

Antti Järvinen

HELSINGIN KESKUSPUISTON SIENTEN VIERASAINNEET
VUONNA 1999

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2003

ISSN 1235-9718
ISBN 952-473-091-X
ISBN (URL: <http://www.hel.fi/ymk/julkaisu.html>) 952-473-092-8
Painopaikka: Helsingin kaupungin hankintakeskus
Helsinki 2003

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	1
SAMMANDRAG	2
SUMMARY	3
1. JOHDANTO.....	4
1.1. Sienet ihmisen ravintona.....	4
1.2. Raskasmetallien kerääntyminen sieniin	5
2. RASKASMETALLIT YMPÄRISTÖSSÄ.....	5
2.1. Raskasmetallien päästölähteet	5
2.2. Raskasmetallien päästöt ilmaan	7
2.3. Raskasmetallien laskeuma pääkaupunkiseudulla	8
2.4. Tutkimuksia maaperän raskasmetallipitoisuuksista Helsingissä	8
3. TUTKIMUKSIA SIENTEN RASKASMETALLIPITOISUUKSISTA	9
3.1. Kadmium	10
3.2. Lyijy	11
3.3. Elohopea	12
4. AINEISTO JA MENETELMÄT.....	13
4.1. Sieninäytteet.....	14
4.2. Maaperänäytteet	14
5. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	15
5.1. Sienten raskasmetallipitoisuudet.....	15
5.1.1. Kadmium.....	15
5.1.2. Lyijy	16
5.1.3. Elohopea.....	17
5.1.4. Sinkki	17
5.1.5. Muut alkuaineet.....	18

5.2. Alkuainepitoisuudet eri sieniryhmissä.....	18
5.2.1. Alkuainepitoisuudet mykorritsasienissä.....	20
5.2.2. Alkuainepitoisuudet puunlahottajasienissä.....	21
5.2.3. Alkuainepitoisuudet nurmikonlahottajasienissä.....	21
5.2.4. Alkuainepitoisuuksien vaihtelu eri sienisukujen välillä.....	22
5.3 Vierasaineiden saanti sienistä.....	24
5.4. Maaperänäytteet.....	25
5.4.1. Maaperänäytteiden alkuainepitoisuudet.....	26
5.5. Maaperän ja sienten raskasmetallipitoisuuksien välinen yhteys.....	28
6. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	29
7. KIRJALLISUUSVIITTEET.....	30

LIITE 1	Sieninäytteiden ja maaperänäytteiden keruualueet 1999
LIITE 2	Sieninäytteiden vierasainepitoisuudet 1999
LIITE 3	Raportissa esiintyvä sieninimistö

TIIVISTELMÄ

Helsingin Keskuspuiston sienten vierasaineet vuonna 1999

Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää Helsingin Keskuspuistossa kasvavien sienien raskasmetallipitoisuuksia. Vertailututkimus on Helsingin puistosta vuosina 1978 ja 1979 kerätty sienimateriaali, joista analysoitiin lyijy-, kadmium- ja elohopeapitoisuudet. Tutkimuksen tarkoituksena oli lisäksi tutkia onko maaperän vierasainepitoisuuksilla vaikutusta sienten vierasainepitoisuuksiin. Vertailunäytteitä kerättiin Lammin Evolta, joka edustaa vähäkuormitteista tausta-alueita. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, miten eri sieniryhmät ja sienisuvut keräävät vierasaineita. Tutkimuksen avulla pyrittiin myös arvioimaan kelpaavatko Helsingin Keskuspuiston sienet ihmisravinnoksi.

Sieninäytteet kerättiin syksyllä 1999. Näytteitä analysoitiin 83 kappaletta; 76 Helsingistä ja 7 Lammin Evolta. Analysoituja lajeja oli 28. Analysoitaviksi valittiin pääsääntöisesti kauppasienilajeja joita oli 12. Kaikista sienistä analysoitiin arseenin (As), bariumin (Ba), elohopean (Hg), kadmiumin (Cd), kuparin (Cu), kobolttin (Co), kromin (Cr), lyijyn (Pb), mangaanin (Mn), molybdeenin (Mo), nikkelin (Ni), sinkin (Zn) ja vanadiinin (V) pitoisuudet käyttäen typpihappopolttoa.

Tutkimuksessa keskityttiin kadmiumiin, elohopeaan ja lyijyyn sillä näiden pitoisuuksia oli tutkittu vertailututkimuksissa ja kyseisille aineille on annettu raja-arvoja.

Maaperänäytteistä analysoitiin erikseen humuksen ja kivennäismaan pitoisuudet. Maaperänäytteistä analysoitiin samat metallit kuin sieninäytteistä mangaania (Mn) ja molybdeeniä (Mo) lukuunottamatta.

Kvantitatiiviset määritykset tehtiin sekä sieni- että maaperänäytteistä Helsingin kaupungin ympäristölaboratoriossa ICP-MS tekniikalla. Elohopea määritettiin kylmähöyrytekniikalla.

Vuoden 1999 sieninäytteissä lyijypitoisuudet olivat laskeneet yli 80 % 1970-luvun näytteisiin verrattuna. Tämä on mitä todennäköisimmin seurausta lyijyttömän bensiiinin käyttöön siirtymisestä tieliikenteessä. Myös elohopean keskimääräiset pitoisuudet olivat laskeneet yli 60 %. Kadmiumpitoisuudet olivat puolestaan kohonneet noin 30 %. Tämä johtunee liikenteen määrän kasvusta. Pitoisuuksien alenemisesta huolimatta kaikkien kerättyjen sienten keskimääräiset pitoisuudet ylittivät annetut ohjearvot, joten Helsingin Keskuspuistosta kerättyjä sieniä ei tulisi käyttää ravinnoksi ainakaan suuria määriä. Vähäisestä kulutuksesta johtuen Helsingin Keskuspuiston sienten nykyinen käyttäminen ravintona ei aiheuta terveystarpeita.

SAMMANDRAG

Främmande ämnen i svampar samlade från Helsingfors Centralpark år 1999

Undersökningen hade som syfte att klarlägga halten av främmande ämnen i svampar, som växer i Helsingfors Centralpark. Som jämförelsematerial användes två undersökningar där man hade analyserat de skadligaste tungmetallerna (bly, kadmium och kvicksilver) i svampar samlade från parker i Helsingfors under åren 1978 och 1979. I denna undersökning samlades även prover av marken från Centralparken. Undersökningen syftade till att utreda hur svamparna absorberar tungmetaller på mer eller mindre belastade områden. Svampmaterial samlades även från Evo, som representerar ett obelastat område. Undersökningen strävade till att utreda hur olika svampgrupper ock svampsläkten absorberar tungmetaller. Viktigt var också att ta reda på om Centralparkens svampar kan anses vara duglig föda.

Svamparna samlades under hösten 1999. Totalt analyserades 83 st. svampar; 76 st. från Helsingfors och 7 st. från Evo. 28 olika arter analyserades, var av 12 st. handelssvamparter. Svamparna analyserades med avseende på halten av vanadin (V), krom (Cr), mangan (Mn), kobolt (Co), nickel (Ni), koppar (Cu), sink (Zn), arsen (As), molybden (Mo), kadmium (Cd), barium (Ba), kvicksilver (Hg) samt bly (Pb). Tyngdpunkten i denna undersökning lades på kadmium, kvicksilver och bly p.g.a. att dessa analyserats i jämförelseundersökningen och har angivna gränsvärden.

Från markproven analyserades skilt halterna i jordens yttsikt (humusjorden) och i den underliggande mineraljorden. Med undantag av mangan (Mn) och molybden (Mo) analyserades samma ämnen i markproven som i svamparna. Analyserna utfördes i laboratoriet på Helsingfors stads miljöcentral. Både svamp- och markproven analyserades med hjälp av ICP-MS teknik. Kvicksilvret analyserades med kallångsteknik.

Utgående från resultaten kan man observera en märkbar förändring i svamparnas blyhalt. Blyhalten har sjunkit över 80 % i svampmaterialet, som samlats år 1999 i jämförelse med materialet från 1970-talet. Detta beror på att man övergått från blyhaltig bensin till blyfri. Även kvicksilverhalten har sjunkit över 60 %. Kadmiumhalten har i sin tur stigit 30 %, vilket antagligen beror på trafikökningen. Trots att halterna har sjunkit överstiger de fortfarande angivna gränsvärden. Därmed kan man inte rekommendera Centralparkens svampar som föda i stora mängder.

SUMMARY

Foreign substance contents of fungi in Helsinki Central Park year 1999

The purpose of this study was to measure foreign substance contents of fungi growing in the Helsinki Central Park area. Earlier investigations of heavy metal contents in fungi in the parks of Helsinki have been made in 1978 and 1979. In this study also soil samples were taken. One objective of this study was to find out how various species differ in their tendency to accumulate foreign substances. Fungi samples were also collected from Evo, which represents an unpolluted area.

Samples were collected in autumn 1999. A total of 83 fungi samples were analyzed, 76 being from Helsinki and 7 from Evo. A total of 28 species were included, 12 of these being edible species accepted for marketing.

Samples were analyzed for levels of vanadium (V), chromium (Cr), manganese (Mn), cobalt (Co), nickel (Ni), copper (Cu), zinc (Zn), arsenic (As), molybdenum (Mo), cadmium (Cd), barium (Ba), mercury (Hg) and lead (Pb). This study concentrates in the most injurious substances, cadmium, mercury and lead. The soil samples consisted of two kinds of samples. The organic layer (humus soil) was analysed separately from the underlying mineral soil. Same substances were analysed from the soil samples as from fungi, except manganese (Mn) and molybdenum (Mo). The foreign substance contents both in fungi- and soil samples were analysed at Helsinki environment laboratory using inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS) technique. The mercury contents were measured by cold vapour atomic absorption spectrometry.

Results show decreasing in lead levels during the last 20 years. Levels of lead in the samples collected in 1999 had dropped over 80 % compared to those collected in the 1970's. This phenomenon is caused by the start of using unleaded petrol instead of lead containing fuel. Levels of mercury had also dropped over 60 %. Mean content of cadmium in the samples had risen 30 %. This might be the cause of increasing traffic density. Despite levels of foreign substances in the Helsinki area fungi have decreased, average contents exceed given limits. Fungi should not be gathered for food near busy roadsides. Eating fungi gathered from Helsinki Central Park is not considered to be a health risk due to low consumption of fungi used as food.

1. Johdanto

Teollistuneissa maissa on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota haitallisiin aineisiin ympäristössä. Niiden pitoisuuksia on tutkittu myös elintarvikkeissa. Erityisen haitallisia aineita eläville organismeille ovat raskasmetallit. Laajoja selvityksiä ympäristössä esiintyvistä raskasmetalleista tehtiin erityisesti 1970-luvulla sekä 1980-luvun alkupuolella. Raskasmetallipitoisuuksia on mitattu mm. ilmasta, maaperästä, vihanneksista ja sienistä. Korkeita raskasmetallipitoisuuksia löytyy usein enemmän ”luonnon elintarvikkeista,” kuten riistaeläimistä, marjoista ja sienistä kuin teollisesti tuotetuista elintarvikkeista. Monet luonnonvaraiset elintarvikkeet voivat toimia indikaattoreina elinympäristömme saastumisesta.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Helsingin Keskuspuiston sienten raskasmetallipitoisuuksia. Tarkoituksena oli myös selvittää kelpaavatko Helsingin kaupungin Keskuspuiston sienet ravinnoksi. Aloitteen tutkimuksen tekemiseksi teki Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Tutkimus on tehty yhteistyössä Helsingin yliopiston ekologian ja systematiikan laitoksen kanssa.

1.1. Sienet ihmisen ravintona

Sienet ovat lehtivihreättömiä toisenvaraisia eliöitä. Ne muodostavat eliökunnan suuren ryhmän, sienikunnan. Luonnossa sienet toimivat monenlaisissa tehtävissä. Niiden toiminta on kuitenkin usein huomaamaton. Suurin osa sienistä on mikrosieniä, jotka näkyvät paljain silmin vain nukkana kasvualustansa pinnalla. Vaikka ne ovat kooltaan pieniä, niiden merkitys luonnossa on erittäin tärkeä. Sienet hajottavat sen, minkä vihreät kasvit auringon energian avulla rakentavat. Nykyisin sieniä käytetään mm. hajoitamaan jätteitä. Puuteollisuuden jäteliemi muutetaan sienten avulla valkuaispitoiseksi karjanrehuksi. Sienien hyötykäytön yksi muoto on hiivat, joita käytetään leipomisessa sekä alkoholin valmistuksessa. Penisilliinin keksiminen oli suuri askel ihmiskunnalle. Sienistä voi olla myös haittaa. Ne aiheuttavat kasvi- ja eläintauteja. Sienten olemassaolo luonnossa on kuitenkin välttämättömyys (Korhonen 1986).

Sieniä käytetään myös runsaasti elintarvikkeina, sillä niiden ravintoarvo on suuri. Ne sisältävät ihmiselle välttämättömiä kivennäisaineita kuten kaliumia, magnesiumia, natriumia, fosforia, kalsiumia, rikkiä ja rautaa. Kivennäisaineiden osuus sienten kuivapainosta on noin 10 %. Sienet sisältävät myös seleeniä, B- ja D-vitamiineja ja suoliston toiminnalle tarpeellisia kuituja. Veden osuus sienten tuorepainosta on noin 90 %. Rasvaa sienissä on alle 5 % kuivapainosta. Valkuaisen osuus on noin 25 % ja hiilihydraattien noin 60 %. Sienten energiasisältö on varsin vähäinen.

Suomessa kerätyistä sienistä suurin osa tulee kotikäyttöön. Vain muutama prosentti kerätyistä sienistä tulee kauppaan. Maassamme kerätään eniten rouskuja, keltavahveroita ja tatteja sekä korvasieniä. Ensimmäinen ruokasieniasetus astui voimaan 1.4.1982. Asetusta on myöhemmin korjattu ja 6.5.1994 astui voimaan uusin kauppa- ja teollisuusministeriön päätös kauppasienistä (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1994), joka sisältää uusitun kauppasieniluettelon (Härkönen ym. 1995).

Vuodessa Suomen sienikaupassa liikkuu noin 400 000 kiloa sieniä. Viime vuosina viljeltyjen sienten osuus on kasvanut. Vuotuisesta luonnonvaraisesta sienisadosta kerätään talteen vain muutama prosentti (Korhonen 1986).

