



Ilmansaasteet ja kuolleisuus
Helsingissä
vuosina 1987 - 1993

Antti Pönkä, Mari Savela ja Mikko Virtanen

Antti Pönkä, Mari Savela ja Mikko Virtanen

Ilmansaasteet ja kuolleisuus Helsingissä vuosina 1987 - 1993

SISÄLLYSLUETTELO

Yhteenveto	2
Sammandrag	3
Johdanto	4
Aineisto ja menetelmät	4
Tulokset	6
Pohdinta	8
Kirjallisuusviitteet	11

YHTEENVETO

Helsingissä tutkittiin ilmansaasteiden vaikutusta kuolleisuuteen vuosina 1987-1993. Päivittäisiä saastepitoisuuksia verrattiin päivittäiseen kokonaiskuolleisuuteen sekä erikseen sydän- ja verisuonitautikuolleisuuteen ja syöpäkuolleisuuteen. Ilmansaasteista tutkittiin rikkidioksidin, typpidioksidin, otsonin, leijuvien hiukkasten kokonaispitoisuuden ja alle 10 μm :n kokoisten hiukkasten eli hengitettävien hiukkasten vaikutusta. Analyysit tehtiin erikseen alle 65-vuotiaina kuolleille ja sitä vanhempana kuolleille. Tutkimuksissa otettiin huomioon ajallisten syklien, trendien, lomien ja influenssaepidemioiden vaikutukset.

Hengitettävien hiukkasten vaikutus kuolleisuuteen oli selvin. Se lisäsi tilastollisesti merkitsevästi kokonaiskuolleisuutta sekä kuolleisuutta sydän- ja verisuonisairauksiin ja syöpään alle 65-vuotiailla. Tässä ikäryhmässä myös rikkidioksidin ja otsonin vaikutukset olivat merkittävät sydän- ja verisuonisairauksien aiheuttamaan kuolleisuuteen, mutta eivät syöpä- tai kokonaiskuolleisuuteen. Otsonilla oli oma erillinen hiukkasista riippumaton vaikutus, kun taas rikkidioksidin vaikutus hävisi kun samanaikaisesti otettiin huomioon myös hiukkasten pitoisuus. Kun hengitettävien hiukkasten pitoisuus kohosi 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kokonaiskuolleisuus lisääntyi 0,35 %, sydän- ja verisuonisairauskuolleisuus 0,41 % ja syöpäkuolleisuus 0,67 %. Kun otsonipitoisuus lisääntyi 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sydän- ja verisuonitautikuolleisuus lisääntyi 0,48 %.

65-vuotta täyttäneiden ja sitä vanhempien kuolleisuuteen vaikutti lisäävästi leijuvien hiukkasten kokonaispitoisuuden, rikkidioksidipitoisuuden ja otsonipitoisuuden nousu. Kokonaispölyn pitoisuuden noustessa 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kuolleisuus lisääntyi 0,08 %, rikkidioksidilla ja otsonilla vastaavat luvut olivat 0,52 ja 0,35%.

Lisäksi hiukkasilla, otsonilla ja typpidioksidilla oli toisiaan vahvistava haitallinen vaikutus.

SAMMANDRAG

Luftföroreningarnas inverkan på mortaliteten i Helsingfors undersöktes åren 1987-1993. De dagliga föroreningshalterna ställdes i relation till den totala mortaliteten och separat till dödlighet i hjärt- och kärlsjukdomar samt i cancer. Av luftföroreningarna undersöktes inverkan av halten svaveldioxid, kvävedioxid, ozon, svävande stoft och av respirabla partiklar. Analyserna gjordes separat för personer som dött under och över 65 års ålder. I undersökningen beaktades tidsmässiga cyklers, trenders, semestrars och influensaepidemiers inverkan.

De respirabla partiklarna verkade tydligast på mortaliteten. De ökade på ett statistiskt signifikant sätt totalmortaliteten samt dödligheten i hjärt- och kärlsjukdomar och cancer bland personer under 65 år. I denna åldersgrupp var även svaveldioxidens och ozonens inverkan betydande på dödligheten i hjärt- och kärlsjukdomar men däremot inte på cancer- eller totaldödligheten. Ozonet hade en separat inverkan som var oberoende av partiklar medan svaveldioxidens inverkan försvann om man samtidigt beaktade också partikelhalten.

Då halten av partiklar ökade med $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökade totalmortaliteten med 0,35 %, dödligheten i hjärt- och kärlsjukdomar med 0,41 % och dödligheten i cancer med 0,67 %. Vid ökning av ozonhalten med $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökade dödligheten i hjärt- och kärlsjukdomar med 0,48 %.

