

Loppuraportti, huhtikuu 2013

Katupölyn vaikutukset terveyteen

Dos. Timo Lanki, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

Loppuraportti sisältää seuraavat osat:

- Epidemiologinen tutkimus pääkaupunkiseudulla
- Katsaus uusiin tutkimustuloksiin katupölyn terveyshaitoista
- Johtopäätökset

Epidemiologinen tutkimus pääkaupunkiseudulla

Tausta ja tavoitteet

Nastarenkaiden aiheuttama teiden kuluminen näkyy erityisesti karkeiden hengitettävien hiukkasten ($2,5 \mu\text{m} < \text{läpimitta} < 10 \mu\text{m}$) pitoisuuksien nousuna taajama-alueilla. Karkeiden, maaperän mineraaleja runsaasti sisältävien hiukkasten pitoisuudet ovat korkeimmillaan keväällä kun lumet ovat sulaneet eikä hiekoituksen ja tienpinnan talven aikaisen kulumisen aiheuttamaa katupölyä ole vielä ehditty poistaa. ”Kevätpöly” on jokakeväinen ilmanlaatuongelma, jonka lievät vaikutukset kuten silmien ja kurkun ärsyntyminen ja vuotava nenä ovat kaikkien helposti havaittavissa. Kevätpölyn mahdollisia vakavampia vaikutuksia kuten kasvanutta kuoleman- tai sydänkohtauksen riskiä ei ole aiemmin tutkittu Suomessa.

Tutkimuksessa oli tavoitteena selvittää, aiheuttaako katupöly vakavia terveyshaittoja pääkaupunkiseudulla. Tämän vuoksi tutkittiin, ovatko karkeiden hiukkasten pitoisuudet keväisin tai nastarengaskaudella yhteydessä:

- 1) lisääntyneeseen kuolleisuuteen
- 2) sydän- tai hengityselinsairauksista aiheutuneisiin sairaalakäynteihin
- 3) astman pahenemisesta johtuneisiin poliklinikkakäynteihin lapsilla

Aineisto ja menetelmät

Ilmanlaatuaineistona käytettiin HSY:n vuosina 2001-2010 mittaamia päivittäisiä hengitettävien hiukkasten (PM_{10} , läpimitta $<10 \mu m$) ja pienhiukkasten ($PM_{2,5}$, $<2,5 \mu m$) pitoisuuksia Kallion asemalla. Arvio karkeiden hengitettävien hiukkasten pitoisuudesta saatiin vähentämällä PM_{10} -pitoisuudesta $PM_{2,5}$ -pitoisuus. Tiedot päivittäisistä siitepölypitoisuuksista saatiin Turun aerobiologian laitokselta, ja meteorologiset tiedot Ilmantieteen laitoksen Helsinki-Vantaan lentokentän mittausasemalta. Terveysaineistona käytettiin Tilastokeskukselta hankittuja päivittäisiä tietoja kuolleisuudesta (2001-2010) sekä THL:n hoitoilmoitusrekisterin tietoja sairaalakäynneistä (2001-2005) pääkaupunkiseudulla (Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen).

Tilastoanalyysissä karkeiden hiukkasten päivittäinen pitoisuusvaihtelu yhdistettiin kuolemien ja sairaalakäyntien päivittäisiin lukumääriin pääkaupunkiseudulla. Terveysaineisto käsitti myös seuraavat tarkemmat diagnoosiluokat: astma, keuhkohtaumatauti, keuhkokuume, sydäninfarkti, iskeeminen sydänsairaus, aivoinfarkti, rytmihäiriö. Aineiston epidemiologiseen analysoimiseen SAS-ohjelmistolla käytettiin Poisson-regressiomalleja (kvasi-Poisson), joiden avulla laskettiin suhteellinen riski (RR) per $10 \mu g/m^3$ nousu hiukkaspitoisuudessa. Tilastomalleissa huomioitiin sekoittavina tekijöinä pitkän ajan muutokset vastemuuttujassa, viikonpäivä, lämpötila, kosteus, siitepölypitoisuudet, lomakaudet ja influenssaepidemiat. Mahdolliset epälineaariset yhteydet sekoittavien tekijöiden ja vastemuuttujienn välillä huomioitiin käyttämällä spline-tasoitteita. Lämpötila sekä suhteellinen kosteus laitettiin malleihin sekä saman päivän arvona että neljän edellisen päivän keskiarvona. Viikko merkittiin influenssaepidemian aikaiseksi silloin, kun sairastuneita oli vähintään 55 päivässä.

Analyyseissä kunkin päivän kuolemien/sairaalakäyntien lukumäärää verrattiin saman päivän (Viive 0), edellisen päivän (Viive 1) jne. hiukkasten vuorokausipitoisuuteen. Yksittäisten päivien hiukkaspitoisuuksien lisäksi analyyseissä käytettiin saman ja edellisen päivän hiukkaspitoisuuden keskiarvoa (D2), sekä saman ja neljän edellisen päivän keskiarvoa (D5, eli viiden päivän keskiarvo). Vuodenajat määriteltiin analyyseissä seuraavasti: talvi (marras-helmikuu), kevät (maalis-toukokuu), kesä (kesä-elokuu), syksy (syys-marraskuu); kevät vastasi analyyseissä samalla kevätpölykautta. Nastapölykaudeksi katsottiin marras-huhtikuun välinen ajanjakso.

Tulokset

Niin sydän- kuin hengityselinsairauksistakin aiheutuneita kuolemia oli eniten talvella ja keväällä (Taulukko 1). Sydän- ja hengityselinsairauksista aiheutuneita sairaalakäyntejä sekä lasten astmasta johtuneita poliklinikkakäyntejä oli vähiten kesällä.

Taulukko 1. Kuolemantapausten ja sairaaläkäyntien lukumäärä tutkimusjaksolla vuodenaikojittain.

Vaste	Vuodenaika	Keskiarvo *	Minimi	Maksimi
Kuolleisuus				
Ei-tapaturmaiset	Talvi	19,1	6	36
	Kevät	18,1	7	34
	Kesä	17,1	5	33
	Syksy	17,4	4	33
Sydänsairaudet	Talvi	7,8	1	18
	Kevät	7,6	0	17
	Kesä	6,9	1	16
	Syksy	7,0	1	17
Hengityselinsairaudet	Talvi	1,4	0	8
	Kevät	1,2	0	7
	Kesä	1,1	0	6
	Syksy	1,0	0	6
Sairaalakäynnit				
Sydänsairaudet	Talvi	34,0	9	78
	Kevät	34,1	11	56
	Kesä	31,3	10	55
	Syksy	33,8	10	58
Hengityselinsairaudet	Talvi	29,6	10	108
	Kevät	28,8	10	58
	Kesä	18,7	5	36
	Syksy	23,9	10	59
Lasten astma [#]	Talvi	1,6	0	8
	Kevät	2,0	0	10
	Kesä	1,1	0	9
	Syksy	2,0	0	8

