuoden 2010 toteutuma	* Polttoaineesta 4 % biomassaa * Tuotantomäärä arvioitu uusien, korjattujen ja vanhojen rakennusten määrän ennusteiden mukaan	* Polttoaineesta 50 % biomassaa * Tuotantomäärä arvioitu uusien, korjattujen ja vanhojen rakennusten määrän ennusteiden mukaan
Tieliikenne	* Polttoaineesta 5 % biopolttoaineita * Polttoaineen käyttö vuoden 2010 toteutuma * Autokanta EURO3-päästöluokituksella	* Polttoaineesta 20 % biopolttoaineita * Polttoaineen käyttö arvioitu ennustetun liikennekasvun pohjalta * Autokanta EURO4- päästöluokituksella	* Polttoaineesta 30 % biopolttoaineita * Polttoaineen käyttö arvioitu ennustetun liikennekasvun pohjalta * Autokanta EURO5- päästöluokituksella
Asuntojen energiatehokkuus ja erillislämmitys	* Asuntojen lämmitysenergian tarve keskimäärin 166 kWh/m ² (perustuu todelliseen kaukolämmön käyttöön) * Asuntojen lämmitysmenettelmät jakaantuvat kuten 2010	* 3 % asunnoista energiakorjataan vuosittain 2010-2020 välillä * Korjattujen ja uusien rakennusten lämmitysenergian tarve 70 kWh/m ² * Asuntojen lämmitysmenettelmät jakaantuvat kuten 2010	* 3 % asunnoista energiakorjataan vuosittain 2010-2020 välillä * Korjattujen ja uusien rakennusten lämmitysenergian tarve 25 kWh/m ² * Öljylämmitys korvataan puun pienpoltolla * Puuta käytetään tukilämmityksenä kaksinkertainen määrä verrattuna vuoteen 2010

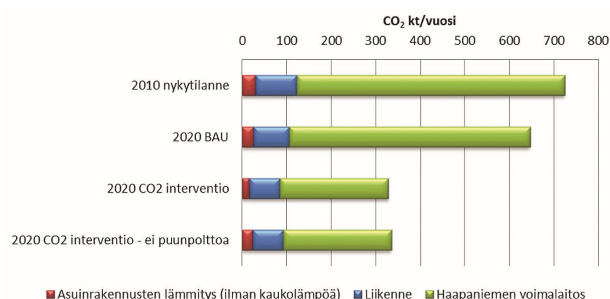
[1] Vertailun vuoksi arvioitiin myös 2020 CO₂ interventio - ei puunpolttoa -skenaario, jossa puun pienpolttoa ei lisätty, vaan määrän oletettiin pysyvän vuoden 2010 tasolla.

Terveysvaikutusarvioinnissa käytetty menetelmä ja aineistot on kuvattu tarkemmin Kuopion tapaustutkimuksen loppuraportissa [Asikainen ym. 2014].

Hyvinvointivaikutusten arviointi suoritettiin laadullisella tasolla hankkeessa kuopiolaisille tehdyn kyselytutkimuksen aineistoa analysoimalla. Hyvinvointivaikutusten määrällistä arviointia ei voitu tehdä, koska sopivaa aineistoa arvioitavien päästövähennystoimenpiteiden yhteydestä hyvinvointitekijöihin ei ollut saatavilla.

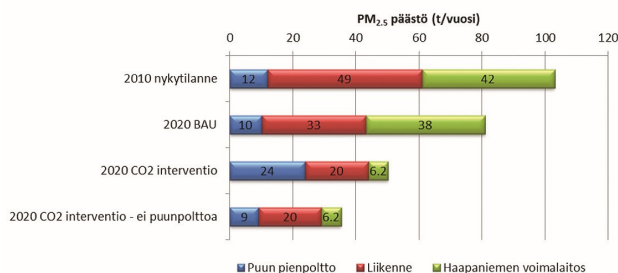
Vaikutukset päästöihin

Tarkastellut toimenpiteet vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä Kuopion kaupunkialueella jopa 55 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. Puun pienpolton lisääminen ei juuri vaikuta kasvihuonekaasupäästöjä vähentävästi, sillä ilman tätä toimenpidettä päästöt vähenevät 54 prosenttia. Suurin osa päästövähennyksestä johtuu Haapaniemen voimalaitoksen päästöjen alenemisesta (Kuva 2).



Kuva 2. CO₂-päästöt (kilotonnia/vuosi) tarkastelluille päästölähteille eri skenaarioissa Kuopion kaupunkialueella.

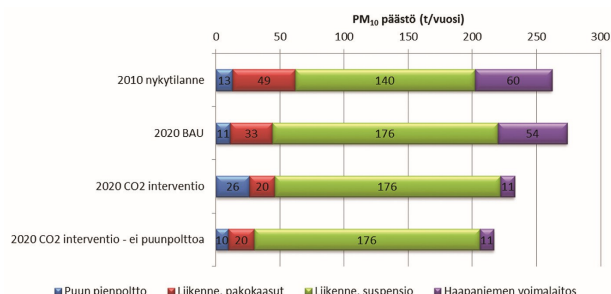
Kasvihuonekaasupäästöjen vähennystoimenpiteet vähentävät tarkasteltujen paikallisten päästölähteiden pienhiukkaspäästöjä (PM_{2,5}) Kuopion kaupunkialueella 51 prosenttia (Kuva 3). Suurin osa vähennyksestä johtuu Haapaniemen voimalaitoksen alentuneista päästöistä (vähenemä 85 %) ja osittain vähentyneistä tieliikenteen pakokaasupäästöistä (vähenemä 59 %). Haapaniemen voimalaitoksen päästöjen pienentyminen johtuu siitä, että puun käytön lisääminen edellyttää uudempaa kattilaa ja poltto- ja savukaasujen puhdistustekniikkaa laitoksella. Pienhiukkasten kokonaispäästöjen pienentyessä kuitenkin pienhiukkaspäästöt puun pienpoltosta yli kaksinkertaistuvat, jos puun pienpolttoa lisätään voimakkaasti. Ilman puun



Kuva 3. PM_{2,5}-päästöt (tonnia/vuosi) arvioiduissa skenaarioissa.

pienpolton lisäystä PM_{2,5}-kokonaispäästöt laskevat 35 tonniin/vuosi vuonna 2020 eli päästövähennemä olisi 66 prosenttia nykytilanteeseen verrattuna.

