



**27.10.2011 AINE, MAA, ILMA**

## **SAVUSUMUSTA ILMASTONMUUTOKSEEN – PIENHIUKKASET ILMAKEHÄSSÄ**

**Professori Hanna Vehkamäki**

Ilmakehän aerosolihiukkaset ovat nestemäisiä tai kiinteitä hiukkasia, jotka leijuvat ilmassa. Niiden halkaisija vaihtelee 1 nanometrin ja 100mikrometrin, eli 1/5000 hiuksen paksuuden ja parin hiuksen paksuuden, välillä.

Hiukkasilla on monenlaisia vaikutuksia. Ilman mukana sisään hengittämämme hiukkaset vaikuttavat keuhkojemme sekä sydän- ja verenkiertoelimistömme terveyteen. Hiukkaset ovat liian pieniä yksittäin nähtäviksi, mutta niiden vaikutus näkyvyyteen on havaittavissa esimerkiksi metsäpalojen aikaan joskus Helsingissäkin. Merkittäviä terveyshaittoja ja heikentynyttä näkyvyyttä aiheuttava savusumu on savuhiukkasten ja niiden ympärille muodostuneiden sumupisaroiden sekoitus. Maan ilmakehän olosuhteissa kaikki pilvi-, sade- ja sumupisarot ovat muodostuneet hiukkasten ympärille, pelkkä vesi ei pysty pisaroita muodostamaan. Hiukkasten määrä ja ominaisuudet vaikuttavatkin pilvien esiintymiseen, sadantaan ja siihen, miten tehokkaasti pilvet heijastavat auringonvaloa. Mikäli hiukkaset ovat happamia, syntyy hapanta sadetta. Hiukkasilla on sekä suoran auringon valoa sirottavan vaikutuksen että pilviprosessien vuoksi viilentävä vaikutus ilmastoon, mutta tämä vaikutus tunnetaan varsin huonosti. Hiukkasten merkitys aiheuttaakin suurimman epävarmuuden ilmastomuutoksen ennustamisessa.

Osa hiukkasista pääsee ilmakehään valmiiksi hiukkasmuodossa kuten tulivuoren tuhka, tuulen aavikoilta nostattama pöly, meren pärskeistä ilmaan joutuneet suolahiukkaset. Kasvit ja eläimet tuottavat hiukkasia, samoin ihmisen toiminta, erityisesti erilaiset polttoprosessit. 1990-luvun alussa uskottiin, ettei ilmassa höyryistä synny hiukkasia, koska höyryt tiivistyvät olemassa olevien hiukkasten päälle, sillä hiukkasia on kaikkialla. Hiukkasmuodostumista pahtumia alettiin kuitenkin havaita, kun nanometriä kokoisia hiukkasia mittavilla laitteilla alettiin havainnoida ilmakehää jatkuvatoimisesti. Uranuurtajana toimi Hyytiälän SMEAR II-mittausasema Tampereen koillispuolella. Nykyisin arvioidaan, että 20–80% ilman hiukkasista on syntynyt ilmakehässä höyryistä.

Ilmakehän hiukkasmuodostuksen yksityiskohdat ovat vielä osin hämärän peitossa. Hiukkasia muodostavat erilaisissa ympäristöissä varmasti erilaiset höyryt, mutta monissa tilanteissa ilmaan päässeestä rikkidioksidista ja muista rikkihapon yhdisteistä hapettumalla syntyneen rikkihapon uskotaan olevan keskeinen tekijä. Esimerkiksi Hyytiälässä pienimpien hiukkasten pitoisuuden on havaittu seuraavan rikkihappopitoisuutta pienellä viiveellä.