* tapausta päivässä keskimäärin, [#] poliklinikkakäynnit

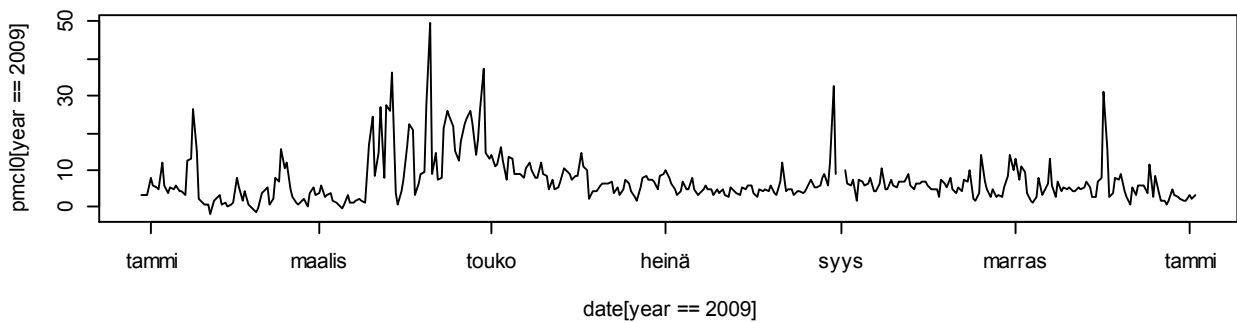
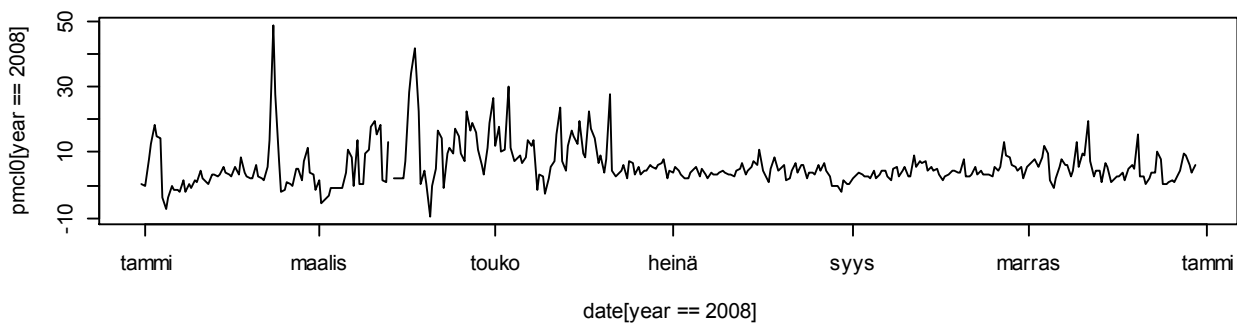
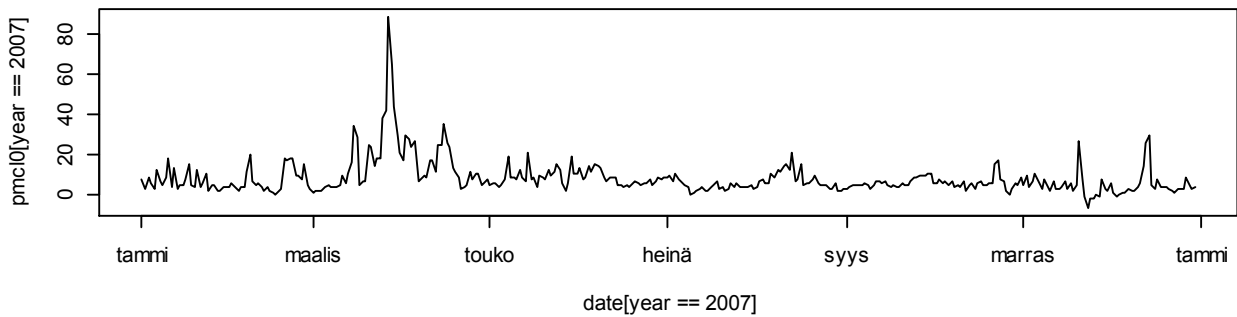
Karkeiden hiukkasten vuorokausipitoisuudet olivat selvästi korkeimmat keväisin, pienhiukkasten pitoisuudet nousivat vain lievästi keväisin (Taulukko 2). Kaikkein korkeimmat karkeiden hiukkasten vuorokausipitoisuudet havaittiin tyypillisesti maali-huhtikuussa (Kuva 1).

Karkeiden hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuuksien väliset korrelaatiot olivat heikkoja: talvella -0,31 ja keväällä 0,17.

Taulukko 2. Karkeiden hiukkasten ja pienhiukkasten pitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vuodenaikojittain.

Altiste	Vuodenaika	Keskiarvo *	Keskiahajonta	Maksimi
Karkeat hiukkaset	Talvi	4,5	5,6	87,9
	Kevät	10,8	9,2	88,6
	Kesä	6,0	3,8	44,5
	Syksy	5,5	3,9	44,1
Pienhiukkaset	Talvi	9,9	6,6	54,1

	Kevät	10,4	7,3	57,0
	Kesä	8,4	5,2	50,2
	Syksy	7,4	5,2	44,4



Kuva 1. Esimerkki karkeiden hiukkasten päivittäisten pitoisuuksien vaihtelusta vuoden aikana (2007-2009)

Tilastoanalyysissä joissa tarkasteltiin vain kevättä, saatiin viitteitä (havaittiin tilastollisesti ei-merkittäviä yhteyksiä) karkeiden hengitettävien hiukkasten vaikutuksista hengityselinsairauksista aiheutuviin kuolemiin (Taulukot 3-5). Karkeiden hiukkasten korkeat pitoisuudet eivät vaikuttaneet lisäävän sairaala- tai poliklinikkakäyntejä (Taulukot 6-8), sen sijaan sydänsairauksista aiheutuneita sairaalakäyntejä oli korkean hiukkaspitoisuuden päivinä tavanomaista vähemmän.

Rajattaessa analyysit talveen, havaittiin karkeiden hiukkasten korkeiden pitoisuuksien olevan yhteydessä sydämen ja verenkiertoelimistön sairauksista aiheutuneisiin sairaalakäynteihin: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nousu vuorokausipitoisuudessa lisäsi sairaalakäyntejä 2,7-3,7 % riippuen keskiarvoistamisajasta (Taulukot 3-5). Lisäksi havaittiin viitteitä karkeiden

hiukkasten vaikutuksista hengityselinsairauksista aiheutuneisiin kuolemiin ja sairaalakäynteihin sekä lasten astmaan (Taulukot 6-8).

Taulukko 3. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys kokonaiskuolleisuuteen vuodenajoinn (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa). Vertailun vuoksi mukana pienhiukkaset.

	Viive (pv)	Talvi			Kevät		
		RR ^x	lo 95% *	hi 95% ⁺	RR	lo 95%	hi 95%
Karkeat	0	1,010	0,980	1,041	0,987	0,953	1,023
hiukkaset	1	0,994	0,965	1,024	1,012	0,977	1,048
	2	0,988	0,959	1,019	0,999	0,964	1,036
	3	1,001	0,971	1,031	0,996	0,961	1,031
	4	1,000	0,971	1,030	0,998	0,963	1,033
	D2 [#]	1,003	0,969	1,039	0,999	0,959	1,040
	D5 [§]	0,996	0,951	1,044	0,996	0,945	1,051
Pien-	0	0,997	0,972	1,023	1,008	0,974	1,044
hiukkaset	1	1,021	0,995	1,048	0,987	0,953	1,021
	2	1,007	0,981	1,034	0,994	0,960	1,029
	3	1,007	0,980	1,034	1,010	0,975	1,045
	4	1,003	0,977	1,030	1,012	0,978	1,048
	D2	1,011	0,982	1,041	0,997	0,959	1,035
	D5	1,016	0,978	1,056	1,000	0,953	1,049

^x suhteellinen riski, ^{*} alempi 95 % luottamusraja, ⁺ ylempi 95 % luottamusraja,

[#] kahden päivän keskiarvopitoisuus (Viive 0 – Viive 1), [§] viiden päivän keskiarvopitoisuus (Viive 0 – Viive 4)

Taulukko 4. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys sydänkuolleisuuteen vuodenajoinn (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa). Vertailun vuoksi mukana pienhiukkaset.

	Viive (pv)	Talvi			Kevät		
		RR	lo 95%	hi 95%	RR	lo 95%	hi 95%
Karkeat	0	0,998	0,955	1,043	0,995	0,945	1,047
hiukkaset	1	0,971	0,928	1,016	1,021	0,969	1,076
	2	0,989	0,947	1,034	0,993	0,944	1,045
	3	1,012	0,971	1,056	0,976	0,929	1,026
	4	1,023	0,981	1,066	0,975	0,929	1,025
	D2	0,980	0,932	1,032	1,011	0,954	1,071
	D5	0,999	0,938	1,063	0,985	0,918	1,057
Pien-	0	0,995	0,958	1,033	1,018	0,968	1,070
hiukkaset	1	1,020	0,983	1,059	0,996	0,949	1,047
	2	1,004	0,967	1,043	1,014	0,965	1,066
	3	0,975	0,938	1,013	1,058	1,006	1,112
	4	0,982	0,945	1,021	1,036	0,985	1,089
	D2	1,009	0,968	1,052	1,008	0,955	1,065
	D5	0,991	0,941	1,043	1,041	0,975	1,111

Taulukko 5. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys hengityselinkuolleisuuteen vuodenajoin (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa). Vertailun vuoksi mukana pienhiukkaset.