Mortaliteten bland personer som fyllt 65 år höjdes av ökning i totalhalten av svävande stoft samt av ökning i svaveldioxidhalten och ozonhalten. Vid ökning med $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ökade dödligheten 0,08, 0,52 och 0,35 %, motsvarande.

Partiklarna, ozonet och kvävedioxiden förstärker dessutom varandras skadliga inverkan.

JOHDANTO

Vuoden 1989 jälkeen on eri puolilta maailmaa julkaistu useita tutkimuksia, joissa on osoitettu yhteys päivittäisten kuolemantapausten ja ilmansaastepitoisuuksien välillä. Useimmiten kyse on ollut leijuvaan pölyn tai hengitettävien hiukkasten pitoisuudesta (1-22). Hengitettävät hiukkaset PM_{10} tarkoittavat hiukkasia, joiden aerodynaaminen läpimitta on vähemmän kuin 10 mikrometriä. Myöskin rikkidioksidipitoisuuden ja kuolleisuuden välillä on todettu yhteyksiä (15-24).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan aikasarjamenetelmällä kuolleisuuden ja ilmansaasteiden välistä yhteyttä Helsingissä vuosina 1987-1993. Helsingissä on käytettävissä tiedot poikkeuksellisen lukuisista saastepitoisuuksista: hiukkasista, rikkidioksidista, typpidioksidista ja otsonista. Leijuvaan hiukkasten kokonaismäärän ja PM_{10} :n vertailu on nyt ollut mahdollista ensimmäistä kertaa. Huomioon voitiin ottaa myös Helsingin erityispiirteet, joihin kuuluvat kylmä ilmasto, kaasumaisten epäpuhtauksien melko matalat pitoisuudet ja hiukkasten melko korkeat pitoisuudet.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Kuolinsyytiedot saatiin Tilastokeskuksen tiedostoista vuosilta 1987-1993. Tapaturmaiset kuolemat ja muiden kuin helsinkiläisten kuolemat jätettiin huomioon ottamatta (kansainvälisen tautiluokituksen yhdeksännen painoksen kuolinsyyluokat ≥ 800). Erikseen käsiteltiin alle 65-vuotiaiden ja 65-vuotta täyttäneiden kuolintapauksia. Kokonaiskuolleisuuden lisäksi käsiteltiin erikseen kuolemantapauksia sydän- ja verisuonitauteihin (ICD9 390-480) ja syöpäkuolleisuutta (ICD9 140-199). Hengitystiesairauksien aiheuttamien kuolintapausten määrä oli liian pieni, jotta niitä olisi voitu erikseen analysoida. Kaikkiaan kyseisen seitsemän vuoden aikana kuoli 34 957 helsinkiläistä (tapaturmaiset kuolemat pois lukien), joista 18 002 (51 %) sydän- ja verisuonisairauksiin ja 7 970 (23 %) syöpään. Hengitystiesairauksiin kuoli 8 % helsinkiläisistä.

Ilmansaasteet ja säätekijät

Ilmansaasteiden tärkeimmät lähteet Helsingissä ovat liikenne, energiantuotanto hiili- ja öljyvoimaloilla, maaperän pöly ja, varsin pieneltä osalta, teollisuus. Energiantuotanto on tärkein rikkidioksidin lähde, kun taas hengityskorkeudella todettava typpidioksidi on suurimmaksi osaksi lähtöisin liikenteestä. Pöly on suurelta osin suoraan tai epäsuoraan peräisin liikenteestä ja katujen pinnoista. Otsoni on valtaosin peräisin kaukokulkeutumasta.

Ilmansaasteiden pitoisuuksien mittauksista vastaa Pääkaupunkiseudun Yhteistyövaltuuskunta. Rikkidioksidi mitataan tunneittain neljällä automaattisella mittausasemalla, typpidioksidi kahdella ja otsoni yhdellä asemalla. Kokonaisleijuma määritetään suurtehokeräimin keräten kuudelta asemalta, neljällä niistä joka toinen päivä ja kahdella joka kolmas päivä. PM_{10} :n pitoisuudet määritetään kahdella asemalla joka neljäs päivä.

Analyttinen metodologia

Tilastolliset menetelmät olivat samankaltaiset kuin aiemmin oli esitetty eräissä tutkimuksissa (5,14,24,25). Päivittäisiä kuolemantapausten määriä verrattiin päivittäisiin saastepitoisuuksiin. Analyysi tehtiin käyttäen Poisson regressiota (26,27).