Hengittävien hiukkasten (PM₁₀) osalta tilanne on hyvin erilainen kuin pienhiukkaspäästöjen kohdalla. PM₁₀-päästöt nimittäin nousevat 2010 nykytilanteesta vuoden 2020 BAU-tilanteeseen 262 tonnista 274 tonniin vuodessa (Kuva 4). Tämä kasvu johtuu lisääntyneestä autoliikenteestä, joka johtaa 26 prosenttia suurempiin tien pinnasta irtoaviin PM₁₀-päästöihin (resuspensio). PM₁₀-päästöt kuitenkin vähenevät 11 prosenttia vuonna 2020, kun kasvihuonekaasupäästöjen vähennystoimenpiteet otetaan käyttöön (2020 CO₂ interventio -skenaario). Liikenteen resuspensiopäästöjen kasvu kompensoituu Haapaniemen voimalaitoksen päästöjen vähentyessä uudemman tekniikan myötä. Suurin päästövähennemä (-17 %) PM₁₀-päästöissä saavutetaan, jos puun pienpolttoa ei lisätä vuoden 2010 tasosta (2020 CO₂ interventio - ei puunpolttoa -skenaario).



Kuva 4. PM₁₀-päästöt (tonnia/vuosi) arvioiduissa skenaarioissa.

Terveys- ja hyvinvointivaikutukset

Tarkastelun perusteella terveyshyötyjä saavutetaan jo vuoden 2020 BAU-tilanteesta ja tämä selittyy tieliikenteen PM_{2,5}-päästöjen vähenemisellä autokannan muuttuessa vähäpäästöisemmäksi. Tarkastelluilla CO₂-vähennystoimenpiteillä saavutettava maksimaalinen hyöty 65 DALY/100 000 asukasta vuoden 2010 nykytilanteesta vuoden 2020 CO₂ interventio - ei puunpolttoa -skenaarioon verrattuna muodostuu pääasiassa muutamasta säästetystä ennenaikaisesta kuolemasta (Taulukko 2).

Tieliikenteessä tapahtuvaa biopolttoaineiden käytön lisäämisen vaikutuksia terveyteen hankkeessa ei pystytty erikseen arvioimaan samalla tavoin määrällisesti kuin puun käytön lisäystä keskitetyssä lämmön ja sähköntuotannossa. Tämä johtuu siitä, että tieliikenteen biopolttoaineiden päästökertomista ei ollut saatavilla riittävän luotettavia tietoja.

Myöskään asuntojen lämmöneristyksen parantamisen vaikutusta ihmisten terveyteen ei pystytty arvioimaan määrällisesti, koska tarvittavaa aineistoa muun muassa siitä, kuinka ihmisten altistuminen muuttuu asuntojen lämmöneristyksen parantamisen myötä, ei lopulta ollut saatavilla.

Terveysvaste	2010 nykytilanne	2020 BAU	2020 CO ₂ interventio	2020 CO ₂ interventio - ei puunpolttoa
Kokonaiskuoletisuus	470	430	428	420
Menetetty työpäivät (WLDs)	0.7	0.6	0,6	0.6
Rajoitetun aktiivisuuden päivät (RADs)	0.2	0.2	0,2	0.2
Vastasyntyneiden kuolleisuus (<1 v.)	7	7	7	6
Krooninen keuhkoputkentulehdus (>15 v.)	137	126	125	123
Sydän- ja verisuonisairauksien sairaalahoito	0.0	0.0	0,0	0.0
Hengitystiesairauksien sairaalahoito	0.0	0.0	0,0	0.0
Yhteensä	615	564	561	550

Taulukko 2. Arvioitujen skenaarioiden terveysvaikutukset (DALY / 100 000 asukasta)

Hyvinvointivaikutusten analysointi kyselytutkimusaineiston pohjalta osoitti muun muassa, että asuntojen ilmanvaihto ja siihen liittyen sisäilman laatu sekä sisätilojen lämpötila ovat yhteydessä väestön tyytyväisyyteen ja koettuun hyvinvointiin. Asuntojen energiaparannuksilla on mahdollista vaikuttaa myönteisesti hyvinvointiin asuntojen sisälämpötilan kohotessa talvikaudella, mutta toimenpiteet voivat vastaavasti vaikuttaa myös negatiivisesti korottaen sisälämpötiloja kesäkaudella sekä huonontamalla sisäilman laatua. Asuntojen lämmöneristysten parantaminen voi sen sijaan vähentää ympäristömelulle altistumista, millä voi kustannuslaskelmien mukaan olla hyvinkin suuri terveydellinen hyöty. Kyselytietojen tarkastelu myös osoitti puun pienpolton savujen laskevan väestön hyvinvointia.

Tässä arvioinnissa esitetyn PM_{2.5}-altistuksen aiheuttamien terveysvaikutusten kokonaiskustannukset olivat Kuopion kaupunkialueella noin 33 miljoonaa euroa vuonna 2010. Tässä arviossa tarkastelluilla CO₂-päästövähennystoimenpiteillä voitaisiin tästä summasta säästää noin 1,5 miljoonaa euroa vuosittain. Säästö muodostuu pääasiassa säästetyistä elinvuosista sekä kroonisen bronkiitin ja menetettyjen työpäivien aiheuttamien kuulujen säästöistä PM_{2.5}-altistuksen alentuessa.

VIITTEET:

Asikainen A, Hänninen O, Pekkanen J, 2013. Ympäristöaltisteisiin liittyvä tautitaakka Suomessa. Ympäristö ja Terveys 44(5): 68–74.

Asikainen A, Pärjälä E, Kettunen T, Savastola M, Niittynen M, Tuomisto J, 2014. URGENCE: Kasvihuonekaasupäästöjen vähennystoimenpiteiden vaikutukset päästöihin sekä väestön terveyteen ja hyvinvointiin Kuopiossa, 33 s. (verkkojulkaisu Kuopion kaupungin sivuilla).