	Viive (pv)	Talvi			Kevät		
		RR	lo 95%	hi 95%	RR	lo 95%	hi 95%
Karkeat	0	0,967	0,864	1,083	1,043	0,914	1,189
hiukkaset	1	1,090	1,000	1,188	0,975	0,875	1,087
	2	0,942	0,840	1,057	1,047	0,916	1,196
	3	1,028	0,932	1,133	0,937	0,830	1,057
	4	0,970	0,869	1,082	1,016	0,892	1,157
	D2	1,049	0,937	1,175	0,996	0,871	1,139
	D5	1,013	0,870	1,180	0,989	0,831	1,176
Pien-	0	0,921	0,834	1,017	1,133	0,993	1,293
hiukkaset	1	0,993	0,901	1,095	1,021	0,896	1,164
	2	0,978	0,886	1,080	1,028	0,901	1,174
	3	0,992	0,898	1,095	1,013	0,888	1,155
	4	0,942	0,851	1,042	1,061	0,928	1,212
	D2	0,946	0,847	1,055	1,093	0,946	1,263
	D5	0,933	0,815	1,068	1,095	0,919	1,304

Taulukko 6. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys sydänsairauksista aiheutuneisiin sairaalakäynteihin (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa).

	Viive (pv)	Talvi			Kevät		
		RR	lo 95%	hi 95%	RR	lo 95%	hi 95%
Karkeat	0	1,027	0,998	1,056	0,963	0,931	0,997
hiukkaset	1	1,028	0,998	1,058	0,971	0,937	1,006
	2	1,010	0,980	1,041	0,989	0,954	1,025
	3	0,998	0,970	1,026	0,995	0,961	1,031
	4	0,990	0,963	1,018	1,006	0,972	1,042
	D2	1,037	1,003	1,072	0,956	0,919	0,995
	D5	1,020	0,977	1,065	0,972	0,925	1,021
Pien-	0	0,971	0,946	0,996	1,032	0,997	1,069
hiukkaset	1	0,998	0,972	1,024	1,009	0,974	1,044
	2	1,002	0,976	1,029	1,009	0,975	1,045
	3	1,005	0,978	1,032	1,013	0,978	1,049
	4	1,007	0,980	1,035	1,013	0,978	1,050
	D2	0,980	0,952	1,009	1,026	0,987	1,066
	D5	0,993	0,958	1,030	1,027	0,980	1,076

Taulukko 7. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys hengityselinsairauksista aiheutuneisiin sairaalakäynteihin (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa).

	Viive (pv)	Talvi			Kevät		
		RR	lo 95%	hi 95%	RR	lo 95%	hi 95%
Karkeat	0	1,019	0,984	1,055	0,991	0,948	1,037
hiukkaset	1	0,999	0,963	1,037	1,003	0,957	1,051
	2	1,005	0,970	1,041	0,962	0,919	1,007
	3	0,991	0,958	1,026	0,994	0,951	1,040
	4	0,975	0,941	1,010	1,021	0,975	1,068
	D2	1,012	0,969	1,056	0,998	0,945	1,053
	D5	0,993	0,937	1,052	0,989	0,920	1,064
Pien-	0	1,021	0,987	1,057	0,998	0,954	1,044
hiukkaset	1	1,037	1,001	1,074	0,987	0,943	1,033
	2	0,981	0,946	1,018	1,022	0,975	1,071
	3	1,047	1,009	1,086	0,954	0,910	1,000
	4	0,992	0,955	1,030	1,004	0,957	1,054
	D2	1,039	0,999	1,082	0,988	0,939	1,041
	D5	1,040	0,985	1,099	0,976	0,912	1,044

Taulukko 8. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys lapsilla astmasta johtuneisiin poliklinikkakäynteihin (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa).

	Viive (pv)	Talvi			Kevät		
		RR	lo 95%	hi 95%	RR	lo 95%	hi 95%
Karkeat	0	1,066	0,902	1,260	0,943	0,772	1,151
hiukkaset	1	1,051	0,882	1,251	0,916	0,745	1,127
	2	1,067	0,918	1,241	0,944	0,784	1,137
	3	0,918	0,756	1,115	0,984	0,787	1,230
	4	0,986	0,828	1,174	1,021	0,833	1,251
	D2	1,079	0,878	1,325	0,906	0,712	1,153
	D5	1,043	0,797	1,363	0,896	0,654	1,227
Pien-	0	0,984	0,848	1,141	1,056	0,874	1,275
hiukkaset	1	0,961	0,825	1,118	1,074	0,888	1,299
	2	0,909	0,777	1,064	1,074	0,883	1,306
	3	0,900	0,767	1,056	1,090	0,895	1,327
	4	0,993	0,852	1,157	0,962	0,793	1,166
	D2	0,963	0,811	1,144	1,082	0,873	1,339
	D5	0,892	0,713	1,116	1,108	0,844	1,456

Tarkasteltaessa koko nastarengaskautta (marras-huhtikuu), saatiin viitteitä karkeiden hiukkasten vaikutuksista kokonaiskuolleisuuteen ja hengityselinsairauksista aiheutuneisiin kuolemiin. Sydämen ja verenkiertoelimistön

sairauksista aiheutuneet kuolemat eivät olleet yhteydessä hiukkaspitoisuuksiin (Taulukko 9). Tarkasteltaessa tarkempia diagnoosiluokkia, havaittiin viitteitä karkeiden hiukkasten yhteyksistä keuhkokuumeesta, keuhkohtaumataudista ja sydäninfarktista aiheutuneisiin kuolemiin (Taulukko 10).

Taulukko 9. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys kuolleisuuteen marras-huhtikuussa (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa).

Kuolleisuus	Viive (pv)	RR	lo 95%	hi 95%
Ei-tapaturmaiset	0	0,999	0,964	1,035
	1	0,999	0,964	1,035
	2	1,019	0,983	1,056
	3	1,011	0,977	1,047
	4	1,001	0,968	1,036
	D2	0,998	0,957	1,041
	D5	1,019	0,963	1,078
Sydänsairaudet	0	0,970	0,924	1,020
	1	0,951	0,906	0,998
	2	0,990	0,942	1,040
	3	0,992	0,946	1,041
	4	0,993	0,947	1,041
	D2	0,950	0,898	1,004
	D5	0,964	0,901	1,031
Hengityselin-sairaudet	0	0,956	0,834	1,097
	1	1,013	0,888	1,156
	2	1,026	0,892	1,180
	3	1,077	0,937	1,237
	4	1,013	0,887	1,158
	D2	0,982	0,840	1,148
	D5	1,078	0,879	1,323

Taulukko 10. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys kuolleisuuteen tarkemmissa diagnoosiluokissa marras-huhtikuussa (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa).

Kuolleisuus	Viive (pv)	RR	lo 95%	hi 95%
Sydäninfarkti	0	0,979	0,890	1,077
	1	1,003	0,911	1,104
	2	1,039	0,942	1,145
	3	1,067	0,967	1,177
	4	1,034	0,940	1,137
	D2	0,986	0,884	1,100
	D5	1,044	0,914	1,193
Aivoinfarkti	0	0,945	0,839	1,064
	1	0,932	0,829	1,049

	2	0,985	0,874	1,110
	3	1,003	0,892	1,127
	4	0,997	0,889	1,119
	D2	0,921	0,805	1,054
	D5	0,949	0,807	1,115
Keuhkokuume	0	0,933	0,780	1,116
	1	0,987	0,838	1,163
	2	0,958	0,804	1,142
	3	1,141	0,944	1,379
	4	1,081	0,904	1,293
	D2	0,942	0,769	1,153
	D5	1,021	0,772	1,350
Keuhkohtaumatauti	0	1,044	0,859	1,269
	1	1,141	0,934	1,395
	2	1,126	0,915	1,386
	3	1,009	0,833	1,221
	4	0,893	0,746	1,069
	D2	1,136	0,901	1,434
	D5	1,132	0,853	1,502

Hengityselinsairauksista aiheutuneet sairaalakäynnit tai lasten astma eivät olleet yhteydessä nastarengaskauden hiukkaspitoisuuksiin. Vain vähäisiä viitteitä saatiin karkeiden hiukkasten pitoisuuksien yhteydestä sydämen ja verenkiertoelimistön sairauksista aiheutuneisiin sairaalakäynteihin (Taulukko 11). Tarkasteltaessa rajatumpia diagnoosiluokkia, saatiin viitteitä karkeiden hiukkasten yhteyksistä sepelvaltimotaudista, sydäninfarktista tai rytmihäiriöistä sekä keuhkokuumeesta aiheutuneisiin sairaalahoitajaksoihin.