Koska kuolemantapaukset vaihtelivat vuodenaikojen ja muiden syklien mukaan, nämä muutokset samoin kuin sekulaariset trendit otettiin huomioon käyttäen analyysissä nollamuuttujia. Sekoittavina tekijöinä otettiin huomioon influenssaepidemiat. Sääolosuhteista lämpötila ja suhteellinen kosteus huomioitiin analyysissä.

Menetelmässä verrattiin ilmansaasteiden vaikutusta kuolleisuuteen samana päivänä sekä erilaisilla viiveillä seitsemään päivään asti.

Koska saastetietoja ei ollut täydellistä sarjaa jokaiselta asemalta jokaiselta päivältä, puuttuvat arvot laskettiin käyttäen standardiregressiota (28).

TULOKSET

Tiedot ilmansaasteista, säätekijöistä ja päivittäisistä kuolintapauksista Helsingissä tutkimusajanjaksona on esitetty liitteenä olevassa taulukossa 1. Keskimäärin 14 henkilöä kuoli päivittäin. 79 % kuolleista olivat yli 64-vuotiaita. Kaikkiaan kuolemantapauksia oli seitsemän vuoden aikana 34 957, kun tapaturmaisia kuolemia ei oteta huomioon.

Yhden saasteen mallit

Kokonaiskuolleisuus

Kun mallituksessa käytettiin yhtä ilmansaastetta kerrallaan, PM_{10} -pitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä päivittäiseen kokonaiskuolleisuuteen viiden päivän viiveellä alle 65-vuotiaiden ikäryhmässä (taulukko 2). Kuolleisuus lisääntyi 0,35 % kun PM_{10} -pitoisuus lisääntyi $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % luottamusväli 1,0-5,8; $P=0,002$). Sen sijaan kokonaiskuolleisuus ei ollut tilastollisesti merkitsevässä yhteydessä muiden saasteiden pitoisuuteen. Yli 64-vuotiailla mikään saasteista ei vaikuttanut kokonaiskuolleisuuteen tilastollisesti merkitsevällä tasolla.

Sydän- ja verisuonitautikuolleisuus

Sekä hengitettävät hiukkaset, rikkidioksidi että otsoni olivat tilastollisesti merkitsevällä tasolla yhteydessä sydän- ja verisuonitautien aiheuttamaan päivittäiseen kuolleisuuteen alle 65-vuotiailla.

Kun PM_{10} -pitoisuus nousi $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kuolleisuus lisääntyi 0,41 % viiden vuorokauden kuluttua (95% luottamusväli 0,4-7,7 $P=0,006$). Kun rikkidioksidipitoisuus nousi $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kuolleisuus lisääntyi 0,57 % seitsemän vuorokauden viiveellä. Kun otsonipitoisuus nousi $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kuolleisuus lisääntyi 0,48 % kuuden päivän viiveellä (95% luottamusväli 0,6-8,9, $P=0,013$). Tuloksia arvioitaessa on kuitenkin huomattava, että näitä riskejä ei voida laskea yhteen.

Yli 64-vuotiailla mikään ilmansaasteista ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi sydän- ja verisuonitautikuolleisuuteen.

Syöpäkuolleisuus

Alle 65-vuotiailla hengitettävät hiukkaset olivat tilastollisesti merkitsevässä yhteydessä myös syöpäkuolleisuuteen. Kun pitoisuus nousi $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kuolleisuus lisääntyi 0,67 % (95 % luottamusväli 2,4-10,6).

Vanhemmilla henkilöillä puolestaan kokonaisleijuma oli merkitsevässä yhteydessä syöpäkuolleisuuteen siten, että $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lisäys lisäsi kuolleisuutta 0,08 % (95% luottamusväli 0,0-1,5). Myös rikkidioksidin ja otsonin vaikutus vanhempien henkilöiden kuolleisuuteen oli tilastollisesti merkitsevä, $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$:n pitoisuusnousu lisäsi kuolleisuutta 0,52 ja 0,35 % (95% luottamusvälit 1,4-8,7 ja 0,5-6,4).

Monisaastemallit

Kun kuolleisuuden vaikutusta tutkittiin ilmansaasteisiin siten, että useampia saasteita otettiin yhtä aikaa analyysiin, havaittiin, että sydän- ja verisuonisairauskuolleisuutta koskien PM_{10} :n vaikutus jäi merkitseväksi, kun taas rikkidioksidin vaikutus ei ollut tilastollisesti merkittävä. Sen sijaan syöpäkuolleisuudessa hiukkasten ja rikkidioksidin vaikutukset näyttivät olevan toisistaan riippumattomat. Samoin otsonin vaikutus oli riippumaton hiukkaspitoisuuksista sekä sydän- ja verisuonisairauksista ja syövästä johtuvissa kuolemantapauksissa.

