

Etelä-Suomen yksikkö
S41/2010/63
Espoo

16.12.2010



Helsingin täyttömaiden taustapitoisuudet

Tarja Hatakka, Timo Tarvainen ja Antti Salla



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

PL / PB / P.O. Box 96
FI-02151 Espoo, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 12

PL / PB / P.O. Box 1237
FI-70211 Kuopio, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 13

PL / PB / P.O. Box 97
FI-67101 Kokkola, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 5209

PL / PB / P.O. Box 77
FI-96101 Rovaniemi, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 14

Y-tunnus / FO-nummer / Business ID: 0244680-7 • www.gtk.fi

Tekijät Tarja Hatakka, Timo Tarvainen ja Antti Salla		Raportin laji Arkistoraportti	
		Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus	
Raportin nimi Helsingin täyttömaiden taustapitoisuudet			
Tiivistelmä <p>Geologian tutkimuskeskus tutki pintamaan alkuainepitoisuuksia ja PCB- ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia Helsingin täyttömaa-alueilla kesä-heinäkuussa 2009. Tutkimuskohteet valittiin yhdessä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kanssa siten, että kohteet (15 kpl) edustavat eri-ikäisiä täyttömaita. Kultakin alueelta otettiin yksi maa-peränäyte profiilina 0 – 25 cm syvyydeltä mahdollisen nurmikon alapuolelta. Näytteistä analysoitiin yli 30 alkuaineen pitoisuudet kuningasvesiuutosta ja PCB- ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia.</p> <p>Raesusuuruumäärityksen mukaan täyttömaiden maa-ainekset ovat lajittumattomia, joissa hiedan ja hiekan raesuurudet ovat vallitsevia. Siltamäen täyttömaan maa-ainekset on hiesua ja savea. Eniten orgaanista ainesta oli Ojapuis-ton ja Iso-Sarvaston täyttömaa-alueiden näytteissä.</p> <p>Siltamäen täyttömaanäytteessä As-, Pb-, V- ja Zn-pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen (VnA 214/2007) kyn-nysarvot kyseisille alkuaineille. Tattarisuon Alppikylän täyttömaassa lyijyä on yli PIMA-asetuksen alemman oh-jearvon, ja elohopea- ja kromimäärät ovat yli PIMA-asetuksen kynnysarvon. Täytön iän ja suurten alkuainepitoi-suuksien välillä ei näytä tämän aineiston perusteella olevan yhteyttä. Täyttömaan päällä olevan nurmikon hoito-toimenpiteillä ei tässä tutkimuksessa näytä olevan vaikutusta alla olevan maaperän happamuuteen.</p> <p>Luonnonmaiden pintamaanäytteiden alkuaineiden pitoisuuksien selkeät tilastolliset riippuvuudet hienoaineksen määrään, orgaanisen aineksen määrään tai happamuuden välillä eivät näytä toteutuvan täyttömaissa.</p> <p>Tattarisuon ja Kontulan Kelkkapuiston täyttömaa-alueiden pintamaanäytteissä PCB-yhdisteiden kokonaispitoi-suudet ylittävät PIMA-asetuksen alemman ohjearvon. Malminkartanon täyttömaa-alueen pintamaanäytteessä PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus ylittää PIMA-asetuksen kynnysarvon. PAH-yhdisteiden summapitoisuudet kaikkien tutkimuskohteiden pintamaanäytteissä ovat alle PIMA-asetuksen kynnysarvon.</p>			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Helsinki, täyttömaa, geokemia, metalli, alkuaine, taustapitoisuus, raesusuus, PCB-yhdisteet, PAH-yhdisteet			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Etelä-Suomen lääni, Helsinki			
Karttalehdet			
Muut tiedot Kansikuva: Täyttömaan näytteenottopiste Helsingin Malminkartanossa. Kuva: Timo Tarvainen			
Arkistosarjan nimi Geokemialliset tutkimukset		Arkistotunnus S41/2010/63	
Kokonaissivumäärä 20 s.	Kieli suomi	Hinta	Julkiisuus julkinen
Yksikkö ja vastuualue Etelä-Suomen yksikkö, Maankäyttö ja ympäristö		Hanketunnus 2 533 006	
Allekirjoitus/nimen selvennys Tarja Hatakka		Allekirjoitus/nimen selvennys Timo Tarvainen	



Sisällysluettelo

Kuvailulehti

1	JOHDANTO	1
2	MATERIAALIT JA MENETELMÄT	2
2.1	Näytepisteet	2
2.2	Analytiikka	4
3	TULOKSET	8
3.1	Raesuuruudet Helsingin täyttömaissa	8
3.2	Alkuaineiden geokemialliset taustapitoisuudet Helsingin täyttömaissa	9
3.3	PCB- ja PAH-yhdisteet Helsingin täyttömaissa	15
4	YHTEENVETO	18

KIRJALLISUUSLUETTELO

1 JOHDANTO

Geologian tutkimuskeskus (GTK) täydensi geokemian tietokantaansa ottamalla maaperänäytteitä Helsingistä kesä – heinäkuussa 2009. Työ oli jatkoa pääkaupunkiseudun kehyskuntien taustapitoisuuskartoitukselle (Tarvainen 2006), ja tavoitteena oli selvittää useiden eri alkuaineiden tavanomaiset taustapitoisuudet täyttömaissa. Näytteenotto suunniteltiin yhteistyössä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kanssa.

Geokemiallinen kartoitus on perinteinen malminetsintämenetelmä, jota on täydennetty palvelemaan ympäristötutkimuksia. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (VnA 214/2007) velvoittaa selvittämään ns. taustapitoisuudet, kun arvioidaan maaperän pilaantuneisuutta. Helsingin kaupunki on aiemmin tutkinut Helsingin luonnonmaiden, puistojen ja asuintonttien pintamaan taustapitoisuuksia (Salla 2009). GTK on tehnyt vastaavanlaisia tutkimuksia Espoossa ja pääkaupunkiseudun kehyskunnissa (Tarvainen 2006 ja Tarvainen 2010). Tiiviisti rakennetuille taajama-alueille tyypilliset täyttömaat ovat olleet aliedustettuina aiemmissa geokemiallisissa kartoituksissa, siksi tässä tutkimuksessa on keskitytty täyttömaiden taustapitoisuuksiin.

Luonnonmailta otetuissa näytteissä sekä ravinteiden että mahdollisesti haitallisten metallien luonnolliset pitoisuudet kuvastavat pinnan alla olevan kallioperän ja maaperän kehityshistoriaa. Pintamaassa voi näkyä lisäksi ihmisen toiminta, kuten sateen ja pölyn mukana tulleet aineet. Täyttömaiden pitoisuudet eivät kuvasta alla olevan kallioperän tai maaperän pitoisuuksia, koska täyttömaan maalaji poikkeaa usein alueen luonnollisesta maalajista, täyttöön käytettyä maainesta on voitu kuljettaa jopa kymmenien kilometrien päästä tai täyttöaines voi olla peräisin murskatusta kalliokiviaineksesta. Kartoituksen myötä ympäristöviranomaiset saavat taustatietoa siitä, miten suuret metallipitoisuudet ovat tavanomaisia Helsingin täyttömaissa.

15 tutkimuskohdetta on valittu eri puolilta Helsinkiä siten, että ne edustavat eri-ikäisiä täyttömaita. Erityisen likaantuneita paikkoja vältettiin näytteenotossa. Näytteet otettiin noin 25 cm:n syvyydestä mahdollisen nurmikon alapuolelta lapiolla (kuva 1).