Rikkihappo ei kuitenkaan yksin pysty muodostamaan hiukkasia havaitulla muodostumisnopeudella, eikä vedenkään osallistuminen riitä selittämään havaintoja. Ilmiötä onkin tutkittu viime vuosina kiivaasti sekä teoreettisesti että laboratoriossa. Teoreettisen tutkimuksen te-

kee haastavaksi se, että syntyvät hiukkaset ovat liian pieniä tarkasteltavaksi nestettä kuvaavilla malleilla, mutta liian suuria tarkoilla kvanttimekaanisilla malleilla kuvattaviksi. Tämänhetkinen tutkimus yhdisteleekin eri mallien parhaita puolia. Hiukkasten pieni koko ja vähäinen määrä ilmantilavuutta kohti vaativat paljon myös kokeelliselta tutkimukselta. CER-Nissä aloitettiin vuonna 2009 CLOUD koe, jossa erittäin puhdasta ilmaa sisältävään kammioon lisätään vettä ja rikkidioksidia, joka muuttuu ultraviolettisäteilyn vaikutuksesta rikkipoksi, kuten ilmakehässäkin. Lisäksi kammioon voidaan lisätä muita ilmakehän höyryjä ja kiihdyttimestä tulevalla myonisuihkulla voidaan tuottaa myös varattuja hiukkasia. Emäksisen ammoniakkin on havaittu lisäävän hiukkastuottoa, kun sitä lisätään rikkipapon ja veden höyryseokseen, mutta ei riittävästi, jotta ilmakehässä havaitut hiukkastuottonopeudet voitaisiin selittää. Sen sijaan ilmakehässä myös esiintyvä emäs dimetyyliamiini sekoitettuna rikkipappo- ja vesihöyryyn tuottaa hiukkasia ilmakehässä havaituilla nopeuksilla. Hiukkasten muodostumiseen ilmakehässä voi osallistua useampia tai muita höyryjä, mutta nyt ensimmäistä kertaa on sekä kokeellisesti että teoreettisesti löydetty yhdistelmä, joka pystyy selittämään havainnot. Paitsi syntymekanismien monimuotoisuus, myös syntyneiden hiukkasten kohtalo ja niiden ilmastovaikutukset ovat kiivaan tutkimuksen kohteena tulevaisuudessa.

*Small-scale cloud processes and climate.* (Baker, M. B. and Peter, T.: Nature, Vol 451, 299–230, 2008).

*Impact of nucleation on global CCN,* (Merikanto, J., Spracklen, D. V., Mann, G. W., Pickering, S. J., and Carslaw, K. S.: Atmos. Chem. Phys., 9, 8601–8616, doi:10.5194/acp-9-8601-2009, 2009.)

*Role of sulphuric acid, ammonia and galactic cosmic rays in atmospheric aerosol nucleation.* (Kirkby et al., Nature, Vol 476,429-432, 2011)

*Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect,* (Pope, C. A. and Dockery, D. W.: J. Air Waste Manage. Assoc., 56, 709–742, 2006)

*Enhancing effect of dimethylamine in sulfuric acid nucleation in the presence of water – a computational study.* (Ville Loukonen, Theo Kurtén, Ismael K. Ortega, Hanna Vehkamäki, Agilio Pádua, Karine Sellegri, and Markku Kulmala:[Atmospheric Chemistry and Physics, Vol 10, pp. 4961-4974, 2010.](#))

Studia Generalia -tilaisuudet videoidaan. Niitä voi seurata internetissä sekä suorina lähetyksinä että tallenteina: [www.helsinki.fi/videot](http://www.helsinki.fi/videot).

Yleisökeskusteluun voi osallistua myös tekstiviestitse lähettämällä kysymykset ja kommentit tilaisuuden aikana numeroon 050-415 4892. Tekstiviestit luetaan tilaisuudessa mahdollisuuksien mukaan. Keskustelua voi jatkaa tilaisuuden jälkeen Studia Generalia -verkkosivuilla osoitteessa:

<http://blogs.helsinki.fi/studiageneralia>.

Luentosarjan on suunnitellut Helsingin yliopiston Studia Generalia -toiminnan tieteellinen ohjausryhmä ja sen toteuttaa Helsingin yliopiston Avoin yliopisto yliopisto yhteistyössä Helsingin yliopiston Tietotekniikka-keskuksen kanssa.

Lisätietoja:

Tieteellisen ohjausryhmän puheenjohtaja,  
vararehtori Kimmo Kontula  
p. (09) 191 24150  
[kimmo.kontula@helsinki.fi](mailto:kimmo.kontula@helsinki.fi)

Koulutussuunnittelija  
Sanna Saari-Salomeri  
p. (09) 191 28047  
[sanna.saari-salomeri@helsinki.fi](mailto:sanna.saari-salomeri@helsinki.fi)