1.2. Raskasmetallien kerääntyminen sieniin

Solukalvo säätelee aineiden kulkua sienirihmaan ja siitä ulos (Griffin 1981). Kadmiumia rikastavissa sienissä on ilmeisesti sen kuljetukseen erikoistuneita yhdisteitä (Schmitt & Meisch 1985). Kasveista ja eläimistä on löydetty metallotioniineja. Nämä ovat pieniä, metalleja sitovia proteiineja. Sienistä ei niitä ole löydetty, mutta voidaan olettaa, että sienissä on vastaavia yhdisteitä, jotka sitovat metalleja. Raskasmetallien sitoutumisessa sieniin on mukana kysteini, jonka rikkiatomiin metallit voivat sitoutua (Cherian & Goyer 1978). Hattulan (1969) tutkimuksen mukaan eniten kysteiniä on peltoherkkusienissä ja vähiten keltavahveroissa.

Sienet voidaan luokitella niiden elintavan mukaan myrkorritsasieniin, nurmikonalhottajasieniin sekä puunalhottajasieniin. Pääsääntöisesti on voitu todeta, että myrkorritsasienet keräävät raskasmetalleja vähemmän kuin lahottajasienet. Myrkorritsasienet ovat sieniä, jotka elävät yhteiselämää isäntäkasvin kanssa. Sienirihmasto tunkeutuu kasvin juurten solujen väleihin. Sieni saa kasvilta hiilihydraatteja ja vitamiineja. Sienirihmasto puolestaan helpottaa kasvin veden- ja ravinteidenottoa.

Maassa kasvavien lahottajasienten suurten raskasmetallipitoisuuksien on arveltu johtuvan siitä, että ne käyttävät ravinnokseen saasteille alttiina olleita kuolleita kasvinosia (Laaksovirta & Alakuijala 1978). Nurmikoilla kasvavia sieniä ovat mm. herkkusienet. Herkkusienet voidaan jakaa mallon värjäytymisen perusteella punertuviin ja kellertyviin. Tutkimuksessa todettiin, että kellertyvämaltoiset herkkusienet, esimerkiksi peltoherkkusieni, kuusenherkkusieni ja anisherkkusieni, rikastavat elohopeaa 10-50-kertaisesti verrattuna punertuvamaltoisiin. Näitä ovat esimerkiksi nurmiherkkusieni, puistoherkkusieni ja tapionherkkusieni (Laub ym. 1977). Puilla kasvavien lahottajasienten alhaisia metallipitoisuuksia on perusteltu kasvualustan pienillä raskasmetallipitoisuuksilla (Laaksovirta & Alakuijala 1978). Esimerkiksi koivunkantosieni, mesisieni ja kuusilahokka, jotka ovat puiden lahottajia, sisältävät raskasmetalleja varsin vähän (Lodenius ym. 1981b).

2. Raskasmetallit ympäristössä

2.1. Raskasmetallien päästölähteet

Raskasmetalleihin kuuluu sekä kasveille että sienille välttämättömiä hivenaineita esim. rauta, sinkki, kupari, mangaani, molybdeeni, seleeni, kromi ja koboltti. Nämä ovat kuitenkin suurina pitoisuuksina eliöille toksisia. Näille aineille on annettu suosituksia saannin enimmäismääristä.

Kadmium on ihmiselle ja muille eliöille haitallinen raskasmetalli, joka rikastuu ravintoketjussa. Kadmium sitoutuu eliöissä niiden proteiineihin. Kadmiumia pääsee

ympäristöön pääasiassa energiantuotannon, teollisuuden ja liikenteen päästöinä. Kadmiumia käytetään mm. metallien päällystämisen, akuissa sekä muovien valmistusprosesseissa. Suurin yksittäinen kadmiumin päästölähde on fossiilisten polttoaineiden käyttö energiantuotannossa. Suomessa kadmiumia ympäristöön päästävät muun muassa Harjavallan ja Kokkolan terästehtaat. Suurin osa päästöistä syntyy sintrausprosesissa, jossa haitalliset raskasmetallit höyrystyvät korkeassa lämpötilassa (Melanen ym. 1999).

Viljeltyjen vihannesten kadmium on peräisin suurelta osin fosfaattilannoitteista, joissa kadmiumia esiintyy pieninä määrinä epäpuhtautena. Eräistä ulkomaisista fosfaattilannoitteista kadmiumia on mitattu jopa 80 mg/kg. Lannoitustarkoituksiin käytettävästä jätevesilietteestä on myös mitattu korkeita kadmiumpitoisuuksia. Maaperässämme kadmiumia on keskimäärin kymmenesosa moniin teollistuneisiin Keski-Euroopan maihin verrattuna. Suurin osa suomalaisten saamasta kadmiumista tulee viljatuotteista ja perunasta. Tämä ei johdu korkeista pitoisuuksista, vaan näiden tuotteiden suuresta kulutuksesta (Louekari ym 1994).

Ympäristössä lyijy biometyloituu tetrametyylilyijyksi, joka eliöillä kerääntyy kudoksiin ja lihaksiin. Lyijyn on todettu kerääntyvän erityisesti kalsiumia sisältäviin kudoksiin kuten luustoon. Tästä johtuen aikuisella ihmisellä 90 % elimistön lyijystä on sitoutuneena luustoon (Lokitch 1993). Lyijyn terveydelliset haittavaikutukset kohdistuvat aivoihin ja keskushermostoon. Erityisesti lapset ovat herkkiä lyijyn myrkkyyvaikutuksille (Carrington ym. 1993). Lyijyn suuret päästölähteet ovat lyijy- ja metallisulatot, akkuteollisuus ja muu lyijypitoisia aineita prosessoiva teollisuus. Aiemmin lyijyä pääsi runsaasti ympäristöön liikenteestä ennen siirtymistä lyijyttömään bensiiniin (Mukherjee 1994). Lyijyllisen bensiinin myynti Suomessa lopetettiin kokonaan vuonna 1994. Maaperässä lyijy sitoutuu maapartikkeleihin. Lyijy ja sen yhdisteet ovat kuitenkin usein niukkaliukoisia ja siksi kasvit eivät kerää lyijyä maaperästä kovinkaan tehokkaasti. Kasvien sisältämä lyijy on usein peräisin ilmasta.

Elohopean kiertokulussa biometyloitumisella on ratkaiseva merkitys. Maaperässä ja sedimentin pintakerroksissa epäorgaaninen elohopea biometyloituu mikrobien vaikutuksesta lähinnä mono-metyylielohopeasuolaksi. Tämä orgaaninen, veteen huonosti liukeneva suola siirtyy kolloidi-muodostuksen takia helposti humuspitoiseen veteen, mistä se kerääntyy vesieliöihin ja rikastuu pysyvyytensä takia ravintoketjussa (Paasivirta 1991). Metyylielohopea vaikuttaa keskushermostoon. Pitkäaikainen altistuminen elohopealle aiheuttaa munuaisvaurioita (WHO 1990). Metyylielohopeaa käytettiin aiemmin peittausaineena. Tämä aiheutti ympäristövahinkoja pohjoismaissa 1950 - 1970-luvuilla. Suomessa metyylielohopeaa ei käytetty peittausaineena tai sen käyttö oli hyvin vähäistä. Suomessa peittausaineena käytettiin lähinnä metoksialkyylielohopeaa. Elohopeaa pääsee ympäristöön teollisuudesta, jätteiden poltosta, fossiilisten polttoaineiden poltosta ja öljytuotteiden jalostuksesta. Päästöjen tehokas rajoittaminen on johtanut pitoisuuksien laskuun 1970-luvulta lähtien (Paasivirta 1991).

Sinkki, kupari ja mangaani ovat hivenaineita, jotka ovat välttämättömiä ihmiselle. Suurina annoksina ne ovat kuitenkin toksisia. Suuria pitoisuuksia esiintyy kaivos- ja metalliteollisuuden läheisyydessä. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä vapautuu myös näitä aineita (Eurola ym. 1996). Suomalaisten merkittävimmät kuparin ja mangaanin lähteet ovat viljatuotteet ja kasvikset. Liha- ja maitovalmisteet puolestaan sisältävät

eniten sinkkiä (Varo & Koivistoinen 1980).

2.2. Raskasmetallien päästöt ilmaan

Raskasmetallien päästöt ovat vähentyneet Suomessa 1990-luvulla merkittävästi teollisuustuotannon kasvusta huolimatta. Tämän on tehnyt mahdolliseksi tehokkaampien erotinlaitteiden ja polttotekniikoiden käyttöönotto yhdessä parantuneen prosessien hallinnan kanssa. Raskasmetallipitoisten hiukkasten erotus savukaasuista on tehostunut myös rikinpoistolaitteiden käyttöönoton myötä. Merkittävimpien raskasmetalleja ilmaan päästävien energiantuotantolaitosten pölypäästöjen arvioidaan vähentyneen kolmanteen osaan 1990-luvun alun päästömääristä.

Kadmiumin kokonaispäästöt Suomessa ovat laskeneet noin 80 % vuodesta 1990 (6 300 kg) vuoteen 1997 (1 100 kg). Aiemmin metalliteollisuuden prosessit tuottivat suurimman osan kadmiumin päästöistä. Elohopeapäästöt vähentyivät 45 % vuoden 1990 (1 140 kg) vuoteen 1997 (620 kg). Kokonaislyijypäästöjen muutokset ovat suurimmat. Vähentyminen vuosien 1990 (326 100 kg) ja 1997 (18 500 kg) välillä on ollut 95 %. Metalliteollisuuden päästöt ovat vähentyneet yli 90 % (Melanen ym. 1999).

Pääkaupunkiseudulla liikenne ja energiantuotanto ovat merkittävimmät ilmansaasteiden päästölähteet. Kokonaispäästöt pääkaupunkiseudulla ovat viimeisen 20 vuoden aikana vähentyneet. Tämä johtuu keskitettyyn energiantuotantoon ja kaukolämpöön siirtymisestä. 1970-luvun lopulla kivihiilen osuus pääkaupunkiseudun energiantuotannosta oli noin 90 %. Maakaasun käyttö energiantuotannossa alkoi vuonna 1992 Vuosaaren voimalan valmistuttua. Maakaasun osuus energiantuotannosta oli tällöin noin 20 %. Vuonna 1997 maakaasun osuus energiantuotannosta kasvoi 50 %:iin Vuosaaren toisen voimalan valmistuttua (Tolonen 2002). Vuonna 2001 maakaasun osuus Helsingin Energian energiantuotannosta oli 64 % kivihiilen osuuden ollessa 35 % (Helsingin Energia 2002). Hiukkaspäästöiksi pääkaupunkiseudulla vuonna 1992 arvioitiin 2 400 t. Tästä liikenteen osuus on 1 200 t ja energiantuotannon 920 t (Aarnio ym. 1993).

Pääkaupunkiseudulla lyijypäästöt ovat peräisin pääosin liikenteestä. Kokonaispäästöt ovat kuitenkin vähentyneet vuoden 1978 179 tonnin tasosta vuoden 1993 15 tonnin tasolle (Aarnio ym. 1994). Pääkaupunkiseudun ilmanlaatumittauksissa lyijypitoisuuksien vuosikeskiarvot 1970-luvun loppupuolella olivat 0,3 - 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuonna 2001 0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Aarnio ym. 2002). Katalyysaattorien ja lyijyttömään bensiiniin siirtyminen on vähentänyt päästöjä.

Liikennemäärät ovat pääkaupunkiseudulla kasvaneet voimakkaasti. Esimerkiksi Kehä I arkivuorokautinen liikenne vuonna 1980 oli noin 20 000 autoa kun se vuonna 2001 oli lähes 100 000 autoa (kaupunkisuunnitteluvirasto 2002).

2.3. Raskasmetallien laskeuma pääkaupunkiseudulla

Laskeuman merkitystä pääkaupunkiseudulla on tutkittu analysoimalla sammalten raskasmetallipitoisuuksia. Pääkaupungin bioindikaattoriseurannassa on tutkittu vuodesta 1988 lähtien vuosittain kasveissa ja maaperässä tapahtuvia muutoksia. Tutkimusta on tehty arvioimalla havupuiden kuntoa, analysoimalla neulasia, tutkimalla epifyyttijäkälän esiintymistä sekä analysoimalla sammal- ja maaperänäytteitä. Vuonna 1988 Helsingissä mitattiin sammalista lyijyä 35 mg/kg. Kymmenen vuotta myöhemmin sammalten keskimääräiseksi pitoisuudeksi mitattiin 5,6 mg/kg. Myös kadmiumin pitoisuus sammalissa oli laskenut vuoden 1988 0,35 mg/kg tasolta vuoden 1998 0,21 mg/kg tasolle. Sammalten elohopeapitoisuus vuonna 1988 oli 0,11 mg/kg ja vuonna 1998 0,06 mg/kg. Sinkkipitoisuus sammalissa vuonna 1989 oli 53,8 ja vuonna 1998 47,8 mg/kg. Nikkelipitoisuus vuonna 1989 oli 9,1 mg/kg ja vuonna 1998 2,8 mg/kg. Raudan pitoisuus sammalissa vuonna 1989 oli 1 224 mg/kg ja vuonna 1998 354 mg/kg. (Mäkinen ym. 1989, Niskanen & Ellonen 1998).

Osa sienten sisältämistä haitallisista aineista on peräisin kaukokulkeumasta. Sen osuutta on kuitenkin vaikea määrittää. Mittaustuloksiin ja malleihin perustuvissa arvioissa on arvioitu pienhiukkasiin sitoutuneiden raskasmetallien kaukokulkeuman osuuden olevan yli 50 % laskeumasta (Kukkonen 2002).

Osa laskeumasta on peräisin kaupunki-ilmassa leijuvasta pölystä. Kaupunki-ilmassa leijuvan pölyn tärkein lähde on ns. re-emissio eli maasta nouseva katupöly. Tämä pöly sisältää laskeuman lisäksi autonrenkaista sekä katupäällysteestä irronnutta bitumia ja kiviäpölyä sekä hiekoitushiekasta aiheutunutta pölyä (Pihlström ym. 1994).

