

Hengitettävien hiukkasten sisältämien arseenin ja metallien pitoisuusmittaukset Kuopiossa



KUOPION KAUPUNKI
Ympäristökeskus
Ilmatieteen laitos/ilmanlaadun asiantuntijapalvelut

**HENGITETTÄVIEN HIUKKASTEN SISÄLTÄMIEN
ARSEENIN JA METALLIEN PITOISUUSMITTAUKSET
KUOPIOSSA**

**Helena Saari
Risto Pesonen**

**ILMATIETEEN LAITOS - ILMANLAADUN ASiantuntijapalvelut
Helsinki 13.11.2008**

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA.....	4
2.1	Hiukkaset.....	5
2.2	Metallit ja arseeni.....	7
3	TUTKIMUKSEN SUORITUS	10
3.1	Mittauspaikka ja mittausjakso.....	10
3.2	Mitatut ilman epäpuhtaudet ja mittausmenetelmät	11
4	MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	12
4.1	Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet	12
4.2	Raja- ja tavoite-arvoihin verrattavat pitoisuudet.....	15
4.3	Pitoisuuksien vertailua	16
5	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	17
	VIITELUETTELO.....	18
	LIITE Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet	19

1 JOHDANTO

Ilmatieteen laitos keräsi 17.1. - 11.5.2008 välisenä aikana Kuopion kaupungin ympäristökeskuksen Kasarmipuiston mittauspisteessä aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin suuruisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä kemiallisia analyysyjä varten. Näytteitä kerättiin em. jaksolla joka toinen päivä. Näytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet ICP-MS -tekniikalla Ilmatieteen laitoksen Ilmakemian laboratoriossa. Mittausten tavoitteena oli arvioida suuntaantavasti em. aineiden pitoisuustasoja Kuopion keskusta-alueella, väestön altistumista näille aineille sekä muun muassa arseenin ja metallien pitoisuustasojen suhdetta Suomen puhtailla tausta-alueilla havaittuihin vastaaviin peruspitoisuustasoihin. Mittausjakso valittiin niin, että mittaustuloksista voitiin arvioida talvikauden (energian tuotannon ja liikenteen suorat päästöt) ja ns. kevätpölyjakson aikaisia arseenin ja metallien pitoisuustasoja sekä niiden vaihtelua ja tasoeroja.

Kuopion kaksi tärkeintä arseenin ja metallien päästölähdettä ovat Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitos ja Savon Sellu Oy:n tehtaiden voimalaitos. Näiden laitosten arseeni- ja metallipäästöt johtuvat turpeen ja raskaan polttoöljyn käytämisestä energiantuotannossa. Laitosten yhteenlasketut arseeni- ja metallipäästöt olivat vuonna 2007 seuraavat: arseeni 14 kg, kadmium 2 kg, kromi 28 kg, kupari 27 kg, lyijy 41 kg, nikkeli 269 kg, sinkki 323 kg ja vanadiini 805 kg (VAHTI, 2008).

Tutkimuksen tilasi Kuopion kaupungin ympäristökeskus. Tilaaajan yhdyshenkilönä tutkimuksessa toimi ympäristönsuojelutarkastaja Erkki Pärjälä. Mittausten kenttätyöt hoiti suunnittelija Kaj Lindgren ja tutkimuksen raportoinnista vastasivat tutkija Helena Saari ja kehittämisspällikkö Risto Pesonen.

Selitteet raportissa käytetyille tärkeimmille yksiköille ja lyhenteille:

Yksiköt:

µm	mikrometri = millimetrin tuhannesosa
µg/m ³	mikrogrammaa (= gramman miljoonasosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
ng/m ³	nanogrammaa (= gramman miljardisosaa) kuutiometrissä ilmaa (pitoisuus)
atm	atmosfääri, paineen yksikkö, 1 atm = normaali-ilmakehän paine
K	Kelvinaste (lämpötila), 293 K = 20 °C
kPa	kilopascal, paineen yksikkö, 101,3 kPa = 1 atm

Lyhenteet:

PM ₁₀	hengitettävät hiukkaset = alle 10 µm:n kokoiset hiukkaset
PM _{2,5}	pienhiukkaset = alle 2,5 µm:n kokoiset hiukkaset
Al	alumiini
As	arseeni
Cd	kadmium
Co	koboltti
Cr	kromi
Cu	kupari
Fe	rauta
Mn	mangaani
Ni	nikkeli
Pb	lyijy
V	vanadiini
Zn	sinkki
PAH	monirenkaiset aromaattiset hiilivedyt
ICP-MS	induktiivisesti kytketty plasma-massaspektrometria

Ilmanlaatuksiteerien määritelmiä

Ilmanlaadulle on annettu erilaisia ohje-, raja- ja tavoitearvoja, joihin ilmanlaadun arviointi perustuu.

Ohjearvot ovat ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden alittaminen on tavoitteena. Ohjearvoilla esitetään riittävän hyvän ilmanlaadun tavoitteet. Ohjearvot eivät ole sitovia, mutta niitä sovelletaan maankäytön ja liikenteen suunnittelussa, rakentamisen muussa ohjauksessa sekä ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavien toimintojen sijoittamisessa ja lupakäsittelyssä. Ohjearvojen ylittyminen on pyrittävä estämään ennakoita ja pitkällä aikavälillä alueilla, joilla ilmanlaatu on tai saattaa toistuvasti olla huonompi kuin ohjearvo edellyttäisi. Ilmanlaadun ohjearvot on annettu valtioneuvoston päätöksessä (480/1996).

Raja-arvot ovat valtioneuvoston asetuksessa (711/2001) annettuja ilman epäpuhtauden pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Kun raja-arvo on alitettu, sitä ei enää saa ylittää. Raja-arvot ovat sitovia. Raja-arvon ylittyessä on kunnan tai alueellisen ympäristökeskuksen ryhdyttävä toimiin ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Raja-arvot on annettu erikseen terveyshaittojen ehkäisemistä varten ja kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi. Ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla.

Tavoitearvolla tarkoitetaan ilmassa olevaa pitoisuutta, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa ja jolla pyritään välttämään, ehkäisemään tai vähentämään ihmisten terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. Tässä työssä tutkituista aineista arseenin, nikkelin ja kadmiumin tavoitearvo määritellään ilmassa olevan pitoisuuden vuosittaisena keskiarvona hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) näytteissä. Em. aineiden tavoitearvot on määritelty valtioneuvoston asetuksessa 164/2007.

Ylemmällä arviointikynnyksellä tarkoitetaan pitoisuustasoa, jonka ylittyessä seuranta-alueilla ja väestökeskittymissä kiinteät ja jatkuvat mittaukset pitoisuuksien seuraamiseksi ovat pakollisia.

Alemmalla arviointikynnyksellä tarkoitetaan pitoisuustasoa, jonka ylittyessä ilmanlaadun arviointiin voidaan käyttää mittausten (suuntaa-antavat mittaukset mukaan lukien) ja mallintamistekniikoiden yhdistelmää. Alemman arviointikynnyksen alittuessa ilmanlaadun arvioinnissa on mahdollista käyttää pelkkiä mallintamistekniikoita tai objektiivista arviointia.

Ylemmän tai alemman arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun pitoisuus on ylittänyt tietyn arviointikynnyksen kolmena vuotena viimeksi kuluneen viiden vuoden aikana.