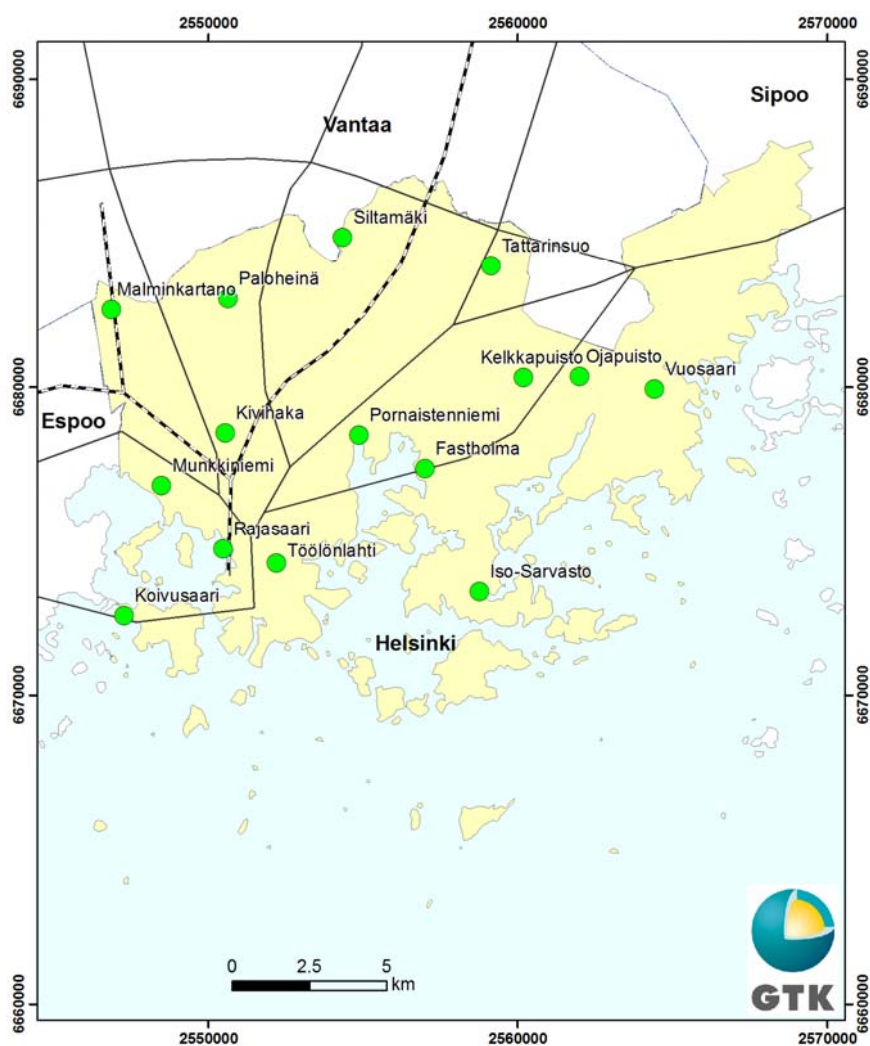
Kuva 1. Täyttömaan näytteenottopiste Helsingin Munkkiniemessä heinäkuussa 2009. Kuva: Timo Tarvainen

2 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

2.1 Näytepisteet

Antti Salla Helsingin kaupungin ympäristökeskuksesta valitsi näytteenottokohteiksi 15 edustavaa täyttömaa-aluetta Helsingistä. Maanäytteitä otettiin Munkkiniemen, Viikin Pornaistenniemen, Kivihaan, Malminkartanon, Paloheinän, Siltamäen, Tattarisuon Alppikylän, Iso-Sarvaston, Rajasaaren, Töölönlahden, Koivusaaren, Kontulan kelkkapuiston, Ojapuiston, Vuosaaren ja Fastholman täyttömaa-alueilta (kuva 2). Vanhimmat täytöt ovat Koivusaassa, jossa täyttö on alkanut 1940-luvulla, Munkkiniemessä, jossa Munkkiniemen aukion täyttö on alkanut 1950-luvulla, Paloheinässä 1960-luvulta alkaen ja Rajasaassa 1950-luvun ja 1960-luvun taitteesta alkaen (Immonen 2001). 1970-luvun täyttömaita ovat Malminkartanon, Siltamäen, Iso-Sarvaston, Ojapuiston, Kontulan kelkkapuiston, Kiviahaan ja Fastholman täyttömaa-alueet. Nuorin täyttömaa-alue on Vuosaari, jossa täyttötoiminta päättyi 2000-luvun alussa. Töölönlahden, Pornaistenniemen ja Tattarisuon Alppikylän täyttömaiden iästä ei ole tietoa. Kultakin täyttömaa-alueelta otettiin näytteet yhdestä pisteestä. Näytteenottoaikat on kuvattu taulukossa 1. Täyttömaa-alueet on kuvattu tarkemmin Kati Immosen (2001) raportissa.

Maanäytteet analyysyjä ja tutkimuksia varten otettiin pintamaasta mahdollisen nurmikon alta profiilina 0 – 25 cm:n syvyydeltä lapiolla kaivetusta kuopasta näytteenottokauhalla. Epäorgaanisten aineiden analysointia varten näyte otettiin paperiseen näytepussiin. Orgaanisten yhdisteiden analysointia varten näyte pakattiin ruskeaan lasipurkkiin, jonka kansi tiivistettiin teflonpaperilla. Lisäksi otettiin noin 1 kg:n näyte muoviseen näytepussiin raesuuruuden määrittämistä varten. Lapio ja näytteenottokauha puhdistettiin alkoholilla jokaisen tutkimuspisteen välillä. Näytteet pakattiin kentällä kylmälaukkuihin, ja näytteitä säilytettiin jääkaapissa. Näytteet lähetettiin laboratorioihin analysoitaviksi.



Kuva 2. Täyttömaanäytteiden näytteenottopisteet Helsingissä kesä-heinäkuussa 2009. Pohjakartta, © Maanmittauslaitos, lupanro MML/VIR/TIPA/217/10.

Taulukko 1. Helsingin täyttömaiden näytteenottoaikat kesä-heinäkuussa 2009.

Paikka	Täytön maalaji	Maankäyttö	Näytetunnus
Munkkiniemi	Multa	Puisto	TTTA-2009-402.2
Pornaistenniemi	Vaihteleva raekoko	Muu viheralue	TTTA-2009-403.2
Kivihaka, Hämeenlinnan väylä	Vaihteleva raekoko	Muu viheralue	TTTA-2009-404.2
Malminkartano	Karkearakeinen	Puisto	TTTA-2009-405.2
Paloheinä	Vaihteleva raekoko	Puisto	TTTA-2009-406.2
Siltämäki	Hienojakoinen	Puisto	TTTA-2009-407.2
Tattarisuo, Alppi- kylä	Karkearakeinen	Muu viheralue	TTTA-2009-408.2
Iso-Sarvasto, Jollas	Vaihteleva raekoko	Puisto	TTTA-2009-409.2
Rajasaari	Vaihteleva raekoko	Puisto	TTTA-2009-410.2
Töölönlahti	Vaihteleva raekoko	Puisto	TTTA-2009-411.2
Koivusaari	Karkearakeinen	Muu viheralue	TTTA-2009-412.2
Kelkkapuisto, Kontula	Vaihteleva raekoko	Puisto	TTTA-2009-413.2
Ojapuisto	Multa	Muu viheralue	TTTA-2009-414.2
Vuosaari	Vaihteleva raekoko	Muu viheralue	TTTA-2009-415.2
Fastholma	Vaihteleva raekoko	Metsä	TTTA-2009-416.2

2.2 Analytiikka

Tutkimuksessa otettujen mineraalimaanäytteiden kemialliset määritykset tehtiin Labtium Oy:n laboratoriossa kuivatuista (<40°C) ja alle 2 mm:n fraktioon seulotuista näytteistä. Orgaaniset yhdisteet määritettiin Nablabs Oy:n laboratoriossa.