2.4. Tutkimuksia maaperän raskasmetallipitoisuuksista Helsingissä

Helsingin kaupungin viljelysmaiden raskasmetallipitoisuuksia tutkittiin vuosina 1996 - 1999 (Ranta 1999). Näytteitä kerättiin yhteensä 250 kappaletta. Näytteistä analysoitiin arseeni, kadmium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, sinkki ja elohopea. Uutto tehtiin kuningasvedellä. Pitoisuudet määritettiin atomiabsorptiospektrofotometrisesti grafiittiuuni- ja liekkitekniikalla. Elohopea määritettiin kylmähöyrytekniikalla. Saatujen tulosten mukaan viljelyspalsta-alueiden raskasmetallien keskiarvopitoisuudet olivat lähes kaikki alle saastuneen maan arviointiin käytettävien ohjearvojen. Maan pH-arvoja tutkittiin kahdeksalta viljelyspalsta-alueelta vaihteluvälin ollessa 4,4 - 7,0 välillä. Kaikkien näytteiden keskiarvo oli 5,4. Raskasmetallien kulkeutumisen on todettu vähenevän pH-arvon 5,5 yläpuolella, koska pH:n laskiessa raskasmetallien liukoisuus lisääntyy.

Kaikkien näytteiden kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 0,33 mg/kg, vaihteluväli 0,05 - 1,80 mg/kg. Kadmiumin nykyinen ohjearvo maaperässä on 0,5 mg/kg (Jeltsch & Pyy 1994). Kaikkien näytteiden lyijypitoisuuksien keskiarvo oli 52 mg/kg, vaihteluväli 3 - 190 mg/kg. Lyijyn nykyinen ohjearvo maaperässä on 60 mg/kg (Jeltsch & Pyy

1994). Elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,31 mg/kg. Vaihteluväli oli 0,03 - 2,10 mg/kg.

Helsingin maaperän haitta-aineiden taustapitoisuuksia tutkittiin myös muilla kuin viljelyskäytössä olevilla mailla (Salla 1999). Näytepisteitä oli 113, kokonaisnäytemäärä 242. Tutkimuksessa kerättiin humusnäytteitä sekä kivennäismaanäytteitä. Näytteistä analysoitiin arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, nikkeli, lyijy, anti-
moni, tina, vanadiini ja sinkki. Osasta näytteitä analysoitiin molybdeeni. Analyysit tehtiin kuningasvesiuutoksesta atomiabsorptiospektrofotometrillä grafiittiuuni- ja liekkitekniikalla.

Kadmiumpitoisuuksien keskiarvo humusmaassa oli 0,28 mg/kg ja mineraalimaassa 0,066 mg/kg. Lyijypitoisuuksien keskiarvo humusmaassa oli 71 mg/kg, joka ylittää ohjearvon (60 mg/kg). Mineraalimaan lyijypitoisuuksien keskiarvopitoisuus oli 9,1 mg/kg. Elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,31 mg/kg. Puistojen humuskerroksesta mitattu elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,42 mg/kg. Luonnonmailla kivennäismaan elohopeapitoisuus oli 0,093 mg/kg.

3. Tutkimuksia sienten raskasmetallipitoisuuksista

Tutkimuksia sienten raskasmetallipitoisuuksista on tehty Suomessa sekä muissa teollistuneissa maissa. Mielenkiinto tutkia sienten raskasmetallipitoisuuksia kasvoi varsinkin sen jälkeen, kun havaittiin, että sienet kykenevät ottamaan kasvualustastaan valikoiden aineita. Joidenkin sienten on todettu keräävän kadmiumia ja lyijyä hyvinkin tehokkaasti: on mitattu jopa 300-kertaisia pitoisuuksia kasvualustaan verrattuna (Schmitt & Meisch 1985).

Varhaisimmat suomalaiset tutkimukset ajoittuvat 1970-luvun alkupuolelle. Jakowlev (1975) tutki Tampereen puistoissa kasvavien sienten lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia. Teiden varsilla kasvavien sienten lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia on tutkittu pääkaupunkiseudulla (Lodenius ym. 1983). Näytteet kerättiin Espoosta ja Vantaalta 10, 25, 50 ja 100 metrin etäisyyksiltä teistä, joiden liikennetiheydet vaihtelivat 2 500 - 42 100 auton välillä.

Lyijyteollisuuden vaikutuksia tutkittiin Vantaan Tikkurilassa (Liukkonen-Lilja ym. 1983). Sieniä kerättiin vuosina 1980 - 1981 eri puolilta Tikkurilaa. Teollisuusalueella oli metallisulattamoja, akkuteollisuutta ja vanhojen akkujen sulattamoita.

Laaksovirta & Alakuijala (1978) sekä Laaksovirta & Lodenius (1979) tutkivat Helsingin alueen sienten raskasmetallipitoisuuksia. Näytteitä kerättiin keskustan puistoista sekä mm. Arabiasta, Latokartanosta, Lauttasaaresta ja Vuosaaresta.

Syksyllä 1979 kerättiin näytteitä eteläisestä Suomesta, joista osa Helsingin alueelta (Kuusi ym. 1981). Tutkimus käsitti yli 40 lajia, joissa oli sekä nurmikonlahottajasieniä että mykorrhizasieniä. Tutkimuksessa kerättiin vertailuaineisto vähän kuormitetuilta alueilta, joita olivat Mäntyharju ja Veikkola. Näytteitä kerättiin myös Äetsästä, jossa sijaitsee Suomen suurin elohopeaa prosesseissaan käyttävä kloori-alkaalitehdas.

Oulun kaupungin alueelta ja sen lähiympäristöstä kerättiin sieniä, joiden raskasmetallipitoisuudet selvitettiin (Vuorela 1983).

Elintarvikeviraston tutkimuksessa sieninäytteitä kerättiin Suomesta ja Virossa vuosina 1993 - 1994. Kokonaisnäytemäärä oli 615 yhteensä 29 eri sienilajista. (Eurola ym 1996). Sieniä kerättiin useilta eri paikkakunnilta joiden joukossa oli kuormitettuja (mm. Harjavallan Outokumpu Oy:n tuotantolaitokset) ja vähemmän kuormitettuja alueilta. Kyseinen tutkimus keskittyi kauppasieniin.

Lammin Evolla järjestetyn tuhkalannoituskokeen yhteydessä sieniä kerättiin sekä tuhkalannoitusalueilla sekä käsittelemättömiltä alueilta (Lodenius ym. 2002).

Tässä tutkimuksessa tutkittiin sienten ja maaperän vierasaineiden pitoisuuksia Helsingissä ja vertailualueella, Lammilla.

3.1. Kadmium

Helsingin puistojen sienistä on löydetty varsin korkeita kadmiumpitoisuuksia (Laaksovirta & Alakuijala 1978). Kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 2,33 mg/kg kuiva-ainetta (ka.), vaihteluväli 0,17 - 10,33 mg/kg. Vilkkaasti liikennöityjen teiden lähellä pitoisuudet olivat korkeampia. Kadmiumpitoisuudet olivat korkeita nurmikonlahottajasienissä kuten herkkusienissä ja mustesienissä

Teiden varsilta kerättyjen sienten kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 1,8 mg/kg, vaihteluväli 0,2 - 17 mg/kg. Tutkimuksessa havaittiin, että sienilajilla oli suuri merkitys kadmiumpitoisuuksiin. Näytteenottoaikka tai etäisyys tiestä eivät vaikuttaneet yhtä merkittävästi (Lodenius ym. 1983).

Vantaan Tikkurilassa sienten kadmiumpitoisuudet vaihtelivat 0,2 - 56 mg/kg kuiva-ainetta. Korkein pitoisuus 56 mg/kg mitattiin herkkutatista (*Boletus edulis*). Pitoisuudet olivat mykorritsasienissä korkeampia kuin nurmikonlahottajasienissä (Liukkonen-Lilja ym. 1983).

Syksyllä 1979 Helsingistä ja eteläisestä Suomesta kerättyjen sienten korkeimmat kadmiumpitoisuudet mitattiin herkkusienistä. Kadmiumpitoisuuksien keskiarvo nurmikonlahottajasienissä oli 5,3 mg/kg, keskihajonta oli 14,2. Mykorritsasienissä kadmiumpitoisuudet olivat taajaan asutuilla alueilla korkeat. Mykorritsasienten kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 2,7 mg/kg, keskihajonta oli 5,0. Nurmikonlahottajasienissä pitoisuuserot eivät olleet yhtä merkittäviä taajaan asuttujen ja harvaan asuttujen alueiden välillä (Kuusi ym. 1981).

Oulun kaupungin alueelta kerättyjen sienten kadmiumpitoisuudet vaihtelivat välillä 0,04 - 83,4 mg/kg kuiva-ainetta. Varsinkin herkkusienet ja suomumustesieni, jotka ovat nurmikonlahottajasieniä, sisälsivät runsaasti raskasmetalleja. Vanhoilla kaatopaikoilla kasvaneet sienet sisälsivät myös korkeita pitoisuuksia. Sienten koolla ei näyttänyt olevan suurta merkitystä raskasmetallipitoisuuksien määrään. Kellertyvämaltoisilla

herkkusienillä kadmiumin määrä kuitenkin lisääntyi itiöemän koon kasvaessa (Vuorela 1983).

Elintarvikeviraston tutkimus (Eurola ym. 1996) osoitti, että sienten kyky kerätä kadmiumia on lajikohtainen. Tutkittujen kauppasienten kadmiumpitoisuudet vaihtelivat rajoissa 0,07 - 12,4 mg/kg kuiva-ainetta. Kadmiumin todettiin rikastuvan erityisen tehokkaasti kehnäsieniin. Kehnäsiementen pitoisuudet olivat 3-10 kertaa suurempia kuin sallittu enimmäismäärä 0,1 mg/kg tuorepainoa kohden. Korkeita pitoisuuksia mitattiin myös tateista, joiden pitoisuudet vaihtelivat 0,08 - 6,73 mg/kg kuiva-ainetta. Herkkutattien (*Boletus edulis* ja *B. pinophilus*) kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 1,62 mg/kg kuiva-ainetta. Keltavahveroiden pitoisuudet olivat varsin matalia. Kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 0,29 mg/kg ka., vaihteluväli oli 0,07 - 1,15 mg/kg. Myös haaparouskujen kadmiumpitoisuudet olivat alhaisia. Keskiarvo oli 0,26 mg/kg kuiva-ainetta, vaihteluväli oli 0,05 - 1,15 mg/kg ka.

Herkkusienten on todettu useissa tutkimuksissa olevan tehokkaita raskasmetallien kerääjiä (Seeger 1978, Kuusi ym. 1981). Seeger määrittä 402 Etelä-Saksasta kerätyn sienilajin kadmiumpitoisuudet. Näistä 5 *Agaricus-lajia* sisälsi kadmiumia yli 50 mg/kg kuiva-ainetta. Keskimääräinen kadmiumpitoisuus muissa sienissä oli alle 2 mg/kg. Schmitt ja Meisch (1985) totesivat suuria kadmiumpitoisuuksia 10 herkkusienilajissa, joista 8 kuului ryhmään *Flavescentes* ja 2 ryhmään *Rubescentes*. Jugoslaviassa tehdyssä tutkimuksessa sienten kadmiumpitoisuudet vaihtelivat 0,32 ja 39,9 mg/kg välillä (Byrne ym. 1976).

Lammin Evolta kerättiin tuhkalannoituskokeen yhteydessä sieniä sekä tuhkalannoitteilta alueilta että käsittelemättömiltä alueilta (Lodenus ym. 2002). Lannoittamattomilla alueilla haaparouskujen kadmiumpitoisuuksien keskiarvoksi mitattiin 0,23 mg/kg ka. Korkeimmat kadmiumin keskiarvopitoisuudet mitattiin lehmäntatista 1,8 mg/kg ka. Yksittäisestä kehnäsieninäytteestä kadmiumia mitattiin 10 mg/kg ka.

3.2. Lyijy

Havainnot kohonneista lyijypitoisuuksista sienissä tehtiin jo 1970-luvun alkupuoliskolla. Tampereen Hämeenpuistosta kerätyistä herkkusienistä mitattiin tuolloin 0,5 mg/kg lyijypitoisuuksia tuorepainoa kohti (Jakowlev 1975). Korkeiden lyijypitoisuuksien katsottiin olevan peräisin liikenteen päästöistä.

Vantaan Tikkurilassa tehdyssä tutkimuksessa (Liukkonen-Lilja ym 1983) korkeimmat lyijypitoisuudet mitattiin tateista (*Boletaceae*) pitoisuuksien vaihdella 0,5 - 300 mg/kg kuiva-ainetta. Nurmikonlahottajasienissä puolestaan lyijyä tehokkaasti keräsivät ukonsieni (170 mg/kg kuiva-ainetta) sekä lohisieni (100 mg/kg kuiva-ainetta). Näytteitä ei kuitenkaan voida pitää edustavina, sillä kumpaakin näytettä oli vain 1 kappale. Lyijypitoisuuksien keskiarvo Tikkurilassa oli mykorrhizasienillä lähes 10-kertainen Helsingin pitoisuuksiin verrattuna.

Teiden varsilla kasvavien sienten lyijypitoisuudet vaihtelivat välillä 0,5 - 19 mg/kg kuiva-ainetta. Keskiarvon oli 4,1 mg/kg. Tutkimuksessa havaittiin, että sienien lyijy-

pitoisuuteen vaikuttavat näytteenottoaika ja sienilaji sekä etäisyys tiestä. Tutkittaessa varianssianalyysillä eri tekijöiden vaikutusta havaittiin, että liikennetiheyden ja sienten lyijypitoisuuksien välillä ei ollut kuitenkaan merkitsevää korrelaatiota (Lodenius ym. 1983).

Vuorelan (1983) tutkimuksessa Oulun kaupungin ja sen lähiympäristön sienten lyijypitoisuus vaihteli välillä 0,03 - 74,0 mg/kg kuiva-ainetta. Korkeimmat lyijypitoisuudet mitattiin katujen ja valtateiden varsilta.