Taulukko 11. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys sairaalahoitajaksoihin ja lasten poliklinikkakäynteihin marras-huhtikuussa (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa).

Sairaalakäynnit	Viive (pv)	RR	lo 95%	hi 95%
Sydänsairaudet	0	1,011	0,978	1,045
	1	1,009	0,976	1,043
	2	0,992	0,960	1,025
	3	0,973	0,942	1,007
	4	0,974	0,942	1,007
	D2	1,012	0,975	1,052
	D5	0,982	0,936	1,031
Hengityselin-sairaudet	0	0,958	0,914	1,004
	1	0,978	0,931	1,027
	2	0,969	0,922	1,018
	3	1,007	0,958	1,059
	4	0,992	0,946	1,041
	D2	0,954	0,901	1,010
	D5	0,948	0,872	1,030
Lasten astma (poliklinikka)	0	0,949	0,799	1,126
	1	0,922	0,777	1,094
	2	0,968	0,820	1,143

3	0,873	0,737	1,033
4	1,060	0,894	1,257
D2	0,914	0,749	1,115
D5	0,887	0,679	1,159

Taulukko 12. Karkeiden hiukkasten päivittäisen pitoisuusvaihtelun yhteys sairaalahoitajaksoihin tarkemmissa diagnoosiluokissa marras-huhtikuussa (suhteellinen riski /10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kasvu hiukkaspitoisuudessa).

Sairaalakäynnit	Viive (pv)	RR	lo 95%	hi 95%
Sydäninfarkti	0	1,071	0,980	1,170
	1	1,000	0,918	1,089
	2	0,972	0,892	1,059
	3	1,034	0,946	1,129
	4	1,074	0,983	1,174
	D2	1,044	0,945	1,154
	D5	1,073	0,950	1,212
Aivoinfarkti	0	0,958	0,889	1,033
	1	0,968	0,898	1,043
	2	0,969	0,898	1,045
	3	1,038	0,960	1,122
	4	1,012	0,936	1,093
	D2	0,949	0,872	1,034
	D5	0,976	0,875	1,087
Rytmihäiriöt	0	1,032	0,949	1,122
	1	1,049	0,963	1,142
	2	1,023	0,941	1,112
	3	0,937	0,861	1,019
	4	0,946	0,870	1,029
	D2	1,052	0,954	1,159
	D5	0,986	0,873	1,115
Keuhkokuume	0	0,998	0,928	1,073
	1	1,035	0,960	1,115
	2	0,997	0,925	1,075
	3	0,996	0,925	1,072
	4	0,963	0,896	1,034
	D2	1,022	0,937	1,115
	D5	0,997	0,886	1,121
Astma ja keuhkohtaumatauti	0	0,949	0,799	1,126
	1	0,922	0,777	1,094
	2	0,968	0,820	1,143
	3	0,873	0,737	1,033
	4	1,060	0,894	1,257
	D2	0,914	0,749	1,115
	D5	0,887	0,679	1,159

Katsaus uusiin tutkimustuloksiin katupölyn terveyshaitoista

Johdanto

Yhdyskuntailman hiukkasten haitallisuuteen terveydelle vaikuttavat sekä koko että koostumus. Katupölyn koostumus vaihtelee alueellisesti ja ajallisesti. Suomessa katupölyssä on mukana ennen kaikkea mineraalihiukkasia tienpintojen kulumisesta ja hiekoitushiekasta, mutta myös tiesuolaa, metallihiukkasia ajoneuvojen jarrujen, kytkimen, moottorin ja renkaiden nastojen kulumisesta, kumihiukkasia renkaiden kulumisesta sekä hienoksi jauhautuneita kasvinosia ja siitepölyä. Isompien katupölyhiukkasten pinnalla voi myös olla bakteeriperäisiä yhdisteitä sekä nokihiukkasia. Tieliikenne nostaa ilmaan myös luonnonympäristöistä tai rakennustyömailta peräisin olevia maaperähiukkasia.

Katupölyhiukkaset ovat suurempia kuin pakokaasuhiukkaset tai muut polttoperäiset hiukkaset. Suurin osa polttoperäisistä hiukkasista on (aerodynaamiselta) läpimitaltaan alle 2,5 µm – kokoluokkaa kutsutaan nimellä pienhiukkaset. Vain pieni osa katupölystä on pienhiukkasia. Merkittävä osa katupölystä on kooltaan 2,5-10 µm (mikrometriä) – kokoluokkaa kutsutaan nimellä karkeat hengitettävät hiukkaset (tekstissä jatkossa ”karkeat hiukkaset”). Mittaamalla karkeiden hiukkasten pitoisuutta ilmassa saadaan arvio katupölyn määrästä. Kyseessä on vain arvio, sillä karkeita hiukkasia pääsee ilmaan myös suoraan luonnonympäristöistä sekä rakennustyömailta. Katupölyyn kuuluu runsaasti myös 10 µm suurempia hiukkasia, mutta näiden terveydellinen merkitys rajoittuu esimerkiksi silmien ja nenän ärsytysoireisiin, sillä ne ovat liian suuria kulkeutuakseen juurikaan ylähengitysteitä syvemmälle.

Pitkään katupölyn katsottiin aiheuttavan lähinnä ärsytysoireita ja vähentävän elinympäristön viihtyisyyttä. Katupölyn vakavien terveyshaittojen tutkimuksessa oli myös pitkä tauko, joka ilmeisesti osin johtui muutamasta 90-luvun yhdysvaltalaisesta epidemiologisesta tutkimuksesta, joissa karkeilla hiukkasilla ei havaittu yhteyttä kuolleisuuteen (Shwartz ym. 1996, 1999). Tutkimusten vähäisyyteen vaikuttivat myös oletukset siitä, että karkeat hiukkaset/katupöly on koostumuksensa (runsaasti maaperäainesta) sekä kokonsa (tunkeutuu heikosti keuhkojen ääreisosiin) vuoksi suhteellisen haitatonta. Maailman terveysjärjestön vuoden 2005 katsauksessa ilmansaasteiden terveyshaitoista todetaan, että karkeiden hiukkasten on raportoitu monissa toksikologisissa tutkimuksissa olevan haitallisia, mutta epidemiologia (väestötason) tutkimuksia pidemmälle menevien johtopäätösten tekemiseksi on liian vähän (WHO 2006).

Vakavat terveyshaitat

Ilmansaasteiden vakavat haitat terveydelle voidaan jakaa lyhytaikaisen ja pitkäaikaisen altistumisen aiheuttamiin haittoihin. Lyhytaikaishaittoja arvioidaan epidemiologisissa tutkimuksissa vertaamalla ilmansaasteiden päivittäispitoisuuksia päivittäiseen vaihteluun sairaalakäyntien tai kuolemantapauksien määrässä tutkimusalueella. Pitkäaikaishaittoja arvioidaan mallintamalla asuinalueille vuosittaiset ilmansaastepitoisuudet, ja vertaamalla alueiden välisiä eroja esimerkiksi sairauksien esiintyvyydessä. Pitkäaikaisen altistumisen tason määrää yleensä asuinpaikka, sillä kotona vietetään tyypillisesti suurin osa ajasta viikon aikana.

Vuonna 2005 ilmestyi katsausartikkeli (Brunekreef&Forsberg), jossa esitettiin että siihen mennessä ilmestyneiden, joskin vähäisten, epidemiologisten tutkimusten perusteella karkeat hiukkaset olivat yhteydessä myös vakaviin terveyshaittoihin. Tämän herätteen jälkeen on monissa uusissa epidemiologisissa tutkimuksissa raportoitu kuolleisuuden ja sairastuvuuden lisääntyvän kohonneita karkeiden hiukkasten pitoisuuksia seuranneina päivinä (esim. Chen ym. 2005, Peng ym. 2008, Perez ym. 2009, Zanobetti ym. 2009).