Asikainen A, Pärjälä E, Kettunen T, Savastola M, Niittynen M, Tuomisto J, 2014. URGENCE WP10: Effects of CO₂ emission reduction measures in City of Kuopio, 35 s. (verkkojulkaisu Kuopion kaupungin sivuilla).

Johtopäätökset

Arvioidut CO₂-päästövähennystoimenpiteet osoittautuivat tehokkaiksi vähentäen tarkasteltujen päästölähteiden CO₂-päästöjä 55 prosentilla vuodesta 2010 vuoteen 2020 mennessä. Päästövähennys on pääasiassa tulosta puun käytön lisäyksestä Haapaniemen voimalaitoksen polttoaineena. Samalla vähenevät myös voimalaitoksen muiden yhdisteiden päästöt ilmaan huomattavasti, kun poltto- ja savukaasujen puhdistustekniikkaa uusitaan.

Arvion mukaan puun pienpolton lisäys ei vähennä merkittävästi Kuopion alueen CO₂-päästöjä, mutta se kasvattaa PM_{2.5}-päästöjä asuinalueilla ja johtaa negatiivisiin terveys- ja hyvinvointivaikutuksiin. Tästä syystä puun pienpolton lisäämistä ei voida suositella CO₂-päästövähennystoimenpiteenä.

Tarkastellut CO₂-päästövähennystoimenpiteet vaikuttavat kuitenkin varsin vähän Kuopion ilmanlaatuun. Tämä johtuu siitä, että terveysvaikutusten kannalta keskeisimmän epäpuhtauden eli pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudesta valtaosa (noin 90 prosenttia) on taustapitoisuutta eli kaukokulkeuman aiheuttamaa. Näin ollen paikalliset päästöjen vähentämistoimenpiteet eivät vaikuta merkittävästi kuopiolaisten asukkaiden pienhiukkasaltistukseen. Alentuneen PM_{2.5}-pitoisuuden myötä estettäisiin muutama ennenaikainen kuolema ja muutaman kroonisen keuhkoputkentulehduksen kehittyminen sekä säästettäisiin noin 400 sairauslomapäivää (vastaa 65 DALY / 100 000 asukasta = -11 % vuoden 2010 tilanteesta).

CO₂-raportti 2014, Kuopion kasvihuonekaasupäästöt 1990, 2006, 2008–2012, ennakkotieto vuodelta 2013. Benviroc Oy.

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> (viitattu 2011-03-23).

Hänninen O, 2012. Kansanterveyden ympäristöuhat puntarissa: Ilmansaasteet merkittävässä roolissa. Ympäristö ja Terveys 3/2012: 24–29.



Jaakko Kukkonen, tutkimusprofessori, Ilmatieteen laitos
Juha Nikmo, vanhempi tutkija, Ilmatieteen laitos
Mikhail Sofiev, erikoistutkija, Ilmatieteen laitos

Metsäpaloissa syntyvien haitallisten aineiden kulkeutumisennusteet tarkentuvat

Metsä- ja maastopaloissa syntyvät pienhiukkaset ja savukaasut vaikuttavat sekä ihmisten terveyteen että ilmastomuutokseen. Paloissa syntyvien haitallisten aineiden kulkeutumisen todennukaisella ennustamisella voidaan vähentää paloista aiheutuvia terveydellisiä ja taloudellisia menetyksiä. Tässä tutkimuksessa on kehitetty laskentamenetelmä, jolla voidaan aiempaa paremmin arvioida palokaasujen ja hiukkasten kulkeutumista ja pitoisuuksia palon lähialueella.

Luonnonalueiden palot merkittävä pienhiukkasten lähde

Luonnonalueiden palot ovat maailmanlaajuisesti ilmastoon kannalta merkittävä pienhiukkasten lähde. Paloissa muodostuneet hiukkaset saattavat kulkeutua huomattaville etäisyyksille ja niiden pitoisuudet saattavat tällaisissa tilanteissa ylittää vastaavan EU:n ilmanlaadun raja-arvon lukuarvon kaukanakin päästölähteistään (esim. Sofiev et al., 2009). Venäjällä ja muualla Itä-Euroopassa tapahtuvilla metsäpaloilla saattaa olla huomattavia vaikutuksia Keski- ja Länsi-Euroopassa sekä pohjoismaissa (esim. Saarikoski et al., 2007). Esimerkiksi Moskovan ympäristössä kesällä 2010 sattuneista maastopaloista kulkeutui hiukkasia Suomen Lappiin asti. Aasian metsäpaloista on havaittu kulkeutuneen pienhiukkasia Yhdysvaltain länsirannikolle (Timonen et al., 2014).

Metsäpaloaara on kasvanut Itä- ja Etelä-Euroopassa viime vuosikymmeninä. Metsien syttymisherkkyys laski 1960-luvulta ja alkoi kasvaa 1970-luvulta lähtien etenkin Itä- ja Etelä-Euroopassa (Venäläinen et al., 2014). Ilmaston lämpenemisen seurauksena metsäpaloaaran arvioidaan kasvavan ajan myötä myös Suomessa. Korkean metsäpaloriskin päivien on arvioitu lisääntyvän maassamme vuosisadan loppuun mennessä 10–40 prosenttia (Lehtonen et al., 2014).

Metsäpaloaara on kasvanut Itä- ja Etelä-Euroopassa viime vuosikymmeninä. Metsien syttymisherkkyys laski 1960-luvulta ja alkoi kasvaa 1970-luvulta lähtien etenkin Itä- ja Etelä-Euroopassa (Venäläinen et al., 2014). Ilmaston lämpenemisen seurauksena metsäpaloaaran arvioidaan kasvavan ajan myötä myös Suomessa. Korkean metsäpaloriskin päivien on arvioitu lisääntyvän maassamme vuosisadan loppuun mennessä 10–40 prosenttia (Lehtonen et al., 2014).