Tutkittaessa vaikutuksia siten, että analyysissä oli kaksi saastetta mukana todettiin, että korkeat otsonipitoisuudet lisäsivät hengitettävien hiukkasten, typpidioksidin ja rikkidioksidin vaikutusta. Samoin todettiin typpidioksidin ja muiden saasteiden kesken lisäävä vaikutus.

POHDINTA

Ilmansaasteiden vaikutusta kuolleisuuteen voitiin tutkia Helsingissä nyt poikkeuksellisen laajassa ja monipuolisessa aineistossa. Ensinnäkin voitiin tutkia samanaikaisesti useiden saasteiden vaikutusta. Toiseksi voitiin verrata kokonaishiukkasten ja hengitettävien hiukkasten vaikutuksia. Kolmanneksi tutkimuksessa selvitettiin viivästyneitä vaikutuksia pidempään kuin yleensä aiemmissa tutkimuksissa. Myöskin oli mahdollista tutkia kahta eri ikäryhmää ja erikseen kokonaiskuolleisuutta ja kuolleisuutta sydän- ja verisuonisairauksiin ja syöpään, mikä osoittautui uutta tietoa antavaksi.

Ilmansaasteista lähinnä hiukkaset olivat yhteydessä kuolleisuuden lisääntymiseen, mikä on todettu useissa aiemmissakin tutkimuksissa (1-11). Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat yhteydessä kokonaiskuolleisuuteen sekä sydän- ja verisuonisairauksiin ja syövän aiheuttamaan kuolleisuuteen. Viisi aiempaa aikasarjatutkimusta muista maista ovat osoittaneet samankaltaisen yhteyden hiukkasten ja sydän- ja verisuonisairauksien sekä kuolleisuuden välillä (3,6,16,21,22), samoin kuin eräät saastesumuepisodeja koskevat raportit (29,30,31). Syöpäkuolleisuuden ja hiukkasten välinen yhteys on raportoitu aiemmin Philadelphiasta (3). Riski oli kuitenkin pienempi kuin kokonaiskuolleisuuteen aiheutuva lisäriski.

Myöskin otsonin ja rikkidioksidin havaittiin olevan yhteydessä sydän- ja verisuonisairauksien sekä syövän aiheuttamiin kuolemantapauksiin. Joissakin aiemmissa tutkimuksissa on havaittu yhteyksiä kokonaiskuolleisuuden ja rikkidioksidin sekä hiukkasten pitoisuuksien välillä, mutta näissä rikkidioksidin yhteys ei ole ollut enää merkittävä, kun molemmat saasteet oli otettu yhtäaikaan analyysiin (1,2,3,4). Tämä havaittiin myös nyt tehdyssä tutkimuksessa sydän- ja verisuonitautikuolleisuuden, mutta ei syöpäkuolleisuuden, osalta. Sen sijaan hiukkasten ja otsonin vaikutus osoittautui olevan toisistaan erillinen. Kuolleisuuden ja otsonipitoisuuksien on havaittu olevan yhteydessä toisiinsa neljässä tutkimuksessa (11,12,21 ja 22), mutta ei kaikissa (1,5,9,16,19).

Sen lisäksi, että otsonilla oli oma erillinen vaikutuksensa sydän- ja verisuonitautikuolleisuuteen, korkeat otsonipitoisuudet näyttivät myös lisäävän hengitettävien hiukkasten ja typpidioksidin haitallisuutta. Korkeiden typpidioksidipitoisuuksien puolestaan havaittiin lisäävän muiden saasteiden aiheuttamaa kuolleisuuslisää syöpään ja verisuonitauteihin. Kaiken kaikkiaan nämä löydökset viittaavat siihen, että kesäaikaisen saastesumun olennaiset komponentit, typpidioksidi, otsoni ja pienhiukkaset, vaikuttavat sekä erikseen että toisiaan lisäävästi terveyshaittoja aiheuttaen.