Elintarvikeviraston tutkimuksessa (Eurola ym. 1996) Uudenmaan läänistä kerättyjen sienten lyijypitoisuudet olivat merkitsevästi suurempia kuin muualla Suomessa. Korkeimmat lyijypitoisuuksien keskiarvot mitattiin suppilovahveroista (0,68 mg/kg kuiva-ainetta) ja isohaperoista (0,80 mg/kg kuiva-ainetta). Sienten lyijypitoisuuksien vaihtelun todettiin olevan vähäisempää kuin kadmiumpitoisuuksien. Ohutmaltoisten sienten, joiden pinta-alan suhde massaansa on suuri arveltiin sisältävän enemmän lyijyä. Tämän perusteella arveltiin, että ainakin osa lyijystä on pinta-kontaminaatiosta johtuvaa. Muissa tutkimuksissa on kuitenkin todettu että pinta-kontaminaatiolla on vain pieni vaikutus sienten lyijypitoisuuteen. Pitoisuuksien on todettu olevan riippuvaisia maaperän lyijypitoisuudesta.

3.3. Elohopea

Helsingin alueen sienten elohopeapitoisuuksia tutkittiin syksyllä 1978 (Laaksovirta & Lodenius 1979). Sienten elohopeapitoisuudet vaihtelivat 0,01 - 72 mg/kg kuivapainoa. Pitoisuuksiin vaikuttavat laji ja sen ekologia (nurmikonlahottaja, puunlahottaja tai mykorritsasieni). Korkeimmat elohopeapitoisuudet mitattiin herkkusienistä. Puunlahottajissa pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,05 - 0,67 mg/kg. Mykorritsasienistä korkeimmat elohopeapitoisuudet mitattiin tateista, joista korkein pitoisuus oli herkkutattissa (1,5 mg/kg kuiva-ainetta). Aiemmat tutkimukset ovat myös osoittaneet herkkutattin olevan tehokkaampi elohopean kerääjä kuin muut taitit (Stijve & Roschnik 1974). Mykorritsasienten elohopeapitoisuudet vaihtelivat välillä 0,01 - 1,5 mg/kg kuiva-ainetta.

Elohopeapitoisuuksia mitattiin myös vuonna 1979 Mikkeliissä (Lodenius ym. 1981b). Nurmikonlahottajasienissä pitoisuudet olivat noin kuusinkertaiset mykorritsasieniin verrattuna. Elohopeapitoisuudet olivat korkeita herkkusienissä (*Agaricus sp.*), mutta myös muutamista muiden lajien sieniyksilöistä mitattiin kohonneita pitoisuuksia, esimerkiksi punakärpässienestä. Mikkelistä kerättyjen nurmikonlahottajasienten elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 6,3 mg/kg kuiva-ainetta. Mykorritsasienten elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 1,1 mg/kg. Samassa tutkimuksessa Helsingistä kerättyjen nurmikonlahottajasienten elohopeapitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 6,5 mg/kg kuiva-ainetta. Helsingistä kerättyjen mykorritsasienten elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,70 mg/kg kuiva-ainetta.

Vantaan Tikkurilasta kerättyjen sienten elohopeapitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa Helsingistä kerättyjen sienten kanssa. Elohopeapitoisuudet määritettiin vain alle 600 metrin etäisyydeltä lyijysulattamosta kerätyistä näytteistä. Myös tässä tutki-

muksessa havaittiin nurmikonlahottajasienten suurempi kyky ottaa itseensä raskasmetalleja. Kaikkien nurmikonlahottajalajien keskimääräinen elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 1,6 mg/kg kuiva-ainetta, kun puolestaan mykorritsasienillä elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,4 mg/kg (Liukkonen-Lilja ym. 1983).

Oulussa vuosina 1979 - 1981 kerätyissä sienissä elohopeapitoisuudet vaihtelivat välillä 0,01-67,0 mg/kg kuiva-ainetta (Vuorela 1983). Tutkimuksessa käytettiin useita eri sienilajeja kuten herkkusieniä (*Agaricus spp.*), somu- ja harmaamustesieniä (*Coprinus comatus* ja *Coprinus atramentarius*), kangas- ja mustarouskuja (*Lactarius rufus* ja *Lactarius necator*) sekä voitatteja, lehtikuusen- ja lehmäntatteja (*Suillus luteus*, *Suillus grevillei* ja *Leccinum scabrum*). Korkeimmat elohopeapitoisuudet mitattiin kloorialkaalitehtaan läheisyydestä.

Elintarvikeviraston tutkimuksessa (Eurola ym. 1996) havaittiin elohopeapitoisuuksien vaihtelevan paljon eri sienilajien välillä. Saman lajin sisällä vaihtelu oli kuitenkin melko vähäinen. Suurin elohopeapitoisuus mitattiin herkkutatista (4,35 mg/kg kuiva-ainetta). Herkkutatien elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,86 mg/kg kuiva-ainetta. Pienimmät pitoisuudet olivat mustassa torvisienessä, keltavahverossa ja korvasienissä. Esimerkiksi keltavahveroiden elohopeapitoisuuksien vaihteluväli oli 0,02 - 0,28 mg/kg kuiva-ainetta. Keskiarvo oli 0,04 mg/kg kuiva-ainetta.

4. Aineisto ja menetelmät

Aineisto kerättiin Helsingin Keskuspuistosta syksyllä 1999. Keskuspuisto on Helsingin laajin viheralue. Tuhannen hehtaarin alueesta noin 700 hehtaaria on metsää. Eteläosat ovat pääsääntöisesti hoidettuja puistoja, pohjois-osat puolestaan metsää ja vanhoja peltoja. Keskuspuisto on suosittu ulkoilualue. Myös sienestäjät suosivat sen pohjoisia osia. Etelä-pohjoissuunnassa puisto ulottui Finlandialtolta Pitkäkoscalle. Tämän alueen lisäksi näytteitä kerättiin Kaisaniemen kasvitieteellisestä puutarhasta sekä Tähtitorninmäeltä. Keskuspuistosta kerättiin sekä sieni- että maaperänäytteitä.

Tutkittavan alueen jako näyteruutuihin tapahtui käyttämällä apuna Helsingin puhelinluettelon karttaa, jonka 1 km x 1 km ruudut jaettiin neljään yhtäsuureen osaan, näyteruutuun. Ruudut numeroitiin tämän jälkeen pohjoisesta etelään ja lännestä itään. Näytealuruudut on esitetty liitteessä 1.

Vertailunäytteet kerättiin Kanta-Hämeestä, Lammin Evolta, joka toimi kontrollialueena (61° 14' N ja 25° 12' E), jolla saasteiden päästölähteitä on vähän. Näytealat sijaitsivat Tavilammella sekä Nimetönlammen läheisyydessä.

4.1. Sieninäytteet

Sieninäytteet kerättiin elo - lokakuussa 1999. Poikkeuksellisen kuivasta kesästä johtuen sieniä oli niukasti. Vertailuaineistoina olevissa tutkimuksissa Alakuijala & Laaksovirta (1978) sekä Laaksovirta & Lodenius (1979) sienten keruu keskittyi keskustan puistoihin sekä muutamille muille alueille Helsingissä. Sieninäytteitä Helsingistä sekä Lammin Evolta kerättiin yhteensä 164 kappaletta. Näistä valittiin 83 näytettä analyysyjä varten. Analysoitaviksi näytteiksi valittiin kauppasienilajeja sekä lajeja, joita esiintyi useilla näyteruuduilla. Lisäksi kerättiin vertailuaineistossa olleita lajeja. 76 näytettä analysoitiin Helsingistä ja seitsemän Lammin Evolta. Näytteet muodostuivat 28 eri sienilajista. Tärkeimmät tutkittavat sienisuvut olivat haperot (*Russula*), rouskut (*Lactarius*) ja tattien heimo (*Boletaceae*).

Lajiston osalta painopiste oli kauppasienillä. Tutkitun sienilajiston nimistö on esitetty liitteessä 3. Nimistö on Ryman & Holmåsénin mukainen (Ryman & Holmåsén 1984). Liitteeseen 3 on myös merkitty kauppasieniksi hyväksytyt lajit (Kauppa- ja teollisuusministeriö 1994). Kauppasieniä 83:sta analysoidusta näytteestä oli 48 kappaletta. Kauppasienilajeja oli 12.

Sienistä poistettiin jalan multainen tyvi sekä irtonaiset roskat lakin päältä. Sienet tunnistettiin lajitasolla. Sienet kuivattiin kokonaisina 48 tuntia lämpökaapissa noin 40°C:ssa. Lämpötila oli pidettävä tarpeeksi alhaisena, jolla vältettiin helposti haihtuvien alkuaineiden höyrystyminen. Kuivatut sieninäytteet analysoitiin Helsingin kaupungin ympäristölaboratoriossa. Kaikista sienistä analysoitiin arseenin (As), bariumin (Ba), elohopean (Hg), kadmiumin (Cd), kuparin (Cu), kobolttin (Co), kromin (Cr), lyijyn (Pb), mangaanin (Mn), molybdeenin (Mo), nikkelin (Ni), sinkin (Zn) ja vanadiinin (V) pitoisuudet. Näytteet märkäpoltettiin mikroaaltopolttounissa väkeväsä typpihapossa. Kvantitatiivinen määrittäminen suoritettiin ICP-MS tekniikalla, elohopea määritettiin kylmähöyrytekniikalla.

4.2. Maaperänäytteet

Maanäytteitä kerättiin samoilta näyteruuduilta kuin sieniä. Näyteruuduilta kerättiin sekä humus- että kivennäismaanäytteitä. Kivennäismaanäytteitä kerättiin 11 näyteruudusta ja humusnäytteitä 12 näyteruudusta, joista yksi Lammin Evolta. Näytteiden keruualueet on merkitty liitteessä 1.

Humusnäytteitä kerätessä näyteenottimena käytettiin terässylinteriä, jonka tilavuus oli 250 ml. Maan pinnalta poistettiin ylin kerros, joka sisälsi pääasiassa maatumatona kasvimateriaalia. Humusmaasta ”porattiin” sylinterillä näyte. Humuskerroksen paksuus eri näyteruuduilla vaihteli välillä 2 - 8 cm. Humusnäytteitä kerättiin näyteruudusta (500m x 500m) neljästä eri kohdasta siten, että näytteen kokonaistilavuudeksi saatiin 1000 ml.

Kivennäismaanäytteet kerättiin samoilta näyteruuduilta kuin humusnäytteet. Näytteenottimena käytettiin apuna suurempaa 500 ml:n terässylinteriä, joka hakattiin maahan. Kivennäismaanäytteet kerättiin välittömästi humuskerroksen alapuolelta, rikastumiskerroksesta jonka syvyys vaihteli 7 - 20 cm välillä. Kivennäismaanäytteitä kerättiin näyteruuduilta (500m x 500m) kahdesta eri kohdasta, jolloin näytteen kokonaistilavuudeksi saatiin 1000 ml.

Tuoreet maanäytteet punnittiin ja seulottiin kahden millimetrin silmäkoon teräsverkon läpi. Seulonnassa yhden näytealan eri osanäytteet sekoittuivat tehokkaasti keskenään. Seulottujen näytteiden tuorepaino punnittiin. Myös seulaan jääneet kivet ja juuret punnittiin. Seulottu näyte (10g) ravisteltiin ionivaihdetussa vedessä (50ml). Sedimentoitumisen ja suodatuksen jälkeen suodoksesta mitattiin pH ja johtokyky. Loput seulotuista näytteistä kuivattiin noin 40°C:n lämpötilassa 48 tuntia. Kuivatut maanäytteet analysoitiin Helsingin kaupungin ympäristölaboratoriossa. Näytteiden typpihappouutto tehtiin mikroaaltopolttouunissa ja kvantitatiiviset määritykset ICP-MS tekniikalla. Elohopea määritettiin kylmähöyrytekniikalla. Maaperänäytteistä analysoitiin samat alkuaineet kuin sieninäytteistä mangaania (Mn) ja molybdeeniä (Mo) lukuunottamatta.

5. Tulokset ja niiden tarkastelu

5.1. Sienten raskasmetallipitoisuudet

Liitteessä 2 on esitetty sienten analyysitulokset.

5.1.1. Kadmium

Helsingistä kerättyjen sienten kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 2,9 mg/kg, mediaani 1,0 mg/kg. Vaihteluväli oli 0 - 17 mg/kg ka. Korkein pitoisuus (17 mg/kg ka.) mitattiin Tähtitorninmäeltä näytealalta 24 koivulahorusokkaasta (*Pluteus atricapillus*). Laaksovirta ja Alakuijala (1978) mittasivat Helsingin keskustan puistojen sienten kadmiumpitoisuuksien keskiarvoksi 2,33 mg/kg ka., vaihteluväli oli 0,17 - 10,30 mg/kg ka.

Helsingissä teiden läheisyydestä kerättyjen sienten kadmiumpitoisuudet olivat korkeita. Esimerkiksi Kehä I:n varrelta poimitusta kultasienestä (*Pheolepiota aurea*) kadmiumia mitattiin 4,4 mg/kg ja mesisienestä (*Armillaria borealis*) 7,0 mg/kg. Kehä I:n arkivuorokautinen liikenne on 97 290 autoa (kaupunkisuunnitteluvirasto 2002). Myös vilkkaasti liikennöidyn Hakamäentien varresta kerätyn herkkutatatin (*Boletus edulis*) kadmiumpitoisuus oli korkea (5,7 mg/kg ka.). Hakamäentien arkivuorokautinen liikenne on 34 080 autoa (kaupunkisuunnitteluvirasto 2002). Helsingin 76:sta analysoiduista näytteestä 42 näytettä on kauppasieniä. Näiden näytteiden kadmiumpitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 3,2 mg/kg ka.. Korkein kauppasienistä mitattu kadmiumpitoisuus oli herkkutatissa (*Boletus edulis*): 12 mg/kg ka.

Vertailuun otettiin myös 6 pohjoisinta näyteruutua, jotka sijaitsevat kauempana vilkkaasti liikennöidyistä teistä (näyteruudut 1 - 6). Näiden näytealojen sienten (n=15) kadmiumpitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 1,3 mg/kg ka. Vastaavasti kuuden eteläisimmän näyteruudun (näyteruudut 19 - 24) sieninäytteiden (n=16) kadmiumpitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 4,8 mg/kg ka.