2 TAUSTATIETOA ILMAN EPÄPUHTAUKSISTA

2.1 Hiukkaset

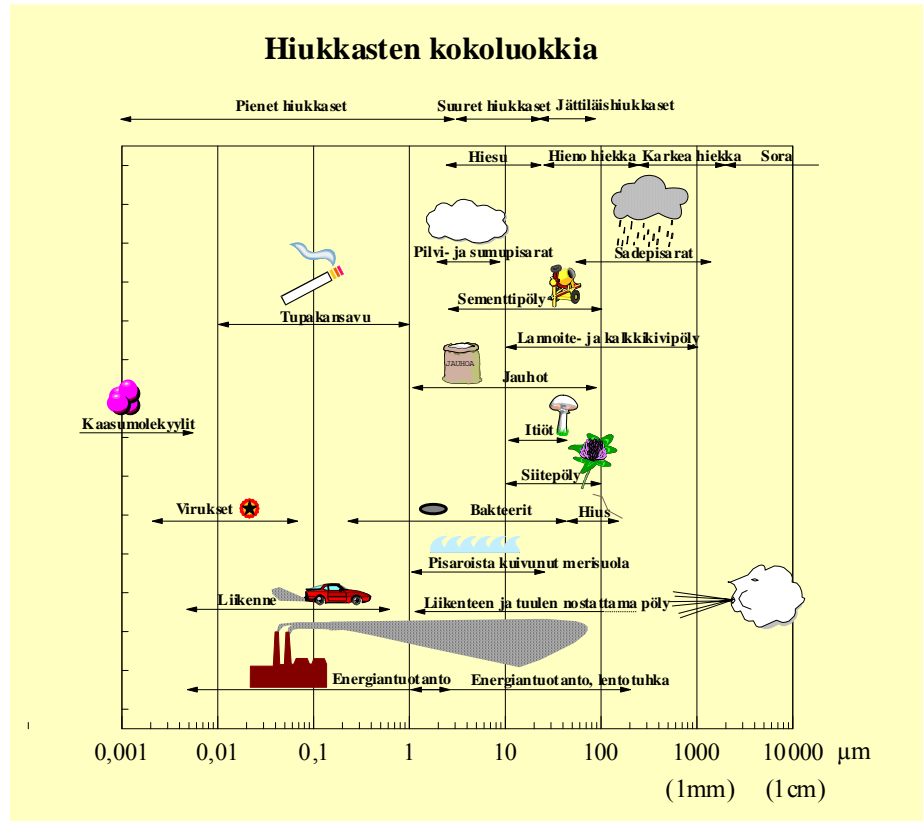
Hiukkaset ovat nykyisin typen oksidien ja selluntuotantopaikkakuntien haisevien rikkiyhdisteiden ohella merkittävin ilmanlaatuun vaikuttava tekijä maassamme. Ulkoilman hiukkaset ovat taajamissa peräisin suurelta osin liikenteen ja tuulen nostattamasta katupölystä, eli epäsuorista päästöistä (ns. resuspensio). Hiukkaspitoisuuksia kohottavat myös suorat päästöt, jotka ovat peräisin energiantuotannon ja teollisuuden prosesseista sekä autojen pakokaasuista. Suorat hiukkaspäästöt ovat pääasiassa pieniä hiukkasia, joiden massa on vähäinen ja lukumäärä suuri. Myös kaasumaisista yhdisteistä muodostuu ilmakehässä hiukkasia. Hiukkasiin on usein sitoutunut erilaisia haitallisia yhdisteitä kuten hiilivetyjä ja raskasmetalleja. Liikenteen pakokaasuhiukkaset ovat suurelta osin peräisin dieselajoneuvoista. Dieselhiukkasten haitallisuutta kuvaa se, että niiden on arvioitu sekä ulko- että kotimaisissa terveystutkimuksissa lisäävän syöpäriskiä ihmisissä.

Ulkoilman hiukkasten koko on eri tavoin yhteydessä niiden terveystuoksiin. Kokonaisleijumalla tarkoitetaan pölyä, johon saattaa sisältyä kooltaan varsin suuriakin, halkaisijaltaan jopa kymmenien mikrometrien hiukkasia. Tällaisten hiukkasten korkeat pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin viihtyvyyteen ja aiheuttavat likaantumista muun muassa keväisin, kun hiekoitushiekasta peräisin oleva katupöly nousee ilmaan. Suurin osa kokonaisleijuman hiukkasista on niin isoja, että ne jäävät ihmisten ylähengitysteihin ja poistuvat terveillä henkilöillä melko tehokkaasti elimistöstä. Kokonaisleijumasta käytetään lyhennettä TSP, joka tulee sanoista Total Ssuspended Particles.

Terveystuoksiltaan em. haitallisempia ovat ns. hengitettävät hiukkaset ja pienhiukkaset, jotka kykenevät tunkeutumaan syväälle ihmisten hengitysteihin: hengitettävät hiukkaset alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin asti ja pienhiukkaset keuhkorakkuloihin saakka. Hengitettävälle hiukkasille, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä, on annettu kotimaiset ohje- ja raja-arvot. Euroopan unionin jäsenmaissa on otettu 11.6.2008 lähtien käyttöön vuosikeskiarvoja koskevat tavoite- ja raja-arvot myös aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometrin pienhiukkasille. Vuonna 2001 voimaan tullessa ilmanlaatuasetuksessa (*Vna 711/2001*) suositellaan mahdollisuuksien mukaan keräämään tietoa ulkoilman pienhiukkasten pitoisuuksista jo ennen kuin niiden pitoisuuksien säätely tulee mukaan maamme lainsäädäntöön. Hengitettävistä ja pienhiukkasista käytetään lyhenteitä PM₁₀ ja PM_{2,5} (PM = Particulate Matter).

Taajama-alueilla alle 0,1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat pääosin mittaustaikojen lähistön polttoprosesseista peräisin olevaa materiaalia, esimerkiksi liikenteestä ja energiantuotannosta tulleita hiiliyhdisteitä. Kokoluokassa 0,1–1 mikrometriä hiukkaset ovat etupäässä kaukokulkeutunutta ainesta. Nämä hiukkaset edustavat suoria hiukkaspäästöjä tai ovat syntyneet kaasuhiukkasmuuntuman seurauksena. Halkaisijaltaan yli 1 mikrometrin kokoiset hiukkaset ovat yleensä mekaanisesti syntyneitä. Ne ovat esimerkiksi nousseet maasta ilmaan mittaustaikojen lähistöllä tuulen tai ohi kulkevan liikenteen nostattamana. Nämä hiukkaset koostuvat lähinnä maa-aineksesta, meriaerosoleista ja orgaanisesta materiaalista, kuten kasvien osista ja siitepölyistä sekä niiden pinnalle kiinnittyneistä hiukkasista. Isoiksi hiukkasiksi luokitellaan halkaisijaltaan yli 2,5 mikrometrin kokoiset hiukkaset.

Ilmavirtausten mukana kulkeutuvia suurimpia hiukkasia kutsutaan jättiläishiukkasiksi (engl. giant particles). Kirjallisuudessa suurten ja jättiläishiukkasten välinen raja on hiukan häilyvä, mutta hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on yli 15–25 mikrometriä, voitaneen kutsua jättiläishiukkasiksi. Ylärajana hiukkasille pidetään tavallisesti 100 mikrometriä. Hiukkasten kokoluokkia on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Hiukkasten kokoluokkia. Hiukkasten koko ilmaistaan halkaisijana mikrometreissä (μm). Mikro (μ) etuliite tarkoittaa miljoonasosaa. 1 μm on siten metrin miljoonasosa eli millimetrin tuhannesosa.

Eri polttoprosesseista peräisin olevat hiukkaset saattavat olla rikastuneita jonkin tietyn alkuaineen tai muun merkkiaineen suhteen. Esimerkiksi vanadiinia ja nikkeliä tulee ilmakehään öljynpoltosta, kaliumia orgaanisen materiaalin poltosta, arseenia, molybdeenä, seleeniä ja rikkiä hiilen poltosta. Poltto- ja teollisuusprosesseista peräisin olevat hiukkaset sisältävät useita terveydelle haitallisia alkuaineita, kuten arseeni, kadmium, nikkeli ja lyijy. Näitä aineita voi myös rikastua maaperään, jolloin niitä löytyy maasta takaisin ilmaan nousseista hiukkasista. Tyypillisiä maaperästä tulevia alkuaineita ovat alumiini, barium, kalsium, rauta, rubidium, pii, strontium sekä titaani, jotka esiintyvät enimmäkseen isoissa hiukkasissa.