Suurinta alkuaineiden pitoisuutta, mikä luonnossa maaperästä äärimmäisen happamissa olosuhteissa voi liueta, arvioitiin uuttamalla näytteet kuningasvedellä 90 °C:ssa (AR). AR-uutto liuottaa kiteiset saostumamineraalit, sulfidimineraalit, sekä useimmat suolat, kuten apatiitin ja titaniitin, osan kielteistä (biotiitti), talkista ja savimineraaleista, mutta ei rapautumattomia maasälpäitä, amfioleja ja pyrokseeneja. AR-liuotetuista näytteistä määritettiin Ag, As, Be, Bi, Cd, Cu, Mo, Pb, Sb, Se, Sn, Tl ja U ICP-MS:lla (Perkin Elmer Sciex Elan 6000). Al, B, Ba, Ca, Co, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, S, Sr, Ti, V ja Zn määritettiin ICP-AES:lla (Thermo Jarrel Ash Iris).

Elohopea määritettiin seulotusta alle 2 mm näytteestä pyrolyytisesti Hg-analysaattorilla (AMA 254). Näytteet kuivattiin alle 40°C lämpötilassa. Hiilipitoisuus määritettiin jauhetuista näytteistä Eltra CS500-analysaattorilla. pH-määrittämistä varten näytteet uutettiin 0,01 M CaCl₂:lla, ja pH määritettiin Radiometer ion 85 pH-mittarilla. Määrittämissärajat on esitetty taulukossa 2.

Orgaanisten yhdisteiden määritykset tehtiin Nablabs Oy:n laboratoriossa. Näytteistä määritettiin PCB- ja PAH-yhdisteiden pitoisuudet kuiva-aineesta. PCB-yhdisteiden määrittämistä varten näytteille tehtiin asetoni-pentaani ja asetoni-heksaani uutot. Uuttoliuokset puhdistetaan rikkihapolla ja Al₂O₃:lla. Uuttoliuokset analysoitiin GC-MS, SIM-tekniikalla. Yhdisteet tunnistetaan niiden retentioajan ja karakterististen kloori-ionisuhteiden avulla. Kvantitointi suoritetaan laboratorion sisäisen standardin menetelmällä (käytössä IUPAC No PCB-209). Menetelmällä määritetään yhteensä 15 PCB kongeneeriä. PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus on ilmoitettu määrittämissärajien ylittävien kongeneerien (PCB-28, 52, 101, 153, 138 ja 180) summana, joka on kerrottu viidellä.

PAH-yhdisteiden määrittämistä varten näytteille tehtiin asetoni-pentaani uutto. Uuttoliuokset analysoitiin GC-MS, SIM-tekniikalla. Yhdisteet tunnistetaan niiden retentioajan, karakterististen ionien ja sertifioitujen liuosten avulla. Kvantitointi suoritetaan laboratorion sisäisen standardin menetelmällä (d8-naftaleeni, d10-antraseeni, d12-kryseeni ja d14-dibentso[a,h]antraseeni). PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus (PAH yhteensä) on ilmoitettu määrittämissärajien ylittävien yhdisteiden summana. Menetelmien määrittämissärajat on esitetty taulukossa 3.

Näytteistä määritettiin lisäksi raekokojakauma Labtium Oy:n laboratoriossa. Raekokojakauma määritettiin pesuseulonnalla, kuivaseulonnalla (seulasarja ISO 3310/1) ja sedigraph-analyysillä.

Taulukko 2. *Mineraalimaanäytteistä tehdyt alkuainemääritykset (AR-uutto) määrittämissä rajoissa.*

Alkuaine	Määrittämissä rajoissa mg/kg	Analyysitekniikka
Ag	0,01	ICP-MS
Al	15	ICP-AES
As	0,01	ICP-MS
B	2	ICP-MS
Ba	1	ICP-AES
Be	0,01	ICP-MS
Bi	0,01	ICP-MS
C	0,01 %	CS-analysointilaitteisto
Ca	50	ICP-AES
Cd	0,01	ICP-MS
Co	1	ICP-AES
Cr	1	ICP-AES
Cu	1	ICP-AES
Fe	50	ICP-AES
Hg	0,005	Hg-analysointilaitteisto
K	100	ICP-AES
Mg	10	ICP-AES
Mn	1	ICP-AES
Mo	0,01	ICP-MS
Na	50	ICP-AES
Ni	2	ICP-AES
P	50	ICP-AES
Pb	0,1	ICP-MS
S	50	ICP-AES
Sb	0,01	ICP-MS
Se	0,02	ICP-MS
Sn	0,05	ICP-MS
Sr	1	ICP-AES
Ti	2	ICP-AES
Tl	0,05	ICP-MS
U	0,01	ICP-MS
V	0,02	ICP-MS
Zn	1	ICP-MS

Taulukko 3. PAH- ja PCB-yhdisteiden määrittymenetelmät ja määrittäysrajat

Orgaaniset yhdisteet	Määrittäysraja mg/kg	Analyysimenetelmä
PCB	0,01 (kokonais-PCB) 0,002 (yksittäiset)	GC/MS
PAH	0,1 – 0,25	GC/MS
Antraseeni	0,1	
Bentso(a)antraseeni	0,1	
Bentso(a)pyreeni	0,1	
Bentso(k)fluoranteeni	0,1	
Fenantreeni	0,1	
Fluoranteeni	0,1	

3 TULOKSET

3.1 Raesuuruudet Helsingin täyttömaissa

Helsingin täyttömaiden maa-aineksen raekoot vaihtelevat hyvin paljon. Täyttömaiden maa-ainekset ovat raesuuruusmääritysten perusteella lajittumattomia maita, joissa Siltamäen maanäytettä lukuun ottamatta hiedan ja hiekan raesuuruudet ovat vallitsevia. On kuitenkin huomioitava, että jo näytteenottovaiheessa vältettiin kivien ja sitä suurempien rakeiden ottamista raesuuruusnäytteeseen, ja myös raesuuruusmääritystä tehtäessä karkea fraktio, >6 mm:n aines näytteestä poistettiin. Eniten karkeaa fraktiota poistettiin Paloheinän ja Iso-Sarvaston täyttömaanäytteistä, noin 25 % kummastakin näytteestä. Vähiten karkeaa fraktiota poistettiin Siltamäen näytteestä, vain 0,02 % ja Töölönlahden näytteestä, vain 0,52 %. Muista näytteistä raesuuruudeltaan yli 6 mm:n ainesta poistettiin 2 – 13 %:a.

Siltamäen täyttömaan maa-aines poikkeaa muiden täyttömaakohteiden maa-aineksesta, sillä Siltamäen näyte on varsin hienojakoista (kuva 3). Siltamäen maa-aineksesta lähes 90 % on raekooltaan <0,06 mm:ä, eli maa-aines on savea.

Alle < 2 mm:n raekokoon seulotuissa näytteissä savilajitetta, < 0,002 mm raekokoa, on eniten Siltamäen täyttömaanäytteessä, 61,8 %. Kivihaan näytteessä on savilajitetta noin 22 %. Vähiten savilajitetta on Pornaistenniemen (3,4 %) ja Rajasaaren (5,1 %) näytteissä. Hienoaineksen määrän on luonnonmaiden mineraalisissa maaperänäytteissä todettu vaikuttavan alkuainepitoisuuksiin (mm. Lintinen 1995, Tarvainen 1995 ja Tarvainen ym. 2006). Kun savespitoisuus lisääntyy, useiden alkuaineiden pitoisuudet kasvavat vastaavasti (Tarvainen ym. 2003).