Lammin Evolta kerättyjen sienien kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 1,8 mg/kg. Vaihteluväli oli 0,1 mg/kg - 8,2 mg/kg. Pitoisuudet olivat varsin matalia. Ainoastaan yhdessä näytteessä pitoisuus oli korkea (8,2 mg/kg). Tässä voi olla kyseessä luonnollinen kertymä maaperässä tai tutkimusprosessin aikana tapahtunut kontaminaatio. Lammin Evolta kerättyistä sienistä kuusi oli kauppasieniä. Näiden keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli 1,5 mg/kg kuiva-ainetta. Mikäli edellä mainittu yksi näyte (mahdollinen kontaminaatio) jätetään huomioimatta, keskimääräinen pitoisuus on 0,2 mg/kg kuiva-ainetta. Lehmäntatista mitattiin myös muita sieniä korkeampi kadmiumpitoisuus (1,8 mg/kg ka.). Vastaavia tuloksia saatiin myös toisessa tutkimuksessa (Lodeniuss ym. 2002).

5.1.2. Lyijy

Helsingistä kerättyjen sienten lyijypitoisuuksien keskiarvo oli 1,8 mg/kg ka., ja mediaani 0,95 mg/kg ka. Vaihteluväli oli 0,1 - 16 mg/kg ka. Suurin lyijypitoisuus (16 mg/kg) mitattiin Tähtitorninmäeltä poimitusta suomumustesienestä (*Coprinus comatus*). Samasta näytteestä mitattiin myös korkein elohopeapitoisuus. Vuoden 1978 tutkimuksessa (Laaksovirta & Alakuijala) tutkittujen sienten lyijypitoisuuksien keskiarvoksi oli 13,0 mg/kg ka., vaihteluväli 2,2 - 41 mg/kg ka.

Tiheästi liikennöityjen väylien varsilta poimituista sienistä mitattiin kohonneita lyijypitoisuuksia. Näyteruudusta 15 Hakamäentien läheisyydestä poimitun keltavahveron lyijypitoisuus oli 7,1 mg/kg ka. Samasta näyteruudusta kerätystä koivuhaperosta lyijyä mitattiin 9,9 mg/kg ka.

Kuuden pohjoisimman näyteruudun (näyteruudut 1 - 6) sieninäytteiden (n=15) lyijypitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 1,0 mg/kg kuiva-ainetta. Kuuden eteläisimmän näyteruudun (näyteruudut 19 - 24) sieninäytteiden (n=16) lyijypitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 2,3 mg/kg ka.

Helsingistä poimitujen kauppasienten lyijypitoisuuksien keskiarvoksi mitattiin 1,7 mg/kg ka.

Lammin Evolta kerättyjen sieninäytteiden lyijypitoisuuksien keskiarvoksi mitattiin 0,3 mg/kg ka. Vaihteluväli oli 0,01 - 1,0 mg/kg ka. Lammin Evolta poimitujen kauppasienilajien lyijypitoisuuksien keskiarvo oli 0,3 mg/kg ka.

5.1.3. Elohopea

Helsingistä kerättyjen sienten elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 1,1 mg/kg ka., mediaani 0,2 mg/kg ka. Vaihteluväli oli 0,03 - 35 mg/kg ka. Korkein elohopeapitoisuus mitattiin Tähtitorninmäeltä näyteruudusta 24 suomumustesienestä (*Coprinus comatus*) 35 mg/kg ka. Samaisesta sienestä mitattiin myös korkea lyijypitoisuus (16 mg/kg). Laaksovirta & Lodenius (1979) saivat tutkimuksissaan Helsingin kaupungin alueen sienten elohopeapitoisuuksien keskiarvoksi 2,88 mg/kg. Vaihteluväli oli 0,01 - 72 mg/kg ka.

Vuoden 1979 tutkimuksen korkein elohopeapitoisuus (72 mg/kg) mitattiin Aleksanterinkadun varrelta kerätystä herkkusienestä (*Agaricus sp.*). Tässä tutkimuksessa analysoitiin kaksi herkkusieninäytettä, joista elohopeaa mitattiin 4,4 mg/kg sekä 2,6 mg/kg ka. Aiemmat tutkimukset osoittavat nurmikoilla kasvavien herkkusienien olevan tehokkaita raskasmetallien kerääjiä (Seeger 1978, Kuusi ym. 1981, Schmitt & Meisch 1985). Tämän tutkimuksen tulokset tukevat samaa väitettä.

Kuuden pohjoisimman näyteruudun (näyteruudut 1 - 6) sieninäytteiden (n=15) elohopeapitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 0,2 mg/kg ka. Kuuden eteläisimmän näyteruudun (näyteruudut 19 - 24) sieninäytteiden (n=16) elohopeapitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 2,7 mg/kg ka.

Tämän tutkimuksen kontrollialueena toimineen Lammin Evon sienten elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,3 mg/kg ka. Vaihteluväli oli 0,1 - 0,4 mg/kg.

Helsingistä poimittujen kauppasienilajien elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,7 mg/kg ka. Korkein pitoisuus (5,8 mg/kg) ka. mitattiin herkkutatista (*Boletus edulis*), joka kasvoi Eläintarhassa lähellä Nordenskiöldinkatua. Lammin Evolta poimittujen kauppasienten elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,3 mg/kg ka.

5.1.4. Sinkki

Kaikkien Helsingistä kerättyjen sienten sinkkipitoisuuksien keskiarvoksi saatiin 114 mg/kg ka., mediaani 105 mg/kg ka. Vaihteluväli oli 28 - 297 mg/kg ka. Laaksovirta & Alakuijala (1978) mittasivat sienten sinkkipitoisuuksien keskiarvoksi 145 mg/kg. Vaihteluväli oli 24 - 354 mg/kg.

Helsingistä poimittujen kauppasienten sinkkipitoisuuksien keskiarvo oli 129 mg/kg ka.

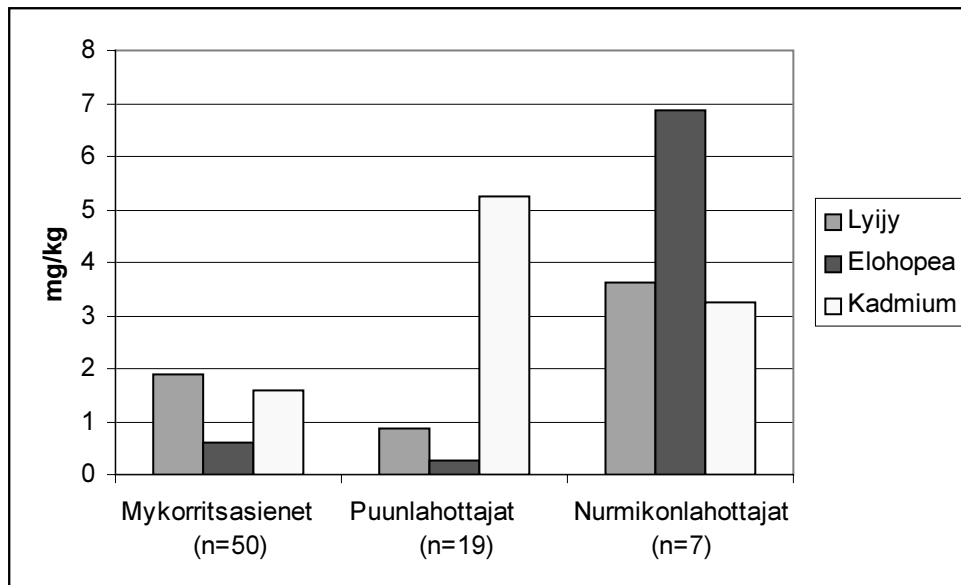
5.1.5. Muut alkuaineet

Taulukko 1. Helsingin keskuspuistosta kerättyjen sienten (n=76) alkuainepitoisuuksien keskiarvot, mediaanit ja vaihteluvälit (mg/kg ka.). (0 = pitoisuudet alle määrittystarkkuuden)

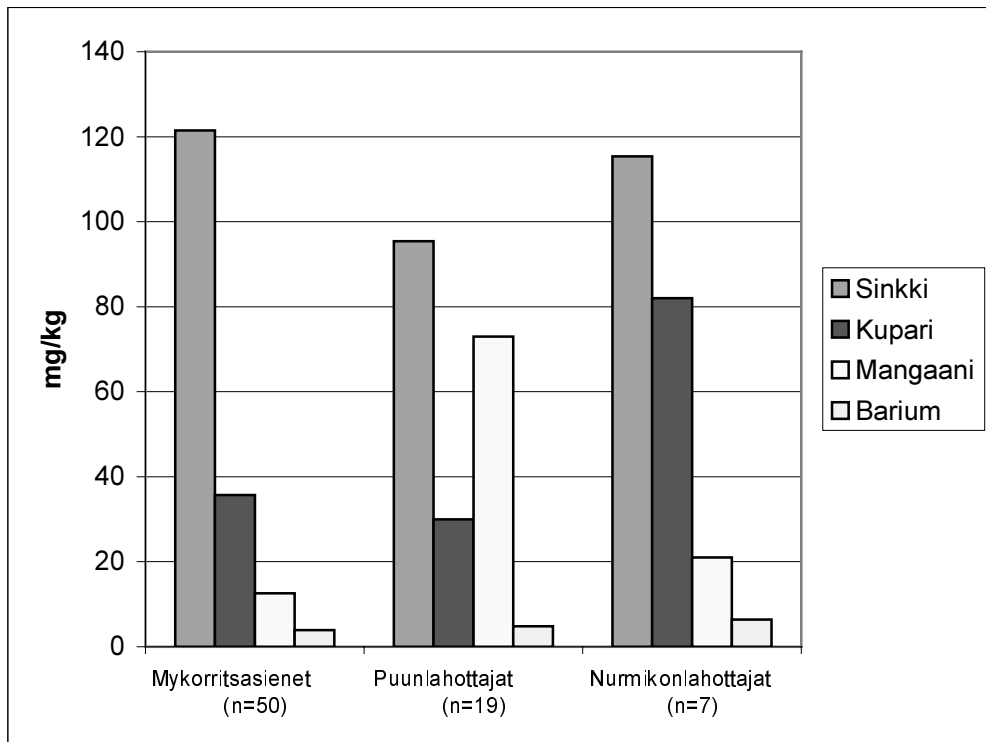
Haitta-aine (mg/kg)	keskiarvo	mediaani	pienin	suurin
Vanadiini	0,5	0,5	0	3,6
Kromi	1,6	1,6	0	6,9
Mangaani	28	12	3,7	403
Koboltti	0,15	0,11	0	1,0
Nikkeli	1,3	0,94	0,1	9,3
Kupari	39	33	5,4	155
Sinkki	114	105	28	297
Arseeni	3,2	1,0	0	140
Molybdeeni	0,14	0,12	0	1,2
Kadmium	2,9	1,05	0	17
Barium	4,3	2,7	0,1	23
Elohopea	1,1	0,17	0,01	35
Lyijy	1,80	0,95	0,1	16

5.2. Alkuainepitoisuudet eri sieniryhmissä

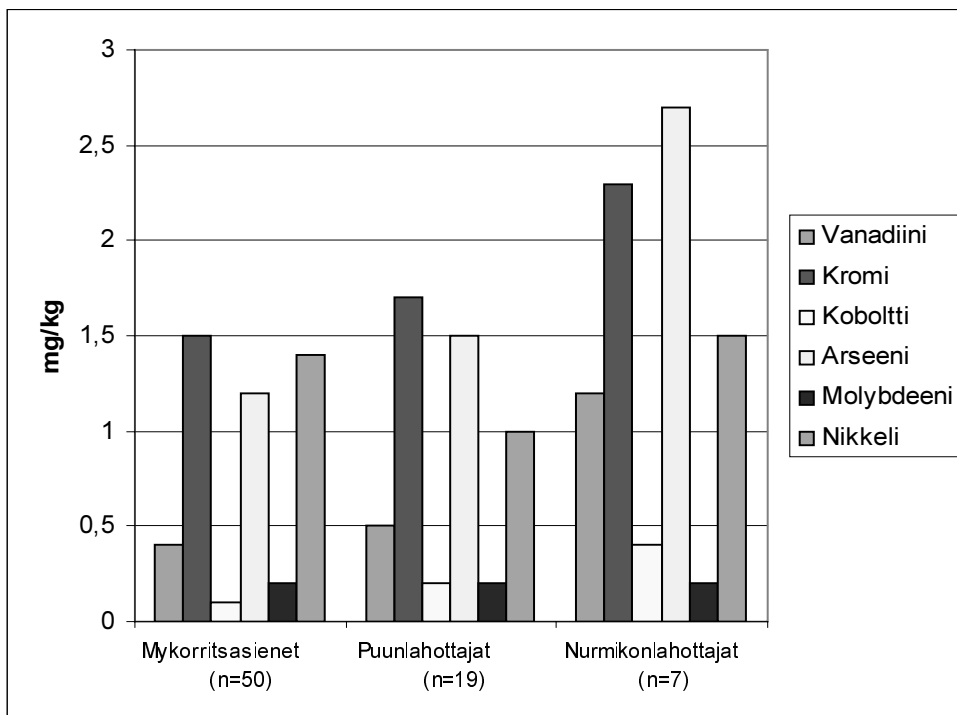
Seuraavassa on vertailtu saatujen tulosten perusteella alkuainepitoisuuksia eri sieniryhmissä.



Kuva 1. Lyijyn, elohopean ja kadmiumin keskiarvopitoisuudet eri sieniryhmissä.



Kuva 2. Sinkin, kuparin, mangaanin ja bariumin keskiarvopitoisuudet eri sieniryhmissä.



Kuva 3. Vanadiinin, kromin, koboltin, arseenin, molybdeenin ja nikkelin keskiarvopitoisuudet eri sieniryhmissä. Keskiarvosta on jätetty pois erittäin korkea yksittäinen arseenipitoisuus (140 mg/kg ka.) joka johtuu mahdollisesta kontaminaatiosta.

5.2.1. Alkuainepitoisuudet mykorritsasienissä

Taulukko 2. Mykorritsasienten (n=50) alkuainepitoisuudet Helsingissä (mg/kg kuiva-ainetta). (0 = pitoisuudet alle määrittystarkkuuden)

Haitta-aine (mg/kg)	keskiarvo	mediaani	pienin	suurin
Vanadiini	0,4	0,4	0	1,0
Kromi	1,5	1,3	0	6,9
Mangaani	13	10	3,7	53
Koboltti	0,1	0,1	0	0,6
Nikkeli	1,4	1	0,2	9,3
Kupari	36	32	5,3	155
Sinkki	122	115	28	297
Arseeni	1,2	0,7	0	2,9
Molybdeeni	0,2	0,1	0	0,2
Kadmium	1,7	0,5	0	12,0
Barium	3,9	2,7	0,1	19,0
Elohopea	0,6	0,2	0,01	5,8
Lyijy	1,9	1,1	0,2	9,9

Laaksovirta & Alakuijala (1978) mittasivat tutkimuksessaan Helsingistä kerättyjen mykorritsasienten lyijypitoisuuksien keskiarvoksi 5,78 mg/kg. Kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 1,52 mg/kg. Sinkkipitoisuuksien keskiarvo oli 182 mg/kg. Laaksovirran ja Lodeniuksen (1979) tutkimuksessa Helsingistä kerättyjen mykorritsasienten elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,32 mg/kg.