Hyötyä terveyteen ja talouteen

Palojen varhaisella havaitsemisella ja todennukaisella seurannalla sekä ennustamisella voidaan vähentää paloista aiheutuvia terveydellisiä ja taloudellisia menetyksiä. Tässä artikkelissa kuvataan uutta laskentamenetelmää, jolla voidaan

Esimerkki teollisuuspalossa muodostuvan kaasuvanan leviämisestä. Kyseessä oli öljyvarastolla sattunut palo (Buncefield, Iso-Britannia, 11.12.2005; MIIB, 2010), joka kesti viisi päivää. Savuvana nousi kolmen kilometrin korkeuteen asti.





Korkean metsäpaloriskin päivien on arvioitu lisääntyvän maassamme vuosisadan loppuun mennessä 10–40 prosenttia.

aiempaa paremmin arvioida palokaasujen ja hiukkasten kulkeutumista ja pitoisuuksia. Menetelmän perusteella voidaan arvioida palokaasujen ja hiukkasten nousemista lähialueella; tutkimus on kuvattu tarkemmin viitteessä Kukkonen et al. (2014). Menetelmä soveltuu käytettäväksi myös muiden palojen (esimerkiksi teollisuusonnettomuuksien) yhteydessä.

Malli on alun perin kehitetty teollisuuden varastopalojen seurausten arviointiin (Martin et al., 1997, Kukkonen et al., 2000). Paloissa syntyvien päästökaasujen ja -hiukkasten pystysuuntaista jakaumaa palon lähialueella määrittää paloihin liittyvä voimakkaasti nosteinen virtaus. Paloissa syntyvät aineet voivatkin kulkeutua jopa stratosfääriin asti. Päästön koostumus riippuu palavasta aineesta, palon luonteesta ja ilmakehän tilasta.

Malliyltälöt kuvaavat voimakkaasti nosteisen (ympäröivää ilmaa kuumemman) savuvanan kehittymistä, siis nousua ja ympäröivän ilman sekoittumista pystysuunnassa muuttuvassa ilmakehässä. Myös savuvanan kohtaaminen mahdollisen inversiokerroksen kanssa, eli inversiokerroksen läpäisy tai sen alle jääminen, sisältyy luonnollisella tavalla malliyltälöihin. Yhtä yksityiskohtaisia nosteisen savuvanan malleja ei ole aiemmin kansainvälisesti esitetty.

Mallin toimintakyvyn arvioinnista

Tutkimuksessa selvitettiin menetelmän soveltuvuutta ja tarkkuutta metsäpalon tapauksessa, vertaamalla mallin ennusteita kulotuskokeissa tehtyihin mittauksiin. Vertailussa hyödynnettiin Kaliforniassa (Yhdysvallat) vuonna 1994 ja Hyytiälässä vuonna 2009 suoritettuja kulotuskokeita (Virkkula et al., 2014). Malliennusteita verrattiin savuvanan korkeutta määrittäneisiin LIDAR-mittauksiin Kalifornian kenttäkokeen tapauksessa ja hiukkasten lukumäärien lentokonemittauksiin Hyytiälän kokeen tapauksessa.

Malliennusteet olivat yhtäpitäviä kenttäkokeiden mittausten kanssa, kun ottaa huomioon molempien mittausten huomattavat epätarkkuudet. Epätarkkuuksia malliennusteisiin aiheuttaa mallin lähtöarvojen, kuten itse paloalueen ominaisuuksien ja meteorologisten tekijöiden arvioinnissa. Palon osalta tulisi tuntea, miten tuotettu lämpöenergia ja paloalueen pinta-ala muuttuvat ajan mukana. Kalifornian kokeen osalta meteorologisia tekijöitä arvioitiin useiden eri mittausten ja mallien avulla, jolloin havaittiin, että eri menetelmillä saatiin huomattavan erilaisia arvioita ilmakehän tilasta.

Ajantasaisia ennusteita palokaasuista

Tässä työssä kehitetty palokaasujen lähialueen leviämismalli voidaan yhdistää alueellisen ja globaalin mittakaavan leviämismalleihin, kuten Ilmatieteen laitoksella käytössä ole-

vaan SILAM-malliin. Tällöin voidaan arvioida palojen vaikutuksia suuremmilla etäisyyksillä. Tällaista mallia ei tosin vielä ole operatiivisessa käytössä.

Ajantasaisia ennusteita luonnonalueiden palokaasujen leviämisestä on saatavilla osoitteista <http://is4fires.fmi.fi/> ja <http://www.ilmanlaatu.fi/ilmany/silam/>. Nämä malliennusteet perustuvat satelliittihavaintoihin, joilla on luonnollisesti omat rajoituksensa. Lisäksi päästö- ja leviämismallien laskelmilla on epätarkkuuksia muun muassa liittyen siihen, miten satelliittien havainnoista johdetaan eri aineiden päästökertoimia erilaisille palotyypeille. Olemme myös laskeneet ja koostaneet edellä mainitulle [www-sivulle](http://www.sivu) maailmanlaajuisen tietokannan, josta käy ilmi luonnonpalojen päästöt ilmakehään kausittain, vuodesta 2000 lähtien.

Lähialueen päästöjen nousulisän arvioimiseksi on kehitetty myös yksinkertaisempia, semi-empiirisiä menetelmiä (Sofiev et al., 2009, 2012). Näiden menetelmien ja satelliittihavaintojen perusteella on arvioitu palokaasujen leviämiskorkeuksia maailmanlaajuisesti (Sofiev et al., 2013); nämä tulokset on esitetty kehittämämme IS4FIRES -järjestelmän (Integrated monitoring and modelling System for wild-land fires) [www-sivulla](http://www.sivu), <http://is4fires.fmi.fi>. Käytettävissä on myös menetelmiä savukaasujen ja hiukkasten koostumuksen mittaamiseksi tarkalla aikaresoluutiolla (esim. Saarikoski et al., 2007).