Vuonna 2009 USAn Ympäristönsuojeluvirasto (U.S. EPA) totesi laajassa ilmansaasteiden terveyshaittoja käsitelleessä katsauksessaan, että yleisesti ottaen epidemiologiset tutkimukset raportoivat lyhytaikaisen karkeille hiukkasille altistumisen olevan yhteydessä lisääntyneeseen kuolleisuuteen ja hengityselin- ja sydänsairauksista aiheutuneisiin sairaalakäynteihin (U.S.EPA 2009). Karkeiden hiukkasten vaikutusten sydänsairauksiin todettiin olevan samansuuruisia kuin pienhiukkasten vaikutusten. Luotettavaa arviointia karkeiden hiukkasten vaikutuksista hengityselinsairauksiin vaikeutti katsauksessa se, että tutkimuksia oli tehty vain harvoilla maantieteellisillä alueilla. Perustuen sekä toksikologisiin että epidemiologisiin tutkimustuloksiin U.S. EPA totesi lopuksi, että lyhytaikaisen karkeille hiukkasille altistumisen ja sydän- ja hengityselinsairauksien ja kuolleisuuden välillä oli viitteitä (suggestive evidence) syy-seuraussuhteesta.

Vuoden 2009 jälkeen on ilmestynyt useita epidemiologisia tutkimuksia, joissa korkeat karkeiden hiukkasten päivittäiset pitoisuudet on yhdistetty lisääntyneeseen kuolleisuuteen: pitoisuudet ovat olleet yhteydessä niin sydänsairauksista (Atkinson ym. 2010, Chen ym. 2011, Malig ym. 2009, Mallone ym. 2011) kuin hengityselinsairauksistakin aiheutuneisiin kuolemiin (Chen ym. 2011) sekä kokonaiskuolleisuuteen (Meister ym. 2012, Tobias ym. 2011). Uutena tutkimusalueena on ollut Aasia: karkeiden hiukkasten raportoitiin lisäävän hengityselinsairauksista aiheutuneita sairaalakäyntejä Hong Kongissa (Qiu ym. 2012). Tarkempia diagnosoiluoikkia käytettäessä karkeiden hiukkasten havaittiin tutkimuksessa olevan yhteydessä sekä astmaan että keuhkohtaumatautiin.

Karkeiden hiukkasten haitallisuutta on arvioitu myös Suomessa, jossa tutkimusalueena on ollut pääkaupunkiseutu. Karkeiden hiukkasten on havaittu olevan yhteydessä hengityselinsairauksista aiheutuneisiin kuolemiin sekä heikommin sairaalahoitajaksoihin; vaikutuksia oli erityisesti astmaan/keuhkohtaumatautiin sekä keuhkokuumeeseen (Halonen ym. 2009). Altistuminen ei ollut yhteydessä sydänsairauksista aiheutuneisiin kuolemiin. Sen sijaan tutkimuksessa saatiin viitteitä karkeiden hiukkasten yhteydestä sydänsairauksista, lähinnä sepelvaltimotaudista (sis. sydäninfarktit), aiheutuneisiin sairaalahoitajaksoihin. Muissa ilmansaasteiden vaikutuksia sydämen ja verenkiertoelimistön terveyteen arvioineissa tutkimuksissa raportoitiin karkeiden hiukkasten olevan yhteydessä iskeemisestä aivohalvauksesta aiheutuneisiin kuolemiin (Kettunen ym. 2007), mutta ei sairaalan ulkopuolella tapahtuneisiin sydänpysähdyksiin (Rosenthal ym. 2013).

Pääkaupunkiseudulla on myös arvioitu karkeiden hiukkasten yhteyksiä lasten astman ja aikuisten sekä vanhusten astman/keuhkohtaumataudin pahenemisesta aiheutuneisiin päivystyskäynteihin (Halonen ym. 2008). Vaikutuksia havaittiin niin aikuisilla kuin vanhuksillakin, mutta ei juurikaan lapsilla, joilla astman paheneminen liittyi lähinnä pakokaasupäästöihin.

U.S. EPA:n 2009 katsauksessa ei pitkäaikaisen karkeille hiukkasille altistumisen haitoista pystytty sanomaan mitään tutkimusten vähäisyyden vuoksi, eikä tilanne ole muuttunut tämän jälkeen. Vain kahdessa uudessa tutkimuksessa on arvioitu pitkäaikaishaittoja, ja molemmat näistä on toteutettu USAssa. Ensimmäisessä tutkimuksessa karkeat hiukkaset eivät olleet yhteydessä kuolleisuuteen tai sepelvaltimotaudin ilmaantuvuuteen naisilla (Puett ym. 2009). Toisessa tutkimuksessa havaittiin karkeiden hiukkasten olevan heikosti yhteydessä miesten sydänterveyteen (Puett ym. 2011). Tutkimustietoa tulee lähivuosina kuitenkin runsaasti lisää, sillä eurooppalainen ESCAPE-tutkimus on edennyt raportointivaiheeseen: ensimmäiset tulokset julkaistaan tänä vuonna (2013).

Hiukkasten koostumuksen merkitys

Ilmansaasteiden terveyshaitat aiheutuvat nykytiedon perusteella kahden, osin toisiinsa yhteyksissä olevan, vaikutusmekanismin kautta (Brook ym. 2010, Lee&Widdicombe 2001). Sisään hengitetty hiukkanen voi aiheuttaa keuhkoissa paikallisen tulehduksen, joka pahentaa hengityselinsairauksia; tulehdus voi edelleen edetä välittäjäaineiden avulla muualle elimistöön, ja pahentaa sydänsairauksia vaikuttamalla verisuonten seinämiin. Toinen vaikutusketju käynnistyy hiukkasten stimuloimissa keuhkoissa olevia hermopäätteitä;

tämä voi johtaa hengityselimistöissä ärsytysreaktioihin, mutta myös vaikuttaa autonomisen hermoston kautta haitallisesti sydämen syketaajuuteen. Suurin osa vaikutusmekanismeja arvioineista tutkimuksista on käsitellyt pienhiukkasia, mutta myös karkeat hiukkaset on yhdistetty viimeaikaisissa tutkimuksissa esimerkiksi tulehdusreaktioihin ja sydämen syketaajuuden muutoksiin (Graff ym. 2009, Lipsett ym. 2006, Manney ym. 2012). Tällä hetkellä ei ole perusteita olettaa katupölyn vaikutusmekanismien eroavan pienhiukkasten vaikutusmekanismeista.

Katupölyssä on monia ainesosia, jotka voivat mahdollisesti käynnistää vakaviin terveyshaittoihin liittyvät tapahtumaketjut – eri ainesosien suhteellista merkitystä ei kuitenkaan tiedetä. Toksikologisissa solukokeissa puhtaiden maaperän mineraalienkin on havaittu lisäävän tulehdusta (Øvrevik ym. 2009, Schwarze ym. 2007). Ruotsalaisessa tutkimuksessa on suoraan yhdistetty nastarenkaiden kuluttavan vaikutuksen johdosta tienpinnasta irtoavat hiukkaset tulehdukseen solutasolla (Lindbom ym. 2007). Solukokeissa on todettu myös bakteeriperäisten endotoksiinien johtavan tulehdusreaktioon; endotoksiineja on karkeissa hiukkasissa enemmän kuin pienhiukkasissa (Becker ym. 2005, Osornio-Vargas ym. 2003, Soukup&Becker 2001). Metallipitoiset hiukkaset on toisaalta yhdistetty vakaviin terveyshaittoihin myös viimeaikaisissa epidemiologisissa tutkimuksissa (esim. Bell ym. 2009, Mostofsky ym. 2012, Suh ym. 2011).

Vain harvassa väestötason tutkimuksessa on pyritty selvittämään, mitkä karkeiden hiukkasten lähteet ovat yhteydessä haittoihin. Espanjalaisessa tutkimuksessa (Ostro ym. 2011) selvitettiin hengitettävien hiukkasten (PM₁₀, läpimitta <10 µm) lähteet, ja havaittiin niin maaperän mineraalihiukkasten kuin erikseen katupölynkin olevan yhteydessä kuolleisuuteen. Tukholmassa toteutetussa tutkimuksessa olivat karkeat hiukkaset yhteydessä kuolleisuuteen lievästi vahvemmin talviaikaan kuin muuna aikana vuodesta (Meister ym. 2012). Tämä viittaa siihen, että ihmistoiminnasta aiheutuvat karkeat hiukkaset, joista suuri osa talvisessa Tukholmassa aiheutuu nastarenkaista ja hiekoituksesta, ovat yhteydessä vakaviin terveyshaittoihin.