Humuksen eli orgaanisen aineksen määrät Helsingin täyttömaanäytteissä ovat suurimmat Ojapuiston (11 %) ja Iso-Sarvaston (10 %) näytteissä. Pienimmät humuspitoisuudet ovat Kivihaan ja Töölönlahden täyttömaanäytteissä, molemmissa 2,4 %. Luonnonmaiden mineraalisissa pinta-maanäytteissä on orgaanisen aineksen määrällä todettu olevan voimakas tilastollinen riippuvuus hopean, elohopean, kadmiumin, lyijyn, molybdeenin ja rikin pitoisuuksien kanssa (mm. Tarvainen ym. 2003, Tarvainen ym. 2006).



Kuva 3. Lähikuva Helsingin Siltamäen näytteenottokuopasta.

3.2 Alkuaineiden geokemialliset taustapitoisuudet Helsingin täyttömaissa

Helsingin täyttömaiden alkuainepitoisuudet on esitetty taulukoissa 4 ja 5. Eniten suuria alkuainepitoisuuksia on Siltamäen täyttömaanäytteessä. Siinä esim. arseeni-, lyijy-, vanadiini- ja sinkkipitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen (VnA 214/2007) kynnsarvot (arsenille 5 mg/kg, lyijylle 60 mg/kg, vanadiinille 100 mg/kg ja sinkille 200 mg/kg). Tattarisuon Alppikylän täyttömaassa on lyijyä yli PIMA-asetuksen alemman ohjearvon (200 mg/kg). Elohopea- ja kromimäärät ovat Tattarisuon näytteessä yli PIMA-asetuksen kynnsarvojen (elohopealle 0,5 mg/kg ja kromille 100 mg/kg).

pH-arvot vaihtelevat Fastholman täyttömaan 4,16:n ja Viikin Pornaistenniemen 7,38:n välillä. Tämän tutkimusaineiston perusteella maan happamuuteen ei näytä vaikuttavan mahdollisesti päällä olevan nurmen hoitotoimenpiteet esim. kalkitus ja kastelu, sillä myös hoidettujen nurmi-

alueiden alta otetut maanäytteet voivat olla happamia, esim. Siltamäen täyttömaan pH oli vain 4,52.

Täytön iän ja suurten pitoisuuksien välillä ei näyttäisi olevan yhteyttä. Suurimpia alkuainepitoisuuksia mitattiin Siltamäen, Tattarisuon Alppikylän ja Pornaistenniemen täyttömaanäytteistä, mutta vanhimmat täyttömaa-alueet ovat Immosen (2001) mukaan Koivusaassa, Paloheinässä ja Rajasaassa.

Näytemäärä on liian pieni luotettavien tilastollisten riippuvuuksien tutkimiseen, mutta täyttömaanäytteiden alkuainepitoisuuksien, hienoainepitoisuuksien, humuspitoisuuksien ja happamuuden välisiä suhteita tarkasteltiin hajontadiagrammien avulla. Tulokset niistäkin ovat vähäisen näytemäärän vuoksi vain suuntaa-antavia.

Luonnonmaiden pintamaanäytteissä on todettu olevan voimakas tilastollinen riippuvuus orgaanisen aineksen määrän ja alkuainepitoisuuksien kesken (mm. Tarvainen ym. 2003 ja Tarvainen ym. 2006). Tällaista riippuvuutta ei todettu tämän Helsingin täyttömaatutkimuksen tuloksista. Esim. PIMA-asetuksessa (VnA 214/2007) mukana olevien alkuaineiden (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, V ja Zn) pitoisuudet Helsingin täyttömaanäytteissä eivät näytä olevan riippuvaisia näytteiden sisältämän humuksen määrästä. Tässä tutkimuksessa analysoiduista alkuainepitoisuuksista vain rikin määrä näyttää lisääntyvän humuksen määrän kasvaessa (kuva 4). Rikki on osittain peräisin orgaanisesta aineksesta.

Hienoaineksen määrän ja useiden alkuainepitoisuuksien välillä on todettu olevan voimakas tilastollinen riippuvuus luonnonmaiden pintamaanäytteissä (mm. Tarvainen 2003 ja Tarvainen ym. 2006). Hajontadiagrammeista arvioituna täyttömaan hienoaineksen määrällä näyttäisi ainakin jossain määrin olevan vaikutusta kaliumin, kromin, vanadiinin, koboltin ja nikkelin pitoisuuksiin (kuvat 5 ja 6).

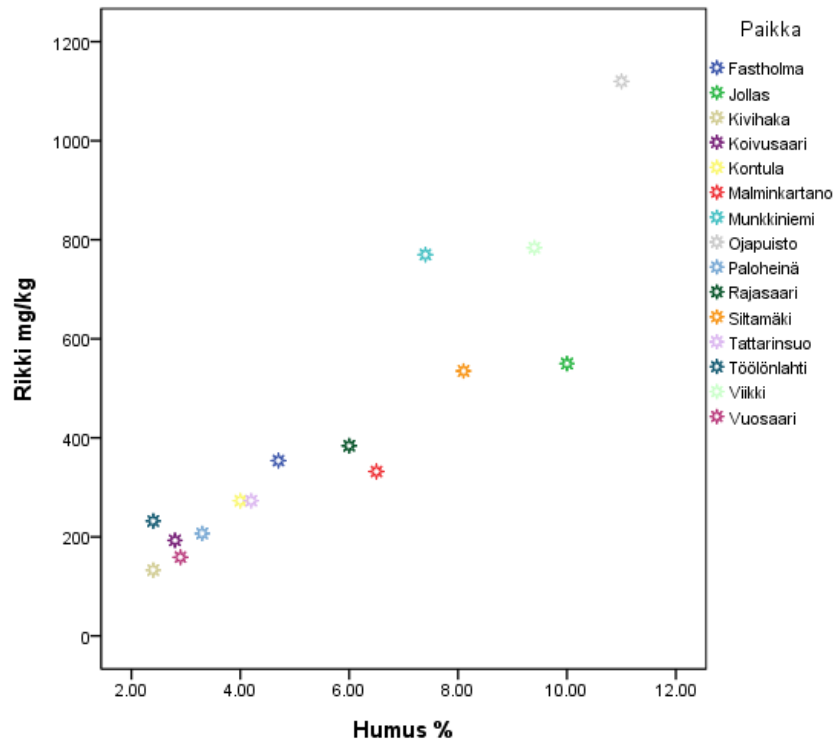
Happamassa täyttömaassa näyttää hajontadiagrammien perusteella olevan pienimmät sinkki- ja kalsiumpitoisuudet (kuva 7). Maaperän tavanomaista suurempi kalsiumpitoisuus voi selittää korkeaa pH-arvoa. Täyttömaan natriumpitoisuudet kasvavat pH-arvon pienentyessä (kuva 8).

Taulukko 4. Helsingin Munkkiniemen, Pornaistenniemen, Kivihaan, Malminkartanon, Paloheinän, Siltamäen, Tattarisuon ja Iso-Sarvaston täyttömaa-alueen pintamaanäytteiden analyysitulokset (raesuuruus <2 mm, AR-uutto). Alkuainepitoisuudet on esitetty yksikössä mg/kg paitsi hiili (C) yksikössä %. PIMA-asetuksessa (VnA 214/2007) annetun kynnysarvon ylittävät pitoisuudet on varjostettu harmaalla ja alemman ohjearvon ylittävät pitoisuudet on varjostettu oranssilla.