Nyt tehdyssä tutkimuksessa havaittiin hengitettävien hiukkasten, rikkidioksidin ja otsonin olevan yhteydessä lisääntyneeseen kuolleisuuteen matalammissa pitoisuuksissa kuin useimmissa aikaisemmissa tutkimuksissa. Tämä havainto on erittäin tärkeä, koska suuri määrä ihmisiä altistuu suhteellisen mataliin saastepitoisuuksiin ja täten vähäinenkin lisäys kuoleman suhteellisessa riskissä johtaa suureen joukkoon ennaikaisia kuolemia. Maailman Terveysjärjestö arvioi, että Euroopassa ainakin ajoittain hiukkasille ja typpidioksidille altistuu kymmeniä miljoonia ihmisiä pitoisuuksissa, jotka ylittävät nykyiset ohjearvot, ja että typpidioksidille ja otsonille altistuneiden määrä on yli 100 miljoonaa (32). Rikkidioksidin ja otsonin pitoisuudet olivat nyt tehdyn tutkimuksen aikana alle näiden ohjearvojen samoin kuin 90 % hiukkasarvoista. Rikkidioksidin ja kuolleisuuden yhteydet havaittiin nyt matalammissa rikkidioksidipitoisuuksissa kuin yhdessäkään aiemmassa tutkimuksessa. Samoin otsonipitoisuus oli alempi kuin aiemmissa tutkimuksissa lukuunottamatta tuoretta tutkimusta Lontoossa (31), jossa otsonitasot olivat samaa tasoa kuin Helsingissä. Toisaalta eräissä tutkimuksissa ei ole löydetty yhteyttä kuolleisuuden ja otsonipitoisuuksien välillä vaikka pitoisuudet ovat olleet korkeammat kuin tässä tutkimuksessa. Täten tulokset ovat jossain määrin erilaiset otsonin ja typpidioksidin ja kuolleisuuden välisiä yhteyksiä koskevilta osilta, mahdollisesti johtuen eri saasteiden välisistä yhteyksistä. Hengitettävien hiukkasten ja kuolleisuuden välinen yhteys on todettu nykytutkimuksen kanssa samanlaisissa pitoisuuksissa kahdessa aiemmassa aikasarjatutkimuksessa (5,16) ja kahdessa tutkimuksessa, joissa mittana on käytetty kokonaisleijumaa (3,4).

Aiemmin vastaavaa tutkimusta ei ole tehty näin kylmässä ilmastossa. Tällä on vaikutuksensa mm. pienhiukkasten laatuun. Etenkin huhtikuussa hiukkasten pitoisuudet ovat korkeat. Suurin osa Helsingin ilman hiukkasista on peräisin kivi- ja maaperäaineksista, joiden pitoisuudet ovat korkeat. Suurin tähän vaikuttava tekijä on lumen sulaminen, talvihiekoitus ja nastarenkaiden käyttö. Huhtikuussa hiukkaspitoisuuksien vaikutus kuolleisuuteen oli kuitenkin samanlainen kuin muina kuukausina lukuunottamatta hengitystiesairauskuolleisuutta. Tämä viittaa siihen, että myöskin aiemmin suhteellisen harmittomana pidetyt maaperä- ja kiviainesperäinen pöly on varsin haitallista terveydelle eikä ainoastaan polttoprosessista peräisin oleva pöly.

Tärkeä havainto on myös se, että ilmansaasteiden vaikutus kuolleisuuteen voi olla viivästynyt. Useimmissa aiemmissa tutkimuksissa vaikutusta on tutkittu vain samana päivänä tai enintään 2-3 päivän viiveellä. Poikkeuksena on kaksi tutkimusta (6,24), jossa tutkimus on tehty 5-7 päivän viiveeseen saakka. Kyseiset tutkimukset osoittivat samansuuntaisia löydöksiä kuin nyt tehty tutkimus. Onkin luonnollista, että ilmansaasteiden vaikutus on viivästynyt. Saasteethan eivät sinällään aiheuta kuolemaa, vaan ne lisäävät tällä hetkellä riittämättömästi tunnetuilla tavoilla elimistön rasitusta siten, että aiemmin sairastuneet kuolevat.

Hengitettävien hiukkasten vaikutus osoittautui ymmärrettävästi olevan selkeämmin yhteydessä kuolleisuuteen kuin kokonaisleijuma. Biologinen selitys on se, että aerodynaamisesti pienemmät kuin 10 mikrometrin läpimittaiset hiukkaset pääsevät alempiin hengitysteihin. Tästä syystä tulevaisuudessa Helsingissä tulisi keskittyä hengitettävien pienhiukkasten mittaamiseen.