Viitteitä siitä että myös luonnonympäristöistä peräisin olevat karkeat hiukkaset voivat olla haitallisia on myös kertynyt viime vuosina. Aavikoilta tuulen mukana kulkeutuva hiekka on yhdistetty lisääntyneeseen päivittäiseen kuolleisuuteen monissa tutkimuksissa (Chan ym. 2011, Jimenez ym. 2010, Lopez-Villarubia ym. 2012, Mallone ym. 2011, Perez ym. 2008, Zauli Sajani ym. 2011, Tobias ym. 2011), vaan ei kaikissa (Samoli ym. 2011). Tulosten perusteella ei kuitenkaan vielä pystytä sanomaan, ovatko aavikoilta peräisin olevat karkeat hiukkaset vahvemmin yhteydessä hengityselin- vai sydänsairauksiin, tai onko aavikkohiekka enemmän vai vähemmän haitallista kuin esimerkiksi katupöly. Epäselvää on myös, selittävätkö hiekan haitallisuutta maaperämineraalit vai hiekkamyrskyjen aikana samalla, joskin vähäisemmässä määrin, kulkeutuvat ihmistoiminnasta peräisin olevat hiukkaset tai biologinen aines.

Pieni osa katupölystä on kokonsa puolesta pienhiukkasia. Useammassa tutkimuksessa on arvioitu eri lähteistä peräisin olevien pienhiukkasten yhteyttä vakaviin terveyshaittoihin. Yhtenä lähteenä tutkimuksissa on yleensä ollut maaperä, jonka voidaan olettaa useimmissa tapauksissa heijastavan lähinnä katupölyn määrää. Maaperähiukkasten on havaittu useammassa tutkimuksessa olevan yhteydessä sydänsairauksien pahenemiseen (Andersen ym. 2007, Cakmak ym. 2009, Ito ym. 2006, Ostro ym. 2011), ja yhdessä tutkimuksessa hengityselinsairauksista aiheutuneisiin sairaalakäynteihin (Cakmak ym. 2009). Kaikissa tutkimuksissa maaperähiukkasten yhteyttä vakaviin terveyshaittoihin ei kuitenkaan ole havaittu (Lall ym. 2011, Mar ym. 2006, Schreuder ym. 2006).

Kahdessa tuoreessa tutkimuksessa on arvioitu raskauden aikaisen maaperän pienhiukkasille altistumisen vaikutuksia syntyvään lapseen (Bell ym. 2012, Wilhelm ym. 2012): molemmissa raportoitiin altistumisen olevan yhteydessä alentuneeseen syntymäpainoon. Molemmissa tutkimuksissa myös liikenteen pakokaasuhiukkaset olivat yhteydessä lapsen painoon. On epäselvää, kuinka hyvin pakokaasujen ja katupölyn vaikutuksia pystytään erottelamaan pitkäaikaistutkimuksissa, sillä vilkasliikenteisellä alueella asuvat altistuvat samanaikaisesti molemmille.

Lievät terveyshaitat

Lievillä terveyshaitoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä esimerkiksi hengityselin- ja sydänoireita, lisääntyneitä lääkityksen tarvetta, ja työstä tai koulusta poissaoloja. Katupöly voi kuitenkin aiheuttaa elimistössä myös sellaisia fysiologisia vasteita joita henkilö ei itse havaitse, ja jotka eivät yleensä johda vakavampiin haittoihin lyhyellä tähtäimellä.

Ympäristöaltisteiden aiheuttamat vakavat terveyshaitat muodostavat yleensä vain pyramidin huipun lievien vaikutusten koskiessa paljon suurempaa joukkoa ihmisiä. Tästä huolimatta katupölyn lieviä terveyshaitoista on vähemmän uusia tutkimuksia kuin vakavista haitoista. Syitä tähän on varmasti useampia: sopivien aineistojen puute lievien haittojen tutkimiseksi, oletus siitä että lievät haitat jo tunnustetaan, vakavien haittojen suurempi painoarvo poliittisessa päätöksenteossa ja vaikutusarvioinneissa, sekä vakaviin haittoihin liittyvä suuri inhimillinen kärsimys. Vaarana kuitenkin on, että lieviin haittoihin ei lopulta kiinnitetä lainkaan huomiota, vaikka niihin saattaa liittyä suuria taloudellisia kustannuksia (esimerkiksi työstä poissaolot) elämänlaadun heikkenemisen lisäksi.

Vilkasliikenteisillä alueilla asuminen on yhdistetty uusissa epidemiologisissa tutkimuksissa esimerkiksi aikuisilla hengenahdistukseen, lisääntyneeseen limaneritykseen ja vinkuvaan hengitykseen (Bayer-Oglesby ym. 2006), ja lapsilla yskään ja lisääntyneeseen limantuottoon (Migliore ym. 2009). Vilkkaan tien varrella asumiseen yhdistyy sekä pakokaasuille että katupölylle altistuminen, minkä vuoksi puhtaasti katupölystä aiheutuvien pitkäaikaishaittojen erottelu on vaikeaa. Siten esimerkiksi sveitsiläisessä tutkimuksessa sekä pakokaasujen typpidioksidille, hengitettävälle hiukkasille että kokonaisleijumalle (käsittää kaikki ilmassa olevat hiukkaset koosta riippumatta; suuri osa katupölyä) altistuminen pitkäaikaisesti lisäsi riskiä kärsiä kroonisesta yskästä, limanerityksestä ja hengenahdistuksesta (Zemp ym. 1999). Ruotsalaisessa tutkimuksessa sekä liikenteen tyypin oksidit että hengitettävät hiukkaset olivat yhteydessä lapsen ensimmäisen elinvuoden aikana hengityksen vinkunaan ja lisääntyneeseen herkkyteen allergeeneille (Nordling ym. 2008).

Jossain määrin paremmin karkeiden hiukkasten vaikutukset voidaan erottaa muiden hiukkasten (ja kaasumaisten ilmansaasteiden) vaikutuksista paneelitutkimuksissa, joissa tutkimushenkilöiden päivittäisiä oireita verrataan päivittäisiin hiukkaspitoisuuksiin. Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa korkeat karkeiden hiukkasten pitoisuudet eivät olleet yhteydessä oireisiin aikuisilla, mutta lapsilla altistuminen oli yhteydessä yskään, lisääntyneeseen limaneritykseen ja vuotavaan nenään (Mar ym. 2004). Lapset ovat siis tutkimuksen perusteella herkempiä karkeiden hiukkasten haitoille kuin aikuiset. Astmaa sairastavilla lapsilla karkeille hiukkasille altistuminen on yhdistetty, jälleen Yhdysvalloissa, hengityksen vinkunaan (Mann ym. 2010), ja pienhiukkasten kokoluokassa olevalle katupölylle altistuminen vinkuvan hengityksen lisäksi pitkittyneeseen yskään ja hengenahdistukseen (Gent ym. 2009). Altistuminen lisäsi jälkimmäisessä tutkimuksessa myös astmalääkityksen tarvetta. Katupöly oli tutkimuksessa hieman vahvemmin yhteydessä oireisiin ja lääkityksen käyttöön kuin liikenteen pakokaasupäästöt.

Karkeiden hiukkasten on raportoitu olevan yhteydessä hengityselinoireisiin vahvemmin kuin liikenteen pakokaasupäästöjen myös aikuisilla astmasta tai keuhkohtaumataudista kärsivillä henkilöillä (Karakatsani ym. 2012). Tutkimuksessa oli mukana neljä eurooppalaista kaupunkia, mukaan lukien Helsinki. Sen sijaan aiemmassa, pelkästään Helsingissä toteutetussa tutkimuksessa karkeat hiukkaset eivät olleet yhteydessä astmaatikoilla hengityselinoireisiin tai lääkityksen käyttöön (Penttinen ym. 2001). Kuopiossa toteutetussa tutkimuksessa raportoitiin maaperähiukkasten korkeiden kevätpitoisuuksien olevan yhteydessä yskään lapsilla, joilla oli aiemmin ollut kroonisia hengityselinoireita (Tiittanen ym. 1999).