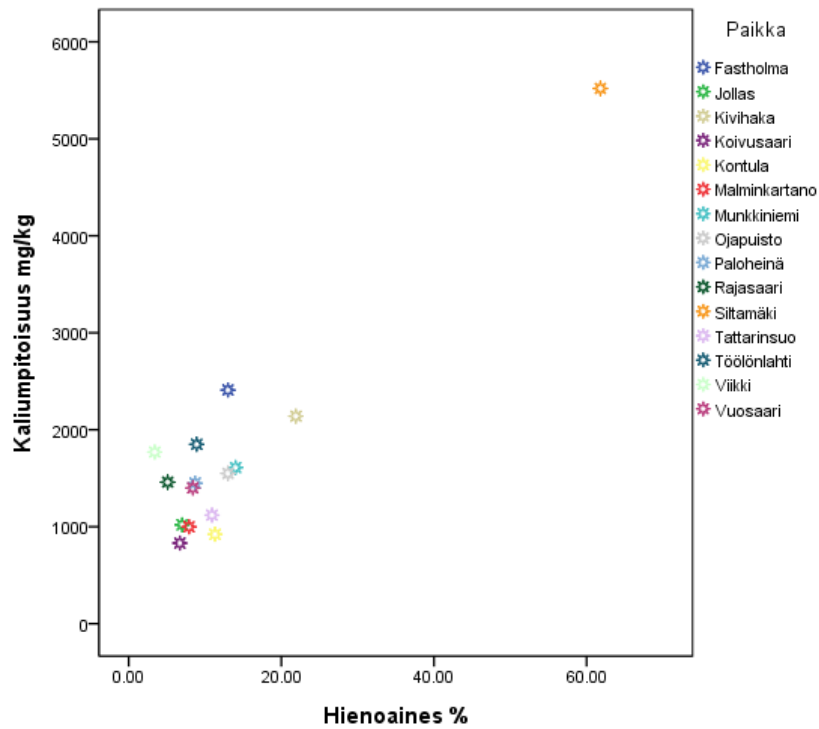
Alkuaine	Munkkiniemi mg/kg	Pornaisten- niemi mg/kg	Kivi- haka mg/kg	Malmin- kartano mg/kg	Palo- heinä mg/kg	Silta- mäki mg/kg	Tattari- suo mg/kg	Iso- Sarvasto mg/kg
pH	6,08	7,38	4,86	5,85	6,63	4,52	4,84	5,03
Ag	1,63	0,45	0,05	7,20	0,49	1,58	8,69	0,13
As	5,23	6,50	4,78	2,81	4,04	10,5	4,57	4,47
B	6,21	7,06	3,22	2,73	4,94	6,69	2,83	3,27
Be	0,75	0,90	0,58	0,31	0,53	1,73	0,47	0,48
Bi	0,64	0,22	0,14	0,62	0,22	0,53	1,51	0,13
Cd	0,48	0,24	0,09	0,19	0,22	0,48	0,66	0,15
Mo	1,03	1,49	0,69	0,94	0,54	1,85	0,75	0,84
Pb	45,6	61,7	9,30	8,25	56,5	74,5	238	25,4
Rb	25,4	22,6	27,7	12,7	23,6	89,2	17,1	16,7
Sb	0,75	1,04	0,17	0,28	0,85	1,53	0,78	0,38
Se	0,36	0,33	0,17	0,29	0,22	0,52	0,40	0,39
Sn	4,35	6,11	1,06	4,52	3,14	5,10	6,67	1,58
Th	2,82	3,52	5,79	1,81	4,74	8,46	2,97	3,37
Tl	0,17	0,16	0,19	0,09	0,15	0,54	0,15	0,12
U	2,86	2,88	2,07	3,78	2,07	4,82	2,91	2,87
V	37,8	35,6	38,1	19,4	30,5	132	32,2	26,1
Al	9880	7970	10300	5720	8890	33100	7880	6790
Ba	85,5	74,6	49,3	39,2	77,2	163	124	46,3
Ca	7080	12800	2640	3570	4430	3220	2190	3900
Co	5,78	5,74	7,32	3,24	5,54	16,2	4,96	4,67
Cr	27,1	21,7	29,1	18,4	20,8	90,0	157	18,2
Cu	37,8	31,6	16,8	36,0	20,2	46,3	71,9	17,2
Fe	13900	13500	13900	11300	10900	44500	11100	9000
K	1610	1770	2140	1000	1450	5520	1120	1020
Mg	4010	3330	4260	2040	3300	9750	2930	2820
Mn	151	154	163	106	176	433	106	134
Na	160	231	166	109	129	177	134	133
Ni	11,7	12,2	13,3	6,62	9,13	29,7	19,1	9,28
P	1050	801	474	3300	760	1890	1850	471
S	770	784	133	332	207	535	273	550
Sr	24,7	31,3	11,3	20,1	16,4	28,2	14,6	19,9
Ti	704	640	1030	318	696	1780	569	548
Zn	96,2	99,2	39,6	76,1	140	217	105	48,6
C, %	5,49	7,60	1,76	2,80	1,80	4,78	2,05	7,17
Hg	0,31	0,39	0,02	0,20	0,46	0,21	0,52	0,06

Taulukko 5. Helsingin Rajasaaren, Töölönlahden, Koivusaaren, Kontulan Kelkkapuiston, Ojapuiston, Vuosaaren ja Fastholman täyttömaa-alueiden pintamaanäytteiden analyysitulokset analyysitulokset (rae-suuruus <2 mm, AR-uutto). Alkuainepitoisuudet on esitetty yksikössä mg/kg paitsi hiili (C) yksikössä %. PIMA-asetuksessa (VnA 214/2007) annetun kynnysarvon ylittävät pitoisuudet on varjostettu harmaalla.