Menetelmien hyödyntämisestä

Tässä artikkelissa kuvattu uusi palokaasujen nousua kuvaava laskentamalli on hyödyllinen työkalu laajoissa metsäpaloissa syntyvien hiukkasten ja savukaasujen leviämisen ja kulkeutumisen arviointiin. Toisaalta tutkimuksessa havaittiin, että laskennassa tarvittavien riittävän tarkkojen lähtötietojen määrittäminen voi olla vaikeaa. Epätarkkuus palon ominaisuuksien ja säätilanteen määrittämisessä voi aiheuttaa merkittäviä eroja ennusteisiin. Ennustemallin tarkkuutta voidaan edelleen parantaa muun muassa hyödyntämällä paikallisesti ja ajallisesti tarkentuvia satelliittimittausmenetelmiä. Maailmanlaajuisesti kehitettyjä palovaroitusjärjestelmiä on arvioitu tarkemmin viitteessä Sofiev (2013).

Tutkimus auttaa luonnonalueiden ja teollisuuspalojen savujen leviämisen arvioinnissa ja seurannassa. Kehitettävistä menetelmistä voidaan hyödyntää myös pelastusviranomaisen palo- ja savutilannekuvan ylläpitämisessä. Mallien antamien tulosten perusteella Ilmatieteen laitoksen sää- ja turvallisuuskeskuksen sääpäivystys voi lisäksi antaa ympäri-vuorokautisesti suurelle yleisölle ja medialle lyhyitä ennusteita, mille alueille metsäpalosavut todennäköisimmin kulkeutuvat.

Kiitokset

Tekijät haluavat kiittää seuraavia henkilöitä saamistaan arvokkaista kommentista: Markku Seppänen, Ari-Juhani Punkka, Juha Tuomala ja Kari Riikonen (Ilmatieteen laitos).

KIRJALLISUUSVIITTEET:

- Kukkonen, J., Nikmo, J., Ramsdale, S.A., Martin, D., Webber, D.M., Schatzmann, M. and Liedtke, J., 2000. Dispersion from strongly buoyant sources. In: *Air Pollution Modeling and its Application XIII*, edited by: Gryning, S.-E., and Batchvarova, E., Kluwer Academic/Plenum Publishers, pp. 539–547.
- Kukkonen, J., Nikmo, J., Sofiev, M., Riikonen, K., Petäjä, T., Virkkula, A., Levula, J., Schobesberger, S. and Webber, D.M., 2014. Applicability of an integrated plume rise model for the dispersion from wild-land fires. *Geosci. Model Dev.* 7, pp. 2663–2681, doi:10.5194/gmd-7-2663-2014.
- Lehtonen, I., Ruosteenoja, K., Venäläinen, A. and Gregow, H., 2014. The projected 21st century forest-fire risk in Finland under different greenhouse gas scenarios. *Boreal Env. Res.* 19, pp. 127–139.
- Martin, D., Webber, D.M., Jones, S.J., Underwood, B.Y., Tickle, G.A. and Ramsdale, S.A., 1997. Near- and intermediate-field dispersion from strongly buoyant sources. AEA Technology Report AEAT/1388, Warrington, 277 pp.
- MIIB (Major Incident Investigation Board), 2010 [online]. Buncefield investigation. Available at <<http://www.buncefieldinvestigation.gov.uk/>> (last access: 31 December 2014).
- Saarikoski, S., Sillanpää, M., Sofiev, M., Timonen, H., Saarnio, K., Teinilä, K., Karppinen, A., Kukkonen, J. and Hillamo, R., 2007. Chemical composition of aerosols during a major biomass burning episode over northern Europe in spring 2006: Experimental and modelling assessments. *Atmos. Environ.* 41, pp. 3577–3589, doi:10.1016/j.atmosenv.2006.12.053.
- Sofiev, M., 2013. Wildland Fires: Monitoring, Plume Modelling, Impact on Atmospheric Composition and Climate. Chapter 21 in Matyssek, R., Clarke, N., Cudlin, P., Mikkelsen, T.N., Tuovinen, J.-P., Wieser, G., Paoletti, E. *Climate Change, Air Pollution and Global Challenges. Developments in Environmental Science*, vol. 13. ISBN: 978-0-08-098349-3 ISSN: 1474-8177, Elsevier & Book Aid Intern., pp. 451–474.
- Sofiev, M., Ermakova, T. and Vankevich, R., 2012. Evaluation of the smoke-injection height from wild-land fires using remote-sensing data. *Atmos. Chem. Phys.* 12, pp. 1995–2006, doi:10.5194/acp-12-1995-2012.
- Sofiev, M., Vankevich, R., Ermakova, T. and Hakkarainen, J., 2013. Global mapping of maximum emission heights and resulting vertical profiles of wildfire emissions. *Atmos. Chem. Phys.* 13, pp. 7039–7052, doi:10.5194/acp-13-7039-2013.
- Sofiev, M., Vankevich, R., Lotjonen, M., Prank, M., Petukhov, V., Ermakova, T., Koskinen, J. and Kukkonen, J., 2009. An operational system for the assimilation of satellite information on wild-land fires for the needs of air quality modelling and forecasting. *Atmos. Chem. Phys.* 9, pp. 6833–6847, doi:10.5194/acp-9-6833-2009.
- Timonen, H., Jaffe, D.A., Wigder, N., Hee, J., Gao, H., Pitzman, L. and Cary, R.A., 2014. Sources of carbonaceous aerosol in the free troposphere. *Atmos. Environ.* 92, pp. 146–153, doi:10.1016/j.atmosenv.2014.04.014.
- Venäläinen, A., Korhonen, N., Hyvärinen, O., Koutsias, N., Xystrakis, F., Urbiet, I.R. and Moreno, J.M., 2014. Temporal variations and change in forest fire danger in Europe for 1960–2012. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 14, pp. 1477–1490, doi:10.5194/nhess-14-1477-2014.
- Virkkula, A., Levula, J., Pohja, T., Aalto, P.P., Keronen, P., Schobesberger, S., Clements, C.B., Pirjola, L., Kieloaho, A.-J., Kulmala, L., Aaltonen, H., Patokoski, J., Pumpanen, J., Rinne, J., Ruuskanen, T., Pihlatie, M., Manninen, H.E., Aaltonen, V., Junninen, H., Petäjä, T., Backman, J., Dal Maso, M., Nieminen, T., Olsson, T., Grönholm, T., Aalto, J., Virtanen, T.H., Kajos, M., Kerminen, V.-M., Schultz, D.M., Kukkonen, J., Sofiev, M., de Leeuw, G., Bäck, J., Hari, P. and Kulmala, M., 2014. Prescribed burning of logging slash in the boreal forest of Finland: emissions and effects on meteorological quantities and soil properties. *Atmos. Chem. Phys.* 14, pp. 4473–4502, doi:10.5194/acp-14-4473-2014.