KIRJALLISUUSVIITTEET

1. Schwartz J. Particulate air pollution and daily mortality in Detroit. *Environ Res* 1991; 56:204-13.
2. Schwartz J, Dockery DW. Particulate air pollution and daily mortality in Steubenville, Ohio. *Am J Epidemiol* 1992;135:12-9.
3. Schwartz J, Dockery DW. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:600-4.
4. Saldiva PHN, Dockery DW, Pope CA, Lichtenfels AJ, Schwartz J, Salge JM, et al. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. *Arch Environ Health* 1995;50:159-63.
5. Dockery DW, Schwartz J, Spengler JD. Air pollution and daily mortality: associations with particulates and acid aerosols. *Environ Res* 1992;59:362-73.
6. Pope CA, Schwartz J, Ransom MR. Daily mortality and PM₁₀ pollution in Utah Valley. *Arch Environ Health* 1992;47:211-7.
7. Schwartz J. Air pollution and daily mortality in Birmingham, Alabama. *Am J Epidemiol* 1993;137:1136-47.
8. Spix C, Heinrich J, Dockery D, et al. Air pollution and daily mortality in Erfurt, East-Germany, 1980-1989. *Environ Health Perspect* 1993;101:518-26.
9. Kinney PL, Ito K, Thurston GD. A sensitivity analysis of mortality/PM₁₀ associations in Los Angeles. *Inhalation Toxicol* 1995;7:59-69.
10. Schwartz J, Marcus A. Mortality and air pollution in London: a time series analysis. *Am J Epidemiol* 1990;131:185-94.

11. Kinney PL, Ozkaynak H. Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles county. *Environ Res* 1991;54:99-120.
12. Kinney PL, Ozkaynak H. Associations between ozone and daily mortality in Los Angeles and New York City. *Am Rev Respir Dis* 1992;145:A95.
13. Styer P, McMillan N, Gao F, Davis J, Sacks J. Effect of outdoor airborne particulate matter on daily death counts. *Environ Health Pers* 1995;103:490-7.
14. Schwartz J. Total suspended particulate matter and daily mortality in Cincinnati, Ohio. *Environ Health Pers* 1994;102:490-7.
15. Xu X, Dockery DW, Gao J, Chen Y. Air pollution and daily mortality in residential areas of Beijing, China. *Arch Environ Health* 1994;49:216-222.
16. Zmirou D, Barumandzadeh T, Balducci F, Ritter P, Laham G, Ghilardi J-P. Short term effects of air pollution on mortality in the city of Lyon, France, 1985-90. *J Epidemiol Comm Health* 1996;50(Suppl 1):S30-5.
17. Dab W, Medina S, Quenel P, Le Moullec Y, Le Tertre A et al. Short term respiratory health effects of ambient air pollution: results of the APHEA project in Paris. *J Epidemiol Comm Health* 1996;50(Suppl 1):S42-6.
18. Toulomi G, Samoli E, Katsoyanni K. Daily mortality and "winter type" air pollution in Athens, Greece - a time series analysis within the APHEA project. *J Epidemiol Comm Health* 1996;50(Suppl 1):S47-51.
19. Spix C, Wichmann HE. Daily mortality and air pollutant findings from Köln, Germany. *J Epidemiol Comm Health* 1996;50(Suppl 1):S52-8.
20. Vigotti AM, Rossi G, Bisanti L, Zanobetti A, Schwartz J. Short term effects of urban air pollution on respiratory health in Milan, Italy, 1980-89. *J Epidemiol Comm Health* 1996;50(Suppl 1):S71-5.

21. Sunyer J, Castellsague J, Saez M, Tobias A, Anto JM. Air pollution and mortality in Barcelona. *J Epidemiol Comm Health* 1996;50(Suppl 1):S76-80.
22. Andersson RH, Ponce de Leon A, Bland JM, Bower JS, Strachan DP. Air pollution and daily mortality in London:1987-92. *Brit Med J* 1996;312:665-9.
23. Derriennic F, Richardson S, Mollie A, Lellouch J. Short-term effects of sulphur dioxide pollution on mortality in two French cities. *Int J Epidemiol* 1989;18:186-97.
24. Samet JM, Zeger SL, Berhane K. The association of mortality and particulate air pollution. Replication and validation of selected studies. Andover, USA; Health Effects Institute, 1995.
25. Pönkä A, Virtanen M. Chronic bronchitis, emphysema, and low-level air pollution in Helsinki, 1987-1989. *Environ Res* 1994;65:207-17.
26. McCullagh P, Nelder JA. *Generalized Linear Models*, 2nd ed. London, England: Chapman & Hall, 1989.
27. Breslow NE, Day NE. *Statistical methods in cancer research II. The design and analysis of cohort studies*. Lyon, France: IARC, 1982.
28. Little RJA, Rubin DB. *Statistical analysis with missing data*. New York, NY: Wiley & Sons, 1987.
29. Ministry of Health. *Mortality and morbidity during the London fog of December 1952*. London: HM Stationery Office, 1954.
30. Wichmann HE, Mueller W, Allhof P et al. Health effects during a smog episode in West Germany in 1985. *Environ Health Perspect* 1989;79:89-99.
31. Andersson HR, Limb ES, Bland JM, et al. Health effects of an air pollution episode in London, December 1991. *Thorax* 1995;50:1198-93.