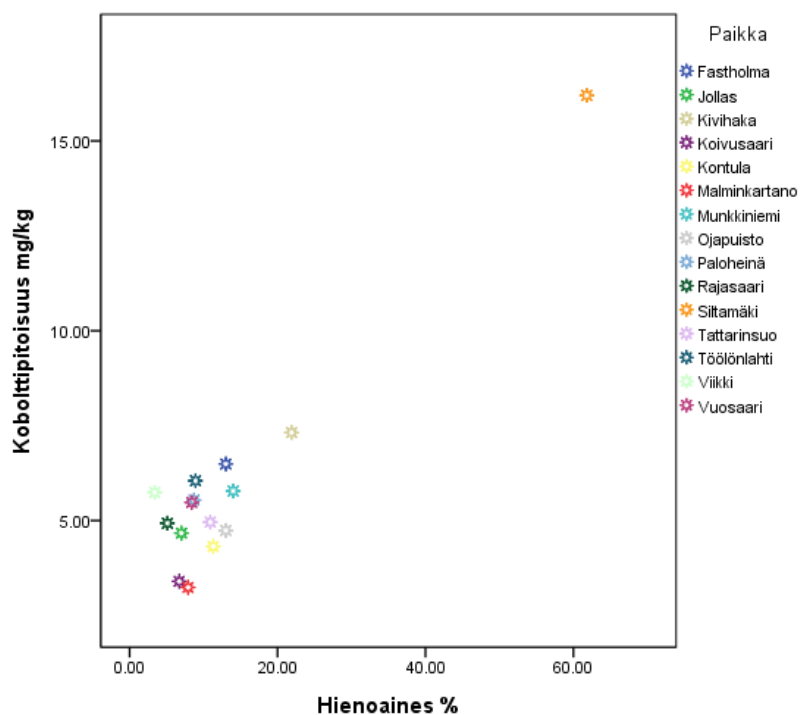
Alku- aine	Rajasaari mg/kg	Töölön- Lahti mg/kg	Koivu- Saari mg/kg	Kontula, Kelkka- puisto mg/kg	Ojapuisto mg/kg	Vuosaari mg/kg	Fastholma mg/kg
pH	5,97	6,50	4,83	5,73	5,54	5,41	4,16
Ag	0,26	0,75	0,06	3,56	0,06	0,14	0,08
As	5,29	3,45	2,82	5,39	6,46	5,52	6,57
B	3,99	2,79	2,72	4,49	5,00	4,27	5,33
Be	0,40	0,51	0,25	0,42	0,47	0,53	0,56
Bi	0,15	0,29	0,09	1,00	0,12	0,14	0,16
Cd	0,18	0,13	0,12	1,18	0,18	0,12	0,05
Mo	0,89	0,70	0,60	0,63	1,30	0,81	0,88
Pb	17,2	7,83	14,4	22,2	15,0	38,3	16,8
Rb	17,5	24,1	13,0	13,6	17,2	19,1	32,5
Sb	0,34	0,17	1,20	0,45	0,28	0,45	0,23
Se	0,14	0,20	0,12	0,29	0,57	0,27	0,24
Sn	1,07	1,57	2,01	2,66	1,74	1,57	1,34
Th	3,93	3,73	2,65	4,06	2,38	5,55	7,63
Tl	0,11	0,16	0,09	0,11	0,13	0,14	0,20
U	1,73	2,33	1,11	3,13	2,43	2,00	10,9
V	22,0	98,3	15,8	26,4	27,3	29,9	41,8
Al	6310	8720	4160	6670	7840	7850	10100
Ba	38,1	52,0	30,2	84,5	40,0	47,2	40,0
Ca	3380	4700	1900	3220	5230	2480	1790
Co	4,93	6,05	3,40	4,32	4,74	5,48	6,49
Cr	20,2	29,0	11,7	34,9	21,0	19,9	28,5
Cu	22,5	23,2	12,7	33,2	22,9	20,1	19,9
Fe	9680	14100	6480	9080	10800	10400	14800
K	1460	1850	831	922	1550	1400	2410
Mg	2760	3310	1690	2760	2930	2860	4210
Mn	126	243	114	93,8	122	137	118
Na	135	117	127	154	119	139	204
Ni	9,74	9,36	5,46	12,5	10,1	10,1	12,1
P	494	1340	485	815	476	601	421
S	384	232	193	273	1120	159	354
Sr	13,8	15,1	10,1	14,7	14,5	12,4	10,5
Ti	561	795	422	545	551	677	926
Zn	60,4	55,2	64,1	111	37,0	63,9	40,8
C, %	4,23	2,17	1,98	2,55	8,82	1,71	2,14
Hg	0,05	0,05	0,05	0,37	0,05	0,14	0,03



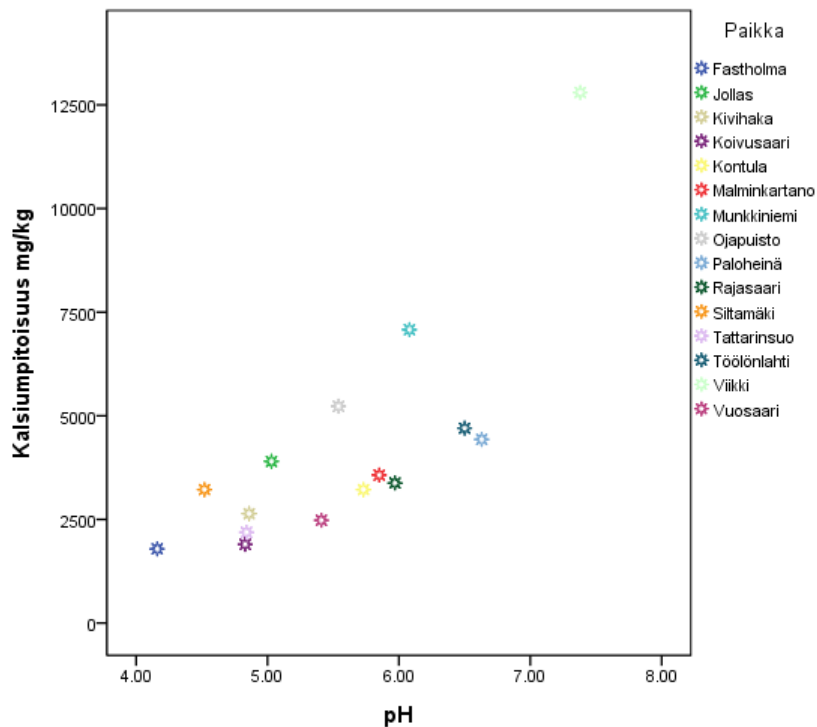
Kuva 4. Hajontadiagrammi rikkipitoisuuksista (raesuuruus < 2mm, AR-uutto) ja humuksen (orgaanisen aineksen) määristä pintamaanäytteissä Helsingin täyttömaissa v. 2009.



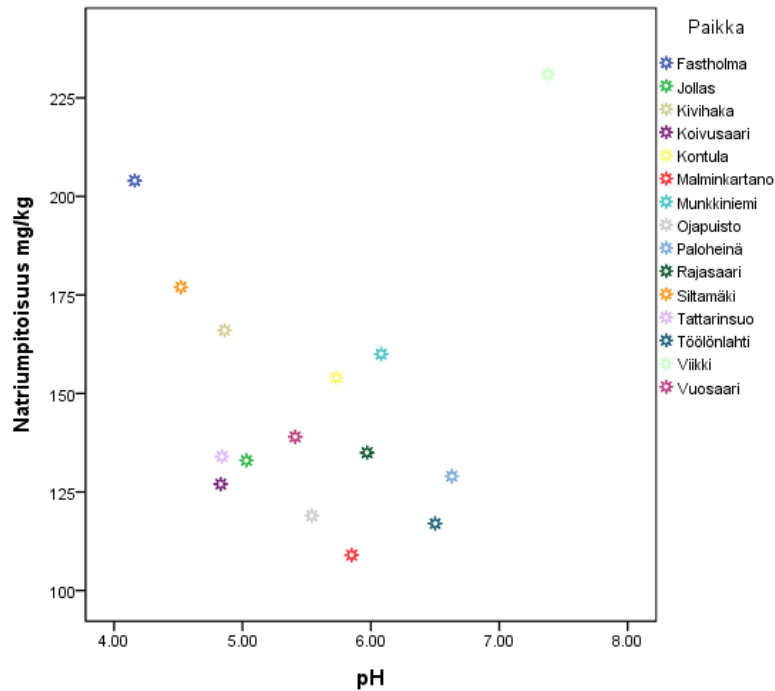
Kuva 5. Hajontadiagrammi kaliumpitoisuuksista (raesuuruus < 2mm, AR-uutto) ja hienoaineksen määristä pintamaanäytteissä Helsingin täyttömaissa v. 2009.



Kuva 6. Hajontadiagrammi kobolttipitoisuuksista (raesuuruus < 2mm, AR-uutto) ja hienoaineksen määrästä pintamaanäytteissä Helsingin täyttömaissa v. 2009.



Kuva 7. Hajontadiagrammi kalsiumpitoisuuksista (raesuuruus < 2mm, AR-uutto) ja pH-arvoista pintamaanäytteissä Helsingin täyttömaissa v. 2009.



Kuva 8. Hajontadiagrammi natriumpitoisuuksista (raesuuruus < 2mm, AR-uutto) ja pH-arvoista Helsingin täyttömaissa v. 2009.

3.3 PCB- ja PAH-yhdisteet Helsingin täyttömaissa

Polykloorattuja bifenyylejä (PCB-yhdisteet) on olemassa 209 erilaista yhdistettä (kongeneeria). Maaperässä PCB-yhdisteet ovat heikosti kulkeutuvia ja hyvin hitaasti hajoavia. Niiden vesiliukoisuus ja haihtuvuus pienenevät ja pysyvyys lisääntyy kloorautumisen asteen kasvaessa (Reinikainen 2007). PCB-yhdisteet sitoutuvat erityisesti maaperän orgaaniseen ainekseen voimakkaasti. PCB-yhdisteiden puoliintumisajat maaperässä pohjoisissa ympäristöolosuhteissa vaihtelevat muutamasta kuukaudesta kymmeneen vuosiin (Hellman ym. 2003).