English Abstract

More accurate methods for the forecasting of harmful substances originated from wild-land fires

Fine particulate matter and gaseous pollutants originated from wild-land fires both affect human health and contribute to climate change. This study was part of the work for refining the IS4FIRES -system, Integrated monitoring and modelling System for wild-land fires, which has been presented at <http://is4fires.fmi.fi>. We have presented an overview of a fairly complex mathematical model that addresses the variations of the cross-plume integrated properties of a buoyant plume in the presence of a vertically varying atmosphere. The model also includes a treatment for a rising buoyant plume interacting with an inversion layer. We have compared the model predictions with the data of two prescribed wild-land fire experiments, the SCAR-C experiment in Quinault (US) in 1994, and the prescribed

burning experiment in Hyytiälä (Finland) in 2009. The model predictions and measured values on plume rise and dispersion were fairly well in agreement. However, there were substantial uncertainties in estimating both the source terms for the atmospheric dispersion computations and the relevant vertical meteorological profiles.

Jaakko Kukkonen, research professor,
+358 50 5202684, jaakko.kukkonen@fmi

Juha Nikmo, senior research scientist,
+358 50 3802855, juha.nikmo@fmi

Mikhail Sofiev, senior scientist,
+358 50 3290578, mikhail.sofiev@fmi

Finnish Meteorological Institute, Erik Palménin aukio 1,
FI-00560 Helsinki, Finland



VÄITÖS

Tulevaisuuden kesäilmasto suosii metsäpalojen syttymistä

Ilmatieteen laitoksen tutkija **Hanna Mäkelä**n väitöstutkimuksen mukaan tulevaisuuden kesäilmasto suosii metsäpalojen syttymistä Suomessa nykyistä enemmän. Metsäpalojen määrän lisääntyminen ja paloalan laajeneminen riippuu ilmaston lisäksi muutoksista metsien rakenteesta ja hoidosta sekä ihmisen toiminnasta tulevien vuosikymmenien aikana.

Väitöstyössä tarkasteltiin ilmaston vaikutusta kesän keskimääräiseen metsäpaloaaraan kesän keskilämpötilan ja sadedsumman avulla. Työssä hyödynnettiin Suomen kuukausikeskilämpötilan ja sadesumman pitkiä aikasarjoja, ilmastomallilaskelmiin perustuvia todennäköisyysennusteita kesän keskilämpötilasta ja keskimääräisestä sadesummasta tulevaisuudessa, sekä suomalaisen metsäpaloindeksiin laskettuja

arvoja useilta eri havaintoasemilta. Ilmastollisen metsäpaloaaran vaihteluita tarkasteltiin noin sata vuotta nykyhetkestä taaksepäin.

Metsäpaloille otolliset olosuhteet lisääntyvät etenkin Lapissa.

“Ilmastomuutoksen vaikutus metsäpaloaaraan ei ole itsestään selvä, sillä lämpö lisää metsäpaloaaraa, kun taas sateisuus pienentää sitä. Tulosten mukaan näyttää kuitenkin siltä, ettei sademäärien kasvu riitä kompensoimaan lisääntyvää lämpöä ja sen myötä voimistuvaa haihduntaa. Niiden päivien lukumäärä, jolloin metsäpaloaara on voimassa, näyttäisi siis kasvavan tulevaisuudessa, kun asiaa tarkastellaan puhtaasti keskimääräisen kesäilmaston kannalta”, Hanna Mäkelä kertoo.

Todennäköisyys palovaarapäivien lisääntymiseen on suurin Suomen pohjoisosassa, missä keskimääräinen palovaarapäivien lukumäärä lisääntyy parhaan arvion mukaan vuosisadan loppuun mennessä noin kymmenellä päivällä.

Tiettyinä aikana tapahtuneiden metsäpalojen lukumäärä ja niihin liittyvä paloala ovat riippuvaisia monesta tekijästä, kuten metsien rakenteesta, puulajien kehityksestä sekä ihmisen toiminnasta niin palojen sytyttäjänä kuin sammuttajana. Suurin osa Suomen metsäpaloista saa alkunsa tavalla tai toisella ihmisen toiminnasta.

*Filosofian maisteri Hanna Mäkelän väitöskirja *Estimates of past and future forest fire danger in Finland from a climatological viewpoint* tarkastetaan Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa. Väitöstilaisuus oli 27.2. yliopiston Kumpulan kampuksella.*

*Väitöskirja julkaistaan sarjassa *Finnish Meteorological Contributions*, ISBN: 978-951-697-850-8. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/153233>*

VÄITÖS

Aerosolihiukkasten ilmastovaikutuksien mallintaminen tuo lisätietoa ilmaston lämpenemiseen johtavista osatekijöistä

Ilmatieteen laitoksen tutkijan **Joni-Pekka Pietikäisen** Itä-Suomen yliopistossa tarkastetussa väitöstyössä on osoitettu, että mustan hiilen ilmastovaikutuksiin pystytään vaikuttamaan kohdennetuilla päästörajoituksilla ilman, että ilmaston lämpeneminen kiihtyy.

Väitöstyössä alueelliseen ilmastomalliin on lisätty aerosolihiukkasia kuvaava lisäosa ja tutkittu, kuinka hyvin malli kykenee kuvaamaan Suomen alueen mustan hiilen määriä ja miten ilmakehän pienhiukkasten muodostumisen mallinnusta voitaisiin parantaa. Työssä on lisäksi käytetty koko maapallon kuvaavaa ilmastomallia lähitulevaisuuden aerosolihiukkasmäärien vaikutuksien arviointiin.