Suomen taajamien hiukkaspitoisuudet kohoavat yleensä voimakkaasti keväällä maaliskuuhun tuulen ja liikenteen nostaman katupölyn vaikutuksesta maanpinnan kuivuessa, mutta pitoisuuksien kohoamista esiintyy taajamissa usein myös syys-marraskuussa. Pienten hiukkasten pitoisuuksien kohoamiseen vaikuttaa ajoittain myös ulkomailta peräisin oleva kaukokulkeuma. Suurimmat hiukkaspitoisuudet esiintyvät vilkkaasti liikennöidyissä kaupunkikeskustoissa. Maamme suurimpien kaupunkien keskusta-alueilla on mitattu useina vuosina yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n kokonaisleijuman (TSP) vuosikeskiarvopitoisuuksia ja yli $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuden vuosikeskiarvoja. Pienempienkin kaupunkien keskusta-alueilla hengitettävien hiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvot ylittävät $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kaupunkien keskusto-

jen ulkopuolellakin pitoisuudet ovat olleet yli $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuosikeskiarvoina (*Pietarila et al., 2001*).

Korkeimmat mitatut hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet ovat olleet useiden maamme kaupunkien keskustojen liikenneympäristöissä yli $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja esikaupunkialueillakin yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle annettua raja-arvoa ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sallittu 35 ylitystä/vuosi, joka tuli alittaa viimeistään 1.1.2005) ei kuitenkaan ole tähän mennessä mittaustulosten mukaan ylitetty Suomessa kuin Helsingin Runeberginkadulla vuonna 2003, Helsingin Mannerheimintien ja Hämeentien mittausasemilla ja Riihimäen keskustassa Hämeenkadulla vuonna 2005 sekä Helsingin Mannerheimintiellä ja Töölöntullissa vuonna 2006. Sen sijaan vuorokausipitoisuuden raja-arvon numeroarvo eli raja-arvoa vastaava pitoisuustaso, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ylittyy vuosittain yleisesti maamme kaupungeissa lähinnä keväisin. Suomen kuntien ilmanlaadun mittausverkkojen vuoden 2000 tuloksista tehdyssä tarkastelussa tällaisia ylityksiä todettiin yhteensä yli 250 kappaletta (*Anttila, 2001*).

Edellä esitetyssä tarkastelussa ovat mukana kaukokulkeutuneista päästöistä aiheutuneet, normaalista kohonneiden hiukkaspitoisuuksien tilanteet. Vuorokausiraja-arvotason ylitymiseen mahdollisesti vaikuttavia kaukokulkeumaepisodeja esiintyy yleisesti lähes vuosittain maaliskuussa ja satunnaisemmin tammi-helmikuussa ja elo-lokakuussa. Yhden episodin kesto voi vaihdella sen vaikutusalueella alle tunnista useisiin päiviin. Arviolta noin puolet viime vuosien episodeista on johtunut Itä-Euroopan kulotuksista sekä maasto- ja metsäpaloista, joiden päästöt kohottavat hiukkaspitoisuuksia normaalia kaukokulkeumasta poikkeavalla tavalla. Tällainen paha episoditilanne esiintyi Etelä-Suomessa viimeksi elokuussa 2006, jolloin Venäjän metsäpalojen savuja kulkeutui Suomeen useiden viikkojen aikana. Pääasiallisin syy hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason ylityksiin maassamme on kuitenkin liikenteen ja tuulen nostattama katupöly, josta aiheutuva hiukkaspitoisuustilanne on huonoin keväisin.

2.2 Metallit ja arseeni

Metalleja ja arseenia pääsee ulkoilmaan sekä kaasuina että hiukkasiin sitoutuneina pääasiassa erilaisista metalliteollisuusprosesseista, energiantuotannosta, jätteenpoltosta ja liikenteestä sekä myös luonnollisista lähteistä, kuten metsäpalojen, tuulieroosion ja tulivuorten purkausten vaikutuksesta.

Liikenteen metallipäästöistä oli Suomessa aiemmin tärkein lyijy, mutta lyijyllisen bensiinin myynnin loputtua sen aiheuttamat ilmanlaatuongelmat ovat väistyneet maassamme. Tästä syystä lyijyn tarkastelu tässä yhteydessä sivuutetaan. Lyijystä löytyy tarvittaessa runsaasti tietoa lähdekirjallisuudesta. Ulkoilman lyijypitoisuudelle on annettu kotimainen raja-arvo, joka koskee vuosikeskiarvoja. Tämä raja-arvo alittuu selkeästi kaikkialla Suomessa, eikä lyijy ole enää keskeinen ilmanlaatutekijä maassamme. Seuraavassa käsitellään Kuopion hiukkasnäytteistä analysoiduista metalleista vain kadmiumia, nikkeliä ja arseenia, joiden vuosikeskiarvopitoisuuksille on Suomessa säädetty tavoitearvot, ja jotka ovat tässä tutkimuksessa hiukkasnäytteistä määritetyistä terveys- ja ympäristövaikutuksiltaan merkittävimmät aineet.

Kadmium

Kadmium on pehmeä, hopeanvalkea metalli, joka höyrystyessään hapettuu nopeasti kadmiumoksidiksi. Monet epäorgaaniset kadmiumyhdisteet liukenevat hyvin veteen.

Kadmium rikastuu pääasiassa ulkoilman pieniin hiukkasiin, jotka ovat kooltaan luokkaa 1 mikrometri tai sitä pienempiä. Tämä on merkittävä seikka ulkoilman laadusta johtuvien terveysvaikutusten kannalta: em. hiukkasjäte tunkeutuu tehokkaasti syvälle hengitysteihin.

Suomen kiinteiden päästölähteiden kadmiumyhdisteiden päästöt ovat vuosina 2000–2006 vaihdelleet välillä noin 1,2–1,7 tonnia, josta suurin osa muodostui tehtyjen arvioiden mukaan metalliteollisuudessa ja teollisuuden voimantuotannossa ja loput muussa sähkön ja lämmöntuotannossa. Em. päästölähteiden kadmiumpäästöt ovat pienentyneet selvästi viime vuosikymmenien aikana. Liikenteen kadmiumpäästöistä ei ole Suomessa tehty asianmukaisia arvioita. Tyypillinen ulkoilman hiukkasten sisältämä kadmiumpitoisuus on Euroopassa tausta-alueilla noin 0,1–0,5 ng/m³ vuosikeskiarvoina ja vastaavasti korkeimmillaan noin 50 ng/m³ lähellä teollisuuden päästölähteitä. Suomen tausta-alueiden hiukkasnäytteistä on tehty vain vähän alkuainemääryityksiä, joten kattavat tiedot maamme puhtaiden alueiden kadmiumpitoisuustasoista puuttuvat.

Ihmiset altistuvat kadmiumille hengitysilman, juomaveden ja ravinnon kautta. Koska kadmiumyhdisteet imeytyvät ruoansulatuskanavaan melko huonosti, on hengityselinten kautta saatu altistus terveysvaikutusten kannalta tärkeä, mutta nykyisin arvioidaan ravinnon ja juomaveden olevan merkittävin altistustie keskimääräisissä oloissa ainakin tupakoimattomille henkilöille. Tupakointi lisää merkittävästi kadmiumin altistusannosta. Juomaveden ja ravinnon mahdollinen kadmiumkuormitus huomioitiin Euroopan unionin raskasmetallien ja arseenin ilmanlaatuseurannan valmistelussa niin, että kadmiumlaskeumalle ehdotettiin tavoitearvoa. Alustavissa suunnitelmissa esiintyi vaihteluväli 2,5–5 mikrogrammaa neliömetrille päivässä, mikä vastaa noin 900–1 800 mikrogramman neliömetrin alalle vuodessa tulevaa laskeumaa. Tätä ehdotusta ei kuitenkaan sisällytetty ilmanlaadun neljänteen tytärdirektiiviin eli ns. metallidirektiiviin. Suomen puhtailla tausta-alueilla kadmiumlaskeuman määrä on vuosittain keskimäärin noin 1–5 µg/m².