Tämän tutkimuksen vertailuaineistona Lammilta kerättyjen mykorritsasienten (n=7) lyijypitoisuuksien keskiarvoksi mitattiin 0,3 mg/kg ka. Kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 1,6 mg/kg ka., elohopeapitoisuuksien 0,3 mg/kg ka. ja sinkkipitoisuuksien 88 mg/kg ka.

5.2.2. Alkuainepitoisuudet puunlahottajasienissä

Taulukko 3. Puunlahottajasienten (n=19) alkuainepitoisuudet Helsingissä (mg/kg kuiva-ainetta). (0 = pitoisuudet alle määrittystarkkuuden)

Haitta-aine (mg/kg)	keskiarvo	mediaani	pienin	suurin
Vanadiini	0,5	0,4	0	1,2
Kromi	1,7	1,7	0	3,8
Mangaani	73	19	11	403
Koboltti	0,1	0,1	0	0,5
Nikkeli	1,0	0,7	0,1	4,4
Kupari	30	29	12	69
Sinkki	95	92	53	184
Arseeni	1,5	1,2	0	4,6
Molybdeeni	0,2	0,2	0,1	0,3
Kadmium	5,8	5,4	0,5	17
Barium	4,8	2,7	1,1	23
Elohopea	0,2	0,1	0,01	1,0
Lyijy	0,8	0,5	0,1	4,9

Analyytitulokset osoittavat lyijyn vähentyneen 1970-luvulta. Kadmiumia tosin löytyi enemmän, mutta vuoden 1978 tuloksessa puunlahottajasieniä oli analysoitu vain 3 kappaletta, joten tulos ei ole tilastollisesti luotettava. Laaksovirta & Alakuijala (1978) mittasivat tutkimuksissaan Helsingin kaupungin puistojen puunlahottajasienten lyijypitoisuuksien keskiarvoksi 15,9 mg/kg ka. Kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 0,6 mg/kg ka. ja sinkkipitoisuuksien keskiarvo oli 67 mg/kg. Laaksovirran ja Lodeniuksen (1979) tutkimuksessa Helsingistä kerättyjen puunlahottajasienten elohopeapitoisuuksien keskiarvo oli 0,24 mg/kg ka.

5.2.3. Alkuainepitoisuudet nurmikolahottajasienissä

Taulukko 4. Nurmikolahottajasienten (n=7) alkuainepitoisuudet Helsingissä (mg/kg kuiva-ainetta).

Haitta-aine (mg/kg)	keskiarvo	mediaani	pienin	suurin
Vanadiini	1,2	0,9	0,3	3,6
Kromi	2,3	2,0	1,0	3,8
Mangaani	21	16	10	38
Koboltti	0,4	0,2	0,1	0,6
Nikkeli	1,5	1,2	0,3	3,3
Kupari	82	80	43	150
Sinkki	115	113	71	174
Arseeni	2,7	2,6	0,9	140
Molybdeeni	0,2	0,2	0,1	0,3
Kadmium	3,2	4,1	0,6	4,7
Barium	6,4	4,8	2,2	22
Elohopea	6,9	2,6	0,7	35
Lyijy	3,7	1,0	0,3	16

Laaksovirta & Alakuijala (1978) mittasivat Helsingin kaupungin puistojen nurmikonglahottajien lyijypitoisuuksien keskiarvoksi 16 g/kg ka. Kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 3,2 mg/kg ka. ja sinkkipitoisuuksien keskiarvo 115 mg/kg ka. Laaksovirta & Lodenius (1979) mittasivat Helsingin puistojen nurmikonglahottajien elohopeapitoisuuksien keskiarvoksi 8,1 mg/kg ka.

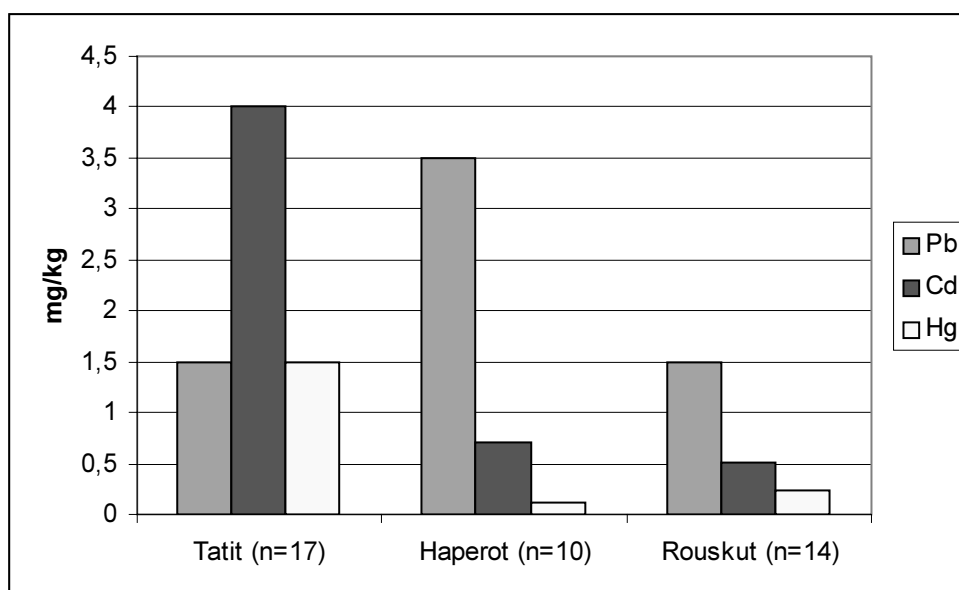
Aikaisempien tutkimusten (mm. Lodenius ym. 1983, Schmitt & Meisch 1985, Eurola ym. 1996) pohjalta on todettu eri sienilajien ja sieniryhmien keräävän eri tehokkuuksilla raskasmetalleja. Myös tämä tutkimus tukee väitettä.

Tulokset osoittavat, että useimpien nurmikonglahottajien raskasmetallipitoisuudet ovat huomattavasti muita sieniryhmiä korkeammat. Lammin Evolta nurmikonglahottajien ei löydetty.

Lyijypitoisuuksien alenemisen syynä voidaan pitää lyijyttömään bensiiniin siirtymistä. Vuonna 1974 kerättyjen sienten keskimääräinen lyijypitoisuus oli 13 milligrammaa kuiva-ainekiloa kohti. Vuonna 1999 kerättyjen sienten lyijypitoisuus oli vain 1,8 mg/kuiva-ainetta. Lammin Evolta kerätyn vertailuaineiston sienten keskimääräinen lyijypitoisuus oli vain 0,3 mg/kg kuiva-ainetta.

5.2.4. Alkuainepitoisuuksien vaihtelu eri sienisukujen välillä

Sienten alkuainepitoisuuksia vertailtiin myös eri sienisukujen välillä. Tässä tutkimuksessa tärkeimmät esiintyvät suvut olivat *Boletaceae* tattien heimo, johon kuuluu useita eri sukuja kuten *Leccinum*, *Boletus*, *Suillus* sekä *Xerocomus*, rouskujen suku (*Lactarius*) sekä haperoiden suku (*Russula*). Tatit keräsivät kadmiumia ja elohopeaa. Haperot sisälsivät lyijyä. Helsingistä kerättyjen mesisientien kadmiumpitoisuuksien keskiarvoksi mitattiin 8 mg/kg ka. Elohopeapitoisuuksien keskiarvoksi mitattiin 0,14 mg/kg ja lyijypitoisuuksien keskiarvoksi 0,5 mg/kg. Koivunkantosientien kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 1,06 mg/kg. Elohopeapitoisuuksien keskiarvo 0,34 mg/kg ja lyijypitoisuuksien keskiarvo 0,6 mg/kg. Taulukoissa 5-7 on esitetty eri sienisukujen alkuainepitoisuudet.



Kuva 4. Lyijyn, kadmiumin ja elohopean keskiarvopitoisuudet eri sienisuvuissa.

Taulukko 5. Tattien alkuainepitoisuudet Helsingissä. (0 = pitoisuudet alle määrittystarkkuuden)

Haitta-aine (mg/kg)	keskiarvo	mediaani	pienin	suurin
Vanadiini	0,3	0,3	0	0,8
Kromi	1,2	1,2	0	3,3
Mangaani	9,8	7,2	3,9	50
Koboltti	0,1	0,1	0	0,2
Nikkeli	1,2	1,3	0,2	2,6
Kupari	50	48	12	155
Sinkki	147	140	52	297
Arseeni	1,5	1,8	0	2,9
Molybdeeni	0,2	0,1	0,1	0,4
Kadmium	4,0	3,8	0,1	12
Barium	3,3	2,2	0,1	16
Elohopea	1,5	1,0	0,1	5,8
Lyijy	1,5	1,0	0,2	7,7

Taulukko 6. Rouskujen alkuainepitoisuudet Helsingissä. (0 = pitoisuudet alle määrittystarkkuuden)

Haitta-aine (mg/kg)	keskiarvo	mediaani	pienin	suurin
Vanadiini	0,5	0,5	0	1,0
Kromi	2,1	1,8	0	6,9
Mangaani	11	10	7,8	16
Koboltti	0,1	0,1	0,1	0,3
Nikkeli	1,6	0,9	0,4	7,6
Kupari	24	16	12	58
Sinkki	127	125	76	244
Arseeni	1,0	0,4	0	2,9
Molybdeeni	0,1	0	0	1,2
Kadmium	0,5	0,3	0	2,6
Barium	3,1	2,8	1,5	8,3
Elohopea	0,2	0,2	0,1	0,8
Lyijy	1,5	1,2	0,3	3,5

Taulukko 7. Haperoiden alkuainepitoisuudet Helsingissä. (0 = pitoisuudet alle määrittystarkkuuden)

Haitta-aine (mg/kg)	keskiarvo	mediaani	pienin	suurin
Vanadiini	0,5	0,5	0	1,0
Kromi	1,3	1,1	0	2,7
Mangaani	16	16	9,4	24
Koboltti	0,2	0,2	0,1	0,6
Nikkeli	0,9	0,9	0,4	2,2
Kupari	37	31	14	62
Sinkki	116	105	38	232
Arseeni	0,7	0,2	0	2,1
Molybdeeni	0,05	0	0	0,3
Kadmium	0,7	0,5	0,2	1,7
Barium	3,2	2,7	0,6	6,3
Elohopea	0,1	0,1	0,01	0,5
Lyijy	3,5	2,5	0,5	9,9

5.3 Vierasaineiden saanti sienistä

Maailman terveysjärjestö on määritellyt kadmiumin väliaikaiseksi siedettäväksi viikkosaanniksi (PTWI) 7 µg/kg ruumiinpainoa kohden (FAO/WHO 1993). Tällöin 60 kg painavan ihmisen siedettävä viikkoannos olisi 420 µg. Helsingin keskuspuistosta kerättyjä kauppasieniä voisi syödä 2,2 kg viikossa ennen kuin PTWI ylittyy. Vuorokautta kohden tämä on noin 300 grammaa.

EU:n komission asetusten mukaan korkein sallittu kadmiumpitoisuus sienissä on 0,05 mg/kg tuorepainoa (EU komissio 2001). Helsingin Keskuspuistosta kerättyjen kauppasiementen kadmiumpitoisuuksien keskiarvo ylittää nämä rajat. 42:stä näytteestä tämä pitoisuus ylittyi 24:ssä näytteessä.

FAO/WHO:n (1993) määrittelemä lyijyn väliaikaisen siedettävän viikkosaannin (PTWI) raja on 25 µg/kg ruumiinpainoa. Tämä vastaa 1,5 mg:n viikkoannosta 60 kg painoiselle henkilölle. Helsingin Keskuspuistosta kerättyjä kauppasiementä saisi syödä 7,5 kg ennenkuin tämä arvo ylitetään.

EU:n komission määräysten mukaan suurin sallittu lyijypitoisuus sienissä on 0,1 mg/kg tuorepainoa (EU:n komissio 2001), kuiva-ainetta kohden 1,0 mg/kg. Helsingistä kerättyjen kauppasiementen lyijypitoisuuksien keskiarvo oli 2,0 mg/kg kuiva-ainetta. Tämä raja-arvo ylittyi 20:ssä näytteessä 42:sta tutkituista kauppasiementinäytteestä. Korkein mitattu lyijypitoisuus kauppasiementissä oli 8,2 mg/kg kuiva-ainetta isohaperossa (*Russula paludosa*), joka poimittiin Ruskeasuon urheiluhallin pysäköintialueen vierestä.

FAO/WHO:n määrittelemä elohopean väliaikainen siedettävä viikkosaanti on 0,3 mg. Tämän perusteella Helsingin Keskuspuistosta kerättyjä kauppasiementä saisi syödä noin 3,3 kg viikossa. Sienille ei ole määritelty suurinta sallittua elohopeapitoisuutta. Kaloille enimmäismääräraja on 0,5 mg/kg ja petokaloille 1 mg/kg tuorepainoa kohden. Lääkelaitos (2001) on antanut myös suosituksia riittävästä ja turvallisista vuorokautisista saantimääristä aikuisille. Sinkki 15 mg/d, kupari 2 mg/d ja kromi 0,05 mg/d.