*Filosofian maisteri Joni-Pekka Pietikäisen ympäristöfysiikan alaan kuuluva väitöskirja *Aerosols and climate: from regional to global modelling* (Aerosolit ja ilmasto: alueellisesta mallinnuksesta globaaliin mallinnukseen) tarkastetaan Itä-Suomen yliopiston luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunnassa. Väitöstilaisuus oli 23.2.2015 Helsingissä Ilmatieteen laitoksella.*



AX-SUUNNITTELU KERTOO ILMASI LAADUN

Ilmansuojeluselvitykset

Sisäilmaselvitykset ja -mittaukset

Teollisuuden- ja työhygieniamittaukset

Energiakatselmukset ja -mallinnukset

Kemikaalien riskiarvioinnit sekä onnettomuus- ja leviämismallinnukset

Melu- /ympäristöselvitykset ja -mittaukset, hajupaneeli ja asukaskyselyt

www.ax.fi

Toimintamme on
sertifioitu
ISO9001
standardin mukaisesti

ORGANISATION
CERTIFIED BY
Inspecta
ISO 9001

FINAS
Finnish Accreditation Service
T232 (EN ISO/IEC 17025)

Insinööritoimisto AX-LVI Oy:n päästömittaus-
toiminta on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima
testauslaboratorio T232. Akkreditoinnin pätevyysalue
löytyy FINASin sivuilta. Toimielin täyttää standardin
SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 vaatimukset.

MONIPUOLINEN TEKNISEN SUUNNITTELUN JA KONSULTOINNIN OSAAJA

AX-Suunnittelu, Kuokkamaantie 4 a, 33800 Tampere, puh. 03 2680 111

- 
- > ILMANLAADUN ANALYSAATTORIT
 - > MITTAUSASEMAN PC-DATALOGGERIT
 - > MITTAUSVERKON DATAN TIEDON KERUU, -KÄSITTELY JA RAPORTOINTI-OHJELMAT

www.hnunordion.fi

hnu[®]NORDION

HNU Nordion Ltd Oy

PL 1 (Atomitie 5 B 6), 00371 HELSINKI
Puh 09 - 565 7240, fax 09 - 565 724 30
myynti@hnunordion.fi

Ilmanlaadun mittalaitteet ja järjestelmät

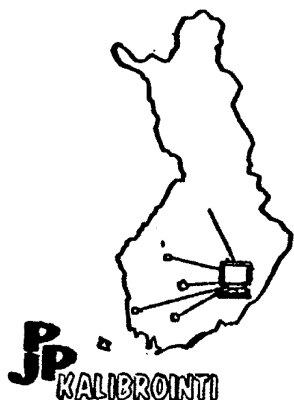
Baseline Mocon, Osis, Rekordum, Siemens, Tekran, Teledyne Api, Verewa

Sintrolin tuotteet

- Pölymittarit
- NO_x, SO_x -konvertterit
- EMES gravimetrisen näytteenotin

Lisätietoja:
Timo Hakala p.0400 405507
timo.hakala@sintrol.fi

www.sintrol.fi



ILMANLAATUMITTAUSTEN LAADUNVARMISTUS

- * mittauksen kaukoseuranta / kokonaishoito
- * analysaattorien kalibrointi: NO, NO₂, CO, H₂S, SO₂
- * tulosten editointi ja raportointi
- * mittauksen laatuvarmistus

J.P. Pulkkinen kalibrointi Ky
Honkalantie 21, 50600 Mikkeli

puh. 015-230 712
auto 0400-447 205

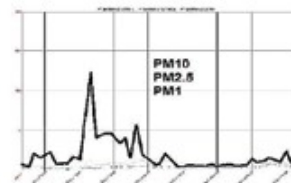
Enwin

- Vision Keeper -



Ilmansuojelun asiantuntija Enwin Oy tarjoaa alan kokonaispalvelut:

- ✓ Ilmanlaadun tutkimus ja mittaus
- ✓ Teollisuuden ja kuntien leviämismalliselvitykset
- ✓ Pakokaasujen ja katupölyn leviäminen
- ✓ Riskienhallinta, onnettomuus- ja kemikaalimallit
- ✓ Hajumittaus, hajumallit, paneelit ja asukaskyselyt
- ✓ Kaupunki- ja aluemallit
- ✓ Bioindikaattoritutkimukset
- ✓ Puhdistustekniikkaselvitykset
- ✓ Päästötutkimukset



Pyydä tarjous ja referenssit:
 enwin@enwin.fi
 p. 03-266 4396
 tai 040-512 7006, 040 840 9570

AAA-luokan tutkimusta vuodesta 2000



www.enwin.fi



LUOTETTAVA
YMPÄRISTÖANALYSAATTOREIDEN
TOIMITTAJA



KONTRAM OY, Tuupakantie 32 a, 01740 Vantaa. Puh. (09) 8866 4500, faksi (09) 8866 4599
e-mail: analyysi@kontram.fi, www.kontram.fi



ILMATIETEEN LAITOS

Ilmatieteen laitos
Asiantuntijapalvelut, Ilmanlaatu ja energia
Erik Palménin aukio 1, PL 503, 00101 Helsinki
ilmanlaatu palvelut@fmi.fi
www.fmi.fi/ilmanlaatu palvelut



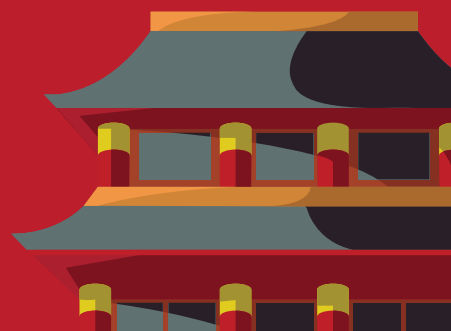
Ilmanlaadun ja tuulienergian asiantuntija