Helsingin täyttömaiden PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuudet on esitetty taulukoissa 6 ja 7. Useimmissa tutkimuskohteissa PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuudet ovat alle PIMA-asetuksen kynnysarvon 0,1 mg/kg (VnA 214/2007). Tattarisuon pintamaanäytteessä PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus on suuri (1,808 mg/kg), samoin Kontulan Kelkkapuiston täyttömaassa (0,995 mg/kg). Pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen alemman ohjearvon 0,5 mg/kg, mutta ovat alle ylemmän ohjearvon 5 mg/kg. Malminkartanon täyttömaa-alueen pintamaanäytteen PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus on yli PIMA-asetuksen kynnysarvon. Yksittäisten kongeneerien pitoisuudet ovat Helsingin täyttömaa-alueiden pintamaassa usein alle käytetyn analyysimenetelmän määrittämissä rajat. Poikkeuksen muodostavat edellä mainitut alueet, joissa PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuudetkin ylittävät. Tattarisuon pintamaanäytteessä vain kongeneerien PCB-31-, PCB-28- ja PCB-77-pitoisuudet ovat alle määrittämissä rajat. Malminkartanossa ja Kontulan Kelkkapuiston pintamaanäytteissä yli määrittämissä rajat mitattavia pitoisuuksia on molemmissa viidestä eri

kongeneerista. Tässä tutkimuksessa orgaanisen aineksen määrä näytteessä ei näytä vaikuttavan PCB-yhdisteiden pitoisuuksiin.

Taulukko 6. Polyklooratut bifenyylit (PCB-yhdisteet) Helsingin Munkkiniemen, Pornaistenniemen, Kivihaan, Malminkartanon, Paloheinän, Siltamäen, Tattarisuon ja Iso-Sarvaston täyttömaa-alueiden pintamaanäytteissä. PIMA-asetuksessa (VnA 214/2007) annetun kynnyksarvon ylittävät pitoisuudet on varjostettu harmaalla ja alemman ohjearvon ylittävät pitoisuudet on varjostettu oranssilla.

Yhdiste	Munkkiniemi mg/kg	Pornaisten- niemi mg/kg	Kivi- haka mg/kg	Malmin- kartano mg/kg	Palo- heinä mg/kg	Silta- mäki mg/kg	Tattari- suo mg/kg	Iso- Sarvasto mg/kg
PCB-31	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-28	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-52	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0046	<0,002
PCB-101	<0,002	<0,002	<0,002	0,0041	<0,002	<0,002	0,044	<0,002
PCB-77	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-118	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,012	<0,002
PCB-153	0,0057	0,0033	<0,002	0,0093	0,0022	<0,002	0,110	0,0021
PCB-105	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0038	<0,002
PCB-138	0,0072	0,0036	<0,002	0,0095	0,0027	<0,002	0,110	0,0029
PCB-126	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0020	<0,002
PCB-128	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,014	<0,002
PCB-156	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0075	<0,002
PCB-180	0,0059	0,0023	<0,002	0,0071	<0,002	<0,002	0,093	<0,002
PCB-169	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0090	<0,002
PCB-170	0,0032	<0,002	<0,002	0,0038	<0,002	<0,002	0,055	<0,002
PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus	0,094	0,046	<0,010	0,150	0,025	<0,010	1,808	0,025

Taulukko 7. Polyklooratut bifenyylit (PCB-yhdisteet) Helsingin Rajasaaren, Töölönlahden, Koivusaaren, Kontulan, Ojapuiston, Vuosaaren ja Fastholman täyttömaa-alueiden pintamaanäytteissä. PIMA-asetuksessa (VnA 214/2007) annetun alemman ohjearvon ylittävät pitoisuudet on varjostettu oranssilla.

Yhdiste	Rajasaari mg/kg	Töölön- lahti mg/kg	Koivu- saari mg/kg	Kontula, Kelkkapuisto mg/kg	Oja- puisto mg/kg	Vuo- saari mg/kg	Fast- holma mg/kg
PCB-31	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-28	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-52	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-101	0,0031	<0,002	<0,002	0,022	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-77	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-118	<0,002	<0,002	<0,002	0,0052	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-153	0,0037	<0,002	0,0020	0,062	<0,002	0,0031	<0,002
PCB-105	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-138	0,0046	<0,002	0,0030	0,065	<0,002	0,0033	<0,002
PCB-126	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-128	<0,002	<0,002	<0,002	0,0092	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-156	<0,002	<0,002	<0,002	0,0045	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-180	0,0027	<0,002	0,0023	0,050	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-169	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-170	<0,002	<0,002	<0,002	0,030	<0,002	<0,002	<0,002
PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus	0,071	<0,010	0,037	0,995	<0,010	0,032	<0,010

Polyaromaattisten hiilivetyihin (PAH-yhdisteet) kuuluu satoja ominaisuuksiltaan vaihtelevia yhdisteitä. Ne ovat hyvin niukkaliukoisia ja pidättyvät maaperässä tiukasti maa-ainekseen (Reinikainen 2007).

Helsingin täyttömaiden pintamaanäytteiden PAH-yhdisteiden pitoisuuksia on esitetty taulukoissa 8 ja 9. Helsingin täyttömaiden pintamaanäytteissä PAH-yhdisteiden summapitoisuudet ovat kaikissa tutkimuskohteissa alle PIMA-asetuksen kynnyksarvon 15 mg/kg (VnA 214/2007). Myöskään minkään yksittäisen PAH-yhdisteen pitoisuus ei ylitä PIMA-asetuksen kynnyksarvoja.

Taulukko 8. Polyaromaattisten hiilivetyjen eli PAH-yhdisteiden pitoisuuksia Helsingin Munkkiniemen, Pornaistenniemen, Kivihaan, Malminkartanon, Paloheinän, Siltämäen, Tattarisuon ja Iso-Sarvaston täyttömaa-alueiden pintamaanäytteissä.

Yhdiste	Munkkiniemi mg/kg	Pornaistenniemi mg/kg	Kivihaaka mg/kg	Malminkartano mg/kg	Paloheinä mg/kg	Siltämäki mg/kg	Tattarisuo mg/kg	Iso-Sarvasto mg/kg
Fenantreeni	0,22	0,14	<0,1	<0,1	0,48	<0,1	0,12	0,43
Antraseeni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,10
Fluoranteeni	0,37	0,30	<0,1	<0,1	0,65	0,15	0,20	0,75
Pyreeni	0,27	0,25	<0,1	<0,1	0,48	0,12	0,14	0,60
Bentso(a)antraseeni	0,15	<0,1	<0,1	<0,1	0,18	<0,1	<0,1	0,25
Kryseeni	0,19	0,15	<0,1	<0,1	0,31	0,11	0,12	0,26
Bentso(b)fluoranteeni	0,14	0,12	<0,1	<0,1	0,25	<0,1	<0,1	0,18
Bentso(k)fluoranteeni	0,10	0,11	<0,1	<0,1	0,21	0,10	<0,1	0,21
Bentso(a)pyreeni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,19	<0,1	<0,1	0,14
PAH yhteensä	1,44	1,07	<0,25	<0,25	2,75	0,48	0,58	2,92

Taulukko 9. Polyaromaattisten hiilivetyjen eli PAH-yhdisteiden pitoisuuksia Helsingin Rajasaaren, Töölönlahden, Koivusaaren, Kontulan, Ojapuiston, Vuosaaren ja Fastholman täyttömaa-alueiden pintamaanäytteissä.