Viitteet

- Andersen ZJ, Wahlin P, Raaschou-Nielsen O, Scheike T, Loft S. 2007. Ambient particle source apportionment and daily hospital admissions among children and elderly in Copenhagen. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 17:625-36.
- Atkinson RW, Fuller GW, Anderson HR, Harrison RM, Armstrong B. 2010. Urban ambient particle metrics and health: a time-series analysis. *Epidemiology* 21:501-11.
- Bayer-Oglesby L, Schindler C, Hazenkamp-von Arx ME, Braun-Fahrländer C, Keidel D, Rapp R, et al., SAPALDIA Team. 2006. Living near main streets and respiratory symptoms in adults: the Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults. *Am J Epidemiol* 164:1190-8.
- Becker S, Mundandhara S, Devlin RB, Madden M. Regulation of cytokine production in human alveolar macrophages and airway epithelial cells in response to ambient air pollution particles: further mechanistic studies. 2005. *Toxicol Appl Pharmacol* 207(2 Suppl):269-75.
- Bell ML, Belanger K, Ebisu K, Gent JF, Lee HJ, Koutrakis P, Leaderer BP. 2010. Prenatal exposure to fine particulate matter and birth weight: variations by particulate constituents and sources. *Epidemiology* 21:884-91.
- Bell ML, Ebisu K, Peng RD, Samet JM, Dominici F. 2009. Hospital admissions and chemical composition of fine particulate air pollution. *Am J Resp Crit Med* 179: 1115-1120.
- Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, et al., American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. 2010. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 121:2331-78.
- Brunekreef B, Forsberg B. 2005. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur Respir J* 26:309-18.
- Cakmak S, Dales RE, Gultekin T, Vidal CB, Farnendaz M, Rubio MA, Oyola P. 2009. Components of particulate air pollution and emergency department visits in Chile. *Arch Environ Occup Health* 64:148-55.
- Chan CC, Ng HC. 2011. A case-crossover analysis of Asian dust storms and mortality in the downwind areas using 14-year data in Taipei. *Science of the Total Environment* 410: 47-52.
- Chen LH, Knutsen SF, Shavlik D, Beeson WL, Petersen F, Ghamsary M, Abbey D. 2005. The association between fatal coronary heart disease and ambient particulate air pollution: Are females at greater risk? *Environ Health Perspect* 113:1723-9.
- Chen R, Li Y, Ma Y, Pan G, Zeng G, Xu X, Chen B, Kan H. 2011. Coarse particles and mortality in three Chinese cities: the China Air Pollution and Health Effects Study (CAPES). *Sci Total Environ* 409:4934-8.
- Gent JF, Koutrakis P, Belanger K, Triche E, Holford TR, Bracken MB, Leaderer BP. 2009. Symptoms and medication use in children with asthma and traffic-related sources of fine particle pollution. *Environ Health Perspect* 117:1168-74.
- Graff DW, Cascio WE, Rappold A, Zhou H, Huang YC, Devlin RB. 2009. Exposure to concentrated coarse air pollution particles causes mild cardiopulmonary effects in healthy young adults. *Environ Health Perspect* 117:1089-94.

- Halonen JI, Lanki T, Yli-Tuomi T, Tiittanen P, Kulmala M, Pekkanen J. Particulate air pollution and acute cardiorespiratory hospital admissions and mortality among the elderly. 2009. *Epidemiology* 20:143-53.
- Ito K, Christensen WF, Eatough DJ, Henry RC, Kim E, Laden F, et al. 2006. PM source apportionment and health effects: 2. An investigation of intermethod variability in associations between source-apportioned fine particle mass and daily mortality in Washington, DC. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 16:300-10.
- Jiménez E, Linares C, Martínez D, Díaz J. 2010. Role of Saharan dust in the relationship between particulate matter and short-term daily mortality among the elderly in Madrid (Spain). *Sci Total Environ* 408:5729-36.
- Karakatsani A, Analitis A, Perifanou D, Ayres JG, Harrison RM, Kotronarou A, et al. 2012. Particulate matter air pollution and respiratory symptoms in individuals having either asthma or chronic obstructive pulmonary disease: a European multicentre panel study. *Environ Health* 5;11:75.
- Kettunen J, Lanki T, Tiittanen P, Aalto PP, Koskentalo T, Kulmala M, Salomaa V, Pekkanen J. 2007. Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in an area of low air pollution levels. *Stroke* 38:918-22.
- Lall R, Ito K, Thurston GD. Distributed lag analyses of daily hospital admissions and source-apportioned fine particle air pollution. 2011. *Environ Health Perspect* 119:455-60.
- Lee LY, Widdicombe JG. 2001. Modulation of airway sensitivity to inhaled irritants: role of inflammatory mediators. *Environ Health Perspect* 109 Suppl 4:585-9.
- Lindbom J, Gustafsson M, Blomqvist G, Dahl A, Gudmundsson A, Swietlicki E, Ljungman AG. Wear particles generated from studded tires and pavement induces inflammatory reactions in mouse macrophage cells. 2007. *Chem Res Toxicol* 20:937-46.
- Lipsett MJ, Tsai FC, Roger L, Woo M, Ostro BD. 2006. Coarse particles and heart rate variability among older adults with coronary artery disease in the Coachella Valley, California. *Environ Health Perspect* 114:1215-20.
- Lopez-Villarrubia E, Iniguez EC, et al. 2012. Characterizing mortality effects of particulate matter size fractions in the two capital cities of the Canary Islands. *Environmental Research* 112: 129-138.
- Malig BJ, Ostro BD. 2009. Coarse particles and mortality: evidence from a multi-city study in California. *Occup Environ Med* 66:832-9.
- Mallone S, Stafoggia M, Faustini A, Gobbi GP, Marconi A, Forastiere F. 2011. Saharan Dust and Associations between Particulate Matter and Daily Mortality in Rome, Italy. *Environ Health Perspect* 10: 1409-1414.
- Mann JK, Balmes JR, Bruckner TA, Mortimer KM, Margolis HG, Pratt B, Hammond SK, Lurmann FW, Tager IB. 2010. Short-term effects of air pollution on wheeze in asthmatic children in Fresno, California. *Environ Health Perspect* 118:1497-502.
- Manney S, Meddings CM, Harrison RM, Mansur AH, Karakatsani A, Analitis A, et al. 2012. Association between exhaled breath condensate nitrate + nitrite levels with ambient coarse particle exposure in subjects with airways disease. *Occup Environ Med* 69:663-9.
- Mar TF, Ito K, Koenig JQ, Larson TV, Eatough DJ, Henry RC, et al. 2006. PM source apportionment and health effects. 3. Investigation of inter-method variations in associations between estimated source contributions of PM_{2.5} and daily mortality in Phoenix, AZ. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 16:311-20.

Mar TF, Larson TV, Stier RA, Claiborn C, Koenig JQ. 2004. An analysis of the association between respiratory symptoms in subjects with asthma and daily air pollution in Spokane, Washington. *Inhal Toxicol* 16(13):809-15.

Meister K, Johansson C, Forsberg B. Estimated short-term effects of coarse particles on daily mortality in Stockholm, Sweden. 2012. *Environ Health Perspect* 120:431-6.

Migliore E, Berti G, Galassi C, Pearce N, Forastiere F, Calabrese R, et al., SIDRIA-2 Collaborative Group. 2009. Respiratory symptoms in children living near busy roads and their relationship to vehicular traffic: results of an Italian multicenter study (SIDRIA 2). *Environ Health* 18;8:27.

Mostofsky E, Schwartz J, Coull BA, Koutrakis P, Wellenius GA, Suh HH, et al. 2012. Modeling the association between particle constituents of air pollution and health outcomes. *Am J Epidemiol* 176:317-26.

Nordling E, Berglind N, Melén E, Emenius G, Hallberg J, Nyberg F, Pershagen G, Svartengren M, Wickman M, Bellander T. 2008. Traffic-related air pollution and childhood respiratory symptoms, function and allergies. *Epidemiology* 19:401-8.

Osornio-Vargas AR, Bonner JC, Alfaro-Moreno E, Martínez L, García-Cuellar C, Ponce-de-León Rosales S, Miranda J, Rosas I. 2003. Proinflammatory and cytotoxic effects of Mexico City air pollution particulate matter in vitro are dependent on particle size and composition. *Environ Health Perspect* 111:1289-93.

Ostro B, Tobias A, Querol X, Alastuey A, Amato F, Pey J, Pérez N, Sunyer J. 2011. The effects of particulate matter sources on daily mortality: a case-crossover study of Barcelona, Spain. *Environ Health Perspect* 119:1781-7.