- Päästöjen leviämismalliselvitykset
- Ilmanlaadun mittaukset
- Mittalaitteiden kalibroinnit
- Ilmakemian analyysipalvelut
- Ilmanlaadun seurantasuunnitelmat
- Tuulimittaukset
- Tuuli- ja jäätämistalustulosten analysointi
- Paikallisen tuulivoimapotentiaalin määrittäminen
- Lyhytaikaiset tuulivoiman tuotantoennusteet
- Koulutus- ja konsultointipalvelut

TEEMANUMERO KIINASTA

Ilmansuojelu-lehden on suunnitteilla Kiinaan keskittyvä teemanumero. Kiinnostavia, ajankohtaisia aiheita, juttuehdotuksia tai valmiita artikkeleita saa ehdottaa! Vinkkaa teeman aiheita toimituskunnan jäsenille tai lehden sähköpostiin. Huomaa, uusi sähköpostiosoite:

ilmansuojelu@gmail.com





Ilmansuojeluyhdistys
löytyy myös Facebookista,
tule tykkäämään!



**Ilmansuojeluyhdistys ry.
toimii alansa valtakunnal-
lisena ympäristönsuojelu-
järjestönä.**

Ilmansuojeluyhdistyksen tarkoituksena on edistää ilmansuojelua ja ilmansuojelun tutkimusta Suomessa sekä toimia yhdysiteenä ilmansuojelun parissa työskentelevien henkilöiden ja yhteisöjen välillä Suomessa ja ulkomailla. Ilmansuojeluyhdistys pyrkii toiminnallaan edistämään ilmansuojelualalla toimivien henkilöiden ammattitaitoa. Ilmansuojeluyhdistys on perustettu vuonna 1976.

Ilmansuojeluyhdistys:

1. seuraa alansa tutkimuksen, koulutuksen, tekniikan sekä hallinnon ja lainsäädännön kehitystä
2. suunnittelee ja järjestää koulutusta sekä keskustelutilaisuuksi
3. järjestää ekskursioita kotimaassa ja ulkomaille
4. tiedottaa ajankohtaisista ilmansuojeluasioista jäsenlehdessään
5. antaa lausuntoja ja tekee esityksiä alansa kuuluvissa asioissa
6. harjoittaa julkaisutoimintaa
7. osallistuu kansainväliseen tiedonvaihtoon

**Luftvårdsföreningen
fungerar som nationell
miljövårdsförening.**

Luftvårdsföreningens syftemål är att främja luftvården och luftvårdsforskningen i Finland och fungera som förbindelselänk mellan personer och samfund som arbetar med luftvårdsfrågor i Finland och utomlands. Luftvårdsföreningen strävar att bättra yrkesskickligheter hos personer som arbetar med luftvårdsfrågor. Luftvårdsföreningen är grundad år 1976.

Luftvårdsföreningen:

1. följer med den vetenskapliga, forskningsmässiga, tekniska samt förvaltnings- och lagstiftningsmässiga utvecklingen i sin bransch
2. planerar och ordnar skolningstillfällen samt bedriver publikationsverksamhet
3. ordnar exkursioner både i Finland och utomlands
4. rapporterar om aktuella luftvårdsfrågor i sin medlemstidning
5. avger utlåtanden och tar initiativ i luftvårdsfrågor
6. bedriver publikationsverksamhet **och**
7. deltar i det internationella luftvårdssamarbetet

**Finnish Air Pollution
Prevention Society (FAPPS)
is the national air pollution
prevention association.**

The purpose of FAPPS is to prevent air pollution and to promote the research of air protection in Finland. FAPPS connects people and communities working with air protection issues in Finland and abroad. FAPPS aims to further the professional skills of the people working in the field. FAPPS was founded in 1976.

FAPPS:

1. follows technical, scientific, administrative and legislative developments of air protection
2. plans and organizes education and seminars
3. organizes excursions in Finland and abroad
4. informs about air protection issues of current interest in the magazine of FAPPS
5. gives statements and prepares proposals about air protection issues
6. publishes
7. participates in the international information exchange



Ilmansuojeluyhdistys ry

PL 136

Kirjoittajat 1/2015



Vesa Vihanninjoki

Korkeakouluharjoittelija
Suomen ympäristökeskus
Ilmansaasteet ja ilmastomuutoksen
hillintä
Mechelininkatu 34a
PL 140, 00251 Helsinki
p. 040 7044254
vesa.vihanninjoki@aalto.fi

Pia Anttila, erikoistutkija

Ilmatieteen laitos,
Ilmakehän koostumuksen tutkimus
Erik Palménin Aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki
050 368 6420
pia.anttila@fmi.fi

Mika Vestenius, tutkija

Ilmatieteen laitos,
Ilmakehän koostumuksen tutkimus
Erik Palménin Aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki
050 524 1975
mika.vestenius@fmi.fi

Atte Kallio

Projektinjohtaja
Helen Oy
00090 HELEN
050 346 4118
atte.kallio@helen.fi

Erkki Pärjälä, ympäristönsuojelu- tarkastaja

Kuopion kaupunki,
alueelliset ympäristönsuojelupalvelut
PL 1097, 70111 Kuopio

Arja Asikainen, tutkija

Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos,
Kuopion yksikkö
PL 95, 70701 Kuopio

Marjo Niittynen, tutkija

Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos,
Kuopion yksikkö
PL 95, 70701 Kuopio

Jouni Tuomisto, johtava tutkija

Terveiden ja Hyvinvoinnin laitos,
Kuopion yksikkö
PL 95, 70701 Kuopio

Tapio Kettunen, projektipäällikkö

Kuopion kaupunki,
alueelliset ympäristönsuojelupalvelut
PL 1097, 70111 Kuopio

Jaakko Kukkonen, tutkimusprofessori

Ilmatieteen laitos,
Erik Palménin aukio 1
00560 Helsinki
050 5202684
jaakko.kukkonen@fmi

Juha Nikmo, vanhempi tutkija

050 3802855
juha.nikmo@fmi.fi
Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1
00560 Helsinki

Mikhail Sofiev, erikoistutkija

Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1
00560 Helsinki
050 3290578
mikhail.sofiev@fmi.fi
+358 50 520 8833