Työympäristöjä koskeneissa terveysvaikutustutkimuksissa on aiemmin havaittu, että pitkäaikaiselle kadmiumille, ja erityisesti kadmiumoksidille, altistumiseen liittyy eturauhasen sekä ylähengitysteiden ja keuhkojen syöpien lisääntyminen. Korkeilla, pitkäaikaisilla työperäisillä kadmiumpitoisuuksilla on havaittu olevan yhteyttä myös krooniselle keuhkotulehdukselle ominaisiin oireisiin ja löydöksiin. Kadmium kertyy maksaan ja munuaisiin, joista se poistuu vasta vuosikymmenien kuluessa. Munuaisiin kertymiseen voi myös liittyä ko. elinten vajaatoimintaa. Kansainvälinen syöpätutkimuskeskus, IARC, on luokitellut kadmiumin ihmisille syöpävaaralliseksi. Myös Euroopan unionin luokittelun mukaan kadmium ja sen monet yhdisteet katsotaan syöpää aiheuttaviksi, mutta kadmiumin merkitystä eurooppalaisissa ulkoilmapitoisuuksissa syöpää aiheuttavana tekijänä ei ole yleisesti hyväksytty. Maailman terveysjärjestö, WHO, määrittelee kadmiumin pitkäaikaisvaikutuksien rajoittamista varten viimeksi esittämänsä ohjearvon lähtien kadmiumin väestölle aiheuttamista munuaisiin kohdistuvista haitoista.

Nikkeli

Nikkeli on hopeanvalkoinen, kova metalli, joka esiintyy pääasiassa kaksiarvoisena sekä orgaanisissa että epäorgaanisissa yhdisteissä. Osa nikkeliyhdisteistä liukenee veteen ja osa on käytännössä veteen liukenemattomia. Nikkeliä esiintyy yleisesti maaperässä ja sitä on rikastuneena raakaöljyyn. Nikkeliä käytetään runsaasti teräksen ja metallisekoit-

teiden tuotannossa. Muita käyttöalueita ovat muun muassa keramiikka, paristot, elektroniikka sekä lasin ja muovien värjäys. Toisin kuin kadmiumia nikkeliä esiintyy ulkoilmassa melko runsaasti myös ns. karkeissa hiukkasissa, jotka ovat kooltaan muutamasta mikrometristä ylöspäin.

Nikkeliä vapautuu ulkoilmaan pääasiassa polttoaineiden ja jäteöljyn poltossa sekä nikkelimalmin louhinnassa ja jalostuksessa. Ulkoilman tärkeitä nikkeliyhdisteitä ovat nikkelisulfaatti ja nikkelioksidi, joita syntyy esimerkiksi energiantuotannossa. Öljyn ja hiilen poltossa muodostuvat hiukkaset sisältävät em. lisäksi myös monimutkaisia metallioksideja ja metalliteollisuuden päästöissä esiintyy myös metallista nikkeliä. Suomen kiinteiden päästölähteiden nikkeliyhdisteiden päästöt olivat vuonna 2006 noin 25 tonnia, josta suurin osa muodostui metalliteollisuudessa ja teollisuuden voimantuotannossa ja loput muussa sähkön ja lämmöntuotannossa. Myös nikkelillä on tapahtunut kadmiumin tapaan päästöjen selvää pienenemistä viime vuosikymmenien aikana. Liikenteen nikkeliyhdisteistä ei Suomessa ole tehty asianmukaisia arvioita.

Tyypillinen ulkoilman hiukkasten sisältämä nikkeliipitoisuus on Euroopan puhtailla tausta-alueilla noin 0,2–2 ng/m³ vuosikeskiarvoina ja vastaavasti korkeimmillaan noin 50 ng/m³ lähellä teollisuuden päästölähteitä. Suomen tausta-alueiden hiukkasnäytteistä on tehty vain vähän alkuainemäärityksiä, joten kattavat tiedot maamme puhtaiden alueiden nikkeliipitoisuustasoista puuttuvat.

Euroopan unionin luokittelun mukaan useat nikkeliyhdisteet on todettu syöpää aiheuttaviksi ja monet nikkeliyhdisteet arvioitu mahdollisiksi karsinogeneiksi. Lukuun ottamatta metallista nikkeliä, myös Kansainvälinen syöpätutkimuskeskus, IARC, on luokitellut nikkeliyhdisteet ihmisille syöpävaarallisiksi. Maailman terveysjärjestö, WHO, määrittelee viimeksi esittämänsä nikkelin ohjearvon lähtien nikkelin ihmisille aiheuttamasta keuhkosityöpäriskistä. Kun otetaan huomioon ulkoilman nikkeliipitoisuustaso, merkittävin nikkeli-altistus saadaan Suomessa ja koko Euroopassa yleensä ruoan välityksellä. Keuhkoihin kohdistuvassa altistuksessa tupakoinnilla on erittäin suuri merkitys: tupakoitsijan saama annos voi olla jopa monikymmenkertainen tupakoimattoman henkilön saamaan nähden. Nikkelin aiheuttamia yleisiä terveyshaittoja ovat myös allergiset kontakti-ihottumat, hengitysteihin kohdistuvat vaikutukset, limakalvojen ärsytys sekä elimistön immuuni- ja puolustusjärjestelmään kohdistuvat vaikutukset.

Arseeni

Arseeni esiintyy ympäristössä kolmi- tai viisiarvoisina epäorgaanisina, vesiliukoisina ja heikosti vesiliukoisina suoloina sekä kaasumaisina epäorgaanisina ja orgaanisina arseeniyhdisteinä. Luonnossa arseeni on sulfidina monien kaivannaismetallien sulfidien yhteydessä. Arseeni esiintyy kadmiumin tapaan pääasiassa ulkoilman pienissä hiukkasissa, jotka ovat kooltaan luokkaa 1 mikrometri tai sitä pienempiä.

Arseenin keskeisiä päästölähteitä ovat metallien sulatus ja energiantuotanto, lähinnä hiilivoimalat. Suomen kiinteiden päästölähteiden arseeniyhdisteiden viime vuosien päästöiksi on arvioitu noin 1–4 tonnia vuodessa, josta pääosa muodostui metalliteollisuudessa ja teollisuuden voimantuotannossa ja loput muussa sähkön ja lämmöntuotannossa. Arseenin aiempien vuosien päästöarvioihin sisältyy runsaasti epävarmuustekijöitä, mutta voitaneen ehkä todeta, että arseenin päästöt ovat vähentyneet maassamme viime vuosikymmenien aikana voimakkaammin kuin kadmium- ja nikkeliyhdisteiden. Liikenteen arseenipäästöistä ei Suomessa ole tehty asianmukaisia arvioita.

Ulkoilman hiukkasten sisältämän arseenipitoisuuden on arvioitu olevan Euroopan puhtailla tausta-alueilla noin 0,2–1,5 ng/m³ vuosikeskiarvoina ja vastaavasti noin 0,5–3 ng/m³ kaupunkitausta- ja liikennealueilla sekä teollisuuden päästöympäristöissä korkeimmillaan noin 50 ng/m³. Tiedot Suomen tausta-alueiden hiukkasten arseenipitoisuuksista ovat vähäiset.