5.4. Maaperänäytteet

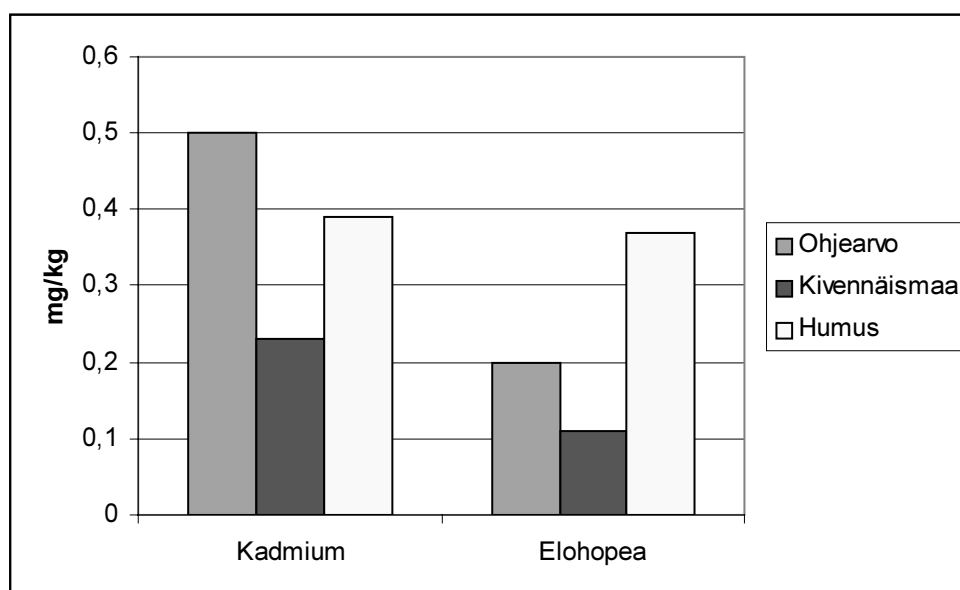
Hehikutushäviömääritykset tehtiin sekä humusmaista että kivennäismaista. Vertailtaessa humusmaan ja kivennäismaan hehikutushäviöitä on otettava huomioon, että humuskerroksen tilavuudesta suurin osa on kevyttä orgaanista ainetta. Siksi orgaanisen aineksen hehikutushäviö on suuri. Hehikutushäviö humuskerroksissa vaihteli suuresti suurimman arvon ollessa 74,1 % ja pienimmän 19 %. Tämä johtuu siitä, että osa humusnäytteistä kerättiin puistomaisilta alueilta, joilla humuskerrokseen on usein sekoittuneena multaa, jossa on runsaasti mineraaliainesta mukana. Humuskerroksen hehikutushäviön keskiarvo oli 48,2 %. Kivennäismaan osalta vaihtelua oli selvästi vähemmän. Suurin hehikutushäviön oli 16,6 % ja pienin 4,3 %. Kivennäismaan hehikutushäviöiden keskiarvo oli 9,6 %.

Maanäytteiden pH:n vaihteluväli oli 4,3 - 6,3. Humusnäytteiden pH:n keskiarvo oli 5,5 ja kivennäismaanäytteiden 5,8.

5.4.1. Maaperänäytteiden alkuainepitoisuudet

Ympäristökemikaalien aiheuttamien riskien hallinnassa käytetään apuna pitoisuuksien raja- ja ohjearvoja. Ohjearvo osoittaa haitta-aineen pitoisuutta, jota pidetään ihmiselle ja ympäristölle vaarattomana. Ohjearvot ovat suuntaa antavia kriteereitä, joilla arvioidaan hyväksyttäviä ja ei-hyväksyttäviä riskitasoja. Ohjearvo on luonteeltaan suosituksenomainen (Jeltsch & Pyy 1994). Raja-arvo on ohjearvoa korkeampi, joka yleensä edellyttää riskien tarkempaa arviointia sekä toimenpiteitä niiden vähentämiseksi.

Kuvissa 5-7 on esitetty humus- ja kivennäismaanäytteiden alkuainepitoisuuksien mediaanit.

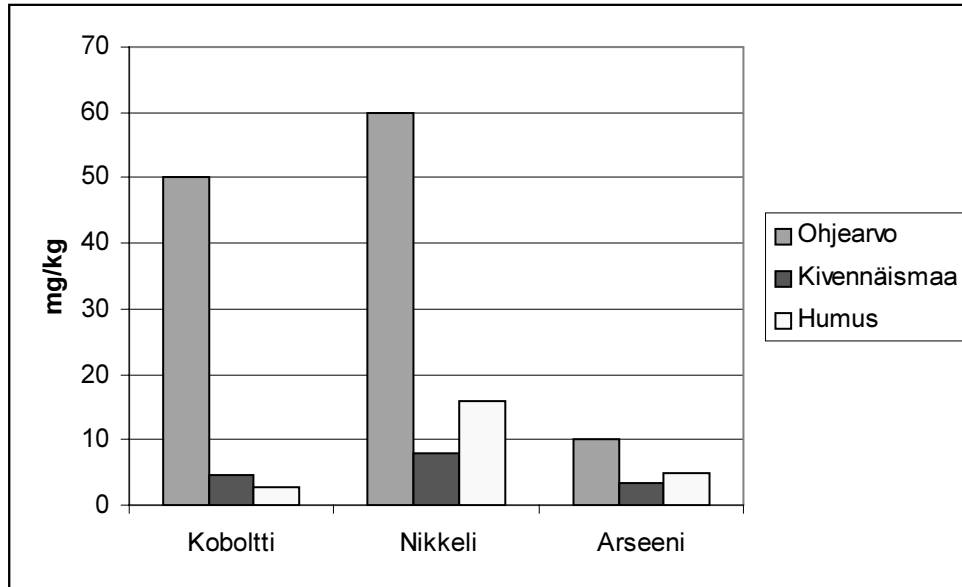


Kuva 5. Kadmiumin ja elohopeapitoisuuksien mediaanit. Vertailuarvona ympäristöministeriön ohjearvo (vasen pylväs).

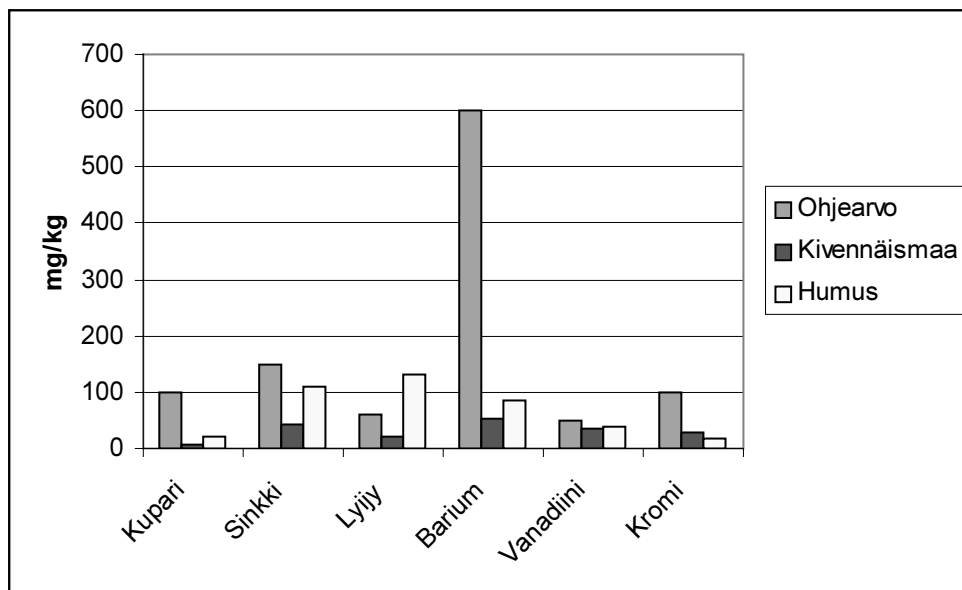
Kivennäismaan kadmiumpitoisuuksien keskiarvo oli 0,38 mg/kg, kun se humuskerroksessa oli 0,66 mg/kg. Suurin kadmiumpitoisuus (3,3 mg/kg) mitattiin humuksesta näyteruudulta 14, joka sijaitsi junaradan välittömässä läheisyydessä. Tältä samaiselta näytealalta kerättiin myös lehtikuusentatti (*Suillus grevillei*), jonka kadmiumpitoisuudeksi määritettiin 3,8 mg/kg kuiva-ainetta. Kun tutkimusalue jaettiin etelä-pohjoissuunnassa kahteen osaan, Kehä I:n etelä- ja pohjoispuolella oleviin näytealoihin, havaittiin, että humusnäytteiden kadmiuminpitoisuuksien keskiarvo pohjoisilla alueilla oli 0,36 mg/kg kuiva-ainetta, kun se eteläisillä oli 0,91 mg/kg kuiva-ainetta. Lammin Evon humusnäytteen kadmiumpitoisuus oli 0,4 mg/kg. Maaperän kadmiumin enimmäisohjearvoksi on annettu 0,5 mg/kg, joten Helsingin Keskuspuiston humusnäytteiden kadmiumpitoisuuksien keskiarvo ylittää tämän rajan.

Kivennäismaan korkein elohopeapitoisuus (1,5 mg/kg ka.) mitattiin edellä mainitulta näyteruudulta 14. Kaikkien kivennäismaanäytteiden elohopeapitoisuuden keskiarvo oli 0,29 mg/kg ka. Humusnäytteiden osalta näytteiden keskiarvo oli 0,47 mg/kg kor-

keimman arvon ollessa 1,8 mg/kg. Suurin humuksen elohopeapitoisuus oli näytealalta 14. Korkean elohopeapitoisuuden lisäksi se sisälsi runsaasti kadmiumia, kromia, kuparia, nikkeliä, sinkkiä, kobolttia ja bariumia. Jaettaessa tutkimusalue etelä-pohjoissuunnassa kahteen osaan, Kehä I:n etelä- ja pohjoispuolella oleviin näytealoihin elohopeapitoisuudet humuksessa olivat pohjoisilla alueilla 0,3 mg/kg kuiva-ainetta ja eteläisillä 0,6 mg/kg kuiva-ainetta. Erot johtunevat pääasiassa erilaisesta laskeumasta. Sekä energiantuotanto että liikenne keskittyvät Kehä I eteläpuolelle ja lisäävät alueen kuormitusta. Lammin Evon humuksesta elohopeaa mitattiin 0,2 mg/kg. Elohopean nykyinen ohjearvo on 0,2 mg/kg (Jeltsch & Pyy 1994).



Kuva 6. Koboltti-, nikkeli- ja arseenipitoisuuksien mediaanit. Vertailuarvona ympäristöministeriön ohjearvo (vasen pylväs).



Kuva 7. Kupari-, sinkki-, lyijy-, barium-, vanadiini- ja kromipitoisuuksien mediaanit. Vertailuarvona ympäristöministeriön ohjearvo (vasen pylväs).

Kivennäismaiden lyijypitoisuuksien keskiarvo oli 25 mg/kg ka. Ohjearvoksi on annettu 60 mg/kg (Jeltsch & Pyy 1994). Humuksen lyijypitoisuudet olivat kuitenkin verrattain korkeita. Keskiarvoksi näytteille saatiin 129 mg/kg. Tämä ylittää kaksinkertaisesti annetun ohjearvon. Kaikkien Helsingistä kerättyjen humusnäytteiden lyijypitoisuus ylitti annetun ohjearvon 60 mg/kg. Lammin Evon humusnäytteen lyijypitoisuus oli 42 mg/kg. Korkein lyijypitoisuus humuksesta (200 mg/kg) mitattiin Nordenskiöldinkadun varrelta. Korkein kivennäismaan lyijypitoisuus mitattiin näyteruudulta 14 eli samalta näytealalta, jolta myös korkein kadmiumpitoisuus mitattiin. Tältä samalta näytealalta mitattiin myös kivennäismaan korkeimmat arseeni-, elohopea-, kupari-, sinkki- ja bariumpitoisuudet. Lammin Evon humusnäytteestä lyijyä mitattiin 42 mg/kg.

Tutkimuksessa analyysit tehtiin sekä humus- että kivennäismaista. Kaikissa näytteissä raskasmetallien keskimääräiset pitoisuudet humuskerroksessa olivat kivennäismaan pitoisuuksia korkeammat kromia lukuunottamatta.

Taulukossa 8 on esitetty raskasmetallipitoisuuksien mediaanit Helsingin Keskuspuistossa.

Taulukko 8. Maaperän kivennäismaan ja humuksen raskasmetallipitoisuuksien mediaaneja (mg/kg) Helsingin Keskuspuistossa.

Haitta-aine	Ohjearvo	Raja-arvo	Kivennäismaa	Humus
Vanadiini	50	500	34	40
Kromi	100	400	27	16
Koboltti	50	200	4,5	2,8
Nikkeli	60	200	7,9	16
Kupari	100	400	8,6	20
Sinkki	150	700	41	110
Arseeni	10	50	3,5	4,9
Kadmium	0,5	10	0,23	0,39
Barium	600	600	54	85
Elohopea	0,2	5	0,11	0,37
Lyijy	60	300	22	130

5.5. Maaperän ja sienten raskasmetallipitoisuuksien välinen yhteys

Sienten- ja maaperän raskasmetallien välistä yhteyttä tarkasteltiin määrittämällä niiden pitoisuuksien väliset korrelaatiot. Koska maanäytteitä kerättiin yhdeltätoista näytealalta, oli sieninäytteet valittava sen mukaisesti. Sienilajeiksi valittiin karvarousku (*Lactarius torminosus*) (n= 6, näytealat 1, 2, 6, 8, 9, 14), herkkutatti (*Boletus edulis*) (n=4, näytealat 8, 14, 15, 21) sekä haperoita (*Russula sp*) (n=5, näytealat 4, 8, 10, 15, 21). Korrelaatiot määritettiin kadmiumin, elohopean, lyijyn ja sinkin osalta.

Sieninäytteiden vähäisestä määrästä johtuen kovin luotettavia johtopäätöksiä ei voida tehdä. Lisäksi maaperänäytettä ei ole kerätty sienien vierestä vaan samalta näytealalta. Saatuja tuloksia voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavina. Kadmiumin kohdalla korrelaatio rouskujen ja maaperän humuksen ja kivennäismaan pitoisuuksien välillä oli merkittävä. Myös kivennäismaan lyijy näyttäisi korreloivan rouskujen lyijypitoisuuksien kanssa. Haperoiden elohopea puolestaan näyttäisi olevan sidoksissa kivennäismaan elohopeapitoisuuksien kanssa. Muiden metallien ja sienisukujen välillä korrelaatioita ei havaittu.