Yhdiste	Rajasaari mg/kg	Töölönlahti mg/kg	Koivusaari mg/kg	Kontula, Kelkkapuisto mg/kg	Ojapuisto mg/kg	Vuosaari mg/kg	Fastholma mg/kg
Fenantreeni	<0,1	<0,1	<0,1	0,31	0,18	<0,1	<0,1
Antraseeni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,15	<0,1	<0,1
Fluoranteeni	0,12	<0,1	0,16	0,37	<0,1	<0,1	<0,1
Pyreeni	<0,1	<0,1	0,14	0,25	<0,1	<0,1	<0,1
Bentso(a)antraseeni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Kryseeni	<0,1	<0,1	<0,1	0,16	0,10	<0,1	<0,1
Bentso(b)fluoranteeni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bentso(k)fluoranteeni	<0,1	<0,1	<0,1	0,14	<0,1	<0,1	<0,1
Bentso(a)pyreeni	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
PAH yhteensä	<0,25	<0,25	0,30	1,230	0,43	<0,25	<0,25

4 YHTEENVETO

Geologian tutkimuskeskus on tutkinut pintamaan alkuainepitoisuuksia ja PCB-yhdisteiden ja PAH-yhdisteiden määriä Helsingin täyttömaa-alueilla. Maaperänäytteenotto suunniteltiin yhteistyössä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kanssa. Tutkimuskohteet eri puolilla Helsinkiä (15 kpl) edustavat eri-ikäisiä täyttömaita. Vanhin täyttöalue Immosen (2001) mukaan on Koivusaaren 1940-luvulta alkanut täyttömaa-alue ja nuorin Vuosaaren täyttömaa-alue, jossa täyttö jatkuu edelleen. Tutkimuksessa otettiin kultakin täyttömaa-alueelta yksi maanäyte noin 25 cm:n syvyydeltä mahdollisen nurmikon alapuolelta. Näytteistä analysoitiin yli kolmenkymmenen alkuaineen pitoisuudet kuningasvesiutosta, ja PCB- ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia.

Helsingin täyttömaiden maa-ainekset ovat raekooltaan vaihtelevia. Siltamäen täyttömaan maa-aines on tutkituista maanäytteistä hienorakeisinta. Sen savipitoisuus on yli 90%. Eniten orgaanista ainesta sisälsivät Ojapuiston ja Iso-Sarvaston täyttömaa-alueiden näytteet.

Siltamäen täyttömaanäytteessä arseeni-, lyijy-, vanadiini- ja sinkkipitoisuudet ylittävät valtioneuvoston maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin annetun ns. PIMA-asetuksen (VnA 214/2007) kynnysarvot (arsenille 5 mg/kg, lyijylle 60 mg/kg, vanadiinille 100 mg/kg, sinkille 200 mg/kg). Tattarisuon Alppikylän täyttömaassa on lyijyä yli PIMA-asetuksen alemman ohjearvon (200 mg/kg). Elohopea- ja kromimäärät ovat Tattarisuon näytteessä yli PIMA-asetuksen kynnysarvojen (elohopealle 0,5 mg/kg ja kromille 100 mg/kg). Täytön iän ja suurten alkuainepitoisuuksien välillä ei näytä tämän aineiston perusteella olevan yhteyttä.

Alkuainepitoisuuksien, hienoainespitoisuuksien, humuspitoisuuksien ja maaperän happamuuden välisiä suhteita tutkittiin hajontadiagrammien avulla. Niiden tulokset ovat vain suuntaa-antavia, koska näytemäärä on pieni. Luonnonmaiden pintamaanäytteiden useiden alkuaineiden pitoisuuksien selvät tilastolliset riippuvuudet hienoaineksen määrän, orgaanisen aineksen määrän tai maaperän happamuuden välillä eivät näytä pätevän täyttömaa-alueiden pintamaa-näytteissä. Orgaanisen aineksen määrällä Helsingin täyttömaissa näytti olevan vaikutusta vain rikin määrään. Hienoaineksen määrä voi vaikuttaa kaliumin, kromin, vanadiinin, koboltin ja nikkelin pitoisuuksiin. Happamassa maaperässä sinkki- ja kalsiumpitoisuudet ovat pienempiä kuin suuremman pH-arvon täyttömaissa, ja natriumpitoisuudet pienenevät, kun pH-arvot kasvavat. Mahdollisen täyttömaan päällä olevan nurmikon hoitotoimenpiteillä, kuten kastelu ja kalkitus, ei tässä tutkimuksessa havaittu olevan vaikutusta alla olevan täyttömaan pH-arvoon.

PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuudet ovat useimmiten pieniä. Ainoastaan Tattarisuon ja Kontulan Kelkkapuiston täyttömaa-alueiden pintamaanäytteissä PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen alemman ohjearvon 0,5 mg/kg (VnA 214/2007). Malminkartanon täyttömaa-alueen pintamaassa PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuus ylittää PIMA-asetuksen kynnysarvon 0,1 mg/kg.

Helsingin täyttömaa-alueiden pintamaanäytteissä PAH-yhdisteiden summapitoisuudet ovat kaikissa tutkimuskohteissa alle PIMA-asetuksen kynnysarvon 15 mg/kg (VnA 214/2007). Myös-

kään minkään tässä tutkimuksessa analysoidun PAH-yhdisteen pitoisuus ei ylitä PIMA-asetuksen kynnysarvoja.

KIRJALLISUUS

Hellman, S., Priha, E., Sorvari, J., Kukkamäki, M. ja Suortti, A.-M. 2003. Elementtitalojen piha-alueiden PCB – Tutkimukset, riskinarviointi ja riskinhallinta. Pirkanmaan ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 313. 99 s.

Immonen, K. 2001. Helsingin täyttömaa-alueet. Kartoitus ja ympäristövaikutusten esiselvitys. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 7/2001. 77 s + 10 liitettä.

Lintinen, P. 1995. Origin and physical characteristics of till fines in Finland. Geological Survey of Finland. Bulletin 379. 83 s. + 2 liitettä.

Reinikainen, Jussi 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittäminen. Abstract: Derivation basis of threshold and guideline values for soil. Suomen ympäristö 23. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 164 p.

Salla, A. 2009. Maaperän haitta-aineiden taustapitoisuudet sekä pitoisuudet puistoissa ja kerrostalojen pihalla. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2009. 16 s.

Tarvainen, T. 1995. The geochemical correlation between coarse and fine fractions of till in Southern Finland. Journal of Geochemical Exploration 54 (3), 187 – 198.

Tarvainen, T. 2010. Espoon maaperän taustapitoisuudet. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S41/2010/39. 32 s.

Tarvainen, T., Hatakka, T., Kumpulainen, S., Tanskanen, H., Ojalainen, J. & Kahelin, H. 2003. Alkuaineiden taustapitoisuudet eri maalajeissa Porvoon ympäristössä. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S/41/3021/2003/1. 56 s. 1 liite.
http://arkisto.gtk.fi/s41/3021/S41_3021_2003_1.pdf

Tarvainen, T. (toim.), Eklund, M., Haavisto-Hyvärinen, M., Hatakka, T., Jarva, J., Karttunen, V., Kuusisto, E., Ojalainen, J. & Teräsvuori, E. 2006. Alkuaineiden taustapitoisuudet pääkaupunkiseudun kehyskuntien maaperässä. Summary: Geochemical baselines around the Helsinki metropolitan area. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 163. 40 s.
<http://arkisto.gsf.fi/tr/tr163.pdf>

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007), annettu 1.3.2007. 2 s. 1 liite.