Arseenille altistutaan pääasiallisesti ruoansulatuskanavan kautta ruoan ja juomaveden välityksellä. Eurooppalaisissa arvioissa on esitetty, että vain alle 1 % kokonaisannoksesta saataisiin normaalioloissa hengitysilma. Työperäisissä altistuksissa, joissa arseenipitoisuudet ovat merkittävästi korkeampia kuin ulkoilmassa, on arseenin todettu lisäävän sydänkuoleman riskiä, aiheuttavan maksasairauksia, ruoansulatuskanavan, keskus- ja ääreishermoston oireita, allergisia ja muita iho-oireita sekä vaikuttavan verisolujen muodostumiseen luuytimessä. On riittävä näyttö siitä, että epäorgaaniset arseeniyhdisteet ovat ihmisille iho- ja keuhkosityöpää aiheuttavia aineita. Tämä on todettu muun muassa Kansainvälinen syöpätutkimuskeskuksen, IARC:n ja Maailman terveysjärjestön, WHO:n luokituksissa. Hengitysteitse saatavien arseeniannosten kannalta keuhkosityöpä on em. merkittävin pitkäaikaisen altistumisen lopputila.

3 TUTKIMUKSEN SUORITUS

3.1 Mittauspaikka ja mittausjakso

Ilmatieteen laitos mittasi 17.1. - 12.5.2008 välisenä aikana hengitettävien hiukkasten sisältämien arseenin ja metallien pitoisuuksia Kuopion kaupungin ympäristökeskuksen Kasarmipuiston ilmanlaadun tarkkailuasemalla (ks. kuva 2), joka sijaitsee Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitoksen päästöjen vaikutusalueella noin 2 km päässä voimalaitoksesta pohjoiseen. Haapaniemen voimalaitos on merkittävin Kuopion arseeni- ja metallipitoisuuksiin vaikuttava päästölähde. Toinen merkittävä päästölähde, Savon Sellu Oy:n tehtaiden voimalaitos sijaitsee etäämpänä, noin 7 km mittauspisteestä pohjoiskoilliseen. Mittausjakso valittiin niin, että mittauksista voitiin arvioida talvikauden (energiantuotannon ja liikenteen suorat päästöt) ja ns. kevätpölyjakson aikaisia arseenin ja metallien pitoisuustasoja sekä niiden vaihtelua ja tasoeroja.

Edellä mainitussa mittauskohteessa kerättiin aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin kokoisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä pientehokeräimellä pölyn koostumuksen määrittämistä varten. Käytetty menetelmä on ns. vertailu- eli referenssimenetelmä (EN 12341) hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittauksissa ja sillä tulee kerätä myös arseenin, kadmiumin, nikkelin ja PAH -yhdisteiden määrittämistä varten otettavat hengitettävien hiukkasten näytteet ns. ilmanlaadun neljännen tytärdirektiivin (2004/107/EY) mukaan. Ko. direktiivi on saatettu voimaan Suomen lainsäädäntöön asetuksella 15.2.2007 (Vna 164/2007).



Kuva 2. Mittauspisteen (●) sijainti Kuopion Kasarmipuistossa.

3.2 Mitatut ilman epäpuhtaudet ja mittausmenetelmät

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt ilmanlaatumittausten keräys- ja analyysimenetelmien kuvaukset.

Mitattava komponentti	Keräysmenetelmä	Keräysaika ja jaksotus	Analyysimenetelmä
Arseeni ja metallit hengitettävissä hiukkasissa	Pientehokeräin, esierotin (10 µm) Teflonsuodatin	1 vrk, joka toinen vrk	ICP-MS*)

*) ICP-MS = induktiivisesti kytketty plasma-massaspektrometria

Hengitettävien hiukkasten näytteet kerättiin EN 12341-standardin mukaisella vertailumenetelmällä.

4 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

4.1 Hengitettävien hiukkasten sisältämät alkuaineet

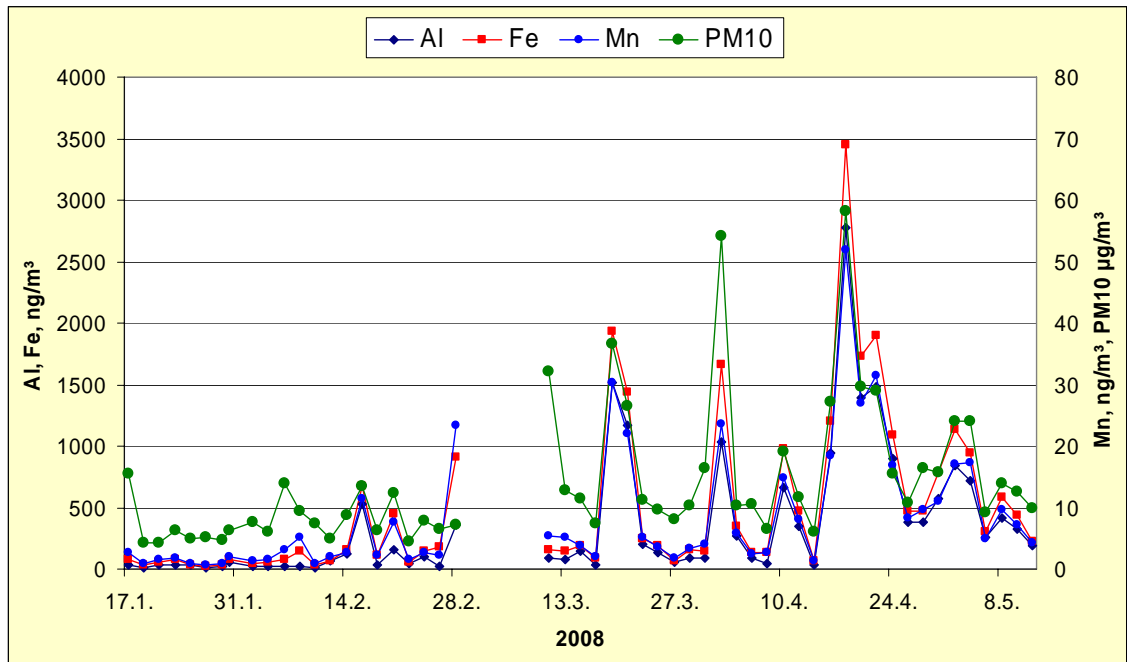
Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä kerättiin Kuopion Kasarminpuistossa joka toinen päivä jaksolla 17.1. - 12.5.2008. Näytteistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet ICP-MS -tekniikalla (induktiivisesti kytketty plasma-massaspektrometria) Ilmatieteen laitoksen Ilmakemian laboratoriossa. Yhteenvedo tuloksista on esitetty taulukossa 2, johon on koottu mittausjakson keskiarvo, suurin ja pienin arvo sekä hajonta. Tulokset on esitetty näytteittäin liitteessä 1 ja kuvissa 6–9.

Taulukko 2. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteistä määritetyt arseeni- ja metallipitoisuudet Kuopion Kasarminpuiston tutkimuspisteessä 17.1. - 12.5.2008.