32. WHO European Centre for Environment and Health. Concern for Europe's Tomorrow. Health and the environment in the WHO European region. P.168. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, Germany, 1995.
33. Li Y, Roth HD. Daily mortality analysis by using different regression models in Philadelphia county, 1973-1990. *Inhalation Toxicology* 1995;7:45-58.
34. Häme Koski K, Salonen RO. Particulate matter in northern climate of Helsinki Metropolitan Area. Proceedings of 2nd Colloquium on Particulate Air Pollution and Health. May 1-3. 1996. Abstract number 6.7. Park City, Utah.
35. Pönkä A, Virtanen M. Low-level air pollution and hospital admissions due to ischemic cardiac and cerebrovascular diseases in Helsinki. *Am J Public Health* 1996;86:1273-81.
36. Schwartz J. What are people dying of on high air pollution days? *Environ Res* 1994;64:26-35.
37. Moolgavkar SH, Luebeck EG, Hall TA, Anderson EL. Air pollution and daily mortality in Philadelphia. *Epidemiol* 1995;6:476-84.
38. Moolgavkar SH, Luebeck EG, Hall TA, Anderson EL. Particulate air pollution, sulfur dioxide, and daily mortality: a reanalysis of the Steubenville data. *Inhalation Toxicol* 1995;7:35-44.
39. World Health Organization. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European series no. 23, WHO. Copenhagen, Denmark, 1984.

Taulukko 1. Säätilat, saaste- ja pölyolosuhteet ja päivittäiset kuolemantapaukset Helsingissä vuosina 1987-1993.
 Tabell 1. Väder, föroreningshalter och dagliga dödsfall i Helsingfors åren 1987-1993.

	5%	25%	50%	75%	95%	Maksimi- Maximi- värde	Keskisarvo Medel- värde
Sää Vädrer							
- Lämpötila, °C	-7	-0	4	12	17	26	5
- Temperatur, °C							
- Suhteellinen kosteus, %	57	75	83	89	96	102	81
- Relativ fuktighet, %							
Saasteer							
Föroreningar							
* PM ₁₀ , µg/m ³	14	21	28	37	55	128	31
* TSP, µg/m ³	29	47	64	87	156	517	74
* SO ₂ , µg/m ³	1	5	10	18	41	98	14
* NO ₂ , µg/m ³	20	30	38	48	67	123	40
* O ₃ , µg/m ³	3	10	18	30	51	90	21
Kuolemantapauksia/vrk							
Dödsfall/dygn							
Kokonaiskuolleisuus							
Totaldödlighet	8	11	14	16	20	28	14
Kaikki iät							
Alla åldrar	0	2	3	4	6	10	3
Alle 65-vuotiaat							

Under 65 år	5	8	11	13	17	23	11
Yli 64-vuotiaat							
Över 64 år							
Sydän ja verisuonitauti- kuolleisuus							
Dödlighet i hjärt- och kärlsjukdomar	0	0	1	2	3	5	1
Alle 65-vuotiaat							
Under 65 år	2	4	6	8	10	16	6
Yli 64-vuotiaat							
Över 65 år							
Syöpäkuolleisuus							
Dödlighet i cancer	0	0	1	1	3	5	1
Alle 65-vuotiaat							
Under 65 år	0	1	2	3	5	7	2
Yli 64-vuotiaat							
Över 65 år							
Hengitystiesairaus- kuolleisuus							
Dödlighet i luftvägsjukdomar	0	0	0	0	1	2	0
Alle 65-vuotiaat							
Under 65 år	0	0	1	2	3	6	1
Yli 64-vuotiaat							
Över 65 år							

* (lyhenteiden selitykset)

Taulukko 2. Tilastollisesti merkitsevä yhteys saasteiden ja kuolleisuuden välillä Helsingissä vuosina 1987-1993. Riskisuhteet on laskettu saasteiden $\mu\text{g}/\text{m}^3$ muutosta kohti. Tabell 2. Statistiskt signifikant samband mellan föroreningar och mortalitet i Helsingfors åren 1987-1993.