Øvrevik J, Låg M, Holme JA, Schwarze PE, Refsnes M. 2009. Cytokine and chemokine expression patterns in lung epithelial cells exposed to components characteristic of particulate air pollution. *Toxicology* 259: 46-53.

Peng RD, Chang HH, Bell ML, McDermott A, Zeger SL, Samet JM, Dominici F. Coarse particulate matter air pollution and hospital admissions for cardiovascular and respiratory diseases among Medicare patients. *JAMA*. 2008 May 14;299(18):2172-9.

Penttinen P, Timonen KL, Tiittanen P, Mirme A, Ruuskanen J, Pekkanen J. 2001. Ultrafine particles in urban air and respiratory health among adult asthmatics. *Eur Respir J* 17:428-35.

Perez L, Tobias A, Querol X, Künzli N, Pey J, Alastuey A, Viana M, Valero N, González-Cabré M, Sunyer J. 2008. Coarse particles from Saharan dust and daily mortality. *Epidemiology* 19:800-7.

Perez L, Medina-Ramón M, Künzli N, Alastuey A, Pey J, et al. 2009. Size fractionate particulate matter, vehicle traffic, and case-specific daily mortality in Barcelona, Spain. *Environ Sci Technol* 43:4707-14.

Puett RC, Hart JE, Yanosky JD, Paciorek C, Schwartz J, Suh H, Speizer FE, Laden F. 2009. Chronic fine and coarse particulate exposure, mortality, and coronary heart disease in the Nurses' Health Study. *Environ Health Perspect* 117:1697-701.

Puett RC, Hart JE, Suh H, Mittleman M, Laden F. Particulate matter exposures, mortality, and cardiovascular disease in the Health Professionals Follow-up Study. 2011. *Environ Health Perspect* 119:1130-1135.

Qiu, H., I. T. S. Yu, et al. 2012. Effects of Coarse Particulate Matter on Emergency Hospital Admissions for Respiratory Diseases: A Time-Series Analysis in Hong Kong. *Environmental Health Perspectives* 120: 572-576.

Rosenthal FS, Kuisma M, Lanki T, Hussein T, Boyd J, Halonen JI, Pekkanen J. 2013. Association of ozone and particulate air pollution with out-of-hospital cardiac arrest in Helsinki, Finland: Evidence for two different etiologies. *J Expo Sci Environ Epidemiol* in press PubMed PMID: 23361443.

Samoli E, Kougea E, et al. 2011. Does the presence of desert dust modify the effect of PM10 on mortality in Athens, Greece? *Science of the Total Environment* 409: 2049-2054.

Schreuder AB, Larson TV, Sheppard L, Claiborn CS. 2006. Ambient woodsmoke and associated respiratory emergency department visits in Spokane, Washington. *Int J Occup Environ Health* 12:147-53.

Schwartz J, Dockery DW, Neas LM. 1996. Is daily mortality associated specifically with fine particles? *J Air Waste Manag Assoc* 46:927-39.

Schwartz J, Norris G, Larson T, Sheppard L, Claiborne C, Koenig J. 1999. Episodes of high coarse particle concentrations are not associated with increased mortality. *Environ Health Perspect* 107: 339-42.

Schwarze PE, Øvrevik J, Hetland RB, Becher R, Cassee FR, Låg M, Løvik M, Dybing E, Refsnes M. 2007. Importance of size and composition of particles for effects on cells in vitro. *Inhal Toxicol* 19 Suppl 1:17-22.

Soukup JM, Becker S. 2001. Human alveolar macrophage responses to air pollution particulates are associated with insoluble components of coarse material, including particulate endotoxin. *Toxicol Appl Pharmacol* 171:20-6.

Tiittanen P, Timonen KL, Ruuskanen J, Mirme A, Pekkanen J. 1999. Fine particulate air pollution, resuspended road dust and respiratory health among symptomatic children. *Eur Respir J* 13:266-73.

Tobías A, Pérez L, Díaz J, Linares C, Pey J, Alastruey A, Querol X. 2011. Short-term effects of particulate matter on total mortality during Saharan dust outbreaks: a case-crossover analysis in Madrid (Spain). *Sci Total Environ*. 412-413:386-9.

U.S. EPA. 2009. Integrated Science Assessment for Particulate Matter (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F.

WHO. 2006. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. World Health Organization, Regional Office for Europe, 484 s.

Wilhelm M, Ghosh JK, Su J, Cockburn M, Jerrett M, Ritz B. 2012. Traffic-related air toxics and term low birth weight in Los Angeles County, California. *Environ Health Perspect* 120:132-8.

Zanobetti A, Franklin M, Koutrakis P, Schwartz J. 2009. Fine particulate air pollution and its components in association with cause-specific emergency admissions. *Environ Health* 8:58.

Zauli Sajani S, Miglio R, Bonasoni P, Cristofanelli P, Marinoni A, Sartini C, et al. 2011. Saharan dust and daily mortality in Emilia-Romagna (Italy). *Occup Environ Med* 68:446-51.

Zemp E, Elsasser S, Schindler C, Künzli N, Perruchoud AP, Domenighetti G, Medici T, Ackermann-Liebrich U, Leuenberger P, Monn C, Bolognini G, Bongard JP, Brändli O, Karrer W, Keller R, Schöni MH, Tschopp JM, Villiger B, Zellweger JP. 1999. Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study) The SAPALDIA Team. *Am J Respir Crit Care Med* 159(4 Pt 1):1257-66.

Johtopäätökset

Pääkaupunkiseudulla toteutetussa epidemiologisessa tutkimuksessa saatiin viitteitä jokakeväisten korkeiden katupölypitoisuuksien yhteyksistä hengityselinsairauksista aiheutuneisiin kuolemiin. Katupöly (karkeat hengitettävät hiukkaset) oli kuitenkin vahvemmin yhteydessä terveyteen talvella kuin keväällä. Tämä voi johtua siitä, että katupölyn koostumus on haitallisempaa talvella - vaihtoehtoisesti kroonisesti sairaat saattavat olla herkempiä katupölyn vaikutuksille ulkoilman lämpötilan ollessa matala.

Katupölyn mahdollisesti aiheuttamia vakavia terveystahittoja tarkasteltiin myös erikseen nastarengaskaudella (marras-huhtikuu). Näissä analyyseissä saatiin viitteitä korkeiden katupölypitoisuuksien yhteyksistä hengityselinsairauksista ja sydäninfarktista aiheutuneisiin kuolemiin. Lisäksi katupölypitoisuudet olivat heikosti yhteydessä sydänsairauksista ja keuhkokuumeesta aiheutuneisiin sairaalakäynteihin. Sen sijaan lasten astmakäynnit eivät lisääntyneet katupölypäivinä.

Kaiken kaikkiaan epidemiologisessa tutkimuksessa saatiin viitteitä katupölyn aiheuttamista vakavista terveystahitoista. Havaitut tilastolliset yhteydet eivät kuitenkaan yleensä olleet tilastollisesti merkitseviä. Tämän vuoksi ennen lopullisten johtopäätösten tekemistä käytiin läpi muut viimeaikaiset kotimaiset ja ulkomaiset epidemiologiset tutkimukset, joissa oli arvioitu karkeiden hiukkasten haitallisuutta. Kirjallisuustarkastelun perusteella lyhytaikainen karkeille hiukkasille altistuminen on yhteydessä niin sydän- kuin hengityselinsairauksistakin aiheutuneisiin sairaalahoitoihin ja kuolemiin. Kirjallisuudesta löytyy myös uskottavia biologisia mekanismeja, jotka selittävät havaitut yhteydet.

Aiemmissä tutkimuksissa ei luonnon hiukkaslähteiden vaikutuksia terveyteen pääsääntöisesti pystytty erottamaan katupölyn vaikutuksista. Nyt toteutetussa epidemiologisessa tutkimuksessa havaittujen terveystahittojen voidaan kuitenkin olettaa johtuvan pitkälti katupölystä, koska analyysit keskittyivät kylmään vuodenaikaan sekä kevätpölykauteen. Epidemiologisen tutkimuksen sekä kirjallisuustarkastelun perusteella korkeat katupölypitoisuudet ovat todennäköisesti yhteydessä vakaviin terveystahittoihin: sydän- ja hengityselinsairauksien pahenemiseen ja jopa ennenaikaiseen kuolemaan.