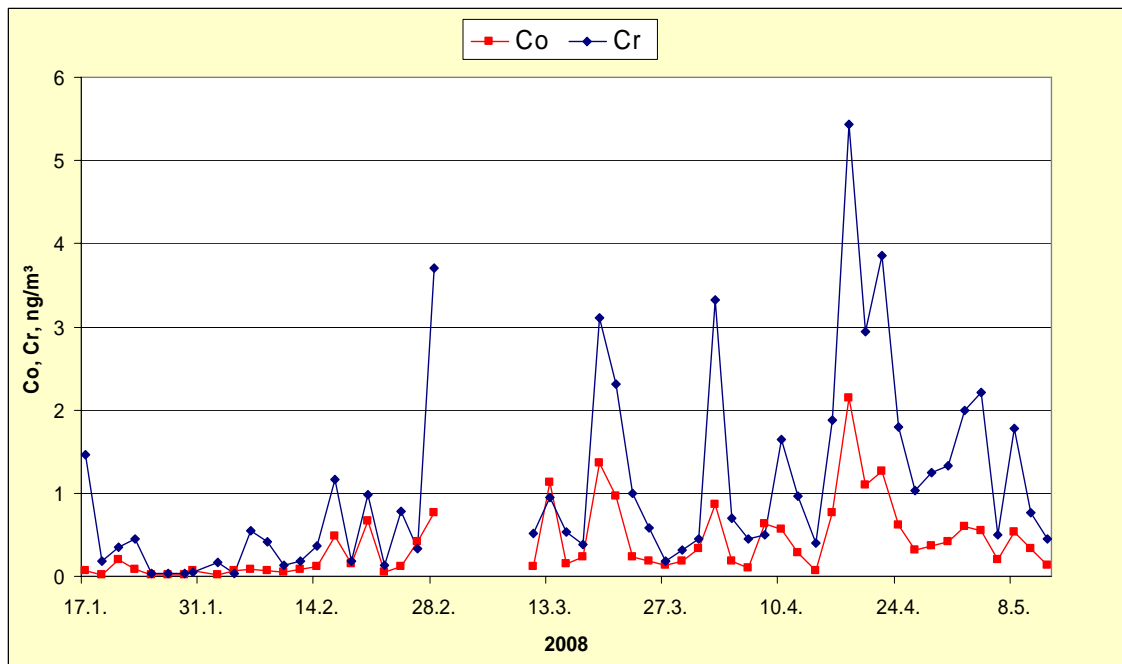
PM ₁₀ Kasarminpuisto	Keskiarvo (ng/m ³)	Minimi (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)	Hajonta (ng/m ³)
Alumiini Al	360,3	6,7	2773	527,0
Arseeni As	0,3	0,06	1,9	0,3
Kadmium Cd	0,1	0,004	0,8	0,2
Koboltti Co	0,4	0,02	2,1	0,4
Kromi Cr	1,1	0,03	5,4	1,2
Kupari Cu	4,7	0,5	28,4	4,8
Rauta Fe	496,6	27,3	3454	667
Mangaani Mn	8,5	0,6	51,9	10,1
Nikkeli Ni	1,4	0,2	14,3	1,9
Lyijy Pb	3,6	0,5	16,4	3,6
Vanadiini V	3,1	0,1	34,2	4,9
Sinkki Zn	15,6	2,2	96,5	16,1

Kuvassa 3 on esitetty alumiinin, raudan ja mangaanin pitoisuuksien lisäksi myös Kasarminpuistossa mitattu hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuus, joka on laskettu jatkuvatoimisella analysaattorilla mitatuista tuntipitoisuuksista. Metalleista alumiinin, raudan ja mangaanin sekä koboltin ja osittain myös kromin pitoisuudet käyttäytyivät hyvin samankaltaisesti hengitettävien hiukkasten pitoisuuden kanssa.

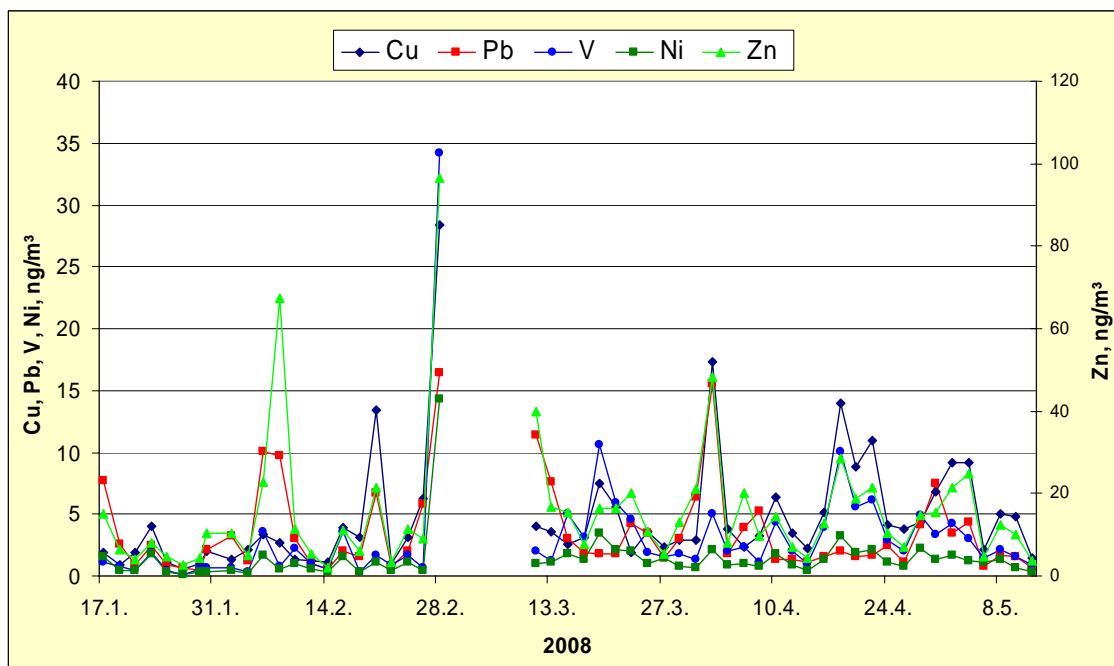
Korkeimmat pitoisuudet esiintyivät 18.4. ja 22.4. sekä 19.3. ja 2.4.2008, ja muutoinkin pitoisuudet olivat maaliskuun puolivälistä alkavalla jaksolla suurempia kuin tammi-helmikuussa. 19.3., 18.4. ja 22.4.2008 tuuli kävi mittauspisteeseen pääasiassa luoteesta ja 2.4. kaakosta. Sinkin, kuparin, lyijyn, vanadiinin, nikkelin, arseenin ja kadmiumin pitoisuuksissa ei ollut selkeää eroa talviajan ja kevätpölyjakson pitoisuuksien välillä ja korkeimmat pitoisuudet esiintyivät 28.2., 11.3., 2.4.2008 ja myös 6.2. ja 8.2.2008 esiintyi korkeampia pitoisuuksia. 28.2. tuuli pääasiassa luoteesta, 11.3. eteläkaakosta, 2.4. kaakosta, 6.2. itäkaakosta ja 8.2. vaihtelevasti kaakosta ja lounaasta.



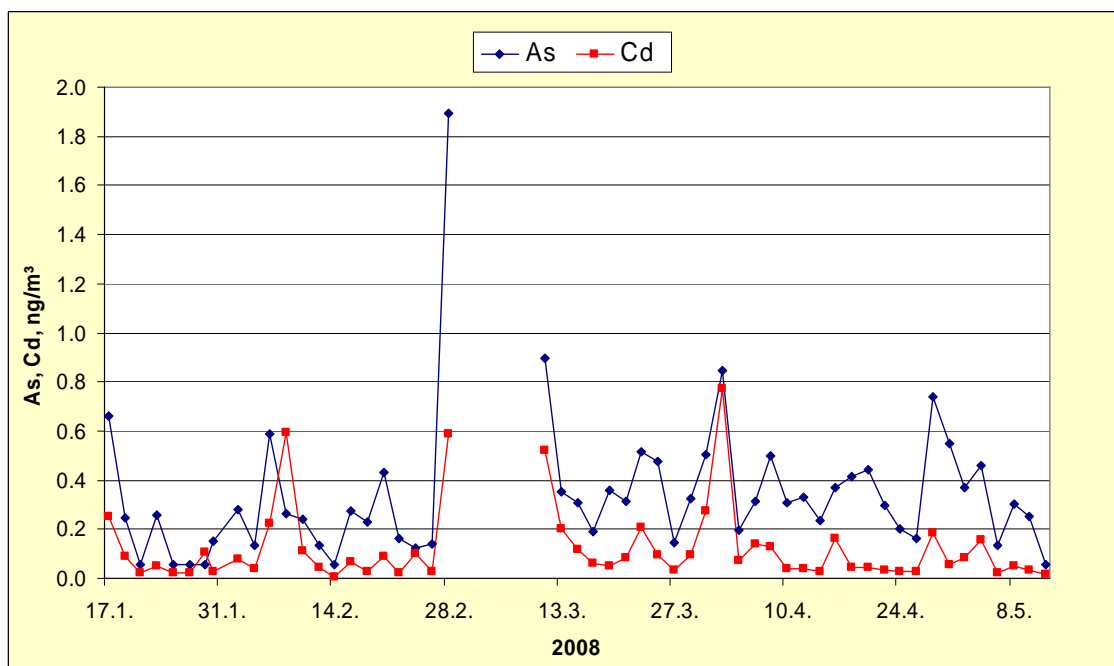
Kuva 3. Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuus ja vuorokausinäytteistä määritetyt alumiinin (Al), raudan (Fe) ja mangaanin (Mn) pitoisuudet Kuopion Kasarmipuistossa jaksolla 17.1. - 12.5. 2008.