	Saaste Förorening	Viive (vrk) För- dröjning (dygn)	β -kerroin β - koeffi- cient	Keskivirhe Medelfels	Riskisuhde Relativ- risk (laatu)	95% luottamusväli 95 % konfidensintervall (laatu)	P-arvo P-värde
Kokonaiskuolleisuus							
Totaldödlighet							
Alle 65-vuotiaat	PM ₁₀	5	0.00339	0.00118	1.0034	1.0010-1.0057	0.0021
Under 65-år							
Yli 64-vuotiaat	Ei mikään				1.0000		
Över 64 år	Ingen						
Sydän- ja verisuonitautikuolleisuus							
Dödlighet i hjärt- och kärlsjukdomar							
Alle 65-vuotiaat							
Under 65 år	PM ₁₀	5	0.00403	0.00187	1.0040	1.0004-1.0077	0.0156
	SO ₂	7	0.00564	0.00226	1.0057	1.0012-1.0101	0.0062
	O ₃	6	0.00473	0.00213	1.0047	1.0006-1.0089	0.0132
Yli 64-vuotiaat	Ei mikään				1.0000		
Över 64 år	Ingen						
Syöpäkuolleisuus							
Dödlighet i cancer							
Alle 65-vuotiaat	PM ₁₀	5	0.00646	0.00207	1.0065	1.0024-1.0106	0.0009
Under 65 år							
Yli 64-vuotiaat	TSP	7	0.00076	0.00036	1.0008	1.0000-1.0015	0.0180

Över 64 år													
	SO ₂	6	0.00505	0.00184	1.0051	1.0014-1.0087							0.0031
	O ₃	5	0.00346	0.00150	1.0035	1.0005-1.0064							0.0104
	Ei mikään												
	Ingen				1.0000								

* (lyhenteiden selitykset)

C:\mort.96

Tekijä(t)			
Antti Pönkä, Mari Savela, Mikko Virtanen			
Nimike			
Ilmansaasteet ja kuolleisuus Helsingissä vuosina 1987-1993			
Julkaisija	Julkaisu-aika	Sivumäärä	Liitteet
Helsingin kaupungin ympäristökeskus	1997	18	-
Sarjan nimike		Osanumero	
Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja		2/97	
ISSN-numero 1235-9718	Kieli		
ISBN-numero 951-772-914-6	Koko teos	Tiivistelmä	Taulukot Kuvatestit
	fin	fin, swe	fin, swe
Avainsanat			
ilmansaasteet, typidioksidi, hiilimonoksidi, hiukkaset, kuolleisuus			
UDK			
Lisätietoja:			
Antti Pönkä Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristöterveysyksikkö Helsinginkatu 24 00530 Helsinki puh. 7312 2710			

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1995

1. Töölönlahden sedimentin kunto ja sisäinen kuormitus
2. Huokoskaasu maaperän ja pohjaveden saastuneisuuden kuvaajana
3. Kosteus- ja homevaurioista helsinkiläisissä päiväkodeissa
4. Leivosten laatu ja myyntiolosuhteet myymälöissä
5. Koululounaan ravintosisältö ja laatu Helsingissä 1989 - 1993
6. Ryömintätilaisten alapohjien kosteus- ja homevauriot
7. Terveystuonon toimipisteiden jätehuolto, 2. uudistettu painos
8. Sairauksien esiintyvyys homeille altistuneilla koululaisilla

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1996

1. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuudet ulkoilmassa Helsingissä
2. Öljy-yhdisteiden biologinen hajoaminen ja saastuneen maan biosaneeraus
3. Helsingin ja Espoon merialueiden veloitettarkkailu vuonna 1995
4. Altistuminen typpidioksidille, hiilimonoksidille ja bentseenille Helsingin jäähallissa
5. Sedimentin kemikalioidin ja lisäveden johtamisen vaikutus Töölönlahden veden laatuun
6. Suomalainen ekobussi Pietarin ympäristöviikolla
7. Huoneilman ammoniakki
8. Asuntojen radonmittaukset Helsingissä

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1997

1. Vuoden 1995 saastesumuepisodin terveysvaikutukset Helsingissä
2. Ilmansaasteet ja kuolleisuus Helsingissä vuosina 1987 - 1993

Julkaisujen tilaus:

ympäristökeskuksen neuvonta
Helsinginkatu 24, 00530 HELSINKI
puh. 7312 2730, fax 7312 2235

ISSN 1235-9718
ISBN 951-772-914-6