6. Johtopäätökset

Sienten raskasmetallipitoisuudet ovat laskeneet 1970-luvulta, mutta maaperän pitoisuuksissa ei ole havaittavissa kovinkaan suuria muutoksia viimeisimpien vuosien aikana. Tästä voidaan päätellä, että suurin osa sienten sisältämistä raskasmetalleista on peräisin laskeumasta. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin humuksesta. Maaperään on kertynyt raskasmetalleja pitkällä aikavälillä. Raskasmetallipitoisuudet erityisesti kadmiumin osalta, olivat suurempia sienissä, jotka kasvoivat lähellä vilkkaasti liikennöityjä teitä. Tästä syystä teiden varsilla kasvavia sieniä ei pitäisi poimia ravinnoksi. Kesä 1999 oli erittäin kuiva, joten saadut tulokset saattavat poiketa normaalivuosista. Kuivuus on hidastanut sienten kasvua, jolloin itiöemien biomassassa on jäänyt pienemmäksi ja vierasaineiden konsentraatiot sienissä ovat saattaneet kohota.

Selkein havainto oli lyijypitoisuuksien aleneminen 1970-luvulta 1990-luvulle. Vaikka sienten keskimääräinen lyijypitoisuus oli pienentynyt alle kymmenesosaan edellisiin tutkimuksiin verrattuna, Helsingin Keskuspuiston sienten keskimääräinen pitoisuus ylittää annetut ohjearvot. Suurimmat raskasmetallipitoisuudet mitattiin nurmikonlahottajasienistä. Tällaisia sieniä ovat esim. herkkusienet (*Agaricus sp.*). Vaikka nämä sienet ovat erinomaisia ruokasieniä, on ne syytä jättää Helsingin alueella nurmikoille maatumaan.

Maaperänäytteiden osalta raskasmetallipitoisuuksissa hajonta oli suuri eikä selviä suuntauksia ollut havaittavissa. Raskasmetallipitoisuudet humuskerroksessa olivat kuitenkin huomattavasti suurempia kuin kivennäismaassa. Tämä on osoitus siitä, että suuri osa raskasmetalleista on peräisin ilmalaskeumasta ja maaperän/kallioperän luontaiset pitoisuudet eivät ole humuksen pitoisuuksiin vaikuttaneet.

Tutkimus osoittaa, että Helsingin Keskuspuiston sienet eivät pääsääntöisesti kelpaa ravinnoksi lukuunottamatta pohjoisimpien osien sieniä Vähäisestä kulutuksesta johtuen sienten käyttö ravintona ei kuitenkaan aiheuta terveysriskiä.

7. Kirjallisuusviitteet

1. Aarnio P, Hämekoski K, Koskentalo T. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1992. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1993:8 (YTV-SAD).
2. Aarnio P, Hämekoski K, Koskentalo T. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 1993. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1994:8 (YTV-SAD).
3. Aarnio P, Haaparanta S., Koskentalo T. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2001. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 2002:17 (YTV).
4. Byrne AR, Ravnik V, Kosta L. Trace element concentrations in higher fungi. *Sci Total Environ* 1976;6:65-78.
5. Carrington CD, Sheehan DM, Bolger PM. Hazard assessment of lead. *Food Add. Cont.* 1993;10:325-335
6. Cherian MG, Goyer RA. Methallothioneins and their role in the metabolism and toxicity of metals. *Life Sci* 1978;23:1-10.
7. EU komission asetus (EY:n asetus numero 466/2001)
8. Eurola M, Pääkkönen K, Varo P. Raskasmetallit sienissä. Elintarvikevirasto, sarja tutkimuksia 7/1996
9. FAO/WHO: Evaluation of certain food additives and contaminants. 41:st report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 837. 1993.
10. Griffin DH. Fungal physiology. New York: Wiley, 1981 U.S.A
11. Hattula ML. Sienet valkuaisaineiden lähteenä. *Kotitalous* 1969;33:16-19.
12. Helsingin Energia 2002: <http://www.helsinginenergia.fi/ymparisto/energiالاhteet.html>
13. Härkönen M, Järvinen I, Nyman A. Kauppasienet. 2. painos. Helsinki: Painatuskeskus; 1995
14. Jakowlev W. Havainnot kaupunkisienien saastepitoisuuksista. *Sienilehti* 1975;27:54-55.
15. Jeltsch U, Pyy O. Maan saastuneisuuden arvioinnissa käytettävät ohje- ja raja-arvot. Puolanne J. (toim.): Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Ympäristöministeriö. Ympäristönsuojeluosaston muistio 1994;5:53-62.
16. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 6.5.1994.
17. Kaupunkisuunnitteluvirasto 2002: <http://www.hel.fi/ksv>
18. Korhonen M. Uusi sienikirja. 8. painos. Helsinki: Otava; 1986.
19. Kukkonen, J. 2002. Ilmatieteen laitos. Suullinen tiedonanto

20. Kuusi T, Laaksovirta K, Liukkonen-Lilja H, Lodenius M, Piepponen P. Lead, cadmium and mercury contents of fungi in the Helsinki area and unpolluted control areas. *Z Lebensm Untersch Forsch* 1981;173:261-267.
21. Laaksovirta K, Alakuijala P. Lead, cadmium and zinc contents of fungi in the parks of Helsinki. *Ann Bot Fennici* 1978;15:253-257.
22. Laaksovirta K, Lodenius M. Mercury content of fungi in Helsinki. *Ann Bot Fennici* 1979;16:208-212.
23. Laub E, Waligorski F, Woller R, Lichenthal H. Über die Cadmiumreicherung in Champignons. *Z Lebensm Untersch Forsch*.1977;164:269-271.
24. Liukkonen-Lilja H, Kuusi T, Piepponen S, Laaksovirta K, Lodenius M. Lyijyä prosessoivan teollisuuden vaikutus sienten lyijy-, kadmium- ja elohopeapitoisuuksiin Tikkurilassa. *Ympäristö ja Terveys* 1983;14:349-354.
25. Lodenius M, Kuusi T, Laaksovirta K, Liukkonen-Lilja H, Piepponen S. Lead, cadmium and mercury contents of fungi in Mikkeli, SE Finland. *Ann. Bot. Fennici* 1981b;18:183-186.
26. Lodenius M, Laaksovirta K, Kuusi T, Liukkonen-Lilja H, Piepponen S. Teiden varsilla kasvavien sienten lyijy- ja kadmiumpitoisuuksista. *Ympäristö ja Terveys* 1983;14:355-358.
27. Lodenius M, Soltanpour-Gargari A, Tulisalo E. Cadmium in forest mushrooms after application of wood ash. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* (2002) 68:211-216
28. Lokitch G. Perspectives on lead toxicity. *Clin Biochem* 1993;26:371-381.
29. Louekari K, Salminen, Von Wright. *Elintarvikkeiden turvallisuus*. Espoo: Otatieto, 1994.
30. Lääkelaitos 2001. Vitamiini- ja kivennäisainerajat. www.nam.fi
31. Melanen M, Ekqvist M, Mukherjee AB, Aunela-Tapola L, Verta M, Salmikangas T. Raskasmetallien päästöt ilmaan Suomessa 1990-luvulla. Suomen ympäristökeskuksen julkaisusarja Suomen ympäristö 1999:329.
32. Mukherjee AB. 1994. Fluxes of lead, cadmium and mercury in the Finnish environment and the use of biomonitors in checking trace metals. Academic dissertation. *Environmentalica Fennica*. 1994;18.
33. Mäkinen A, Pihlström M, Ruuhijärvi R. Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta vuonna 1988. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1989:5 (YTV-SAD).
34. Niskanen I, Ellonen T. Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 1998. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1998:12 (YTV-SAD).
35. Paasivirta, J. *Kemia XVIII. Ympäristökemian perusteet*. Jyväskylän yliopisto, 1991.
36. Pihlström M, Mäkinen A, Hämekoski K, Ruuhijärvi R. Pääkaupunkiseudun metsien bioindikaattoriseuranta 1988-1993. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1994:9 (YTV-SAD).
37. Ranta E-L. Helsingin viljelyspalsta-alueiden raskasmetallipitoisuudet. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 10/1999. Helsinki 1999.

38. Ryman S, Holmåsén I. Suomen ja Pohjolan sienet. Porvoo-Helsinki-Juva: WSOY;1984.
39. Salla, A. Maaperän haitta-aineiden taustapitoisuudet Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 15/1999. Helsinki 1999.
40. Schmitt JA, Meisch HV. Cadmium in mushrooms - distribution, growth effects and binding. – Trace Elements Med 1985;2:163-166.
41. Seeger R. 1978. Cadmium in Pilzen. Z Lebensm Untersch Forsch 1978;166:23-34.
42. Stijve T, Roschnik R. Mercury and methyl mercury content of different species of fungi. Trav Chim Alim Hyg 1974;65:209-220.
43. Tolonen, R. 2002. Helsingin Energia. Suullinen tiedonanto.
44. Varo P, Koivistoinen P. Mineral element composition of Finnish foods. General discussion and nutritional evaluation. Acta Agric. Scand. Suppl. 1980;22:165-171
45. WHO 1990. Methylmercury. Environmental Health Criteria 101. WHO Geneva.
46. Vuorela E. Oulun sienten raskasmetallitasosta. Sienilehti 1983;35:7-10.

Tekstissä esiintyvä sieninimistö. (Nimistö Ryman & Holmåsenin mukaan).
Suluissa lajin käytöstä poistunut nimi.

Tieteellinen nimi	Suomalainen nimi	Kauppasienilaji
<i>Agaricus</i> sp.	Herkkusienet	
<i>Albatrellus ovinus</i>	Lampaankääpä	X
<i>Amanita muscaria</i>	Punakärpässieni	
<i>Armillaria borealis</i>	Mesisieni	
<i>Armillaria mellea</i>	Mesisieni	
Boletaceae (muut)	Tatit	
<i>Boletus edulis</i>	Herkkutatti	X
<i>Boletus pinophilus</i>	Männynherkkutatti	X
<i>Bovista</i> sp.	Maamunat	
<i>Calvatia excipuliformis</i>	Nuijakuukunen	
<i>Camarophyllus pratensis</i> (<i>Hygrophorus pratensis</i>)	Niittyvahakas	
<i>Cantharellus cibarius</i>	Keltavahvero	X
<i>Cantharellus tubaeformis</i>	Suppilovahvero	X
<i>Clitocybe</i> sp.	Malikat	
<i>Coprinus atramentarius</i>	Harmaamustesieni	
<i>Coprinus comatus</i>	Suomumustesieni	
<i>Coprinus disseminatus</i>	Parvimustesieni	
<i>Coprinus micaceus</i>	Kiillemustesieni	
<i>Cortinarius</i> sp.	Seitikit	
<i>Dermocybe semisanguinea</i>	Verihelttaseitikki	
<i>Entoloma</i> sp. (<i>Rhodophyllus</i> sp.)	Rusokkaat	
<i>Gasteromycetes</i>	Kupusienet	
<i>Gomphidius glutinosus</i>	Limanuljaska	
<i>Gyromitra infula</i>	Piispanhiippa	
<i>Hebeloma crustuliniforme</i>	Kalvastympönen	
<i>Hebeloma</i> sp.	Tympöset	
<i>Helvella lacunosa</i>	Mustamörsky	
<i>Hydnum rufescens</i>	Rusko-orakas	X
<i>Hygrophorus hypothejus</i>	Hallavahakas	
<i>Hypholoma capnoides</i> (<i>Naematoloma capnoides</i>)	Kuusilahokka	
<i>Kuehneromyces mutabilis</i>	Koivunkantosieni	
<i>Laccaria laccata</i>	Lohisieni	
<i>Lactarius</i> sp.	Rouskut	
<i>Lactarius deliciosus</i>	Männyleppärousku	X
<i>Lactarius deterrimus</i>	Kuusenleppärousku	X
<i>Lactarius glyciosmus</i>	Viitapalsamirousku	

<i>Lactarius necator</i>	Mustarousku	
<i>Lactarius rufus</i>	Kangarousku	X
<i>Lactarius thejogalus</i>	Pikkurousku	
<i>Lactarius torminosus</i>	Karvarousku	X
<i>Lactarius trivialis</i>	Haaparousku	X
<i>Lactarius vietus</i>	Harmaarousku	
<i>Leccinum aurantiacum</i>	Haavanpunikkitatti	X
<i>Leccinum scabrum</i>	Lehmäntatti	
<i>Leccinum sp.</i>	Punikkitatit	
<i>Leccinum versipelle</i>	Koivunpunikkitatti	X
<i>Lepista nebularis</i>	Härmämalikka	
<i>Lyophyllum connatum</i>	Nurmitupaskynsikäs	
<i>Macrolepiota procera</i>	Ukonsieni	
<i>Marasmius oreades</i>	Nurminahikas	
<i>Melanoleuca sp.</i>	Sataheltat	
<i>Paxillus atrotomentosus</i>	Samettijalka	
<i>Paxillus involutus</i>	Pulkkosieni	
<i>Phaeolepiota aurea</i>	Kultasieni	
<i>Pholiota alnicola</i>	Leppähelokka	
<i>Pholiota squarrosa</i>	Pörhösuomuhelokka	
<i>Pluteus atricapillus</i>	Koivulahorusokas	
<i>Psathyrella candolleana</i>	Kalvashaprakas	
<i>Psathyrella velutina</i>	Nurmihaprakas	
<i>Rozites caperata</i>	Kehnäsieni	
<i>Russula aeruginea</i>	Koivuhapero	
<i>Russula claroflava</i>	Keltahapero	
<i>Russula decolorans</i>	Kangashapero	
<i>Russula delica</i>	Suppilohapero	
<i>Russula paludosa</i>	Isohapero	X
<i>Russula sp.</i>	Haperot	
<i>Russula vinosa</i>	Viinihapero	
<i>Stropharia coronilla</i>	Nurmikaulussieni	
<i>Suillus grevillei</i>	Lehtikuusentatti	
<i>Suillus variegatus</i>	Kangastatti	X
<i>Trametes hirsuta</i>	Karvavyökääpä	
<i>Tricholoma album</i>	Retikkavalmuska	
<i>Tricholoma columbetta</i>	Silkkivalmuska	
<i>Tricholoma portentosum</i>	Viiruvaimuska	
<i>Xerocomus badius</i>	Ruskotatti	
<i>Xerocomus subtomentosus</i> (<i>Boletus subtomentosus</i>)	Samettitatti	