Kuva 4. Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä määritetyt kobolttin (Co) ja kromin (Cr) pitoisuudet Kuopion Kasarmipuistossa jaksolla 17.1. - 12.5.2008.



Kuva 5. Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä määritetyt kuparin (Cu), lyijyn (Pb), vanadiinin (V), nikkelin (Ni) ja sinkin (Zn) pitoisuudet Kuopion Kasarmipuistossa jaksolla 17.1. - 12.5. 2008.



Kuva 6. Hengitettävien hiukkasten vuorokausinäytteistä määritetyt arseenin (As) ja kadmiumin (Cd) pitoisuudet Kuopion Kasarmipuistossa jaksolla 17.1. - 12.5.2008.

4.2 Raja- ja tavoite-arvoihin verrattavat pitoisuudet

Valtioneuvoston antaman ilmanlaatuasetuksen (*Vna 711/2001*) mukainen lyijyn pitoisuuksia koskeva raja-arvo on esitetty taulukossa 3. Ilman epäpuhtauksien aiheuttamien terveyshaittojen ehkäisemiseksi alueilla, joilla asuu tai oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille lyijyn pitoisuus ulkoilmassa ei saa ylittää seuraavaa raja-arvoa:

Taulukko 3. Lyijyn pitoisuuksia koskevat raja-arvot terveyshaittojen ehkäisemiseksi.

Epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (293 K, 101,3 kPa)	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)
Lyijy (Pb)	kalenterivuosi	0,5 ¹⁾	-

¹⁾ Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Raja-arvot ovat sitovia, eivätkä niiden ylitykset ole sallittuja. Raja-arvon ylittyessä on kunnan tai alueellisen ympäristökeskuksen ryhdyttävä ilmansuojelulain mukaisiin toimiin ilmanlaadun parantamiseksi ja raja-arvon ylitysten estämiseksi. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi määräykset liikenteen tai päästöjen rajoittamisesta. Ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla.

Joulukuussa 2004 hyväksyttiin Euroopan unionissa arseenia, kadmiumia, nikkeliä, elohopeaa ja polyaromaattisia hiilivety-yhdisteitä (PAH-yhdisteet) koskeva ns. ilmanlaadun neljäs tytärdirektiivi (*2004/107/EY*), jonka mukainen valtioneuvoston asetus (*Vna 164/2007*) tuli Suomen kansallisessa lainsäädännössä voimaan 15.2.2007. Direktiivissä ja asetuksessa annettuihin tavoitearvoihin tulee päästä vuoden 2012 loppuun mennessä. Taulukossa 4 on esitetty hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) sisältämien arseenin, kadmiumin ja nikkelin vuosikeskiarvopitoisuuksia koskevat tavoitearvot ja ns. alemmat ja ylempät arviointikynnykset.

Taulukko 4. Arseenin, kadmiumin ja nikkelin tavoitearvot ja arviointikynnykset pitoisuuksien vuosikeskiarvoille.

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Tavoitearvo (ng/m^3)	Alempi arviointikynnys (ng/m^3)	Ylempi arviointikynnys (ng/m^3)
Arseeni As	kalenterivuosi	6	2,4	3,6
Kadmium Cd	kalenterivuosi	5	2	3
Nikkeli Ni	kalenterivuosi	20	10	14

Ylemmän arviointikynnyksen ylittyessä seuranta-alueella tulee tehdä riittävä määrä jatkuvia mittauksia, alemmissa pitoisuuksissa suuntaa-antavat mittaukset ovat riittäviä, tarvittaessa täydennettynä leviämismallilaskelmilla. Alemman arviointikynnyksen alittuessa ei mittauksia tarvitse tehdä välttämättä ollenkaan, mutta ilmanlaatu tulee arvioida muilla keinoilla, kuten leviämislaskelmilla.

Hengitettävistä hiukkasista määritetyt lyijypitoisuudet olivat hyvin pieniä ja jäivät kauas raja-arvotasosta. Mittausjakson keskiarvopitoisuus oli alle sadasosa vuosikeskiarvoja

koskevasta raja-arvopitoisuudesta. Hengitettävien hiukkasten arseenin, nikkelin ja kadmiumin vuosikeskiarvopitoisuuksille annetut tavoitearvot eivät ylittyneet. Pitoisuuksia ei voi kuitenkaan suoraan verrata tavoitearvoihin, jotka on annettu vuosikeskiarvolle, koska tämän tutkimuksen mittausjakso kattoi vain noin viisi kuukautta. Nikkelipitoisuudet olivat suhteessa korkeimmat tavoitearvoon nähden; yhden yksittäisen näytteen pitoisuus ylitti nikkelin ylempää arviointikynnystä vastaavan pitoisuustason. Arseenin ja kadmiumin pitoisuudet alittivat myös alemman arviointikynnyksen tason.

4.3 Pitoisuuksien vertailua

Hiukkasten arseeni- ja metallipitoisuuksista on olemassa Suomesta melko vähän mittaustietoja ja Kuopion Kasarmipuiston mittaustulosten vertaaminen niihin on vaikeaa, koska esimerkiksi metalliteollisuuden päästöt ja niiden aiheuttamat eri aineiden pitoisuudet ovat hyvin erityyppisiä maamme eri metalliteollisuuspaikkakunnilla. Kuopiossa mitattujen arseeni- ja metallipitoisuuksien suhteuttamiseksi verrataan ko. mittaustuloksia seuraavassa maamme puhtaiden alueiden vastaaviin pitoisuustasoihin.

Taulukossa 5 on esitetty puhdasta tausta-aluetta edustaviksi vertailutiedoiksi Ilmatieteen laitoksen Matorovan tausta-aseamalla Pallaksella vuonna 2007 kerätyistä hengitettävien hiukkasten näytteistä analysoidut arseeni- ja metallipitoisuudet sekä vastaavat pitoisuudet Ilmatieteen laitoksen Virolahden mittausasemalta, joka edustaa tausta-aluetta Etelä-Suomessa ja jonka hiukkaspitoisuuksiin vaikuttaa ajoittain voimakkaasti kaukokulkeuma (*Ilmatieteen laitos, 2008*).

Taulukko 5. Kuopion Kasarmipuistossa 17.1. - 12.5.2008 ja Ilmatieteen laitoksen Pallaksen ja Virolahden tausta-aseamalla vuonna 2007 havaitut hengitettävien hiukkasten arseenin ja metallien pitoisuudet.

PM ₁₀	Kasarmipuisto		Pallas		Virolahti	
	Keskiarvo (ng/m ³)	Maksimi ng/m ³	Keskiarvo (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)	Keskiarvo (ng/m ³)	Maksimi (ng/m ³)
Alumiini Al	360,3	2773	11,8	100	176,8	1380
Arseeni As	0,3	1,9	0,1	0,4	0,3	1,6
Kadmium Cd	0,1	0,8	0,03	0,1	0,1	0,5
Koboltti Co	0,4	2,1	0,02	0,1	0,1	0,4
Kromi Cr	1,1	5,4	0,07	0,3	0,3	3,6
Kupari Cu	4,7	28,4	0,3	1,4	1,0	4,0
Rauta Fe	496,6	3454	18,8	87,5	154,2	1214
Mangaani Mn	8,5	51,9	0,5	2,1	2,9	13,3
Nikkeli Ni	1,4	14,3	0,3	1,6	1,2	6,4
Lyijy Pb	3,6	16,4	0,7	3,7	3,5	15,1
Vanadiini V	3,1	34,2	0,4	2,2	2,3	13,2
Sinkki Zn	15,6	96,5	1,9	9,3	11,0	73,4

Kuopiossa mitatut hiukkasten arseeni- ja metallipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa tai hieman korkeampia kuin Virolahden tausta-aseamalla mitatut vastaavat arvot. Sekä Kuopion, Pallaksen että Virolahden näytteissä on määrällisesti eniten alumiinia ja rautaa, jotka ovat maaperässä yleisimmän esiintyviä alkuaineita. Samoin ilmassa esiintyvä mangaani ja sinkki ovat yleensä pääosin maaperästä lähtöisin, ellei ole kyse tietynlaisten metalliteollisuuslaitosten päästövaikutusten kannalta läheisissä ympäristöissä tehdyistä ilmanlaatumittauksista.

Näiden aineiden pitoisuudet Kuopion hiukkasnäytteissä eivät mitä ilmeisimmin ole juurikaan paikallisen energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttamia, vaan niiden lähde on pääasiassa tuulen ja ajoneuvojen kaupunkialueelta nostattama pöly.

Terveysvaikutusten kannalta merkityksellisimmät Kuopion näytteistä analysoidut aineet ovat arseeni, nikkeli, kadmium ja lyijy, joiden pitoisuuksien perusteella voidaan tehdä arviot hiukkasten koostumuksen kuormittavasta vaikutuksesta kaupungin keskusta-alueella. Nämä em. aineet ovat ulkoilmassa ihmisille Kuopion hiukkasnäytteistä analysoiduista aineista haitallisimpia. Vaikka esimerkiksi sinkkiä esiintyi Kuopion hiukkasnäytteissä runsaahkosti, voidaan todeta, että metallinen sinkki ei ole myrkyllistä eikä samalla tavoin ihmisille haitallista kuin em. ilmanlaadun kannalta merkittävimmät aineet.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ilmatieteen laitos keräsi 17.1. - 11.5.2008 välisenä aikana Kuopion kaupungin ympäristökeskuksen Kasarmipuiston mittauspisteessä aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin suuruisten ns. hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuorokausinäytteitä kemiallisia analyysejä varten. Näytteitä kerättiin em. jaksolla joka toinen päivä ja niistä analysoitiin arseeni- ja metallipitoisuudet ICP-MS -tekniikalla Ilmatieteen laitoksen Ilmakemian laboratoriossa. Mittausten tavoitteena oli arvioida suunta-antavasti em. aineiden pitoisuustasoa Kuopion keskusta-alueella, väestön altistumista näille aineille sekä muun muassa arseenin ja metallien pitoisuustasojen suhdetta Suomen puhtailla tausta-alueilla havaittuihin vastaaviin peruspitoisuustasoihin. Mittausjakso valittiin niin, että mittaustuloksista voitiin arvioida talvikauden (energiantuotannon ja liikenteen suorat päästöt) ja ns. kevätpölyjakson aikaisia arseenin ja metallien pitoisuustasoa sekä niiden vaihtelua ja tasoeroja.

Hengitettävistä hiukkasista määritetyt lyijypitoisuudet olivat hyvin pieniä ja jäivät kauas raja-arvotasosta. Mittausjakson keskiarvopitoisuus oli alle sadasosa vuosikeskiarvoja koskevasta raja-arvopitoisuudesta. Hengitettävien hiukkasten arseenin, nikkelin ja kadmiumin vuosikeskiarvopitoisuuksille annetut tavoitearvot eivät ylittyneet. Pitoisuuksia ei voi kuitenkaan suoraan verrata tavoitearvoihin, jotka on annettu vuosikeskiarvolle, koska tämän tutkimuksen mittausjakso kattoi vain noin viisi kuukautta. Nikkelipitoisuudet olivat suhteessa korkeimmat tavoitearvoon nähden; yhden yksittäisen näytteen pitoisuus ylitti nikkelin ylempää arviointikynnystä vastaavan pitoisuustason. Arseenin ja kadmiumin pitoisuudet alittivat myös alemman arviointikynnyksen tason. Mittausjakson keskiarvopitoisuudet olivat: arseeni 5 %, kadmium 6 % ja nikkeli 7 % vuosikeskiarvoja koskevista vastaavista tavoitearvoista.

Hiukkasten arseeni- ja metallipitoisuuksista on olemassa Suomesta melko vähän mittaustietoja ja Kuopion mittaustulosten vertaaminen niihin on vaikeaa, koska esimerkiksi metalliteollisuuden päästöt ja niiden aiheuttamat eri aineiden pitoisuudet ovat hyvin erityyppisiä maamme eri metalliteollisuuspaikkakunnilla. Kuopion keskustassa mitattujen arseeni- ja metallipitoisuuksien suhteuttamiseksi verrattiin ko. mittaustuloksia nyt raportoitavassa tutkimuksessa maamme puhtaiden alueiden vastaaviin pitoisuustasoihin. Kuopiossa mitatut hiukkasten arseeni- ja metallipitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa tai hieman korkeampia kuin Ilmatieteen laitoksen Virolahden tausta-aseamalla mitatut vastaavat arvot.

Kuopion hiukkasnäytteissä oli määrällisesti eniten alumiinia ja rautaa, jotka ovat

maaperässä yleisimmin esiintyviä alkuaineita. Samoin ilmassa esiintyvä mangaani ja sinkki ovat yleensä pääosin maaperästä lähtöisin, ellei ole kyse tietynlaisten metalliteollisuuslaitosten päästövaikutusten kannalta läheisissä ympäristöissä tehdyistä ilmanlaatumittauksista. Näiden aineiden pitoisuudet Kuopion hiukkasnäytteissä eivät mitään ilmeisimmin ole juurikaan paikallisen energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen aiheuttamia, vaan niiden lähde on pääasiassa tuulen ja ajoneuvojen kaupunkialueelta nostattama pöly.

Tutkimuksessa tehdyt hengitettävien hiukkasten arseenin ja metallien pitoisuuksien tavoitearvotarkastelut ja vertailu maamme puhtaiden tausta-alueiden vastaaviin pitoisuuksiin osoittivat, että Kuopion keskusta-alueella täyttyvät tutkittujen aineiden suhteen hyvän ilmanlaadun kriteerit.

VIITELUETTELO

ANTTILA, P., 2001. Ilmanlaatu Suomessa vuonna 2000 - Pitoisuudet suhteessa uusiin raja-arvoihin. *Ympäristö ja Terveys*, 10/2001, s. 12 - 17.

ILMATIETEEN LAITOS, 2008. Tulokset Ilmatieteen laitoksen Pallaksen ja Virolahden työasemilla vuonna 2007 kerätyistä hengitettävien hiukkasten näytteistä analysoiduista arseeni- ja metallipitoisuuksista. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus.

PIETARILA, H., SALMI, T., SAARI, H., ja PESONEN, R., 2001. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Rikkidioksidi, typen oksidit, PM₁₀ ja lyijy. The preliminary assessment under the EC air quality directives in Finland. SO₂, NO₂/NO_x, PM₁₀ and lead. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun tutkimus, Helsinki, 51 s. + 31 liites.

VAHTI, 2008. Ympäristönsuojelun tietojärjestelmä.

Vna 711/2001. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 9.8.2001.

Vna 164/2007. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu Helsingissä 8.2.2007.

Vnp 480/96. Päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. Annettu Helsingissä 19.6.1996.

YTV, Seutu- ja ympäristötieto, 2008. Alustavat tulokset Helsingin Mannerheimintien kesä-elokuussa 2008 mitatuista hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista.

2004/107/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilman arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Annettu 15.12.2004.

